

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

**Циклова комісія аеронавігації**

**ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

навчальної дисципліни «Безпека польотів (Основи теорії пілотування)»  
обов'язкових компонент  
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

**Аеронавігація**

**За темою № 8 – Забезпечення безпеки на різних етапах польоту  
вертольоту**

**м. Харків 2021**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від \_23.09.21\_ №\_8\_

**СХВАЛЕНО**

Методичною радою  
Кременчуцького льотного коледжу  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від \_22.09.21\_ №\_2\_

**ПОГОДЖЕНО**

Секцією Науково-методичної ради  
ХНУВС з технічних дисциплін  
Протокол від \_22.09.21\_ №\_8\_

Розглянуто на засіданні циклової комісії аеронавігації  
протокол від \_30.08.21\_ №\_1\_

**Розробник:** викладач циклової комісії аеронавігації, спеціаліст Олійник Ю. Л.

**Рецензенти:**

1. Викладач циклової комісії аеронавігації, к.т.н., с.н.с., викладач вищої категорії, викладач-методист Тягній В.Г.

Професор кафедри аеронавігаційних систем навчально-наукового інституту Аеронавігації, електроніки та телекомунікації Національного авіаційного університету, доктор технічних наук, доцент Шмельова Т.Ф.

## **ПЛАН ЛЕКЦІЙ**

1. Фізична суть обмежень вертольоту.
2. Ознаки та наслідки їх перевищення, засоби їх парирування при виникненні на рулінні, зльоту, маневруванні.
3. На режимах близьких до висіння, заходу на посадку та посадку різними засобами.

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

#### **Основна література:**

1. Загальні правила польотів у повітряному просторі України від.06.02.2017 №66/73
2. Постанова Верховної Ради. Повітряний кодекс України. Керівний. Київ, 2014.
3. Олейник В.Г. Льотна експлуатація вертольотів. Посібник, КЛК, 1992.
4. Олейник В.Г. Запобігання АП. Посібник. Київ, 1995.
5. Міністерство транспорту України. Правила польотів у класифікованому повітряному просторі України. Наказ № 293,295. Київ, 16.03.03, 04.05.05.
6. Р.В.Сакач. Безпека польотів. Учебник. М. "Транспорт", 1989.
7. Положення про систему управління БП на авіаційному транспорті. Наказ № 895. Київ, Державіаслужба, 2006.
8. Виживання. Пам'ятка. М, "В.Т." 1988.
9. Платонов К.К., Гольштейн Б.М. Основи авіаційної психології. М, "В.Т." 1987.
10. Картамышев П.В. Методика льотного навчання. Посібник, М. „Транспорт”, 1974.
11. Людський фактор и БП. Посібник, М, "В.Т.", 1987.

#### **Додаткова література:**

15. Керівництво з розслідування АП та інцидентів. Дос 9756-А №965. Монреаль, 2000.
16. Правила розслідування АП з цивільними ПС в Україні. Київ, Державіаслужба, 2005.
17. Керівництво з запобігання АП. Дос 9433-А №923. Монреаль, ІКАО, 1987.
18. РЛЭ Ми-8МТВ. МЦА, 1996

## **Обмеження вертольотів і безпека польотів.**

Вертоліт і його агрегати створюються для експлуатації в певних умовах, на певних режимах. Вихід за рамки встановлених обмежень веде до того, що техніка буде працювати в умовах на які вона не розрахована, а значить, можуть виникати явища, прямо загрожують безпеці польотів.

Тому льотні і експлуатаційні обмеження задаються з урахуванням необхідності забезпечити запас ходу, щоб при мимовільному виході за межі обмежень вертоліт не вийшов на небезпечний режим.

При цьому враховуються:

- можливі похибки приладів контролю режимів;
- можливі неточності розрахунку допустимих меж різних параметрів;
- відхилення в льотних якостях окремих екземплярів вертольотів даного типу;
- неточності пілотування при різних умовах польоту.

При призначенні обмежень враховується ймовірність їх перевищення, тобто, якщо мимовільний вихід за межі обмежень по даному параметру більш ймовірний, запас встановлюється великим.

На величину запасу впливає характер явищ, що виникають у разі перевищення даного обмеження - чим небезпечніше будуть ці явища, тим більше повинен бути запас. Достатність запасу перевіряється в льотних випробуваннях при ймовірних в експлуатації поєднаннях граничних умов.

Як б то не було, навіть найменше порушення встановлених обмежень забороняється, незважаючи на наявність запасу. Однак льотний склад повинен добре уявляти собі, чим викликані ті чи інші обмеження і що може статися при їх порушеннях, так як в польоті можливі мимовільні порушення обмежень в складних ситуаціях, при відмовах авіаційної техніки і т.д. Наприклад, при деяких відмовах барометричних приладів можливе порушення обмежень за швидкостями польоту. В аварійних умовах можуть складатися такі ситуації, коли витримати всі параметри польоту в дозволених межах буде неможливо і пілот повинен буде безпомилково визначити, вихід за які обмеження він не повинен допустити, може бути, навіть за рахунок перевищення інших параметрів.

Значна частка авіаційних подій останнім часом відбувалися на цілком справних повітряних судах з нормально підготовленими екіпажами.

Загальне у всіх цих випадках - нездатність екіпажу впоратися з пілотуванням і експлуатацією ВС на кордонах допустимих умов.

Керівництво з льотної експлуатації, як правило, регламентує лише діапазони допустимих умов не вдаючись у пояснення їх фізичної сутності.

Пілотові вже при вивченні РЛЕ потрібно не тільки запам'ятати цифровий матеріал, що стосується обмежень, але і розібратися в їх фізичної сутності, чітко уявляти собі ознаки виходу за гранично допустимі умови, характер поведінки вертольоту при цьому і дії по парирування небезпечних відхилень.

### **Обмеження по температурі зовнішнього повітря.**

На вертольотах регламентується діапазон температур зовнішнього повітря, при яких дозволяються польоти.

Так, польоти на вертольоті Мі-2 дозволяється в діапазоні температур зовнішнього повітря від  $+40^{\circ}\text{C}$  до  $-40^{\circ}\text{C}$ . При температурах від  $+40^{\circ}\text{C}$  до  $-50^{\circ}\text{C}$  дозволяється виконувати термінові медичні, аварійно-рятувальні, випробувальні та дослідні польоти.

Польоти на вертольоті Мі-8 дозволені в діапазоні температур зовнішнього повітря від  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ .

На вертольоті Мі-8МТВ  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ .

Ці обмеження введені з метою забезпечити необхідний запас стійкості двигунів по помпажу. Розрізняють дві області нестійкої роботи компресора:

- При високих температурах повітря - на малих значеннях оборотів турбокомпресора, тобто при запуску на малому газі;
- При низьких температурах повітря - на великих значеннях  $T_{тк}$ , тобто на злітному режимі.

Це означає, що на кордоні допустимих умов по (ТЗП) помпаж може виникнути через перевищення обмежень по температурі зовнішнього повітря, або через порушення в роботі автоматики, яка регулює частоту обертання турбокомпресора.

**Висновки:**

1. При високих температурі зовнішнього повітря

- запуск навіть при незначному вітрі ззаду небажаний, а на Мі-2 заборонений;
- режим авторотації з введеної корекцією з умов забезпечення стійкості двигунів по помпажу потребує менше часу.

2. При низьких температурах зовнішнього повітря:

- незважаючи на те, що частота обертання турбокомпресора на злітному режимі в залежності від обмежується автоматично, екіпаж повинен за графіком КЛЕ визначити максимально допустимі для даних умов  $N_{тк}$  і контролювати їх, не допускаючи перевищення.

## **Обмеження по температурі зовнішнього повітря: при польотах в умовах обмерзання**

На Мі-2 польоти в умовах обмерзання при температурі зовнішнього повітря нижче  $-6^{\circ}\text{C}$ , а на Мі-8 при температурі нижче  $-12^{\circ}\text{C}$  заборонені. При випадковому попаданні в зону обмерзання при температурах зовнішнього повітря нижче зазначених, екіпаж повинен вжити заходів до негайного виходу з цієї зони.

Протильодова (ПОС) повинна бути включена вручну перед входом в зону можливого обмерзання і у ВСІХ випадках перед польотом в хмарах, тумані, опадах і при (ТЗП) нижче  $+5^{\circ}\text{C}$ .

Польоти на вертольоті Мі-8 з пилзахисним пристроєм (ПЗУ) в умовах можливого зледеніння заборонені.

Обледеніння елементів силової установки, несучих і кермового гвинтів і фюзеляжу може відбуватися як в польоті, так і на землі в широкому діапазоні температур зовнішнього повітря, висот і швидкостей польоту. Найбільш ймовірно зледеніння при підвищеній вологості повітря в діапазоні ТНВ від  $0^{\circ}\text{C}$  до  $-2^{\circ}\text{C}$  і особливо при (ТЗП) від  $-5$  до  $-10^{\circ}\text{C}$  на висотах від 0 до 3000 м. Внаслідок того, що через адіабатичного розширення повітря в повітрозабірник і вхідному пристрої двигуна температура знижується, обмерзання елементів силової установки можливо і при плюсових (до  $+5^{\circ}\text{C}$ ) температурах зовнішнього повітря.

Встановлено, що зледеніння вертольотів відбувається частіше і має більш інтенсивний характер над горами або сильно пересіченою місцевістю, ніж в рівнинних умовах.

Слід мати на увазі, що судити про ступінь обмерзання гвинтів і елементів силової установки по товщині льоду на лобовому склі не слід. Інтенсивність обмерзання цих елементів помітно вище, ніж лобового скла.

Небезпека обмерзання гвинтів полягає в тому, що при переході на авторотацію частота обертання НВ при товщині льоду близько 12-15 мм може позначитися менше гранично допустимої.

Крім того, несиметричне видалення льоду з лопатей може викликати сильну тряску, механічні пошкодження сусідніх лопатей, роторів двигунів і інших елементів конструкції. У цих випадках найбільш ймовірні пошкодження лопатей рульового гвинта.

Небезпека обмерзання елементів силової установки в тому, що лід на лопатках вхідного направляючого апарату (ВНА) і компресора погіршує їх обтікання і призводить до зриву потоку, наближаючи умови роботи двигуна до кордону помпажа. Відкладення льоду на робочих лопатках компресора

викликає дисбаланс ротора і підвищену тряску двигунів, що може привести до руйнування підшипників. Віддається з ВНА лід, потрапляючи в двигун, може викликати руйнування лопаток компресора. Вирішальне умова забезпечення безпеки польотів в обмерзанні - своєчасне включення ПОС.

#### **ВИСНОВКИ:**

1.Запоздалое включення або несправність ПОС, а також потрапляння обмерзлого вертольоту з не увімкненою ПОС в зону позитивних (ТЗП) може привести до сколювання льоду і потрапляння його в двигуни.

2.Якщо обмерзання виявлено пізно і вертолiт сильно обледеніння, а датчик РІО-3 не спрацював, краще вийт з обмерзання, не включаючи ПОС.

3.Із ненадійність в роботі датчиків РІО-3 при попаданні в хмарність з ТЗП нижче  $+ 5^{\circ} \text{C}$  необхідно включити ПОС вручну.

4. Після польоту в умовах обмерзання необхідно оглянути повітрозабірник, стійки, лопатки ВНА, коки двигунів і доступні огляду лопатки перших ступенів компресора, а також фюзеляж, лопаті несучого і рульового гвинтів.

#### **Обмеження, викликані надмірною в'язкістю масла.**

При тривалій стоянці в умовах низьких температур зовнішнього повітря в'язкість масла, заправленого в вертолiт, підвищує в багато разів. Тому, щоб не наражати на елементи конструкції вертольоту і двигунів надмірним навантаженням, встановлюють такі обмеження.

запуск двигунів без попереднього підігріву дозволяється при температурах масла не нижче:

Прогріваються двигуни і редукторів проводиться на малому газі. Збільшення режиму роботи двигунів вище малого газу дозволяється після прогріву масла до температур, не нижче:

#### **Обмеження по центрування**

Центрування вертольоту - це відстань між проекцією осі вала несучого гвинта і центром мас вертольоту. Робочий діапазон центровок Мі-2  $+0,185 \text{ м} + -0,01 \text{ м}$ ; Мі-8  $+0,37 \text{ м} -0,08 \text{ м}$  (370мм -80мм) Мі-8МТВ +. Поздовжня центрування найбільш суттєво впливає на можливість балансування вертольоту на граничних режимах польоту, тобто на висінні і при польоті з максимальною швидкістю.

Зазначені обмеження введені з міркування достатності запасу поздовжнього керування по відхиленню ручки управління "від себе" і "на себе", цей запас повинен бути не менше 20% повного ходу ручки управління.

Якщо при завантаженні вертольоту центрування вийде за межі допустимої, запас поздовжнього керування позначиться недостатнім. Це може проявитися як на висінні, так і в поступальному польоті. Наприклад, при гранично задньої центрівці на висінні вертоліт буде збалансовуватися з великим позитивним кутом тангажа при ручці управління, відхиленою "від себе" більше звичайного.

При виході центрування за встановлені межі виконання злетів і посадок може виявитися вкрай складним і небезпечним через великі позитивних кутів тангажа вертольоту.

Найменший запас поздовжнього керування "на себе" буде на висінні поза близькості землі при гранично передньої центрівці і вітрі ззаду. При виході за встановлені межі передньої центрування вертоліт на висінні буде збалансовуватися з негативним кутом тангажа при ручці управління, відхиленою "на себе" значно більше звичайного, а значить, може виникнути ситуація, коли навіть при повністю відхиленою "на себе" ручці управління вертоліт на висінні зміщуватиметься вперед, вертикальні зліт і посадка будуть значно ускладнені.

#### **Висновки:**

1.Пілот повинен володіти методами визначення центрування вертольоту.

2.Грузи у вантажній кабіні слід розміщувати згідно з попереднім розрахунком і розмітці.

3. При контрольному висінні перед зльотом визначати відповідність фактичної центрування розрахунковими даними по зусиллям на ручці управління, по її відхилення від "звичного" положення і по просторової орієнтації (кут тангажу) вертольоту.

4.Во уникнути зміни центрування вертольоту в польоті вантаж повинен бути надійно закріплений.

#### **Обмеження за вітром.**

Запуск і вимикання двигунів (розкрутка, зупинка несучого гвинта), рулювання, підйом, висіння, маневрування на висінні, підльоти і посадки дозволяється проводити при швидкостях вітру, що не перевищують величин, зазначених в таблиці

Максимально допустима швидкість вітру для вертольоту Мі-8мтв

<b>При запуску та вимкненні С перед</b>	<b>з ліва</b>	<b>З права</b>	<b>Ззаду</b>
<b>двигуні</b>	25	15	10
			8

<b>При зльоті, посадці та</b>			
<b>на висінні</b>	25	10	10
		10	10

**При рулінні швидкість вітру не більше 15м/с з усіх сторін.**

При запуску і виключенні двигунів швидкість зустрічного вітру обмежена, щоб виключити небезпечне зближення лопатей несучого гвинта з хвостовій балкою через коливання лопатей при малих значеннях частоти обертання несучого гвинта.

Мінімальна відстань між лопатями НВ і хвостовій балкою в більшій мірі залежить від положення ручки управління, ніж від швидкості зустрічного вітру. Так, наприклад, на вертольоті Мі-8 можливий удар лопатями НВ по хвостовій балці в умовах зустрічного вітру 10 м / с при частоті обертання НВ  $95 \pm 2\%$  і кроці НВ менше  $3^\circ$  при повністю взятій "на себе" ручці управління. У той же час, навіть при вітрі швидкістю 25 м / с і  $N_{HV}$  близько 10%, кроці менш  $3^\circ$  при нейтральному положенні ручки управління відстань між кінцями лопатей НВ і хвостовій балкою не менше 600 мм.

Зі сказаного зовсім не впливає, що при сильному зустрічному метрі розкрутка і зупинка НВ повинні проводитися з сильно відхиленою вперед від нейтрала ручкою управління. Вітер силою понад 25 м / с може настільки сильно притиснути лопать, що в поєднанні зі значним відхиленням ручки управління "від себе" може привести до удару лопаті по передній частині фюзеляжу.

При зльоті, на посадці, висінні і на рулінні вітер спереду обмежений міркуваннями безпеки розкрутки і зупинки НВ, тобто обмеження такі ж, як при розкручуванні і зупинці лопатей НВ.

При розкручуванні і зупинці НВ вітер збоку обмежений, щоб виключити небезпеку зближені лопатей НВ з хвостовій балкою. Найбільш небезпечним в процесі розкрутки і гальмування при малих значеннях частота обертання НВ є вітер справа. Такий вітер крім додання лопатей коливання ще й притискає їх до хвостовій балці. Тому, на багатьох типах вертольотів, в т.ч. і на Мі-8, при запуску або гальмуванні НВ допустимі максимальні значення правого бокового вітру (10 м / с) істотно менше, ніж лівого (15 м / с).

Іншою причиною введення обмежень бокового вітру при запуску двигунів є міркування створення сприятливих умов запуску газотурбінного двигуна. Так, при вітрі справа першим рекомендується запускати лівий

двигун, а при вітрі зліва - правий. В цьому випадку до моменту початку запуску другого (навітряного) двигуна вільна турбіна і несучий гвинт вже приведені в обертання, що трохи полегшує запуск. Однак, при великій швидкості бічного вітру може виникнути помпаж на початку запуску навітряного двигуна.

На практиці в більшості випадків швидкість бічного вітру обмежена міркуваннями запобігання удару лопатями НВ по хвостовій балці.

При зльоті і на посадці вітер збоку обмежений, щоб забезпечити достатність запасу управління по правій педалі. Справа в тому, що як правий, так і лівий боковий вітер зменшує запас управління по відхиленню правої педалі, тобто викликають необхідність додаткового її відхилення. Це відбувається тому, що правий боковий вітер зменшує ефективність рульового гвинта, а лівий - створює розвертає вліво, При цьому найбільш небезпечний вітер справа.

Якщо при зльоті або посадці з боковим вітром зліва при положенні правої педалі на упорі вертоліт почне мимовільно розгортатися вліво, то, розвернувшись на  $90^\circ$ , він стане носом проти вітру і відхилення педалі виявиться досить для його балансування - обертання припиниться.

Якщо ж це станеться в умовах правого бокового вітру, то в процесі розвороту вітер буде з правого змінюватися на попутний і тільки при розвороті на  $270^\circ$  він стане зустрічним. Проте до цього моменту вертоліт буде мати значну кутову швидкість і зупинити його але чи вдасться.

Вважається, що якщо в процесі зльоту або на посадці з правим боковим вітром при положенні правої педалі близькому до упору, вертоліт почне мимовільно розгортатися вліво і пілот допустить розворот більш, ніж на  $40^\circ$ , зупинити обертання вже не вдасться. Єдиний спосіб париувати розвиток аварійної ситуації в цьому випадку - своєчасно, не допускаючи значного відхилення від курсу зависання вліво - зменшити загальний крок НВ.

Пілот повинен свідомо виробляти навички контролю запасу колійного управління по положенню правої педалі. Незвично велика потрібне відхилення правої педалі на зльоті має насторожити його і спонукати до прийняття рішення на припинення зльоту або на його продовження з додатковими пересторогами.

Мимовільне обертання вертольоту через брак запасів колійного управління іноді називають аеродинамічним відмовою колійного управління. Кутова швидкість обертання при цьому близько  $90-180^\circ$  за секунду.

Вітер ззаду обмежений, щоб створити безпечні умови розкрутки і зупинки НВ, так як звис лопаті і негативна підйомна сила в поєднанні з коливальними, рухам створюють реальну загрозу удару лопатями НВ по

хвостовій балці. Крім того, вітер ззаду вкрай ускладнює запуск самого газотурбінного двигуна.

На зльоті, посадці, висінні, рулінні вітер ззаду обмежується більш жорстко, ніж збоку або спереду. Конструктивно вертоліт виконаний так, що конус НВ назад відхиляється значно менше, ніж вперед, а значить, для створення нормального запасу управління значення швидкості вітру обмежена жорсткіше.

При маневруванні у землі на режимах, близьких до висіння, коли через розвороти вертольоту напрямом вітру змінюється, бічна і попутна складові вітру не повинні перевищувати значень, це означає, що розворот на  $90^\circ$  на вертольоті Мі-2 дозволяється при вітрі не більше 10 м / с, а на  $180^\circ$  і  $360^\circ$  - при вітрі не більше 5 м / с.

При виконанні навчальних польотів вводяться більш жорсткі обмеження по швидкості вітру.

Потрібно мати на увазі, що порушення встановлених обмежень по швидкості вітру як при запуску і включення двигунів, так і в процесі виконання злетів і посадок призводять до поломок вертольотів, при яких створюється реальна загроза життю екіпажу і наземного персоналу.

#### **ВИСНОВКИ:**

1.Найбільше небезпечний при зльоті і на посадці, розкрутці та гальмування НВ вітер справа, справа-попутний і попутний. 2. Виконання запуску та вимикання двигунів, а також злетів і посадок при максимально допустимих значеннях швидкості вітру справа і справа-ззаду виправдано тільки в разі крайньої необхідності.

3.Непреднамеренные значні відхилення ручки управління в процесі розкрутки та гальмуванні НВ можуть привести до серйозних наслідків.

#### **Обмеження по швидкості польоту.**

Існує загальна, для всіх вертольотів закономірність - чим більше висота польоту, тим менше повинна бути максимальна швидкість вертольоту. Це принципове обмеження для всіх вертольотів, викликане наявністю несучого гвинта

Такі обмеження вводяться, щоб не допустити початку зриву потоку з кінців лопатей несучого гвинта.

Швидкості обтікання настипаючої і відступаючої лопаті НВ при наявності поступальної швидкості вертольоту будуть неоднакові

При цьому, різниця в швидкостях обтікання буде тим більше, чим більше поступальна швидкість польоту. Оскільки швидкість обтікання настипаючої лопаті збільшується за рахунок швидкості польоту вертольоту, то

при збільшенні поступальної швидкості неминуче настане момент, коли швидкість обтікання на кінцях наступаючих лопатей досягне швидкості звуку.

При цьому почнеться хвильовий зрив потоку, виникнуть перегони ущільнення, опір руху лопаті різко зростає, а підйомна сила зменшиться, почнуться вібрації. Власне, щоб уникнути настання цих явищ і вводять обмеження поступальної швидкості польоту вертольоту.

Зі збільшенням висот польоту температура повітря зменшується в середньому на  $6,5^{\circ}$  на 1 км висоти, а значить, зменшується і швидкість звуку. Відповідно на такий же порядок обмежують (зменшують) і максимальну швидкість польоту вертольоту. На практиці число  $M$  (відношення швидкості руху профілю і швидкості звуку), при якому з'являється зривні явища, істотно менше одиниці.

Існування зони на обтічній несучим гвинтом поверхні, в якій виявляються явища хвильового кризи (Ріс.1.3.) і змушує обмежувати окружну швидкість обертання несучого гвинта і максимальну швидкість польоту вертольоту!

У той же час відступаюча лопать, щоб створити таку ж підйомну силу, як і наступає, повинна переводитися на великі кути атаки. Чим більше швидкість польоту, тим більше кут атаки відступаючої лопаті і, коли він досягає близько  $14^{\circ}$  в кінці відступаючої лопаті починається зрив потоку через вихід на за критичні кути атаки. Зі збільшенням висоти польоту потрібні значення  $HV$  стають великими, а значить і зривні явища будуть наступати на менших поступальних швидкостях, а на решті частини лопаті виникне Зона зворотного обтікання.

Конструктивно лопаті  $HV$  виконуватися так, щоб зрив потоку на наступаючої і на відступаючої лопатях починався приблизно на одних і тих же швидкостях.

Таким чином, в горизонтальному польоті вертольоту, перетину лопаті обдуваються повітряним потоком, кінематичні параметри якого значно змінюються в залежності від азимутального положення лопаті. За один оборот лопаті, тривалість якого не перевищує 0,3-0,5 с кут атаки зростає від невеликих негативних значень в азимут  $90^{\circ}$  до великих околорітмічних значень в азимут  $270^{\circ}$ . Швидкість зміни кута атаки досягає  $100-150^{\circ} / \text{сек}$ . При цьому в околицях азимута  $270^{\circ}$  при коливальних зміни кутів атаки з досить великою амплітудою виникають дестабілізуючі моменти, які збуджують коливання лопатей у площині сили тяги.

Виникає режим автоколивань, який називають срывним флатером. Це явище також є однією з основних причин обмеження максимальної швидкості

горизонтального польоту. Перевищення зазначених в РЛЕ максимальних швидкостей не допускається. Однак в аварійних умовах і при відмовах авіаційної техніки (наприклад, барометричних приладів) можливо мимовільне перевищення максимально допустимої швидкості польоту. Тому льотний склад повинен чітко уявляти ознаки перевищення максимально допустимої швидкості, сутність і їх наслідки. Спочатку, коли швидкість стане вище допустимої, з'явиться тряска. З подальшим збільшенням швидкості польоту тряска буде посилюватися, вертоліт почне розгойдуватися навколо всіх трьох осей, погіршиться керованість. Подальше збільшення швидкості польоту може призвести до повної втрати управління.

### **Мінімальні швидкості польоту обмежуються з міркувань:**

- Не надійною роботи показників швидкості польоту, тому що приймачі повітряного тиску обдуваються слабким зі швидкісного напору повітряним потоком, сильно скошеним індуктивним потоком НВ.

В результаті можлива ненавмисна втрата повітряної швидкості через помилки в техніці пілотування або при впливі попутного пориву вітру, що, в свою чергу, може привести до мимовільного зниження, "перевантаженої" несучого гвинта, мимовільного розвороту вліво, попадання в режим вихрового кільця.

- виняток тривалого впливу підвищених напруг в конструкції вертольоту через трясіння;

- забезпечення безпечної вимушеної посадки при відмові двигунів на малій висоті;
- забезпечення достатнього запасу поздовжньої і шляхової стійкості;

- швидкості, менше мінімально допустимої неминучі на зльоті і при посадці, однак в цих випадках такі режими є прохідними.

### **ВИСНОВКИ:**

1. Перевищення встановлених швидкостей небезпечно.

2. При появі ознак перевищення максимальної швидкості польоту для даної висоти (підвищені вібрації, розгойдування вертольоту, завал вправо, зниження і недостатня керованість) необхідно зменшити швидкість поступовим зменшенням загального кроку несучого гвинта і одночасним плавним відхиленням ручки управління "на себе".

3. Підвищення вібрації, розгойдування вертольоту і недостатня керованість можуть виникати і на швидкостях, що не перевищують максимально допустимої, внаслідок значного перевищення частоти обертання несучого гвинта.

### **Обмеження висоти польоту.**

Як видно з рис. 1.2. максимальна висота польоту обмежена для вертольотів Мі-2 - 4000 м, для вертольотів Мі-8мтв - 6000 м головним чином діапазоном дозволених швидкостей польоту, а також складністю пілотування в зв'язку з малими запасами потужності і управління. Це, в свою чергу, робить політ без виходу за встановлені обмеження практично неможливим. Крім обмеження по максимальній висоті польоту, регламентуються наступні параметри:

#### **Мі-2**

- Навчально-тренувальні польоти в хмарах вирішуються на висотах не більше 2500 м.

- Виконання злетів і посадок на майданчиках, розташованих не вище 4500 і над рівнем моря.

#### **Мі-8мтв**

- Виконання злетів і посадок на майданчиках, розташованих не вище 4500 м

- При посадках на майданчики, розташовані на висоті вище 4000 м вимикання двигунів заборонені.

- Полети в хмарах вирішуються не вище 3500 м

### **Обмеження при польотах і переміщеннях у землі.**

Польоти і переміщення над сильно пересіченою місцевістю вирішуються на висотах не менше 20 м і швидкостях не менше 50 км / год. на Мі-2 і 60 км / год. на Мі-8. Ці обмеження вводяться з міркування необхідності забезпечити нормальну керованість вертольотом під впливом низхідних і висхідних потоків при обтіканні вітром нерівностей землі, а також, щоб виключити неоднозначний вплив екрануючої поверхні.

### **Небезпечні зони висоти і швидкості польоту.**

Небезпечні зони висоти і швидкості польоту визначаються з умов забезпечення безпечної посадки при відмові одного двигуна

При деяких поєднаннях значень висоти і швидкості польоту в разі відмови одного двигуна безпечна посадка не гарантована:

- При польоті з великою швидкістю на малій висоті не завжди буде можливість повернути вертоліт і виконати посадку на придатну площадку;

- При польоті на великій висоті з малою поступальною швидкістю, а також на висінні, в разі відмови двигуна вертоліт набуває значної вертикальну швидкість. Приземлення без поломки в цьому випадку малоймовірно через складність такої посадки і гострого дефіциту часу. Таким чином, хоч польоти в небезпечних зонах "висота-швидкість" і не заборонені, їх слід, по можливості, уникати.

### **Зниження на режимі само обертання НГ.**

Зниження на режимі само обертання несучого гвинта виконується тільки з поступальною швидкістю.

На вертольоті "Мі-8мтв - у всьому діапазоні дозволених швидкостей, а на вертольоті Мі-2 - в діапазоні висот і швидкостей, зазначених в таблиці 1.5.КЛЕ Мі2

Максимальна швидкість зниження на режимі само обертання НВ обмежена запасом управління по відхиленні лівої педалі.

Цей запас повинен забезпечувати прямолінійний зниження, а також координовані розвороти з креном до 20 °.

### **Обмеження маневреності**

Маневреність вертольотів обмежують кутовий швидкістю розворотів на висінні і максимально допустимими креном на розворотах і віражах.

На вертольоті Мі-2 забороняється виконувати віражі, розвороти з креном більше:

- 30 на швидкостях польоту по приладу 60-180 км / ч,
- 20 на швидкостях польоту по приладу 180-210 км / ч;
- 20 ° при авіа хімічних роботах на швидкостях польоту по приладу 60-140 км / год;
- 20 ° при польотах з вантажем на зовнішній підвісці;
- 10 ° на швидкостях польоту по приладу менше 60 км / год.

Розвороти на висінні на вертольоті Мі-2 повинні виконуватися з кутовий швидкістю не більше 20 ° / сек., тобто розворот на 360 ° повинен виконуватися не менше, ніж за - 18 сек. обертання при розворотах припиняти ПЛАВНО, не менше, ніж за 3 сек.

На вертольоті Мі-8мтв розвороти і віражі виконувати про креном не більше:

- 30 на висотах до 2000 м при польотної, масі більш 11100 кг;
- 30 на всіх висотах при польотної масі менше 11100 кг;

- 15 при польотах з включеним автопілотом і за приладами;
- 15 при польотах з вантажем на зовнішній підвісці;
- 20 на режимі само обертання несучого гвинта.

Розвороти на висінні у землі виконувати з кутовий швидкістю не більше  $12^\circ / \text{сек}$ , тобто, розворот на  $360^\circ$  виконувати не менше, ніж за 30 сек. Перекладання педалей з упору на упор повинна проводитися не швидше, ніж за 3 сек.

У порівнянні з несучим гвинтом рульової гвинт працює в ще більш важких умовах, так як частота його обертання в 5-6 разів більше, ніж несучого гвинта, хоча окружні швидкості обертання приблизно рівні між собою:  $(\omega R)_{\text{НВ}} = (\omega R)_{\text{РВ}}$ . При цьому кермовий гвинт працює в більш широкому діапазоні кутів установки і кутів атаки лопатей, схильний до значних за величиною коріолісовим силам від махового руху і при розворотах вертольоту.

Тому, щоб знизити навантаження на кермовий гвинт, хвостову балку і трансмісію, вводять обмеження по кутовий швидкості розвороту на висінні і за темпом перекладки педалей. Перевищення цих обмежень є основною причиною пошкодження конструкції лопатей і втулки РВ, а також хвостової балки і трансмісії. При цьому, зі зростанням температури зовнішнього повітря навантаження ще більше зростають. Наприклад, влітку при температурі повітря  $+30^\circ \text{C}$  динамічні навантаження на лопать РВ можуть бути в 1,2 - 1,5 рази більше, ніж взимку при температурі повітря  $-30^\circ \text{C}$  на одному і тому ж режимі польоту вертольоту.

Обмеження максимального крену при виконанні розворотів і врожай вводяться, щоб знизити зусилля в за бустерной частини системи управління вертольотом і на НВ. При виконанні встановленого розвороту або віражу повинна дотримуватися рівність; При цьому, чим більше крен, тим більшою повинна бути повна аеродинамічна сила, щоб її вертикальна складова залишалася рівною вазі вертольоту.

Іншими словами можна сказати, що нормальна перевантаження - це безрозмірна величина характеризує, у скільки разів повна аеродинамічна сила несучого гвинта більше сили ваги вертольоту. При невеликих кренах перевантаження не значні, проте при збільшенні крену більш  $30^\circ \text{N}$ - у починає різко зростати, що, відповідно, призводить до зростання навантажень на конструкцію вертольоту (таблиця 1.6.).

Крім перевантажень, викликаних викривленням траєкторії руху вертольоту, на нього впливають також перевантаження викликані турбулентністю атмосфери, так звані болтаночние перевантаження.

Відповідно до прийнятої класифікацій, в залежності від величини збільшення нормального перевантаження бовтанка вважається:

- слабка - менше 0,2
- помірна - 0,2-0,5
- сильний - 0,5 - 1,0
- штормова - більше 1,0

Таким чином, навіть в помірну бовтанку при маневруванні з креном 30 нормальна перевантаження може доходити до 2,3 - 1,6, а в сильну - до 1,6 - 2,1 одиниці.

При збільшенні нормального перевантаження істотно зростають зусилля за бустерної частини управління, що також викликає необхідність обмежувати максимальний крен при маневруванні, особливо на великих вихідних швидкостях польоту або при великій польотної масі, тобто у випадках, коли вихідні значення загального кроку НВ досить великі.

Максимальний крен при польотах на малих висотах і на не великий швидкості обмежують, щоб мати необхідний запас потужності двигунів для створення перевантаження при розворотах. висновок:

Обмеження по маневреності пов'язані з надійністю системи управління вертольотом, тому їх перевищення, в експлуатаційних умовах неприпустимо. Однак, вертоліт здатний маневрувати значно більш енергійно і ці можливості пілот може і повинен реалізувати в аварійних умовах, наприклад, для уникнення лобового удару об перешкоду під час аварійної посадки і ін. випадках.

### **Обмеження частоти обертання несучого гвинта.**

Помічено, що особливо при початковому навчанні, для курсантів значні труднощі представляє розібратися в безліч регламентацій частоти обертання НВ, хоча це прямо пов'язано з розумінням фізичної сутності процесів, що відбуваються і динаміки польоту вертольоту. Ці труднощі викликані з одного боку відомої складністю і важливістю питання, а з іншого - тим, що він лежить на стику трьох дисциплін - аеродинаміки, конструкції і льотної експлуатації вертольоту, двигуна і, відповідно до існуючих програм, жодна з цих дисциплін не викладає його в закінченому вигляді.

Так як рульової гвинт жорстко пов'язаний з несучим, то приладів для визначення частоти його обертання на вертольоту не встановлюють. Пілот судить про ефективність рульового гвинта, а значить і про керованість вертольоту по частоті обертання несучого гвинта.

У той же час на вертольоту зв'язок між двигунами і НВ газодинамическая, не жорстка і це означає, що при зміні потужності двигунів (і, отже, одночасно з цим - загального кроку НВ), частоти обертання

турбокомпресорів і несучого гвинта будуть змінюватися не однозначно . Нижче наводяться всі регламентації по частоті обертання НВ, певні Керівництвами з льотної експлуатації вертольотів Мі-2 та Мі-8 з поясненням фізичної сутності обмежень.

78 - 84 - Мі-2 95 + - 2% - Мі-8, Мі-8мтв1

Частота обертання НВ, яка підтримується автоматикою при досить плавних (близько 1 ° за секунду) рухах важелем загального кроку НВ і при установці рукоятки корекції в крайнє праве положення.

77 - 76% - Мі-2

93 -97% - Мі-8, мі-8мтв1

Частота обертання НВ, при якій знімається максимальна потужність двигунів. При подальшому збільшенні загального кроку НВ потужність двигунів збільшуватися не буде. Частота обертання НВ почне зменшуватися, аеродинамічна сила НВ на якийсь час ще буде збільшуватися за рахунок збільшення кутів установки лопатей несучого гвинта.

77% - Мі-2

88% - Мі-8мтв

Мінімально допустима частота обертання НВ на перехідних режимах. Фактично цими значеннями обмежений темп розгону поступальної швидкості або переходу в набір висоти.

76% - Мі-2 (короткочасно не болюча 15 сек. На зльоті);

88% - Мі-8мтв.

Мінімально допустима частота обертання НВ. При подальшому переміщенні важеля "крок-газ" вгору потужності двигунів для підтримки частоти обертання НВ постійної буде недостатньо. Несучий гвинт буде перевантажений, частота його обертання буде швидко зменшуватися.

70-74% - Мі-2

80% - Мі-8.

Мінімально допустима частота обертання НВ в разі відмови одного з двигунів в польоті. Цим обмеженням накладаються вимоги до підготовки пілота - він повинен настільки швидко виконати необхідні дії, щоб частота обертання НВ не зменшилася нижче 70-74% на вертольоті Мі-2 і на 80% на Мі-8.

Пілот в польоті "налаштований" на витримування режиму, тому на зміну положення вертольоту в просторі він відреагує автоматично, але замислюючись. Дії ж по збереженню частоти обертання несучого гвинта в динаміці, що передують відмови двигуна, процесу сприймалися пілотом як суміщені з основними. Тому, щоб виконати необхідні дії по збереженню Нв, він повинен зрозуміти, що сталося, згадати, що потрібно робити і виконати ці

дії. Тобто, йому для цього потрібен певний час. Частота обертання НВ при відмові одного двигуна в польоті падає дуже швидко. Наприклад, на висінні за 1 сек вона зменшиться з 78 ~ 84% до (70-75 95 +/- 2% до (80%).

У поступальному польоті темп падіння частоти обертання НВ буде трохи нижче, проте пілот повинен діяти негайно. Для цього треба постійно тренувати в собі готовність до дій щодо збереження частоти обертання НВ і пам'ятати, що в більшості особливих випадків потрібно повністю або частково зменшувати загальний крок несучого гвинта.

Як правило початківці пілоти виконують багато зайвих рухів органами управління, неусвідомлено відхиляючи їх у відповідь на будь-яку незрозумілу для себе інформацію - незвичний різкий звук, кидок вертольоту і т.д. У зв'язку з цим представляється корисним вироблення спочатку розумового, а потім, на тренажерах і в польотах, рухові навички реагувати на незрозумілу інформацію незначним (1-2 °) зменшенням загального кроку НВ.

Обмеження мінімально допустимої частоти обертання НВ вводяться, щоб забезпечити:

- запас поздовжньо-поперечного управління в прямолінійній польоті;
- запас кінетичної енергії НВ для можливого переходу на режим самовращення.

Крім погіршення управління, втрата частоти обертання НВ після відмови одного з двигунів проти значень, регламентованих РЛЗ, означатиме додаткову непродуктивну втрату висоти для їх відновлення, в той час як саме наявність запасу висоти в цій ситуації може відігравати визначальну роль в забезпеченні безпечного результату польоту.

65 - 60% - Мі-2

70% - Мі-8мтв

Мінімально допустима частота обертання несучого гвинта при "підриві кроку" безпосередньо перед приземленням при посадці з одним (65% - Мі-2 і 70% - Мі-8) або двома (60% - Мі-2 і 70% - Мі-8) непрацюючими двигунами. Допускати зменшення частоти обертання НВ нижче обмежень, перед посадкою небезпечно, тому що, навіть повного відхилення правої педалі може виявитися недостатньо для парирування розвороту і в момент приземлення вертоліт розгорнеться вліво, що може привести до його перекидання на правий борт. Крім того, при меншій, частоті обертання НВ може порушитися працездатність системи електропостачання вертольоту і виникнуть не розрахункові навантаження по крутний момент в головному редукторі.

86% - - Мі-2

88% - Мі-8 •

Максимально допустима, протягом не більше 30 сек., частота обертання НВ при роботі двигунів, на режимі вище малого газу. Фактично цим обмежений темп гальмування поступальної швидкості польоту, тому що при зменшенні загального кроку НВ і збільшенні кута тангажу для гальмування поступальної швидкості, частота обертання НВ буде рости.

92% - Mi-2, 105% - Mi-8

Максимально допустима на час більше 5 сек. частота обертання НВ при роботі двигунів на режимі малого газу або при вимкнених двигунах.

Обмеження максимально допустимої частоти обертання НВ (86% для Mi-2 і 103% для Mi-8 на перехідних режимах і 92% для Mi-2 і 105% для Mi-8 при роботі двигунів на малому газі і при непрацюючих двигунах) вводяться, щоб:

- не допустити виникнення зриву потоку на кінцях лопатей несучого гвинта через розвиток хвильової кризи при  $f = 90^\circ$ , через вихід їх на критичні кути атаки при  $f = 270^\circ$  і значного розвитку зони зворотного обтікання при цьому;

- забезпечити достатній запас по флаттеру лопатей НВ;

- Виключити спрацювання системи захисту, вільної турбіни від розкручування, при якому двигуни вимикаються;

- забезпечити міцність головного редуктора, втулки, автомата перекосу і лопатей НВ по відцентровим силам.

При цьому більш жорсткі обмеження в моторному польоті, ніж при роботі двигунів на малому газі або при вимкнених двигунах вводяться з тих міркувань, що зрив потоку і флатер лопатей. при одній і тій же частоті обертання НВ раніше настануть при великих значеннях загального кроку НВ (тобто, - в моторному польоті).

Рекомендована частота обертання НВ при польоті на режимі само обертання.

78% - 88% - Mi-2

98% - 100% - Mi-8.

само обертання несучого гвинта обмежуються, так як на менших швидкостях:

- показники показчика швидкості нестійкі;

### **Небезпека перекидання вертольоту на рулінні**

При появі "юза" при раптовому збільшенні крену на рулінні, пілот повинен негайно зменшити потужність двигунів (скинути крок, якщо він був збільшений і вивести корекцію вліво), одночасно утримуючи вертоліт від крен

відхиленням ручки управління проти крену, плавно відхилити педаль в сторону "юз" або крену, зупинити вертоліт. Відхилення педаль проти "юза" або проти крену сприяє перекидання вертольоту (рис.3.1.).

Зупинка вертольоту на рулінні виконується гальмами коліс і несучим гвинтом. При цьому ручка управління "на себе" повинна відхилитися не більше  $1/3 - 1/2$  ходу від нейтрального положення на Мі-2 і до положення, близького до нейтрального на Мі-8.

Найбільш істотними з точки зору безпеки польотів є такі особливості рулювання:

- небезпека перекидання;
- небезпека виникнення земного резонансу;
- небезпека зіткнення з перешкодами та іншими ПС;
- небезпека надмірної динамічного навантаження на хвостову балку;
- небезпека удару лопатями НВ по хвостовій балці.

Небезпека перекидання вертольоту або торкання землі лопатями НВ виникає при русі "юзом", при попаданні одним колесом в яму або на перешкоду, При зрушенні вертольоту з місця на в'язкому ґрунті або погано укатаном снігу, при включенні автопілота при відхиленою від нейтралі ручці управління і не включенням або несправному авіагоризонт, внаслідок чого автомат перекоосу отримує додаткове відхилення від автопілота.

Щоб уникнути руху "юзом" на слизькому ґрунті при прямолінійній русі слід одночасно зі збільшенням загального кроку НВ пропорційно відхилити вперед праву педаль і, навпаки, при зменшенні загального кроку - ліву педаль. Крім того, тяга НВ повинна бути невеликою, тобто на рулінні вертоліт не повинен знаходитися під "підвішеному" стані.

Розвороти на рулінні повинні виконуватися з радіусом тим більшим, чим більше швидкість рулювання. Перед розворотом швидкість рулювання повинна бути зменшена до мінімальної.

Перекидання вертольоту або удар лопатями НВ по землі може статися при руленні на великій швидкості по нерівній поверхні. Що виникає при попаданні правим колесом в яму або наїзді лівим колесом на перешкоду. Дії, які при цьому повинен виконати пілот, не відповідають раніше придбаного навику, що провокує помилку пілота.

Так, у пілотів виробляються стійкі навички: при розумінні загального кроку НВ одночасно пропорційно відхилити вперед ліву педаль, а для координованого виведення з правого крену відхилити ручку управління і педаль проти крену. Тому, при раптовому виникненні небезпечно великого нахилу (на нерівностях поверхні або через "юза") є реальна небезпека того, що

пілот рефлекторно, за звичкою клонить при зменшенні нахилу не праву, як потрібно, а ліву педаль, ніж може погіршити ситуацію.

При виникненні лівого крену або " юза " небезпека помилкових дій пілота істотно нижче, так як правила, пілотування при цьому не суперечать навичкам пілота - він повинен зменшити до мінімальних значень спільний крок НВ до корекцію, одночасно утримуючи вертоліт від крен ручкою управління і відхилити ліву педаль. Надійним способом уникнути помилок в подібних випадках є вироблення в собі готовності до дій шляхом багаторазового програвання подібних ситуацій, в уяві.

При рушенні з місця на в'язкому ґрунті, якщо пілот буде значно відхиляти вперед ручку управління і розгойдувати вертоліт за допомогою педалей при великій тязі НВ, крім неприпустимого динамічного навантаження хвостової балки, існує небезпека перекидання вертольоту, через те, що глибоко загрузла передня стійка може зламатися або раптово розгорнути вертоліт. У таких випадках безпечніше виконати підліт або зліт зі стоянки.

Ознакою початку земного резонансу є наростаючі коливання вертольоту. При цьому необхідно енергійно зменшити до мінімальних значень спільний крок НВ і корекцію, одночасно зафіксувавши ручку управління в нейтральному положенні, а поступальну швидкість до повної зупинки вертольоту зменшувати гальмами коліс. Якщо при цьому коливання не зменшилися, слід вимкнути двигуни. Більш докладно явище земного резонансу і дії пілота будуть розглянуті в наступних розділах. Тут же відзначимо тільки те, що джерелом енергії коливальних рухів при земному резонансі являються працюючі двигуни, а сприяє його виникненню сильне відхилення від нейтрального положення ручки управління, а також різке парирування відхиленнями ручки управління накреслення вертольоту при нерівностях землі або сильних поривах вітру.

Небезпека зіткнення вертольоту на рулінні з перешкодами або іншими повітряними судами парирується обачністю екіпажу, " а в засніжених, запорошених і піщаних майданчиках рулювання, по можливості, слід уникати, виконуючи замість нього буксирування або підльоти на старт поза зоною вихору. При необхідності рулювання в цих умовах виконується таким чином, щоб зберігалася достатня видимість орієнтирів, для цього швидкість рулювання вибирається такий, щоб вихори пилу або снігу залишалися позаду кабіни екіпажу. У деяких випадках при вітрі ззаду рулювання слід виконувати з малою швидкістю, щоб вихор був попереду вертольоту на відстані 10-15 м.

При втраті візуального контакту з землею - негайно зупинитися і зменшити крок і корекцію.

Погляд повинен бути спрямований вперед і вліво через лівий блістер або вдалину на рівні кінців лопатей НВ.

Якщо погляд спрямований вперед в умовах снігового або запиленого вихору можуть виникнути ілюзії.

Якщо ж умови рулювання такі, що зазначені вище прийоми не дозволяють вийти із зони вихору, слід робити періодичні зупинки для того, щоб переглянути смугу рулювання в період осідання пильного або снігового вихору.

Удар лопатями НВ по хвостовій балці може статися при екстреному гальмуванні на бетоні або слизькому ґрунті, коли гальма коліс малоефективні і пілот енергійно відхилить на себе ручку управління, при мінімальному загальному кроці НВ. У разі необхідності екстреного гальмування треба спочатку збільшити загальний крок НВ і тільки потім відхилити на себе ручку управління.

Про зайвому відхиленні ручки управління від себе при мінімальному значенні загального кроку НВ пілот може судити по ударах лопатей НВ по нижнім упорів. В цьому випадку необхідно відхилити ручку управління на себе (зменшити її відхилення від себе) до зникнення цього явища.

В процесі рулювання екіпаж повинен контролювати роботу силової установки, трансмісії, агрегатів і систем вертольоту на слух і за приладами, а також перевіряти роботу компаса, радіокомпаса, показчика повороту і ковзання по зміні показань їх індикаторів на розворотах.

Розподіл уваги на рулінні:

- погляд на землі в напрямку руху. В поле зору ліхтар кабіни, що дозволяє своєчасно реагувати на крен вертольоту через нерівності поверхні майданчика і поривів вітру;
- плавність і координованість відхилень органів управління;
- періодичних перегляд простору в лівій і правій півсферах, а також зверху;
- прослуховування радіообміну диспетчера (радіо обачність);
- швидкість рулювання;
- контроль роботи силової установки, трансмісії, систем і агрегатів на слух і приладів;

**Характерні відхилення вертольоту на висінні, помилки пілота і їх причини**

- Відхилення вертольоту - НЕ витримування заданої висоти висіння.

- Помилки пілота - положення важеля "крок-газ" не відповідає потребі в даних умовах.

- Важіль "крок-газ" для парирування відхилення переміщається з темпом, що не відповідає характеру відхилення вертольоту (як правило різкі і великі за величиною переміщення важеля "крок-газ")

Імовірніше причини помилкових дій:

- пілот не помічає зміни висоти через те, що "не туди" дивиться (як правило далеко від вертольоту);

- пілот пізно зауважує почалося зміна висоти і починає парирувати його, коли вертолїт вже розвинув істотну вертикальну швидкість. Початковими причинами в цьому випадку можуть бути недостатньо розвинений сенсорний навик або неправильне правління погляду;

- невідповідність сприйняття м'язових зусиль на важелі "крок-газ". Початковими причинами в цьому випадку можуть бути перерва в польотах, надмірні фізичні навантаження, напередодні польотів, зміна вертольоту (неоднакові зусилля при відхиленні важеля "крок-газ").

Відхилення вертольоту:

- невитримані напрямки висіння.

Помилки пілота:

- пізній початок парирування розвороту вертольоту;  
- надмірне або недостатнє відхилення педалей для збереження напрямку;  
- темп відхилення педалей не відповідає характеру відхилення вертольоту.

Можливі причини помилкових дій:

- недостатньо відпрацьовані рухові (моторні) навички роботи органами управління;

- неправильне напрям погляду (як правило - занадто близько до вертольоту), внаслідок чого пілот не помічає відхилення вертольоту по курсу;

- недостатньо відпрацьовані сенсорні (тобто основані на роботі органів почуттів) навички візуального визначення параметрів польоту ;.

- недостатньо відпрацьовані навички перемикання уваги - пілот фіксує свою увагу на дотриманні одних параметрів, забуваючи про інші;

- невідповідність сприйняття м'язових зусиль на педалях. Початковими причинами в цьому випадку можуть бути втома або надмірні фізичні навантаження. Напередодні польотів, а також неправильна (не така, як в попередніх польотах) регулювання педалей і висоти крісла, неправильна постановка ніг на падали (висячі ноги).

*Відхилення вертольоту:*

- зміщення щодо місця висіння.

Помилки пілота:

- несвоєчасні дії органами управління при відхиленнях вертольоту;

*Можливі причини помилкових дій*

- недостатньо відпрацьований сенсорні навички визначень параметрів польоту. Пілот зауважує вже початок руху і не помічає відхилень вертольоту по крену або тангажу, що призводять до зміщення вертольоту;

- недостатньо відпрацьовані навички перемикування уваги - пілот концентрує вникання на одних параметрах (наприклад, витримка. Напрямки і висоти) і не помічає відхилень за іншими (щодо місця висіння).

Початковими причинами помилкових дій в цих випадках можуть бути:

- неправильний напрямок погляду на землю (як правило, занадто далеко від вертольоту);

- неправильна фокусування зору - пілот бачить землю і не бачить змін положення скління кабіни щодо землі і навпаки.

**Характеристика відхилення вертольоту при переміщеннях, помилки пілота і їх причини.**

*Відхилення вертольоту - зміна висоти в процесі переміщення.*

помилки пілота:

- несвоєчасні або не в необхідному темпі відхилення важеля "крок-газ";
- виправляючи напрям відхиленнями педалей пілот працює важелем "крок-газ" або ж відхиляє його з темпом, що не відповідає темпу відхилення педалей.

*Можливі причини помилкових дій:*

- неправильний розподіл уваги, пілот бачить одні відхилення і не помічає інших;

- неправильний напрямок погляду (найімовірніше, занадто далеко від вертольоту);

- занадто жорстка фіксація погляду у напрямку і (або) по дальності;

- зміна м'язового сприйняття зусиль на органах управління через втому або з інших причин;

- слабкі рухові навички роботи з органами управління.

*Відхилення вертольоту - зміна курсу в процесі переміщення.*

Помилки пілота:

- несвоєчасна чи не в необхідному темпі, робота педалями по збереженню спрямування;
- невміння зберігати задане положення органів управління тривалий час;
- виправляючи висоту змінами загального кроку НВ, пілот не працює педалями.

*Можливі причини помилкових дій:*

- пілот не бачить відхилень від заданого курсу через неправильний розподіл уваги, неправильного напрямку погляду або занадто жорсткої фіксації погляду у напрямку, дальності або об'єкту;
- слабкі рухові навички роботи з органами управління.

Відхилення вертольоту - велика або непостійна швидкість переміщення.

Помилки пілота:

- відхилення ручки управління в сторону зміщення;
- непостійна величина крену або тангажу в процесі переміщення.

*Можливі причини помилкових дій:*

- пілот не вміє оцінювати швидкість зсуву (не туди дивиться);
- пілот не помічає малих змін швидкості (не туди дивиться);
- пілот відчуває утруднення в переробці інформації, що надходить (неправильно розподіляє увагу), тобто не бачить зміни положення скління кабіни щодо землі.

**Характерні відхилення вертольоту, помилки пілота і їх причини при виконанні вертикального зниження і приземлення гелікоптера.**

**I. Відхилення вертольоту – недотримання напрямки.**

Помилки пілота:

- педалі відхиляються з темпом або на величину не відповідає умовам зниження з постійним курсом;
- некоординовані дії органами управління (в процесі зменшення вертикальну швидкість зниження перед приземленням вертоліт, як правило, розгортається вліво).

Причини помилкових дій:

- пілот не бачить відхилень вертольоту по курсу. Початковими причинами в цьому випадку можуть бути неправильний розподіл уваги або неправильний напрямок і фокусування погляду, тобто недостатньо розвинені сенсорні навички або ж відвернути увагу від візуального контролю напрямку, викликане ускладненням обстановки;

- недостатньо відпрацьовані рухові навички пропорційного відхилення педалей і важеля «крок-газ». Цьому може сприяти (тобто виступати в якості основної причини) і зміна обстановки (заміна вертольоту, пере регулювати крісла, педалей, зміна вітру і т.д.) або втома пілота. В цьому випадку недостатньо розвинені навички пілота не можуть досить швидко перебудуватися відповідно до умов, що змінюються. Пілотові здається, що він з такими ж зусиллями і з таким же темпом працює педалями при зміні положення важеля «крок-газ». А добитися їх координованого, синхронного відхилення він не може.

## 2. Відхилення вертольоту - зниження зі зміщенням.

Помилки пілота:

- несумірні і некоординовані рухи органами управління;
- невідповідність відхилення ручки управління знесенню вертольоту, викликаному вітром.

Причини помилкових дій:

- недостатньо відпрацьовані сенсорні навички визначення параметрів польоту - пілот не бачить зсувів вертольоту, відхилень по крену або тангажу;
- неправильний розподіл уваги;
- неправильний напрямок погляду (як правило, занадто далеко від вертольоту);
- недостатньо відпрацьовані рухові навички координованого відхилення органів управління;
- відволікання уваги, викликане ускладненням обстановки;

## 3. Відхилення вертольоту - грубе приземлення на велику вертикальну швидкість.

Помилка пілота:

- невідповідність величини і темпу збільшення загального кроку НВ швидкості наближення вертольоту до землі.

Причини помилкових дій:

- пілот не сприймає своїми органами почуттів темпу зміни вертикальну швидкість зниження (другий похідною від висоти). Початковими причинами можуть бути недостатній резерв уваги, неправильний напрямок погляду і т.д .;

- пілот не вміє визначати момент приземлення вертольоту, тобто не навчений визначати висоту. Початковими причинами в цьому випадку також можуть бути неправильний напрямок погляду (занадто далеко від вертольоту) і неправильний розподіл уваги;

- слабо розвинені рухові навички в роботі з важелем «крок-газ».

4. Відхилення вертольоту - грубе приземлення в результаті не усунутий крену або зсуву.

Помилки пілота:

- несоразмірний руху органами управління в момент приземлення.
- неправильне рішення на виконання приземлення з не усунутим креном, зміщенням розгойдуванням вертольоту.

Причини помилкових дій

- пілот не бачить відхилень по крену, тангажу і зсувів вертольоту в результаті неправильного розподілу виймання неправильного напрямку погляду або недостатнього резерву уваги (початкові причини)

- пілот не знає, як правильно діяти при виникненні зсувів або розгойдування вертольоту перед приземленням, недисциплінованість пілота.