

УДК 623.746.174.001.66

С.А. Зінків, О.Р. Холод, А.А. Клімов, С.О. Турицький

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

## АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНО-КОМПОНУВАЛЬНОЇ СХЕМИ БОЙОВОГО ВЕРТОЛЬОТА

У статті розглядаються питання розвитку перспективних бойових вертольотів. Представлено короткий опис конструктивно-компонувальної схеми вертольотів, проведений їх аналіз, для визначення найбільш економічного і ефективного бойового вертольота.

**Ключові слова:** вертоліт, конструктивно-компонувальна схема, фенестрон, NOTAR, гвинтокрил.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Так як останні нові зразки авіаційної техніки армійської авіації в Україні поступали в 80-х роках, а модернізація і продовження ресурсу є недоцільною, оскільки витрачається велика кількість грошових затрат, виникає проблема заміни старої техніки на більш економічно нову. Рішення цієї проблеми необхідне для підвищення обороноздатності країни, бойової ефективності, швидким знищенням противника і підвищення безпеки екіпажу.

**Мета статті** – проведення аналізу перспективних конструктивно-компонувальних схем бойових вертольотів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У теперішній час існує чимало нових зразків бойових вертольотів. Значний інтерес становлять вертольоти з багатьма гвинтами (гвинтокрили), які розвивають набагато більшу швидкість ніж звичайні вертольоти. Зразками таких вертольотів є АН-56, Sikorsky Х-2, Sikorsky Х-3. Але дані зразки не є економічними, тому буде запропонована нова конструктивно-компонувальна схема перспективного бойового вертольота.

### Основна частина

Вирішення поставленої проблеми є не простою задачею, оскільки на теперішній час є багато різноманітних конструктивно-компонувальних схем вертольотів, тому далі проведено аналіз цих схем.

#### Вертольоти одnogвинтової схеми з рульовим гвинтом

У даній схемі гвинт невеликого діаметру розташовується на хвостовій балці вертольота на деякій відстані від осі несучого гвинта. Створюючи тягу в площині, перпендикулярній вертикальній осі вертольота, рульовий гвинт компенсує реактивний момент. Змінюючи тягу рульового гвинта, можна управляти поворотом вертольота відносно вертикальної осі. Більшість сучасних вертольотів виконано за одnogвинтовою схемою.

Перевагою даної схеми є простота конструкції і системи управління, що призводить до зменшення витрат на виробництво, ремонт та обслуговування.

Недоліки даної схеми є рульовий гвинт відбирає частину потужності двигуна (до 10%) і разом з тим не дає ні підйомної сили, ні тяги, спрямованої вперед.

Прикладом успішного використання даної схеми є:

Бойові вертольоти:

1. Ми-24 (Росія).
2. Ми-28 (Росія).
3. А129 «Мангуста» (Італія).
4. АН-64 «Апач» (США).

Десантно-транспортні:

1. Ми-8МТ (Росія).
2. Ми-26 (Росія).
3. УН-1 «Хсю» (США).
4. АВ 412 «Грифон» (Італія).

Військово-морські сили:

1. Ми-14 (Росія).
2. ЕН 101 «Мерлін» (Італія).
3. SH-2F «Сиспрайт» (США).

Гражданські:

1. SA 330 «Пума» (Франція).
2. SA 332 «Супер Пума» (Франція).
3. Белл 206 «Джет Рейджер» (США).

#### Вертольоти з рульовим гвинтом в кільці, фенестрон

У сучасному вертольотобудуванні іноді застосовують багатолопастна рульовий гвинт у кільцевому каналі кіля - фенестрон (від лат. Fenestra - вікно). Діаметр фенестрона в два рази менше, ніж діаметр звичайного рульового гвинта.

Така конструкція має кілька суттєвих переваг:

1. Зменшується шкідливий опір вертольота.
2. Запобігають зачіпанню обертовими лопатями рульового гвинта за наземні предмети при маневруванні на гранично малих висотах, а також травмування людей при роботі вертольота на землі.
3. Висока ефективність, ніж у відкритого рульового гвинта при однакових діаметрах.

Недоліками є:

1. Значне збільшення товщини і маси кіля, що робить установку фенестрон на важкі вертольоти недоцільною.
2. Високочастотний шум.
3. Нелінійності в характеристиках колійного маневру.

Прикладом успішного використання схеми є:

Бойові вертольоти:

1. SA-341 «Gazelle» (Англо-Французький).
2. RAH-66 «Команч» (США).

Багатоцільові вертольоти:

1. Ка-62 (Росія).
2. ОН-Х (Японія).
3. ЕС 120В «Колібрі» (Китай).

### Гвинтокрил

У цій схемі використовуються гвинти, розташовані на крилах або фермах літального апарату - гвинтокрила. Причому тяга обох гвинтів спрямована вперед, а для компенсації реактивного моменту в режимі висіння один з гвинтів забезпечує більшу тягу, ніж інший. У режимі польоту ці гвинти використовуються як тягучі, що збільшує швидкість гвинтокрила, при цьому несучий гвинт переходить в режим авторотації.

Перевагою гвинтокрила можна вважати високі швидкості польоту, недосяжні для класичної схеми в силу особливостей аеродинаміки.

Недоліком такої системи є втрата великої потужності на компенсацію реактивного моменту в режимі висіння в порівнянні з рульовим гвинтом.

Приклади даної схеми:

1. Eurocopter ХЗ (Франція).
2. Фейри Ротодайн (Британія).

### Струменева система управління, NOTAR

Для компенсації реактивного моменту використовується система управління прикордонним шаром на хвостовій балці, яка застосовує ефект Коанда, разом з реактивним соплом на кінці балки, або ж тільки реактивне сопло.

Керуюча сила ефекту Коанди виникає з тієї ж причини, з якої виникає підйомна сила крила - через несиметричного обтікання профілю хвостової балки низхідним повітряним потоком, утвореним несучим гвинтом. Вентилятор, розташований біля основи хвостової балки засмоктує повітря з отворів, розташованих вгорі корпусу вертольота, створюючи необхідний підвищений тиск усередині хвостової балки. На правій стороні хвостової балки за допомогою спеціальних сопел встановлюється більш швидкий рух повітряного потоку, ніж на лівій стороні. Тим самим, внаслідок закону Бернуллі, тиск повітря на лівій стороні буде більше, ніж на правій, ця різниця тисків призводить до появи сили, спрямованої зліва направо. Дана система через відсутність рульового гвинта є найтихішою і безпечною.

Приклади даної схеми:

Транспортні:

1. Ка-118 (Росія).
2. McDonnell Douglas MD 600N (США).

Бойовий багатоцільовий вертоліт:

1. McDonnell Douglas MD 900 «Иксplorер» (США).

### Одногвинтові схеми з реактивним принципом обертання лопатей

У цих схемах через відсутність трансмісії, що передає крутний момент від силової установки до несучого гвинта, не потрібно компенсація реактивного моменту.

Перевагою таких схем є проста конструкція, а загальним недоліком можна вважати невелику швидкість при значному витраті палива. Для управління по ризику можна використовуватися рульовий гвинт, відхиляють поверхні або реактивні пристрою.

Існують різні варіанти цієї схеми:

1. З установкою прямооточних повітряно - реактивних двигунів на закінцівках лопатей.

2. З соплами на закінцівках лопатей і подачею гарячого вихлопу на них від розташованого у фюзеляжі газотурбінного двигуна («привід гарячого циклу»), в цьому випадку лопаті несучого гвинта виготовляються з жароміцних сплавів.

3. Компресорний привід «холодного циклу»: газотурбінний двигун в корпусі вертольота призводить компресор, а стиснене повітря від нього підводиться через трубопроводи до сопел на закінцівки лопатей.

4. Також у ряді експериментальних вертольотів початку 20- го століття роль реактивних двигунів грали пропелери, встановлені на кінцях лопатей.

Приклади даної схеми:

1. УН-32 «Хорнет» (США).
2. НІ-1 «Колибри» (США).

### Схеми з двома несучими гвинтами

Реактивні моменти в таких схемах взаємно компенсуються синхронним різноспрямованим обертанням двох гвинтів. Площині обертання гвинтів можуть мати різні ступені перекриття при кількості лопатей менше чотирьох.

Загальним перевагою таких схем є відсутність втрат потужності на компенсацію реактивного моменту, однак такі схеми мають наступні складності:

1. Необхідністю жорсткої синхронізації несучих гвинтів, як по частоті обертання, так і в органах управління.

2. Збільшенням маси несучої системи і системи управління.

3. Підвищенням лобовим опором несучої системи.

### Поздовжня схема

Поздовжня схема складається з двох горизонтальних гвинтів, розташованих один за одним

і обертаються в різних напрямках. Задній гвинт піднятий над переднім для зменшення негативного впливу повітряного потоку від переднього гвинта.

Дана схема в основному використовується тільки у вертольотах, що мають велику вантажопідйомність.

Вертольоти з поздовжньою схемою іноді називають «літаючими вагонами».

Позитивними сторонами цієї схеми вертольота є такі:

1. Великий об'єм вантажного приміщення.
2. Великий допустимий діапазон експлуатаційних центрівок. Можливість використовувати майже весь об'єм вантажного простору без втрати в керованості.

До недоліків поздовжньої схеми вертольота відносяться:

1. Поява значних вібрацій на деяких режимах польоту. Цей ефект особливо сильно проявлявся на ранніх моделях вертольотів.
2. Деяке погіршення коефіцієнта корисної дії заднього несучого гвинта. Для вирішення цієї проблеми задній гвинт розташований вище щодо переднього.
3. Неповна компенсація реактивних моментів гвинтів, яка призводить до появи шкідливої бокової сили.

4. Деяка несиметричність стійкості і керованості в шляховому відношенні;
5. Складна трансмісія.

Приклади даної схеми:

Транспортна:

1. Як-24 (Росія).
2. Boeing CH-47 Chinook (США).

Військово-морські сили:

1. Н-46 «Си Найт» (США).

### Поперечна схема

Поперечні гвинти встановлюються на кінцях крил або спеціальних опор (ферм) з боків корпусу вертольота.

Переваги:

1. Високий коефіцієнт корисної дії несучих гвинтів внаслідок відсутності взаємного впливу повітряних потоків від цих гвинтів.

2. Найбільш вигідна схема з точки зору стійкості і керованості внаслідок аеродинамічної симетрії.

До недоліків цієї схеми слід віднести :

- 1) складну трансмісію;
- 2) підвищена вага конструкції;
- 3) підвищений лобовий опір.

Приклади даної схеми:

- 1) Bell V-22 Osprey (США);
- 2) Bell Eagle Eye (США);
- 3) Ми-12 (Росія).

### Співісна схема

Співісна схема являє собою пару гвинтів, розташованих один над іншим на співвісних валах, що обертаються в протилежні сторони, завдяки чому компенсуються реактивні моменти, що виникають від кожного з гвинтів.

Переваги співвісної схеми:

1. Мінімальні габаритні розміри, так як лопаці співвісних гвинтів коротше несучих лопатей вертольотів з рульовим гвинтом схожого класу. Потрібен мінімальна в порівнянні з іншими схемами злітно-посадкових майданчик.

2. Компактність трансмісії. Практично вся трансмісія розташована вздовж одного валу.

3. Порівняльна простота управління. Всі органи управління розташовані поруч з трансмісією, причому при здійсненні маневрів не витрачає додаткову потужність від двигунів.

4. Краща стійкість при прямолінійному русі на великій швидкості внаслідок зменшення вібрацій.

5. Менше число критично вразливих вузлів, таких як хвостова балка і рульовий гвинт одногвинтових вертольотів.

6. Більша порівняно з традиційною схемою тяговоозброєність - мінімум на 20% на режимі висіння.

7. Аеродинамічна симетрія схеми.

8. Апарат співвісні схеми може здійснювати політ в будь-якому напрямку практично з однаковою ефективністю.

9. Зменшення вібрацій, чому сприяють менші розміри несучих гвинтів.

10. Безпека для обслуговуючого персоналу. Відсутність хвостового гвинта зменшує ймовірність травм.

Недоліки:

1. Погіршення коефіцієнта корисної дії несучих гвинтів через їх взаємного впливу в різних режимах польоту в порівнянні з поздовжньої і поперечної схемами.

2. Складність виробництва, ремонту та обслуговування.

3. Порівняно велика висота вертольота внаслідок великої відстані між гвинтами, це в свою чергу збільшує аеродинамічний опір, яке негативно позначається на максимальній горизонтальній швидкості.

4. Ймовірність перехлеста лопатей на критичних режимах польоту. Перехлест може наступати приблизно в таких же режимах польоту, що і у несучого гвинта з хвостовій балкою класичної схеми.

5. Дещо більша швидкість планування на режимі авторотації, тобто самообертання несучих гвинтів під дією набігаючого повітряного потоку.

6. Більш важке забезпечення шляхової стійкості через притаманного схемою короткого фюзеляжу, тому більшість співвісних вертольотів має розвинуте вертикальне оперення.

Прикладом успішного використання даної схеми є:

Бойові вертольоти:

1. Ка-50 (Росія).
2. Ка-52 (Росія).

Військо-морські сили:

1. Ка-27 (Росія).
2. Ка-29 (Росія).
3. Ка-31 (Росія).

### Перехресні лопати

Несучі гвинти розташовані з боків фюзеляжу зі значним перекриттям, а їх осі нахилені назовні під кутом один до одного, виключаючи таким чином можливість перехреста. Фактично така схема є окремим випадком поперечної схеми з максимально можливим перекриттям несучих гвинтів, в той же час має властивості співвісних схем. Через нахилу гвинтів реактивні моменти врівноважуються тільки щодо вертикальної осі, а їх проекції щодо поперечної осі складаються, утворюючи момент тангажа.

Переваги:

1. Мінімальні габаритні розміри.
2. Проста і легка трансмісія.
3. Мала відносна вага конструкції.
4. Симетричність щодо аеродинаміки.

Недоліки:

1. Погіршення коефіцієнта корисної дії несучих гвинтів внаслідок взаємного впливу їх один на одного.

2. Виникнення поздовжнього моменту, ускладнює балансування вертольота.

Приклади даної схеми:

1. Каман К-МАХ (США).

### Багатогвинтова схема

В основному вертольоти даної конструкції використовують чотири гвинти, одна пара з яких роз-

ташовані поздовжньо, а інша – поперечно, хоча зустрічаються конструкції як з трьома несучими гвинтами, так і з великим числом гвинтів.

Відрізняється від інших схем великою вагою, але разом з тим простотою управління, так як така схема не вимагає автомата перекоосу, а напрямок польоту задається регулюванням потужності на кожному з гвинтів окремо.

Приклади даної схеми:

1. Curtiss-Wright X-19 (США);
2. Белл Х-22 (США);
3. Bell Boeing Quad TiltRotor (США).

### Висновки

Проведений аналіз конструктивно-компоновальних схем вертольотів, який може бути використаний в підборах бойових, транспортних та вертольотів іншого призначення для ЗС України.

### Список літератури

1. Ромасевич В.Ф. Аэродинамика и динамика полета вертолетов / В.Ф. Ромасевич. – М.: Воениздат, 1982. – 485 с.
2. Володко А.М. Конструкция вертолетов / А.М. Володко, А.Л. Литвинов. – М.: Транспорт, 1984. – 256 с.
3. Вертолеты стран мира / Под ред. В.Г. Лебеда. – М.: Бумеранг, 1994. – 227 с.
4. Система NOTAR [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mdaerogroup.ru/article/129.html>.
5. Аэродинамика вертолета / В.В. Газаев, Б.Е. Локтев, А.А. Губчик, Е.Г. Роцин. – Х.: ХВВАИКУ, 1989. – 363 с.
6. Тищенко М.Н. Вертолеты. Выбор параметров при проектировании / М.Н. Тищенко, А.В. Некрасов, А.С. Радин. – М.: Машиностроение, 1982. – 126 с.
7. Джоган О.М. Новые системы управления вертолетами. / О.М. Джоган – АОН, 1999. – 230 с.

Надійшла до редколегії 25.02.2014

**Рецензент:** канд. техн. наук, проф. Ю.І. Миргород, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНО-КОМПОНОВОЧНОЙ СХЕМЫ БОЕВОГО ВЕРТОЛЕТА

С.А. Зиньков, О.Р. Холод, А.А. Климов, С.А. Турицкий

*В статье рассматриваются вопросы развития перспективных боевых вертолетов. Представлено краткое описание конструктивно-компоновочной схемы вертолетов, проведен их анализ для определения наиболее экономичного и эффективного боевого вертолета. Предложена новая конструктивно-компоновочная схема перспективного боевого вертолета. Показано, что новый перспективный боевой вертолет в настоящее время является лучшим образцом по сравнению с авиационной техникой армейской авиации, которая стоит на вооружении Воздушных Сил Вооруженных Сил Украины.*

**Ключевые слова:** вертолет, конструктивно-компоновочная схема, фенестрон, NOTAR, вертолет.

### STRUCTURAL ANALYSIS - LAYOUT SCHEME COMBAT HELICOPTER

S.A. Zinkiv, O.R. Holod, A.A. Klimov, S.O. Turitsky

*The article examines the development of future combat helicopters. A brief description of the design- layout scheme helicopters, their analysis to determine the most economical and the effective combat helicopter. A new design layout scheme promising a helicopter gunship. It is shown that a promising new combat helicopter is currently the best model compared to the army aviation aircraft equipment, which is used by the Air Forces of Ukraine.*

**Keywords:** helicopter design-layout scheme, fenestron, NOTAR, helicopter.