

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

**Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки**

**ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

з навчальної дисципліни  
«Загальні знання ПС: Планер та системи, аварійне обладнання»  
обов'язкових компонент  
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

**272 Авіаційний транспорт  
Аеронавігація**

**за темою № 5. Кремові гвинти й оперення повітряних суден**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

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

**СХВАЛЕНО**

Методичною радою  
Кременчуцького льотного  
коледжу Харківського  
національного університету  
внутрішніх справ  
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 технічного обслуговування авіаційної техніки, протокол від 28.08.2023 № 1

**Розробник:**

*1. Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, викладач-спеціаліст Самохліб Олександр Олександрович*

**Рецензенти:**

- 1. Завідувач кафедри технологій аеропортів Національного авіаційного університету, д.т.н., професор Тамаргазін О.А.*
- 2. Викладач циклової комісії аеронавігації КЛК ХНУВС, к.т.н., с.н.с. Тягній В.Г.*

### **План лекції:**

1. Призначення, основні частини, особливості навантаження і роботи кермових гвинтів.
2. Втулка кермового гвинта: конструктивні різновиди та їх конструктивне виконання.
3. Призначення і основні елементи оперення повітряних суден.

### **Основна література:**

1. Бойко А.П., Мамлюк О.В., Терещенко Ю.М. «Конструкція літальних апаратів», К.: Вища освіта, 2010. – 383 с.
2. Кулик М.С., Тамаргазін О.А. Конструкція, міцність та надійність газотурбінних установок і компресорів. Київ: НАУ, 2012. 477 с.
3. Іноземцев А.А., Сандрацький В.Л. Газотурбінні двигуни. П.: ВАТ «Авіадвигун», 2011. 1024 с.

### **Допоміжна література:**

4. Царенко А.О. Вертоліт Мі-2. Блок 3 Газотурбінний двигун. (Категорія В1.3): Конспект лекцій. Кременчук: КЛК НАУ, 2015. 227 с.
5. Царенко А.О. «Вертоліт Мі-8Т. Блок 3 Газотурбінний двигун. (Категорія В1.3): Конспект лекцій. Кременчук: КЛК НАУ, 2015. 250 с.

### **Інформаційні ресурси в Інтернеті**

1. <https://naurok.com.ua/uploads/files/2952962/285465.pdf>

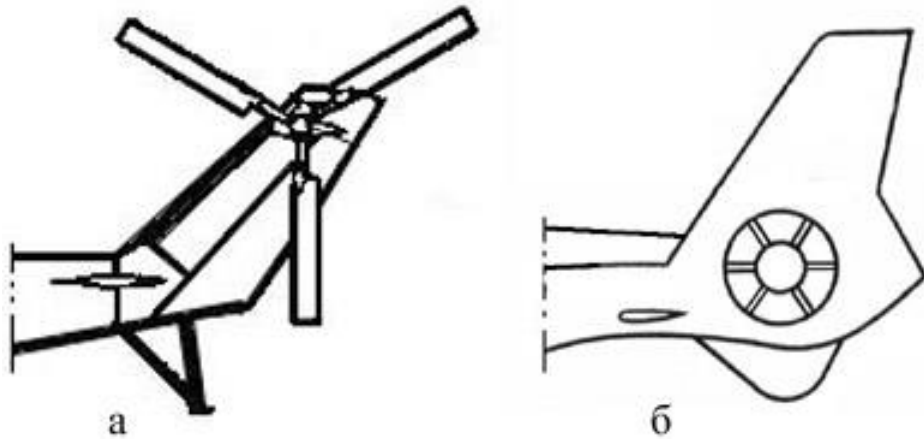
### **Текст лекції**

#### **Призначення й характеристика кермового гвинта**

Кермовий гвинт урівноважує реактивний момент несучого гвинта й дозволяє здійснювати поворот у горизонтальній площині. Він складається з лопат і втулки (малюнок 1). У прямолінійному польоті напрямки сили тяги перпендикулярний напрямку польоту. Лопаті кермового гвинта на режимі горизонтального польоту, так само як і лопаті несучого гвинта, працюють у несиметричному потоці. Для зменшення моменту, що діє на вал хвостового редуктора, і зменшення змінних напруг звичайно застосовують шарнірне кріплення лопат.

При зміні кроку лопать повертається в осьовому шарнірі. Поворот здійснюється за допомогою поступального руху повідця зміни кроку з'єднаного з важелями повороту лопат.

Останнім часом все частіше стали застосовуватися кермові гвинта типу фенестрон. Він являє собою багатопастний гвинт, розміщений у кільцевому каналі кіля, що дозволяє виключити кінцеве перетікання. Кожна лопать прикріплена за допомогою осьового шарніра. Профіль кіля має певну кривизну й кут установки, чим досягається розвантаження фенестрона в горизонтальному польоті. Однак, споживана потужність на режимі висіння збільшується до 20% потужності двигуна.

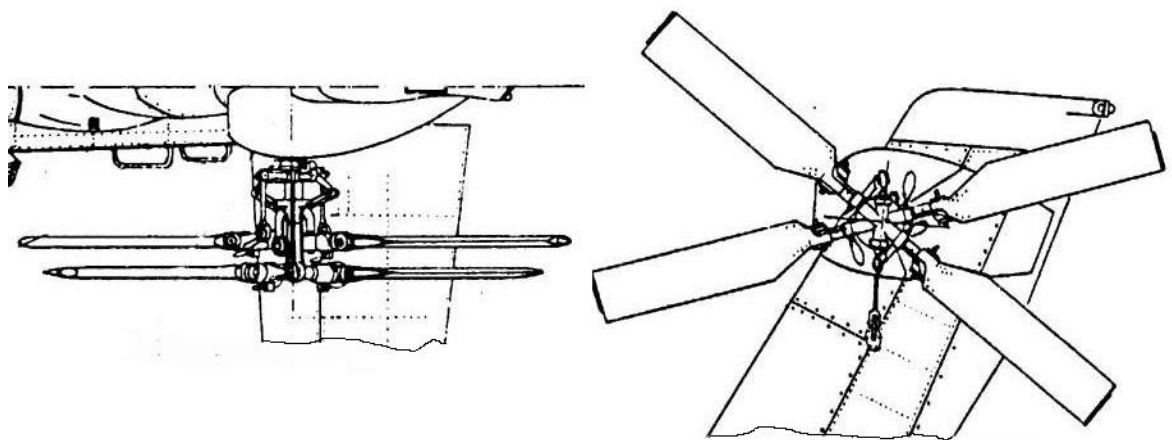


Малюнок 1. Класичний кермовий гвинт (а) і фенестрон (б).

Ще одним пристроєм, що на деяких вертольотах замінило кермовий гвинт, є так званий NOTAR - система щілинного видування. Видуваючи повітря вниз із однієї сторони хвостової балки вона розганяє прилягаючий потік. Внаслідок утворення різниці швидкостей праворуч і ліворуч від хвостової балки з'являється різниця тиску, що прагне повернути вертоліт убік протилежний реактивному моменту несучого гвинта. Шляхове керування при цьому здійснюється реактивним струменем стисненого повітря, що видувається через сопла на кінці хвостової балки.

Класичні кермові гвинти за останні роки перетерпіли ряд змін. Як і несучі вони отримали швидкісні закінцівки, які підвищили ефективність і понизили шум. Крім того, з'явилися Х-образні кермові гвинти (малюнок 2).

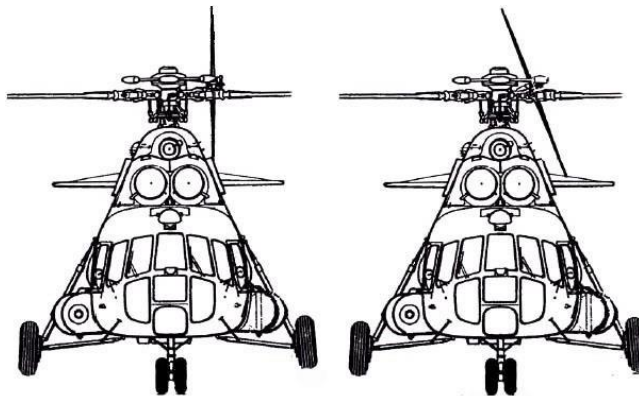
Вони утворені двома дволопатні гвинтами, лопаті яких установлені під кутами  $45^{\circ}$  і  $135^{\circ}$  друг до друга. Така схема дозволяє виключити шкідливий вплив вихрових шнурів першого гвинта на другий, тому що лопать, що розташована далі, іде першої й вихор несеється потоком. Дана конструкція дозволяє підвищити коефіцієнт корисної дії гвинта й знизити рівень шуму.



Малюнок 2. Х-образний кермовий гвинт.

Ще однією особливістю кермових гвинтів, що знайшла деяке застосування

у вертольотобудуванні, є нахил осі кермового гвинта (малюнок 3). У цьому випадку вісь гвинта нахиляють таким чином, щоб він створював тягу не тільки в горизонтальній площині, але й у вертикальній, причому вертикальна сила направлена так же як і тяга несучого гвинта. Це дозволяє трохи підняти корисне навантаження або компенсувати надмірне заднє центрування, що утворилося при модернізації вертольота. Наприклад, нахил кермового гвинта дозволив компенсувати дисбаланс, що утворився, при установці, за головним редуктором, третього двигуна на вертоліт СН-53. Однак, нахил тяги приводить не тільки до позитивних ефектів. Він викликає зміну кута тангажа при виконанні поворотів і необхідності додатково компенсувати це органами керування.

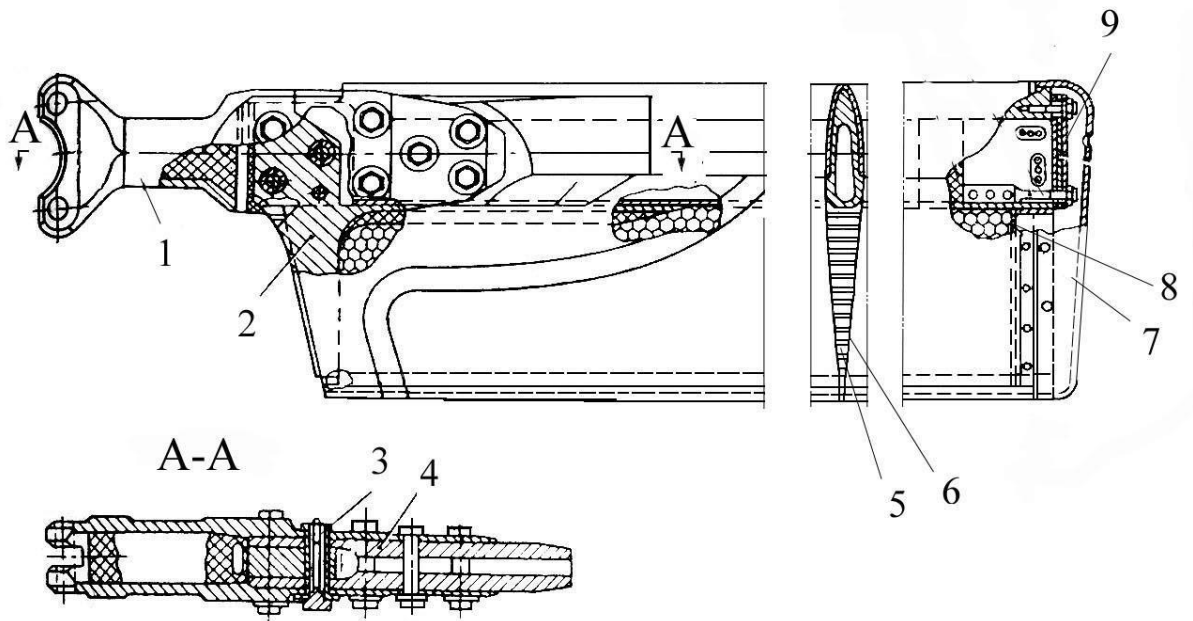


Малюнок 3. Горизонтальна й похила вісь кермового гвинта на вертольоті.

### **Конструкція лопат кермових гвинтів**

На відміну від несучого, лопаті кермового гвинта звичайно не мають крутки й мають симетричний профіль, тому що тяга кермового гвинта може бути спрямована в різні сторони. Подовження його лопат в 2-3 рази менше, а відносна маса або інерційність в 1,5-2 рази більше, ніж у лопат несучого гвинта.

Існують металеві, композиційні й комбіновані лопати. Металеві лопаті із пресованим лонжероном по конструкції схожі на лопаті несучого гвинта. Їх основний силовий елемент це лонжерон, виготовлений із пресованого алюмінієвого профілю (малюнок 4).



Малюнок 4. Лопать кермового гвинта.

1 – наконечник, 2 – кронштейн, 3 – болт, 4 – лонжерон, 5 – стільниковий блок,

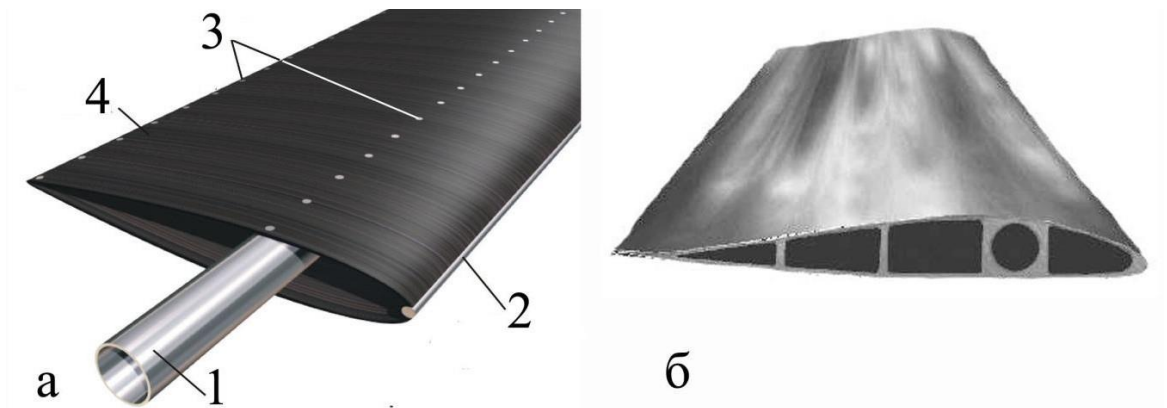
6 – обшивка, 7 – кінцева нервюра, 8 – кінцевий обтічник, 9 – пластини балансувального вантажу.

До задньої стінки лонжерона приклеєна хвостова частина, що складається зі стільникового заповнювача 5 і склопластикової обшивки 6. На окоренковій частині лонжерона закріплений сталевий наконечник, до якого прикріплений кронштейн 2. У кінцевій частині лонжерона закріплені пластини 9 балансувального вантажу. У хвостовій частині лопаті встановлена кінцева нервюра 7, до якої гвинтами кріпиться кінцевий обтічник 8.

На носових частинах лопаті хвостового гвинта встановлюються протильодові нагрівальні елементи, вклеєні між шарами склотканини. Однак, багато вертольотів не обладнаються протильодовою системою. Для захисту носових частин лопаті від абразивних впливів на них наклеюється гума й обкуття.

Композиційні лопаті кермових гвинтів у цілому аналогічні вищеописаними. Вони знаходять більше широке застосування в цей час.

Більшою простотою відрізняються лопати кермового гвинта надлегких вертольотів. Однієї з найпоширеніших є конструкція із трубчастим лонжероном (малюнок 5а). На сталевий лонжерон за допомогою заклепок кріпиться профільована оболонка без внутрішнього заповнювача. Оболонка може бути виконана як з композиційних матеріалів, так і з дюралюмінію. Лопата при цьому є пустотілою й навіть не має кінцевих заглушок. Більше складну конструкцію має лопата, виготовлена із цілого шматка алюмінієвого сплаву (малюнок 5б).



Малюнок 5. Лопаті кермового гвинта, застосовувані на надлегких вертольотах. а - лопата із трубчастим лонжероном, б - цільна дюралева лопата.

1 - трубчастий лонжерон, 2 - протифлаттерний вантаж, 3 - заклепувальний шов, 4 - обшивка.

### Призначення й конструкція оперення повітряних судів

Оперення складають несучі поверхні, призначені для забезпечення поздовжньої й шляхової стійкості й керованості літака. Воно складається звичайно з горизонтального й вертикального оперень (мал. 6). Горизонтальне оперення (ГО) служить для поздовжньої стійкості й керованості літака, вертикальне оперення (В) - для шляхової стійкості й керованості літака.

*Горизонтальне оперення* складається зі стабілізатора й керма висоти (РВ). Стабілізатор є звичайно нерухливою частиною ГО, він разом із кермом висоти забезпечує поздовжню стійкість літака в польоті. Кермо висоти - рухлива частина горизонтального оперення, призначене для управління літаком щодо поперечної осі.

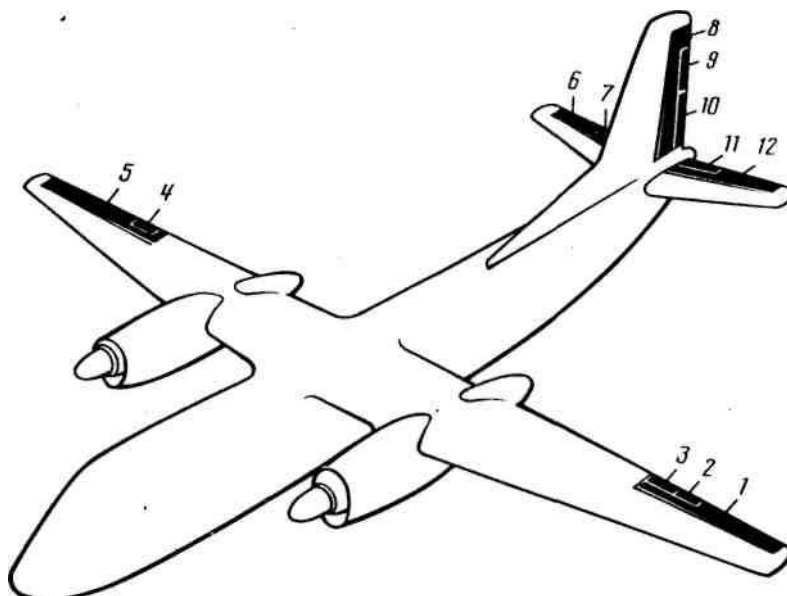


Рис. 6. Оперення й елерони літака:

1, 5 — елерони; 2 - тример елеронів; 3, 4 - сервокомпенсатори елеронів; 6, 12 - рули висоти;

7, 11 - тримери керма висоти; 8 - кермо напрямку; 9, 10— тример і пружинний сервокомпенсатор керма напрямку

*Вертикальне оперення* складається з кіля й керма напрямку (РН). Кіль - нерухлива частина - разом із кермом напрямку забезпечує шляхову й поперечну стійкість літака в польоті. Кермо напрямку є рухливою частиною вертикального оперення, призначеної для керування літаком щодо вертикальної осі.

До кермових поверхонь, крім керма висоти і керма напрямку, належать *елерони* - рухливі частини крила, що відхиляються одночасно в протилежні сторони (нагору й долілиць), призначені для керування літаком щодо його поздовжньої осі.

Під *стійкістю* розуміють здатність повітряного судна самотійно, без участі пілота, зберігати заданий стан рухів і вертатися до вихідного режиму польоту після мимовільного відхилення, викликаного дією зовнішніх збурювань.

Під *керованістю* повітряного судна розуміють його здатність змінювати режим польоту при відхиленні кермових поверхонь. Стійкість і керованість ставляться до найбільш важливих властивостей повітряного судна, від них залежать безпека польоту, простота й точність пілотування.

За допомогою рулів і елеронів забезпечується балансування літака, тобто зрівноважування діючих на нього сил і моментів. Досягається балансування відхиленням кермових поверхонь на певний, так званий балансувальний кут. У нормальних умовах польоту пілот (автопілот) періодично балансує літак кермом висоти у зв'язку зі зміною центрування, викликаного виробленням палива або переміщенням пасажирів і вантажів. У випадку відмови двигуна, нерівномірного вироблення палива з лівої й правої половин крила й у деяких інших випадках балансування літака досягається відхиленням керма напрямку й елеронів. Балансувальне положення кермових поверхонь бажано мати близьким до їхнього нейтрального положення. У протилежному випадку істотно збільшується лобовий опір літака. Так, балансувальні втрати від відхилення керма висоти можуть скоротити дальність польоту літака більш ніж на 10 %.

Таким чином, рулі й елерони виконують дві функції:

1. забезпечують рівновагу діючих на літак сил і моментів при польоті в сталому режимі;
2. служать для керування, тобто навмисного порушення цієї рівноваги з метою зміни режиму й траєкторії польоту.

На вертольотах функції оперення виконують несучі й кермові гвинти, але часто як допоміжні пристрої застосовується оперення літакового типу.

Двогвинтовий вертоліт співвісної схеми забезпечується кілем і кермом напрямку, які поліпшують шляхову стійкість і керованість вертольота; кермо напрямку, крім того, підвищує шляхову керованість на режимі самообертання несучого гвинта.

На одногвинтових вертольотах роль кіля виконує кінцева балка, перетинам якої надається форма несиметричного профілю. Така кільова балка підвищує шляхову стійкість вертольота й розвантажує в горизонтальному польоті

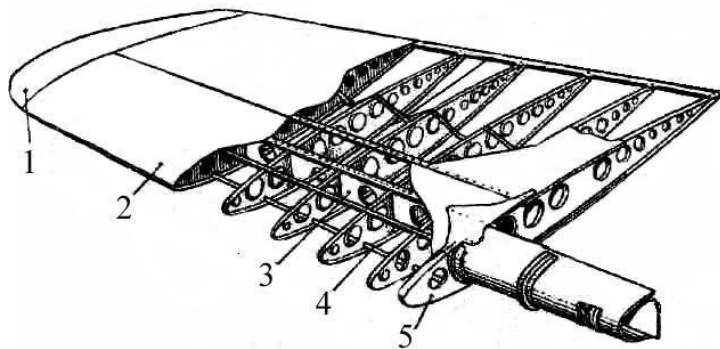


кермовий гвинт. Кермо напрямку на одногвинтових вертольотах не застосовується, оскільки достатня шляхова керованість досягається за допомогою кермового гвинта.

Горизонтальне оперення складається звичайно з керованого стабілізатора, призначеного для підвищення поздовжньої стійкості вертольота. Стабілізатори можуть передбачатися на вертольотах різних схем. Керування стабілізатором здійснюється через систему керування несучим гвинтом. Деякі вертольоти мають некеровані стабілізатори.

Конструкція оперення вертольотів аналогічна конструкції оперення літаків. Оскільки вертольоти мають відносно невеликі швидкості польоту, обшивка оперення може бути полотняною.

Стабілізатор вертольота (малюнок 7) по конструкції, у цілому аналогічний крилу, однак має менші розміри й може бути як нерухливим, так і керованим, що змінює кути установки залежно від режимів польоту. Крім схеми з поздовжнім і поперечним силовим набором, у цей час, застосовують стабілізатори більше простих типів, у яких обшивка змінної товщини виготовляється з композиційних матеріалів, а внутрішній простір заповнюється стільниковим заповнювачем. Застосовують зворотні й симетричні профілі стабілізатора. Часто стабілізатори мають нерухливий передкрилок.



Малюнок 7. Консоль стабілізатора

1- закінцівка, 2 - обшивка, 3 - лонжерон, 4 - стрингери, 5 - нервюри.