

**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-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
272 Авіаційний транспорт (Аеронавігація)

**За темою № 2.2–Висіння, вертикальні режими польоту**

**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. Висіння.
2. Підльоти та переміщення біля землі.
3. Вертикальне зниження и приземлення.
4. Ефект «повітряної подушки» та его залежність від висоти польоти.

### **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. Яцунович М.С., Практична аеродинаміка вертольота Мі-8, М., Машинобудування, 1973.
4. Крилов А.А., Методика виконання польоту на вертольоті Мі-8, М., Повітряний транспорт, 1980.
5. Ромасевич В.Ф., Самойлов Г.А., Практична аеродинаміка польотів, Воениздат, М., 1980.
6. Керівництво з льотної експлуатації вертольота Мі-8-МТВ, М., 1994.

## **Висіння, ПІДЙОМ І ПЕРЕМІЩЕННЯ У ЗЕМЛІ**

### **висіння**

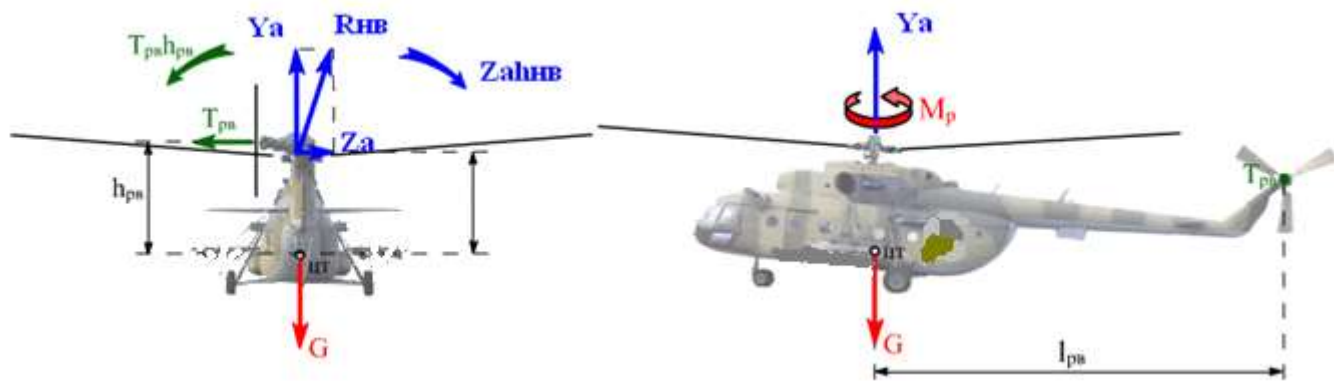
Це такий режим польоту, коли вертоліт не рухається відносно землі. Висіння у землі виробляється:

- перед першим польотом в даний льотний день - для перевірки управління, центрування, роботи двигунів і трансмісії;
- перед кожним польотом з новим варіантом завантаження для перевірки центрування і визначення способу зльоту;
- в навчальних цілях.

Схема сил і моментів, що діють на вертоліт на висінні в штиль показана на малюнку.

У зазначених випадках висіння виконується на висоті до 10м при злітній масі 11100кг і менш, до 5м - при злітній масі більше 11100кг. Висіння в діапазоні висот від зазначених до 110м без особливої необхідності не виробляти. Висіння на цих висотах допускається при роботі з зовнішньої підвіскою, з бортовою стрілою і з тактичних міркувань.

Як правило, відрив вертольота, а потім набравши заданої висоти висіння, вертикальне зниження перед приземленням і приземлення виконується проти вітру. Швидкість зустрічного вітру при цьому не повинна перевищувати 25 м / с. При необхідності, коли є достатній запас потужності, дозволяється виконувати відрив вертольота, висіння, вертикальний набір висоти, зниження і приземлення при бічному і попутному вітрі до 10 м / с (слід пам'ятати, що в момент відриву і приземлення особливо небезпечний перевищує допустимі значення попутний і бічний вітер праворуч).



**Рис. Схема сил і моментів, що діють на вертолітні висінні.**

При відриві від землі вертоліт має тенденцію до розвороту вліво і зсувів, які необхідно парировати відповідними відхиленнями органів управління. Причиною розвороту є збільшення реактивного моменту НВ при збільшенні загального кроку. Крен вліво відбувається в результаті дії моменту від тяги РВ, яка зростає в міру відхилення правої педалі. Тяга РВ і бічна складова тяги НВ можуть викликати зміщення в сторону, а складова тяги НВ в напрямку поздовжньої осі вертольота - зміщення вперед і назад.

Після досягнення заданої висоти висіння необхідно плавно зменшити загальний крок до врівноваження сили тяжіння вертольота і сили тяги. Після зависання рекомендується триммерами зняти навантаження з РУ.

*Робота триммерами в момент відриву і вертикального підйому призводить до зсувів і розгойдування вертольота.*

На режимі висіння на вертоліт діють наступні сили і моменти: аеродинамічна сила несучого гвинта  $R$ , тяга рульового гвинта  $T_{pv}$ , Опір фюзеляжу  $X_{пл}$  за рахунок обдування його індуктивним потоком, підйомна сила стабілізатора  $Y_{ст}$  за рахунок обдування його індуктивним потоком, вага вертольота  $G$ , реактивний момент несучого гвинта  $M_{рнв}$ , шляховий, поперечний і реактивний моменти рульового гвинта, поздовжній і поперечний моменти втулки за рахунок рознесення горизонтальних шарнірів ( $M_{згул}$  і  $M_{хгул}$ ) і поперечний момент бічної сили  $Za$ .

Конус обертання і аеродинамічна сила несучого гвинта  $R$  відхилені вправо ручкою циклічного кроку. аеродинамічна сила  $R$  розкладається на складові  $Y_a$  і  $X_a$  по осях вертольота. Тяга рульового гвинта спрямована вліво і на плечі до центра ваги вертольота ( $l_{pv}$ ) Створює шляховий момент, спрямований в сторону, протилежну дії реактивного моменту несучого гвинта. Сила опору фюзеляжу  $X_{пл}$  спрямована вниз і становить для вертольота Мі-8 МТВ близько 1,5% від польотного ваги. Підйомна сила стабілізатора створює кабіруючий момент; за величиною вона незначна і в практиці нею нехтують, хоча момент, створюваний цією силою, враховують. Момент реактивний рульового гвинта спрямований в бік, протилежний його обертанню, і створює пікіруючий момент. Продольний момент втулки за рахунок рознесення горизонтальних шарнірів викликає кабрування, так як найчастіше на режимі висіння конус незначно завалений назад. Поперечний

момент втулки за рахунок рознесення горизонтальних шарнірів спрямований вправо, в бік завалу конуса обертання, створює вертольоту правий крену. При наявності правого крену сила ваги  $G$  може бути розкладена на складові  $G_y (1)$  і  $G_z (2)$  по осях вертольота.

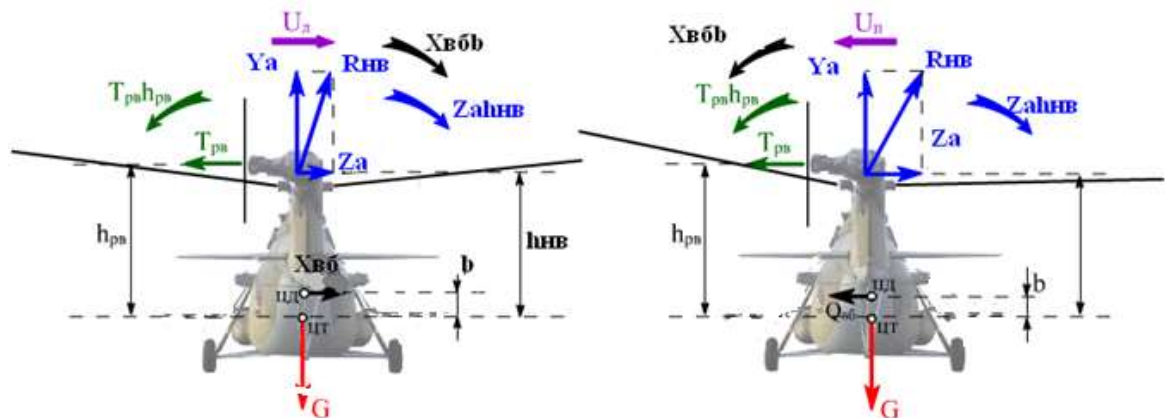
Для балансування вертольота на сталому висінні має бути соблю-дено наступне співвідношення між силами і моментами, що діють на вертоліт. Тяга  $Y_a$  повинна врівноважувати складову ваги  $G_y$  і опору-ня фюзеляжу для збереження сталості висоти висіння:  $Y_a = G_y + X_{пл}$ .

Тяга рульового гвинта повинна врівноважуватися бічний силою  $Z_a$  і составля-нього ваги  $G_z$  для відсутності бічних переміщень вертольота:  $T_{рв} = Z_a + G_z$ .

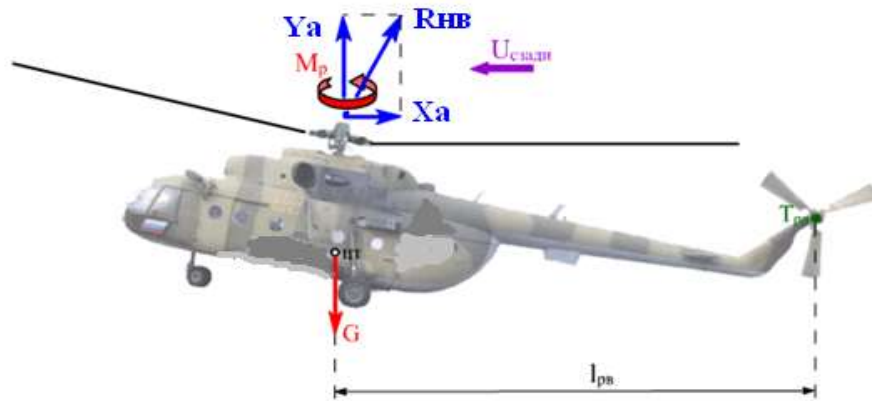
Поздовжні сили на режимі висіння відсутні, поетому вертоліт не рухається в поздовжньому напрямку. Для збереження напрямку висіння реактивний момент несущого гвинта і шляховий момент бічної сили повинні врівноважуватися колійним моментом рульового гвинта:  $M_{рнв} + Z_{аа} = T_{рв} l_{рв}$ .

Сума всех продольних моментів повинна бути дорівнює нулю для дотримання поздовжнього рівноваги. Так як відстань від втулок несучих і кермового гвинтів до центра ваги вертольота по вертикальній осі почти рівні, то і поперечні моменти рульового гвинта і бічний сили  $Z_a$  також майже рівні, але з огляду на те, що вправо діє ще і момент втулки за рахунок рознесення горизонтальних шарнірів, вертоліт буде збалансовуватися в поперечному напрямку з правим креном близько  $2,5^\circ$ . Тільки при правом крені сума всіх поперечних моментів буде дорівнює нулю, поперечні сили також будуть врівноважені, і вертоліт буде висіти без переміщень.

При висінні з боковим вітром вертоліт має тенденцію до зміщення за вітром, яку необхідно парити відповідним відхиленням РУ.



**Рис. Схема сил і моментів, що діють на вертолітні висінні з боковим вітром.**



**Рис. Схема сил і моментів, що діють на вертолітні висінні з попутним вітром.**

При висінні з попутним вітром, щоб усунути переміщення вертольота вперед, РУ потрібно відхилити на себе. При цьому відхилення РУ, а значить і тяги НВ має бути значно більшим, ніж для утримання вертольота від зсуву назад при зустрічному вітрі. Це пояснюється тим, що висіння вертольота з попутним вітром виконується з позитивним кутом тангажа, а висіння із зустрічним вітром - з кутом тангажа, близьким до нуля. Тому площа миделевого перетину, на яку діє вітер, в першому випадку більше, ніж у другому. А це означає, що для виконання висіння з попутним вітром потрібна велика тяга, а, отже, і велика потужність, ніж при висінні із зустрічним вітром. Слід враховувати, що відхилення РУ назад призводить до появи горизонтальної складової тяги НВ, що усуває зміщення вертольота вперед, і до зменшення вертикальної складової,

Розвороти на висінні дозволяється виконувати з кутовий швидкістю не більше 120 / с, а при зміні напрямку не допускати перекладки педалей менш ніж за 3 с.

Розвороти на висінні дозволяється виконувати на 3600 при швидкості вітру до 10м / с. При вітрі більше 10 м / с розвороти на 3600запрещаються. При швидкості вітру до 10м / с дозволяється виконувати висіння при вітрі збоку, а також розвороти на 900 від напрямку зустрічного вітру.

Розвороти на висінні виконуються плавним відхиленням педалі в сторону розвороту. Необхідно враховувати також при розворотах на висінні перерозподіл потужності між НВ і РМ. Так при відхиленні правої педалі збільшуються установчі кути РВ, в зв'язку з чим потрібна потужність для обертання цього гвинта зростає, що призводить до зниження вертольота. Для збереження постійної висоти висіння в цьому випадку потрібне збільшення загального кроку. З цієї причини не рекомендується виконувати праві розвороти на висінні на завантаженому вертольоті, коли двигуни працюють на режимі, близькому до злітному. При відхиленні лівої педалі спостерігається зворотна картина, і вертоліт виконує розворот з набором висоти.

Щоб під час розвороту на 3600 утримувати вертоліт на місці, необхідно РУ весь час відхиляти проти вітру.

**Підльоти І ПЕРЕМІЩЕННЯ У ЗЕМЛІ.**

Підльоти і переміщення у землі виробляти з метою навчання, при виконанні спеціальних робіт, а також в тих випадках, коли стан ґрунту або швидкість вітру не дозволяють виконати рулювання. Переміщення у землі назад і в сторони виконувати зі швидкістю не більше 10 км / ч. Якщо є перешкоди, то запас висоти над ними повинен бути не менше 2 - 3 м.

Всі переміщення доцільно виконувати проти вітру. У разі необхідності допускається підліт при зустрічно-бічному вітрі, швидкість якого не перевищує 10м / с.

Над сильно пересіченою місцевістю, де через нерівності рельєфу ефект «повітряної подушки» може тимчасово ослабнути або навіть повністю зникнути, підльоти виробляти на висотах не менше 20м над рельєфом місцевості на швидкості більше 60км / год.

Переклад вертольота на поступальний рух вперед зі збереженням при цьому висоти і курсу польоту виконується відхиленням РУ від себе з одночасним збільшенням загального кроку і відхиленням правої педалі.

З наростанням швидкості польоту НВ починає працювати в режимі косого обтікання, тяга його зростає, тому що збільшується секундний витрата повітря. У вертольота з'являється тенденція до набору висоти. Для збереження постійної висоти в міру наростання швидкості необхідно зменшувати крок гвинта.

При гальмуванні дії - зворотні.

Переміщення вертольота вліво і вправо здійснюються відхиленням РУ в відповідну сторону. Вертолїт при цьому рухається з креном у бік зміщення і тому прагне розгорнутися по крену. Це прагнення до розвороту необхідно парировати відповідним відхиленням педалей.

### **ВЕРТИКАЛЬНОЕ ЗНИЖЕННЯ І ПРИЗЕМЛЕННЯ.**

Перед тим як почати вертикальне зниження, вертолїт рекомендується розгорнути на курс, з яким буде виконуватися приземлення. При цьому необхідно враховувати, що приземлення гелїкоптера, також як і відділення його від землі, можна виробляти при зустрічному вітрі до 25 м / с, бічному і попутному до 10м / с. Однак слід враховувати, що бічний справа і попутний вітер при приземленні більш несприятливий. Так, при бічному вітрі справа небезпека перекидання вертольота, а при попутному вітрі - небезпека дотику РВ землі значно більше в момент приземлення, ніж в момент відриву від землі. Тому у всіх випадках коли є можливість, приземлення рекомендується проводити проти вітру або при бічному вітрі зліва.

Зі зменшенням сили тяги при переході на зниження зменшується також і  $M_{рив}$ . В цьому випадку при колишньому положенні педалей вертолїт обов'язково почне розгортатися вправо. Для збереження заданого положення необхідно зменшити  $T_{pe}$ , Відхиливши вперед ліву педаль.

Під час зниження не рекомендується допускати вертикальну швидкість зниження більш 3м / с, тому що в цьому випадку може наступити режим «вихрові кільця».

З висоти 3-5м рекомендується почати зменшення вертикальну швидкість зниження з таким розрахунком, щоб до моменту приземлення її величина була не більше 0,1-0,2 м / с.

Особливу увагу в міру наближення до землі слід звертати на збереження вертикальності зниження, тому що вертоліт дуже чутливий до відхилення РУ, особливо в поперечному відношенні. Особливо небезпечні переміщення в момент приземлення, тому що вони можуть привести до перекидання вертольота.

Якщо безпосередньо перед приземленням з'являться зміщення або коливання вертольота, рекомендується зниження припинити, збільшити загальний крок, відійти від землі на 1-1,5 м, зробити стійке зависання і потім повторити зниження. Приземлення вертольота відбувається спочатку на основні колеса шасі (причому праве колесо стосується землі раніше) і після цього на передні. При зменшенні загального кроку вертоліт прагне розгорнутися вправо. Для запобігання розворотів слід відхилити вперед ліву педаль.

### **ЕФЕКТ «повітряної ПОДУШКИ» І ЙОГО ЗАЛЕЖНІСТЬ ВІД ВИСОТИ ПОЛЬОТУ.**

Робота НВ на малій висоті має свою специфіку. Це пов'язано з особливим взаємодією індуктивного потоку (низхідного потоку) НВ з поверхнею землі. Іншими словами, горизонтальна поверхня землі має суттєвий вплив на аеродинамічні характеристики працюючого поблизу неї НВ.

В умовах близькості рівною і твердою горизонтальною поверхню, набагато більшою діаметра НВ (поверхню землі, палуба корабля) і розташованої паралельно площині його обертання, індуктивний потік НВ, наближаючись до екрануючої поверхні, гальмується і розтікається по ній. Якщо при наближенні НВ до екрануючої поверхні витримувати постійної силу тяги, зменшиться потужність, потрібна для створення необхідної сили тяги НВ. Якщо ж витримувати постійної потужність, що підводиться до НВ, зросте сила тяги.

При повному гальмуванні індуктивного потоку на екранує поверхні атмосферний тиск повітря під НВ підвищується і виникає «повітряна подушка» - область підвищеного тиску (проявляється гідродинамічний ефект). Стан повітря в «повітряній подушці» неоднаково: на периферії низхідного потоку НВ тиск в «повітряній подушці» дорівнює атмосферному, в центрі воно нижче максимального (внаслідок екранування індуктивного струменя фюзеляжем вертольота), а на деякій відстані від центру «повітряної подушки» тиск повітрямаксимально. Збільшення коефіцієнта підйомної сили за рахунок впливу «повітряної подушки» спостерігається головним чином в окоренові перетинах лопатей НВ. Тому зменшення початкового радіуса несучої поверхні лопатей, т. Е. Збільшення їх кореневого заповнення, дозволяє помітно поліпшити характеристики НВ при висінні вертольота поблизу землі. Параметри «повітряної подушки» також залежать від



польотної маси і характеру зависання вертольота. Чим більше польотна маса і відповідно реквізит для висіння спільний крок НВ, тим більше надлишок тиску в повітряній подушці, але разом з тим і відносні втрати цього тиску при растекании індуктивного потоку по поверхні землі. В результаті приріст сили тяги зменшується. Зі збільшенням щодо рівня моря висоти майданчики, над якою висить вертоліт, ефект «повітряної подушки» зменшується через розрідженості повітря. При розгоні вертольота на гранично малій висоті в зоні впливу екрануючої поверхні ефект «повітряної подушки» в міру збільшення швидкості польоту швидко зменшується,

Як показали експерименти, у вертольота Мі-8 МТВ повний ефект повітряної подушки залежить від висоти вертодрому над рівнем моря: на рівні моря повний вплив повітряної подушки досягається на висоті 15 м від коліс до землі, зі збільшенням висоти вертодрому на кожні 500 м висота впливу повітряної подушки зменшується на 1м.

Ефект повітряної подушки в великій мірі залежить від рельєфу місцевості. Так, наприклад, при висінні над холмом ефект повітряної подушки зменшується, так як струмінь повітря під гвинтом деформується в меншій мірі, що приводить до меншому зміні швидкості і збільшенню тиску в потоці в порівнянні з висінням над плоскою поверхністю. Експериментами встановлено, що чим більше кути схилу пагорба і менше розміри горбистій майданчики, тим менше ефект. При кутах схилу більше  $45^\circ$  і розмірах майданчика менш діаметра гвинта ефект повітряної подушки практично відсутня.

Ефект повітряної подушки при висінні над ямою залежить від кута нахилу стінок ями і висоти висіння (від дна ями). *якщо* яма має малі кути нахилу стінок, порядку до  $15^\circ$  - ефект повітряної подушки буде більше, ніж при висінні над рівною поверхнею. Тут приріст тяги за величиною буде приблизно такою, як і зменшення тяги при висінні над пагорбом з такими ж кутами схилу. Пояснюється приріст тяги більшою деформацією струменя повітря під гвинтом. При цьому швидкість зменшується, а тиск збільшується більшою мірою, ніж при висінні над рівною поверхнею. Початок приросту тяги і її залежність від висоти буде такою ж як і при висінні над рівною поверхнею. Якщо яма має угол нахилу стінок більше  $15^\circ$ , то ефект повітряної подушки погіршується: чем больше кути Наклона стінок, тим менше ефект. Залежно від висоти висіння (від дна ями), тяга несучого гвинта стає менше вільної тяги. Так, наприклад, при нахилі стінок ями  $40^\circ$  і висоті около 0,8 діаметра гвинта тяга зменшується в порівнянні з вільною тягою на 10%. Збільшення або зменшення висоти призводить до меншої втрати тяги в порівнянні з вільною. На висоті висіння 1,2 діаметра гвинта і більш негативний ефект повітряної подушки ісчезає. При висінні вертольота над центром ями ефект повітряної подушки залежить від нахилу стінок ями при заданій висоті висіння. Якщо яма неглибока, ефект «повітряної подушки» підвищується внаслідок утримання і ущільнення повітряної подушки стінками ями. Якщо ж яма глибока, стінками ями формується вихровий протікання повітря з повторним занедбаністю частини індуктивного

поток на НВ. Це викликає зменшення ефекту «повітряної подушки», в принципі аналогічне зменшення сили тяги НВ в режимі «вихрового кільця». При висінні на висоті від дна глибокої крутий ями сила тяги НВ менше, ніж поза впливом близькості землі, тому виникає тенденція «засмоктування» вертольота в таку яму.

Чим більше кут нахилу стінок ями, тим на більшій висоті припиняється шкідливе явище ефекту повітряної подушки. Зменшення висоти висіння (нижче 0,8 діаметра гвинта) призводить до зниження шкідливого впливу ями, але чим більше кут нахилу стінок, тим на меншій висоті тяга стає рівною вільної тяге. Сніження ефекту віззадушливій подуки при висінні над ямою з крутими стінками пояснюється тим, що від стінок ями відбувається закид струменів в область всмоктування над гвинтом, утворюється замкнута лінія струму - вихоріше кільце, швидкість потоку через гвинт збільшується при інших рівних умовах, що призводить до зменшення кута атаки лопатей і тяги гвинта. якщо стінки ями вертикальні (циліндрическая яма), а діаметр її равен двум діаметрам гвинта, то розвивається таке інтенсивное вихровий кільце, яке призводить до зниження вільної тяги на 30%. Якщо діаметр ями буде більше або менше двох діаметрів гвинта, в обох випадках явище вихрового кільця знижується, тяга збільшується. при діаметром ями, близькою за розміром до діаметру винта, ефект воздушной подушки буде дуже великий, більше ніж над рівною поверхнею.

При висінні над схилами проявляється ефект як «ями», так і «пагорба». якщо схил будет до  $15^\circ$ , то тяга не змінюється, так як зниження тяги за рахунок «пагорба» з одной стороны компенсується зростанням тяги за рахунок «ями» з іншого боку диска. При куті схилу більше  $15^\circ$  тяга зменшується за рахунок ефекту «глибокої ями» частини диска гвинта, розташованого на схилі. Але разом з тим при висінні над схилом навіть з малими кутами нахилу на фюзеляж буде діяти змулу, ОтталківаЮша вертолет від схилу. для передотобертання цього явища потребується збільшення відхилення ручки циклічного кроку в бік схилу. при взлеті і посадці в таких умовах может бить недостатність струм з Апарату управління. Якщо ж вертолїт буде зависати у вертикальній стїни на відстані, рівному радіусу гвинта, частина диска, розташована ближче до стїни, буде створювати меншу силу, в цьому місці буде знижений тиск, вертолїт буде прагнути до зниження і буде притягатися до стїни.

Вертикальна екрануюча поверхню (стїнка) значно впливає на аеродинамічні характеристики НВ. При висінні вертольота поблизу стїнки (будівлі, надбудови авіаносного корабля, стїнки ущелини і т. п.) зменшується обсяг повітряного простору над частиною НВ, що знаходиться поблизу стїни. Це викликає збільшення швидкості повітряного потоку між стїнкою і НВ в порівнянні з умовами обтікання НВ в безмежній атмосфері, що з фізичної сутності аналогічно ефекту дії реактивного сопла. В результаті зменшуються справжні кути атаки кінцевих перетинів лопатей, що проходять біля стїнки. У свою чергу, це викликає зменшення сили тяги НВ і поява

підсмоктуватиметься сили і моменту «на стінку», хоча в кількісному відношенні зміна характеристик НВ невелика.

При роботі НВ в кутку, утвореному горизонтальною і вертикальною екранує поверхнями, проявляються обидві протилежні тенденції: збільшення сили тяги внаслідок впливу горизонтальної екрануючої поверхні і зменшення сили тяги через вплив вертикальної екрануючої поверхні. В кінцевому рахунку, основне практичне значення мають не зміна сили тяги НВ в межах декількох відсотків, а небезпечні підсмоктуватиметься сила і момент «на стінку», які проявляються при зависанні вертольота на «повітряній подушці» поблизу вертикальної стінки.

Чим ширше і вище стінка, тим більше вона послаблює позитивний ефект «повітряної подушки» і притягує до себе вертоліт. Якщо ж ширина або (і) висота стінки менше приблизно половини радіусу НВ, то вплив на аеродинамічні характеристики НВ несуттєво. Тому слід уникати висіння і переміщення вертольота поблизу кутового екрану: над аеродромом (майданчиком) поблизу будівель і споруд, над палубою корабля поблизу палубних надбудов. Тим більше небезпечно переміщення вертольота над зворотним кутовим екраном (плоский дах будівлі, обріз палуби), коли «повітряна подушка» під частиною ометаємую диска НВ пропадає і вертоліт різко нахиляється.

при висінні готівка трав'яним покріпівостровом, товщина якого значно менше товщини віялової частини струменя (0,2 діаметра гвинта), ефект повітряної подушки збільшується за рахунок більшого гальмування потоку в трав'яному шарі. При висінні над чагарником, висота якого більше віялової частини струменя, або над кронами дерев, проявляється ще так званий «ефект сітки» (при дослідженні під гвинтом простягалася сітка різної щільності перпендикулярно потоку). Сутність цього ефекту полягає в тому, що на кордоні сітки з'являється вихровий кільце, інтенсивність якого зростає зі збільшенням частоти сітки, що призводить до зменшення тяги вінта. На цій підставі робиться висновок, що при висінні над чагарником або лісом будь-якої частоти повітряна подушка відсутність проствует.

Всякого роду рослинність надає ще боліи отрицательне вплив на ефект повітряної подушки, дооли вона утворює конфігурації, аналогічні «ямах», «Стінок» (лісові поляни малого діаметра, оточені щільним чагарником або щільними доронами дерев).

При висінні над водною поверхнею ефект повітряної подушки нижче, ніж при висінні над ґрунтом. пояснюється цеменим гальмуванням потоку по поверхні води в порівнянні с ґрунтом, освітою воронки над водною поверхнею, внаслідок чого відбувається «занедбаність» деякої маси повітря в область над гвинтом.

Таким чином, вплив нахилів і конфігурації екрануючої поверхності (рельєфу місцевості) досить складне і переважно неблагопр-ятное. У практиці льотної експлуатації слід уникати зависань і підльотів вертольота на гранично малій висоті над сильно пересіченою місцевістю.

Отже, вплив екрануючої поверхні на аеродинамічні характеристики НВ залежить від ряду факторів, передбачити які складно. Тому рекомендується виконувати польоти на висоті не менше 15 м над зазвичай пересіченим і не менш 20 м над сильно пересіченою місцевістю зі швидкістю не менше 60 км / год. Для вертольотів корабельного базування не рекомендується перетинати палубу на висоті істотного впливу ефекту повітряної подушки і наближатися до палубним надбудовам.

Вертоліт Мі-8 МТВ балансується на режимі висіння з правим креном  $\approx 2,5^\circ$  при симетричному розташуванні вантажів в кабіні по поперечній осі і з позитивним кутом тангажа в залежності від центрування: при гранично передньої центрівці у голтангажа мінімальний і становить  $0,5^\circ$ , при гранично задньої - максимальний -  $7^\circ$ . Ручка циклічного кроку відхилена назад від нейтрального положення і вправо, права педаль відхилена вперед.

Зважаючи на відсутність у вертольота Мі-8 МТВ показчиків положення триммерів, остаточно центрування на висінні перевіряється по положенню ручки циклічного кроку в поздовжньому напрямку. Якщо ручка на висінні відхилена назад на  $1/4$  повного ходу від нейтрального положення, то центрування вертольота нормальна, але близька до гранично задньої.

Якщо ручка на висінні відхилена назад на  $1/2$  повного ходу від нейтрального положення, то центрування вертольота також нормальна, але близька до гранично передньої. Вправо ручка відхилена в середньому на  $1/4$  повного ходу від нейтрального положення незалежно від поздовжньої центрування вертольота. Для подальшого поліпшення вертольотів на приладовій дошці бажано встановлювати прилад - візуальний показчик положення ручки циклічного кроку, за яким пілоту буде зручно визначати запаси управління не тільки на висінні, але і при будь-якому іншому режимі польоту.

Висіння, як правило, здійснюється з включеними каналами «крен - тангаж» і «напрямок» автопілота і з правої корекцією, при якій працює система автоматичної підтримки постійних обертів несучого гвинта. При необхідності маневрування на режимі висіння або переходу на зліт з висіння включаються лише два канали автопілота, «крен - тангаж» однієї загальної кнопкою-лампочкою.

Як показали льотні випробування, вертоліт висить зі звільненими важелями управління при включених всіх чотирьох каналах автопілота, лише незначну-кові переміщаючись з малою швидкістю і змінюючи висоту з незначною вертикальною швидкістю.

При висінні в неспокійній атмосфері на вертоліт буде діяти перевантаження більше одиниці, яка визначається за такою формулою:

$$n_e = 1 + \Delta n_e,$$

де  $\Delta n_e$  - приріст перевантаження за рахунок вертикального пориву вітру. При пориві вітру вгору знак береться позитивним, при пориві вниз - отрицательним. Приріст перевантаження від пориву вітру на висінні залежить від щільності повітря, характеру зміни коефіцієнта підйомної сили, від кутів атаки, швидкості вертикального пориву, коефіцієнта заповнення

несучого гвинта, градієнта наростання швидкості пориву, питомого навантаження на ометаємую площа, обертів несучого гвинта, збільшення індуктивного швидкості в площині вра-щення і визначається за системою складних рівнянь. Так, наприклад, при верти-кальном пориві вітру від низу до верху силою 15 м / с перевантаження вертольота Мі-8 МТВ буде близько 2. Ця перевантаження менше максимально допустимої в експлуатації - експлуатаційної перевантаження, яка становить  $P_3 = 3$ . Коефіцієнт безпеки для вертольота Мі- 8 МТВ прийнятий  $f = 1$ ,

На вертольоті Мі-8 МТВ на режимі висіння дозволяється маневрування, але з певними обмеженнями для забезпечення безпеки.