

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

Циклова комісія аеронавігації

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

навчальної дисципліни «Принципи польоту: вертоліт Мі-2»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Аеронавігація

за темою № 3 - «Несталі режими польоту»

Харків 2021

ЗАТВЕРДЖЕНО

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

СХВАЛЕНО

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

ПОГОДЖЕНО

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

Розглянуто на засіданні циклової комісії аеронавігації протокол від 30.08.2021
№1

Розробник:

1. Викладач циклової комісії аеронавігації, спеціаліст – Ємець В.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. Рулювання
2. Зліт. Загальні положення
 - 2.1. Виконання висіння, розворотів на висінні, переміщень
 - 2.2. Зліт по вертолiтному з розгоном швидкості в зоні впливу «повітряної подушки»
 - 2.3. Зліт по вертолiтному з розгоном швидкості поза зоною впливу «повітряної подушки»
 - 2.4. Зліт з розгоном
- 3 Посадка. Загальні положення
 - 3.1. Посадка по вертолiтному з зависанням в зоні впливу "повітряної подушки "
 - 3.2. Посадка по вертолiтному без використання впливу «повітряної подушки»
 - 3.3 Посадка з пробігом
 - 3.4. Віраж. Загальні положення
 - 3.5. Характеристики віражу
 - 3.6. Особливості виконання правого і лівого віражу

Рекомендована література:

Основна література

1. Зозуля В.Б., Лалетін К.Н., Гученко Н.І. Практична аеродинаміка вертольоту Мі-2
2. Володко А.М. Основи льотної експлуатації вертольотів. Аеродинаміка. - 1984, с. 256
3. Зозуля В.Б., Іванов Ю.П. Практична аеродинаміка Мі-8 М., «Машинобудування», 1977
4. Володко А.М. Вертолiт в ускладнених умовах експлуатації 07
5. Яцина Є.В. Практична аеродинаміка вертольоту Мі-8 МТВ та його льотна експлуатація, КЛУК НАУ, 2016

Додаткова література

6. А.М. Володко та ін. Вертольоти. - 1992.
 7. Володко А.М. Безпека польотів вертольотів. Транспорт. 1981.
 8. Алаян та ін. Аеродинаміка та динаміка польоту вертольоту. 1973
- Керівництво з льотної експлуатації в-та Мі-2, Мі-8МТВ

Текст лекції

1. Рулювання

Рулювання, це основний вид переміщення вертольота по землі для вертольотів з колісними шасі, воно вигідніше, ніж підльоти, так як потужність, споживана для рулювання становить 25-40% від номінальної потужності.

Найбільшою небезпекою при рулюванні є перекидання вертольота навколо осі, що з'єднує переднє і основне колесо шасі. Сприятливими факторами для перекидання вертольота є: високе розташування центру тяжіння вертольота і невелика ширина колії коліс.

При рулюванні вертольота на нього діє сила тяжіння і несиметричні аеродинамічні сили, що створюють різні моменти. Головною умовою запобігання перекидання вертольота є перевищення стабілізуючих моментів що перекидаються навколо точки «А» (рис.30):

$$M_{ACT} > M_{АОПР}$$

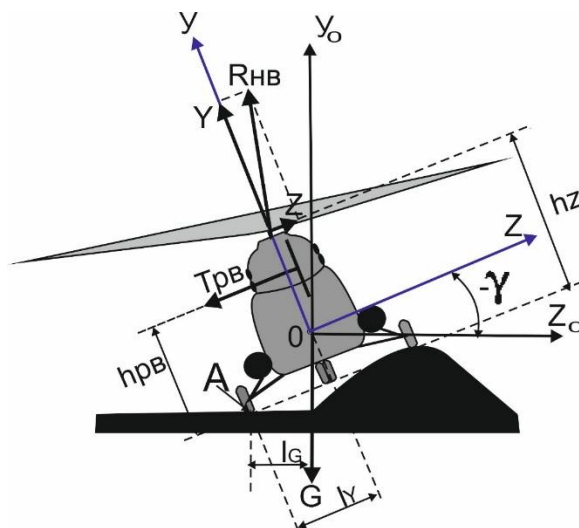


Рис.30 Перекидання на руленні.

Стабілізуючі моменти створюють: сила ваги «G» і бічна сила «Z», перекидні моменти створюють: сили «TRB» і «Y».

$$G \cdot lG + Z \cdot hZ > TRB \cdot h_{PB} + Y \cdot lY;$$

При порушенні цієї нерівності може статися перекидання вертольота. Щоб не сталося перекидання вертольота на рулінні, пілоту необхідно знати:

1. Рулювання виконувати при мінімальному кроці НВ, для дотримання умови: $Y < G$.
2. Керувати можна тільки по рівному і твердому ґрунті, майданчик повинен бути з ухилом не більше 3° так як при крені вертольота зменшується стабілізуючий момент через зменшення плеча «lG» (рис.90), майданчик з лівим ухилом, більш небезпечна, ніж з правим тому перекидаючий момент

- «ТРВ· hrv »спрямований вліво.
3. Збільшення завантаження і заправки палива збільшує стабілізуючий момент « $G \cdot IG$ ».
 4. При недостатньому відхиленні РЦШ вправо і значному відхиленні правої педалі збільшується перекидаючий момент.
 5. Бічний вітер не повинен перевищувати 10 м/с, так як він створює «додатковий перекидаючий момент і розгортає вертоліт проти вітру, при вітрі зліва для витримки напряду пілот змушений відхиляти праву педаль, збільшувати тягу РВ - збільшується перекидаючий момент вліво. РЦШ необхідно відхиляти проти вітру.
 6. При виконанні розвороту з'являється відцентрова сила, яка створює перекидаючий момент. Чим більше швидкість рулювання і менше радіус розвороту, тим більше перекидаючий момент, особливо небезпечний розворот вправо. При розвороті вправо перекидаючий момент від рульового гвинта посилюється перекидаючим моментом відцентрової сили.

Для виконання рулювання необхідно прибрати колодки з-під коліс, оглянути передню півсферу, розгальмувати колеса, підняти важіль крок-газ з одночасним відхиленням РЦШ від себе. Вирулювати зі стоянки і зарулює на стоянку можна тільки по команді, що стоїть попереду а / техніка. Страгивание з місця вимагає більше потужності, ніж для рулювання, особливо при стоянці на ґрунті. На початку рулювання необхідно перевірити гальма коліс. Швидкість рулювання не повинна перевищувати швидкості швидко йде людини, швидкість регулюється відхиленням РЦШ і кроком, а напрямом педалями. Розвороти виконувати на мінімальній швидкості з достатнім радіусом. При виникненні «юза» і прагнення до перекидання, необхідно РЦШ відхилити в сторону протилежну крену, зменшити крок НВ і відхилити педаль в сторону «юза».

При виникненні крену на рулюванні, забороняється його зменшувати за допомогою збільшення кроку, так як це сприяє зменшенню стабілізуючого моменту і збільшенню небезпеки перекидання.

2. Зліт. Загальні положення

Зліт, це несталий прискорений рух вертольота від старту до набору висоти, на якій можливі безпечні маневри. Зліт вертольота включає кілька етапів: контрольне висіння (при необхідності, розвороти на висінні і переміщення), Розгін швидкості (при зльоті з розгоном розгін по землі) і сталий набір висоти по похилій траєкторії. При зльоті швидкість вертольота змінюється від нуля до швидкості усталеного набору, як правило, це економічна швидкість. Зліт можливий тільки при наявності запасу потужності. Залежно від метеоумов,

розмірів майданчика, завантаження, пілот може застосувати один з трьох видів зльоту:

- зліт по вертолітному з розгоном швидкості в зоні впливу «повітряної подушки»;
- зліт по вертолітному з розгоном швидкості поза зоною впливу «повітряної подушки»;
- зліт з розгоном - з розгоном швидкості по злітній смузі.

Траєкторія зльоту має проходити не ближче 10м. від перешкоди і не повинна проходити через небезпечні зони.

2.1 Виконання висіння, розворотів на висінні, переміщень

Для зависання вертольота необхідно створити підйомну силу НВ більше сили ваги вертольота для чого необхідно збільшити крок НВ і потужність двигуна (двигунів) за допомогою важеля «крок-газ». При збільшенні кроку НВ збільшується його опір, а значить і збільшується реактивний момент НВ, розвертає вертоліт вліво. Для витримки напряму необхідно відхиленням правої педалі збільшити тягу РВ і тим самим збільшити момент розвертає вертоліт вправо. При збільшенні тяги РВ вертоліт прагне переміститися вліво, для запобігання цьому переміщенню, необхідно створити силу рівну тязі РВ і протилежну по напрямку, відхиливши конус НВ вправо за допомогою ручки циклічного кроку. Положення РЦШ в поздовжньому відношенні залежить від наявності кута заклиненому вала і поздовжньої центрування вертольота. Вертоліт при відриві від землі буде опускати ніс і для його балансування необхідно відхиляти РЦШ «до себе» від нейтрального положення. На вертольоті Мі-2 є кут заклиненому вала, тому для запобігання переміщення вперед вертольота при відриві від землі необхідно відхилити РЦШ «до себе». При гранично задньої центрівці вертоліт балансується при відхиленні РЦШ вперед від нейтрального положення. При наявності вітру, для запобігання переміщення вертольота під його дією, необхідно додатково відхилити РЦШ проти вітру. Величина і темп відхилення всіх органів управління повинні бути відповідні розміром і темпу відхилення вертольота. Після відриву вертольота від землі вертикальна швидкість і висота висіння регулюються за допомогою важеля «крок-газ». На вертольоті Мі-2 є кут заклиненому вала, тому для запобігання переміщення вперед вертольота при відриві від землі необхідно відхилити РЦШ «до себе». При гранично задньої центрівці вертоліт балансується при відхиленні РЦШ вперед від нейтрального положення. При наявності вітру, для запобігання переміщення вертольота під його дією, необхідно додатково відхилити РЦШ проти вітру. Величина і темп відхилення всіх органів управління повинні бути відповідні розміром і темпу відхилення вертольота. Після відриву вертольота від землі вертикальна швидкість і висота висіння регулюються за допомогою важеля «крок-газ». На вертольоті Мі-2 є кут заклиненому вала, тому для запобігання

переміщення вперед вертольота при відриві від землі необхідно відхилити РЦШ «до себе». При гранично задньої центрівці вертоліт балансується при відхиленні РЦШ вперед від нейтрального положення. При наявності вітру, для запобігання переміщення вертольота під його дією, необхідно додатково відхилити РЦШ проти вітру. Величина і темп відхилення всіх органів управління повинні бути відповідні розміром і темпу відхилення вертольота. Після відриву вертольота від землі вертикальна швидкість і висота висіння регулюються за допомогою важеля «крок-газ». При гранично задньої центрівці вертоліт балансується при відхиленні РЦШ вперед від нейтрального положення. При наявності вітру, для запобігання переміщення вертольота під його дією, необхідно додатково відхилити РЦШ проти вітру. Величина і темп відхилення всіх органів управління повинні бути відповідні розміром і темпу відхилення вертольота. Після відриву вертольота від землі вертикальна швидкість і висота висіння регулюються за допомогою важеля «крок-газ». При гранично задньої центрівці вертоліт балансується при відхиленні РЦШ вперед від нейтрального положення. При наявності вітру, для запобігання переміщення вертольота під його дією, необхідно додатково відхилити РЦШ проти вітру. Величина і темп відхилення всіх органів управління повинні бути відповідні розміром і темпу відхилення вертольота. Після відриву вертольота від землі вертикальна швидкість і висота висіння регулюються за допомогою важеля «крок-газ».

Для виконання розвороту на висінні потрібно порушити колійне рівновагу відхиленням педалей. При розвороті вправо необхідно відхиленням правої педалі збільшити тягу РВ і тим самим збільшити розвертає вправо. При сталому висінні крутний момент від двигуна (двигунів) дорівнює моменту опору обертання несучих і кермового гвинтів - частота обертання НВ постійна.

$$M_{кр} = M_{сопр.НВ} + M_{сопр.РВ};$$

При відхиленні правої педалі збільшується інсталяційний кут лопатей РВ, що призводить до збільшення опору РВ, до порушення рівності моментів крутного і опору.

$$M_{кр} < M_{сопр.НВ} + M_{сопр.РВ} \uparrow;$$

Це нерівність призводить до короткочасного зменшення частоти обертання НВ, до зменшення підйомної сили НВ, а значить до зниження вертольота. Для запобігання зниженню при розвороті вправо необхідно важелем «крок-газ» збільшити крок НВ.

При розвороті вліво необхідно відхиленням лівої педалі зменшити тягу РВ і тим самим порушити колійне рівновагу. Вертоліт під дією реактивного моменту НВ розгортатиметься вліво. При відхиленні лівої педалі зменшується інсталяційний кут лопатей РВ, що призводить до зменшення опору РВ, до порушення рівності моментів крутного і опору.

$$M_{кр} > M_{сопр.НВ} + M_{сопр.РВ} \downarrow;$$

Це нерівність призводить до короткочасного збільшення частоти обертання НВ, до збільшення підйомної сили НВ, а значить до збільшення висоти висіння вертольота. Для запобігання набору висоти при розвороті вліво необхідно важелем «крок-газ» зменшити крок НВ.

Для запобігання попадання РВ в режим «вихрового кільця» необхідно обмежити кутову швидкість при розворотах на висінні.

Для виконання переміщення необхідно порушити рівновагу вертольота, створити в горизонтальній площині силу, яка буде переміщати вертолiт в потрібному нам напрямку. Для створення такої сили необхідно відхилити РЦШ в напрямку переміщення, це призведе до відхилення повної аеродинамічної сили « $R_{HВ}$ » і появи «пропульсивної» сили в напрямку переміщення. З огляду на те що ця сила не врівноважена, вона буде переміщати вертолiт. Але при відхиленні « $R_{HВ}$ » врівноважувати вагу вертольота буде складова сили « $R_{HВ}$ », яка завжди менше сили « $R_{HВ}$ » і вертолiт почне знижуватися. Для запобігання зниженню необхідно збільшити « $R_{HВ}$ » підняттям важеля «крок-газ».

При переміщенні вправо або вліво вертолiт за принципом флюгера розгортається носом в сторону переміщення, для запобігання розвороту необхідно відхилити педаль в сторону протилежну розвороту. При невеликих відхиленнях педалі частота обертання НВ і висота польоту практично не змінюються. При переміщенні зі значною швидкістю та ще проти вітру для утримання вертольота від розвороту в бік переміщення потрібно значне відхилення педалі, що призводить до зміни частоти обертання НВ і висоти аналогічно як при розворотах на висінні.

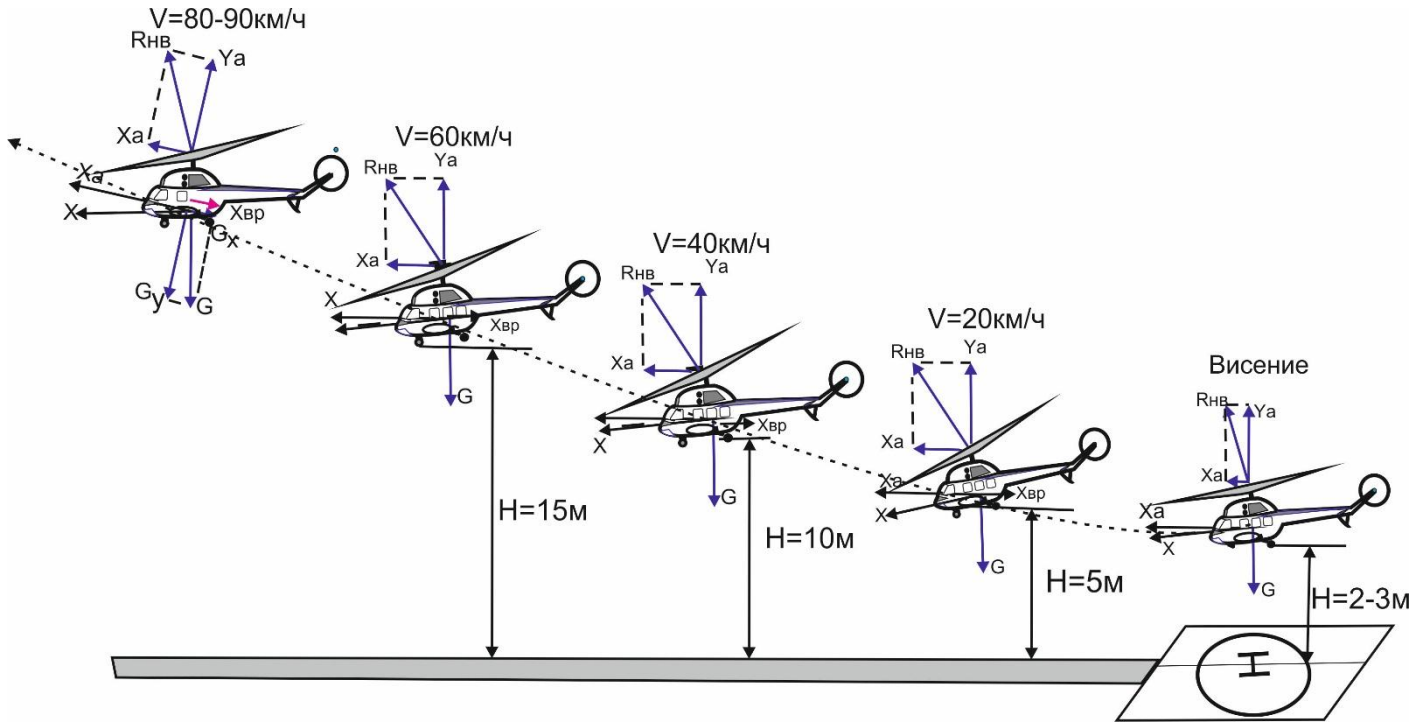
Для підвищення безпеки польотів при виконанні висіння і переміщеннях, вводяться обмеження:

- кутова швидкість при розворотах на висінні - не більше 20град / сек.
- швидкість переміщення вперед не більше 20 км / год, тому і в сторону - не більше 10 км / год;
- висота польоту над рівною майданчиком не менше 2-3м, над перешкодою не менше 10м, над повітряними судами не менше 30 м;
- при розворотах на переміщенні крен не більше 10град.

При виконанні висіння, розворотів на висінні і переміщеннях, для збереження керованості вертольота, про необхідність дотримання обмежень по швидкості вітру, встановлені керівництвом з льотної експлуатації.

2.2. Зліт по вертолітному з розгоном швидкості в зоні впливу «повітряної подушки»

Цей вид зльоту є основним для всіх вертольотів. Він дозволяє збільшити вантажопідйомність за рахунок впливу «повітряної подушки», але для його виконання потрібно досить велика рівний майданчик, не менше 120x25м. і відсутність перешкод в напрямку зльоту (рис.31)



Мал.31 Зліт по вертолітному з розгоном швидкості в зоні впливу «повітряної подушки».

Контрольне висіння виконується на висоті 2-3м в зоні впливу «повітряної подушки». На контрольному висінні по висоті висіння визначається запас потужності і можливість вертольота безпечно виконати цей вид зльоту, а по положенню РЦШ в поздовжньому відношенні визначається центрування вертольота. Якщо вертоліт висить на режимі нижче злітної, то у нього є запас потужності для запобігання зниженню вертольота в початковій стадії розгону швидкості - можна продовжувати зліт. Якщо на контрольному висінні вертоліт висить на злітному режимі, то у нього немає запасу потужності і існує небезпека зіткнення з землею на початку розгону тому для запобігання зниженню немає потужності - виконувати розгін швидкості не можна. Для отримання запасу потужності необхідно посилити вплив «повітряної подушки», зменшити висоту висіння до мінімальної безпечної висоти 0,5-1м.,

Для розгону швидкості необхідно плавно відхилити РЦШ вперед «від себе» і одночасно важелем «крок-газ» парувати зниження вертольота. На початку розгону вертоліт робить просідання, починає знижуватися тому конус і

повна аеродинамічна сила $R_{HВ}$ відхилені вперед, то вага вертольота утримує складові сили $R_{HВ}$, яка завжди менше $R_{HВ}$ і менше ваги вертольота і для запобігання зіткнення вертольота з землею необхідно збільшити силу $R_{HВ}$ незначним підняттям важеля «крок-газ». Темп і величина зниження вертольота буде залежати від плавності і величини відхилення РЦШ, від ваги вертольота, від швидкості зустрічного вітру. Чим плавніше і менше відхиляється РЦШ, чим менше вага вертольота і більше швидкість зустрічного вітру, тим менше просадка вертольота. Початкова стадія розгону виконується в зоні впливу «повітряної подушки», але в міру збільшення швидкості «повітряна подушка» здувається тому і її вплив зменшується. Осідання вертольота не відбувається тому в процесі розгону збільшується ефект косою обдування НВ, який ефективніше «повітряної подушки» і вертолёт починає «спухати» тобто набирати висоту. У міру збільшення швидкості відбувається завал конуса НВ назад і вправо, необхідно парити ці відхилення переміщенням РЦШ вперед і вліво. Переклад в набір висоти рекомендується виконувати тоді, коли ефект косою обдування досягне максимального значення тобто вертолёт досягне економічної швидкості. При цих умовах буде максимальний надлишок потужності, а значить і максимальна вертикальна швидкість, мінімальний час набору безпечної висоти, мінімальна дистанція зльоту. Але якщо зліт відбувається в бік перешкоди, що по можливості потрібно уникати, то переклад в набір висоти потрібно виконувати на швидкості забезпечує максимальний кут набору висоти 60-70 км / ч. (Рис.27).

Для її виконання необхідно:

- виконати контрольне висіння на висоті 2-3м, при необхідності знизитися до висоти 0,5-1м;
- виконувати розгін швидкості з таким розрахунком, щоб:
 - * На висоті 5м швидкість була 20 км / год;
 - * На висоті 10м швидкість була 40 км / год;
 - * На висоті 15м швидкість була 60 км / год;
- на швидкості 80-90 км / ч, відхиленням РЦШ «до себе», перевести вертолёт в набір висоти і встановити швидкість 100 км / ч.

2.3 Зліт по вертолётному з розгоном швидкості поза зоною впливу «повітряної подушки»

Цей вид влёта застосовується тоді, коли немає можливості виконати зліт з використанням впливу «повітряної подушки», маленька майданчик оточений високими перешкодами. Висота висіння повинна бути вище перешкод, які розташовані в бік зльоту, щоб при зниженні в розгоні вертолёт не зіткнувся з перешкодою. При виконанні контрольного висіння, так само як і при зльоті з використанням «повітряної подушки», повинен бути запас потужності для запобігання зниженню в розгоні. Відсутність «повітряної подушки» зменшує

підйомну силу НВ і помітно знижується вантажопідйомність вертольота. Розгін швидкості і перекид в набір висоти виконується аналогічно як при зльоті з використанням «повітряної подушки» (рис.32). Такий вид зльоту самий не продуктивний, але зате не потрібно великих витрат на будівництво майданчика, вона повинна бути не менше 35х15м.

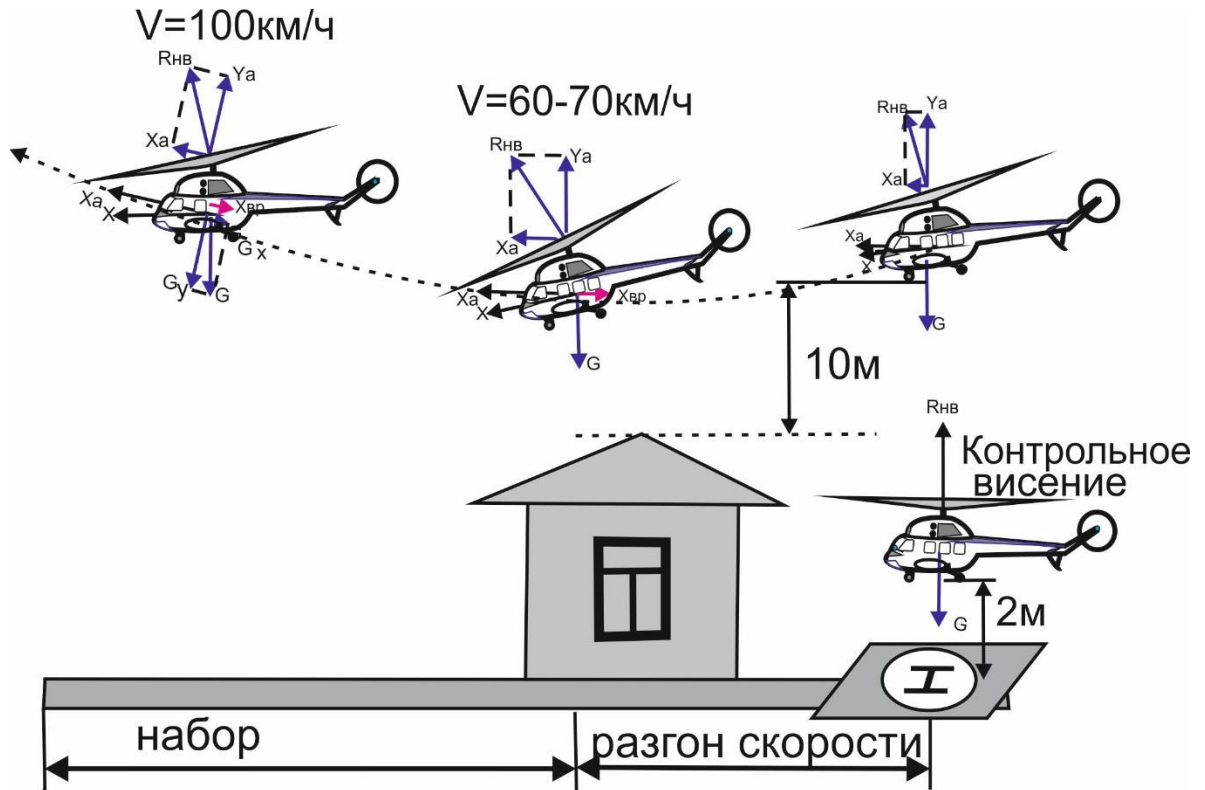


Рис.32 Зліт по вертолітному з розгоном швидкості поза зоною впливу повітряної подушки.

Для її виконання необхідно:

- виконати контрольне висіння, визначити запас потужності, вертоліт повинен висіти на висоті не менше 2 м. з запасом потужності не менше 3% по оборотам турбокомпресора двигунів;
- плавним збільшенням загального кроку НВ, збільшити висоту і виконати висіння на висоті, що перевищує перешкоди на 10 м. в напрямку зльоту;
- після стійкого висіння на цій висоті, відхилити РЦШ «від себе» з одночасним збільшенням потужності двигунів, аж до злітної режиму, для запобігання зниженню вертольота;
- розігнати вертоліт до переходу НВ на косу обдувку і на швидкості 6070 км / год відхиленням РЦШ «до себе» плавно перевести вертоліт в набір висоти з збільшенням швидкості до 100 км / год;
- зменшити режим двигунів до номінального і продовжити на цьому режимі набір висоти до 100 м.

- після подолання перешкод, на висоті не менше 20м. над перешкодами, відхиленням РЦШ «від себе» розігнати вертоліт до швидкості 100 км / год, зменшити режим двигунів до номінального і продовжити набір висоти до 100 м.

Цей вид зльоту дозволяє перевезти максимальна вага вантажу, але для його виконання потрібна площадка не менше 120 x 25м. і злітна смуга не менше 110 x 15 м, Що істотно обмежує його застосування.

3 Посадка. Загальні положення

Посадка, це завершальний етап польоту і один з найбільш складних по техніці пілотування. Посадка, це несталий (уповільнене) рух вертольота, в ході якого гаситься кінетична енергія вертольота до безпечного приземлення.

Захід на посадку рекомендується виконувати проти вітру, це збільшує запас потужності, запас управління, спрощує техніку пілотування. Залежно від метеоумов, розмірів майданчика і завантаження пілот може застосувати одну з трьох видів посадок:

- посадка по вертолітному, з зависанням в зоні впливу «повітряної подушки»;
- посадка по вертолітному, з зависанням поза зоною «повітряної подушки»;
- посадка з пробігом або з літакового (для вертольотів з колісним шасі).

Посадка складається з декількох етапів: моторне зниження по похилій траєкторії, гасіння швидкості, зависання на заданій висоті, вертикальне зниження і приземлення, а при посадці з пробігом - приземлення на швидкості і гасіння її на пробігу.

При зменшенні швидкості збільшується потрібна потужність, тому для витримування заданої глісади необхідно пропорційно гасіння швидкості збільшувати потужність двигуна (двигунів), особливо це необхідно при зменшенні швидкості менш 60км / год. Перед зависанням вертольота потрібно значне збільшення потужності через зникнення ефекту косою обдування НВ.

3.1. Посадка по вертолітному з зависанням в зоні впливу "повітряної подушки "

Вона передбачає гасіння швидкості таким чином, щоб перехід НВ з режиму косого обтікання на осьової відбувався в зоні впливу «повітряної подушки», щоб виключити ділянку глісади, де немає ні косою обдування, ні «повітряної подушки» (рис.34) .Для такої посадки не вимагається будівництво посадкової смуг, але необхідна рівний майданчик не менше 120x25м.

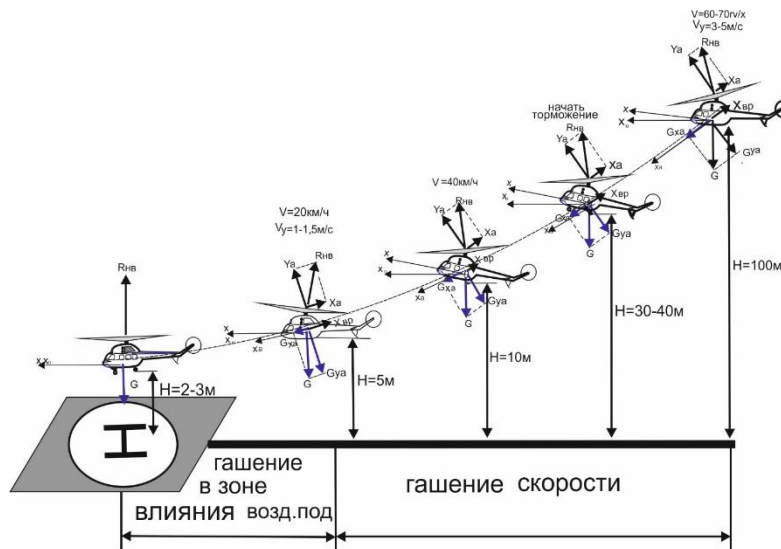


Рис.34 Посадка по вертолiтному з зависанням в зонi впливу «повiтряної подушки».

Для виконання такої посадки необхідно:

- з висоти 100м. встановити швидкість 60-70км / ч. при вертикальній швидкості 3-5м / с;
- з висоти 30-40м. почати гальмування поступальної і вертикальної швидкостей, з таким розрахунком, щоб зависання сталося на висоті 2-3м;
- глісаду зниження витримувати такий, щоб на висоті 10м. поступальна швидкість була 40км / год, на висоті 5м. - 20км / год. при вертикальній швидкості 1-1,5 / с;
- після зависання на висоті 2-3м. виконати вертикальне зниження, щоб вертолiт приземлився без переміщень з вертикальною швидкістю не більше 0,1-0,2 м / с.

3.2. Посадка по вертолiтному без використання впливу «повiтряної подушки»

Вона застосовується для посадок на непередбачені майданчики, обмежені високими перешкодами, де розміри майданчика не дозволяють виконати посадку по вертолiтному з зависанням в зоні впливу «повiтряної подушки» або на майданчики покриті пилом (снігом), коли зависання в зоні впливу «повiтряної подушки» призводить до різкого зменшення видимості.

Гасіння поступальної і вертикальної швидкостей аналогічно як при посадці з використанням впливу «повiтряної подушки», але зависання вертолiта відбувається в небезпечній зоні (рис.35) і на висоті де немає впливу «повiтряної подушки». Таке висіння вимагає використання максимальної потужності двигунів.

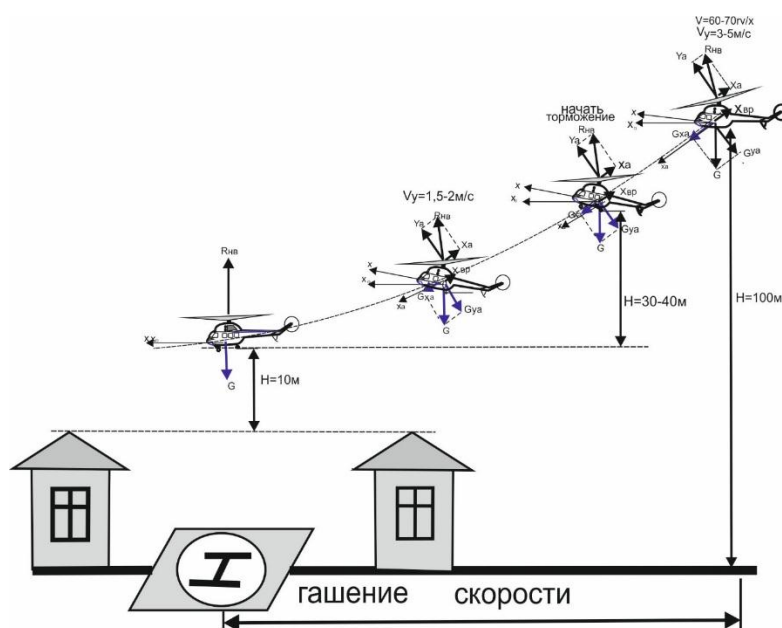


Рис.35 Посадка по вертолітному без використання впливу «повітряної подушки».

Для виконання такої посадки необхідно:

- з висоти 100 м. встановити швидкість 60-70км / ч. при вертикальній швидкості 3-5 м / с;
- з висоти 30-40 м. над точкою зависання почати гасіння поступальної і вертикальної швидкостей з таким розрахунком, щоб вертоліт завис над майданчиком, на висоті перевищує перешкоди на 10 м;
- зменшення швидкості від 40км / год. до зависання виконувати з вертикальною швидкістю не більше 1,5-2 м / с;
- після зависання виконати зниження зі швидкістю не більше 0,5-1м / с, а до моменту приземлення вертикальна швидкість не повинна перевищувати більш 0,1-0,2 м / с.

Для такої посадки досить майданчики розміром не менше 35х15м.

3.3 Посадка з пробігом

Вона передбачає приземлення вертольота в умовах косою обдування НВ, застосовується при граничній завантаженні, посадці при високій температурі повітря, при посадці на високогірну майданчик, коли зависання вертольота неможливо, при посадці в умовах освіти пильного або снігового вихору (рис.36).

Для виконання такої посадки необхідно:

- з висоти 100 м. встановити швидкість 90-100км / ч. і вертикальну швидкість 2-5 м / с;

- на висоті 50-20м. почати зменшення поступальної і вертикальної швидкостей з таким розрахунком, щоб на висоті 510 м. швидкість була не менше 60км / год, а вертикальна не більше 0, / с;

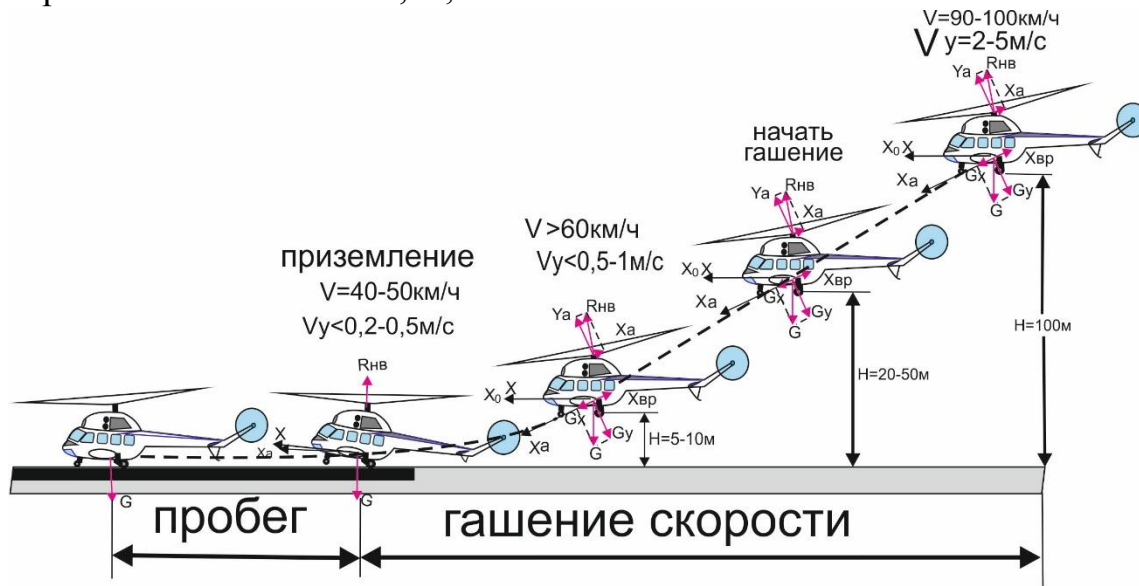


Рис.36 Посадка з пробігом.

- подальше зниження виконувати з таким розрахунком, щоб до моменту приземлення швидкість була 40-50км / ч, а вертикальна не більше 0,2-0,5м / с;
 - приземлення виконувати на основні колеса шасі з подальшим опусканням на передні.

Такий вид посадки дозволить виконати посадку з максимальним завантаженням, але для неї необхідний майданчик розміром не менше 120 х 25 м. і злітна смуга не менше 110х15м, що обмежує її застосування.

3.4. Віраж. Загальні положення

Віражем називається розворот вертольота в горизонтальній площині на кут 360^0 , Що виконується з постійною швидкістю і креном, без ковзання. Розрізняють лівий і правий віраж. Частина віражу називається розворотом. Віраж з набором висоти називається «висхідна спіраль», а зі зниженням - «спадна спіраль».

Для викривлення траєкторії необхідно, щоб на вертоліт діяла невірноважена доцентрова сила, для створення якої необхідно накрентити вертоліт в сторону розвороту, а щоб не було ковзання відхилити педаль в сторону розвороту - кулька на приладі показчика ковзання повинен бути в центрі (кулька йде за РЦШ і йде від педалі).

Зі збільшенням крену збільшується потрібна потужність, т. Е. Віраж можливий тільки при надлишку потужності в порівнянні з горизонтальним польотом

$$N_{\text{Потро ВІР}} = N_{\text{ПОТР ДП}} + \Delta N;$$

У міру збільшення висоти польоту, температури повітря і ваги вертольота запас потужності зменшується, а значить і зменшується максимально можливий крен для виконання віражу. Максимальний надлишок потужності виходить на економічній швидкості, значить і самий максимальний крен можливий на економічній швидкості.

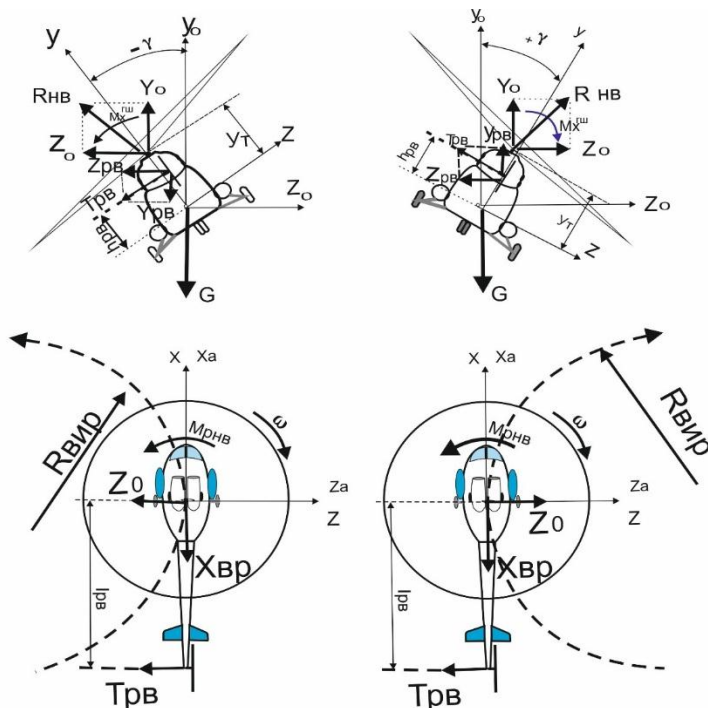
Для правильного віражу необхідне дотримання рівноваги сил і моментів (мал.37). Розглянемо бічне рівновагу вертольота. Сили, що діють на вертоліт при виконанні віражу розкладемо в земній рухомий системі координат по осях Y_0-O-Z_0 .

$H = \text{const} \rightarrow \sum F_{y0} = 0$ - сталість висоти;

$\gamma = \text{const} \rightarrow \sum M_{XO} = 0$ - сталість крену.

$Z_{\text{про}} = \text{const}$ - умова сталості радіуса віражу.

Z_0 - поперечна сила НВ створює доцентрові силу, спрямовану до центру віражу - створює віраж



Мал.37 Віраж.

3.5. Характеристики віражу

Радіус віражу:

$$R_{\text{вир}} = \frac{V^2}{g \cdot \operatorname{tg} \gamma}$$

Де: V - справжня швидкість польоту, м / с;

g - прискорення вільного падіння, м / с²;

γ - кут крену.

Час виконання віражу:

$$t_{\text{вир}} = \frac{0,64V}{\operatorname{tg} \gamma}$$

Кутова швидкість обертання:

$$\omega_{\text{вир}} = \frac{g \cdot \operatorname{tg} \gamma}{V}$$

Величина нормального перевантаження:

$$n_y = \frac{1}{\cos \gamma}$$

3.6. Особливості виконання правого і лівого віражу

Несучий гвинт вертольота є потужним гіроскопом. Гіроскоп має таку властивість, що якщо накрентити його вісь обертання, то з'являється гіроскопический момент, який прагне відхилити вісь обертання НВ і вертолїт в сторону, що відрізняє від сторони крен на 90° у напрямку обертання НВ. При невеликих кренах перевантаження незначна, а при нахилі більше 30° перевантаження різко збільшується, збільшується навантаження на конструкцію вертольота, в першу чергу на несучу систему, що є основною причиною обмеження максимального крену при виконанні віражів і розворотів.

Величина гіроскопического моменту залежить від величини крену і кутової швидкості зміни крену, при плавному відхиленні РЦШ розбалансування незначна.

При введенні вертольота в правий віраж, Пілот з допомогою РЦШ відхиляє вправо конус НВ і його вісь обертання, гіроскопический момент буде відхиляти вісь обертання і вертолїт на кабрування. При відхиленні правої педалі збільшується

інсталяційний кут лопатей РВ, збільшується опір РВ, що збільшує потрібну потужність.

При введенні вертольота в лівий віраж, пілот відхиляє конус НВ і його вісь обертання вліво, гіроскопічний момент буде відхиляти вісь обертання і вертолїт на пікірування. При відхиленні лівої педалі зменшується інсталяційний кут лопатей РВ, зменшується опір РВ, що призводить до зменшення потрібної потужності.

В процесі виконання правого віражускладова тяги рульового гвинта сила «Үрв» спрямована вгору і вона відхиляє вертолїт на пікірування. З огляду на те, що ліва половина захоплюваної площі НВ рухається по колу з великим радіусом, ніж права, а значить з більшою швидкістю, то на ній створюється підйомна сила більше, ніж на правій половині, вертолїт прагне нахилитися вправо.

В процесі виконання лівого віражу складова тяги рульового гвинта сила «Үрв» спрямована вниз і вона відхиляє вертолїт на кабрування, а різниця в підйомній силі лівої і правої половини захоплюваної площі прагне нахилити вертолїт вліво.

При виведенні з правого віражу гіроскопический момент прагне відхилити вертолїт на пікірування, а відхилення лівої педалі і зменшення крену призводять до зменшення потрібної потужності.

При виведенні з лівого віражу гіроскопический момент прагне відхилити вертолїт на кабрування, відхилення правої педалі приводить до незначного збільшення потрібної потужності, а зменшення крену призводить до зменшення потрібної потужності.

При введенні в правий віраж пілот повинен відхилити РЦШ вправо і «від себе» (для компенсації гіроскопического моменту), відхилити праву педаль для запобігання ковзання (кулька в центрі) і трохи підняти важіль «крок-газ» для збереження висоти т. К. Потрібна потужність для віражу більше ніж для горизонтального польоту.

В процесі правого віражу за допомогою РЦШ утримувати вертолїт від опускання носа і крен вправо. При виведенні з правого віражу утримувати вертолїт від опускання носа і за допомогою важеля крок-газ встановити режим роботи двигунів як в ДП.

При введенні в лівий віраж пілот повинен відхилити РЦШ вліво і «до себе» (для компенсації гіроскопического моменту), відхилити ліву педаль для запобігання ковзання (кулька в центрі). При лівому крен до 15° для збереження висоти польоту не потрібно піднімати важіль крок-газ т. к. при відхиленні лівої педалі зменшується потужність споживана рульовим гвинтом і за рахунок цього збільшується потужність, що підводиться до НВ. А при нахилі більше 15° , Для збереження висоти необхідно підняти важіль «крок-газ». В процесі лівого віражу за допомогою РЦШ утримувати вертолїт від підняття носа і крен вліво. При

виведенні з лівого віражу утримувати вертоліт від піднімання носа і за допомогою важеля «крок-газ» встановити режим роботи двигунів як в ДП.

При виконанні віражів і розворотів, за запасом міцності конструкції і можливих помилок в техніці пілотування Керівництво з льотної експлуатації вводить обмеження по крену:

- при швидкості польоту 60 - 180 км / ч - крен не більше 30°;
- при швидкості польоту 180 - 210 км / ч - крен не більше 20°;
- при швидкості польоту менше 60 км / год - крен не більше 10°;
- при польоті з вантажем на зовнішній підвісці - крен не більше 20°.
- при зниженні на авторатації крен не більше 20°.