

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

**Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки**

**ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

**з навчальної дисципліни  
«Аеродинаміка, конструкції і системи вертольотів»  
обов'язкових компонент  
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти**

**Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів**

**за темою 10 - Трансмісія вертольотів**

**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 30.08.2021 р. № 1

**Розробник:**

1. Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки Дерев'янка Іван Григорович
2. Викладач циклової комісії аеронавігації Ножнова Марина Олександрівна
3. Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки Копичко Руслана Русланівна

**Рецензенти:**

1. Кандидат технічних наук, доцент Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського Павленко Олександр Володимирович.
2. Викладач циклової комісії аеронавігації Кременчуцького льотного коледжу Харківського університету внутрішніх справ, викладач-методист, к.т.н., с.н.с Тягній В.Г.

### **План лекції**

1. Призначення, вимоги, складові частини и принципові схеми трансмісії вертольотів.
2. Призначення, типи, кінематичні схеми, змашування, будова, принцип дії и галузь використання головного редукторів вертольотів.
3. Призначення, кінематичні схеми, змашування, охолодження, кріплення проміжного та хвостового редукторів.
4. Призначення, будова и принцип дії муфти вільного ходу.
5. Призначення и будова валів трансмісії.

### **Рекомендована література:**

#### **Основна:**

1. Глаголев А.Н. "Основи конструкції вертольотів", М, 1972 р. - 373 с.
2. Далін В.А. "Конструкція вертольотів". М.: Машинобудування, 1971 - 269 с.;

#### **Допоміжна:**

3. Бойко А.П., Мамлюк О.В., Терещенко Ю.М. «Конструкція літальних апаратів», К.: Вища освіта, 2001. - 383 с.
4. Володко А.М., Литвинов А.Л. "Основи конструкції та технічної експлуатації одногвинтових вертольотів", М., Воєніздат, 1986.
5. Голего О.М., Ігнатович С.Р., Кисляков В.В. "Системи керування повітряних суден: Конспект лекцій. - К.: НАУ, 2003. - 116 с.

#### **Інформаційні ресурси в Інтернеті:**

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

### **Текст лекції**

#### **1. 1. Призначення, вимоги, складові частини и принципові схеми трансмісії вертольотів**

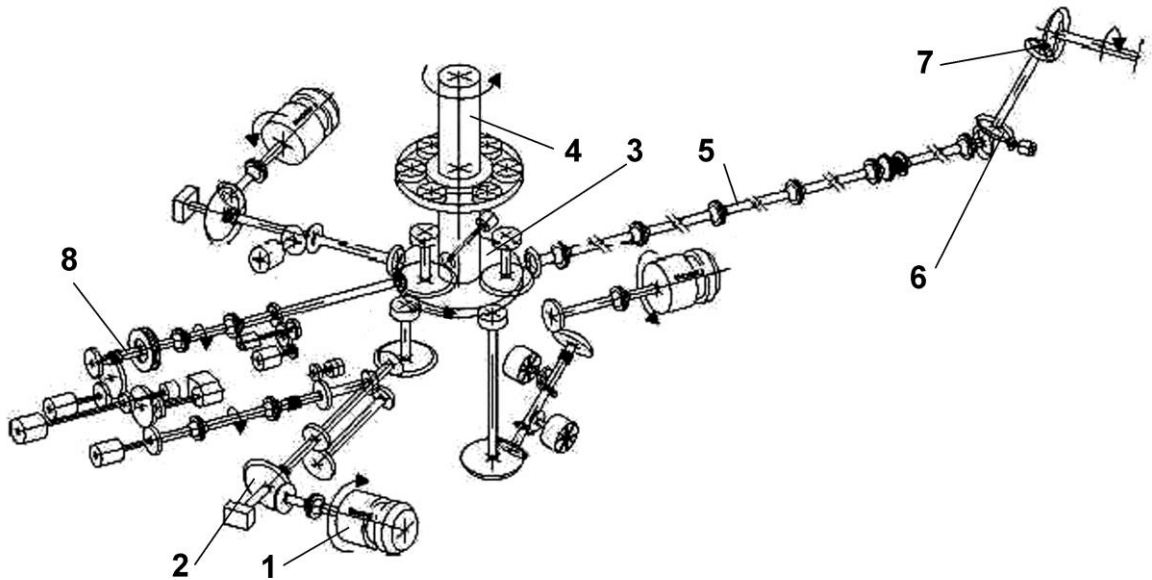
Трансмісія забезпечує передачу крутного моменту від двигуна до несучих, рульовим гвинтів і допоміжним агрегатів.

В трансмісію входять наступні основні елементи:

- головний редуктор;
- редуктори двигунів;
- проміжні редуктори;
- хвостовий редуктор;
- муфти включення зчеплення і вільного ходу;
- тормози несучих гвинтів;
- Вал;
- з'єднання валів (кардани, шліцьові і еластичні муфти);
- опори валів з амортизаторами;
- системи кріплення редукторів.

Схема трансмісії визначається схемою вертольота, числом, типом і розташуванням двигунів. На малюнку 1 представлена схема трансмісії одногвинтового вертольота ЕН101 з трьома газотурбінними двигунами.

Потужність двигунів 1 передається через кутові редуктори, головному редуктору 3, звідки вона розподіляється на несучий гвинт 4, рульовий гвинт і на привід інших агрегатів. Подовжений хвостовий вал 5 на заклепках окремих ділянок має муфти, що дозволяють здійснювати не тільки кутові, але і поздовжні переміщення вала.



Малюнок 1. Схема трансмісії вертольота EH101:

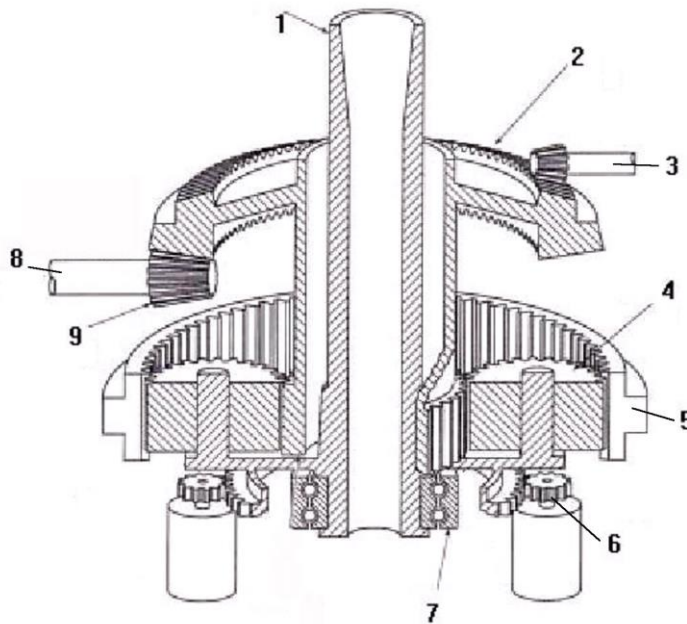
1 - двигуни, 2 - кутові редуктори, 3 - головний редуктор, 4 вал несучого гвинта, 5 - трансмісійний вал, 6 - проміжний редуктор, 7 - хвостовий редуктор, 8 - додаткові приводи

## 2. Призначення, типи, кінематичні схеми, змащування, будова, принцип дії и галузь використання головного редукторів вертольотів

Редуктори призначені в основному для зміни частоти обертання на шляху від двигуна, до несучого і рульового гвинта. Наявність втрат потужності в редукторах призводить до нагрівання їх деталей, особливо шестерних передач. За допомогою мастила тепло відводиться до стінок картера редуктора і розсіюється в атмосферу. При невеликій потужності, що передається, невеликих втратах в передачі, хорошому обребрені зовнішніх стінок картера і належну циркуляцію повітря навколо картера спеціальної системи охолодження не потрібно. Однак, зі збільшенням потужності, що передається, кількість тепла, яке потрібно відводити, настільки зростає, що доводиться використовувати спеціальну систему охолодження, що включає в себе вентилятори, заборники повітря, радіатори, фільтри, насоси, системи управління.

**Головний редуктор** призначений для передачі крутного моменту від двигуна на вали несучих і кермового гвинтів і забезпечення приводу допоміжних агрегатів (малюнок 2). Головні редуктори зазвичай мають велике передавальне відношення, обумовлене малою частотою обертання несучого гвинта і великою частотою обертання вільної турбіни двигуна. Вони кріпляться

до силових шпангоутів фюзеляжу, які передають на фюзеляж сили і моменти, які сприймаються картером редуктора.



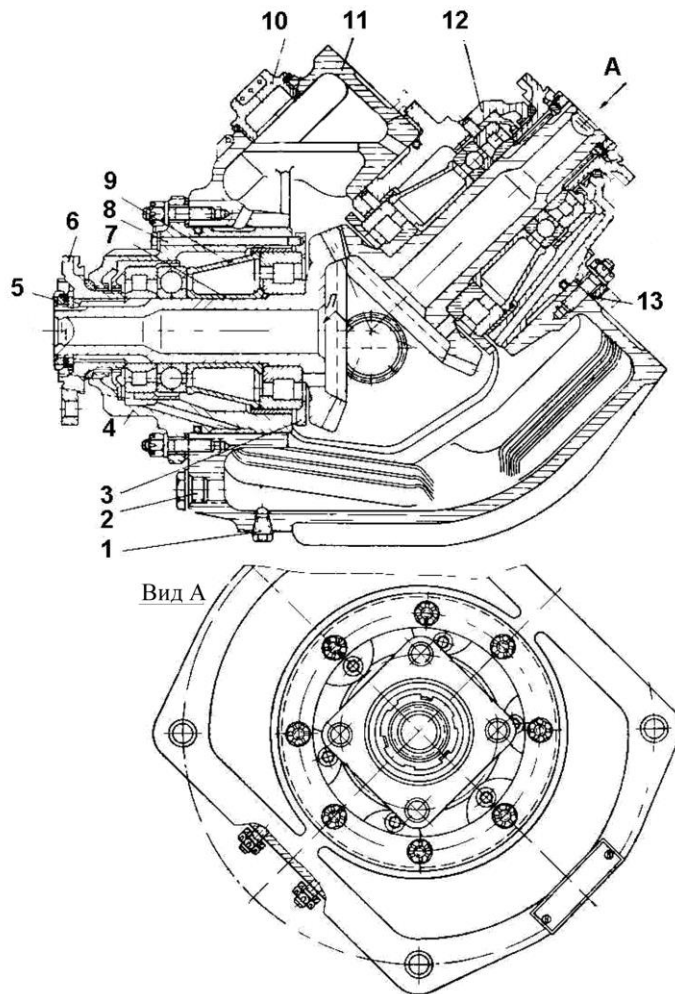
Малюнок 2. Схема головного редуктора вертольота UH60:

1 - вал несучого гвинта, 2 - конічний зачеплення, 3 - вихід трансмісійного вала, 4 - планетарне зачеплення, 5 - стаціонарна шестерня, 6 - привід масляного насоса, 7 - підшипник, 8 - вхід від кутових редукторів (від двигунів), 9 - конічний зачеплення

Редуктор зазвичай має незалежну від двигунів масляну систему, що приводиться в дію за допомогою шестерних масляних насосів. Насоси містять два ступені: нагнітаючу і відкачувати. На виході з нагнітаючої ступені масляного насоса розташовані масляний фільтр і редуктор тиску, що обмежує тиск масла в маслосистемі редуктора. Нагріте масло з редуктора надходить в маслорадіатор, де охолоджується до необхідної температури. У маслоотстойник масло з радіатора надходить за допомогою відкачує ступені масляного насоса. Корпус маслоотстойника має всередині перегородку, призначену для поділу областей холодного і гарячого масла. У днище корпусу маслоотстойника розташований магнітна пробка для уловлювання сталевих частинок, які потрапили в масло.

### **3. Призначення, кінематичні схеми, змащування, охолодження, кріплення проміжного та хвостового редукторів**

**Проміжний редуктор** призначений для зміни напрямку приводу. Така зміна забезпечується парою конічних зубчастих коліс, передавальне відношення яких зазвичай близько до одиниці. Приклад проміжного редуктора показаний на малюнку 3.



Малюнок 3. Проміжний редуктор:

1 - пробка, 2 - заглушка, 3 - фланець кріплення роликового підшипника, 4 - стакан ведучого зубчастого колеса, 5 - гайка, 6 - шліцьовий фланець, 7 - внутрішня розпірна втулка, 8 - болт, 9 - зовнішня розпірна втулка, 10 - суфлер, 11 - картер, 12 - стакан веденого зубчастого колеса

У картер редуктора вставлені опори ведучого і веденого зубчастих коліс. У верхній частині картера знаходяться отвори для суфлера і масломірного лінійки, в нижній його частині встановлюється датчик температури масла. У самому низу картера зазвичай розташований зливний отвір, що закривається пробкою.

Зусилля від кожного зубчастого колеса сприймаються трьома підшипниками: два роликів сприймають тільки радіальне навантаження, а третій радіально-завзятий тільки осьову навантаження. Підшипниковий вузол затягується гайкою 5 через розпірну втулку 7 і фланець 6, встановлений на шліцах хвостовика шестерні. Щоб уникнути течі масла уздовж валів їх висновки захищені лабіринтовими ущільненнями, які вживають запобіжних засобів від попадання пилу сальниками, просоченими графітової змазкою.

На легких і середніх вертольотах в проміжному редукторі застосовується мастило розбризкуванням (барботажна). Провідне зубчасте колесо, обід якого частково занурений в масло, при обертанні створює в картері редуктора

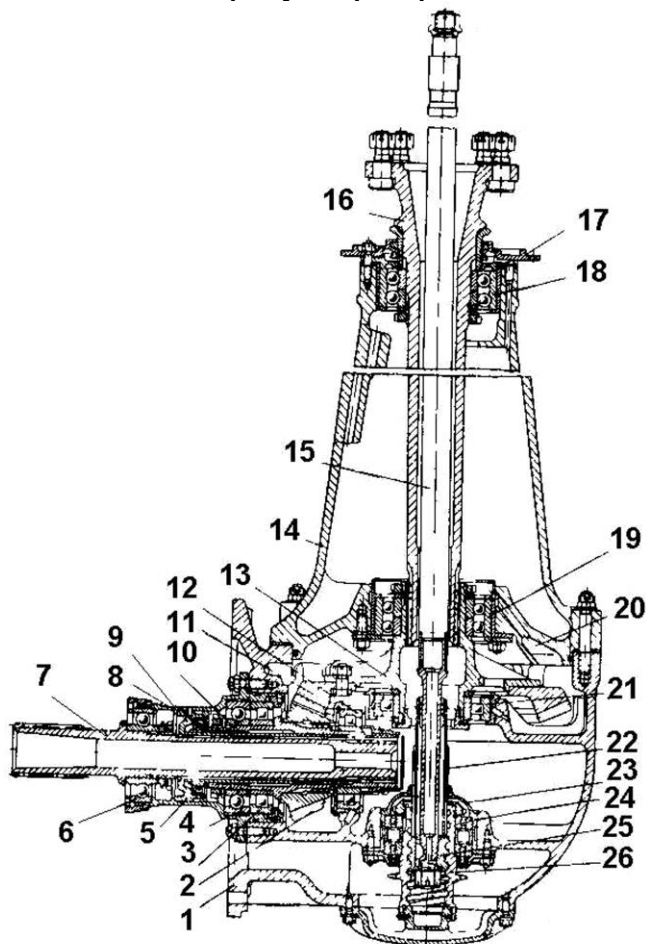


масляну емульсію, що забезпечує мастило зубів коліс. Для контролю рівня масла у верхній частині редуктора є масломірний лінійка.

Розташування проміжного редуктора всередині кінцевої балки ускладнює його охолодження. Для поліпшення його охолодження картер редуктора оребрено не тільки зовні, але і зсередини. У верхній частині редуктора встановлений суфлер 10 для стравлювання надлишкового тиску повітря. Суфлер складається з ряду лабіринтових ходів, які перешкоджають витоку назовні масла в разі піноутворення. У голівці суфлера встановлюються сітчасті шайби з прокладками між ними, які оберігають редуктор від проникнення в нього пилу при вході повітря ззовні.

На важких вертольотах проміжний редуктор має основну систему з примусовою подачею масла і дублюючу - барботажну масляну систему, що забезпечує мастило підшипників в разі відмови основної маслосистеми. Відведення тепла від картера забезпечується за допомогою вентилятора.

**Хвостовий редуктор** призначений для обертання хвостового гвинта з потрібним числом оборотів. Обертання здійснюється парою конічних зубчастих коліс. Один з варіантів хвостового редуктора представлений на малюнку 4.



Малюнок 4. Хвостовий редуктор:

1 - картер редуктора, 2 - провідне зубчасте колесо, 3 - підшипник роликовий, 4 - підшипник кульковий, 5 - гільза ущільнювальна, 6 - підшипник кульковий, 7 - вал ведучий, 8- стакан підшипників ведучого зубчастого колеса, 9 - манжета

гумова армована, 10 - втулка ведучого зубчастого колеса, 11-ведене зубчасте колесо, 12 - підшипник роликовий, 13 - маточина веденого зубчастого колеса, 14 - кришка картера, 15 - шток управління кроком лопатей, 16- вал ведений, 17 - кришка лабіринтового ущільнення, 18, 19 - підшипник кульковий, 20 - карман-уловлювач масла, 21 - підшипник роликовий, 22 - гільза шліцьова, 23 - стакан підшипників штока, 24 - підшипник кульковий, 25 - черв'як штока, 26 - корпус зірочки управління кроком лопатей

Картер має три циліндричні розточення, в які встановлюються стакан з провідним зубчастим колесом, кришка з веденим зубчастим колесом і вузол штока управління хвостовим гвинтом. Провідне зубчасте колесо 5 насаджено за допомогою шліц на порожнистий вал. Верхня частина вала ведучого зубчастого колеса з'єднана шлицями з провідним валом 7 хвостового редуктора. Цей вал, крім шліц, спирається на кульковий підшипник 6. На іншому кінці вала також є шліци, на які надівається кінцевий вал. Ведений вал хвостового редуктора закріплений в двухрядном кульковому підшипнику і з'єднується з маточиною веденого зубчастого колеса також за допомогою шліц. До фланця зовнішнього кінця веденого вала кріпиться втулка рульового гвинта.

Масило в хвостових редукторах аналогічна мастилі в проміжних редукторах.

#### **4. Призначення, будова и принцип дії муфти вільного ходу**

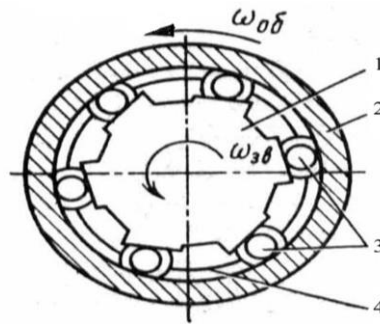
**Муфти.** Трансмісія вертольота може мати муфти включення, зчеплення і вільного ходу. Іноді можна зустріти комбіновані муфти, які виконують кілька функцій.

**Муфти включення,** якщо вони не є одночасно і муфтами зчеплення, розраховуються на передачу невеликого крутного моменту при малій частоті обертання несучого гвинта і мінімальному куті установки лопатей. Муфти включення бувають фрикційні, які приводяться в дію ручним керуванням, або автоматичні, що виробляють включення при певній частоті обертання двигуна. Найчастіше муфта включення виконується в одному агрегаті з муфтою зчеплення, яка з'єднує двигун з трансмісією після того, як муфта включення перестав прослизати і несучий гвинт досягає потрібної частоти обертання. Найчастіше муфти зчеплення і включення використовуються на вертольотах з поршневи́ми двигунами, однак останнім часом іноді їх встановлюють на літальні апарати з газотурбінними двигунами.

Муфта вільного ходу (обгону муфта) перериває зв'язок непрацюючого двигуна з обертовим гвинтом. Вимкнення муфти відбувається автоматично, коли число оборотів зірочки стає меншою від кількості оборотів зовнішньої обойми. Це дозволяє вертольоту здійснювати політ з одним вимкненим двигуном і на режимі авторотації НЕ обертаючи непрацюючу силову установку.

Муфта вільного ходу представлена на малюнку 5 складається з зовнішньої обойми 2 і зірочки 1, між якими розташований сепаратор 4 з циліндричними роликами 3.





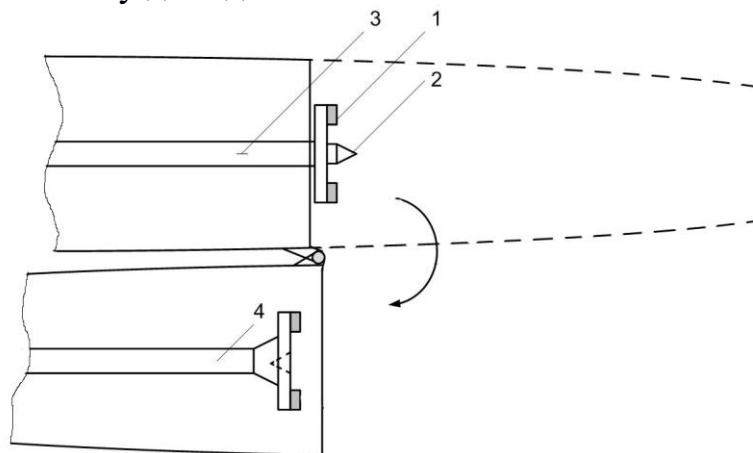
Малюнок 5. Схема муфти вільного ходу:

1 - зірочка, 2 - обойма, 3 - ролики, 4 - сепаратор

Сепаратор служить для запобігання перекосів роликів щодо робочих поверхонь зірочки і зовнішньої обойми, а також для забезпечення одночасного включення всіх роликів. У муфті вільного ходу провідною деталлю є зірочка, пов'язана з валом вільної турбіни, а відомою - зовнішня обойма, пов'язана з вхідним валом редуктора.

Муфта вільного ходу включається автоматично при обертанні зірочки за годинниковою стрілкою в результаті заклинювання роликів між робочими поверхнями зірочки і внутрішньою поверхнею зовнішньої обойми при зрівнянні частот обертання зірочки і зовнішньої обойми. Робочі поверхні зірочки і зовнішньої обойми виконані з невеликим конусом, для кращого розподілу навантаження на ролики, при деформації обойми під навантаженням.

**З'єднувальна муфта.** У разі застосування одногвинтових вертольотів в якості корабельних, їх хвостова балка складається вперед шляхом повороту щодо вертикальної осі (рисунок 6). Трансмісійний вал при цьому розділений, і має пристрій для підключення, що складається з направляючого конуса 2 і зубчастого вінця 1 на передній частині 3 і відповідного вінця на задній частині вала. При поверненні вала в робочий стан, конус, потрапляючи в отвір забезпечує центрування вала. Зубчасті вінці при цьому передають потужність від передньої частини вала до задньої.



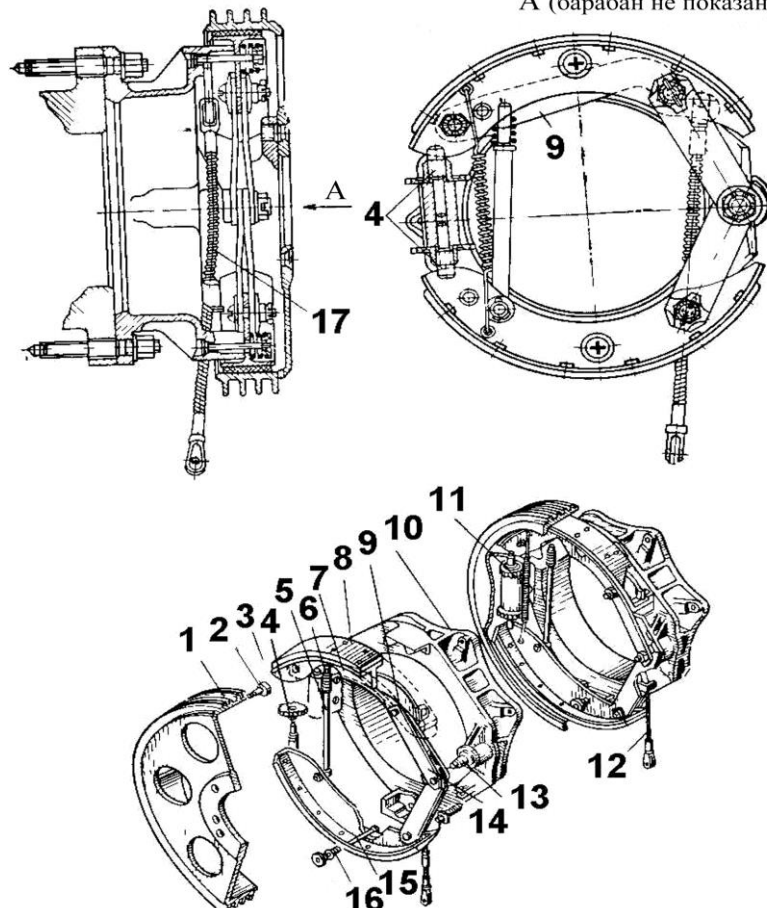
Малюнок 6. Схема розстикування трансмісійного вала на корабельних одногвинтових вертольотах (вид зверху):

1 - зубчастий вінець, 2 - направляючий конус, 3 - передня частина трансмісійного вала, 4 - задня частина трансмісійного вала

**Гальма несучого гвинта.** У більшості вертольотів в систему трансмісії введений гальмо з метою більш швидкої зупинки несучого гвинта і запобігання розкручування його на стоянці. Управління гальмом здійснюється з кабіни льотчика.

На малюнку 57 зображено фрикційне гальмо, розміщений на приводі хвостового гвинта на виході з головного редуктора.

А (барабан не показан)



Малюнок 7. Гальмо несучого гвинта:

1 - барабан гальма, 2 - гвинт разжимного важеля гальма, 3 - маховичок регулювання гальма, 4 - регулювальний гвинт, 5 - розпирний стрижень, 6 - пружина стрижня, 7 - гальмівна колодка, 8 - фрикційна накладка, 9 - разжимной важіль, 10 - кронштейн гальма, 11 - стяжна пружина, 12 - трос управління гальмом, 13 - зав'язаний палець колодок, 14 - ланка колодки гальма, 15 - стрижень притискної чашки, 16 - пружина стрижня, 17 пружина троса управління гальмом

Гальмо - колодкового типу, з механічним управлінням за допомогою троса. Кронштейн 10 гальма кріпиться до корпусу головного редуктора. За допомогою пружини 11 колодки з прикріпленими до них фрикційними накладками притискаються до кронштейну. Гальмування здійснюється притисненням фрикційних колодок до гальмового барабана 1, який кріпиться до фланця хвостового вала. Передача гальмівного моменту з фрикційних колодок на забитий в кронштейні зав'язаний палець 13 здійснюється шарнірними ланками 14, що підтримують гальмівні колодки з одного кінця. Іншими кінцями колодки

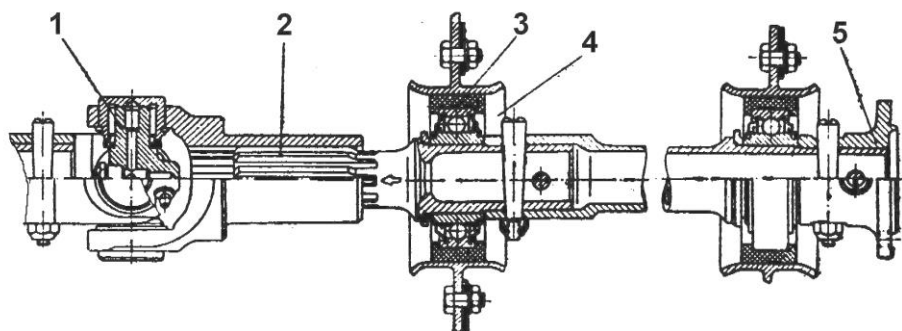
входять в пази регулювальних гвинтів 4. Підвіска колодок на шарнірних ланках дає їм можливість самовстановлюється щодо барабана і забезпечує їх рівномірне спрацьовування. Притиснення колодок до барабана здійснюється системою важелів і тяг. Трос 12 тягне за гачок разжимного важеля 9, який укріплений шарнірно на одній з колодок. При повороті разжимного важеля навколо гвинта розпірний стрижень 5 притискає нижню колодку до барабану гальма. Коли колодка притискається до барабану, важіль 9 починає повертатися навколо верхнього кінця розпірного стержня 5, притискаючи до барабану верхню колодку. Правильне розташування розпірного стержня щодо важеля забезпечується пружиною 6, що входить у виріз важеля.

Коли трос не натягнутий, він притискається пружиною 18, а колодки відтягуються від барабана стягнутий пружиною 11. При цьому стягування колодок відбувається до їх упору в пази регулювальних гвинтів 4.

## 5. Призначення и будова валів трансмісії

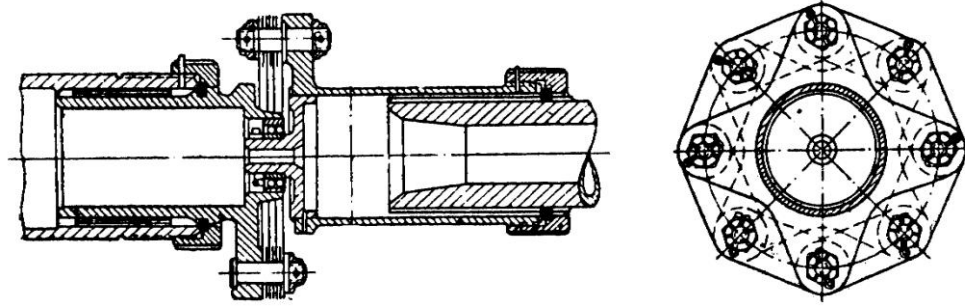
**Трансмісійний вали.** Вали, що з'єднують двигун з редуктором несучих гвинтів або редуктор несучого гвинта з хвостовим редуктором мають велику частоту обертання (зазвичай 1-3 тисячі оборотів в хвилину). На малюнку 8 наведено варіант елемента хвостового вала. Вал спирається на підшипники кочення вимагають мастила і постійного контролю. Опори доцільно амортизувати гумовими втулками на болтах, що кріплять обойми, або гумовими кільцями в обіймах підшипників, для того щоб можливі биття валів не передавались на конструкцію вертольота.

Так як хвостова балка, вздовж якої проходить трансмісійний вал, може деформуватися в процесі польоту вал повинен витримувати кутові і лінійні переміщення. Для цього зазвичай вали робляться розрізними, а з'єднання валів виконуються у вигляді шлицьових муфт, карданів, пружних і еластичних муфт. Приклад пружної муфти показаної на малюнку 9 складається з набору гнучких металевих пластин, закріплених однією стороною до ведучого валу, а інший до веденого.



Малюнок 8. Елементи хвостового вала:

1 - карданне з'єднання, 2 - шлицевое телескопичне з'єднання, 3 - гумова прокладка, 4 - проміжна опора, 5 - з'єднувальний фланець



Малюнок 9. Установка пружної муфти на трансмісійний вал

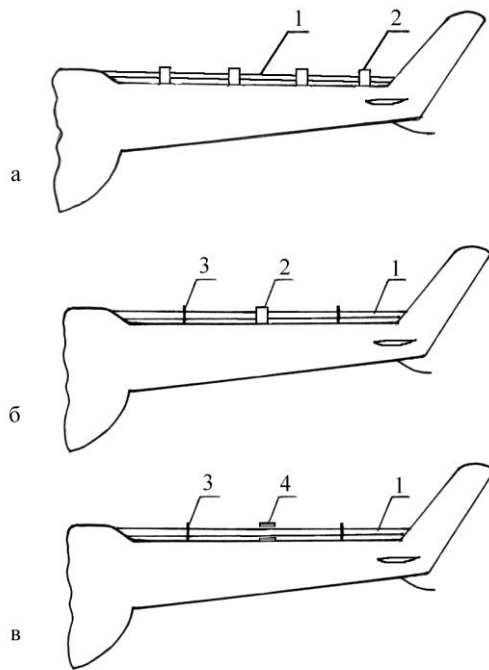
За співвідношенням власних і вимушених частот коливань трансмісійні вали поділяються на докритичний і сверхкритические. На докритичних валах частота обертання нижче резонансної частоти. Протягом тривалого часу в вертольотобудуванні застосовувалися тільки такі трансмісійні вали. На сучасних вертольотах все частіше використовують сверхкритические вали. Вони мають велику довжину і внаслідок цього малу жорсткість, що забезпечує низькі частоти власних коливань. В результаті резонансні частоти виявляються нижче робочої частоти обертання і це не призводить до надмірного збільшення амплітуди в польоті. Однак резонанс на валах настає при розкручуванні і гальмуванні несучого гвинта, тому в такій системі обов'язково повинні бути передбачені пристрої для гасіння коливань.

Використання довгих надкритичних валів дозволяє зменшити кількість опор в 2-3 рази, зменшити вагу, спростити обслуговування, підвищити надійність.

На малюнку 10 а, б представлена класична трансмісійна схема з великою кількістю опор і сверхкритический вал, що складається з 2-х окремих відрізків. Для запобігання надмірного биття цього валу на резонансній частоті посередині кожного відрізка встановлені гасителі коливань. Гасителі можуть мати найпростішу конструкцію, наприклад, у вигляді металевих обмежувачів з внутрішнім фторопластовим кільцем.

Крім того, в останні роки ведеться впровадження електромагнітних опор підшипників. Такі опори не вимагають мастила і практично не схильні до зносу. Однак, найважливіше вони практично не дають втрат тертя, які споживають значну частину потужності двигунів.

Ще одним напрямком створення високоефективних трансмісійних валів є застосування пружних валів. Раніше описані конструкції вимагали фізичного поділу відрізків, необхідного для синхронізації деформації вала з деформаціями фюзеляжу. Пружні конструкції мають на увазі можливість кутовий деформації без руйнування. Застосування електромагнітних опор і спеціальних муфт на вході і виході валу дозволяє йому мати поздовжні лінійні переміщення. Комбінація з цими пристроями забезпечує застосування єдиного нерозрізного вала, що володіє низькою вагою і високими експлуатаційними характеристиками (рисунок 10в).

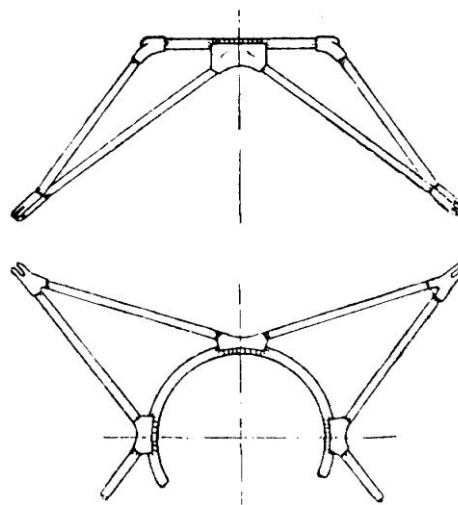


Малюнок 10. Схема «класичного» (а), сверхкритического (б) і пружного сверхкритического (в) трансмісійного вала:

1 - відрізок вала, 2 - опора вала, 3 - гаситель коливань, 4 - електромагнітний підшипник.

**Система кріплення головного редуктора** пов'язує головний редуктор з фюзеляжем вертольота.

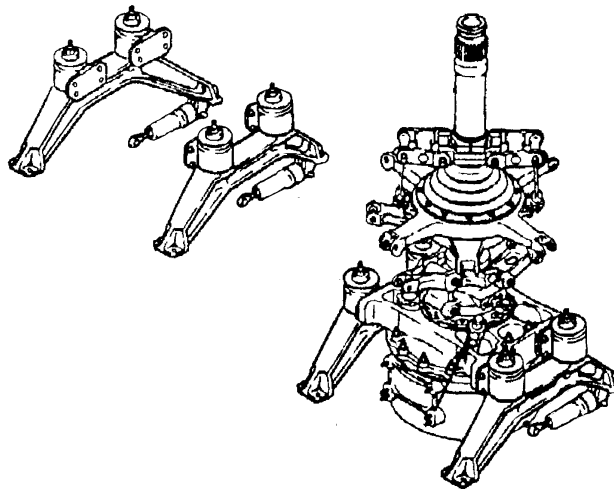
Одним з поширених варіантів кріплення редукторів несучих гвинтів до фюзеляжу є подредукторная рама (малюнок 11), в якій все навантаження передаються через 8 прямолінійних стрижнів. Існує ще кілька способів кріплення головного редуктора. Один з варіантів це кріплення не за допомогою єдиної рами, а за допомогою окремих стрижнів. Тоді їх кількість може бути іншим, наприклад, дорівнює 7.



Малюнок 11. Подредукторная рама



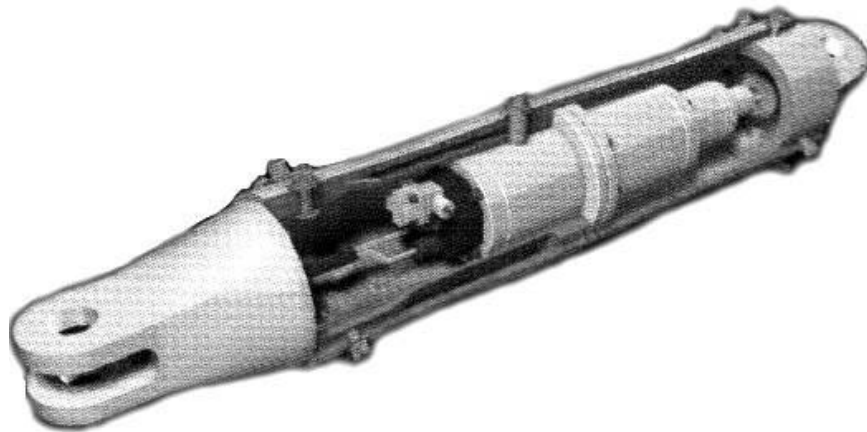
Системи кріплення головного редуктора передають на фюзеляж вібраційні коливання несучого гвинта і редуктора. Високі рівні вібрації позбавляють комфорту пасажирів, збільшують втому екіпажу, знижують надійність і довговічність обладнання. Працюючи над методами зниження цієї вібрації, в світі розроблений цілий ряд способів кріплення редукторів з використанням засобів активної або пасивної віброізоляції. Наприклад, в вузлах кріплення подредукторної рами до фюзеляжу можуть бути встановлені невеликі гумові амортизатори. Більш ефективним способом захисту від коливань є установка головного редуктора на віброізолятори і демпфери (рисунк 12). Однак вібраційний захист за допомогою пасивних засобів виявляється малоефективною при порушенні коливань в області низьких частот, а також при дії вібрації з широким спектром.



Малюнок 12. Кріплення головного редуктора за допомогою системи віброізоляторів і демпферів

Найефективнішим засобом зниження вібрації на борту на сьогоднішній день є використання систем активних опор. В цьому випадку для кріплення головного редуктора використовуються стрижні, які можуть змінювати свою довжину під дією електричного струму (рисунк 13). Така система кріплення редуктора, крім стрижнів містить чутливі елементи і вузли знаходяться. В якості чутливих елементів використовуються датчики, які реєструють вібраційні параметри - акселерометри. Сигнали датчиків використовуються для формування сигналів управління. Керуючий алгоритм обробляє їх і розраховує додаток керуючих зусиль. Після посилення сигнали подаються в активні опори, що створюють керуючий вплив - наприклад піднімають або опускають редуктор в залежності від виду та фази коливань. Таким чином,

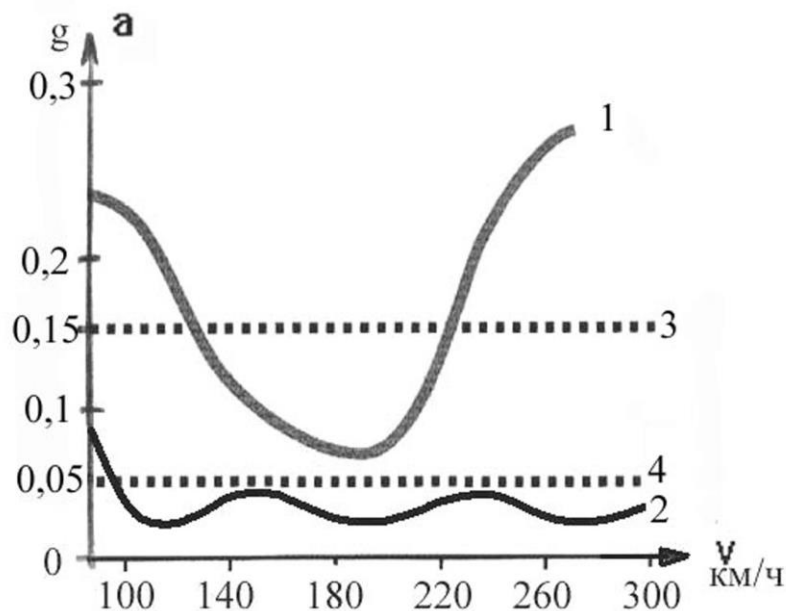




Малюнок 13. Розріз однією з активних опор головного редуктора вертольота ЕН101

В результаті взаємодії вібрації, індукованої опорою з тієї, яка передалася від несучого гвинта, коливання фюзеляжу зменшуються (рисунок 14). Така система опор дозволяє гасити вібрацію на декількох гармоніках в широкому спектрі частот. Однак недоліками її є значна складність конструкції опор і висока вартість.

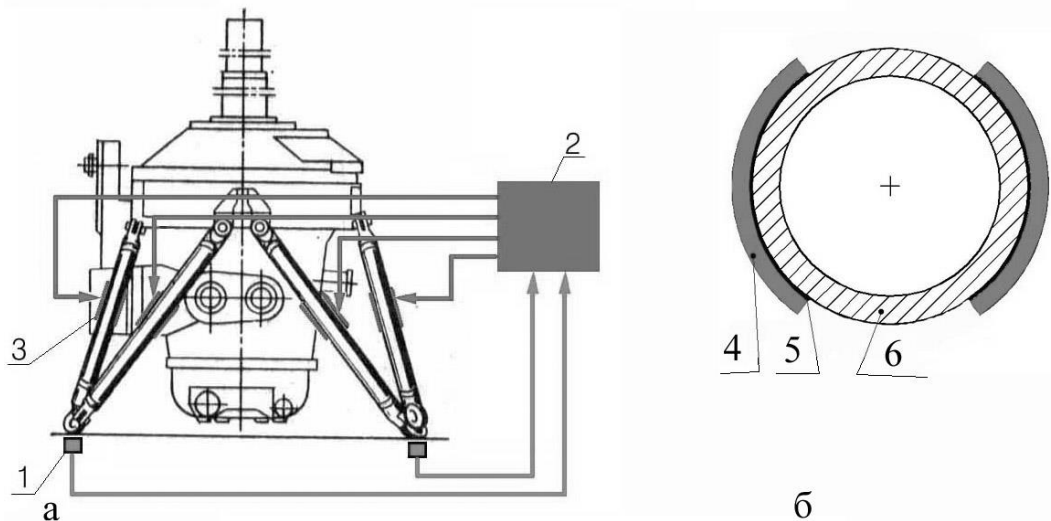
Більш простим варіантом активної системи вібропониження є система зниження шуму. Найбільші шуми також приходять всередину вертольота від редуктора і несучого гвинта у вигляді високочастотної вібрації (1-3 кГц) через опори редуктора.



Малюнок 14. - Вертикальні віброускорення вертольота ЕН101 з включеним віброгасителем і без:

1 - вимкнена система виброгашення, 2 - включена система виброгашення, 3 - зарубіжні військові вимоги, 4 - величина, рекомендована для сучасних цивільних вертольотів

Застосування активних «антишумових» опор дозволяє, наприклад, пасажирам використовувати мобільні телефони без спеціальних навушників. Роботи по впровадженню таких систем ведуться в багатьох країнах світу. Цьому сприяє не тільки простота, але і можливість встановлювати систему на вже існуючий вертоліт, без зміни його конструкції. Система являє собою комплекс вимірювача вібрації, пристрої та активатора (рисунок 15а). Активатор пригнічує коливання, шляхом застосування керуючих силових впливів використовуючи для формування управління результати вимірювання вібрації в опорі. При цьому активатори зазвичай виконуються у вигляді тонкостінних пластин п'єзоелементів приклеєних на типові опори головного редуктора (малюнок 15б). Пластинки викликають мікропереміщення в опорах (близько 0,5 мкм), що є достатнім для зниження шуму проходить від головного редуктора і несучого гвинта. Наприклад, на вертольоті ВК117 опори знижують пікову звукову частоту на 11 дБ.



Малюнок 15. Схема бортовий активної системи зниження шуму вертольота (а) і перетин опори з активатором (б):

1 - трикомпонентний акселерометр, 2 - керуючий блок, 3 - активатори, 4 - п'єзоелектричні пластини, 5 - клейовий шар, 6 - металевий стрижень опори головного редуктора