

**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 № 10 – Відмова одного двигуна

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2023 № 7

СХВАЛЕНО

Педагогічною радою
Кременчуцького льотного коледжу
Протокол від 28.08.2023 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією Науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії Аеронавігації
протокол від 14.06.2023 № 13

Розробники:

1. Викладач циклової комісії аеронавігації, спеціаліст 2-й категорії Ємець В.В.

Рецензенти:

1. Викладач циклової комісії аеронавігації, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, професор 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. Аеродинамічні характеристики польоту вертольота з одним працюючим двигуном
2. Поведінка вертольоту при відмові одного двигуна
3. Посадка з пробігом
4. Посадка з коротким пробігом
5. Посадка без пробігу

Рекомендована література

Основна

1. Зінченко А.Г., Бурсала О.О., Бурсала О.Л. та ін., Аеродинаміка та динаміка польоту вертольота, ч.1. Аеродинаміка вертольота: навч. посіб. – Х.:ХНУПС, 2017.
2. Зінченко А.Г., Бурсала О.О., Бурсала О.Л. та ін., Аеродинаміка та динаміка польоту вертольоту, ч.2. Динаміка польоту вертольота: навч. посіб. – Х.:ХНУПС, 2010.
3. Костенко В.М., Алімпієв А.М., Котов О.Б. та ін., Практична аеродинаміка навчального вертольота Мі-2: підр. – Х.:ХНУПС, 2016
4. Керівництво з льотної експлуатації вертольоту Мі-2.

Додаткова

Інформаційні ресурси в Інтернеті

Відмова в польоті одного двигуна з запасом висоти

1. Аеродинамічні характеристики польоту вертольота з одним працюючим двигуном

У польоті з двома працюючими двигунами підводиться потужність дорівнює потрібної, вертоліт виконує ДП на постійній висоті і з постійною швидкістю. При раптовому відмову одного двигуна підводиться потужність зменшується в два рази і виникає дефіцит потужності ($-\Delta N$), при якому політ можливий тільки зі зниженням (рис.1), чим більше дефіцит потужності, тим більше вертикальна швидкість зниження.

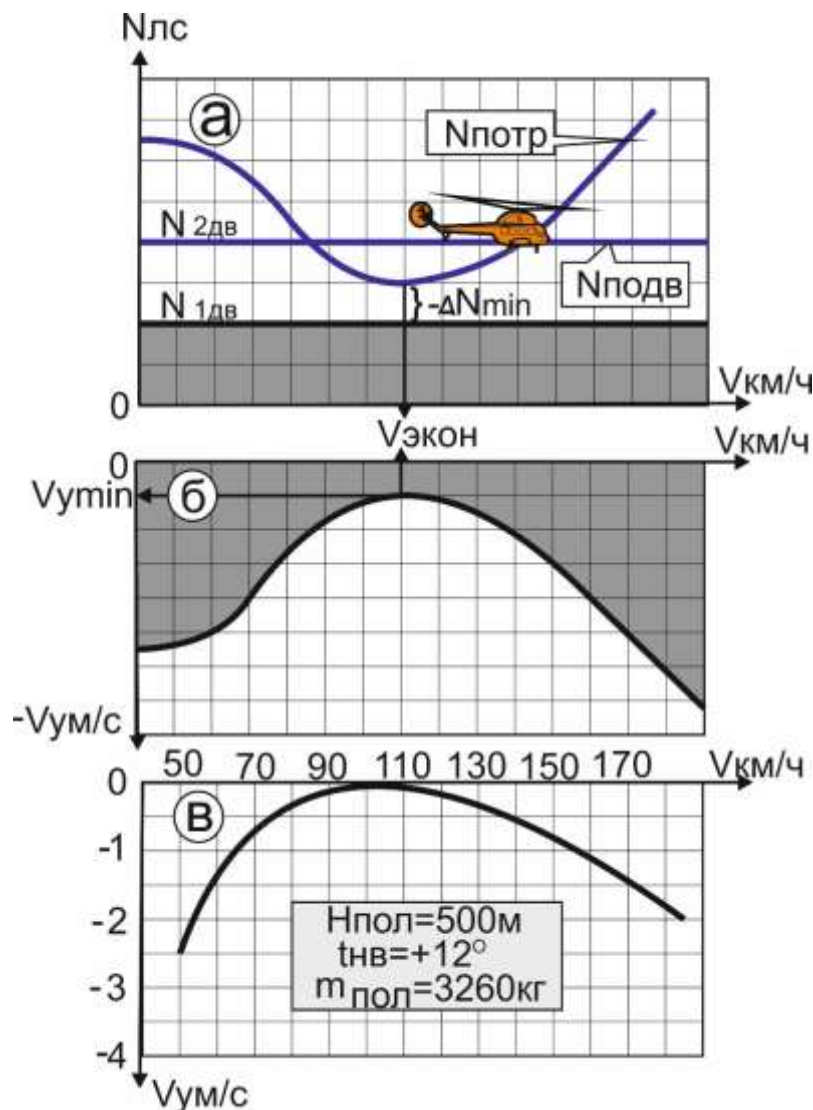


Рисунок 1. Аеродинамічні характеристики польоту Мі-2 з одним працюючим двигуном

Для збільшення можливості долетіти до найближчого аеродрому або майданчика придатною для посадки пілоту необхідно виконати дії спрямовані на зменшення дефіциту потужності т. Е. Спробувати зменшити розрив між кривими потрібної і розташовується потужностей (рис.1). Для зменшення

потрібної потужності необхідно встановити швидкість польоту таку, на якій вона мінімальна. Такий швидкістю є економічна швидкість, для вертольота Мі-2 – 100 км/год.

Для збільшення розпорогаемой потужності необхідно працюючому двигуні встановити максимальний (злітний) режим.

Зміна швидкості польоту на більше або менше економічної збільшує вертикальну швидкість зниження (рис.2).

Максимальна вага вертольота, при якому можливий політ без зниження, залежить від температури повітря, ваги вертольота і висоти польоту. При використанні злітної потужності працюючого двигуна, при польоті на швидкості 100 км/год максимальна вага можна визначити за графіком (рис.2).

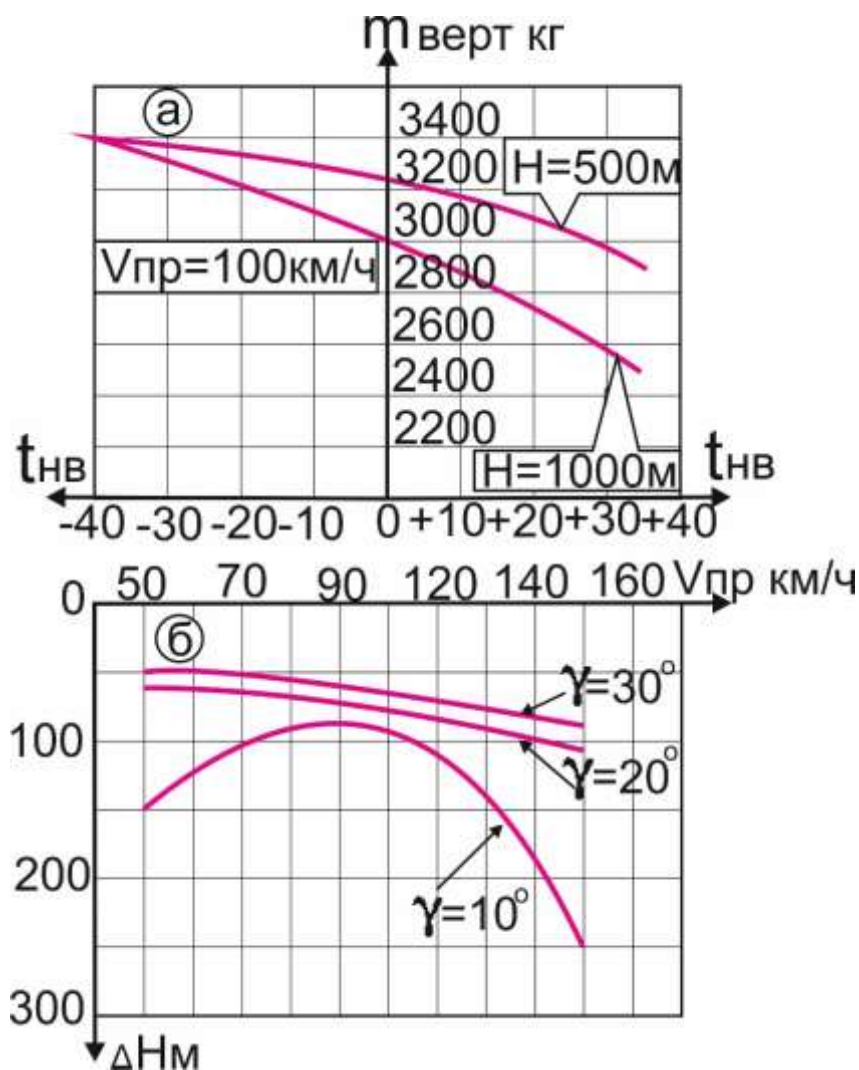


Рисунок 2. Можливість вертольота Мі-2 виконувати ГП і розворот з одним непрацюючим двигуном

При зменшенні розпорогаемой потужності погіршуються і маневрені можливості вертольота. У порівнянні з прямолінійним польотом, при розвороті з креном 20° вертикальна швидкість зниження збільшується на 0,7 м/с, а з креном 30° - на 1,4 м/с. На графіку (рис.1,б) показана втрата висоти при

розвороті на 180° з одним працюючим двигуном, з $V_y \approx 0,5$ м/с. Мінімальна втрата висоти ΔH виходить при розвороті з креном $25-30^\circ$ на швидкості 60 км/год. Хоча на швидкості 60 км/год вертикальна швидкість зниження більше, ніж на швидкості 100 км/год, але значно менше часу розвороту і за рахунок зменшення часу втрата висоти виходить мінімальною.

При раптовому відмову двигуна зменшується частота обертання НВ, що може привести до різкого збільшення вертикальної швидкості і навіть до втрати керованості. Для розуміння фізичних явищ, що впливають на частоту обертання НВ, розглянемо моменти діють у площині обертання НВ.

При роботі двох двигунів крутний момент від двигунів $M_{кр}$ дорівнює моменту опору всіх лопатей НВ - $M_{оп}$, моменти в проєкції обертання врівноважені - частота обертання НВ постійна (рис.3,а) : $M_{кр} = M_{оп}$.

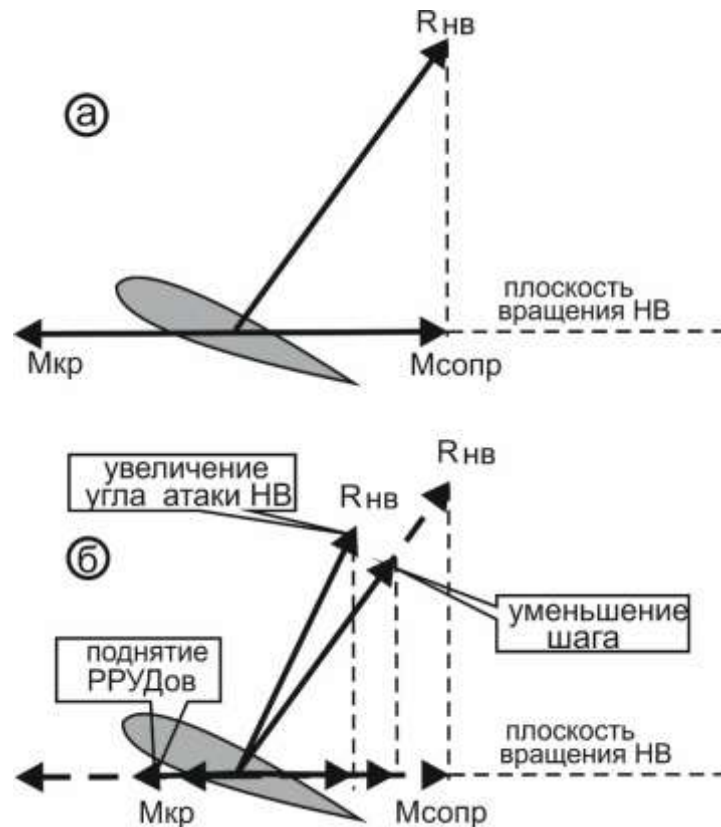


Рисунок 3. Збереження частоти обертання НВ при відмові одного двигуна.

При відмові одного двигуна $M_{кр}$ зменшується, незважаючи на автоматичне збільшення потужності двигуна, порушується рівність моментів і частота обертання НВ зменшується:

$$M_{кр} < M_{оп}$$

Для збереження частоти обертання необхідно відновити рівність моментів. Для цього необхідно збільшити $M_{кр}$ (обидва руда підняти вгору) і зменшити $M_{оп}$ (зменшити крок і збільшити кут атаки НВ)

Зменшення кроку призведе до зменшення $R_{нв}$, її проєкція на площину обертання зменшиться, зменшиться $M_{оп}$ (рис. 3б).

Збільшення кута атаки НВ призведе до відхилення « $R_{НВ}$ » вперед, і її проекція на площину обертання ще раз зменшиться, зменшиться і «М опору»

Таким чином, ми знову зрівноважити моменти « $M_{кр}$ » і «М опору» - частота обертання НВ встановиться в допустимих межах.

2. Поведінка вертольота при відмові одного двигуна

При раптовому відмову одного двигуна, через дефіцит потужності, зменшується частота обертання НВ, що призводить до розбалансування вертольота, він розгортається вправо, крениться вправо, опускає ніс і знижується.

Вертоліт розгортається вправо:

Причина. Різко зменшується потужність двигунів, зменшується реактивний момент від НВ розвертає вертоліт вліво, тяга РВ розгортає вертоліт вправо тому вона зменшується повільніше реактивного моменту НВ.

Вертоліт крениться вправо:

Причина. Тяга РВ крениться вертоліт вліво зменшується, а конус НВ завалюється вправо т. К. Зменшується частота обертання НВ і збільшується кут атаки НВ через появу вертикальної швидкості.

Вертоліт опускає ніс:

Причина. Зменшується швидкість індуктивного потоку повітря від НВ, зменшується кабіруючий момент створюваний стабілізатором.

Вертоліт знижується:

Причина. Зменшилася потужність, що підводиться до НВ, з'явився дефіцит потужності, зменшується частота обертання НВ.

Пілотові в цьому випадку необхідно:

- Усунути розбалансування вертольота:

- за допомогою важелів управління запобігти розвороту і крен вертольота вправо і опускання носа.

- Запобігти зменшення частоти обертання НВ:

- відхилити РЦШ «до себе», щоб збільшити кут атаки НВ. При швидкості польоту понад 100 км/год зменшити швидкість до 90-100 км/год, а при швидкості польоту 60-100 км/год, зменшити до швидкості не менше 50 км/год;

- зменшити крок НВ на $1-4^\circ$, щоб не допустити падіння частоти обертання НВ менше 70-74%. Не слід зменшувати крок до мінімального, тому що це рівнозначно вимкнення двигуна;

- обидва важеля роздільного управління двигунами перевести в верхнє положення, щоб з гарантією працюючий двигун вивести на максимальний режим, тому, що автоматичне збільшення потужності не гарантує висновок двигуна на максимальний режим;

- встановити злітний режим працює двигуну за допомогою важеля «крок-газ».

- **Запобігти виникненню пожежі:**
 - визначити, який із двигунів відмовив і вимкнути його краном зупинки;
 - закрити пожежний кран відмовив двигуна.
- **Виконати політ до найближчого аеродрому або майданчика придатною для посадки з пробігом:**
 - політ виконати на злітному режимі двигуна на економічній швидкості 100 км / год. т. к. на цій швидкості вертикальна швидкість зниження мінімальної, а дальність польоту - максимальної;
 - **Виконати посадку з одним працюючим двигуном.**

3. Посадка з пробігом

При наявності рівного майданчика, довжина якої не менш 120 м з відкритими підходами виконується посадка з пробігом (рис.4):

- після розрахунку на посадку, проти вітру, з висоти 100 м встановити швидкість 100 км/год, а вертикальну 2-3 м/с;
- на висоті 15-20 м відхиленням РЦШ «до себе» почати зменшення поступальної і вертикальної швидкостей, з таким розрахунком, щоб до моменту приземлення швидкість була 50-30 км/год, а вертикальна не більше 0,2-0,5 м/с;
- на висоті 2-3 м, щоб уникнути поломки рульового гвинта, відхилити РЦШ «від себе» і створити вертольоту посадочне положення, щоб посадка сталася на основні колеса шасі з подальшим опусканням на передні;
- після приземлення, для зменшення пробігу, використовувати гальма коліс і при необхідності гальмування несучим гвинтом, відхиливши РЦШ «до себе» при кроці НВ не менше 4-6°.

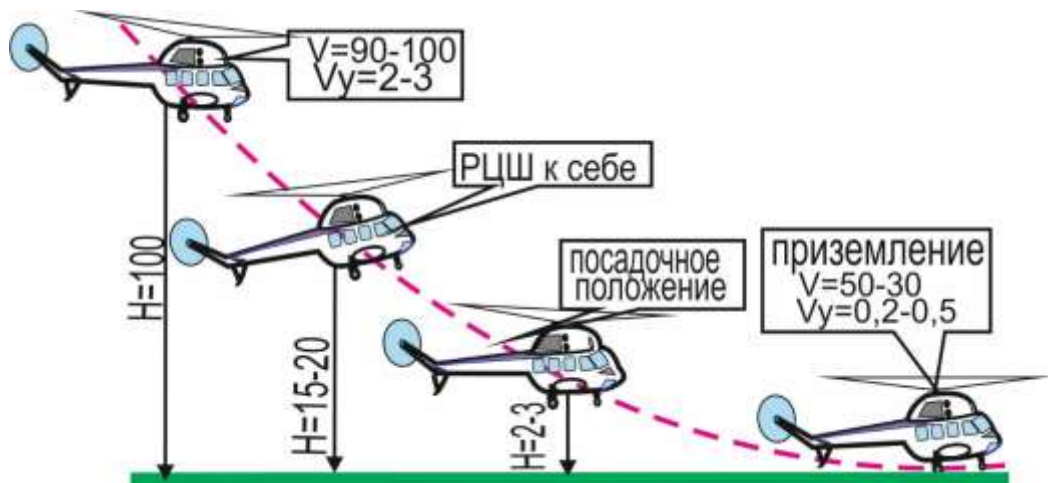


Рисунок 4. Посадка з пробігом з одним працюючим двигуном.

4. Посадка з коротким пробігом

При наявності рівного майданчика, довжина якої менше 120м, виконується посадка з коротким пробігом (рис.47):

- після розрахунку на посадку проти вітру з висоти 150-100м. встановити швидкість 70-80км / ч. при зустрічному вітрі 3-5м / с або швидкість 80-120км / ч при зустрічному вітрі більше 5м / с і вертикальну швидкість 3-4 м / с;
- на висоті 20-25 м. відхиленням РЦШ «до себе» збільшити тангаж вертольота на 5-10° і почати гасіння поступальної і вертикальної швидкостей з одночасним збільшенням потужності двигуна, з таким розрахунком, щоб на висоті 10м. швидкість була 40км / год, а вертикальна 2-3 м / с;
- на висоті 10-5м. енергійним взяттям важеля крок-газ вгору почати гасити вертикальну і поступальну швидкості з таким розрахунком, щоб до моменту приземлення поступальна швидкість була менше 30 км / год;
- на висоті 12 м., Щоб уникнути поломки рульового гвинта, відхилити РЦШ «від себе», створити вертольоту посадочне положення;
- після приземлення, для зменшення пробігу, використовувати гальма коліс і при необхідності гальмування несучим гвинтом, відхиливши РЦШ «до себе» при кроці НВ не менше 4-6°.

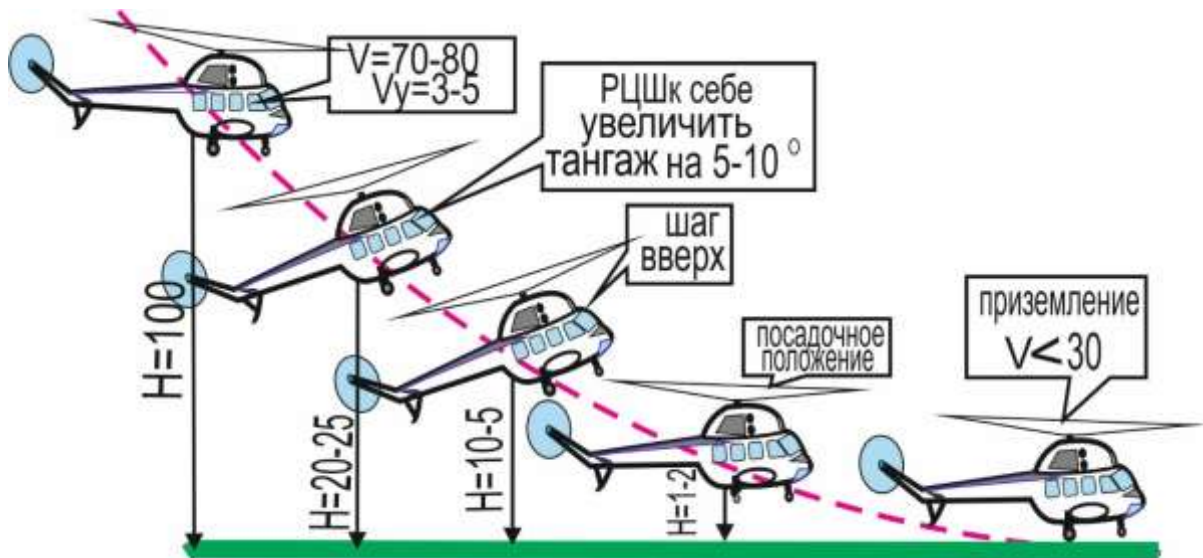


Рисунок 5. Посадка з коротким пробігом з одним працюючим двигуном.

5. Посадка без пробігу

При відсутності рівного майданчика виконується посадка без пробігу (рис.6):

- після розрахунку на посадку проти вітру з висоти 150-100м. встановити швидкість 70-80км / ч при зустрічному вітрі 3-5 м / с або 80-120км / ч при зустрічному вітрі більше 5м / с і вертикальну швидкість 3-4 м / с;

- на висоті 2025 м. відхилити РЦН «до себе», збільшити тангаж на $8-10^\circ$ для енергійного гасіння поступальної і вертикальної швидкостей;

- на висоті 5-7м. виконати «підрив» кроку НВ з таким розрахунком, щоб забезпечити практичне зависання вертольота на висоті 0,51 м. і приземлення без пробігу.

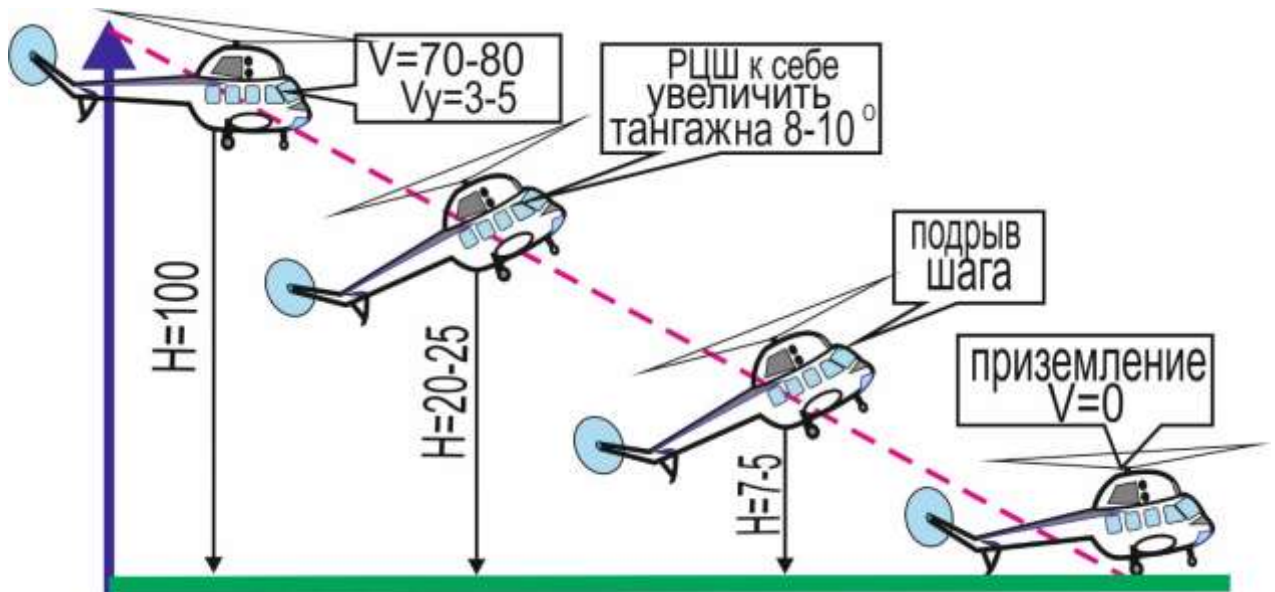


Рисунок 6. Посадка без пробігу з одним працюючим двигуном