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

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

навчальної дисципліни «ПРИНЦИПИ ПОЛЬОТУ МІ-8 МТВ»,
обов'язковий компонент
освітньо-пофесійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
272 Авіаційний транспорт (Аеронавігація)

За темою № 2.1 - Рулювання

м. Харків, 2021

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

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

СХВАЛЕНО
Секцією Науково-методичної
ради ХНУВС зі спеціальних
дисциплін
Протокол від 22.09.2021 № 8

Розглянуто на засіданні циклової комісії аеронавігації
Протокол від 30.08.2021 № 1

Розробник: викладач циклової комісії аеронавігації, спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Яцина Є.В.

Рецензенти:

1. Викладач циклової комісії аеронавігації, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, викладач-методист 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. Схема сил на рулюванні.
2. Особливості виконання рулювання і обмеження при рулюванні.
3. Техніка рулювання.
4. Характерні помилки.

Література:

1. Ромасевич В.Ф., Аеродинаміка і динаміка польотів вертольотів, М., Воениздат, 1982.
2. Зозуля В.Б., Іванов Ю.П., Практична аеродинаміка вертольота Мі-8, М., Машинобудування, 1977.
3. Базов Д.І., Аеродинаміка вертольотів, М., Транспорт, 1972.
4. Яцуновіч М.С., Практична аеродинаміка вертольота Мі-8, М., Машинобудування, 1973.
5. Крилов А.А., Методика виконання польоту на вертольоті Мі-8, М., Повітряний транспорт, 1980.
6. Ромасевич В.Ф., Самойлов Г.А., Практична аеродинаміка польотів, Воениздат, М., 1980.
7. Керівництво з льотної експлуатації вертольота Мі-8-МТВ, М., 1994.

Рулювання

СХЕМА СИЛ НА рулювання

рулювання- це основний вид пересування вертольота по землі. Рулювання вигідніше, ніж підліт, так як потужність, потрібна для рулювання, становить 25-40% від номінальної потужності.

Рулювання дозволяється проводити на вертольоті по твердій і рівній поверхні, не допускаючи зваженого стану вертольота.

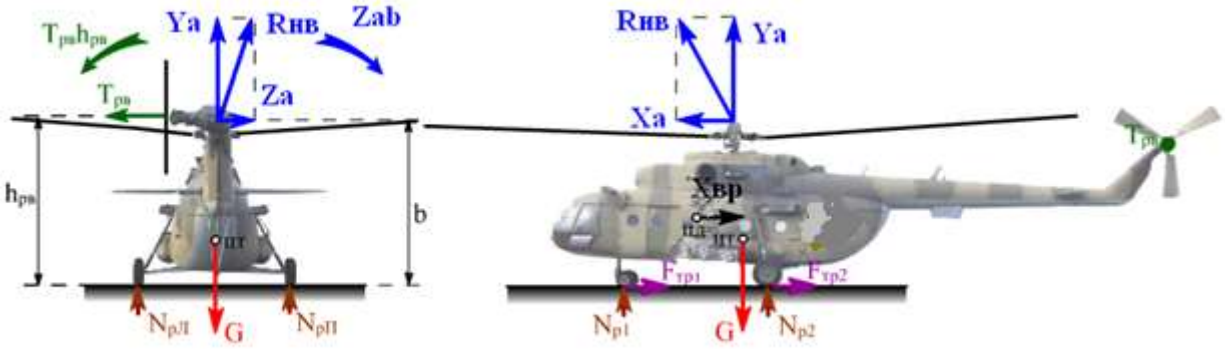


Рис. Схема сил і моментів, що діють на вертолітні рулении

Для усталеного прямолінійного рулювання необхідно, щоб діючі на вертоліт сили перебували в наступному взаємовідносини:

Основний принцип балансування вертольота при рулении Ya << G - це умова зчеплення коліс з грунтом.

Рулювання на малій швидкості забезпечує Ya << G

ΣFxa = 0 - умова Vx = const

Xa - Xвр - ΣFxтр. = 0

ΣFYa = 0 - умова Vy = 0

Ya = ΣN - G = 0

N - нормальні сили реакції грунту на силу ваги вертольота

ΣN - створюють Fтр. коліс об грунт
ΣFZa = 0; Tрв + Za + Σ Fтр. = 0; умова Vz - відсутність юза
Fxтр. - поздовжні сили тертя коліс об грунт - перешкоджають рулювання вертольота
Fzтр.- поперечні сили тертя - беруть участь при балансуванні вертольота. Врівноважують бічну силу. (ТРВ - Za) - перешкоджають юзу.

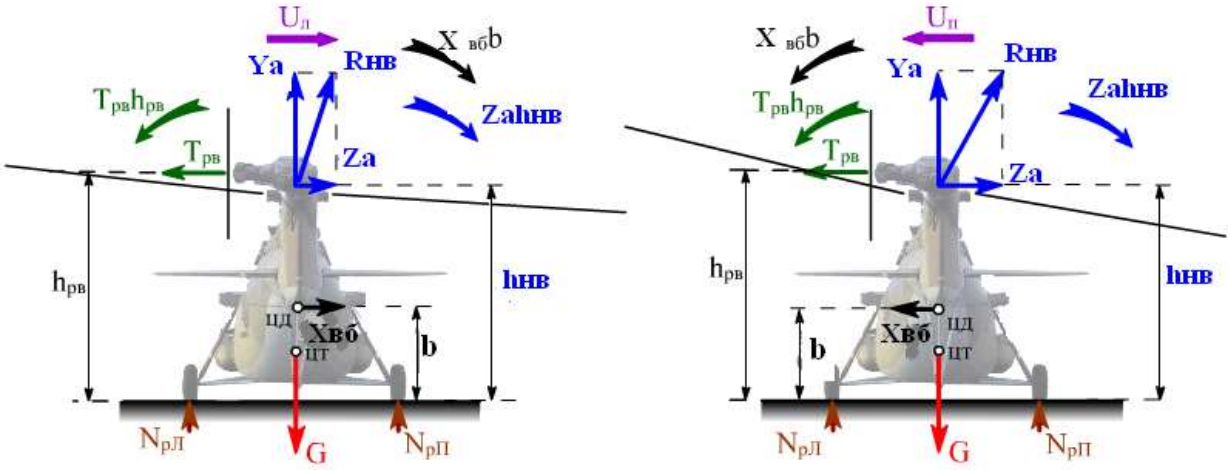


Рис. Схема сил і моментів, що діють на вертоліт пр рулюванні з боковим вітром

Рулювання є основним видом пересування вертольота по аеродрому на невеликі відстані, особливо поблизу літальних апаратів та інших перешкод. Крім того, в енергетичному відношенні рулювання набагато вигідніше підльоту, тому що виконується при невеликій потужності двигунів. Нарешті, якщо зліт вертольота зі стоянки неможливий через перешкоди або обмежень по злітній масі для даних метеорологічних умов, вертоліт вирулює до місця старту для зльоту по-літакового.

Суттєвою з точки зору безпеки польотів особливістю рулювання на вертольоті є небезпека перекидання і виникнення «Земної резонансу», тому в керівництві з льотної експлуатації встановлений ряд важливих обмежень.

При стрaгивании вертольота з місця на м'якому грунті або погано битій снігу неприпустимо значно відхиляти РУ вперед, тому що може загрузнути або навіть зламатися передня стійка, і розгойдувати вертоліт за допомогою педалей, тому що це може привести до неприпустимого динамічному навантаженню і подальшого руйнування хвостової балки або перекидання вертольота.

Рулювання дозволяється тільки по рівній і твердій поверхні при відстані від кінців обертових лопатей до перешкод не менше радіуса НВ.

Для забезпечення безпечного сталого руху вертольота по землі необхідно виконання наступних основних умов:

- тяга НВ повинна бути невеликою, тобто вертоліт не повинен керувати в нестійкому «підвішеному» стані;
- частота обертання НВ повинна мати номінальне значення для заданого загального кроку, тобто неприпустимо рулювання при лівому положенні рукоятки корекції;

- швидкість рулювання вибирається залежно від польотної маси вертольота, стану грунту, видимості, напрямку і швидкості вітру, наземної і повітряної обстановки і не повинна перевищувати 30 км / год;
- тяга РВ повинна бути врівноважена бічний силою НВ, а реактивний момент НВ при прямолінійній русі повинен бути урівноважений колійним моментом РВ. Щоб не допускати бічного юза вертольота і бічних тисків на пневматики коліс, слід одночасно зі збільшенням загального кроку НВ пропорційно відхиляти вперед праву педаль;
- при рулении з боковим вітром, коли конус обертання і рівнодіюча НВ завалюються за вітром, а сам вертоліт прагне накренитися також за вітром і розвернутися носом проти вітру, РУ необхідно відхиляти проти вітру, протилежну напрямку вітру, а розворот вертольота парирувати відхиленням відповідної педалі;
- розвороти на рулении повинні виконуватися плавним відхиленням педалей з радіусом, тим більшим, чим більше швидкість рулювання, до того ж швидкість рулювання при розворотах повинна бути мінімальною. Енергійні розвороти з малим радіусом неприпустимі, тому що навіть на звичайному, а тим більше на слизькому або розмоклому грунті виникає бічній юз вертольота за рахунок відцентрової сили, що діє в бік, зворотній розвороту;
- при появі юза необхідно припинити рулювання, для чого важіль КРОК-ГАЗ перемістити вниз до упору, плавно відхилити педаль в сторону юза і дочекатися повної зупинки вертольота, після чого відновити рулювання з меншою швидкістю. Забороняється під час руху вертольота юзом відхиляти педаль в сторону, протилежну юзу;
- при мінімальному значенні загального кроку НВ і зайвому відхиленні РУ від себе можливі удари лопатей НВ по нижнім упорів і посилення вібрації вертольота, що неприпустимо. При появі ознак «стукання» лопатей слід відхилити на себе РУ;
- для зупинки вертольота на рулении слід завчасно зменшити загальний крок НВ і потужність двигунів до мінімальних, плавно і незначно відхилити РУ на себе і скористатися гальмами коліс. Енергійне взяття РУ на себе при мінімальному загальному кроці НВ для екстреної зупинки вертольота може привести до удару лопатей НВ по хвостовій балці. Слід пам'ятати, що при рулении по бетону або слизькому грунту гальма коліс малоефективні;
- забороняється керувати:
    - по занадто грузлому і нерівному грунту;
    - по глибокому і пухкому снігу;
    - на великі відстані.
- при раптовому збільшенні крену (попадання одного колеса в яму, наїзд на бугор, нахил злітної площадки) і почався перекиданні вертольота, необхідно негайно зменшити загальний крок або в крайньому випадку, наобо-рот, збільшити загальний крок і злетіти, якщо є повна впевненість в безпеки зльоту.

При рулении в умовах вітру по курній, піщаної або засніженій майданчику велике значення для безпеки набуває забезпечення видимості, в зв'язку з чим слід рулити тільки проти вітру. Швидкість рулювання при цьому підбирається такий, щоб вихори пилу або снігу залишалися позаду кабіни екіпажу. Якщо ж збільшення швидкості рулювання аж до максимально допустимої вертоліт не виходить з курній або сніжної зони, слід, навпаки, зменшити швидкість рулювання аж до гранично малої і робити періодичні зупинки для осідання пильного (снігового) хмари і перегляду смуги рулювання. При рулении в умовах погіршеної видимості на незнайомому аеродромі в цілях безпеки рекомендується вислати вперед в напрямку рулювання бортового механіка.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОНАННЯ рулювання І ОБМЕЖЕННЯ ПРИ рулювання

При виконанні рулювання необхідно переконатися, що на шляху немає перешкод і показання всіх приладів нормальні, і запросити дозвіл на вирулювання. Отримавши дозвіл, розгальмувати основні колеса, встановити частоту обертання несучого гвинта 95 ± 2% (корекція в крайньому правому положенні), збільшити загальний крок до значення 3º-5º (по УШВ) при злітній вазі 11100 кгс і до 4º-6º при злітній вазі 13000 кгс (в залежності від стану грунту) і плавно відхилити ручку управління вперед від нейтрального положення. Випробувати гальма. Швидкість рулювання регулювати ручкою управління, спільним кроком і гальмами коліс. При необхідності енергійного гальмування відхилити ручку управління на себе на незначну величину нейтрального положення, не зменшуючи при цьому повністю спільний крок (не менше 3º по УШВ). Ручку управління відхиляти від себе на більшу величину не рекомендується, так як передні колеса будуть зариватися в грунт.

Рулювання дозволяється при швидкості зустрічного вітру не більше 25 м/ С, бічного - не більше 10 м / с;

При рулении з боковим вітром вертоліт має тенденцію до розвороту проти вітру.

Розворот вертольота парирується відповідним відхиленням педалей, а крен - відхиленням ручки управління. Якщо при рулении з'являються наростаючі коливання, необхідно зменшити загальний крок несучого гвинта до мінімального, прибрати корекцію, якщо коливання вертольота не припиняються або посилюються, негайно вимкнути двигуни і зупинити вертоліт.

Керувати дозволяється при міцності грунту не менше 3 кгс/ См2. Якщо майданчики пилові або покриті щойно випав снігом, то глибина пилу або снігу повинна бути не більше 15 см. Швидкість рулювання по курних майданчикам не більше 30 км / год, по сніжним - не більше10 км / год. Розвороти виконувати на мінімальній швидкості. Розвороти на місці забороняються, так як це може привести до зриву покришок коліс або поломки передньої стійки.

Рулювання при зустрічному вітрі більше 7м/ С особливостей не має, так як запорошений або сніговий вихор на всіх швидкостях рулювання залишається позаду кабіни екіпажу і видимість не погіршується.

При зустрічному вітрі менше 7 м/ С і при попутному вітрі після дачі корекції вправо по досягненні частоти обертання несучого гвинта 35-47% і в процесі рулювання видимість значно погіршується. У цих випадках слід рулити так:

Переконатися, що в напрямку рулювання немає перешкод, на мінімальному кроці і правої корекції виконати розгін швидкості до виходу кабіни екіпажу і повітрязабірників двигунів їх вихору. Швидкість витримувати по землі, якщо при досягненні швидкості 30 - 35 км / год видимість не поліпшується, то необхідно, прорулів 20-25м, зупинитися, вивести корекцію вліво і після появи горизонтальної видимості, переконавшись у відсутності перешкод, продовжувати рулювання. У деяких випадках, при сильному вітрі ззаду, рулювання виробляти на малій швидкості, щоб вихор знаходився на відстані 1015 мпопереду кабіни екіпажу. Взагалі слід уникати рулювання на запорошених і засніжених майданчиках і виробляти буксирування вертольота.

ТЕХНІКА рулювання

Рулювання рекомендується проводити по твердій і рівній поверхні грунту при включених ПЗУ двигунів, не допускаючи зваженого стану вертольота.

Перед рулюванням екіпажу переконатися, що показання всіх приладів нормальні і на шляху рулювання немає перешкод, рукоятка корекції газу знаходиться в крайньому правому положенні, частота обертання несучого гвинта становить 95 ± 2%. Розгальмувати основні колеса шасі. Збільшенням загального кроку несучого гвинта до значення 3º-5º (по УШВ) при злітній вазі 11100 кгс і до 4º-6º при злітній вазі 13000 кгс (в залежності від стану грунту) і плавним відхиленням ручки управління від себе перевести вертоліт на поступальний рух. Збільшення загального кроку несучого гвинта викликає збільшення реактивного моменту Мр несучого гвинта і розворот вертольота вліво. Це відбувається тому, що при нейтральному положенні педалей момент, створюваний тягою кермового гвинта, недостатній для компенсації реактивного моменту несучого гвинта. Тому одночасно зі збільшенням загального кроку несучого гвинта необхідно відхиляти вперед праву педаль. При цьому установчі кути лопатей рульового гвинта збільшуються, тяга рульового гвинта зростає і момент від неї усуває розворот вертольота вліво. Збільшення тяги рульового гвинта ТРВ спричинить за собою зростання перекидаючого моменту Трвh вліво. Для отримання компенсуючого моменту Mz необхідно ручку управління відхилити вправо.

Рух вертольота по землі відбувається під дією сили Ха, яка створюється внаслідок нахилу сили тяги несучого гвинта вперед. Площина обертання несучого гвинта при цьому нахилена вперед. Сила Хаво час рулювання долає гальмують сили: шкідливого опору Хвр і тертя коліс шасі об землю Fтр1 і Fтр2.

Відповідальним моментом рулювання є страгивание вертольота з місця, яке особливо утруднене при стоянці вертольота на в'язкому ґрунті або погано битій снігу. Тому для страгивания вертольота з місця в таких випадках необхідно збільшити потужність двигунів шляхом збільшення загального кроку несучого гвинта до 1 - 2 °. Після страгивания вертольота спільний крок гвинта зменшити.

Не рекомендується для страгивания з місця відхиляти ручку управління від себе до упору, збільшувати загальний крок несучого гвинта більше 6 ° і застосовувати розкачку вертольота педалями. Значне відхилення ручки управління від себе результатів не дає, а лише збільшує навантаження на передню стійку шасі. Колесо при цьому ще більше зариється в грунт (сніг) і сили, які гальмують рух, зростуть. Збільшення кроку більше 6 ° призведе до зростання тяги несучого гвинта і реактивного моменту. В результаті збільшення тяги несучого гвинта тертя коліс об грунт зменшиться, вертоліт може почати переміщення вперед, але так як одночасно збільшиться і тяга рульового гвинта, то вертоліт почне зміщуватися вліво. Бічний рух вертольота призведе до заривання лівого колеса в грунт (сніг) і до утворення з зовнішньої сторони колеса валка, що перешкоджає руху. В цьому випадку вертоліт почне кренитися вліво, що може привести до перекидання. При розгойдуванні вертольота педалями для страгивания його з місця виникають неприпустиме динамічне навантаження і подальше утомлююча руйнування хвостової балки або перекидання вертольота. Із зазначеного вище випливає, що, якщо в смузі рулювання грунт в'язкий (погано укочений сніг), необхідно виконувати не рулювання, а підліт.

При наявності пилу або снігу, піднятих струменем повітря від несучого гвинта, рулити на малій швидкості, періодично зупиняючи вертоліт для перегляду смуги рулювання.

Швидкість рулювання вибирається залежно від стану грунту, напрямку вітру і обстановки, але вона не повинна перевищувати 30км/ Ч. Швидкість вітру не повинна перевищувати 15 м / сс будь-якого напрямку і до 25 м / с - спереду. При швидкості вітру 15 м / с (але не більше 20 м / с) необхідно проводити підліт проти вітру або буксирування вертольота.

Розвороти на рулении виконувати плавним відхиленням педалей і ручки уп-ління, не допускаючи при цьому повного розвантаження амортизаційної стійки перед-них коліс і юза. При русі вертольота юзом відхилити педаль в сторону юза.

Радіус розвороту повинен бути не менше:

- при розвороті на 90º, швидкості 10 км / ч- 16 м;
- при розвороті на 180º, швидкості 4-5 км / ч- 6 м;
- при розвороті на 180º, на місці -3 м.

При виконанні розворотів необхідно пам'ятати, що чим більше швидкість рулювання, тим більше повинен бути радіус розвороту. Енергійні розвороти на рулении з малим радіусом забороняються, так як виникає юз.Для припинення юза необхідно зменшити потужність двигунів до мінімальної, плавно відхилити педаль в сторону юза, почекати, поки вертоліт

зупинитися, потім почати рулювання на меншій швидкості і зробити розворот.

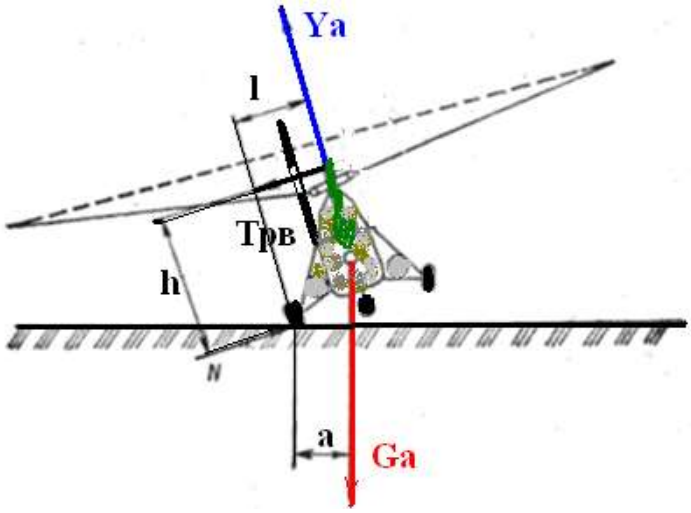
При рулении з боковим вітром за рахунок парусність фюзеляжа і деякого завалу конуса обертання несучого гвинта в сторону (куди дме вітер) виникають крениться і розвертає моменти, для врівноваження яких необ-ходимо ручку управління відхиляти в сторону, протилежну напрямку вітру, а педалями витримувати, напрямок рулювання. Величина відхилення органів управління залежить від швидкості і кута вітру. Слід враховувати також, що при вітрі справа перекидаючий момент, складаючись з моментом від тяги рульового гвинта, збільшується, а при вітрі зліва зменшується. Відповідно змінюється і величина відхилення ручки управління в поперечному напрямку.

Зусилля, що виникають на ручці управління, необхідно зняти триммерами.

З наведеної на малюнку схеми сил, що діють на вертоліт при крен на рулении, слід, що умови перекидання вертольота при його накрененіі на рулении визначаються рівнянням:

$$M_{опр} = T_{рв}h + Yal - G_a a$$

З рівняння видно, що збільшення тяги несучого і рульового гвинтів та зменшення маси вертольота призводять до зростання опрокідивающего моменту.



При появі у вертольота прагнення до перекидання потрібно негайно зменшити загальний крок несучого гвинта, відКлон важіль КРОК-ГАЗ до упору вниз, і одночасно утримувати вертоліт від крен, відхиляючи ручку управління в сторону, протилежну крену. При цьому рекомендується також відхиляти вперед ліву педаль при лівому крен, а праву - при правом крен. Швидке зменшення крениться моменту Трвh + Yal і дію, що відновлює моменту від маси вертольота Gaаустраняют небезпека перекидання. Якщо вертоліт не завантажено, величина відновлює моменту зменшується. Тому рулювання при швидкості бічного вітру більше допустимої небезпечно.

Розвороти на рулении слід виконувати плавним отклонением педалей, не допускаючи розвороту з малим радіусом на підвищеній швидкості. У разі якщо різниця між силами ТРВ - Zаоказивается більше сили бокового тертя

коліс об поверхню майданчика, з'явиться юз. Крім того, юз виникає при рулении по грузлому грунту і слизькій поверхні. Для припинення юза необхідно зменшити загальний крок несучого гвинта до мінімального значення, перевести корекцію газу в крайнє ліве положення, плавно відхилити педаль в сторону юза, почекати, поки вертоліт не зупиниться, потім почати рулювання і на меншій швидкості зробити розворот.

При рулении по курному (сніжному) грунту, в випадку коли зникає видимість попереду вертольота через сильну пилу (снігового вихору), жене несучим гвинтом, необхідно зупинити вертоліт. Подальше рулювання можна виконати після того, як видимість відновиться і екіпаж переконається, що в напрямку рулювання відсутні перешкоди.

Для зупинки вертольота на рулении слід встановити ручку управління в положення, близьке до нейтральному, і використовувати гальма.

Характерні ПОМИЛКИ

1. **Зайве відхилення ручки управління вперед**для страгивания вертольота з вузького або снігового (невтрамбованому снігу) грунту. Помилка призводить до того, що збільшується навантаження на передню стійку, колеса якої більше занурюються в грунт, сила тертя зростає і умови страгивания вертольота з місця ускладнюються. При збільшенні кроку несучого гвинта додатково створюються умови накрененія вертольота вліво, що може привести до перекидання. Щоб цього не сталося, ручку управління необхідно відкидати не лише вперед, а й вправо. Якщо при збільшенні загального кроку несучого гвинта вертоліт з місця не страгивает, рулювання не виконувати, виконати підліт.
2. **Рулювання з великою швидкістю.**Найчастіше ця помилка допускається в нічний час. В результаті рулювання на великій швидкості, особливо по нерівному грунту, з'являються наростаючі коливання вертольота навколо поздовжньої і поперечної осей, створюється передумова появи «Земної резонансу», перекидання вертольота або удару лопатями несучого гвинта по хвостовій балці.

Уразі появи на рулении наростаючих коливань вертольота необхідно зменшити загальний крок несучого гвинта до мінімального значення, вивести корекцію вліво, зменшити швидкість рулювання або зупинити вертоліт. Якщо коливання не припиняються, а, навпаки, продовжують наростати, потрібно негайно вимкнути двигуни.

3. **Поява юза при виконанні розвороту**. Помилка виникає при різкому або збільшеному відхиленні педалей для розвороту під час рулювання на великій швидкості, а також при розворотах на в'язкому або слизькому грунті. При розворотах з юзом створюється загроза перекидання вертольота. При появі юза необхідно зменшити загальний крок несучого гвинта до мінімального значення, плавно відхилити педаль в сторону юза і зупинити вертоліт. В подальшому розвороти потрібно виконувати на меншій поступальної швидкості і педалями діяти більш плавно.
4. **Різке гальмування за допомогою гальм коліс, несучого гвинта і зменшення потужності двигунів.** Помилка найчастіше допускається при

необхідності швидкої зупинки вертольота під час рулювання з великою швидкістю. В цьому випадку пілот одночасно натискає на гашетку гальм, відхиляє на себе за нейтральне положення ручку управління, опускає КРОК - ГАЗ до мінімуму і повертає корекцію газу вліво.

Натискання на гашетку гальм викликає відхилення носовиття частини вертольота вниз, а хвостової балки вгору. В результаті цього відстань між лопатями і хвостовій балкою зменшується. При взятті ручки управління на себе конус несучого гвинта відхиляється назад і лопаті його ще більше прибл-жаются до хвостовій балці. Якщо при цьому пілот поверне корекцію газу вліво, то частота обертання несучого гвинта зменшиться, лопаті під дією власної ваги опустяться і відстань між ними і хвостовій балкою ще більше скоротиться.

Таким чином, якщо для припинення переміщення Вертліта пілот одночасно діє гальмами, ручкою управління, РШГ і корекцією газу, несучий гвинт і хвостова балка починають рухатися назустріч один одному, створюючи передумову для удару лопатями несучого гвинта про хвостову балку. Щоб цього не сталося, не слід перевищувати встановлену швидкість рулювання, а при користуванні гальмами для припинення руху водночас не відхиляти ручку управління повністю на себе і не зменшувати частоту обертання несучого гвинта поворотом корекції газу вліво.

Якщо умови стоянки вертольотів настільки обмежені, що немає можливості виконати ні рулювання, ні підліт, вертоліт повинен буксируватися до місця зльоту.