

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

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

навчальної дисципліни
«Принципи польоту: Вертоліт Мі-8МТВ»
обов'язкових компонент освітньо-професійної програми першого
(бакалаврського) рівня вищої освіти

Аеронавігація

за темою № 10 – Відмова одного двигуна

Кременчук 2023

СХВАЛЕНО

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 зі спеціальних дисциплін
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії аеронавігації
Протокол від 28.08.2023 № 1

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. Відмова одного двигуна. Тенденції вертольоту.
2. Дії екіпажу у разі відмови двигуна на висоті більше 100 м.
3. Дії екіпажу у разі відмови двигуна на висоті нижче 100 м.
4. Дії екіпажу у разі відмови двигуна на висінні.
5. Дії екіпажу у разі відмови двигателя на злеті.
6. Запуск двигуна в польоті.

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. Керівництво по льотної експлуатації Мі-8МТВ-1. МГА.1994.
4. Яцина Є.В. Практична аеродинаміка вертольоту Мі-8 МТВ та його льотна експлуатація, КЛК НАУ, 2016.

Додаткова

1. Костенко В.М., Зінченко А.Г. та ін., Практична аеродинаміка вертольота Мі-8 МТ, ч.2., Х., ХНУПС, 2020

Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. ВІДМОВА ОДНОГО ДВИГУНА. ТЕНДЕНЦІЇ ВЕРТОЛЬОТУ

При відмові двигуна в польоті вертоліт веде себе таким чином:

- розгортається вправо, так як зменшується реактивний момент несучого гвинта, а хвостовий гвинт працює з колишнім кутом установки і, хоча тяга його теж зменшується, він забезпечує все ж більший момент щодо осі OY ;
- хилиться вправо, так як через появу вертикальної швидкості і зменшення швидкості польоту кут атаки несучого гвинта збільшується, що призводить до збільшення завалу конуса вправо, що супроводжується збільшенням моменту від розносу горизонтальних шарнірів, який діє в бік завалу конуса вправо; поперечне розбалансування посилюється, коли пілот для збереження напрямку польоту дає ліву педаль;
- збільшується кут тангажу внаслідок зменшення потужності, що підводиться до несучого гвинта, і, як результат – зменшується пікіруючий момент фюзеляжу від обдування індуктивним потоком; крім того, зменшується пікіруючий реактивний момент рульового;
- зменшуються обороти турбокомпресора і температура газів зупинившогося двигуна;
- збільшуються обороти турбокомпресора працюючого двигуна;
- зменшуються обороти несучого гвинта.

Особливо різко проявляється розбалансування вертольота по крену, і при не-втручанні пілота в управління протягом перших кількох секунд вертоліт значно змінить становище в просторі і тим значніше, чим вище був режим роботи двигунів в момент відмови (що характерно для зльоту і посадки, т. е. за відсутності запасу висоти для виправлення становища вертольота). Якщо двигун відмовляє при включеному автопілоті, то вертоліт стабілізується після незначних коливань.

Прагнення вертольота розгортатися і кренитися вправо з підняттям носа слід парировати відхиленням ручки циклічного кроку вліво і від себе і дачею лівої педалі.

Система автоматичної підтримки частоти обертання несучого гвинта при відмові одного двигуна забезпечує збільшення потужності справного двигуна до надзвичайного режиму, час роботи на якому становить не більше 6 хвилин. Однак при відмові двигуна на номінальному режимі і вище автоматична система підтримки частоти обертання не забезпечує збереження частоти обертання, вона може стати нижче **89%**, що неприпустимо з точки зору керованості вертольота (права педаль може виявитися на упорі). Якщо ж двигуни в момент відмови одного з них працюють на режимі нижче номінального, то частота обертання несучого гвинта зменшується до **90%** і відновлюється до **95%** за **6-8** с після відмови двигуна.

Виходячи зі сказаного, одночасно із забезпеченням балансування вертольота при раптовому відмову одного двигуна в польоті при наявності резерву часу до переходу на посадку необхідно:

- при швидкості польоту понад **120 км/ГОД** взяттям ручки циклічного

кроку на себе погасити швидкість до **100-120 км/год**; збільшення кута атаки несучого гвинта (внаслідок збільшення кута тангажу) короткочасно створює умови для перетворення кінетичної енергії руху вертольота в кінетичну енергію обертового несучого гвинта, тому, незважаючи на зменшення підведення потужності до несучого гвинта, частоту обертання несучого гвинта можна зберегти без негайного зменшення загального кроку при одночасному збереженні або навіть набору висоти польоту;

- при швидкості польоту менше **120 км/год** незначним зменшенням загального кроку несучого гвинта (від 1° до $2,5^\circ$ по УШВ-1) не допускати зниження частоти обертання несучого гвинта менше **89%** (краткочасно допускається пікове значення частоти обертання несучого гвинта **80%**);

- визначити відмовив двигун і вимкнути його закриттям крана зупинки;
- важіль роздільного управління працюючого двигуна перевести в край верхнє положення;

- пожежний кран зупиненого двигуна закрити;
- зміною величини загального кроку несучого гвинта встановити злітний режим працює двигуну при частоті обертання несучого гвинта **92 - 93%**;

- після стабілізації режиму польоту встановити приладову швидкість **120-130 км/год**, зменшивши по можливості режим роботи двигуна.

При раптовому відмову одного двигуна на малій висоті і неможливості виконання польоту без зниження необхідно незначним зменшенням загального кроку не допускати зниження частоти обертання несучого гвинта нижче **89%**, зміною загального кроку і відхиленням ручки управління і педалей встановити найвигідніший режим польоту для досягнення підібраною майданчики для посадки.

2. ДІЇ ЕКІПАЖУ У РАЗІ ВІДМОВИ ДВИГУНА НА ВИСОТІ БІЛЬШЕ 100м

- зменшити спільний крок несучого гвинта на величину, необхідну для збереження обертів несучого гвинта не менше **92%**;

- одночасно відповідним відхиленням РУ і педалей парировати що виникає крен і розворот;

- обидва важеля роздільного управління двигунами перевести вгору до упору, при цьому на табло висвітиться напис **ЧР ВКЛЮЧЕНИЙ**;

- разгоном або гальмуванням встановити швидкість польоту **120 км/год**;

- визначити за показниками приладів відмовив двигун;

- подать команду бортмеханику закрити кран зупинки і пожежний кран відмовив двигуна;

- При досягненні швидкості польоту **120 км/год** перевести вертоліт в горизонтальний політ;

- Встановити важелем КРОК-ГАЗ працює двигуну режим, на якому вертоліт летить без зниження;

-Переконалися в нормальній роботі двигуна і в можливості виконання горизонтального польоту. Продовжити політ до найближчого аеродрому або вибрати майданчик і зробити посадку;

-для виконання посадки уточнити польотну масу вертольота.

ПРИМІТКА. Політ з одним вимкненим двигуном дозволяється виконувати при роботі другого двигуна на злітному режимі протягом 6 хв. Допускається одноразовий (за ресурс) безперервна робота на надзвичайному режимі до 60 хвилин, після чого двигун підлягає заміні.

ПОПЕРЕДЖЕННЯ. Запуск в польоті відмовив двигуна забороняється, (за винятком випадків вимкнення двигуна при попаданні в зливові опади і при виключенні в навчальних цілях).

А. При польотній масі вертольота менш 12000 кг необхідно:

-на глисаді зниження режим польоту витримувати таким чином, щоб значення швидкості польоту було на **20 км/год** більше значення поточної висоти до висоти **40 м**;

-з висоти **40 м** почати плавне гальмування вертольота відхиленням РЦШ на себе з таким розрахунком, щоб на висоті **5 м** швидкість становила **40 км/год** при вертикальній швидкості зниження **3-2 м/с**;

-на висоті **7-5 м** надати вертольоту посадочне становище;

-з висоти **5-3 м** провести зменшення вертикальної швидкості шляхом збільшення загального кроку з темпом **2-4 °/с**. При збільшенні загального кроку плавної дачею правої педалі парувати розворот вліво і РЦШ витримувати посадковий кут тангажу. В процесі збільшень загального кроку не допускати падіння обертів несучого гвинта менше **80%**;

-пріземлення зробити на швидкості **30 км/год**;

-після приземлення без затримки плавно опустити важіль КРОК-ГАЗ вниз до упору з одночасним відхиленням РЦШ від себе на $\frac{1}{3} - \frac{1}{4}$ ходу для виключення удару лопатями несучого гвинта по хвостовій балці;

-після опускання переднього колеса застосувати гальма коліс.

Б. При польотній масі вертольота понад 12000 кг необхідно враховувати такі особливості:

-зменшення швидкості на глиссаде виробляти таким чином, щоб швидкість **70-60 км/год** зберегти до висоти **10-5 м**;

-пріземлення виробляти на швидкості **50 км/год**;

-Перед приземленням особливу увагу приділяти збереженню обертів несучого гвинта не менше **88%**.

ПРИМІТКА.

Якщо в момент відмови двигуна швидкість була менше 120 км / год і вертолёт при розгоні до висоти 20 - 10 м не досяг швидкості, що забезпечує горизонтальний політ з одним працюючим на надзвичайному режимі двигуном перейти на інтенсивне гальмування вертикальної і поступальної швидкості і зробити посадку, як зазначено вище.

3. ДІЇ ЕКІПАЖУ У РАЗІ ВІДМОВИ ДВИГУНА НА ВИСОТІ НИЖЧЕ 100 М

-зменшити спільний крок несучого гвинта на величину, необхідну для збереження обертів несучого гвинта не менше **92%**;

-одночасно відповідним відхиленням РЦШ і педалей парирувати виникаючий крен і розворот;

-обидва важеля роздільного управління двигуна перевести вгору до упору;

-перейти на гальмування вертольота з набором висоти шляхом збільшення кута тангажу до **10-15°**, якщо швидкість польоту була більш **120 км/год**;

-визначити за показаннями приладів відмовив двигун;

-подать команду бортмеханику закрити кран зупинки і пожежний кран відмовив двигуна;

-при досягненні швидкості польоту **120 км/год** перевести вертоліт в горизонтальний політ;

-встановити важелем КРОК-ГАЗ працюючому двигуну режим, на якому вертоліт летить без зниження;

-переконатися в нормальній роботі двигуна і в можливості виконання горизонтального польоту;

-на сталої швидкості продовжити політ на аеродром посадки або вибрати майданчик і зробити посадку,

Якщо в момент відмови двигуна швидкість польоту менше **80 км/год**, необхідно:

-зменшити спільний крок несучого гвинта на величину, необхідну для збереження обертів несучого гвинта не менше **92%**;

-одночасно відповідним відхиленням РЦШ і педалей парирувати виникаючі крен і розворот;

-обидва важеля роздільного управління двигуна перевести вгору до упору,

-разгоном або гальмуванням встановити швидкість польоту **40-60 км/год** залежно від польотної маси вертольота;

-встановити режим зниження з вертикальною швидкістю не більше **3-4 м/с**;

-зниження виробляти на обрану майданчик;

-Провести посадку, як зазначено раніше.

4. ДІЇ ЕКІПАЖУ У РАЗІ ВІДМОВИ ДВИГУНА НА ВИСІННІ

А. При висоті висіння до 3 м:

-не змінюючи положення важеля КРОК-ГАЗ, відповідним відхиленням РЦШ і педалей парирувати виникаючий крен і розворот;

-негайно з переходом на зниження відхиленням важеля КРОК-ГАЗ вгору зменшити вертикальну швидкість, утримуючи вертоліт від розвороту і крен;

- після приземлення зменшити загальний крок несучого гвинта мінімального, закрити стоп - крани обох двигунів;
- подати команду бортмеханику закрити пожежні крани обох двигунів.

Б. При висоті висіння від 3 - 5 м:

- не змінюючи положення важеля КРОК-ГАЗ, відповідним відхиленням РУ і педалей парировати виникають крен і розворот;
- по досягненні висоти 3 м енергійним відхиленням важеля КРОК-ГАЗ вгору до упору зменшити вертикальну швидкість, утримуючи вертоліт від розвороту і крен.

Після приземлення діяти, як в п. А.

В. При висоті висіння від 5 до 10 м:

- негайно зменшити загальний крок несучого гвинта на 2 - 40 з одночасним парировання виникають крену і розвороту відповідним відхиленням РУ і педалей;
- обидва важеля роздільного управління двигунами перевести вгору до упору;
- з висоти 3 м відхиленням важеля КРОК-ГАЗ вгору з максимально можливим темпом зменшити вертикальну швидкість до моменту приземлення, утримуючи вертоліт від розворотів і крен. Після приземлення діяти, як вказано в п. А.

Г. При висоті висіння більше 110 м:

- негайно зменшити загальний крок несучого гвинта на величину, необхідну для збереження обертів несучого гвинта не менше 92%;
- відхилення РУ і педалей парировати виникають крен і розворот;
- перевести вертоліт в розгін з кутом тангажа до -150;
- обидва важеля роздільного управління перевести вгору до упору;
- після розгону до швидкості 80 - 100 км / ч перевести вертоліт в горизонтальний політ;
- послєдуючій набір висоти і політ для вибору посадкового майданчика виконувати на швидкості 120 км / ч.

ПРИМІТКА. Якщо вертоліт при розгоні до висоти 20 - 10 м не досяг швидкості польоту з одним працюючим на надзвичайному режимі двигуном і продовжує знижуватися, перейти на інтенсивне гальмування вертикальної і поступальної швидкості і зробити посадку.

5. ДІЇ ЕКІПАЖУ У РАЗІ ВІДМОВИ ДВИГАТЕЛЯ НА ЗЛЬОТІ

Перерваний зліт

А. На висотах до 10 м і швидкості польоту 50 км/год і менше необхідно:

- зменшенням загального кроку несучого гвинта перевести вертоліт на зниження і не допускати падіння оборотів гвинта менше 92%;
- РЦШ і педалями парировати виникають крен і розворот;
- відхилення РЦШ надати вертольоту посадковий кут тангажу;

- при досягненні висоти **2-3 м** енергійним відхиленням важеля КРОК-ГАЗ вгору аж до упору зменшити вертикальну швидкість і забезпечити приземлення гелікоптера по-літакового на основні колеса;

- після приземлення встановити спільний крок несучого гвинта $4-5^\circ$ і витримувати його постійним до повної зупинки вертольота на пробігу;

- відхилення РЦШ «на себе» витримувати досягнутий кут тангажу при приземленні до моменту, коли вертолiт почне мимовiльно опускатися на носове колесо. Після цього плавно відхилити РЦШ від себе на $\frac{1}{3} - \frac{1}{4}$ ходу від нейтрального положення і застосувати гальма коліс;

- після зупинки вертольота бортмеханику закрити стоп-кран і пожежні крани обох двигунів.

Б. На висотах понад 10 м і швидкостях польоту понад 50 км/год необхідно:

- енергійним відхиленням важеля КРОК-ГАЗ вниз не допустити зменшення оборотів несучого гвинта нижче **92%**;

- відхилення РЦШ і педалей парирувати крен і розворот, що виникають;

- обидва важеля роздільного управління двигунами перевести вгору до упору;

- на висоті **1-5 м** надати вертольоту посадочне становище;

- відхилення РЦШ на себе провести гальмування вертольота в залежності від польотної маси таким чином, щоб приземлення відбулося: при польотній масі **12000 кг** - на швидкості **30 км/год**, при польотній масі **11100 кг** - на швидкості **20-10 км/год**;

- після приземлення встановити несучого гвинта $4-5^\circ$ і витримувати його постійним до повної зупинки вертольота на пробігу;

- відхилення РЦШ на себе витримувати досягнутий кут тангажу при приземленні до моменту, коли вертолiт почне мимовiльно опускатися на носове колесо. Після цього плавно відхилити РЦШ від себе на $\frac{1}{3} - \frac{1}{4}$ ходу від нейтрального положення і застосувати гальма коліс;

- після зупинки вертольота бортмеханику закрити стоп-кран і пожежні крани обох двигунів.

Продовжений зліт

У разі відмови двигуна на зльоті при висоті і швидкості польоту, великих їх критичних значень, можливо виконання продовженого зльоту. Для цього необхідно:

- зменшити спільний крок несучого гвинта, не допускаючи падіння оборотів гвинта **92%**;

- РЦШ і педалями парирувати крен і розворот, що виникають;

- обидва важеля роздільного управління двигунами перевести вгору до упору;

- плавне віддачею РЦШ від себе перевести вертолiт в розгiн до $V_{np} = V_{bez}$ зі зменшенням кута тангажу на **10-15°** від початкового;

- При досягненні швидкості V_{bez} перевести вертолiт в набiр висоти;

- виконати захід на посадку і зробити посадку.

На вертольоті при нормальній злітній масі можливий політ без зниження з одним працюючим на надзвичайному режимі двигуном в стандартних атмосферних умовах.

При включенні ПОС діапазони швидкостей горизонтального польоту звужуються (мінімальна швидкість збільшується, а максимальна зменшується на 20 км/год).

Політ з одним працюючим двигуном рекомендується виконувати на швидкості **120-130 км/год**, тому що на цій швидкості потрібна для польоту потужність має мінімальне значення.

Відхід на друге коло можливий, якщо забезпечується горизонтальний політ з одним працюючим на надзвичайному режимі двигуном на швидкості **90 км/год** і менше. При цьому мінімальна висота початку відходу на друге коло становить:

- | | |
|------------------------|-------|
| -на рівні моря | 60 м; |
| -на висоті 1000 м | 70 м; |
| -на висоті 2000-3000 м | 80 м. |

Швидкість польоту при наборі висоти 120 км/год.

У всіх випадках, відмови одного з двигунів в польоті при неможливості виконання горизонтального польоту з одним працюючим на надзвичайному режимі двигуном необхідно вибрати майданчик і зробити посадку.

6. ЗАПУСК ДВИГУНА В ПОЛЬОТІ

Запуск в польоті двигуна, що відмовив, забороняється.

Якщо в польоті двигун був вимкнений в навчальних цілях, то запуск його дозволяється виробляти до висот не більше **3000 м** на швидкості польоту **120-100 км/год**.

Якщо відмова двигуна сталась через обмерзання, зливові опади, при цьому супроводжувався стуками в районі двигуна, то в цьому випадку також дозволений запуск. Двигун запускається в такій послідовності послідовності:

- переконавшись в тому, що важіль роздільного управління двигуна, що запускається, знаходиться на нижньому упорі;
- переконавшись в тому, що обороти авторотації компресора двигуна, що запускається, складають не більше **20%**;
- встановити швидкість польоту **120 км/год**;
- провести запуск двигуна, для чого перемикач ЛІВИЙ - ПРАВИЙ поставити на двигун що допускається, на **2-3 с** натиснути пускову кнопку, перевести важіль крана зупинки запускається двигуна в положення ВІДКРИТО;
- після виходу двигуна на режим малого газу встановити важіль роздільного управління запущеного двигуна в середнє положення на засувку;
- встановити заданий режим польоту.