

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

Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

з навчальної дисципліни

«Загальні знання дистанційно пілотованих повітряних суден : Планер та системи безпілотних літальних апаратів»

обов'язкових компонент освітньо-професійної програми
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

**272 Авіаційний транспорт
Оператор безпілотних літальних апаратів**

за темою № 4 Несучі елементи повітряних суден

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 29.08.2023 № 7

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

Розробник:

1. Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, викладач-спеціаліст Самохліб Олександр Олександрович

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. Конструктивно-силові схеми крил.
2. Елементи механізації крила.
3. Класифікація крил.
4. Призначення та конструктивні елементи оперення.
5. Призначення та конструктивні елементи несучого гвинта.
6. Призначення та конструктивні елементи лопаті

Рекомендована література:

Основна література:

1. Бойко А.П., Мамлюк О.В., Терещенко Ю.М. «Конструкція літальних апаратів», К.: Вища освіта, 2010. – 383 с.
2. Кулик М.С., Тамаргазін О.А. Конструкція, міцність та надійність газотурбінних установок і компресорів. Київ: НАУ, 2012. 477 с.
3. Іноземцев А.А., Сандрацький В.Л. Газотурбінні двигуни. П.: ВАТ «Авіадвигун», 2011.1024 с.

Допоміжна література:

4. Царенко А.О. Вертоліт Мі-2. Блок 3 Газотурбінний двигун. (Категорія В1.3): Конспект лекцій. Кременчук: КЛК НАУ, 2015. 227 с.
5. Царенко А.О. «Вертоліт Мі-8Т. Блок 3 Газотурбінний двигун. (Категорія В1.3): Конспект лекцій. Кременчук: КЛК НАУ, 2015. 250 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/878899d8-b7a7-4481-af22-9835c0748ba0/content>

Текст лекції

Крило в авіаційній техніці - несуча поверхня, що має в перетині по напрямку потоку профільовану форму і призначена для створення аеродинамічної підйомної сили. Крило літака може мати різну форму в плані, а за розмахом - різну форму перерізів в площинах, паралельних площині симетрії літака, а також різні кути крутки перетинів в зазначених площинах

Крило є ключовою частиною в конструкції літака, воно генерує підйомну силу: профіль крила влаштований таким чином, що консоль розділяє набігає на літак потік повітря. Над верхньою кромкою крила утворюється область більш низького тиску, ніж під нижньою. За рахунок виникає при цьому підйомної сили крило «виштовхується» наверх.



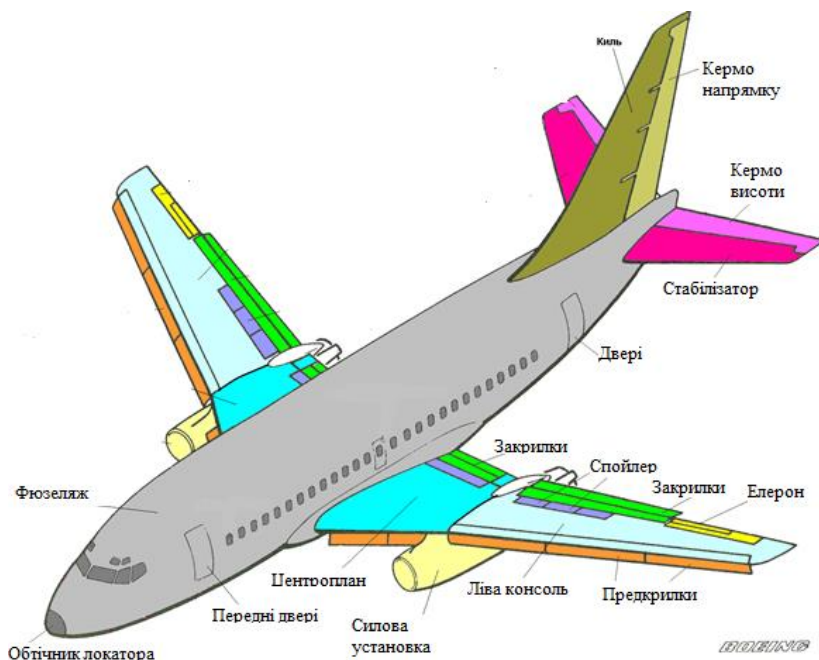
Безпілотний комплекс М-6-3 «Жайвір»

Крило (а точніше ліва і права консолі або відокремлені частини крила) найчастіше кріпляться до фюзеляжу через центроплан - центральну частину крила (ЦЧК), яка з'єднує праву і ліву консолі крила (або ОЧК).

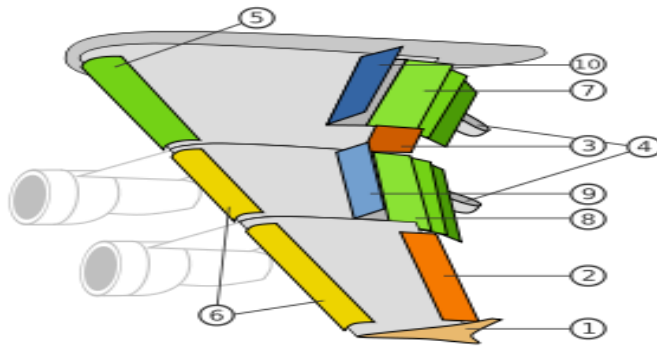
Конструктивно крило складається з поздовжніх силових елементів (лонжеронів, стрингерів), поперечних силових елементів (нервюр) і обшивки.

Механізація крила

На крилі встановлено безліч відхиляються керованих поверхонь - механізація (закрилки, предкрилки, спойлери, повітряні гальма, інтерцептори), елементи системи управління літаком (елерони, елерони-інтерцептори, тримери). Вони дозволяють регулювати переміщення літака в трьох площинах, поступальну і вертикальну швидкість і деякі інші параметри польоту. Часто на крилах встановлюються вертикальні законцовки, які зменшують завихрення повітря на кінцях крила, знижуючи рівень вібрації, і, як наслідок, економлячи паливо. У середині крил, як правило, встановлені герметичні паливні баки-кесони.



Аеродинамічні властивості крила визначаються його розмахом, площею, а також кутом стреловидності. Існують літаки зі змінюваної стрілкою крила.



1 - закінцівки крила

2, 3 - елерони

4 - обтічники механізму приводу закрилків

5, 6 - предкрилки

7,8 - закрилки

9,10 - інтерцептори

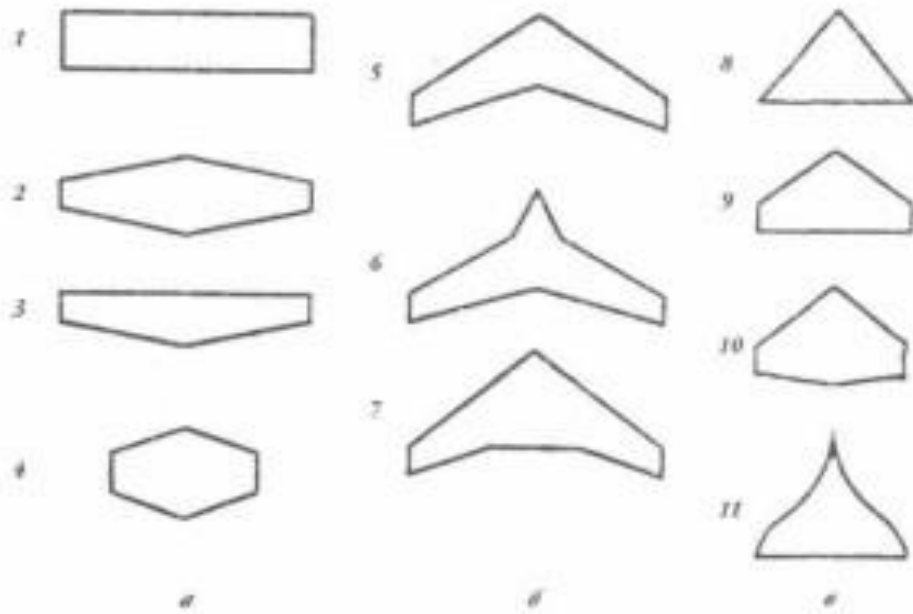
У літаків, побудованих за схемою моноплана-нізкоплана, в нижній частині фюзеляжу розташований центроплан - центральна частина крила. Центроплан має спеціальні пристосування для кріплення крил, які називаються в авіабудуванні консолями, або площинами. Залежно від конструкції літака вони можуть бути знімними або жорстко закріпленими. Знімні площини дозволяють безперешкодно транспортувати літак наземним або морським шляхом.

Мабуть, практично всім літальним апаратам потрібні крила, хіба що аеростати та дирижаблі можуть обходитися без них. Навіть лопаті вертольота це не що інше, як обертаються крила. Адже саме при обтіканні крила повітрям створюється підйомна сила - необхідна умова для польоту.

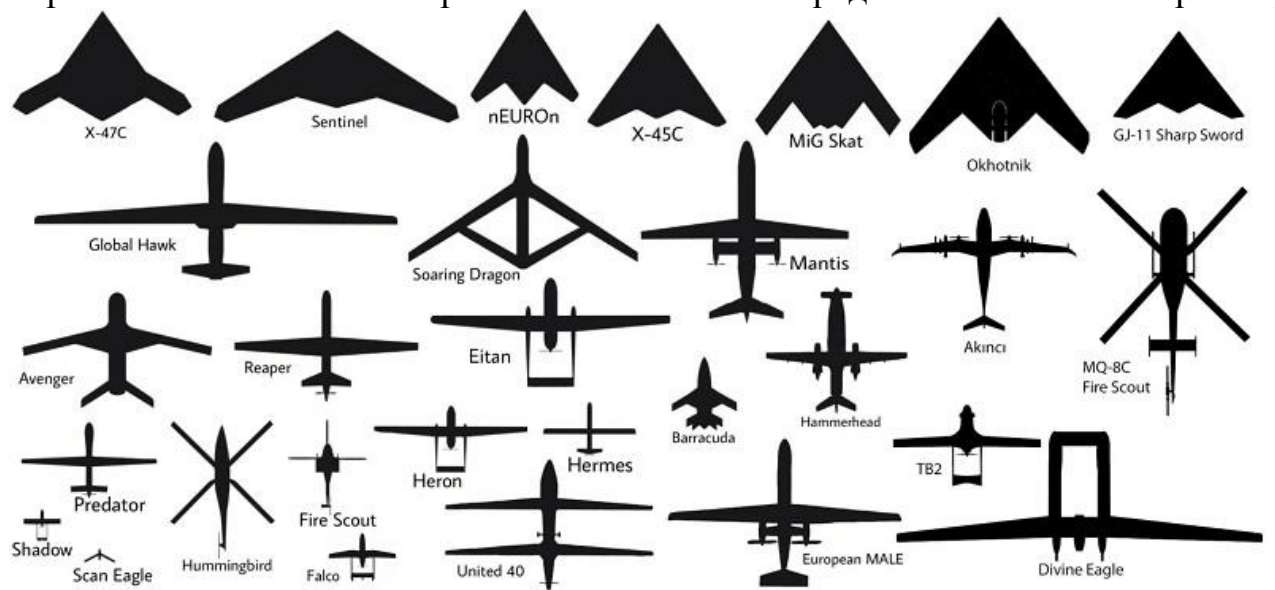
Теоретично літакове крило є продовженням розвитку найдавнішою на землі літаючої конструкції - повітряного змія, тільки влаштовано воно більш складно.

Крило такого літака здатне витримати велике навантаження, наприклад, реактивний двигун або ракетно-бомбове озброєння.

З історії абсолютних світових рекордів швидкості польоту. Перший зафіксований рекорд швидкості польоту був встановлений французьким пілотом Полем Тіссанлье 20 травня 1909 р Розвинена його літаком швидкість дорівнювала 54,77 км / год. Серпень цього ж голи виявився особливо «врожайним». 23 серпня 1909 р американець Глен Кертіс розігнав свій біплан «Herring-Curtiss» до 69,75 км / год, а потім француз Луї Блеріо на моноплані фірми «Bleriot» двічі збільшив цей результат: 24, серпня 1909 року - 74,30 км / ч і 28 серпня 1909 р.-76,99 км / год.



3.Класифікація крил: а- пряме (1 прямокутне; 2 - трапецієвидне; 3 - трапецієвидне з прямою передньою кромкою; 4 - трапецієвидне малого подовження,); б-стреловидне (5 з прямою стреловидністю; 6 - з перемінною стрілкою; 7-зі стрягнутим ділянкою); в - трикутне (8 - з гострими кінцями; 9 - зі зрізаними кінцями; 10 - з зворотного стреловидністю задньої кромки; 11 – з перемінною стрілкою передньої кромки).



Оперення- сукупність аеродинамічних поверхонь, що забезпечують стійкість, керованість і балансування літака в польоті. Складається з горизонтального і вертикального оперення. Оскільки всі ці елементи розташовані в хвостовій частині, вони також відомі, як хвостове оперення.

Оперення встановлюється в хвостовій частині фюзеляжу. Хвостове оперення в більшості випадків являє собою вертикально розташований кіль і горизонтально розташований стабілізатор, близькі по конструкції до крил.

Оперення найчастіше буває вертикальним (А-320 і В-737) або Т-образним (Ту-154). Рідше є два кола на обох закінцівках цільного стабілізатора (Ан-225). На деяких бойових літаках додаткове оперення встановлюється в носовій частині фюзеляжу

Основне призначення хвостового оперення - стабілізація і управління ВС в горизонтальній і вертикальній площинах. Кіль - нерухомий елемент оперення, а стабілізатор на сучасних літаках (в т. Ч. На А-320 і В-737) управляється в ручному іліавтоматическом режимах. На задній кромці кіля встановлений елемент системи управління літака - кермо напрямку, а на задній кромці стабілізатора - кермо висоти. У кілі літаків можуть розташовуватися паливні баки.

Кермо повороту є рухомий деталлю кіля і з його допомогою пілот може змінити напрямок горизонтального польоту. А для зміни висоти польоту стабілізатор хвостового оперення теж має рухливу деталь - кермо висоти. Крім цього рулі хвостового оперення дозволяють льотчику виконувати маневри в повітрі і фігури вищого пілотажу.

Призначення й характеристика несучого гвинта



Несучий гвинт створює підйомну силу й пропульсивну силу, необхідну для здійснення переміщення вертольота в атмосфері. Крім того, він дозволяє здійснювати поздовжнє й поперечне керування літальним апаратом. Несучий гвинт складається з лопат і втулки, що передає крутний момент із вала головного редуктора до лопаті.



У горизонтальному польоті лопаті знаходяться під впливом потоку не тільки від окружної, але й від горизонтальної швидкості вертольота. Таким чином, у різних точках ометаємої площі несучого гвинта мають місце різні повітряні швидкості.

Для зручності розгляду роботи лопаті несучий гвинт при горизонтальному переміщенні вертольота використовуються кути азимута, що характеризують положення лопаті стосовно поздовжньої осі фюзеляжу. У задній частині ометаємої гвинтом площі приймається азимут $\psi=0$, у передньої $\psi = \pi$. У поперечному перерізі цієї площі, у точці, де окружна швидкість лопаті складається зі швидкістю горизонтального переміщення вертольота, азимут буде $\psi = \pi/2$. У діаметрально протилежній точці, у якій швидкості віднімаються, $\psi = \pi 3/2$.

Геометричні параметри лопаті характеризуються типом профілів перерізів лопаті й обрисом лопати в плані. Профіль лопаті повинен мати велику аеродинамічну якість, малу зміну положення центра тиску при зміні кутів установки лопаті, високими значеннями критичних кутів атаки, забезпечувати здатність переходу на режим самообертання (авторотації) у великому діапазоні кутів установки.

У вертольотобудуванні використовуються дві форми лопати в плані - прямокутна й трапецієподібна (Рис. 1).



Рис. 1. Форми лопат у плані.

а - прямокутна, б - трапецієподібна.

В 40-50 роки широко застосовувалися лопаті трапецієподібної форми, але на сучасних вертольотах в основному використовуються прямокутні

форми. Трапецієподібні мають більш рівні аеродинамічні характеристики по радіусі, але конструктивно й технологічно більш зручні прямокутні лопаті. Такі лопаті в цей час забезпечуються спеціальними закінцівками. Їхнє застосування обумовлене прагненням зменшити втрати енергії, затраченої на обертання мас повітря у вихорах. Справа в тому, що при обтіканні кінцевої частини лопаті відбувається перетікання повітря з області підвищеного в область зниженого тиску, що приводить до виникнення вихрових шнурів від кожної лопаті, які скручуються у два вихрових джгути по краях диска. Крім того, мають місце втрати енергії, що відбуваються на стрибку ущільнення, що виникає при русі крайніх перетинів лопати з околосвуковою швидкістю. застосування спеціальних видів закінцівок, дозволяють знизити втрати, що виникають внаслідок перерахованих вище причин (рис 2). У деяких випадках закінцівки можуть бути відігнуті долілиць.

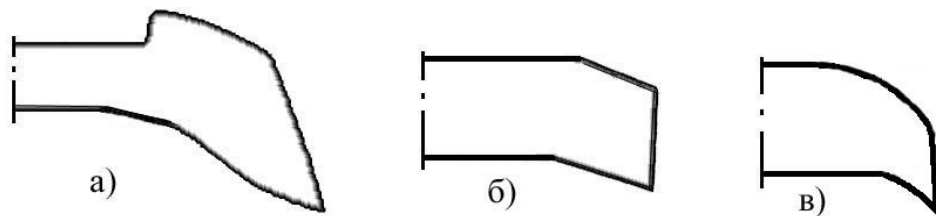


Рис. 2. Типи закінцівок лопат.

а - BERP; б - стрілоподібна; в - оживальна.



Геометрична крутка лопаті здійснює зміну кутів установки перетинів по радіусі лопаті. Звичайно лопаті несучих гвинтів вертольотів мають негативну геометричну крутку, тобто в окоренковій частині кути установки більші, ніж на кінці. Це дає більше рівномірний розподіл аеродинамічних сил уздовж лопати й

зменшує індуктивні втрати. Звичайно величина крутки лежить у межах 4-9°.

Питоме навантаження на ометаєму гвинтом площу. Навантаження на квадратний метр ометаємої площі - це один з найбільш важливих параметрів, що характеризує льотні властивості вертольота. Він визначається по формулі:

$$P = G / F_{\text{ом}},$$

де **G** – польотна вага вертольота, **F_{ом}** – ометаєма площа несучого гвинта. У сучасних вертольотів питоме навантаження $\square = 100 \square 640$ Па.

Коефіцієнт заповнення несучого гвинта – число, що показує, яка частина площі, ометаємої несучим гвинтом, заповнена лопатами:

$$\square = F_{\text{л}} z / F_{\text{ом}}, \text{ де } F_{\text{л}} - \text{площа лопати; } z - \text{число лопат.}$$

Кутом установки лопаті називається кут, утворений хордою елементарної площинною обертання втулки несучого гвинта.

Характерним перетином, по якому оцінюють кут установки лопатей несучого гвинта, є відносний радіус 0,7.

Число лопат несучого гвинта залежить від вимог, пропонованих до вертольота, і лежить у межах від 2 до 8.

Вага лопаті несучого гвинта впливає на характеристики махових рухів і авторотацію вертольота, особливо в моменти переходу на самообертання й при підриві кроку несучого гвинта перед приземленням. Відомі випадки у світовій практиці, коли вертольото-будівельникам використавши сучасні матеріали й виготовивши легкі лопати доводилося відмовлятися від них і вертатися до старих технологій, через недостатні характеристики літального апарата на режимах авторотації.

Типи лопат несучого гвинта

Як правило, лопаті підрозділяються за матеріалами, застосовуваним для виготовлення лонжеронів.

Дерев'яні лопати. Такі лопати були широко поширені у вертольотобудуванні, однак, у цей час, не застосовуються. Для виготовлення лопаті використовувалися спеціально висушене дерево, дельта-деревина й фанера. Виготовлялося кілька типів дерев'яних лопат. Звичайно такі лопаті мали склопластикове покриття. Один із типів, лопаті, що складається з поздовжніх дерев'яних брусків представлений на малюнку 3.

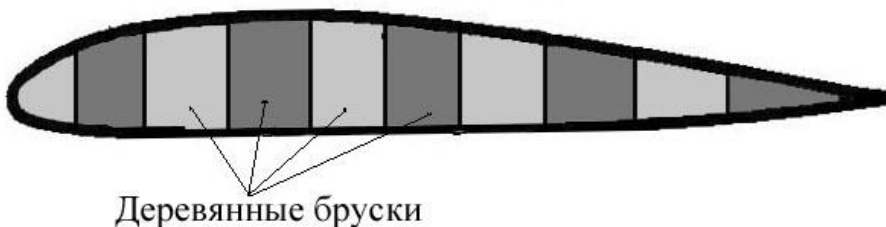


Рис. 3. Перетин дерев'яної лопати.

Лопаті з металевим пресованим лонжероном. Існує кілька різновидів таких лопат. Основним силовим елементом лопати є порожній пресований лонжерон D-Образного перетину (Рис. 4).

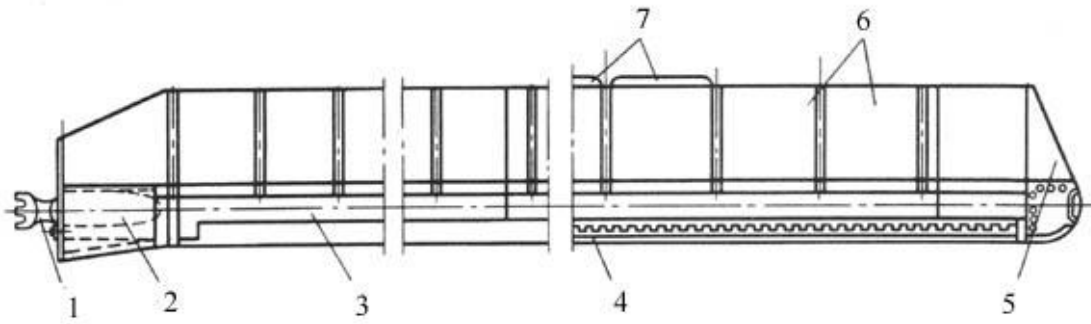


Рис 4. Загальний вид лопати в плані.

1 - наконечник лопати, 2 - окоренковий обтічник, 3 - лонжерон, 4 - протильодовий пристрій, 5 - кінцевий обтічник лопати, 6 - хвостові відсіки лопаті, 7 – тримерні пластини.

Лонжерон виконується пустотілим, прилягаючим до аеродинамічного контуру передньої частини профілю (Рис. 12). Для підвищення міцності лонжерон може мати ребра жорсткості. До передньої кромки лонжерона приклеювався нагрівальний елемент протильодової системи. Зверху цей елемент закривається титановим або сталевим обкуттям, що охороняє лопаті від ерозійних впливів часток. У випадку дуже великої ерозії (наприклад, у піщаній пустелі) обкуття може бути покритим спеціальним додатковим захисним складом. До задньої частини лонжерона приклеєні окремі хвостові секції. Хвостові секції включають нервюри, обшивку й стільниковий заповнювач. Утворення хвостової частини з окремих відсіків пояснюється наступними міркуваннями: при вигині лопаті назад у площині обертання, хвостова частина лопаті перебуває в області стиснення, тому хвостовий стрингер має потребу в захисті від втрати стійкості. Між відсіками є зазори, які забезпечують свободу переміщення їх відносно один одного при вигині лонжерона. Для запобігання перетікання повітря через зазори між відсіками встановлюються гумові вкладиші.

На хвосту деяких відсіків закріплюються тримери - металеві пластини, що служать для усунення несоконусності обертання лопат несучого гвинта. Усунення несоконусності здійснюється шляхом відгинання тримера в процесі наземних випробувань.

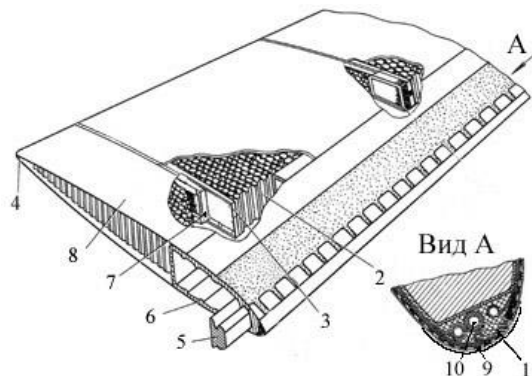


Рис. 5. Типовий відсік лопати із пресованим лонжероном D-образного перетину

1 – протильодова система, 2 – стільниковий заповнювач, 3 – нервюра, 4 хвостовий стрингер, 5 – противага, 6 – лонжерон, 7 – вкладиш, 8 – обшивку, 9 – протиерозійне обкуття, 10 – електропроводи протильодової системи.

Багатолонжеронні металеві лопати. Цей тип лопат був розроблений спеціально для бойових літальних апаратів. Приклад перетину п'ятилонжеронної лопаті показаний на малюнку 9. П'ять сталевих лонжеронів двотаврового перетину послідовно приклеюються друг до друга. У місцях склейки полиць лонжеронів прокладаються шари стеклоткані, що перешкоджають поширенню тріщин з одного силового елемента на іншій.

Маючи запас міцності, лопата, може виконувати несучі функції навіть після руйнування одного або декількох лонжеронів, що є досить важливим для вертольота який приймає участь в бойових операціях. Багаторазове дублювання лонжеронів дозволяє також відмовитися від системи попередження появи тріщин. Лопати мають великий ресурс, аледосить складні у виробництві.

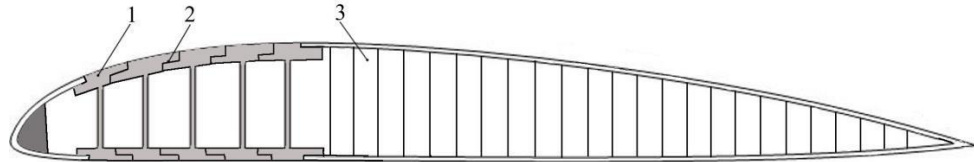


Рис. 9. Перетин багатолонжеронної лопати несучого гвинта.

1 - лонжерони, 2 - шари стеклоткані, 3 - стільниковий заповнювач.

Композиційні лопаті. Композиційні лопати, на сьогоднішній день, є найпоширенішими у світі. Конструкції композиційних лопат досить різноманітні. Перерізи деяких з них представлені на малюнку 10.

Досить прості лопаті мають на увазі використання С-образного лонжерона й пористого (Рис. 10а) або стільникового (Рис. 10б) заповнювача. Більш складні лопаті мають багатозамкнутий лонжерон і приклеєну хвостову частину. Приклад перетину такого лонжерона показаний на малюнку 10в, г, буд. Проміжні стінки, установлені в каналі лонжерона, збільшують твердість пустотілої лопати. Хвостовий відсік лопати в цей час частіше робиться нерозрізним, що значно спрощує конструкцію.

Як матеріали виготовлення лонжеронів і лопат використовуються вуглепластики, склопластики й органічні пластики або їхні комбінації.

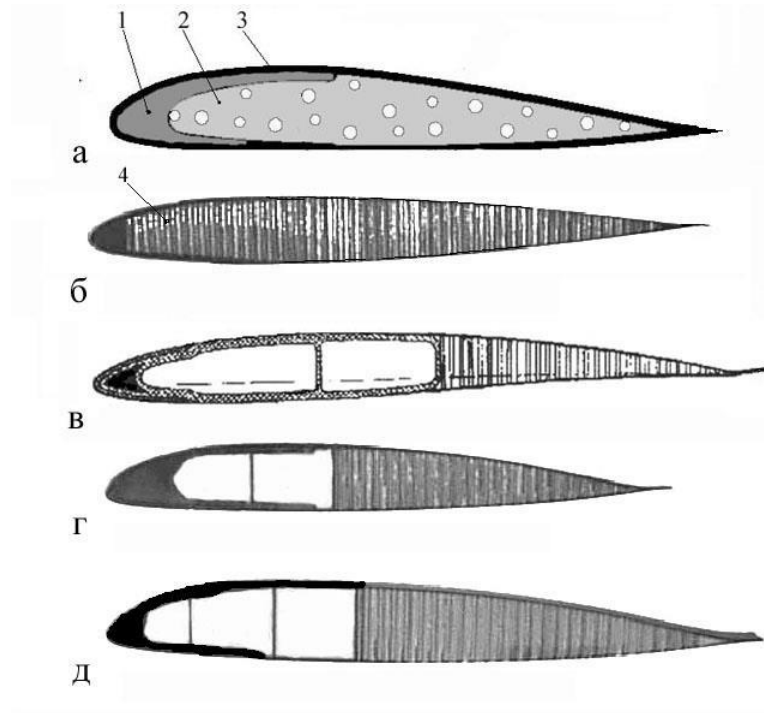


Рис. 10. Перетин композиційних лопат несучого гвинта.
а - вертольота ЄС145, б - ЄС332 МК2, в - Ка-50, г - ЄС225, д - NH90.

1 - склопластиковий лонжерон, 2 - пористий заповнювач, 3 - вуглепластикове покриття, 4 - стільниковий заповнювач.

Особливості конструкції крила

Крило встановлюють у центральній частині фюзеляжу. Воно являє собою балку, навантажену розподіленими й зосередженими силами, і складається із правої й лівої консолей, розташованих з боків фюзеляжу. Шкідливий аеродинамічний взаємовплив з фюзеляжем зменшують плавним сполученням за допомогою зализів. На відміну від літаків, вертольоти використовують невелику кількість засобів механізації крила. Виключення становлять конвертоплани, що сполучають у собі властивості літака й вертольота. На «класичних» серійних вертольотах застосовуються тільки закрилки, хоча експериментальні повітряні судна мали самі різні пристрої, що поліпшують аеродинамічні характеристики крила.

Силовa схема крила складається з поздовжнього й поперечного наборів і обшивки (Рис. 21). До поздовжнього набору належать лонжерони й стрингери, до поперечного набору - нервюри.

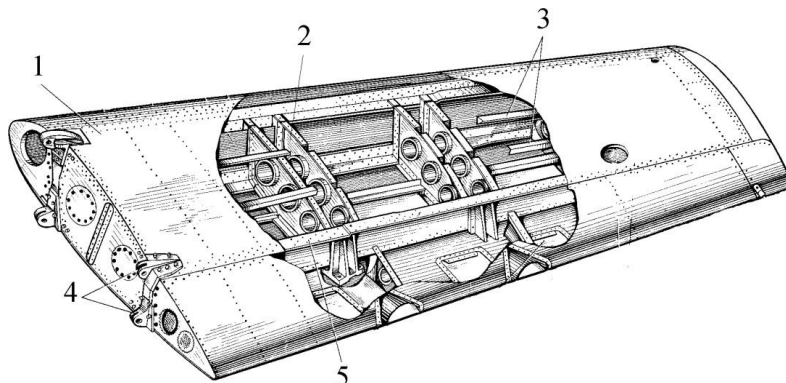


Рис. 21. Конструкція крила.

1 - обшивка, 2 - нервюра, 3 - стрингери, 4 - вузли навішення крила, 5 - лонжерон.

Лонжерони - звичайно двопоясні поздовжні балки (Рис. 22). Пояси яких працюють на розтягання й стиснення від вигину, а стінки - на зсув поперечної сили й крутний моменту

У конструкціях крил звичайно застосовуються лонжерони балкового типу й тільки в окремих випадках - фермового. У лонжеронів балкового типу є пояси й тонка стінка. У фермових лонжеронів стінка відсутня й пояси зв'язані між собою стержнями. З умови рівномірності площі перетинів поясів лонжеронів зменшують у міру видалення від фюзеляжу.

Стрингери сприймають осьові зусилля при вигині й разом з обшивкою зазнають поперечного вигину від повітряного навантаження.

Нервюри крила по своєму призначенню й конструктивному виконанню розділяються на два типи - нормальні й посилені.