

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

Циклова комісія аеронавігації

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

з навчальної дисципліни
«Основи аеродинаміки та динаміка польоту»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
**Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден
та авіадвигунів**

за ТЕМОЮ 8. «Неусталений рух літательних апаратів»

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
10.09.2021 № 2

Розробник: професор навчального відділу КЛК ХНУВС, викладач
циклової комісії аеронавігації, к. т. н., с. н. с., спеціаліст вищої категорії,
викладач – методист, Тягній В. Г.

Рецензенти:

1 Професор Кременчуцького Державного національного
університету ім. Михайла Остроградського, д. ф - м. н., професор, лауреат
Державної премії України в галузі науки і техніки, Єлізаров О. І.

2 Професор навчального відділу КЛК ХНУВС, викладач-методист
циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, к. т. н.,
професор, спеціаліст вищої категорії, Гаврилюк Ю. М.

ЛЕКЦІЯ 8.1: Зліт і посадка, етапи і дистанція зльоту і посадки ЛА

План лекції:

- 1 Особливості руху вертольоту по землі і експлуатаційні обмеження.
- 2 Особливості зльоту вертольоту і експлуатаційні обмеження.
- 3 Особливості посадки вертольоту і експлуатаційні обмеження.

Рекомендована література:

Основна література:

- 1 Котельніков Г. Н., Мамлюк О. В., Аеродинаміка літальних апаратів. Підручник. -К.: Вища школа, 2002. – 255 с.
- 2 Навчальний посібник «Аеродинаміка та динаміка польоту вертольота». Частина І, «Аеродинаміка вертольота» / А. Г. Зінченко, О. О. Бурсала, О. Л. Бурсала та ін.; за заг. ред. А. Г. Зінченка. – Х.: ХНУПС, 2016.–402 с.: іл.
- 3 Навчальний посібник «Аеродинаміка та динаміка польоту вертольота». Часть II, «Динаміка польоту вертольота». / А. Г. Зінченко, І. Б. Ковтонюк, В. М. Костенко та ін.; за заг. редакцією В. М. Костенка та І. Б. Ковтонюка. – Х.: ХУПС, 2010. – 272 с.: іл.
- 4 Опорний конспект з навчальної дисципліни «Аеродинаміка, динаміка польоту та практична аеродинаміка». Частина І «Аеродинаміка вертольоту». Автор: Пчельников С. І.
- 5 Опорний конспект з навчальної дисципліни «Аеродинаміка, динаміка польоту та практична аеродинаміка». Частина II «Динаміка польоту». Автор: Пчельников С.І.
- 6 Аеродинаміка літальних апаратів: навчальний посібник /О.О. Бурсала. А. Г. Зінченко, Є. Ю. Іленко, І. Б. Ковтонюк, А. Л. Сушко – Х.: ХУПС, 2015.- 333 с..
- 7 Лебідь В. Г., Миргород Ю. І., Аерогідрогазодинаміка. Підручник Х.: ХУПС, 2006. – 350 с.

Допоміжна література:

- 1 Мхитарян А. М., Аеродинаміка. Підручник. - М.: Машинобудування, 1968. – 430 с.
- 2 Кокуніна Л. Х., Основи аеродинаміки. Підручник.-М.: Транспорт, 1976.– 208 с.
- 3 Прицкер Д. М., Сахаров Г. И., Аеродинаміка. Підручник. - М.: Машинобудування, 1968. – 310 с.

- 4 Володко А. М., Вертолiт в особливiй ситуацiї. Пiдручник. – М.: Транспорт, 1992. – 262 с.
- 5 Володко А. М., Безпека польотiв вертольотiв. Пiдручник. – М.: Транспорт, 1981. – 224 с.
- 6 Володко А. М., Горшков В. А. Вертольоти: Довiдник по аеродинамiцi, динамiцi польоту вертольоту. Навчальний посiбник. – М.: Воєнвидат, 1992. – 557 с.
- 7 Алаян О. М., Ромасевич В. Ф., Аеродинамiка i динамiка польоту вертольоту. Пiдручник. - М.: Воєнвидат, 1973. – 446 с.
- 8 Бураго Г. Ф. Аеродинамiка, Ч.1. Пiдручник. - М.: ВПА iм. М. Є. Жуковського, 1957. – 350 с.
- 9 Вотяков В. Д., Аеродинамiка ЛА i гiдравлiка їх систем, Ч.1. Аеродинамiка. Пiдручник.-М.: ВПА iм. М. Є. Жуковського, 1972.–652с.
- 10 Дьяченко А. А., Лiтальнi апарати i безпека польоту. Пiдручник. - М.: ВПА iм. М. Є. Жуковського, 1987. – 626 с.
- 11 Базов Д. И., Аеродинамiка вертольотiв. Пiдручник. - М.: Транспорт, 1972. – 184 с.
- 12 Ромасевич В. Ф., Самойлов Г. А., Практична аеродинамiка вертольотiв. Пiдручник. - М.: Воєнвидат, 1984. – 484 с.
- 13 Володко А. М., Основи льотної експлуатацiї вертольотiв. Аеродинамiка. Пiдручник. - М.: Транспорт, 1984. – 256 с.
- 14 Ковалев Е. Д., Удовенко В. А., Основи аеродинамiки i динамiка польоту легких вертольотiв. Навчальний посiбник. - Х.: КБ Аерокopter, 2008. – 280 с.
- 15 Нашукевич А. В., Аеродинамiка лiтака. Пiдручник. - М.: Воєнвидат, 1966. – 208 с.
- 16 Мхитарян А. М., Збiрник задач по курсу “Аеромеханiка”. Навчальний посiбник - К.: КiПЦА, 1976. – 100 с.
- 17 Жабров А. А. Теорiя i технiка польоту. Навчальний посiбник. – М.: Редакцiонно-видавницький вiддiл Аерофлоту, 1956.-400 с.
- 18 Аронiн Г. С. Практична аеродинамiка. Пiдручник для льотного складу. М.: Воєнвидавництво, 1962. – 384 с.

Нормативна лiтература:

- 1 ДСТУ 22499 - 77. Апарати винтокрили. Механiка польоту в атмосферi. Термiни. Визначення i лiтернi позначення. Видавництво стандартiв, 1981.
- 2 ДСТУ 23281 - 78. Аеродинамiка летальних апаратiв. Термiни. Визначення i лiтернi позначення. Видавництво стандартiв, 1981.
- 3 ДСТУ 20058 - 80. Динамiка лiтальних апаратiв в атмосферi. Термiни. Визначення i лiтернi позначення. Видавництво стандартiв, 1976.

- 4 ДСТУ 23199 - 80. Газодинаміка. Терміни. Визначення і літерні позначення. Видавництво стандартів, 1978.
- 5 ДСТУ 221890 - 76. Фюзеляж, крила і оперіння літаків і вертольотів. Терміни. Визначення і літерні позначення. Видавництво стандартів, 1976.

ЛЕКЦІЯ 8.1: ЗЛІТ І ПОСАДКА, ЕТАПИ ТА ДИСТАНЦІЯ ЗЛЬОТУ І ПОСАДКИ ВЕРТОЛЬОТУ

План лекції:

- 8.1.1 Особливості руху вертольота по землі і експлуатаційні обмеження
- 8.1.2 Особливості зльоту вертольота і експлуатаційні обмеження
- 8.1.3 Особливості посадки вертольота і експлуатаційні обмеження

8.1.1 Особливості руху вертольота по землі і експлуатаційні обмеження

Рух вертольота по землі в процесі руління, розбігу при зльоті та пробігу при посадці має цілий ряд істотних особливостей в порівнянні з польотом в повітрі, які пілот повинен враховувати. Зокрема, крім аеродинамічних сил і сили тяжіння (*а на землі - сили ваги*) на вертолiт діють ще сили реакції землі N_{reak} (нормальні) і сили тертя коліс F_{mp} , (тангенціальні), які показані на *рис. 8.1*, можливі і бічні сили тертя Z_{mp} (*рис 8.2*). Рух по землі може бути сталим і несталим.

Хоча вертолiт, що рухається по землі, не має свободи обертання щодо поздовжньої і поперечної вісей, проте через високе розташування центру тяжіння і несиметричного розташування аеродинамічних сил при певних умовах можливі поворот вертольота щодо цих вісей і навіть перекидання. Тому при рулінні, розбігу і пробігу важливо витримувати рівновагу поперечних сил і моментів.

При прямолінійному русі реактивний момент M_p , $HГ$ повинен бути урівноважений моментом від тяги $РГ$ ($T_{pg} * l_{pg}$). і крім того, щоб не було крену і рівномірно розподілялося навантаження на колеса і амортизаційні стійки шасі (*в поперечному напрямку*), має виконуватися рівність $T_z * y_T = T_{pv} * h_{pv}$. З останньої умови рівноваги моментів видно, що при різній довжині плечей y_T і h_{pv} , порушується рівність бічних сил T_z і T_{pv} . і з'являється бічна сила реакції Z_{tr} . Пілот при рулінні (*розбігу або пробігу*) не може повністю проконтролювати виконання всіх перерахованих умов рівноваги. Особливо важко контролювати рівність бічних сил і моментів. Тому основне, на що пілот повинен постійно

звертати увагу при рулінні - це не допустити юза і крен вертольота, особливо при рулінні по м'якому ґрунту.

На *рис. 8.2* показана схема сил при відриві вертольотом переднього і основного правого коліс. В цьому випадку має місце перекидаючий момент вліво $M_{опр} = T_{рв} \cdot h + T_y \cdot l - G \cdot a - T_z \cdot h$. Для всіх вітчизняних одногвинтових вертольотів характерно прагнення перекинутися вліво (в напрямку дії тяги *РГ*). Вертольоти, обладнані трьохстійковим шасі, як правило, прагнуть перекинутися вліво-вперед, *т. е.* щодо вісі, що з'єднує точки опори переднього і лівого основного коліс.

При крені вліво - вперед збільшується $h_{рв}$ і зростає момент від тяги *РГ*. Тому для стійкості руху по землі бажано, щоб тяга *НГ* була якомога менше, а при появі крену необхідно перш за все зменшити загальний крок *НГ*.

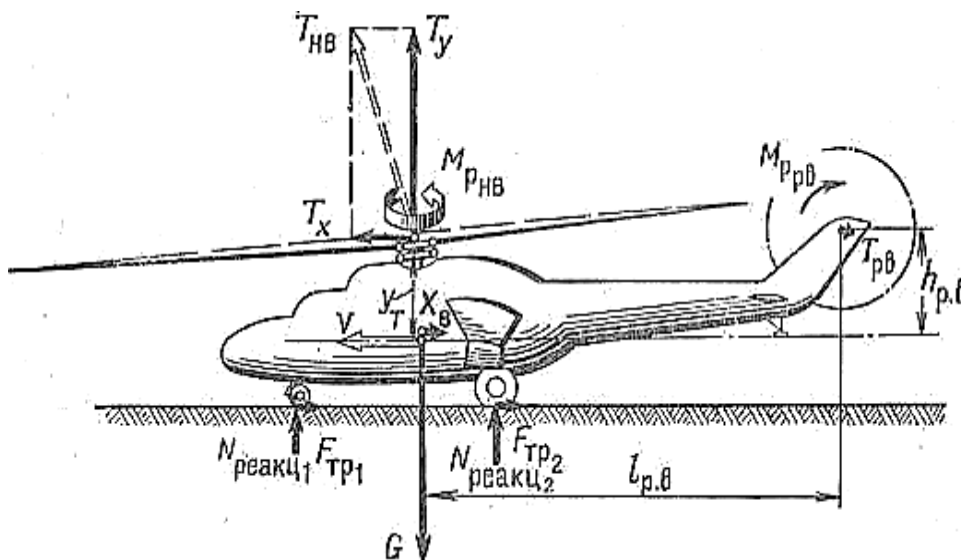


Рис 8.1 Схема сил, що діють на вертоліт при русі по землі

Тенденція вертольота по крену в ту чи іншу сторону зростає при бічному вітрі, порушення шорсткості шасі (*слабкою зарядці амортизатора*), збільшенні передній (x_m) і зменшенні вертикальної центровок (y_T), Нахилі (*ухилі*) площадки, а також великій величині швидкості рулювання і особливо швидкості розвороту

У зв'язку з цим в Інструкції екіпажу передбачені певні обмеження по швидкості вітру, руління, розбігу і пробігу, нахилу площадок, величиною загального кроку *НГ* при рулінні і інші. При русі вертольоту по землі може виникнути особливе явище, що отримало назву «*земного резонансу*».

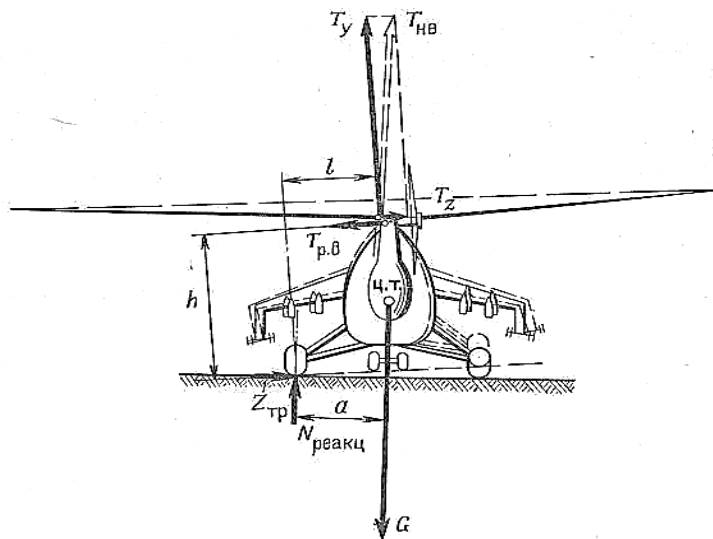


Рис 8.2 Схема сил, що діють на вертоліт при лівому крені

Під «земним резонансом» розуміють самозбудні коливання вертольота на шасі зі зростаючою амплітудою при рулінні, зльоті та посадці. Це явище небезпечне, так як нерідко воно приводило до перекидання і поломки вертольотів. «Земний резонанс» може виникнути на вертольотах з м'яким шасі, у яких лопаті *НГ* мають вертикальні шарніри. В даний час при конструюванні прагнуть повністю виключити ймовірність потрапляння вертольота в «земний резонанс» раціональним підбором характеристик демпферів вертикальних шарнірів лопатей, амортизації шасі, спеціальних гасителів коливань і інші. Однак «земний резонанс» все ж може виникнути в процесі експлуатації при деяких несправностях вертольоту і при неправильному його технічному обслуговуванні. Тому для пілота важливо знати природу цього явища, особливості поведінки вертольота і необхідні дії при випадковому попаданні в «земний резонанс». Природа резонансних коливань полягає в певному поєднанні (складання) одних коливань з іншими. Коли частоти таких коливань збігаються, виникає резонанс, зростає амплітуда коливань. Зокрема, «земний резонанс» виникає в результаті додавання коливань оберткових лопатей *НГ* в площині обертання відносно вертикальних шарнірів і власних коливань вертольота на шасі.

Коливання лопатей в площині обертання *НГ* виникають внаслідок порушення геометричної (і масової) симетрії розташування лопатей щодо центру обертання. Наприклад, розбіжність загального центру мас лопатей з центром обертання може статися при стоянці і непрацюючих двигунах, коли лопаті під дією своєї маси «збігаються» по похилій площині в бік відхилення осі *НГ*. Аналогічна картина спостерігається при рулінні при швидкому відхиленні вала *НГ* щодо оберткових лопатей через наїзд на кочку або

попадання одного з коліс в яму. В результаті такого неспівпадання центру мас лопатей *НГ* з центром їх обертання виникає змінна неврівноважена відцентрова сила, яка і призводить до розгойдування вертольота.

У вертольота, розташованого на пружному шасі, ці коливання можуть гаситися, залишатися незмінними або збільшуватися («земний резонанс»).

При розкручуванні *НГ* під час запуску двигуна майже на всіх вертольотах спостерігається характерне розгойдування. У міру зростання оборотів *НГ* зменшується амплітуда і збільшується частота цих коливань. Однак коливання вертольота при розкручуванні *НГ* можуть перерости в «земний резонанс» у разі певних відмов амортизації шасі, демпферів і т. п.

«Земний резонанс» при рулінні і розбігу (*пробігу*) має велику частоту і можливий тільки при певних швидкостях руху вертольота по землі, що для деяких вертольотів є однією з основних причин обмеження швидкості руління.

Джерелом енергії для коливань вертольота є обертотий *НГ*, *т.е.* що підводиться до нього потужність. Виникнення «земного резонансу» визначається по збільшенню амплітуди коливань. Спочатку вертоліт розгойдується без відриву коліс від ґрунту, потім розгойдування дуже швидко досягає такої величини, що вертоліт вдаряється поперемінно то одним то іншим колесом. Весь процес таких коливань може тривати протягом не більше **6 - 7 с** до небезпечного крену, коли лопаті *НГ* можуть торкнутися землі. Тому дії пілота повинні бути дуже швидкими і своєчасними.

Для запобігання попадання в «земний резонанс» необхідно перш за все строго виконувати всі вказівки Інструкції з експлуатації даного вертольота. Крім того, від пілота потрібне дотримання певних заходів при запуску і рулінні, а також при зльоті та посадці.

Найбільш важливі з них для деяких вертольотів наступні:

- при розкручуванні *НГ* і випробуванні роботи двигунів і трансмісії ручку керування слід тримати в положенні, при якому відсутня циклічна зміна настановних кутів, при цьому не можна допускати різких ривків важелями керування;
- на рулінні слід уникати нерівностей і великих швидкостей рулювання по м'якому ґрунті, глибокому і пухкому снігу;
- при розбігу бажано відрив виконувати на мінімально можливій швидкості, особливо при зльоті з майданчиків, що мають нерівності;
- при зльоті не можна утримувати вертоліт тривалий час в підвішеному стані, коли колеса ледь торкаються землі;
- на пробігу після приземлення необхідно відразу ж зменшити загальний крок *НГ* і загальмувати колеса.

При попаданні в «земний резонанс» слід швидко повернути ручку

керування в нейтральне положення, скинути важіль «*крок-газ*» вниз, вивести корекцію вліво до відмови і зупинити вертоліт. Якщо коливання не припиняються, вимкнути двигуни і швидко загальмувати *НГ*.

Для деяких вертольотів при виникненні «*земного резонансу*» на швидкостях більше **30-40 км/год** в процесі розбігу можна рекомендувати відхід від землі тільки в разі, якщо гальмування на землі більш небезпечно.

Не можна при виникненні «*земного резонансу*» намагатися парирувати коливання вертольота відхиленнями ручки керування. Такі дії, як правило, причин не усувають, а, навпаки, сприяють їх зростанню, так як пілот ненавмисно запізнюється зі своєчасним їх відхиленням і потрапляє в резонанс з відхиленнями вертольота.

Особливості виконання руління, розбігу і пробігу.

З огляду на наведені вище особливості та експлуатаційні обмеження, рух вертольота по землі доцільно здійснювати тільки по підготовлених (*знайомих*) майданчику, рульовій доріжці і т. інше. У всіх інших випадках краще виконати підліт.

Найбільш відповідальний момент початку руління - страгування. У цей момент повинні бути плавними рухи важелями керування, особливо якщо вертоліт тривалий час стояв на м'якому і в'язкому ґрунті або рихлому снігу. Тому для зрушення, щоб подолати опір тертя і інерцію вертольота, необхідно ввести корекцію, плавно збільшити загальний крок *НГ* (*в допустимих межах*) і відхилити ручку керування декілька від себе. Як тільки вертоліт почне рух вперед, плавно зменшити загальний крок до рекомендованої величини. На одногвинтових вертольотах не слід для страгивання відхиляти ручку керування від себе до упору і «*допомагати*» знакозмінними відхиленнями педалей, так як при цьому збільшується вібрація вертольота (*удари лопатей по упорам*) і відбувається додаткове навантаження передньої стійки. Колесо, ще більш заглибившись в ґрунт, перешкоджає страгиванню, а зміна тяги *РГ* розгойдує вертоліт і сприяє його перекиданню. Іноді зрушенню заважає переднє колесо, розвернуте під **90°** вліво, або загальмовані основні колеса. В цьому випадку одногвинтової вертоліт при зрушенні прагне розвернутися вліво.

Деякі пілоти, прагнучи вирулити строго прямо, припускаються помилки - відхиляють вперед до упору праву педаль, перешкоджаючи розвороту вліво. *Наприклад*, на вертольоті *Ми-8* при загальному кроці *НГ* $\phi = 4^\circ$ і відданої вперед ручці керування створюється значний перекидаючий момент щодо вісі, що з'єднує розвернуте вліво переднє колесо і основне ліве колесо. Вертоліт замість рушення починає кренитися вліво - вперед. Такий рух вертольоту сприймається пілотом як незвичний. У даній ситуації треба плавно зменшити загальний крок *НГ* і з'ясувати причину, що перешкоджає вирулювання.

На рулінні необхідно витримувати швидкість. Особливо важливо стежити за швидкістю на розворотах при наявності бокового вітру, щоб зменшити ймовірність перекидання. Напрямок при руленні слід зберігати плавним відхиленням педалей. При наявності бічного вітру ручка керування відхиляється в сторону вітру.

При появі крену в ту чи іншу сторону необхідно відразу ж парирувати його ручкою керування, одночасно доцільно відхилити вперед педаль в сторону крену (*крен лівий - вперед ліву педаль*) і в той же час зменшити загальний крок *НГ*. Такі заходи, як правило, запобігають подальшому крену і перекиданню. Це особливо важливо враховувати на одногвинтових вертольотах при розворотах вправо на великій швидкості. При парированні крену не можна різко скидати загальний крок *НГ*. Справа в тому, що при різкому скиданні загального кроку вертолiт також різко опускається на основне колесо і починає енергійно розгойдуватися, що може викликати «земної резонанс» або перекидання при неправильних діях пілота.

Для зупинки або гальмування при пробігу не можна різко і до відмови брати ручку керування на себе. Це особливо небезпечно робити на одногвинтових вертольотах з одночасним натисканням на важіль гальмування коліс. Вертолiт різко зупиняється, причому за інерцією «киває», а несучий гвинт відхиляється назад, що при зустрічному вітрі створює сприятливі умови для удару лопатями *НГ* по хвостовій балці. Отже, зупинити вертолiт треба також плавними відхиленнями важелів керування.

8.1.2 Особливості зльоту вертольота і експлуатаційні обмеження

8.1.2.1 Зліт - це несталий прискорений рух вертольоту. Його можна порівняти з маневром, так як всі елементи виконуються разом в певній послідовності для досягнення цілком конкретної мети. По суті, це комплекс різних режимів. У зліт входять вертикальний підйом, висіння, - горизонтальний розгін, введення в гору і майже сталий режим набору висоти по похилій траєкторії. Обов'язковою умовою для зльоту є наявність певного надлишку тяги (*потужності*) на *НГ*.

На вертольотах широко застосовуються два способи зльоту: по-вертолiтному і по-самоліотному.

Зліт по-вертолiтному - це зліт вертольота без розбігу з відривом по вертикалі, з подальшим збільшенням (*розгоном*) поступальної швидкості і переведенням його в набір висоти.

Зліт по-самоліотному - це зліт вертольота з розгоном до швидкості, необхідної для відриву, з подальшим розгоном і переведенням його в набір висоти.

Той чи інший спосіб зльоту вибирається залежно від характеру майданчиків, зовнішніх умов, завантаження вертольота і надлишку потужності.

При виконанні зльоту важливо враховувати так звані небезпечні зони при відмові одного або обох двигунів, які зображені на *рис. 12.3*. При виконанні зльоту необхідно намагатися по можливості уникати входу в них.

Зона вважається небезпечною при відмові всіх двигунів, встановлених на вертольоті, так як в цьому випадку не забезпечується в достатній мірі безпечна посадка, особливо якщо пілот запізнюється зі своєчасним скиданням загального кроку *НГ* і перекладом вертольота на поступальний політ. При цьому падають обороти *НГ* і швидко наростає вертикальна швидкість зниження. Однак при своєчасних (без запізнення) і правильно виконаних діях пілота можливо безпечне приземлення навіть при відмові двигунів в цій зоні.

Зона розділена пунктирною лінією на, дві частини. Додатково заштрихованна зона небезпечна навіть при відмові одного з двигунів, якщо на вертольоті силова установка складається з декількох двигунів.

Зона II - представляє певну небезпеку при виконанні розгону з великими негативними кутами тангажа (більше 20°) і використанням максимальної потужності СУ. В цьому випадку при відмові двигуна (двигунів) пілот не встигає зреагувати і вертолiт, зачепившись переднім колесом об землю, перекидається.

З урахуванням цих експлуатаційних обмежень траєкторія польоту вертольота під час зльоту по можливості повинна проходити з безпечного «коридору» (*рис. 8.3*).

При вимушеному заході в небезпечні зони необхідно прагнути скоротити час перебування в них до мінімуму. Слід зауважити, що небезпека зон значно знижується з підвищенням якості техніки пілотування пілота, його підготовленості до вимушеного заходу в небезпечні зони необхідно прагнути скоротити час перебування в них до мінімуму. Слід зауважити, що небезпека зон значно знижується з підвищенням якості техніки пілотування пілота його підготовленості до дій в аварійній ситуації і натренованості. Цьому сприяють тренування на тренажерах і тренажних комплексах при моделюванні аварійних ситуацій, що можуть статися в польоті.

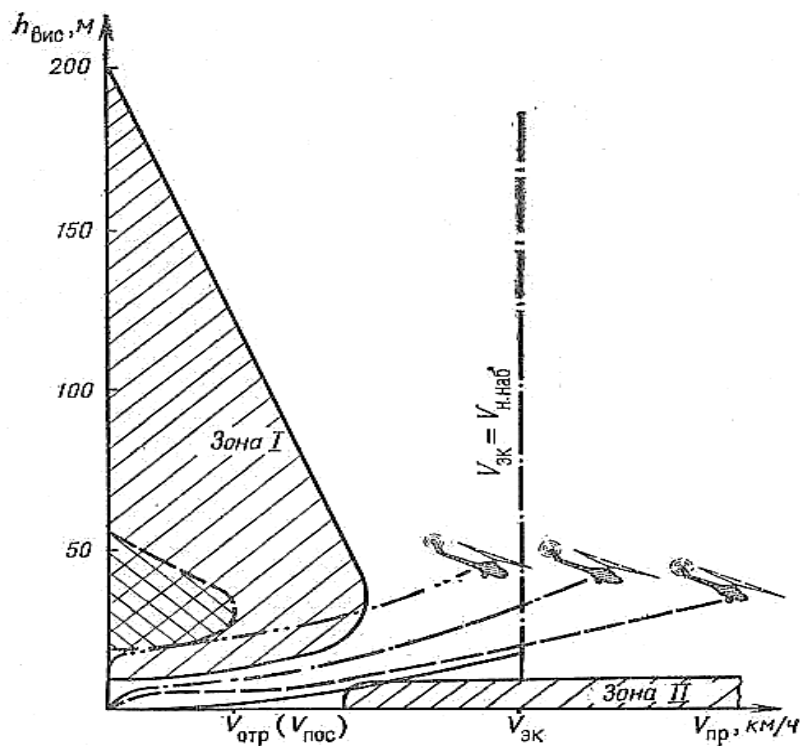


Рис 8.3 Небезпечні зони зльоту, висіння і посадки при відмові двигунів

При зльоті пілота необхідно враховувати експлуатаційні обмеження щодо граничної маси.

Обмеження швидкості зустрічного вітру враховують дві основні причини: перша - можливість удару лопатей по хвостовій балці при розкручуванні *НГ* під час запуску і зупинки після виключення двигунів і друга - при швидкостях вітру понад 25 м/с, як правило, спостерігається велика турбулентність повітря, *т.ч.* значні за величиною швидкості восходящих і низходящих потоків повітря поблизу землі, а також великі зміни швидкості (*пориви*) вітру, і політ в таких умовах небезпечний.

Швидкість бокового вітру обмежується в основному за запасами шляхового керування, щоб виключити потрапляння вертольота в мимовільний розворот. Як було показано раніше, потреби дачі педалей збільшуються при висінні з лівим і правим вітром. Крім того, при швидкостях вітру справа більше 10 м/с під час розкрутки і зупинки *НГ* можливий удар лопатей по хвостовій балці.

Швидкість попутного вітру обмежується по запасах поздовжнього керування при гранично- задній центріці вертольота і через можливість потрапляння гарячих газів на вхід в двигуни.

Не менш важливим при зльоті є дотримання обмежень по темпу переміщення важеля загального кроку *НГ* вгору і оборотам *НГ*. В основному темп обмежений через приємність двигуна (*двигунів*). Як правило,

переміщення важеля «*крок-газ*» швидше, ніж зазначено в Інструкції, веде до падіння оборотів *НГ*. Так як обороти *НГ* падають не відразу, можливий навіть відрив вертольота від землі і набір висоти, але потім неминуче слідує самовільне зниження справного в усіх відношеннях вертольота. Тому, щоб не сталося мимовільного зниження вертольота, пілот повинен постійно контролювати темп переміщення важеля загального кроку *НГ* і число обертів *НГ*. Крім того, навіть якщо двигуни мають досить високу приємність, пілот змушений дотримуватися певний темп переміщення важеля «*крок-газ*»,

В цілому пілотові доводиться перед зльотом враховувати досить велику кількість суперечливих чинників, щоб забезпечити безпеку зльоту і польоту. Виконання контрольного висіння дозволяє пілоту ще раз переконатися в наявності певного запасу потужності для виконання зльоту та в надійності роботи СУ, всіх систем і агрегатів вертольота. Крім того, контрольне висіння необхідно і для визначення можливості посадки з урахуванням передбачуваних або відомих умов на майданчику майбутнього приземлення.

Безумовно, для визначення запасу потужності на висінні, особливо у високогірних умовах, потрібен певний досвід. Однак, як показує практика, можна рекомендувати для перевірки можливостей вертольота наступні правила:

Якщо вертоліт висить на висоті:

- **більше радіуса *НГ*** над майданчиком і перешкодами, оточуючими майданчик, можна виконувати зліт будь-яким способом, в тому числі і поза зоною впливу повітряної подушки;

- **не більше 3 м** над майданчиком з відкритими підходами - зліт може бути виконаний або по-вертолітному в зоні впливу повітряної подушки, або по-самольотному;

- **не більше 1,5 м** над майданчиком - зліт можна виконувати тільки по-самольотному.

У всіх випадках, якщо польотна маса вертольота не дозволяє застосувати обраний спосіб зльоту, необхідно її зменшити.

8.1.2.2 Зліт по - вертолітному

Зліт по-вертолітному є майже для всіх вертолітів основним способом зльоту. Він простий за технікою виконання і в достатній мірі забезпечує безпеку польоту при зльоті з майданчиків обмежених розмірів. Цей спосіб зльоту може виконуватися з різними траєкторіями (*види зльоту*), які визначаються наступними умовами: *розміром майданчика, висотою перешкоди, підходами, перевищенням над рівнем моря, температурою зовнішнього повітря, злітною масою вертольота і ін.*

Траєкторію зльоту по-вертолітному можна умовно розділити на чотири

характерних етапу:

I - відрив вертольота від землі і вертикальний підйом зі швидкістю **1-1,5 м/с**;

II - короткочасне зависання і плавний перехід на розгін;

III - горизонтальний або похилий розгін до швидкості **0,5-0,7** від $V_{ек}$;

IV - перехід в набір висоти з подальшим збільшенням швидкості до $V_{пр} = V_{ек}$.

Зліт по-вертольотному з розгоном в зоні впливу повітряної подушки застосовується, як правило, з майданчиків, що мають відкриті підходи (на аеродромах). З навчальною метою такий вид зльоту виконується з неповним використанням всього надлишку потужності (т.е. при роботі двигунів на номінальному режимі), щоб був ще, так би мовити, «невикористаний» запас і щоб не створювати на розгоні поблизу землі великі негативні кути тангажа

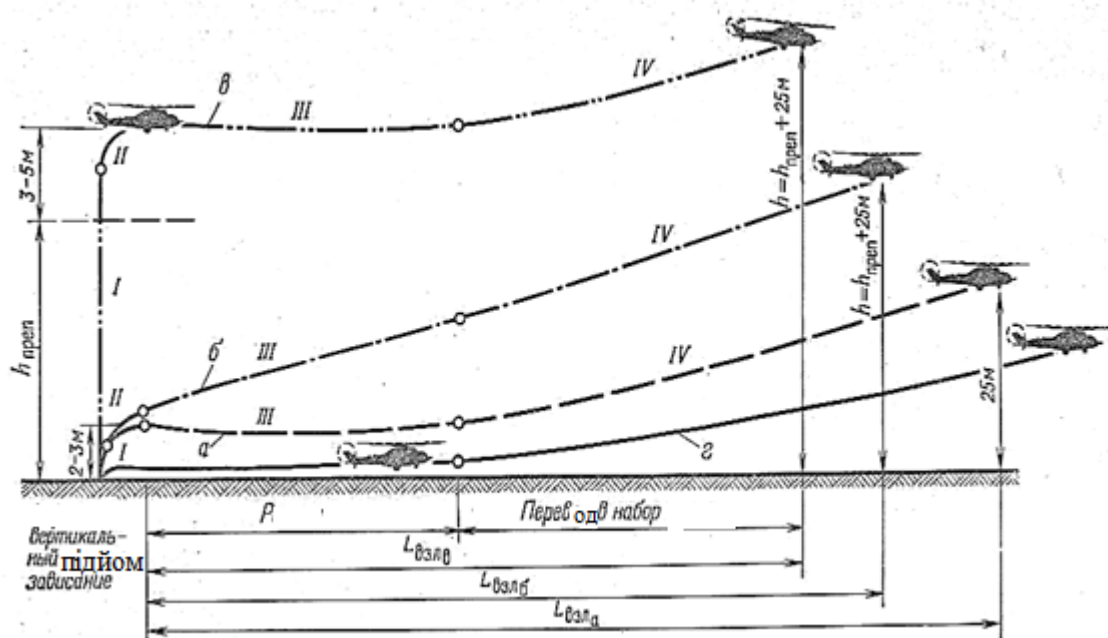


Рис 8.4 Схема траєкторій зльоту вертольота

1) по - вертольотному:

а) - з розгоном в зоні впливу повітряної подушки;

б) - по похилій траєкторії;

в) - з розгоном поза зоною впливу повітряної подушки;

Перевагою даного виду зльоту по - вертолітному треба вважати можливість виконання зльоту з майданчиків обмежених розмірів, які не мають перешкод у напрямку зльоту. Цей вид зльоту набув найпоширнішого застосування.

Зліт по - вертолітному по похилій траєкторії рекомендується застосовувати на майданчиках обмежених розмірів і мають в напрямку зльоту

перешкоди висотою **3-5 м**. Цей вид зльоту має ту перевагу, так як він дозволяє повністю використовувати максимальну злітну потужність *СУ* одночасно на розгін швидкості і набір висоти. Особливо раціонально застосування цього виду зльоту на вертольотах, які мають значний запас потужності. Крім того, такий вид зльоту найбільш безпечний на випадок відмови обох двигунів, так як вертоліт слідує фактично по «коридору безпеки» (рис 8.4) і може здійснити посадку на майданчик зльоту, а при відмові одного з двигунів такий вид зльоту забезпечує навіть продовження польоту.

Зліт по - вертолітному з розгоном поза зоною впливу повітряної подушки застосовується також з майданчиків обмежених розмірів, коли маса вертольоту дозволяє виконати висіння над майданчиком на висоті, що перевищує радіус *НГ*. Даний вид зльоту використовується при перевезенні вантажів на зовнішній підвісці, при зльоті з заповнених майданчиків або майданчиків, покритих щойно випавшим снігом, а також і з навчальною метою.

Такий зліт виконується майже при повному використанні потужності двигунів, т.е. на граничні можливості *НГ*. Крім того, при такому зльоті вертоліт входить в небезпечну зону I (рис 8.4).

Особливості виконання зльоту по - вертолітному. При виконанні зльоту необхідно, дотримуючись зазначених обмежень, відокремити вертоліт від землі. Переміщення важелів керування повинно бути координованим, парировати тенденції вертольота до крену і розвороту вліво. Набравши необхідну для того чи іншого виду зльоту висоту з вертикальною швидкістю **1-1,5 м/с**, виконати короточасне зависання (*висіння*), потім плавним переміщенням ручки керування від себе і з одночасним збільшенням загального кроку *НГ* перевести вертоліт на розгін, зберігаючи при цьому координацію напрямку польоту і висоту. Після досягнення швидкості, що дорівнює приблизно **(0,5 - 0,7) $V_{ек}$** , плавно перевести вертоліт в набір висоти з подальшим збільшенням швидкості до $V_{пр} = V_{ек}$, яка майже на всіх вертольотах є найвигоднейшей швидкістю набору висоти.

Особливість зльоту на деяких типах вертольотів, з випускаємих в польоті шасі, полягає в тому, що після встановлення швидкості доцільно прибрати шасі, так як на великих швидкостях стає погіршується економічність польоту.

Зліт вважається закінченим після досягнення висоти стандартного перешкоди $h_{преп} = 25 \text{ м}$.

8.1.2.3 Зліт по - самольотному

Зліт по – самольотному застосовується на вертольотах рідше, як правило, з перевантажувальною масою в умовах, коли провести зліт іншими способами практично неможливо через нестачу потужності *СУ*. Цей зліт вимагає рівного

майданчика (*вертодрому*) для розбігу, щоб виключити можливість виникнення «земного резонансу».

Зліт із запилених (*засніжених*) майданчиків з щільним і рівним ґрунтом (*сніговим покривом*), розміри яких перевищують довжину злітної дистанції, більш раціонально виконувати по - самольотному з відривом вертольота після того, як запорошена (*снігова*) хмара залишиться позаду нього.

Траєкторію зльоту по - самольотному умовно можна розділити на три етапи (*рис 8.4*):

I - розбіг по землі до швидкості відриву ($V_{отр} \approx 0,5V_{ек}$);

II - відрив і витримування з розгоном швидкості в зоні впливу повітряної подушки;

III - переведення в набір висоти з подальшим розгоном до швидкості найвигіднішого набору висоти ($V_{нр} = V_{ек}$).

Особливості виконання зльоту виходячи з перерахованих етапів наступні:

1) Плавним відхиленням ручки керування від себе з одночасним переміщенням важеля загального кроку *НГ* вгору до досягнення потужності $N_{е,ном}$, а правою педаллю вперед зрушити вертолiт і виконати розбіг до швидкості $0,5V_{ек}$, потім подальшим збільшенням загального кроку *НГ* до $N_{е,взл}$ і невеликим переміщенням ручки керування на себе відокремити вертолiт від землі.

2) В процесі розгону при надмірно великому відхиленні ручки керування від себе майже для всіх одногвинтових вертольотів характерно прагнення відірвати від землі спочатку основні колеса. Зліт з переднього колеса небезпечний через можливість його руйнування, так як при підвищеному навантаженні і великій швидкості (*понад 80 км/год*) можуть виникати мимовільні коливання носового колеса (*шіммі*). Тому пілот повинен стежити за поведінкою вертольота і своєчасним взяттям ручки керування на себе парировати цю тенденцію вертольота.

3) Після відриву з поступовим відходом від землі вертолiт розганяється до швидкості $0,7 V_{ек}$ і плавно переводиться в набір висоти з розгоном до $V_{нр} = V_{ек}$

8.1.3 Особливості посадки вертольота і експлуатаційні обмеження

8.1.3.1 Посадка- це завершальний етап польоту і один з найбільш складних і відповідальних його елементів по техніці пілотування. Вона, так само як і зліт, являє собою маневр, оскільки всі її елементи виконуються разом в певній послідовності, взаємопов'язані між собою і призначені для однієї мети - зробити безпечне приземлення на заданий (*необхідному*) місце. В посадку входять багато з викладених вище режимів: *зниження по похилій траєкторії з працюючими двигунами (планування на РСНВ), виведення з планування з*

одночасним гасінням швидкості (вирівнювання), майже горизонтальне гальмування (витримування), висіння, вертикальне зниження, приземлення і пробіг. З енергетичної точки зору посадка - це несталий (уповільнене) рух, під час якого гаситься кінетична енергія вертольота для безпечного приземлення.

Для виконання посадки без бічних зсувів і втрати напрямку слід строго дотримуватися умов бокової рівноваги координованим відхиленням важелів керування.

У процесі гальмування, вирівнювання і витримування необхідно забезпечити зниження вертольота по заданій траєкторії з заданими вертикальній і поступальній швидкостями. При виконанні перерахованих режимів треба стежити за тими особливостями роботи *НГ* і *СУ*, які були розглянуті вище, щоб не допустити виходу вертольота за обмеження і попадання в самовільне зниження і розворот.

На вертольотах застосовуються два способи посадки: *по - вертолітного й по - самолётному*.

- 1) Посадка *по - вертолітному* - це посадка без пробігу з попередніми зависанням над місцем приземлення на встановленій висоті з наступним вертикальним зниженням до приземлення.
- 2) Посадка *по - самолётному* - це посадка з приземленням на встановленій поступальній швидкості з подальшим пробігом.

Застосування того чи іншого способу посадки обумовлюється розмірами і покриттям майданчиків, польотної масою вертольота, запасом потужності, зовнішніми умовами і т.п.

Розглянемо основні експлуатаційні обмеження і деякі особливості при виконанні того чи іншого способу посадки.

- 1) Перш за все при побудові маневру для виконання посадки необхідно враховувати зазначені основні небезпечні при відмові двигуна (двигунів) зони *I* і *II* (рис 8.5). Оптимальною можна вважати траєкторію, яка за швидкостями і висотам розташовується в «коридорі безпеки» між цими зонами.

Всі перераховані обмеження для зльоту по зовнішніх умов, темпу переміщення важеля загального кроку *НГ* і інші ставляться і до посадки. Крім того, при посадці *по - самолётному* $V_{\text{нос}}$ повинна дорівнювати або бути близькою $V_{\text{отр}}$.

- 2) Захід і розрахунок на посадку виконуються шляхом побудови прямокутного маршруту або з прямою. В процесі побудови такого маневру необхідно випустити шасі (на тих вертольотах, де воно забирається в польоті) і уточнити швидкість і напрям вітру. Для полегшення в цілому складного процесу виконання посадки захід на

посадку рекомендується проводити строго проти вітру. Це збільшує запаси по потужності і по шляховому керування, необхідні в інтересах більшої безпеки.

Розрахунок на посадку, як правило, уточнюється на зниженні зі зміни поступальної і вертикальної швидкостей польоту приблизно до висоти **100 м**, при цьому видалення від місця приземлення має бути не менше **1000 м**. З цієї висоти, як правило, пілот виконує предпосадочне зниження і фактично з цього моменту можна вважати, що виконується посадка. В ході такого маневру пілот прагне виконати рух по заданій траєкторії (*глісаді*) зниження для приземлення точно в зазначеному (*обраному*) місці.

- 3) У процесі зниження по похилій траєкторії треба поступово гасити поступальну і вертикальну швидкості, щоб до місця приземлення підійти з нульовою поступальною і вертикальною швидкостями.

8.1.3.2 Посадка по - вертолітному

8.1.3.2.1 Посадка по - вертолітному є майже для всіх вертольотів є основним способом посадки. Вона отримала настільки широке застосування завдяки простоті техніки виконання та наявності у вертольотів запасу потужності, що забезпечує безпеку приземлення навіть на майданчику обмежених розмірів з перешкодами на підходах. Цей спосіб посадки може виконуватися з різними траєкторіями, які в тій чи іншій мірі обумовлюються багатьма експлуатаційними чинниками, такими, як розмір майданчика, висота перешкод, підходи, перевищення над рівнем моря, температура зовнішнього повітря, польотна (*посадковий*) маса і т.д (рис 8.5).

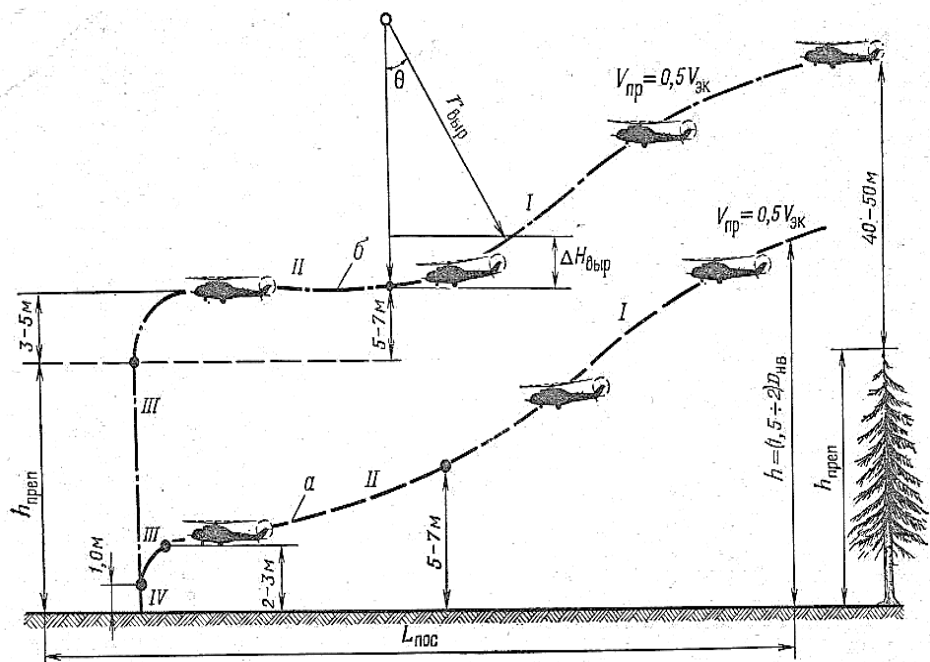


Рис 8.5 Схеми траєкторій посадки по - вертолітному

а) - з зависанням в зоні впливу повітряної подушки;

б) - з зависанням поза зоною впливу повітряної подушки.

Траєкторію посадки по - вертолітному можна умовно поділити на такі найбільш характерні етапи (рис 8. 5):

I - вирівнювання (зниження) з $H = (1,5 - 2) D_{нг}$ по похилій траєкторії на швидкості $0,7V_{ек}$ з вертикальною швидкістю $2-3$ м/с при гальмуванні вертольота до швидкості польоту $0,5 V_{ек}$ і вертикальної швидкості $0,5 - 1$ м/с;

II - витримування (подальше зменшення швидкості до зависання) з одночасним гасінням вертикальної швидкості до нуля;

III - короткочасне зависання і вертикальне зниження з $V_y = 2 \text{ до } 1,5$ м/с до висоти 1 м;

IV - вертикальне зниження з висоти 1 м з поступовим гасінням V_y до $0,2-0,1$ м/с і приземлення.

8.1.3.2 Посадка по - вертолітному з зависанням в зоні впливу повітряної подушки (рис 12. 5, а) застосовується для приземлення як на майданчики обмежених розмірів з відкритими підходами і невисокими перешкодами ($3 - 5$ м), так і на аеродроми і підготовлені майданчики з навчальною метою. Цей вид посадки має ту перевагу (в порівнянні з іншими видами посадки), що дозволяє здійснити посадку на майданчик обмежених розмірів з мінімальним запасом потужності. Він забезпечує досить високу безпеку польоту і, крім того, простий по техніці пілотування і виконання розрахунку. Особливістю цієї посадки є те, що вирівнювання закінчується на висоті, що дорівнює приблизно половині радіуса НГ вертольота (рис. 12. 5, а)), в подальшому витримування і зависання виконуються на швидкостях і висотах ($1-2$ м), де найбільш ефективно вплив повітряної подушки.

8.1.3.2.3 Посадка по - вертолітному з зависанням поза зоною впливу повітряної подушки застосовується для приземлення на майданчики обмежених розмірів з перешкодами на підходах висотою більше радіуса НГ вертольота. Цей вид посадки використовується і у випадках здійснення посадок на заповищені майданчиках, майданчиках, покритих щойно випав снігом, під час перевезення вантажів на зовнішній підвісці, а також і з навчальною метою. Така посадка виконується, як правило, при повному використанні потужності двигунів і, звичайно, більш небезпечна при їх відмові, так як вхід і зависання здійснюються в небезпечній зоні *I* (рис. 8. 5).

8.1.3.2.4 Особливості виконання посадки по - вертолітному.

Після проходження контрольної точки $H = 100$ м із заданими V_{np} і V_y пілот починає плавним відхиленням ручки керування на себе зменшувати

поступальну швидкість. При цьому почне збільшуватися вертикальна швидкість, так як політ виконується на швидкостях *другого режиму*. Але згідно з прийнятим законом збереження кута нахилу траєкторії необхідно, щоб вертикальна швидкість не збільшувалася, а, навпаки, зменшувалася. Тому друга обов'язкова умова - збільшення загального кроку *НГ*. Темп гасіння вертикальної і поступальної швидкостей повинен бути таким, щоб при виході на висоту (1,5 - 2,0) $D_{\text{нв}}$ швидкість $V_{\text{нр}}$ дорівнювала (0,5 - 0,7) $V_{\text{ек}}$, а V_y дорівнювала 0,1 $V_{\text{нр}}$. Збільшувати загальний крок *НГ* і кут тангажу треба з таким розрахунком, щоб не допускати збільшення вертикальної швидкості більше **2 м/с**.

Надалі більш енергійним переміщенням ручки керування на себе і збільшенням загального кроку *НГ* вертоліт виводиться з кута планування. При цьому не можна (*майже для всіх одногвинтових вертольотів*) різко і надмірно збільшувати кут тангажу (*більше 10°*). У разі якщо вертикальна швидкість зменшується недостатньо, швидко ще додатково збільшити загальний крок *НГ*.

При енергійному збільшенні кута тангажу *НГ* швидко переходить на позитивні кути атаки. При цьому збільшуються обороти *НГ* і внаслідок цього скидається потужність двигунів (*зменшуються обороти $n_{\text{мк}}$*). У наступну мить, коли вертоліт закінчить вирівнювання, через швидке зменшення швидкості в момент відхилення ручки управління від себе починають зменшуватись обороти *НГ*. В результаті розвивається мимовільне зниження вертольота, іноді супроводжується розворотом, так як і тяга *РГ* падає. Таке різке вирівнювання зі збільшенням кута тангажу більше 10° на вертольотах з ГТД потрібно вважати помилкою льотчика.

Крім того, в процесі вирівнювання можна запізнитися зі збільшенням загального кроку *НГ*, так як пізно і різке переміщення веде, як правило, до перетягування важеля «*крок-газ*» і перенавантаження *НГ*.

В процесі підходу вертоліт проходить так звану швидкість тряски, тривалий політ на якій небажаний. Тому на цій швидкості доцільно не затримуватися, для чого своєчасно збільшується загальний крок *НГ* і, щоб кут тангажу не перевищував 10° , ручка віддається від себе.

Ці дії відбуваються майже над місцем приземлення на заданій висоті, в цей момент вертольоту надається посадочне положення, потім плавним відхиленням важеля загального кроку *НГ* вниз встановлюється вертикальна швидкість зниження **1 м/с**, яка гаситься поступово на висоті **1 м**, і в подальшому витримується V_y не більше **0,2 м/с** до приземлення. Після приземлення спільний крок *НГ* необхідно відразу ж скинути до упору і вивести корекцію.

8.1.3.2.3 Посадка по-самолётному

8.1.3.2.1 Посадка по – самолётному застосовується на вертольотах рідше, за винятком вертольотів *Mi-6*, де цей спосіб посадки вважається основним. Застосування посадки по – самолётному обмежено через деяку складність виконання приземлення і можливості виникнення «земного резонансу», шіммі переднього колеса, руйнування рульового гвинта, вузлів підвіски двигунів та інших агрегатів конструкції при грубому приземленні (рис 8.6).

Однак такий спосіб посадки застосовується на всіх вертольотах вимушено при перевантажувальній масі для даних умов, коли посадку по – вертолітному виконати неможливо через нестачу потужності в, крім того, при відмові (виключенні) двигуна.

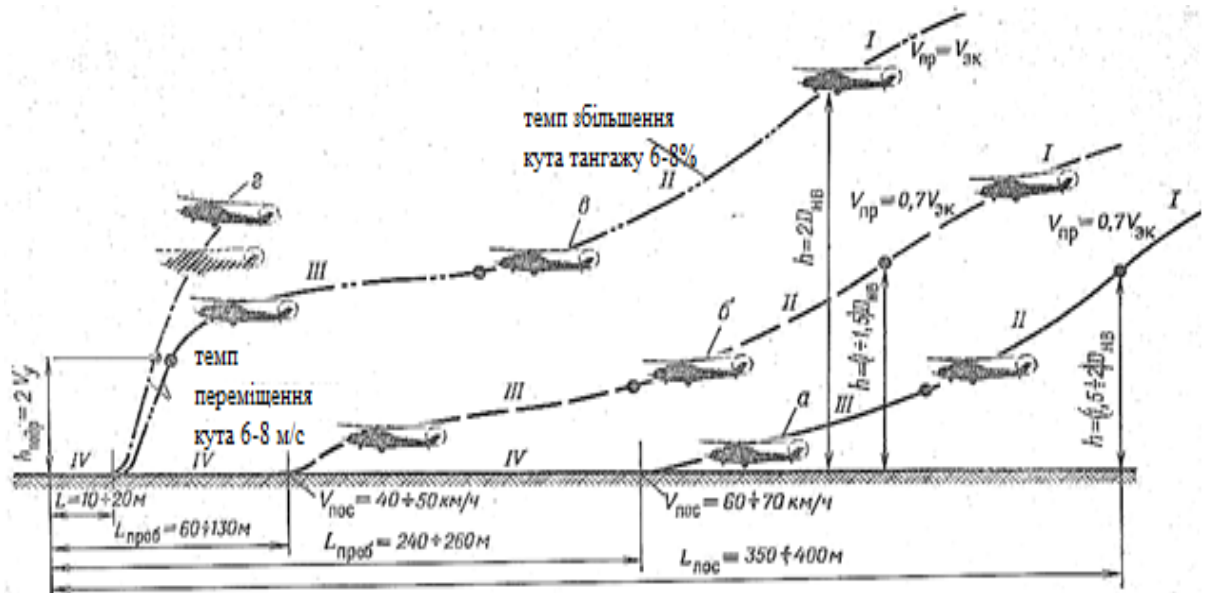


Рис 8.6 Схема різних траєкторій посадки по - самолётному і на РСНВ

На рис. 8.6 показані різні види траєкторії посадки по - самолётному при працюючих двигунах і на режимі самообертання НГ. Траєкторію посадки по - самолётному можна умовно поділити, на чотири послідовні етапи (рис. 8. б):

- I** передпосадочне зниження (планування) до $H = (1,5 - 2) D_{нв}$ по похилій траєкторії з гальмуванням вертольота до $V_{пр} = 0,7 V_{ек}$;
- II** вирівнювання (виведення з кута зниження) в зниженні до $3-5$ м з гальмуванням вертольота до $V_{пр} = 0,5 V_{ек}$ і гасінням вертикальної швидкості до $0,5$ м/с;
- III** - витримування (гальмування вертольота до $V_{нос}$) з гасінням вертикальної швидкості до $0,2$ м/с і зниженням до $h = 1$ м;

IV приземлення з $V_y = 0,1 - 0,2 \text{ м/с}$ і пробіг з гальмуванням до повної зупинки.

8.1.3.2.2 Посадка по - самольотному з працюючими двигунами застосовується в разі нестачі потужності для виконання посадки іншим способом (і з навчальною метою) тільки на спеціальний майданчик (аеродром), що забезпечує безпечний пробіг після приземлення. Основна її перевага - можливість виконання безпечної посадки на майданчик порівняно невеликих розмірів (*по довжині 250 300 м*) з перевантажувальною масою вертольота. Це значно підвищує економічність використання вертольотів в конкретних умовах експлуатації.

Особливістю посадки по - самольотному з працюючими двигунами є зниження по більш пологій траєкторії, ніж при посадці по - вертолітному, причому вертоліт знижується в точку початку вирівнювання, яка повинна відстояти від точки приземлення приблизно на **150-200 м** (в залежності від типу вертольота), на висоті, приблизно рівній висоті стандартного перешкоди - **25 м**, швидкість по траєкторії в цій точці дорівнює **$0,7V_{ек}$** , вертикальна швидкість при цьому може досягати **3-5 м/с**. Вирівнювання виконується більш плавно з одночасним збільшенням загального кроку *НГ* з таким розрахунком, щоб закінчити його на висоті **2-3 м** на $V = 0,5 V_{ек}$ і щоб вертикальна швидкість зменшилася до **0,5 м/с**. Надалі після невеликого витримування вертоліт плавно приземляється, при цьому його можна ще «підтримати» зміною загального кроку *НГ*,

Після приземлення необхідно зменшити загальний крок *НГ*, ручку керування поставити в центральне положення і загальмувати колеса. На деяких вертольотах можна здійснити гальмування гвинтом, для чого ручку керування після приземлення слід декілька відхилити на себе (але не до упору, так як збільшується ймовірність удару лопатями по хвостовій балці).

Відпрацювання такої глісади зниження па посадці в звичайних польотах необхідна для застосування в разі відмови одного з двигунів. Особливістю посадки з одним двигуном, що відмовив, у порівнянні зі звичайною посадкою по - самольотному є більш енергійне і більше потрібне збільшення кроку *НГ* при виконанні «підриву» для забезпечення м'якого приземлення (з $V_y = 0,2 \text{ м/с}$).

8.1.3.2.3 Посадка на режимі самообертання НГ

Посадка на РСНВ (відмовили або вимкненими двигунами) є різновидом способу посадки по - самольотному. Посадка на РСНВ за методикою виконання значно відрізняється від описаної вище при працюючих двигунах

більш крутою глісадою планування, одночасним виконанням вирівнювання і «підриву» і швидкоплинністю всіх основних етапів посадки. Зазвичай планування на РСНВ виконується на $V_{ек}$. Розрахунки показують, що кут планування на $V_{пр} = V_{ек}$ майже для всіх вертольотів знаходиться в межах $14-16^0$. А це означає, що для розрахунку вибраного майданчика, на який може спланувати вертоліт, рекомендується застосувати, наступне правило для грубої прикидки: вибір майданчика дорівнює приблизно чотирьом висотам (при плануванні на швидкості найбільшою дальності вибір дорівнює п'яти висот). При плануванні на РСНВ з поступальною швидкістю вертоліт володіє запасом кінетичної енергії руху та обертання $НГ$. Фізичний сенс посадки вертольота на РСНВ полягає в тому, що кінетична енергія руху вертольота і обертання $НГ$ використовується пілотом при дії важелями керування в інтересах зменшення до мінімального значення вертикальної швидкості в момент приземлення.

Виконання посадки на РСНВ можливо, в крайньому випадку, трьома методами:

- **по-самольотному** - майже без використання запасу енергії обертання $НГ$;
- **з «підривом»** - з використанням енергії поступального руху вертольота;
- **комбінованим** - з використанням енергії обертання $НГ$ і поступального руху вертольота.

1) Метод по – самольотному може бути застосований при відмовах керування важелем загального кроку $НГ$, коли неможливо перемістити його вгору. При цьому для безпечного приземлення і пробігу необхідний рівний без кочок майданчик (*аеродром*) з відкритими підходами, так як у вертольота буде досить велика швидкість приземлення і в зв'язку з цим збільшений пробіг. Крім того, даний метод вимагає значного збільшення кута тангажу (*до $15-18^0$*), щоб вивести вертоліт із планування. На одногвинтових вертольотах це створює небезпеку торкання поверхні землі рульовим гвинтом.

2) Метод з «підривом» в чистому вигляді застосовується теж тільки у виняткових випадках, як правило, при відмовах одного або обох двигунів на вертикальних режимах, а також при польоті на малих швидкостях і гранично малих висотах, коли немає можливості перейти на поступальний політ. Крім того, цей метод важкий для пілота через необхідність точного розрахунку початку переміщення важеля загального кроку $НГ$ вгору, щоб забезпечити безпечне приземлення. Отже, і з навчальною метою його виконувати не можна.

Сутність цього методу - реалізувати енергетичні можливості обертового $НГ$ для гасіння вертикальної швидкості. Обертаючись гвинт може віддати

значну кількість енергії (*потужності*) повітряному потоку при раціональному його використанні і, отже, здатний погасити значну вертикальну швидкість. Однак важливо пам'ятати, що цією можливістю *НГ* можна скористатися лише один раз і час цього використання обмежена часом падіння оборотів *НГ* приблизно до **70%**. На *рис 12.7* як приклад показана залежність часу «підриву» для гасіння різних вертикальних швидкостей при вертикальному зниженні па вертольоті **Ми-8**. Вертикальний шлях, пройдений при цьому вертольотом (*втрата висоти*), дорівнює приблизно двом вертикальним швидкостям зниження перед початком виконання «підриву», *т.е.* $H_{\text{подр}} = (1,5 - 2) V_y$ (*рис 8.6*). У момент підходу вертольота до висоти «підриву» необхідно енергійно за півтори - дві секунди перемістити важіль «*крок-газ*» до крайнього верхнього положення з темпом **6-8°/с**, не допускаючи збільшення кута тангажу, накрену і бічних переміщень. Збереження оборотів *НГ* в експлуатаційних межах перед початком виконання «підриву» є необхідною умовою для успішного виконання безпечної посадки. На *рис 8.7* показані величини вертикальних швидкостей, які можна погасити при максимальних і мінімальних обертах *НГ* в момент «підриву». Збереження оборотів *НГ* в експлуатаційних межах перед початком виконання «підриву» є необхідною умовою для успішного виконання безпечної посадки. На *рис 12.7* показані величини вертикальних швидкостей, які можна погасити при максимальних і мінімальних обертах *НГ* в момент «підриву».

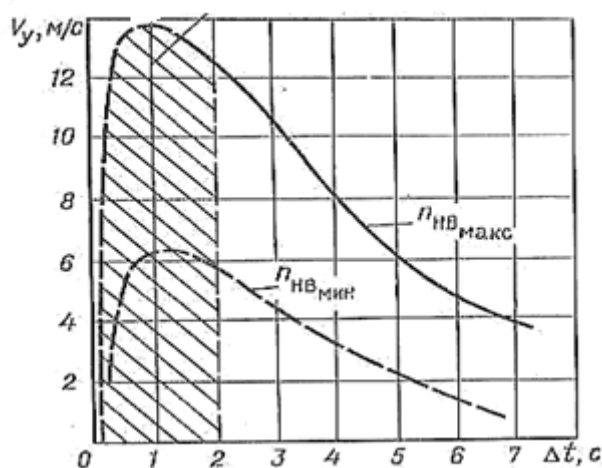


Рис 8.7 Схема залежності $V_y = f(t)$ - впливу часу підриву *НГ* на величину погашеної вертикальної швидкості V_y

Темп падіння оборотів при «підриві», як показує практика, знаходиться в межах $10\%/с$, а обороти $НГ$, при яких $НГ$ не створює перевантаження $n_y \geq 1$, рівні приблизно 70% . При «підриві» з оборотів 100% несучий гвинт протягом $3с$ створює перевантаження $n_y = 1,8 - 1,6$, а з оборотів 85% протягом $1,5с$ - перевантаження не більше $1,5$. З цього прикладу і простого розрахунку видно, наскільки важливим є збереження оборотів $НГ$ при відмові двигунів. Несучі гвинти вертольотів ***Mi-2, Mi-6 і Mi-8*** можуть, поки падають обороти $НГ$ до 70% , погасити вертикальну швидкість зниження до $12 - 14 м/с$, необхідна висота при цьому повинна бути $20 - 28 м$. Така ж закономірність зберігається і для менших швидкостей вертикального зниження (наприклад, при $V_y = 6 - 8 м/с$ $H_{подр.} = 10 - 15 м$). Але якщо вертикальна швидкість зниження буде більш $15 м/с$, погасити її повністю практично не вдається. В цьому і полягає небезпека зазначеної вище ***зони I*** (рис. 8. 7).

При виконанні «підриву» можливі дві помилки пілота: ранній або пізній початок виконання «підриву». При ранньому початку переміщення важеля «крок - газ» вгору можливе передчасне зависання і потім падіння вертольота з заданої висоти. При пізньому переміщенні важеля «крок-газ» тяга $НГ$ не встигає повністю погасити вертикальну швидкість, при, цьому теж можливий удар з непогашеною вертикальною швидкістю. Тому пілоту необхідно тренувати окомір в точному визначенні висоти, порівнюючи її з величиною вертикальної швидкості зниження, що дозволить значно скоротити небезпечну зону і в аварійній ситуації забезпечить збереження вертольоту та життя екіпажу.

3) Комбінований метод посадки на РСНВ набув найбільш поширеним. Він являє собою синтез двох попередніх методів і дозволяє найбільш повно використовувати енергетичні можливості $НГ$ і вертольота.

Перевагою даного методу є можливість виконання посадки з мінімальною вертикальною і поступальною швидкостями, що забезпечує безпечне приземлення на непідготовлену площадку з мінімальним пробігом навіть при відмові всіх двигунів на гранично малій висоті. Однак при виконанні посадки комбінованим методом необхідне строге виконання вказівок Інструкції екіпажу по витримувannya швидкості планування, висоти початку вирівнювання і моменту початку виконання «підриву». Швидкість планування, близьку до економічної, приблизно до висоти початку вирівнювання доцільно витримувати майже на всіх вертольотах.

Початок вирівнювання визначається візуально по висоті в залежності від типу вертольота і його маси в межах $30-50 м$. Вирівнювання необхідно виконувати енергійним переміщенням ручки керування на себе зі збільшенням кута тангажу до 15° . Енергічне виведення з планування дає (за рахунок

збільшення кута атаки $HГ$) додаткову розкрутку $HГ$ і більш енергійне зменшення поступальної швидкості. При цьому вертикальна швидкість може зменшитися на **3 - 4 м/с** і вертольот повинен бути виведений на висоту **10 - 15 м**. Зростання оборотів $HГ$ в цьому випадку - дуже важливий фактор для успішного виконання «підриву».

Наступний важливий етап - це надання вертольоту посадкового положення і визначення висоти виконання «підриву» ($H_{подр.}$). «Підрив» в даному випадку на відміну від розглянутого вище має свої особливості, оскільки вертикальна швидкість менше і вертоліт має певну поступальну швидкість. Початок переміщення важеля «крок-газ» має бути на висоті $H_{подр.} = 1,5 V_y$, а темп переміщення важеля «крок-газ» такий же **6 - 8°/с**. Переміщати важіль «крок-газ» слід також безперервно і до відмови. При комбінованому методі посадки в порівнянні з посадкою по - самолётному необхідно в момент виконання «підриву» більш енергійно зменшувати позитивний кут тангажу до посадкового значення для даного вертольота.

8.1.3.2.4 Особливості посадки з боковим вітром

При виконанні посадки з граничною масою іноді пілоти змушені будувати маневр для заходу на майданчик з боковим вітром, швидкість якого близька або перевищує обмеження по Інструкції екіпажу. Це може статися, наприклад, в горах, в ущелині або в бойовій обстановці і **т.п.** У цих випадках, щоб виключити потрапляння одногвинтового вертольота на зависанні в мимовільний розворот вліво, необхідно вести боротьбу зі зносом.

1) При лівому боковому вітрі доцільно здійснювати боротьбу зі зносом на посадковому курсі за допомогою ковзання. Для цього пілот в процесі зниження і предпосадочного гальмування кренить вертоліт в сторону вітру, зберігаючи прямолінійніше рух і компасний курс (KK) постійними. Тут з точки зору практичної аеродинаміки є кілька позитивних факторів. Прибираючи правий крен, пілот зменшує складову T_z , отже, $HГ$ працює більш економічно, майже всю тягу витрачаючи на урівноваження сили тяжіння. Бічна рівновага сил і моментів зберігається за рахунок бічної сили фюзеляжу, що створюється в результаті ковзання. А так як ковзання саме по собі діє ще і як «гальмівні щитки», в цьому випадку гальмування виходить трохи більш енергійним внаслідок шкідливого опору фюзеляжу. Хоча при такому русі права педаль дається вперед.

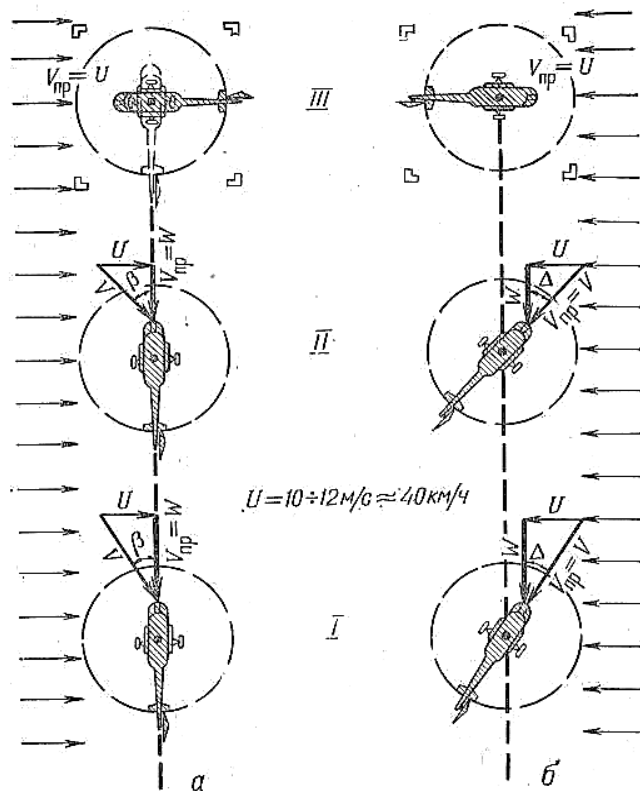


Рис 8.8 Схема методів боротьби зі знесенням вертольота на посадці:

а) - ковзанням ($KK = const$); б) - курсом ($KK = var$)

На рис 8.8, *а)* показані три положення фюзеляжу на трьох характерних етапах посадки (*I* - вирівнювання, *II* - витримування і *III* - зависання). У момент зависання вертоліт сам прагне розвернутися проти вітру, причому в процесі такого розвороту кутова швидкість обертання зменшується і вертоліт зависає проти вітру.

2) При правому боковому вітрі боротися зі знесенням, здійснюючи посадку, раціонально курсовим методом. При цьому пілот в процесі вирівнювання і витримування весь час доворачивает вісь вертольота вправо, на вітер, зберігаючи в той же час напрям руху (рис 8.8, *б*). При посадці з боковим вітром, коли його швидкість перевищує значення, допустимі за Інструкцією екіпажу, важливо не допустити ненавмисного розвороту вліво. Пілот, підвертаючи вертоліт в напрямку вітру (змінюючи курс), забезпечує косе обтікання $РГ$ і необхідний запас ходу правої педалі навіть на зависанні. До моменту зависання (положення *III*) вертоліт фактично вже розвернуто проти вітру. Якщо для прикладу взяти швидкість вітру для *Ми-8* 10-12 м/с ($V_{пр} = 40$ км/год), то на вирівнювання (положення) необхідно вже розвернути вертоліт від курсу посадки на кут 30° , а в процесі витримування (положення *II*), коли $V_{пр} = 50$ км/год, кут одвороту $\alpha = 45^\circ$. При відповідному тренуванні такий метод заходу на посадку особливої складності не представляє. Практика показала, що якщо з правим вітром боротися за допомогою ковзання (як в

першому випадку), то потрібно створювати порівняно великий правий крен. Велике значення T_z в цьому випадку «з'їдає» частину підйомної сили HG , а в момент зависання, коли потрібна повна потужність CU , додаткові витрати потужності визивають зменшення оборотів HG , мимовільне зниження і мимовільний розворот вліво, т.е. хвостом на вітер.

Отже, для одногвинтових вертольотів основним методом боротьби зі знесенням на посадковому курсі при лівому бічному вітрі є метод ковзання, а при правому - курсової метод.