

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

Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

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

Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів

за темою № 5 - Несучий і рульовий гвинти

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 технічного обслуговування
авіаційної техніки, протокол від 30.08.2021р. № 1

Розробники:

1. Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки,
спеціаліст вищої категорії Гвоздік Станіслав Денисович

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 про несучий гвинт.
2. Конструкція втулки несучого гвинта.
3. Призначення, конструкція та робота гідродемфера.
4. Конструкція лопаті несучого гвинта.
5. Призначення, конструкція та робота сигналізатора негерметичності лонжерона.
6. Загальні відомості про кермовий гвинт.
7. Конструкція втулки кермового гвинта.
8. Конструкція лопаті кермового гвинта.

Рекомендована література:**Основна**

1. Деревянко І.Г. "Конструкція і експлуатація вертольота Мі-2", Учбовий посібник, Кременчук: КЛК ХНУВС, 2016-91с.
2. Романчук В.Н. , Красильник В. В. "Вертольот Мі-2" , вид. Транспорт, 1972 - 238 с.

Допоміжна

3. Володько А.М. , Литвинов А.Л. «Основи конструкції і технічної експлуатації одновинтових вертольотів», Транспорт, 1986 – 200 с.
4. Далин В.А. "Конструкція вертольотів". Машинобудування, 1971- 269 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

5. <http://www.twirpx.com/files/transport/aircrafting/construction/helicopters>

Текст лекції

5.1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Несучий гвинт призначений для створення піднімальної й пропульсивної сил, а також для забезпечення поздовжнього й поперечного керування вертольотом.

Несучий гвинт складається із втулки й трьох лопат, які кріпляться до втулки за допомогою горизонтального, вертикального й осьового шарнірів.

Горизонтальний шарнір дозволяє лопаті робити махові рухи у вертикальній площині під дією змінних по азимуту аеродинамічних навантажень. У результаті розвантажується від знакозмінного згинального моменту комлева частина лопаті, усувається момент, що кренить, виникаючий при косому обдуванню несучого гвинта. Для зменшення махового руху лопат використовується компенсатор змаху, під дією якого при змаху нагору кут установки лопаті зменшується, при змаху долілиць - збільшується.

Вертикальний шарнір дозволяє лопаті робити коливання в площині обертання під дією змінних інерційних і аеродинамічних сил. У результаті цього комлева частина лопаті розвантажується від знакозмінного згинального моменту. Для гасіння коливань лопаті в площині обертання застосовуються гідравлічні демпфери вертикальних шарнірів.

Осьовий шарнір дозволяє лопаті повертатися щодо своєї поздовжньої осі для зміни кута установки за допомогою автомата перекосу.

Лопаті несучого гвинта мають пневматичну систему сигналізації пошкодження лонжерона, а також електротеплову протильодову систему.

5.2. ОСНОВНІ ДАНІ НЕСУЧОГО ГВИНТА

Діаметр гвинта	14,5 м
Частота обертання	247 об/хв. (81%)
Маса втулки	138 кг
Маса комплексу лопат	171 кг
Кут змаху лопат нагору	25°
Кут звису лопаті долілиць	4°30'
Коефіцієнт компенсатора змаху	0,4
Кути повороту лопаті щодо вертикального шарніра:	
- уперед по обертанню	15°
- назад проти обертання	8°
Кути установки лопат (по УШВ-1):	
- мінімальний	1°
- максимальний	13°
Хорда лопаті	400 мм.

5.3. ВТУЛКА НЕСУЧОГО ГВИНТА

Втулка призначена для кріплення лопат і передачі їм крутного моменту з вала головного редуктора, а також для сприйняття й передачі на фюзеляж сил, що виникають на лопатах.

Втулка несучого гвинта складається з наступних основних елементів:

- корпус;
- горизонтальних шарнірів;
- проміжних скоб;
- вертикальних шарнірів;
- осьових шарнірів;
- важелів повороту лопат;
- гідравлічних демпферів.

Корпус втулки - основний силовий елемент - з'єднаний з валом головного редуктора шліцями, центрується нижнім і верхнім конусами й закріплений на валу гайкою. Зверху на корпусі кріпляться компенсаційний бачок гідро-демпферів і струмознімач протильодової системи несучого гвинта.

Горизонтальний шарнір утворюють вушко корпусу втулки, два вушка проміжної скоби й палець, що установлений на двох голчастих підшипниках і двох бронзових шайбах. Від осьового переміщення палець фіксується гайкою, а від провертання щодо скоб - шпонкою. Змащення підшипників здійснюється маслом, що заливається через отвір із пробкою на корпусі втулки.

Проміжна скоба являє собою деталь коробчастого перетину із двома парами вушок на кінцях.

Вертикальний шарнір утворюють два вушка скоби, вушко цапфи осьового шарніра й палець, що установлений на двох голчастих

підшипниках і двох бронзових шайбах. Змащення підшипників здійснюється маслом, що заливається через отвір із пробкою на пальці.

Осьовий шарнір утворюють цапфа й корпус, що монтується на цапфі на упорному роликовому підшипнику (сприймає відцентрову силу) і на двох радіальних підшипниках (сприймають згинальний момент). Масло для змащення підшипників заливається через отвір із пробкою на корпусі шарніра. Важіль повороту лопаті одним кінцем жорстко кріпиться до корпусу осьового шарніра, а іншим шарнірно з'єднується з вертикальною тягою автомата перекошу.

Гідравлічний демпфер складається із двох основних частин: циліндра й штока з поршнем. У поршень вмонтовані 4 пропускних клапани, два з яких пропускають рідину в одному напрямку, а два – у зворотному. Клапани відкриваються при тиску $17 \pm 0,5$ кгс/см². У циліндрі змонтовані компенсаційні клапани, через які порожнини гідродемпфера з'єднуються з компенсаційним бачком для компенсації температурних змін об'єму масла АМГ-10 і поповнення втрат масла.

5.4. ЗМАЩЕННЯ ШАРНІРІВ ВТУЛКИ НЕСУЧОГО ГВИНТА

Вузол	Температура зовнішнього повітря	Сорт масла	Примітка
Горизонтальні й вертикальні шарніри	від +40°C до 0°C	ТСгип	Короткочасно (до 10 діб) до мінус 15 °C
	від +5 °C до -50 °C	Маслосуміш СМ-9	Короткочасно (до 10 діб) до +10 °C
Осьові шарніри	від +40 °C до 0 °C	МС-20	Короткочасно (до 10 діб) до -10 °C
	від +15 °C до -25 °C	МС-14	
	від +5 °C до -50 °C	ВНИИНП-25	Короткочасно (до 10 діб) до +10 °C
	від +50 °C до -50 °C	В-12	
Гідродемпфери		АМГ-10	
Інші шарніри		ЦИАТИМ-201	

5.5. ЛОПАТА НЕСУЧОГО ГВИНТА

Лопата несучого гвинта суцільнометалевої конструкції має прямокутну форму в плані й складається з наступних елементів:

- лонжерона;
- візуального сигналізатора пошкодження лонжерона;
- нагрівальних елементів протилідової системи;

- 20 хвостових відсіків;
- кінцевого обтічника;
- наконечника лопаті.

Лонжерон - основний силовий елемент лопаті, виготовлений з алюмінієвого сплаву АВТ-1. Являє собою пустотілу балку із внутрішнім контуром постійного перетину, а зовні оброблену відповідно до заданого профілю. Усередині лонжерона, у його носовій частині встановлені протифлатерні вантажі. Внутрішня порожнина лонжерона герметично закрита кінцевою й кореневою заглушками. У кореневу заглушку вкручений зарядний вентиль, через який лонжерон заповнюється стисненим повітрям до надлишкового тиску 0,25-0,8 кгс/см². Цей тиск необхідно для роботи візуального сигналізатора пошкодження лонжерона.

Візуальний сигналізатор пошкодження лонжерона вкручений в кореневій частині лонжерона. Сигналізатор складається із червоного циліндра з'єднаного із сильфонним чутливим елементом і дюралюмінієвим стаканом із прозорим ковпаком.

Нагрівальні елементи ПОС розташовані по всій довжині лопати й на 15% по хорді. Вони являють собою тонкі стрічки з нержавіючої сталі, прокладені між шарами стеклотканини й приклеєні до них. Для захисту від абразивного зношення пакет з нагрівальними елементами покритий листовою гумою й, у кінцевій частині лопаті, обкуттям з нержавіючої сталі. Всі нагрівальні елементи розділені на три секції: одна обігріває верхню частину лопаті, друга - носок лопаті й третя - нижню частину лопаті.

Відсіки утворюють хвостову частину лопаті. Кожний відсік склеєний з обшивки, стільникового заповнювача, двох нервюр і хвостового стрингера. Відсіки приклеєні до полиць і задньої стінки лонжерона. Для запобігання перетікання повітря, між відсіками встановлюються гумові вкладиші. На відсіках 15 і 16 установлені тримерні пластини, якими користуються при регулюванні соконусності несучого гвинта

Кінцевий обтічник складається із двох частин. Передня частина кріпиться гвинтами й може зніматися для доступу до балансувальних пластин, які служать для вирівнювання статичного моменту лопат.

Наконечник виготовляється зі сталі й кріпиться до кореневої частини лонжерона болтами. Він призначений для кріплення лопаті до корпусу осьового шарніра.

5.6. ПЕРЕВІРКА СОКОНУСНОСТІ ЛОПАТ НЕСУЧОГО ГВИНТА

Перевірка й регулювання соконусності лопат несучого гвинта проводиться в наступних випадках:

- після заміни лопат НГ;
- після заміни втулки НГ;
- після заміни автомата перекоосу;
- після заміни головного редуктора ВР-2;
- якщо є зауваження екіпажа на неякісний конус НГ.

Перевірка соконусності провадиться при швидкості вітру не більше 3 м/с. Вертоліт необхідно пришвартувати.

Кінці лопат необхідно офарбити різними фарбами, а на установці для перевірки соконусності закріпити аркуш білого щільного паперу, згорнутий у рулон (рулон повинен виступати над шостому не менш чим на 500 мм).

Замірити на всіх лопатах кути установки триммерних пластин і, якщо необхідно відігнути їх на кут 2° вгору від нижньої поверхні лопати. Зробити попередню установку корпусів осьових шарнірів (довжина кожної вертикальної тяги автомата перекосу повинна бути 109 мм).

Перевірка соконусності провадиться на наступних режимах.

Після прогріву двигунів на малому газі встановити перший режим:

- частота обертання НГ 63-64%, крок НГ 6° .

Після того, як кінці лопат торкнуться паперу, зупинити двигуни й замірити розкид відбитків кінців лопат. Припустимий розкид не повинен перевищувати 20 мм. При розкиді більше 20 мм необхідно зробити регулювання зміною довжини вертикальних тяг. Один оберт тяги змінює кут установки лопати, що приводить до зміни положення кінця лопаті приблизно на 30-40 мм. Довжину вертикальних тяг автомата перекосу дозволяється змінювати в межах ± 3 мм.

Після усунення несоконусності на першому режимі встановити другий режим: частота обертання НГ 81%, крок НГ 6 градусів.

Заміряний розкид відбитків кінців лопат не повинен перевищувати 20 мм. Регулювання соконусності провадиться відгином триммерних пластин. Відгин пластини на 1 градус змінює положення кінця лопаті на 10-15 мм. Кут відгину окремих пластин допускається змінювати в межах від 4 градусів нагору до 0 градусів долілиць від нижньої поверхні лопати. Замір величини кута відгину провадиться кутоміром по трьох перетинах триммерної пластини.

Після досягнення соконусності на другому режимі необхідно перевірити соконусність на першому режимі.

5.7. ЕКСПЛУАТАЦІЯ НЕСУЧОГО ГВИНТА

Під час огляду несучого гвинта необхідно перевірити:

1. Відшвартовку лопат.
2. Герметичність шарнірів і гідродемпферів.
3. Рівень масла АМГ-10 в компенсаційному бачку гідродемпферів.
Рівень масла повинен бути між червоною міткою на плексигласовому ковпаку й корпусом бачка.
4. Стан елементів втулки. Корозія, деформація й тріщини не допускаються.
5. Стан контровки з'єднань втулки.
6. Відсутність зрізу шпонок пальців горизонтальних і вертикальних шарнірів. По червоних мітках на проміжній скобі й пальці шарніра.
7. Відповідність сорту масла в шарнірах температурі зовнішнього повітря. По запису в бортжурналі.

8. Відсутність льоду й снігу на лопатах.
9. Стан обшивки, триммерних пластин, нагрівальних елементів ПОС і кінцевих обтічників лопат.
10. Герметичність лонжеронів лопат. При виході червоного ковпачка сигналізатора пошкодження лонжерона виконання польоту забороняється.

З появою червоного пасака візуального сигналізатора пошкодження лонжерона необхідно перевірити герметичність вентиля й справність сигналізатора. Для чого необхідно виміряти тиск у лонжероні й зрівняти його з тиском визначеним за графіком у Регламенті технічного обслуговування вертольота. Заміряний тиск повинне бути на $0,15 \text{ кг/см}^2$ більше тиску спрацьовування сигналізатора. Якщо тиск усередині лонжерона нижче тиску спрацьовування сигналізатора необхідно автомобільним насосом накачати тиск у лонжероні.

Після накачування запустити двигуни виконати прокручування несучого гвинта із частотою 80% при кроці несучого гвинта $5-6^\circ$ протягом 20 хв.

Після прокручування замірити тиск у лонжероні. Якщо тиск понизився більш ніж на $0,1 \text{ кгс/см}^2$ необхідно перевірити герметичність зарядного вентиля й підтягти його золотник після чого знову виконати прокручування несучого гвинта. Якщо тиск усередині лонжерона знову понизитися більш ніж на $0,1 \text{ кгс/см}^2$ - замінити лопать.

У польоті й на землі необхідно контролювати обороти несучого гвинта:

1. Максимально припустимі обороти несучого гвинта по показчику протягом необмеженого часу становлять 84% при польоті із працюючими двигунами, 88% при польоті на режимі самообертання несучого гвинта з виключеними або працюючими на малому газі двигунами.

Дозволяється короткочасне збільшення оборотів несучого гвинта до 86% на час не більше 30 сек. у польоті із двигунами, що працюють на режимах вище малого газу, і до 92% на час не більше 5 сек. у польоті з виключеними або працюючими на малому газі двигунами.

2. Мінімально припустимі обороти несучого гвинта по показчику становлять:

- 78% на основних режимах польоту;
- 77% на прохідних режимах польоту;
- 76% на зльоті (короткочасно на час не більше 15 сек.)
- 70-74% (короткочасно) у випадку відмови одного двигуна.

При виконанні посадок з коротким пробігом допускається на малій висоті біля землі, безпосередньо перед приземленням з підривом кроку несучого гвинта, падіння обертів Н.В. до 65% при посадці з одним непрацюючим двигуном і до 60% при посадці двома непрацюючими двигунами.

3. Для підвищення надійності роботи муфт вільного ходу забороняється на режимі малого газу тривала робота вертольота на

оборотах несучого гвинта рівних 54-75%. Обороти 54-75% повинні бути перехідними із тривалістю переходу не більше 20 сек. Якщо при нижньому положенні важеля "КРОК-ГАЗ" і лівій корекції не забезпечуються необхідні обороти несучого гвинта необхідно збільшуючи крок НГ але не більш ніж до 2,5° по УШВ знизити обороти НГ не менше ніж 54%, режим малого газу при цьому зберігати за допомогою важелів роздільного керування двигунами.

Перед збільшенням режиму роботи двигунів з малого газу до крейсерського, номінального або злітного перемістити важіль " КРОК-ГАЗ" у нижнє положення, збільшення режиму роботи плавним поворотом корекції вправо до упору з наступним збільшенням загального кроку.

4. Усунення несоконусності несучого гвинта виконувати на оборотах НГ рівних 63-64%.

5.8. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Кермовий гвинт створює силу тяги для зрівноважування реактивного моменту несучого гвинта, а також для шляхового керування вертольотом. Він складається із втулки із загальним горизонтальним шарніром і двох лопатей. Вісь горизонтального шарніра розташована під кутом 60° до осі лопат, що дає зменшення махового руху лопаті, аналогічне дії компенсатора змаху величиною 0,577.

Лопаті кермового гвинта суцільнометалевої конструкції мають електротеплову протилідову систему.

5.9. ОСНОВНІ ДАНІ КЕРМОВОГО ГВИНТА

Діаметр гвинта 2,7 м

Частота обертання 1445 об/хв

Маса гвинта 22,25 кг

Маса лопаті 4 кг

Кути установки лопаті:

- максимальний +20°

- мінімальний -10°

Змащення шарнірів ЦИАТИМ-201.

5.10. ВТУЛКА КЕРМОВОГО ГВИНТА

Втулка кермового гвинта складається з наступних основних елементів:

- маточина втулки;
- загального горизонтального шарніра;
- двох осьових шарнірів;
- важелів повороту лопат;
- повідця.

Маточина втулки являє собою порожню циліндричну деталь, виконану з високолегованої сталі. Маточина втулки шістьма болтами кріпиться до фланця валу хвостового редуктора. На зовнішні шліци маточини встановлюються фторопластове кільце (обмежник змаху лопат) і траверсу.

Загальний горизонтальний шарнір утворений з'єднанням траверси й коромисла. Роликові конічні підшипники горизонтального шарніра встановлені на двох цапфах траверси.

Осьовий шарнір утворюють цапфа коромисла й корпус осьового шарніра, що встановлюється на цапфі на двох голчастих підшипниках. Цапфи коромисла нахилені до площини обертання гвинта під кутом 1° , так що кінці лопат наближені до фланця хвостового редуктора.

Відцентрова сила від лопати сприймається пластинчастим торсіоном, один кінець якого закріплений у коромислі, а інший - у корпусі осьового шарніра. Торсіни мають по 29 пластин із титану В-14 товщиною 0,9мм кожна.

До корпусу осьового шарніра кріпиться противага, що зменшує шарнірний момент лопаті а, отже, і зусилля на педалях. При руйнуванні проводки керування кермовим гвинтом він установлює лопать на кут $+5^\circ$, що спрощує пілотування вертольота.

Важіль повороту лопаті одним кінцем кріпиться до корпусу осьового шарніра, а іншим за допомогою тяги шарнірно з'єднується з повідцем кермового гвинта.

Повідець служить для зміни кроку кермового гвинта. Він жорстко кріпиться до повзуна, що поступально переміщається по внутрішніх шліцах маточини. Повзун через дворядний шарикопідшипник з'єднується зі штоком черв'ячного механізму управління кроком кермового гвинта.

5.11. ЛОПАТЬ КЕРМОВОГО ГВИНТА

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

- лонжерона;
- нагрівальних елементів протиліодової системи;
- хвостового відсіку;
- кінцевого обтічника.

Лонжерон - основний силовий елемент лопаті - виготовляється із пресованого дюралюмінієвого профілю. В комлевій частині лонжерон має два вушка для кріплення лопаті до корпусу осьового шарніра.

Нагрівальні елементи протиліодової системи розташовані на носовій частині лонжерона по всій довжині лопаті й на 20% по хорді. Для ізоляції вони уклеєні між шарами склотканини, а для захисту від абразивного зносу покриті листовою гумою й обкуттям з нержавіючої сталі.

Хвостовий відсік приклеєний до лонжерона й складається зі стільникового блоку, обшивки з алюмінієвого сплаву АВТ-1 товщиною 0,3 мм, хвостового стрингера й кінцевої нервюри.

Кінцевий обтічник на заклепках кріпиться до кінцевої нервюри.

5.12. ЕКСПЛУАТАЦІЯ КЕРМОВОГО ГВИНТА

При огляді кермового гвинта необхідно перевірити:

1. Стан контровки з'єднань втулки.
2. Відсутність корозії, деформації й тріщин на елементах втулки.
3. Відсутність льоду й снігу на лопатях.
4. Стан обшивки й кінцевих обтічників лопат.
5. Стан нагрівальних елементів на лопатях.
6. Кріплення й стан гумових протекторів і сталевих обкуть на лопатях.