

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

**Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки**

## **ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

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

**Аеронавігація**

**за темою № 1 - Загальні поняття про конструкцію повітряних суден.**

**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 №1

**Розробник:**

1. Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Дерев'янка Іван Григорович

**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. Класифікація повітряних суден.
2. Класифікація вертольотів за конструктивними ознаками.
3. Історія і перспективи вертольотобудування.
4. Вимоги, що пред'являються до конструкції вертольотів.

### **Рекомендована література:**

#### **Основна література:**

1. Бойко А.П., Мамлюк О.В., Терещенко Ю.М. «Конструкція літальних апаратів», К.: Вища освіта, 2001. – 383 с.
2. Голего О.М., Ігнатович С.Р., Кисляков В.В. «Системи керування повітряних суден: Конспект лекцій. – К.: НАУ, 2003. – 116 с.

#### **Допоміжна література:**

3. Володко А.М., Литвинов А.Л. "Основи конструкції і технічної експлуатації одногвинтових вертольотів", М., Машинобудування, 1996 - 252 с.
4. Глаголев А.Н. "Основи конструкції вертольотів", М, 1992 - 373 с.
5. Далін В.А. "Конструкція вертольотів". М.: Машинобудування, 1971 – 269 с.

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

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

## Текст лекції

## 1. Класифікація повітряних суден

Політ літального апарата заснований на подоланні гравітаційної сили (сили ваги)  $\vec{G} = m\vec{g}$ , де  $\vec{G}$  – сила земного тяжіння, Н;  $m$  – маса тіла, що летить, кг;  $g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.

Сила, що переборює силу ваги, називається **підйомною силою**. У **рівномірному горизонтальному сталому польоті** підйомна сила урівноважує силу ваги ( $\vec{F} = -\vec{G}$ ).

**Принцип польоту** обумовлюється тим, яким способом і за рахунок чого

створюється підйомна сила. У цей час технічне значення мають наступні принципи польоту:

- **аеростатичний** – тут сила обумовлюється архімедовою силою, рівній силі ваги витиснутої тілом маси повітря;

- **аеродинамічний** – тут сила визначається реактивною силою за рахунок відкидання вниз частини повітря, що обтікає тіло при його русі, тобто визначається силовим впливом повітря на тіло, що рухається. При польоті в атмосфері крім сили ваги доводиться переборювати **силу опору зовнішнього середовища**. Силу, що переборює опір зовнішнього середовища, називають **силою тяги (тягою)**. У рівномірному горизонтальному сталому польоті сила тяги урівноважує силу опору середовища ( $\vec{F} = -\vec{P}$ ). Силу тяги, як і піднімальну силу, можна створювати різними способами.

Відповідно до реалізованого принципу польоту (способом створення підйомної сили) літальні апарати діляться на два класи:

- літальні апарати легше повітря (реалізують аеростатичний принцип польоту);

- літальні апарати важче повітря (реалізують аеродинамічний принцип польоту).

Пересування в повітрі на апаратах легше повітря називається повітроплаванням, а апарати, на яких здійснюється політ - аеростатами й дирижаблями.

Французи, брати Жозеф і Етьєн Монгольф'є, розробили конструкцію теплової повітряної кулі, що 5 червня 1783 року випустили в політ. У серпні того ж року в Парижі відбувся перший політ водневої кулі. Практичне застосування літальних апаратів легше повітря відноситься до початку ХХ століття. У Німеччині в 1900 році почав будівлю дирижаблів широко відомий згодом конструктор цих апаратів Цепелін. Літальні апарати легше

повітря застосовувалися для транспортних цілей, а також як засіб військової розвідки й нападу. У першу світову війну ці літальні апарати знайшли широке застосування, тому що вони перевершували літаки по вантажопідйомності, висоті й дальності безперервного польоту. У наступні роки, коли розвиток авіації значно змінив характеристики літаків, питаннями використання й будівництва дирижаблів стали цікавитися менше.

У цей час аеростати застосовуються для наукових досліджень атмосфери, випробування різного авіа обладнання і для спортивних цілей.

### ***Устрій аеростатів і дирижаблів.***

Аеростат - літальний апарат легше повітря; для створення підйомної сили оболонка аеростата наповнюється газом з питомою вагою меншою, чим питома вага повітря.

Аеростати діляться на керовані й некеровані, останні звичайно називаються дирижаблями. Некеровані у свою чергу діляться на вільні й прив'язні.

Дирижабль складається з корпусу, оперення й гондоли. Дирижаблі діляться на м'які - мають кільову ферму знизу; тверді і напівтверді - мають каркас, усередині якого встановлені газові балони.

Дирижаблі можуть довго знаходитися в повітрі. Це може використовуватися для спостереження за певними районами.

До літальних апаратів важче повітря відносяться: планери, літаки, ракети, вертольоти, автожири, гвинтокрили, орнітоптори й ін.

**Планер** являє собою апарат важче повітря, який немає двигуна, підйомну силу якого створює нерухливе щодо корпусу крило. Рух планера вперед створюється дією складової сили ваги.

Зліт планера може провадитися за допомогою гумового амортизатора, лебідки, на барабан якої намотується трос, прикріплений до планера, або за допомогою літака - буксировщика. Під час запуску планер набирає швидкість, достатню для підтримки його в повітрі. Надалі, щоб не втратити швидкість і не впасти, пілот повинен опустити ніс планера, що викликає появу сили, спрямованої по польоті. Набір висоти може бути здійснений тільки з використанням висхідних повітряних мас.

При вмілому керуванні на планері може протриматися в повітрі годинами й пролетіти сотні кілометрів.

Планери застосовуються для підготовки спортсменів - льотчиків, а більші буксировочні планери - для перекидання вантажів і десантників.

**Літак** літальний апарат важче повітря, підйомна сила якого створює нерухоме щодо інших частин апарата крилом при його поступальному

переміщенні в повітрі. Необхідна для польоту літака сила тяги створюється силовою установкою.

Літак завдяки великій швидкості, вантажопідйомності й радіуса дії, надійності в експлуатації, високій маневреності, стійкості й керованості став основним засобом пересування в повітрі. Крім того, що дуже важливо, літак є самим економічним із всіх літальних апаратів важче повітря.

До літальних апаратів важче повітря також належать вертольоти.

**Вертоліт** – літальний апарат важче повітря, підйомна сила й тяга, необхідна для польоту, створюються за допомогою одного або декількох гвинтів, що приводяться в обертання поршневими або газотурбінним двигуном.

Своєрідні й важливі можливості вертольота - робити зліт і посадку по вертикалі, висіти в повітрі й переміщатися в ньому в будь-якому напрямку - визначають надзвичайно високу сферу його використання, як для цивільних, так і для військових цілей.

У порівнянні з літаком вертоліт має істотні недоліки, але вони мають ряд переваг, які сприяють їхньому широкому розповсюдженню. У цей час відома безліч різноманітних конструктивних схем вертольотів, також різноманітні вертольоти по призначенню й розмірам.

**Автожир** – літальний апарат важче повітря, у якого основною несучою поверхнею є ротор – повітряний гвинт, що обертається у вертикальній площині під дією зустрічного потоку.

Автожир має ряд переваг : великий діапазон горизонтальної швидкості; мала довжина розбігу; майже нульовий пробіг при посадці.

Недоліки: - мала вагова віддача;

-труднощі пілотування;

-мала максимальна швидкість.

**Орнітоптер** – літальний апарат важче повітря, у якого підйомну силу й тягу створюють крила, що здійснюють гребні рухи подібно крилам птаха. За останні роки їх створено дуже мало. Але практичного застосування вони не одержали.

## **2. Класифікація вертольотів за конструктивними ознаками**

У цей час відомо безліч різноманітних схем вертольотів. Класифікувати схеми вертольотів можна по всіляких ознаках:

-по виду привода несучого гвинта;

-по кількості несучих гвинтів;

-по розташуванню несучих гвинтів;

-по типі, кількості й розташуванню двигунів;

-по типі шасі;

-по типу фюзеляжу.

По виду привода несучого гвинта вертольоти діляться на вертольоти з механічним і реактивним приводом. Розглянемо вертольоти з механічним приводом. Це вертольоти, привод несучого гвинта яких здійснюється від вала двигуна через редуктор. Двигунами на вертольоті можуть бути поршневі й газотурбінні.

Вертольоти з механічним приводом можна й зручніше усього класифікувати, виходячи з методу компенсації реактивного моменту несучого гвинта. Ця ознака містить у собі й класифікацію по кількості й розташуванню несучих гвинтів.

Розглянемо вертолiт з механічним приводом несучого гвинта одnogвинтової схеми.

#### Одногвинтова схема з кермовим гвинтом.

Одногвинтова схема з кермовим гвинтом запропонована Борисом Юр'євим в 1911 р. і в цей час має найбільше поширення. Реактивний момент компенсується кермовим гвинтом. Може використовуватися повітря, що забирається за компресором або подаваний вентилятором.

Переваги: - проста система керування;

- гарні льотні характеристики й маневреність;
- відносно низька вартість.

Недоліки: - довгий хвіст, якщо зменшити, то зростає втрата потужності двигуна;

- значна втрата потужності на привід кермового гвинта;
- довга й складна трансмісія для приводу кермового гвинта ;
- малий діапазон центрувань.

Двогвинтова схема. Цей тип вертольотів можна підрозділити на декілька:

Двогвинтова співвісна. У вертольотів цього типу два протилежно обертові гвинти, розташовані друг над іншим, мають одну вісь обертання. Оскільки вони однакові, те реактивні моменти врівноважуються. Керування вертольотів за допомогою автомата перекошу. Шляхове керування за допомогою диференціальної зміни кутів установки гвинтів.

Переваги: - малі габаритні розміри;

- простота керування;
- надійність і безпека переходу на режим авторотації.

Недоліки:

- складна конструкція системи керування;
- погіршення к.п. д. гвинтів через вплив один на одного;

- недостатність шляхова стійкості, що вимагає установки вертикального оперення.

Друга схема вертольотів, що відносяться до двогвинтових – двогвинтова поздовжня схема. У цих вертольотів два несучі гвинти встановлені на кінцях фюзеляжу, у польоті обертаються в різні сторони.

Щоб уникнути впливу одного гвинта на інший, вони розташовують на різних висотах. Звичайна відстань між осями менше діаметра гвинта. Тоді необхідна синхронізація гвинтів.

Керування здійснюються автоматом перекосу.

Переваги:

- гарна поздовжня стійкість;
- довгий фюзеляж;
- великий діапазон центрувань;
- гарна вагова віддача.

Недоліки:

- складна трансмісія й система керування;
- необхідність синхронізації несучих гвинтів;
- складна посадка на режимі авторотації;
- деяка несиметричність шляхової стійкості й керованості.

Третя група двогвинтових вертольотів – вертольоти двогвинтової поперечної схеми.

Вертольоти двогвинтової поперечної схеми мають два несучі гвинти, розташовані з боків фюзеляжу. Гвинти обертаються в різні сторони й з однаковими обертами тим самим урівноважуються реактивні моменти.

У цих вертольотів для кріплення несучого гвинта раціонально застосовувати крило, що значно поліпшує льотні характеристики. Поступальний рух здійснюється за допомогою циклічної зміни кроку обох гвинтів.

Поворот за рахунок нахилу автоматів перекосу в протилежні сторони. Поперечне - диференціальною зміною загальних кроків несучих гвинтів.

Переваги:

- гарна керованість;
- малі індуктивні втрати несучих гвинтів.

Недоліки:

- великий опір через збільшення міделя;
- складна система керування;
- складна трансмісія;
- необхідність синхронізації гвинтів.



До вертольотів з механічним приводом несучих гвинтів ставляться багатогвинтові вертольоти.

Ці вертольоти мають гарну стійкість, широкий діапазон центрувань і більшу вантажопідйомність. Але складність конструкції дає свої мінуси й не дає їм практичного розвитку. Вони ще не вийшли зі стадії проектування й створення дослідних зразків.

Вертольоти з реактивним приводом несучого гвинта. На лопастях несучого гвинта такого вертольота встановлюються невеликі реактивні двигуни або реактивні сопла.

На таких вертольотах не потрібно встановлювати трансмісію, що дозволяє значно збільшити вагову віддачу.

Вертольоти з реактивним приводом поділяються на дві групи. Вертольоти, на лопатах яких установлені реактивні двигуни.

До другої групи ставляться вертольоти з реактивним компресорним приводом. У соплах можуть установлюватися пальники.

Переваги: - відсутність механічної компенсації реактивного моменту  
- простота передачі крутного моменту на несучий гвинт. Недоліки: - складність створення двигунів для таких умов роботи.

- велика витрата палива.
- погіршення аеродинамічних характеристик гвинтів.
- складність втулки й лопати вертольота з компресорним приводом.

Всі ці вертольоти не вийшли зі стадії проектування й дослідних зразків.

Як ми бачимо з розглянутих схем вертольотів, що несучий гвинт створює не тільки підйомну силу, але й тягу потрібну для горизонтального польоту. Якщо яким-небудь способом розвантажити несучий гвинт, тобто звільнити його від функції руху, те тим самим достатню підйомну силу можна буде одержати на менших кутах атаки.

Таким чином, на подібних вертольотах можна одержати більшу швидкість польоту. На практиці для розвантаження несучого гвинта вертольота використовується крило й тягнучі або гвинти, що штовхають. Така комбінація дає можливість одержати максимальну швидкість порядку 400-500 км/ч. За такою схемою побудовані комбіновані вертолiт-гвинтокрил.

### **3. Історія і перспективи вертольотобудування.**

Вертольотобудування - це порівняно молода галузь авіаційної промисловості.

Тим часом можливість будування вертольотів уперше була передвіщена більше п'ятисот років тому великим ученим, інженером і художником середньовіччя Леонардо да Вінчі (1452 - 1519 р.)

У рукописі «Кодекс про політ птахів» в 1475 р. великий італієць намалював схему вертольота й пояснив малюнок: «Коли цей прилад, зроблений гвинтом, ..... швидко приводити в обертання гвинт

угвинчується в повітря й піднімається нагору».

Великий внесок у розвиток ідеї про політ людини на апараті, підтримуваному в повітрі аеродинамічною силою гвинта, вніс геніальний росіянин учений М.В. Ломоносов (1711-1765).

В 1754 р. на засіданні Петербурзької Академії наук М. В. Ломоносов продемонстрував модель винайденої ним «аеродинамічної машини». Машини підвішувалася на шнурку, протягнутому по двох блоках, і втримувалася в рівновазі важками, підвішеними із протилежної сторони. Два співвісних гвинти пружини, що приводяться в обертання за допомогою, створювали піднімальну силу. Незважаючи на те, що піднімальна сила

«аеродинамічної машини» Ломоносова становила всього біля десяти грамів, але сам факт створення гвинтами піднімальної сили був на цьому етапі дослідження самим головним. Перший раз у світі експериментально підтвердилася можливість опиратися на повітря.

Перший вільний політ модель вертольота зробила в 1784 році. Модель була побудована французами Лонуа й Бьєнвеню. Вона мала співвісну схему. Лопати гвинтів (кожна лопать - пташине перо) обертала тятиву лука, обмотана навколо осі гвинтів. Гвинти кріпилися один над іншим на торцях осі. Перший політ апарата важче повітря, незважаючи на схвальний відгук Паризької Академії наук, пройшов майже непоміченим широкою публікою, тому що за часом він майже збігся з винаходом повітряної кулі. (Балон братів Монгольф'є піднявся в повітря у Версалі 19 вересня 1783 року.)

Перший підйом вертольота натуральних розмірів, якого чекали кілька століть, відбувся в 1907 році. Чотирьохгвинтової вертолїт, що спорудили брати Бреге й професор Рїше, зміг піднятися на висоту більше метра. Але це були підскїки, а не справжні керованї польоти.

В 1911 році під керівництвом Б.Н. Юр'єва був створений одногвинтовий вертолїт з автоматом перекоосу.

Вертоліт Юр'єва - апарат етапний. Він одночасно й завершує передісторію вертольота, що тривала століття, і відкриває його реальну історію. Одногвинтовий вертоліт Юр'єва так і не зміг піднятися в повітря, але принципово нова схема й винахід автомата перекоосу дають повне право вважати його прабатьком більшості сучасних вертольотів.

Перша світова війна загальмувала роботу над вертольотами.

У післявоєнні роки наступило пожвавлення - Г.Берлінер і Г.Ботезат у США, П.Пескара в Іспанії, Е. Емишен у Франції будували вертольоти, але без істотних успіхів.

До 1927 року вертольоти не піднімалися вище 4-6 м., не досягали швидкості більше 15-20 км/годину. Найбільшою дальністю був політ по колу на один кілометр. Причиною повільного поліпшення льотних характеристик були сильні вібрації вертольотів, погана стійкість, труднощі балансування й неможливість планування при зупинці двигуна.

В 1930 році в Італії на вертольоті співвісної схеми Асканіо був установлений перший рекорд висоти 18 м.

В 1932 році під керівництвом конструктора А.М. Черемухіна був побудований перший у світі дійсно літаючий вертоліт ЦАГІ-1-ЭА. Під час випробувань вертоліт протримався в повітрі 18 хвилин і піднявся на висоту 605 метрів. Вертоліт ЦАГІ-1-ЭА побудований за одногвинтовою схемою. Він мав чотирьох лопатевої несучий гвинт діаметром 11 метрів, що приводиться в обертання двома ротативними двигунами М-2 потужністю по 120 л.с. Двигуни розташовувалися по обидва боки фюзеляжу. Реактивний момент несучого гвинта врівноважувався чотирма кермовими гвинтами, установленими попарно на кінцях фюзеляжу.

Тридцять років знаменує розробка і будівництво, як вертольотів, так і автожирів. Перший автожир був побудований іспанським конструктором Хуан де ла Сієрва в 1923 році. Автожир являв собою модернізований літак, крило якого частково або повністю замінювалося самообертовим несучим гвинтом. Поступально апарат рухається за рахунок тяги тягнучого гвинта, так само як і літак.

На відміну від вертольота несучий гвинт обертається не від двигуна, а від потоку повітря. На автожирах уперше було випробувано шарнірне кріплення лопат несучого гвинта, що відчутно знизило поломки несучого гвинта. Сполучення шарнірного кріплення лопат зі здатністю гвинта до авторотації, що дозволяло здійснювати благополучну посадку навіть при

відмові двигуна, дозволило автожиру перевершити вертоліт по безпеці й надійності. У порівнянні з вертольотом автожир виявився простіше й не вимагав настільки потужних двигунів. Однак автожир не міг вертикально злітати й сідати, а також висіти в повітрі, як вертоліт.

В 1940 році було організоване конструкторське бюро на чолі з І. П. Братухіним. У цьому ж році був спроектований, а в 1941 році побудований перший радянський двогвинтовий вертоліт поперечної схеми «Омега» конструкції І. П. Братухіна. Його максимальна швидкість досягла 115 км/годину, дальність польоту – 250 км, загальна потужність двох двигунів 440 л.с. ОКБ очолюване І. П. Братухіним проіснувало до 1951 року, за цей час були створені експериментальні вертольоти Б-5, Б-9, Б-10, Б-11.

В ОКБ І. П. Братухіна вперше стали використовуватися спеціальні двигуни, був досліджений режим безмоторного планування й посадки, введена практика ресурсних випробувань, уточнена методика аеродинамічного й міцнісного розрахунків вертольота.

В 1945 р., до проектування вертольотів приступає ОКБ А. С. Яковлева й ОКБ Н. І. Камова, а в 1947 р., створюється ОКБ М. Л. Міля.

В 1945 р., уперше в СРСР в ОКБ А. С. Яковлева був створений двогвинтової експериментальний вертоліт співвісної схеми. Проведено наземні й льотні випробування й накопичений досвід.

В 1947 р., було почате проектування, а в 1950 р., закінчені державні випробування вертольота одnogвинтової схеми Як-100. Однак він у серію не пішов, через переваги Мі-1.

В 1951 р., було почате проектування важкого двогвинтового вертольота поздовжньої схеми із двома поршневіми двигунами Як-24. Вертоліт проектував для експлуатації в транспортному, десантному й санітарному варіантах. У льотних випробуваннях 1952 р., були виявлені вібрації вертольота, які вдалося зменшити зміною кінематики системи керування. В 1955., були закінчені державні випробування. Вертоліт пішов у серійне виробництво. На Як-24 були зроблені далекі безпосадкові перельоти типу Москва-Ленінград. В 1957 р., Як-24 був модернізований: підвищена комерційне навантаження, і надійність конструкції, що дозволило перевозити негабаритні вантажі на зовнішній підвісці, крім того, було полегшене керування шляхом введення системи автопілоту. Все це набагато знизило стомлюваність екіпажа й полегшило керування вертольотом у складних метеоумовах.

В 1945 р. в ОКБ Н. І. Камова був створений невеликий двогвинтовий вертоліт співвісної схеми на надувних балонах КА-8. На виготовлених трьох екземплярах проводилися випробні, тренувальні й демонстраційні польоти, що закінчилися участю в авіаційному араді в 1948р. В 1949р. на базі А-8 був розроблений вертоліт зв'язку й остереження КА-10, модернізований в 1954р. у КА-10М. Ці вертольоти брали участь у повітряних парадах з посадкою на палуби катерів і кузови автомобілів.

В 1952р. були створені КА-15 для ВМФ і багатоцільовий вертоліт КА-15М, що використовувався в народному господарстві у варіантах:

- поштово-пасажирський,
- санітарний,

- сільськогосподарський.

В 1956 р. КА-15 модернізується в КА-18 при цьому збільшена потужність двигуна з 255 до 285 л. с., подовжений і перекомпонований фюзеляж і вертикальне оперення.

В 1961р. з'явився новий вертоліт співвісної схеми ОКБ Н. І. Камова з турбогвинтовими двигунами КА-25К и вертоліт КА-22.

В 1964р. був створений багатоцільовий вертоліт КА-26. Уперше в СРСР лопаті несучого гвинта цього вертольота були зроблені зі склопластику. Характерною рисою цього вертольота є наявність двох хвостових балок і центроплана з розміщеними на його кінцях двома поршневими двигунами М-14В26.

В ОКБ М.І. Миля в 1948 р. був побудований дослідний екземпляр одnogвинтового вертольота. Після заводських льотних випробувань і доведення цей вертоліт в 1949 р. пройшов державні випробування й одержав найменування Мі-1.

Мі-1 безупинно модернізувався:

- для учбово-тренувальних польотів,
- для санітарних польотів,
- для сільськогосподарських робіт.

З 1957 р. Мі-1 серійно випускався в ПНР.

На Мі-1 було встановлено 23 світових рекордів.

В 1952 р. в ОКБ М.І. Миля був побудований десантно-транспортний вертоліт Мі-4. Він мав висотний двигун А.Д. Швецова потужністю 1700 л.с. Максимальна швидкість вертольота становила 200км/год, максимальна злітна маса - 7500 кг, вантажопідйомність - 1500 кг. Вантажна кабіна Мі-4 була розрахована на перевезення 16 десантників або автомашини ГАЗ-69. Американський вертоліт С-58 лише через 2 роки мав дані, подібні з даними вертольота Мі-4.

Було організовано широке серійне виробництво вертольота Мі-4. Машина мала кілька модифікацій, призначених як для військових цілей, так і для потреб народного господарства. На вертольоті було встановлено 7 світових рекордів, а на Всесвітній виставці в Брюсселі Мі-4 завоював золоту медаль.

Вертольотом Мі-4 завершилася епоха поршневого вертольотобудування. Можливості вітчизняної техніки дозволили перейти до створення вертольота більшої вантажопідйомності з газотурбінною силовою установкою. Таким вертольотом став Мі-6. У жовтні 1957 р. під час випробного польоту на ньому був піднятий вантаж 12 тонн на висоту 2432 м, що було світовим рекордом і в 2 рази перевищувало вантаж, піднятий на американському вертольоті С-56. На вертольоті Мі-6 було встановлено 8 світових рекордів вантажопідйомності, висоти й швидкості польоту.

В 1960 р. на базі Мі-6 був створений вертоліт-кран Мі-10.

В 1961-62 р. були створені вертольоти з газотурбінними двигунами Мі-2 і Мі-8, на базі вертольотів Мі-1 і Мі-4.

У цей час у СНД переважають вертольоти фірми Миля й Камова. На Україні перший серійний вертоліт легкого класу АК1-3 був створений у ТОВ «КБ Аерокоптер». В 2006 році він був сертифікований на відповідність вимогам норм льотної придатності вертольотів нормальної категорії АП-27.

За період з 2006 року підприємством вироблено більше 100 літальних апаратів.

Основними європейськими виробниками вертольотів були консорціуми - Єврокоптер, що складається із французької корпорації Єврокоптер Франц і німецької Єврокоптер Дойчланд і Агуста Вестланд состоящий з італійської компанії Агуста й англійської Вестланд. Корпорації Боїнг, Сикорский і Белл є найбільш великими в США. Велику активність у цьому секторі ринку останні роки проявляють компанії Польщі й ПАР. У класі надлегких вертольотів успішно працюють фірми таких країн як США, Бельгія, Італія, Канада. Японські фірми Ямаха й Фуджі активно просувають безпілотні сільськогосподарські вертольоти.

Крім того, слід зазначити, що на північноамериканському континенті великою популярністю користуються інші апарати - одне-двомісні автожири. Їхнім виробництвом займається відразу кілька фірм.

Абсолютна більшість виробників вертольотів у світі використовує одnogвинтову схему. Співвісну застосовують на вертольотах фірми Камова. Поперечна схема застосовується в цей час тільки на конвертопланах фірми Белл, розроблених самостійно тау кооперації з фірмою Агуста. Поздовжню схему використовують транспортні вертольоти фірми Боїнг. Схема з перехресними гвинтами є досить складною й застосовується тільки фірмою Каман (США).



а



б



в



г



д



е

Малюнок 1. Різні схеми розташування несучих гвинтів.

а - одногвинтова схема з кермовим гвинтом (вертоліт Мі-28, Росія), б - одногвинтова схема із системою NOTAR (MD500, США), в - співвісна (Ка-50, Росія), г - поздовжня (СН-47, США), д - поперечна (ВА609, США-Італія), е - схема з пересічними гвинтами (К- МАХ, США).

#### **4. Вимоги, що пред'являються до конструкції вертольотів.**

Загальні вимоги до конструкції вертольотів:

Аеродинамічні вимоги зводяться до такого вибору зовнішніх форм і взаємного розташування елементів конструкції, які дозволяють одержати призначені для вертольота льотно-технічні дані при найменших енергетичних витратах.

Вимога достатньої міцності і твердості є безумовною, у противному випадку конструкція не може виконувати свої функції. Міцність - здатність сприймати без руйнування навантаження, що діють у процесі експлуатації. Твердість конструкції характеризується здатністю опиратися без деформації дії зовнішніх навантажень.

Вимога надійності. Під надійністю розуміють здатність виконувати задані функції зі збереженням експлуатаційних показників протягом установленого терміну служби. Надійність досягається резервуванням і дублюванням.

Підтримувати надійність можна:

- виконанням установлених режимів експлуатації;
- проведенням періодичних оглядів і регламентних робіт;
- своєчасним виконанням робіт з поточного й капітального ремонту. Вимога живучості.

Підвищується:

- резервуванням найбільш відповідальних силових елементів, систем, агрегатів;
- підвищуючи міцність силових елементів каркаса

Експлуатаційні вимоги.

Конструкція повинна забезпечувати зручні підходи до двигуна, вузламкерування, устаткуванню.

Вимога ремонтпридатності.

Зводиться до можливості швидкого й дешевого відновлення ушкоджених частин.

Вимога високої технологічності визначає такі властивості конструкції, які дозволяють знижувати затрати на її виготовлення.

Цьому сприяє:

- розчленовування її на відсіки, панелі;
- простота конструкції деталей;
- уніфікація матеріалів, вузлів, кріпильних деталей.

Вимоги економічності.

Економічність визначається сумарними витратами на виробництво й експлуатацію. Технологічна собівартість залежить від вартості матеріалу, способу його обробки, вартості оснащення, інструмента й ін. Залежить від кількості виготовлених виробів.

Експлуатаційні витрати це витрати на ПММ, амортизацію повітряного

судна, поточний ремонт, зарплату обслуговуючого персоналу. Залежить від міжремонтних ресурсів і надійності.

Вимога мінімальної ваги.

Всі вимоги повинні задовольнятися при мінімальній вазі конструкції.

Аналіз загальних вимог до конструкції показує, що багато хто з них доповнюють один одного. Так, вимоги достатньої міцності й твердості конструкції узгоджуються з вимогами надійності й живучості, експлуатаційні - з вимогами надійності й ремонтпридатності. Але деякі вимоги суперечливі.

Майже всі вимоги суперечать вимозі мінімальної ваги конструкції, вимоги аеродинаміки суперечать вимогам простоти виробництва. Завдання конструкторського колективу складається в компромісному рішенні всіх цих протиріч.