

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

**Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки**

**ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

з навчальної дисципліни  
«Конструкція та міцність повітряних суден»  
обов'язкових компонент  
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня  
вищої освіти

**272 Авіаційний транспорт**  
**Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів**

**за темою 5 – Конструкція та міцність гвинтів**

**Кременчук 2023**

**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 30.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, протокол від 28.08.2023 № 1

**Розробник:**

*Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, спеціаліст вищої категорії, викладач, Гвоздік С.Д.*

**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. Загальні відомості.
2. Конструкція втулки НГ та РГ.
3. Гідродемфер, ЦОС.
4. Конструкція лопатей НГ та РГ.

## Рекомендована література:

### Основна

1. Данілов В. А. Вертольот Мі-8МТВ. - Київ, 1995. - 295 с.
2. Дерев'яно І.Г. Конструкція і експлуатація вертольота Мі-8: Конспект лекцій. – Кременчук: КЛК ХНУВС, 2010. – 95 с.
3. Дерев'яно І.Г. «Конструкція і експлуатація вертольота Мі-8МТВ Навчальний посібник», Кременчук: КЛК ХНУВС, 2016.-91с.
4. (<https://klk.univd.edu.ua/uk/dir/177/biblioteka>)

### Додаткова

4. Володько А.М., Литвинов А.Л. «Основи конструкції і технічної експлуатації вертольотів», Київ 1996. – 200 с.
5. Далин В.А. "Конструкція вертольотів". Київ, 1997 - 269 с.
6. Регламент технічного обслуговування вертольотів Мі-8МТВ, частина 1. Планер і двигунові установка, "Повітряний транспорт", 1993 р.

### Інформаційні ресурси

7. <http://www.twirpx.com/files/transport/aircrafting/construction/helicop>.
8. [http://www.twirpx.com/files/transport/aircrafting/reference\\_helicopter\\_operation/mi8\\_17/](http://www.twirpx.com/files/transport/aircrafting/reference_helicopter_operation/mi8_17/)

## Текст лекції

### 1. Загальні відомості

Несучий гвинт призначений:

- для створення підйомної сили;
- для створення пропульсивної сили;
- для забезпечення подовжнього і поперечного управління вертольотом.

Несучий гвинт складається з втулки і п'яти лопатей, які кріпляться до втулки за допомогою горизонтального, вертикального і осьового шарнірів.

Горизонтальний шарнір дозволяє лопаті здійснювати махові руху у вертикальній площині під дією змінних по азимуту аеро динамічних сил. В результаті розвантажується від дії знакозмінного згинального моменту комльова частина лопаті, усувається крениться момент, що виникає при косій обдувці несучого гвинта. Для зменшення махових рухів лопатей використовується компенсатор змаху, під дією якого при змаху лопаті вгору кут установки лопаті зменшується, а при русі вниз - збільшується.

З метою запобігання удару лопатей про хвостову балку на втулці НВ

встановлені відцентрові обмежувачі схилю лопатей, які при частоті обертання НВ менше 50% обмежує звис лопатей кутом в  $1^{\circ} 40'$  /.

Вертикальний шарнір дозволяє лопаті здійснювати коливання в площині обертання під дією змінних інерційних і аеродинамічних сил. В результаті цього комльова частина лопаті розвантажується від дії знакозмінного згинального моменту. Для гасіння коливань лопатей в площині обертання і запобігання коливань вертольота типу "земної резонанс" застосовуються гідравлічні демпфери.

Осьовий шарнір дозволяє лопаті обертатися щодо своєї повздовжньої осі для зміни кута установки.

Для демпфірування коливань несучого гвинта в площині обертання, з метою зниження рівня вібрацій в кабіні екіпажу, на втулці несучого гвинта встановлений маятниковий гаситель вібрацій.

Лопаті несучого гвинта мають пневматичну систему сигналізації пошкодження лонжерона і електро теплових проти обмерзаючи пластин.

Рульовий гвинт призначений для створення сили тяги, яка необхідна для врівноваження реактивного моменту несучого гвинта і для шляхового керування вертольотом.

На вертольоті встановлений трилопатеви, гвинт, що тягне, змінюваного в польоті кроку.

Число лопатей на рульових гвинтах в середньому пропорційно льотній масі вертольота, що забезпечує збереження в заданих межах аеродинамічного навантаження на лопать РВ. Так на вертольоті Мі-2 рульовий гвинт має дві лопаті, на Мі-8, Мі-24 - три лопаті, на Мі-6 - чотири лопаті, на Мі-26 - п'ять лопатей.

## **2. Конструкція втулки НГ та РГ**

Втулка несучого гвинта призначена для кріплення лопатей, для передачі крутного моменту від валу головного редуктора на лопаті, а також для сприйняття і передачі на фюзеляж сил, що виникають на лопатях.

Основними елементами втулки є: корпус втулки, горизонтальні шарніри проміжні скоби, вертикальні шарніри, осьові шарніри, важелі повороту лопатей, гідравлічні демпфери, відцентрові обмежувачі схилю лопатей, маятниковий гаситель вібрації.

Корпус втулки на шліцах встановлюється на вал головного редуктора центрується на валу нижнім і верхнім конусними кільцями і фіксується гайкою. Зверху на корпусі втулки кріпляться компенсаційний бачок гідро-демпферів, напруго знімач НВ і маятниковий гаситель вібрації.

Кожен горизонтальний шарнір утворюють провущина корпусу втулки, два вушка проміжної скоби і палець, який встановлений на двох голчастих підшипниках. Зусилля, що діють уздовж осі пальця сприймаючи мають два бронзових кільця. Від осьового переміщення палець фіксується гайкою, а від провертання щодо скоби - шпонкою. Палець з одного боку має два вушка для кріплення штока гідродемпфера, а з іншого боку вушко для кріплення штормовий струбцини.

Проміжна скоба являє собою деталь коробчатого перетину з двома парами вушок на кінцях. Усередині кожної скоби змонтований механізм відцентрового обмежувача схилу лопаті.

Вертикальний шарнір утворюють дві вушка проміжної скоби, провоушина цапфи осьового шарніра і палець, який встановлений на двох голчастих підшипниках і двох бронзових кільцях.

Осьовий шарнір утворений з'єднанням цапфи і корпусу осьового шарніра. На хвостовику цапфи встановлені підшипники осьового шарніра: два кулькових радіальних підшипника, які сприймають навантаження від згинаючого моменту, і один роликовий завзятий підшипник, що сприймає навантаження від відцентрової сили. Корпус осьового шарніра виконаний у вигляді склянки, на днище якого із зовнішнього боку розташована гребінка з вушками для кріплення лопаті.

Важіль повороту лопаті одним кінцем жорстко кріпиться до корпусу осьового шарніра, а іншим шарнірно з'єднується з вертикальною тягою автомата перекоосу.

Втулка рульового гвинта складається з наступних основних елементів:

- маточини;
- обмежувача помаху лопатей;
- кардана;
- трьох осьових шарнірів;
- повідка.

Маточина втулки являє собою сталевий циліндр, який має фланець для кріплення РВ до валу хвостового редуктора; зовнішні шліци для монтажу траверси кардана; внутрішні шліци, за якими переміщається повзун.

Обмежувач помаху встановлений на маточині і являє собою диск, по контуру якого наклеєно гумове кільце.

Кардан є поєднаний горизонтальний шарнір і забезпечує нахил лопатей щодо перпендикуляра до осі вала на кут  $\pm 10^\circ$ . Він складається з траверси, корпусу кардана і корпусу втулки. Корпус втулки має три цапфи, на яких змонтовані осьові шарніри.

Кожен осьовий шарнір утворюють цапфа і корпус, який встановлюється на цапфі на двухрядном упорні Роликопідшипники (сприймає відцентрову силу) і двох роликопідшипниках (сприймають згинальний момент).

### **3. Гідродемфер, ЦОС**

Гідравлічний демпфер складається з циліндра, штока з поршнем і кришки. Циліндр демпфера шарнірно встановлений на кронштейнах цапфи осьового шарніра. Поршень має вісім перепускних клапанів, які відчиняються при досягненні перепаду тиску між порожнинами циліндра  $20 \text{ кгс} / \text{см}^2$ . Клапани встановлені так, що чотири перепускають рідину в одному напрямку, а чотири - в зворотному. У кришці гідродемфера встановлений кульковий компенсаційний клапан, через який порожнина циліндра повідомляється з компенсаційним бачком для відводу пухирців повітря і компенсації температурних змін об'єму рідини.

Механізм відцентрового обмежувача схилю лопатей встановлений на проміжній скобі і складається з противаги, пружини, тяги і собачки. При необертальному несучому гвинті пружина утримує механізм в такому положенні, що упор собачки обмежує звис лопаті до  $1^{\circ} 40'$ . При розкручуванні несучого гвинта під дією відцентрових сил противагу від-водить собачку і кут максимально можливого схилю лопаті збільшується до  $4^{\circ}$ . При зменшенні частоти обертання несучого гвинта до 108 об / хв (54,5%) внаслідок зменшення відцентрових сил противагу починає зворотній рух і при частоті обертання несучого гвинта 95 об / хв (50%) і менше пружина встановить противагу і собачку в вихідне становище.

#### 4. Конструкція лопатей НГ та РГ

Лопать гвинта суцільнометалевої конструкції має прямокутну форму в плані і складається з наступних елементів:

- лонжерона;
- візуального сигналізатора пошкодження лонжерона;
- нагрівальних елементів протиобледненої системи;
- 21 відсіків;
- кінцевого обтічника;
- наконечника лопаті.

Лонжерон - основний силовий елемент лопаті, виготовлений з алюмінієвого сплаву АВ-Т1. Являє собою порожнисту балку з внутрішнім контуром постійного перетину, а зовні оброблену відповідно до заданого профілем. Усередині лонжерона, в його носовій частині, встановлений противагу, який складається з восьми сталевих брусків довжиною по 400 мм і масою по 1 кг кожен. Бруски покриті гумою, що забезпечує їх щільну установку. Противагу забезпечує необхідну поперечну центрування лопаті, що збільшує критичну швидкість флатера лопаті.

Внутрішня порожнина лонжерона герметично закрита кінцевий і комлевої заглушками. У кореневу заглушку ввернуть зарядний вентиль, через який лонжерон заповнюється стисненим повітрям до надлишкового тиску

0,25 - 0,8 кгс / см<sup>2</sup>. Це тиск необхідно для роботи візуального сигналізатора пошкодження лонжерона.

Візуальний сигналізатор пошкодження лонжерона вкручений в окоренкові частини лонжерона і складається з червоного циліндра з'єднаний з сильфон-ним чутливим елементом і дюралюмінієвого склянки з прозорим ковпаком. Сильфон наповнений гелієм під абсолютним тиском 1,1 кгс / см<sup>2</sup> і герметично запаяний.

У разі появи в лонжероні тріщини або порушення герметичності лонжерона, тиск в порожнині лонжерона вирівнюється з атмосферним. Силами пружності і внутрішнього тиску сильфон розтискається і відштовхується червоний циліндр в порожнину прозорого ковпака.

Нагрівальні елементи ПОС розташовані по всій довжині лопаті і на 12% хорди. Вони являють собою тонкі стрічки з нержавіючої сталі, прокладені між шарами склотканини і приклеєні до них. Все нагріву-тільні елементи розділені

на чотири секції. При включеній ПОС кожна секція знаходиться під струмом протягом 38,5 с, а в знеструмленому стані 115,5 с. Для захисту від абразивного впливу пакет з нагріву-них елементами покритий листовою гумою і, на ділянці від восьмого до двадцять першого відсіку, окуттям з нержавіючої сталі.

Лопать рульового гвинта прямокутної форми в плані, не має ні аеродинамічній ні геометричній кривки. Вона складається з наступних основних елементів:

- лонжерона;
- нагрівальних елементів ПОС;
- хвостового відсіку;
- сталевого наконечника;
- кінцевого обтічника.

Лонжерон - основний силовий елемент лопаті - виготовляється з пресованого дюралюмінієвого профілю.

Нагрівальні елементи ПОС розташовані на носовій частині лонжерона (20% по хорді) по всій довжині лопаті.

Змащення шарнірах втулок несучих і кермового гвинтів

Відповідно до регламенту технічного обслуговування вертольота для змащення шарнірів несучих і кермового гвинтів застосовуються наступні сорти масла:

Названня	Температура зовнішнього повітря	Сорт масла	Зауваження
Горизонтальні і вертикальні шарніри НВ	от +50 °С до -15 °С	масло для гіпоїдних передач	
	от +5 °С до -50 °С недого (до 10 сут) до +10 °С	Масло суміш СМ-9	Напрацюван ня на СМ-9 не більше 50% за ресурс
Осеві шарніри НВ и РВ	от +50 °С до -50 °С	ВО-12	
Гідродемпфери		АМГ-10	
Інші вузли		ЦИАТИМ-201	

Примітки:

1. При температурі зовнішнього повітря мінус 10 ° С і нижче видалити мастило ЦИАТИМ-201 з осі собачки відцентрового обмежувача схилу лопаті за допомогою рідини АМГ-10.

2. Маслосуміш СМ-9 складається з 2/3 масла для гіпоїдних передач і 1/3 АМГ.