

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

**ОСНОВИ АВІАЦІЇ І ТЕХНОЛОГІЇ
ВИРОБНИЦТВА ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

Частина 1

Навчальний посібник

Харків «ХАІ» 2020

УДК [629.7.015+629.7(09)](075.8)
О-75

Авторський колектив:

І. В. Бичков, В. В. Воронько, К. В. Майорова, І. О. Воронько,
С. Ю. Миронова, Г. С. Селезньова

Рецензенти: д-р техн. наук, проф. С. А. Бичков,
д-р техн. наук, проф. В. Є. Зайцев

Основи авіації і технології виробництва літальних апаратів
О-75 [Текст] : навч. посіб. Ч.1 / І. В. Бичков, В. В. Воронько,
К. В. Майорова та ін. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т
ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2020. – 72 с.

ISBN 978-966-662-749-3

Описано основні принципи польоту. Викладено історію воздухоплавання від перших спроб до масштабних перельотів сучасності. Наведено факти еволюції двигунобудування.

Подано основи аеродинаміки (аеродинамічні характеристики) та динаміки польоту літака. Розглянуто траєкторії руху та сили, що діють на нього під час польоту, а також структурну будову літака та вертольота, їх обладнання.

Для студентів як вступна дисципліна для загального розуміння основ авіаційної науки і подальшого вивчення дисциплін, які пов'язані з літако- і вертольотобудуванням, виробництвом літальних апаратів, а також із системами автоматизованого проектування.

Іл. 83. Бібліогр.: 6 назв

УДК [629.7.015+629.7(09)](075.8)

© Колектив авторів, 2020

© Національний аерокосмічний
університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут», 2020

ISBN 978-966-662-749-3

ВСТУП

Мрія про політ відображена в міфах різних народів світу (наприклад, про Дедала та Ікара в грецькій міфології).

Дедал – видатний художник і інженер, який вважався винахідником різних інструментів. Рятуючись з острова Крит від роздратованого царя Міноса, майстер Дедал зробив для себе і сина Ікара крила з пір'їн, скріплених воском.

Дедал просив сина: *«Не піднімайся занадто високо, сонце розтопить віск. Не лети занадто низько, морська вода потрапить на пір'я і воно намокне»*.

Однак вже під час перельоту в Елладу Ікар настільки захопився польотом, що забув батькове повчання і піднявся дуже високо, наблизившись занадто близько до сонця. Промені сонця розтопили віск, в результаті Ікар впав і потонув у морі (рисунок В.1).



Рисунок В.1 – Політ Ікара

Створення перших літаючих моделей і розповіді про керовані польоти розпочалися багато століть назад. Мрія людства про політ, можливо, вперше була реалізована в Китаї.

Попередником літака був повітряний змій. Політ людини, прив'язаної (у вигляді покарання) до паперового змія, був описаний в VI ст. н. е.

Повітряні змії були першим видом літальних апаратів, які були винайдені в Китаї приблизно в 500 р. до н. е.

Однак перший пілотований зліт і безпечна посадка відбулися не так і давно – в XVIII ст. на повітряній кулі, а кожна з двох світових воєн привела до великих технічних досягнень.

1 ОСНОВИ АВІАЦІЇ

1.1 Політ та основні його принципи

Політ – самостійне переміщення об'єкта в газоподібному середовищі або вакуумі. Це переміщення може здійснюватися із застосуванням реактивної тяги або інших рушійних засобів або без них (за інерцією).

Контроль висоти польоту в полі тяжіння на швидкості нижче орбітальної потребує крім надання поступального руху застосування засобів підтримання:

– *статичних*: це може бути архімедова сила атмосфери (рисунок 1.1), що впливає на тіло – джерело тяжіння, магнітне поле (рисунок 1.2);

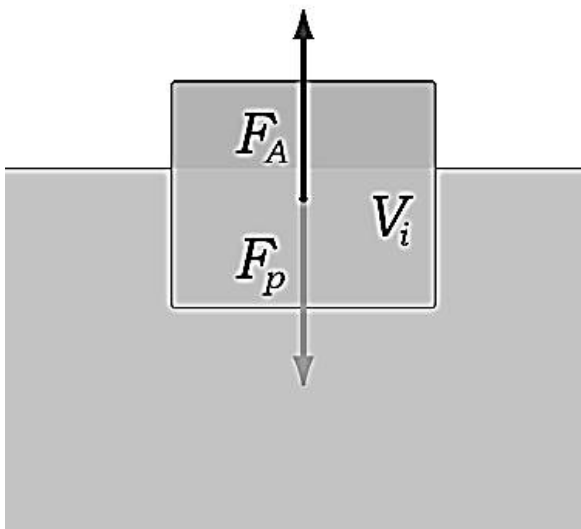


Рисунок 1.1 – Архімедова сила атмосфери

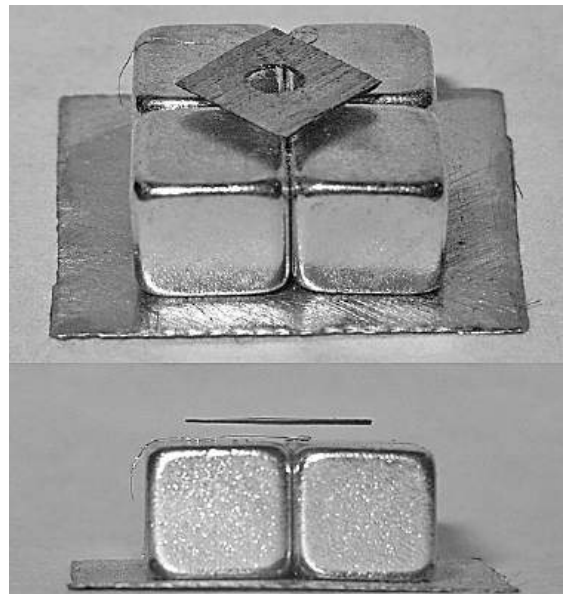


Рисунок 1.2 – Магнітна левітація

– *динамічних*: піднімальна сила газового потоку, що обтікає тіло, форма якого дозволяє створювати таку силу в цьому потоці (рисунок 1.3), або реактивна тяга (сила, що виникає в результаті взаємодії реактивної рухомої установки з витічною із сопла струминою розширеної рідини або газу, які мають кінетичну енергію, показано на рисунку 1.4), електромагнітна сила та ін.

Піднімальна сила – сила, що долає силу тяжіння. В рівномірному горизонтальному сталому польоті піднімальна сила врівноважує силу тяжіння.

Архімедова сила атмосфери визначається виштовхувальною або піднімальною силою, що дорівнює об'єму рідини або газу, витісненого зануреним в них тілом.

Магнітна левітація – технологія підйому об'єкта за допомогою одного магнітного поля, магнітний тиск використовується для компенсації прискорення вільного падіння або будь-яких інших прискорень.

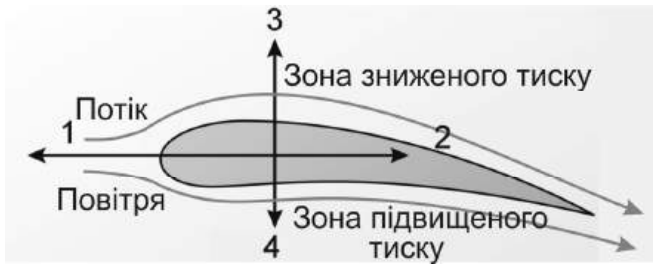


Рисунок 1.3 – Аеродинамічні сили, що діють на крило літака:
1 – тяга; 2 – лобовий опір;
3 – піднімальна сила; 4 – вага



Рисунок 1.4 – Реактивна тяга

Реактивна тяга виникає в результаті взаємодії реактивної рухомої установки з витічним із сопла струменем розширеної рідини або газу, які мають кінетичну енергію.

Принцип польоту визначається тим, як і внаслідок чого створюється піднімальна сила (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Принципи польоту

У наш час технічне значення мають такі принципи польоту:

– **балістичний** – сила визначається силою інерції тіла, що летить, використовуючи початковий запас швидкості або висоти, тому балістичний політ називають також пасивним;

– **ракетодинамічний** – сила характеризується реактивною силою з урахуванням відкинутої маси летючого тіла. Відповідно до закону збереження імпульсу системи рух виникає при відділенні від тіла з будь-якою швидкістю деякої частини його маси;

– **аеростатичний** – сила визначається архімедовою силою, яка дорівнює силі тяжіння витісненої тілом маси повітря;

– *аеродинамічний* – сила характеризується реактивною силою з урахуванням відкидання вниз частини повітря, що обтікає тіло при його русі, тобто визначається силовим впливом повітря на рухоме тіло.

При польоті в атмосфері крім сили тяжіння доводиться долати силу опору зовнішнього середовища. Силу, що долає опір зовнішнього середовища, називають силою тяги (тягою).

У рівномірному горизонтальному сталому польоті сила тяги врівноважує силу опору середовища.

Силу тяги, як і піднімальну силу, можна створювати різними способами.

1.2 Реалізація аеродинамічного принципу польоту

Аеродинамічний принцип створення піднімальної сили (відкидання вниз частини повітря) можна технічно реалізувати, врахувавши рух усього апарата, забезпеченого *нерухомою несучою поверхнею* (крилом), або врахувавши рух окремих несучих частин апарата (несучого гвинта, вентилятора та ін.) відносно повітряного середовища. І в тому, і в іншому випадку утворення піднімальної сили ґрунтується на законі механіки про кількість руху (другий закон Ньютона):

$$m = (V_2 - V_1) = P \cdot t,$$

де m – маса тіла (в цьому випадку це маса повітря, що відкидається), кг;
 $V_2 - V_1$ – зміна швидкості тіла (в цьому випадку вертикальна швидкість відкидається несучою поверхнею повітря), м/с;

P – сила, прикладена до повітря і спрямована вниз, Н;

t – час дії сили, с.

Отже,

$$P = m(V_2 - V_1) / t.$$

Відповідно до третього закону Ньютона піднімальна сила Y буде прикладена до несучої поверхні і спрямована вгору (проти сили P , прикладеної до повітря і спрямованої вниз):

$$\vec{Y} = -\vec{P}.$$

Несуча поверхня, яка рухається в повітрі та створює піднімальну силу (аеродинамічну) Y_a , долає діючу на неї силу лобового опору X_a . Тому для створення піднімальної сили необхідно витратити енергію.

Енергетичні витрати ЛА (реалізація аеродинамічного принципу польоту) будуть тим менші, чим менша сила лобового опору X_a , що виникає при створенні необхідної для польоту піднімальної сили Y_a , тобто чим більше буде значення *аеродинамічної якості* ЛА, що визначається відношенням піднімальної сили до сили лобового опору:

$$K_a = Y_a / X_a.$$

Аеродинамічна якість є властивістю ЛА, що характеризується в основному його геометричними параметрами.

Серед ЛА, що реалізують аеродинамічний принцип польоту, найбільшого поширення набули планери (франц. planeur, від planer – парити), літаки і вертольоти.

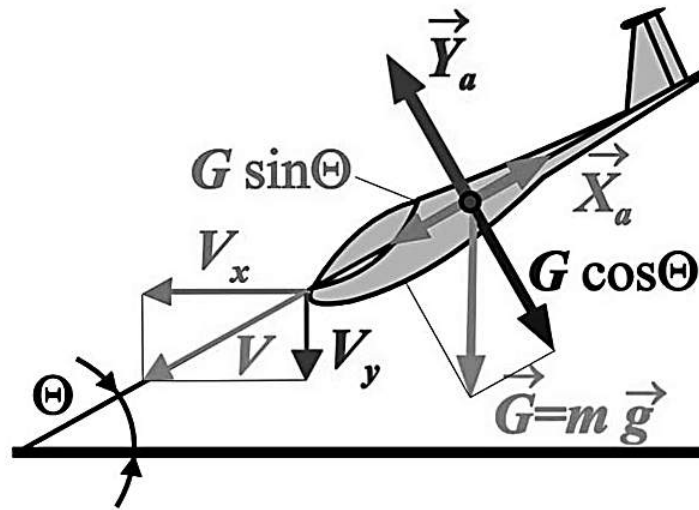


Рисунок 1.6 – Планерний політ

Планер не має силової установки, тому його політ (рисунок 1.6) в спокійній атмосфері є можливим тільки з постійним зниженням під деяким кутом Q до горизонту зі швидкістю V , яка може бути подана векторною сумою швидкості зниження V_y і горизонтальної швидкості польоту V_x . Рух планера вперед відбувається під дією складової $G \cdot \sin Q$ сили тяжіння \vec{G} , яка врівноважує силу лобового опору \vec{X}_a , що виникає разом з піднімальною силою крила \vec{Y}_a , а також врівноважує складову $G \cdot \cos Q$ сили тяжіння. Таким чином, при польоті планера на створення піднімальної сили і подолання сили лобового опору з втратою висоти витрачається потенційна енергія, яку мав планер, доставлений на початкову висоту за допомогою наземної лебідки або літака-буксирувальника. Запас енергії для польоту планер може збільшити, набираючи висоту за рахунок енергії висхідних потоків теплого повітря.

Розглядаючи схему сил, діючих на планер при плануванні, записуємо:

$$Y_a = G \cdot \cos Q; X_a = G \cdot \sin Q.$$

Звідси $\operatorname{tg} Q = \frac{X_a}{Y_a} = \frac{1}{K_a}$, тобто планер, що має більшу аеродинамічну якість, планеруватиме по більш пологій траєкторії, і дальність його польоту за інших однакових умов буде більша, отже, він більш ефективно використовує початковий запас енергії. Для сучасних планерів аеродинамічна якість $K_a = 40 \dots 50$.

Літак здійснює політ в атмосфері під дією сили тяги, створеної силовою установкою, і піднімальної сили, створеної нерухомим щодо інших частин літака крилом.

Двигун літака може розвивати силу тяги повітряним гвинтом або реакцією струменя вихлопних газів, витрачаючи при цьому хімічну енергію палива, що знаходиться в паливних баках, на здійснення роботи, спрямованої проти сил аеродинамічного опору або опору тертя при розбігу літака по ЗПС на зльоті.

При польоті літака зі швидкістю V (рисунок 1.7) виникає піднімальна сила, що протистоїть гравітаційній силі (силі тяжіння); разом з тим виникає і сила, що надає опору руху літака, яка долається силою тяги двигуна.

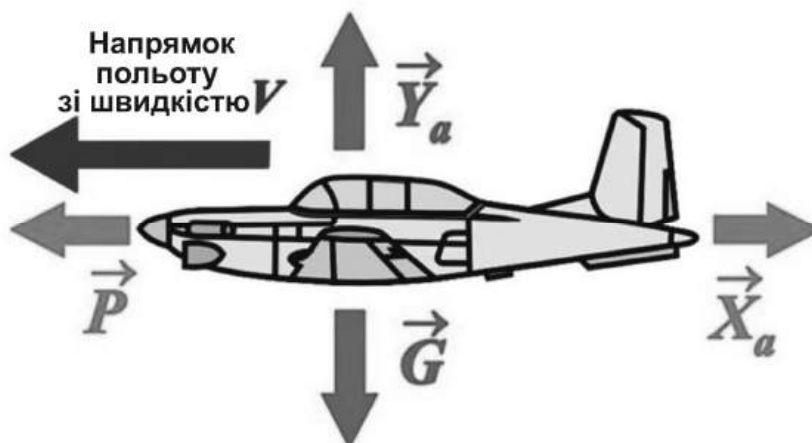


Рисунок 1.7 – Сили, що діють на літак у горизонтальному польоті

Таким чином, для здійснення горизонтального польоту літака необхідно виконати умови

$$G = Y_a; P = X_a.$$

Звідси сила тяги двигуна, що потрібна для здійснення горизонтального польоту:

$$P_{nomp} = \frac{G \cdot X_a}{Y_a} = \frac{G}{K_a} = \frac{mg}{K_a}.$$

Очевидно, що енергетичні витрати ЛА, що реалізує аеродинамічний принцип польоту, на подолання сили земного тяжіння істотно менші витрат ЛА, що реалізує ракетодинамічний принцип польоту (де $P_{nomp} = mg$). У сучасних дозвукових літаках аеродинамічна якість $K_a = 15...18$, у надзвукових літаках $K_a = 8...12$.

Однак літак (в традиційній конфігурації) не здатний здійснювати вертикальні зліт і посадку, оскільки нерухоме крило створює піднімальну силу тільки при поступальному русі літака.

Вертоліт здійснює політ під дією піднімальної сили і сили тяги одного або декількох несучих гвинтів, здатних створювати піднімальну силу без поступального руху ЛА.

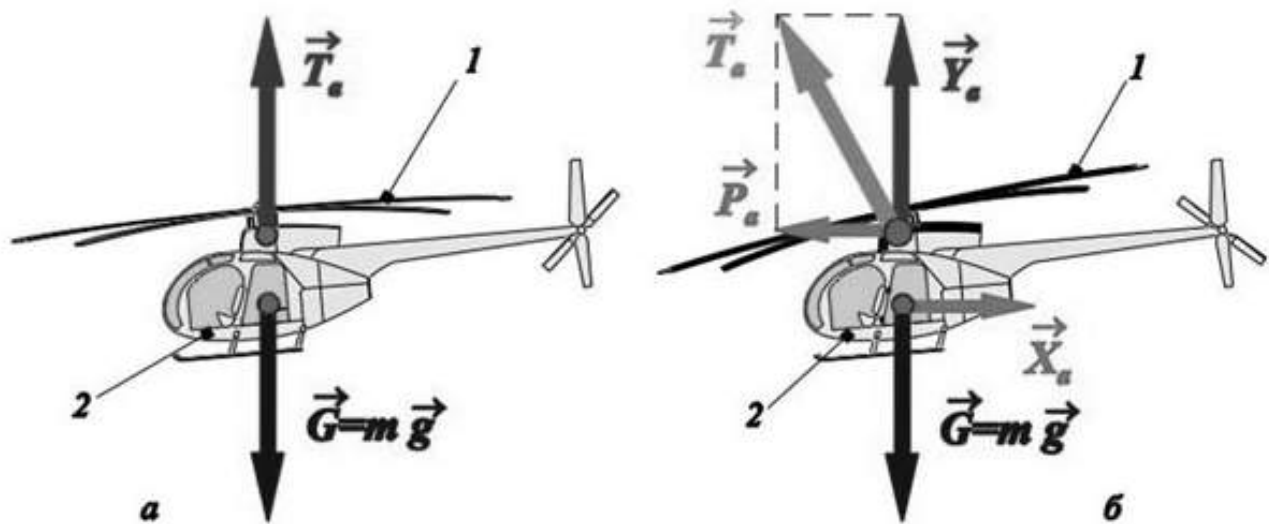


Рисунок 1.8 – Принцип польоту літака:
1 – несучий гвинт, 2 – фюзеляж

Несучий гвинт 1 вертольота (рисунок 1.8, а) складається з декількох лопатей, які являють собою крила, що обертаються двигуном. При цьому виникає аеродинамічна піднімальна сила (сила тяги гвинта) \vec{T}_a , яка в режимі висіння врівноважує силу тяжіння $\vec{G} (\vec{T}_a = -\vec{G})$.

На рисунку 1.8, б показана схема сил, що діють на вертоліт в горизонтальному польоті. Несучий гвинт 1 за допомогою спеціального пристрою нахилено відносно фюзеляжу вертольота 2 вперед. Складова \vec{Y}_a сили тяги гвинта \vec{T}_a врівноважує силу тяжіння $\vec{G} (Y_a = G)$, тобто є піднімальною силою вертольота; проекція \vec{P}_a сили \vec{T}_a на горизонтальну вісь забезпечує поступальний рух вертольота, врівноважуючи виникаючу при цьому силу лобового опору $\vec{X}_a (P_a = X_a)$, тобто є силою тяги вертольота в горизонтальному польоті.

Аеродинамічна якість сучасних вертольотів $\vec{G} (K_a = 4...5)$.

З практичних спостережень видно, що енергетичні витрати на політ вертольота істотно більші, ніж енергетичні витрати на політ літака при однакових злітних масах і швидкості польоту.

Однак вертоліт має істотну властивість, яку не мають літаки традиційних схем, – він здатний здійснювати вертикальний зліт, посадку і перебувати в режимі висіння.

1.3 Основи аеродинаміки

Аеродинаміка – розділ механіки, в якому вивчають закони руху газоподібного середовища (наприклад, повітря) і його взаємодію з рухомими в ньому обтічними твердими тілами.

1.3.1 Взаємодія середовища і тіла, що в ньому рухається. Класифікація швидкостей польоту

Характер взаємодії зовнішнього газового середовища (атмосфери) і тіла (ЛА), що в ньому рухається, істотно залежить від швидкості і висоти польоту ЛА, оскільки з висотою змінюються параметри атмосфери.

При невеликих швидкостях руху відбувається в основному *силова взаємодія*, тобто в результаті руху виникають сили, які чинять опір руху тіла в газовому середовищі. Зі збільшенням швидкості силова взаємодія супроводжується *тепловою взаємодією*, тобто нагрівом поверхні обтічного тіла внаслідок теплопередачі від газу до тіла. При дуже великих швидкостях польоту аеродинамічний нагрів стає настільки сильним, що може зруйнувати матеріал конструкції ЛА оплавленням або *сублімацією*, тобто матеріал ЛА перейде з твердого в газоподібний стан і, як наслідок, буде винесено зруйновану частку матеріалу. Аеродинамічний нагрів може привести до *хімічної взаємодії* газового середовища і матеріалу конструкції ЛА, в результаті чого також виникає *ефект винесення* частки матеріалу. На великих швидкостях польоту внаслідок механічної дії може утворитися *ерозія* матеріалу конструкції, що також супроводжується ефектом *винесення маси* (абляцією).

Проектувальника найперше цікавить силова взаємодія ЛА і зовнішнього газового середовища, оскільки в результаті цієї взаємодії виникають сили, що забезпечують політ ЛА.

Рух ЛА, що розсовує повітря, викликає збурення повітряного середовища, що поширюється у всі боки зі швидкістю звуку у вигляді коливальних тиску і щільності повітря. При малих швидкостях польоту ці збурення значно випереджають ЛА, і повітряний потік, ще навіть не наблизившись до нього, змінює свій напрямок, розсовується і «приспосовується» до обтікання частин ЛА. Стиснення повітря при цьому незначні.

Зі зростанням швидкості польоту ЛА і наближенням її до швидкості звуку (швидкості поширення збурень) збурення, що створені ЛА, не можуть випередити його, взаємодія ЛА з незбуреним («не підготовленим» до обтікання ЛА) зовнішнім середовищем спричиняє сильне стиснення повітря, підвищення його тиску і як наслідок збільшення сил, що діють на ЛА. Таким чином, критерієм, що дозволяє оцінити силову взаємодію ЛА і повітряного середовища, *критерієм стисливості* потоку повітря може бути число M . Чим більше число M , тим сильніше виявляється в польоті ефект стиснення повітря. На основі цього критерію розглянемо класифікацію швидкостей польоту ЛА:

– *малі дозвукові швидкості*, відповідні числам $M \leq 0,4 \dots 0,6$, при яких стиснення повітря практично мало впливає на силову взаємодію ЛА і навколишнього середовища;

- великі дозвукові швидкості, відповідні числам $M \approx 0,6...0,9$, при яких вплив стиснення на силову взаємодію має велике значення, проте теплова взаємодія практично відсутня і її можна не розглядати;
- трансзвукові, що відповідають числам $M \approx 1$;
- надзвукові ($M > 1$), при яких проектувальники зобов'язані враховувати не тільки силову, а й теплову взаємодію ЛА і навколишнього середовища;
- гіперзвукові швидкості, відповідні числам $M \geq 5$, при яких силова і теплова взаємодії ЛА і навколишнього середовища настільки інтенсивні, що можуть супроводжуватися хімічною і механічною взаємодіями і загрожувати можливістю появи ерозії і винесенням матеріалу конструкції.

У разі проектування ЛА для визначення його льотних характеристик, розроблення конструкції агрегатів і систем необхідні дані щодо інтенсивності всіх видів взаємодії ЛА з повітряним потоком. Специфіка взаємодії при різних швидкостях польоту потребує застосування різних математичних моделей, що враховують цю специфіку і базуються на різній математичній основі. Теоретичне визначення величин, що характеризують цю взаємодію, практичний вимір їх у польоті є дуже складним завданням. З достатньою для інженерних робіт точністю виконати це завдання дозволяє аеродинамічний експеримент та комп'ютерне моделювання.

1.3.2 Аеродинамічні сили

Сума всіх сил (сил тиску і сил тертя), що виникають при обтіканні тіла, називається *повною аеродинамічною силою* \vec{R}_a (рисунок 1.9).

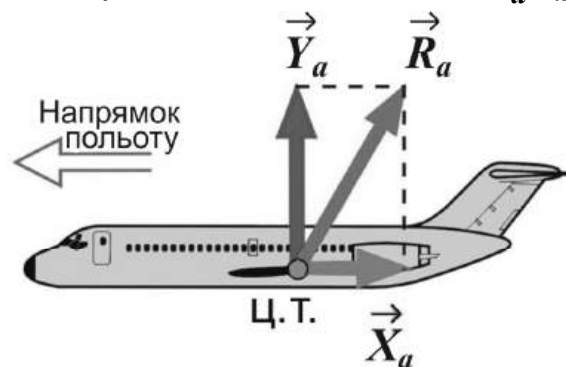


Рисунок 1.9 – Повна аеродинамічна сила

Точка прикладання повної аеродинамічної сили \vec{R}_a називається *центром тиску* (ц. т.). Частина повної аеродинамічної сили, що перпендикулярна до напрямку польоту (н. п.), точніше, до вектора швидкості набіжного потоку, є *піднімальною силою* \vec{Y}_a . Частина повної аеродинамічної сили \vec{X}_a , що паралельна вектору швидкості набіжного потоку, є *силою лобового опору*.

На аеродинамічні сили впливають різні чинники. Сила тертя повітря об тіло реалізується повністю в граничному шарі. Чим менше буде шорст-

кість обтічного тіла, тим довше на поверхні тіла буде зберігатися ламінарний граничний шар і менше буде сила опору тертя, оскільки менше енергії витратиться на перемішування потоку в граничному шарі. Конструктор завжди має зосереджувати увагу на стані поверхні частин літака, які виступають в потік, зокрема на конструкції стику листів обшивки, що утворюють зовнішні обводи літака.

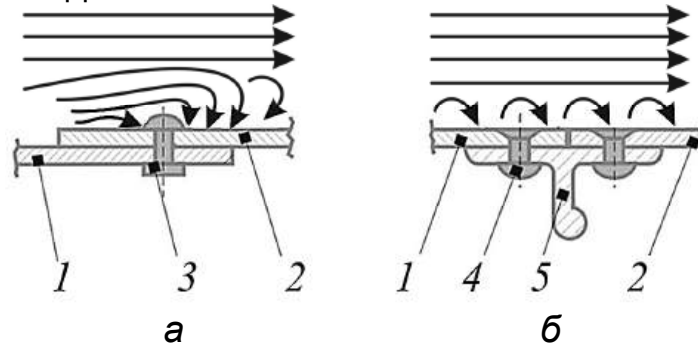


Рисунок 1.10 – Стик листів обшивки

Стик листів обшивки 1 і 2 (показаний на рисунку 1.10, а) з точки зору аеродинаміки є менш надійним, ніж стик, зображений на рисунку 1.10, б, оскільки уступ у листах і напівкругла заставна головка заклепки 3 виступають у потік і сприяють турбулізації граничного шару. Однак більш надійним з точки зору аеродинаміки є стик на рисунку 1.10, б. Він складніший технологічно, оскільки оброблення гнізд під потайні заставні головки заклепок 4 є важчим, тому що потрібна підкладна деталь 5, а отже, він і дорожчий.

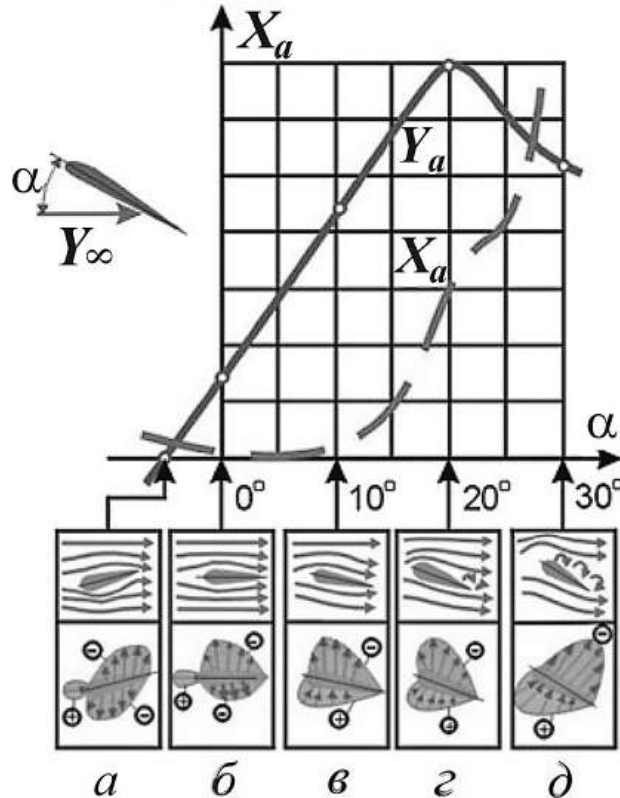


Рисунок 1.11 – Залежність аеродинамічних сил від кута атаки

На повну аеродинамічну силу впливає *положення обтічного тіла щодо набіжного потоку повітря*. Кут α між напрямком вектора швидкості потоку, що набігає, і характерною віссю обтічного тіла називається *кутом атаки*. На рисунку 1.11 показані графіки залежності складових повної аеродинамічної сили від кута атаки профілю крила. Для профілів різної форми можна знайти певний кут атаки (див. рисунок 1.11, а), при якому розподіл тиску на поверхні профілю такий, що піднімальна сила Y_a відсутня, а лобовий опір X_a є мінімальним.

Зі зростанням кута атаки (див. рисунок 1.11, б і в) профіль обтікається плавно, збільшується розрідження на верхній поверхні, зона підвищеного тиску поширюється від точки повного гальмування на всю нижню поверхню профіля. Піднімальна сила зростає.

Зі збільшенням піднімальної сили Y_a , яка визначається різницею тисків під профілем і над ним, зростає і лобовий опір X_a , який визначається *силою тертя в граничному шарі $X_{атер}$* і *силою тиску $X_{ам}$* , що утворюється внаслідок різниці тисків перед профілем і за ним. Потік, що обтікає профіль, відхиляється вниз. Відхилення потоку тим більше, чим більшим є кут атаки (або, що те ж саме, є більшою піднімальна сила). При обтіканні крила внаслідок перетікання потоку через кромку і утворення кінцевого вихору потік також відхиляється вниз. Явище відхилення потоку вниз при обтіканні називається *скошенням потоку*, що спричиняє (індукує) додаткову силу лобового опору, яка називається *силою індуктивного опору X_{ai}* . Встановлено, що сила індуктивного опору пропорційна квадрату піднімальної сили: $X_{ai} = Y_a^2$.

Таким чином, $X_a = X_{атер} + X_{ам} + X_{ai}$.

При збільшенні кута атаки зростає і турбулентний граничний шар, починається зрив потоку з верхньої поверхні крила. Піднімальна сила починає зменшуватися, а потім різко падає за рахунок інтенсивного зриву потоку (див. рисунок 1.11, д).

Кут атаки, при якому піднімальна сила досягає максимального значення, називається *критичним кутом атаки $\alpha_{кр}$* (див. рисунок 1.11, г). Практично ніколи обтікання крил літака не буває симетричним, зрив потоку і зменшення піднімальної сили на одному з них призводить до штопорення літака – просторового обертального руху літака з втратою висоти.

У міру наближення до критичного кута атаки прискорюється зростання лобового опору через те, що починається зрив потоку.

Зі зміною кута атаки змінюється і положення точки прикладання повної аеродинамічної сили (положення центра тиску).

2 ОСНОВИ ДИНАМІКИ ПОЛЬОТУ ЛІТАКА

2.1 Траєкторії руху

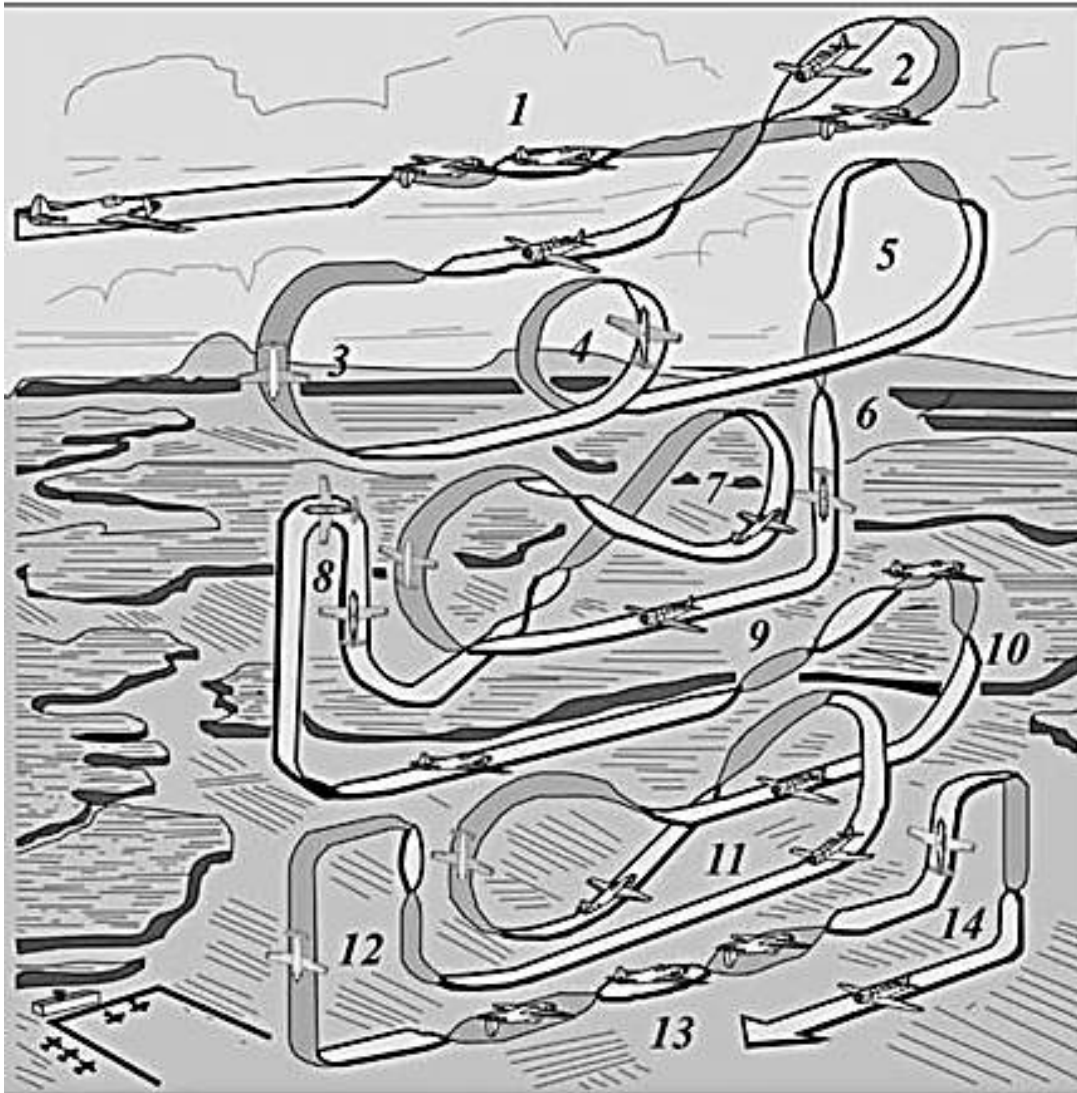


Рисунок 2.1 – Комплекс фігур вищого пілотажу:

- 1 – керована горизонтальна бочка;
- 2 – три чверті петлі з півобертом на низхідну позицію під кутом 45° ;
- 3 – переворот на гірці; 4 – петля Нестерова;
- 5 – напівпетля; 6 – один виток штопора;
- 7 – вісімка з півобертом на низхідну позицію під кутом 45° ;
- 8 – поворот на вертикалі; 9 – висхідна керована бочка під кутом 45° ;
- 10 – переворот; 11 – вісімка з напівбочкою на висхідній позиції під кутом 45° ;
- 12 – напівбочка на висхідній вертикальній позиції;
- 13 – фіксована бочка на горизонтальній позиції;
- 14 – одна чверть бочки на висхідній і низхідній вертикальних позиціях

Динаміка польоту як розділ аеромеханіки розглядає питання, пов'язані з реалізацією різних траєкторій польоту літака, які визначаються технічним завданням на проектування. Найбільш складні траєкторії виконують

літаки, спроектовані і побудовані спеціально для занять авіаційним спортом.

Пілотаж – просторове маневрування літального апарата, що має метою ураження противника або виконання фігур в повітрі.

Фігури вищого пілотажу (рисунок 2.1) – це фігури і маневри літальних апаратів у небі. Пілоти виконують їх у різних цілях: змагання, шоу і навіть боротьба з противником. Щорічно подібну красу в небі можна побачити і в нашій країні. Наприклад, під час параду, присвяченому Дню Незалежності України. Подібні фігури вищого пілотажу виконують винищувачі Збройних сил України.

2.1.1 Сили, що діють на літак в польоті

Просторовий рух літака, що характеризується зміною його положення в просторі, зміною швидкості і напрямку польоту, називається маневром, а здатність здійснювати маневр – маневреністю літака.

Усі сили, що діють на літак в польоті, можуть бути зведені до трьох: повної аеродинамічної сили R_a , сили тяжіння G і сили тяги P двигуна. Ці сили, в свою чергу, можна привести до рівнодіючої силі F , яка прикладена до центра мас літака, і моменту M відносно центра мас (рисунок 2.2):

$$\vec{F} = \vec{R}_a + \vec{G} + \vec{P}; \quad \vec{M} = \sum P_i r_i,$$

де P_i – складові сили F ; r_i – плече сили P_i відносно центра мас.

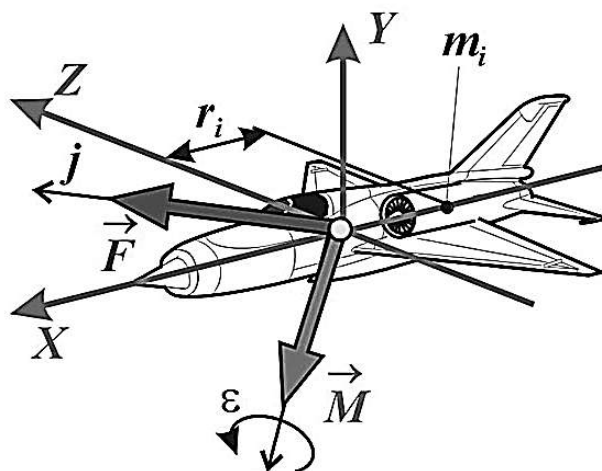


Рисунок 2.2 – Сили, що діють на літак у польоті

У загальному випадку сила F і момент M , що діють на літак, відмінні від нуля, і літак рухається поступально вздовж вектора сили F з прискоренням $j = F/m$ і обертається навколо осі, спрямованої вздовж вектора M з кутовим прискоренням $\varepsilon = M/J_m$, де j – лінійне прискорення центра мас літака, м/с²; F – діюча на літак сила, Н; m – маса літака, кг; ε – кутове прискорення літака, рад/с²; M – діючий на літак момент сил, Н·м; J_m – момент інерції літака відносно центра мас, кг·м².

Момент інерції літака відносно центра мас

$$J_m \approx \sum_{i=1}^n m_i r_i^2,$$

де m_i – маса i -го агрегату літака (наприклад, маса двигуна);

r_i – відстань від центра мас i -го агрегату до осі обертання літака, що проходить через центр мас, тобто до вектора моменту M .

Під час прискореного поступального і обертального руху літака на кожен агрегат або розміщений на літаку вантаж діють інерційні сили $P_i = m_i j_i$, де m_i – маса i -го агрегату літака; j_i – лінійне прискорення i -го агрегату. В цьому випадку лінійне прискорення кожного агрегату внаслідок обертального руху літака буде відрізнятися від лінійного прискорення центра мас літака тим більше, чим далі від центра мас літака знаходиться агрегат.

Літак, що рухається в криволінійному просторовому польоті, можна розглядати як той, що знаходиться в рівновазі, якщо за *принципом Д'Аламбера* ввести в число діючих на нього сил *силу інерції*

$$\vec{P}_j = \sum_{j=1}^n m_j \vec{j}_j,$$

що дорівнює сумі інерційних сил, які діють на кожен агрегат

літака. Таким чином, можна записати

$$F + P_j = 0, \text{ тобто } R_a + G + P + P_j = 0.$$

Усі сили, що діють на літак в польоті, зручно об'єднати в дві групи:

– *поверхневі сили* – це сили, не пов'язані з масою літака (повна аеродинамічна сила R_a і сила тяги P двигуна), які, власне, і визначають політ: $R_n = R_a + P$;

– *масові сили* – це сили, пов'язані з масою літака (сила тяжіння G та інерційна сила P_j), які необхідно подолати для здійснення польоту:

$$R_m = G + P_j.$$

Тут доречно ще раз відзначити, що сила лобового опору X_a , яку доводиться долати силою тяги P двигуна, виникає як неминучий наслідок отримання піднімальної сили Y_a , нерозривно пов'язаною з нею. Тому силу лобового опору, як і піднімальну силу, з повною підставою можна віднести до групи сил R_n , які визначають політ.

Таким чином, можна розглядати рівновагу літака в будь-якому просторовому русі під дією сил R_n і R_m , тобто

$$F = R_n + R_m = 0; \quad M = M_n + M_m = 0.$$

Зміна сили F і моменту M (поява збільшень ΔF і ΔM при зміні повної аеродинамічної сили R_a , сили тяги P двигуна або сили тяжіння G)

призводить до зміни параметрів просторового руху літака. Рух літака є *некерованим*, якщо збільшення (збурення) сили ΔF і моменту ΔM не залежать від дій льотчика, а спричинені будь-якими не залежними від нього обставинами (наприклад, поривом вітру в турбулентній атмосфері). Рух літака *керований*, якщо збільшення сили ΔF і моменту ΔM обумовлено діями льотчика. В цьому випадку ΔF і ΔM називаються *керуючими впливами*. Льотчик може змінити значення і орієнтацію в просторі повної аеродинамічної сили, значення і напрямок сили тяги двигуна. Цілеспрямована зміна цих сил приведе до формування потрібної траєкторії польоту літака.

При розв'язанні багатьох задач, пов'язаних з польотом літака (розрахунок траєкторій, визначення характеристик міцності і т. д.), використовується поняття перевантаження.

Перевантаження – відношення суми векторів повної аеродинамічної сили і сили тяги до сили тяжіння:

$$\vec{n} = \frac{\vec{R}_a + \vec{P}}{mg}$$

Оскільки $R_n = R_a + P$ і $P = -P_M$, то $\vec{n} = \frac{\vec{R}_n}{mg}$ або $\vec{n} = \frac{\vec{R}_M}{mg}$.

Вектор перевантаження характеризує маневреність літака, оскільки він враховує величину і напрямок сил, змінюючи, якщо можна, керування траєкторією руху літака. Перевантаження свідчить, у скільки разів сили, що визначають траєкторію руху, більше або менше сили тяжіння літака або (що те ж саме) у скільки разів прискорення руху літака в будь-якому напрямку більше або менше прискорення земного тяжіння. Для кожного окремо взятого агрегату літака або будь-якого вантажу, що знаходиться на літаку, перевантаження показує, у скільки разів діюча на нього сила більша або менша сили тяжіння агрегату або вантажу.

Перевантаження, що діє на літак, може бути записано через проекції n_x , n_y , n_z на осі координат у вигляді

$$n = \sqrt{n_x^2 + n_y^2 + n_z^2},$$

де $n_x = \frac{R_{nx}}{mg}$ – поздовжнє (тангенціальне) перевантаження;

$n_y = \frac{R_{ny}}{mg}$ – нормальне перевантаження;

$n_z = \frac{R_{nz}}{mg}$ – бічне перевантаження;

R_{nx} , R_{ny} , R_{nz} – проекції сили на осі координат.

2.1.2 Просторовий рух літака

Розглянемо найпростіші випадки руху літака.

У першому наближенні можна вважати, що криволінійний маневр у вертикальній площині («гірка») (рисунок 2.3, а) відбувається по дузі кола радіусом R внаслідок наявності доцентрової сили Y_a , яка чисельно дорівнює сумі проекції сили тяжіння G на вісь Y та інерційної відцентрової сили P_j , яка прагне зберегти прямолінійний рух літака.

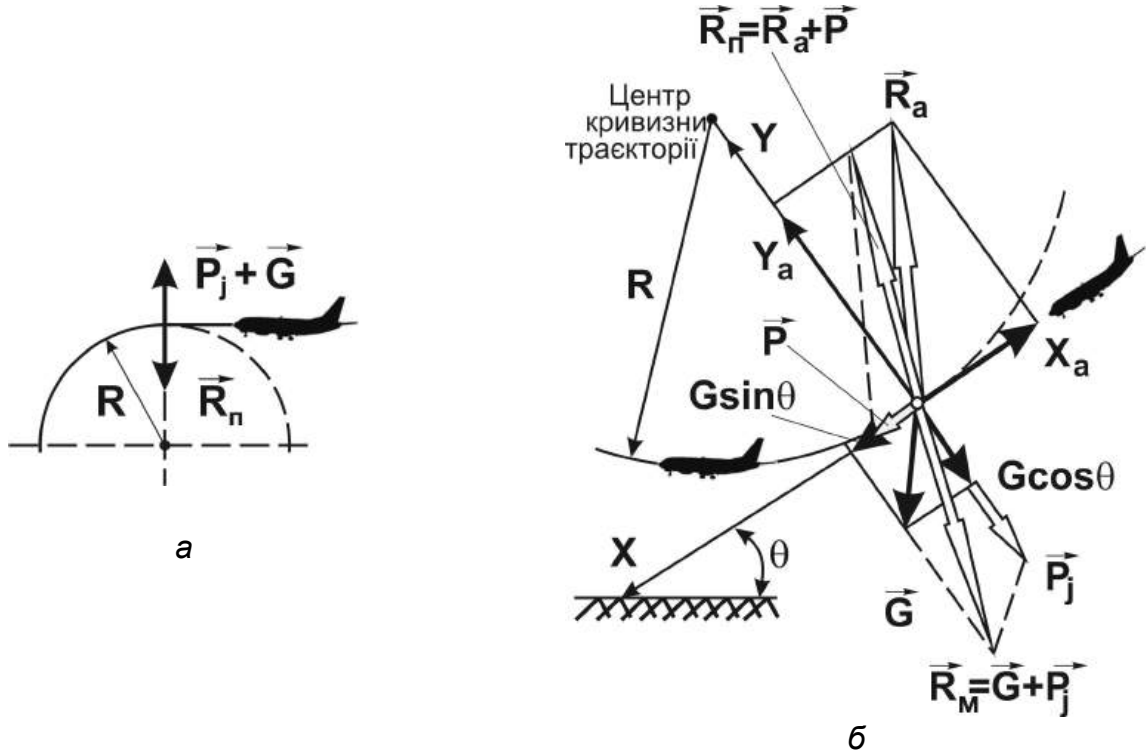


Рисунок 2.3 – Маневр у вертикальній площині

Можна записати умову рівноваги (суми проекцій усіх сил на осі OY і OX дорівнюють нулю) (рисунок 2.3, б):

$$Y_a - G \cos \theta - \frac{GV^2}{gR} = 0; \quad P + G \sin \theta - X_a = 0.$$

При швидкості польоту V і радіусу кривизни R відцентрова сила

$$P_j = mj = m \frac{V^2}{R}, \quad \text{де } m = \frac{G}{g} \text{ – маса літака, кг; тоді } Y_a = G \cos \theta + \frac{GV^2}{gR}.$$

Поділивши цей вираз на силу тяжіння, отримаємо

$$\frac{Y_a}{G} = n_y = \frac{V^2}{gR} \cos \theta \cdot R = \frac{V^2}{g(n_y - \cos \theta)}.$$

Маневр у горизонтальній площині (рисунок 2.4, а) потребує створення доцентрової сили, спрямованої до центра кривизни траєкторії і такої, що дорівнює за модулем відцентровій силі. Створення такої сили можливо з урахуванням нахилу літака на певний кут (рисунок 2.4, б).

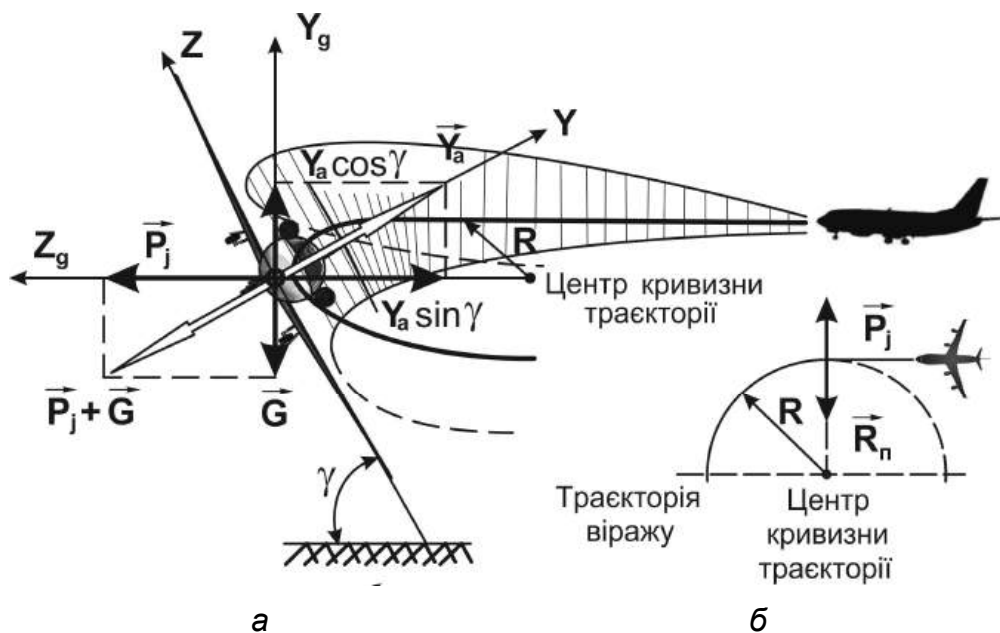


Рисунок 2.4 – Маневр у горизонтальній площині

У цьому випадку вертикальна складова піднімальної сили $Y_a \cos \gamma$ врівноважує силу тяжіння, а горизонтальна складова $R_a = Y_a \sin \gamma$ – відцентрову силу $P_j = \frac{GV^2}{gR}$, і умови рівноваги мають вигляд

$$Y_a \cos \gamma - G = 0; \quad -Y_a \sin \gamma + \frac{GV^2}{gR} = 0.$$

Під дією цих сил літак буде здійснювати сталий розворот (віраж) зі швидкістю V по дузі кола радіусом R .

Звідси $G = Y_a \cos \gamma$ і перевантаження у вертикальній площині $n_y = \frac{Y_a}{G} = \frac{1}{\cos \gamma}$, тобто чим більше кут нахилу (крену) на віражі, тим більше перевантаження n_y .

Радіус віражу може бути визначено як

$$R_{\text{вир}} \frac{G}{g} \frac{V^2}{Y_a \sin \gamma} = \frac{V^2}{g \tan \gamma} = \frac{V^2}{g \sqrt{\frac{1 - \cos^2 \gamma}{\cos^2 \gamma}}} = \frac{V^2}{g \sqrt{n_y^2 - 1}}.$$

Бачимо, що чим більше перевантаження можна створити на літаку, тим менше буде радіус кривизни траєкторії, тобто тим енергійніше буде маневр.

Маневрені можливості пілотованих ЛА обмежуються здатністю людей, які перебувають на його борту і переносять перевантаження. Залежно від напрямку доцентрового прискорення суб'єктивна сила тяжіння людського тіла (його маса) може бути більше нормальної (додатної величини

перевантаження), може перетворюватися на нуль (невагомість) і приймати від'ємні значення перевантаження.

При виході літака з пікірування, коли інерційна сила спрямована вниз, льотчика притискає до сидіння, на нього діє додатне перевантаження в напрямку голова – таз.

При вході літака в пікірування, коли інерційна сила спрямована вгору, льотчика відриває від сидіння, на нього діє від'ємне перевантаження в напрямку таз – голова.

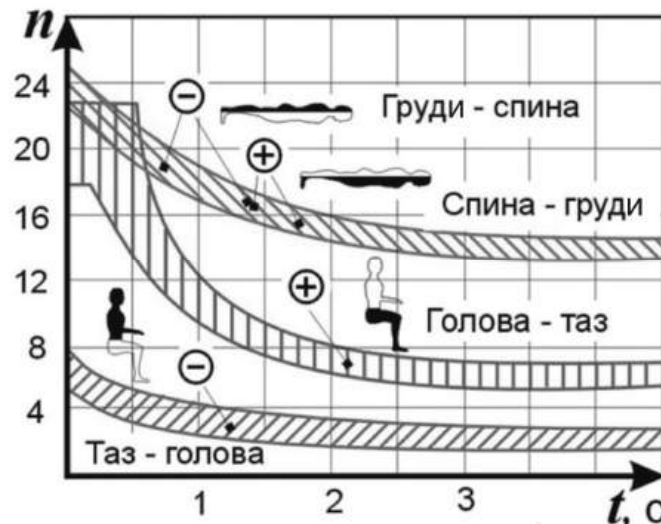


Рисунок 2.5 – Граничні перенавантаження, які отримує людина

На рисунку 2.5 показані граничні перевантаження n в різних напрямках, що переносяться людиною залежно від тривалості t їх дії, з механічного впливу опори (крісла, сидіння, ложементу) на тіло людини, від приливів і відливів крові (з порушенням мозкового кровообігу).

Рисунок 2.5 пояснює, чому космонавти повертаються на Землю в літальних апаратах з низькою аеродинамічною якістю (тобто за балістичними траєкторіями), лежачи в спеціальних кріслах спиною до напрямку польоту. При такому положенні тіла вони найлегше переносять перевантаження.

Треновані люди в спеціальних костюмах здатні переносити досить високі перевантаження протягом тривалого часу. Тому маневрені літаки (наприклад, перехоплювачі) можуть досягати експлуатаційних перевантажень близько 10-13 одиниць.

Для *неманеврених літаків* (пасажирських, літаків для транспортування вантажів) експлуатаційні перевантаження не перевищують двох одиниць.

Основним режимом для неманеврених літаків є горизонтальний політ.

Розглядаючи схему сил, діючих на літак у горизонтальному польоті (рисунок 2.6), запишемо проекції вектора перевантаження на осі координат:

$$n_y = \frac{Y_a}{G} = 1, \quad n_x = \frac{P - X_a}{G} = 0.$$

Звідси $n = \sqrt{n_x^2 + n_y^2} = 1$.

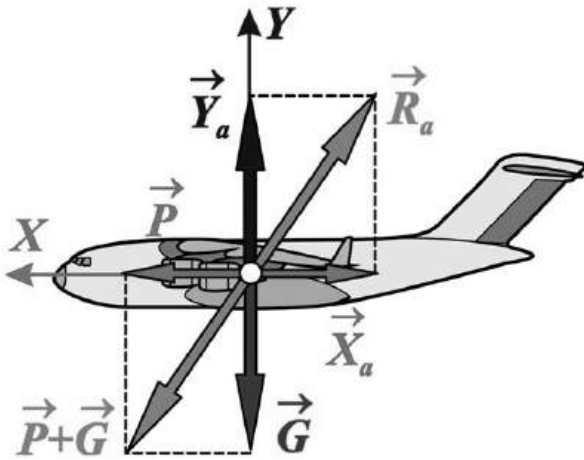


Рисунок 2.6 – Сили, що діють на літак у горизонтальному польоті

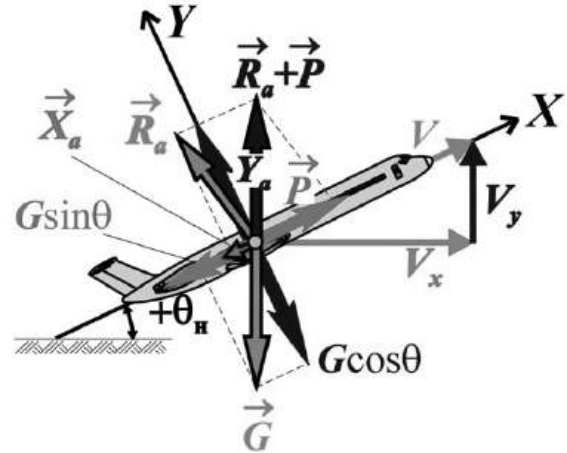


Рисунок 2.7 – Сили, що діють на літак при наборі висоти

Для режиму набору висоти з постійною швидкістю (рисунок 2.7) $Y_a = G \cos \theta$; $P = X_a + G \sin \theta$, де θ – кут нахилу траєкторії.

Видно, що піднімальна сила літака врівноважує тільки частину сили тяжіння $G \cos \theta$.

Отже, набирання висоти відбувається за рахунок надлишку тяги двигуна $\Delta P = G \sin \theta$.

Швидкопідйомність – вертикальна швидкість при набірні висоти – визначимо зі співвідношення

$$V_y = V \sin \theta = \frac{\Delta P V}{G}.$$

Проекції вектора перевантаження на осі координат

$$n_y = \frac{Y_a}{G} = \cos \theta; \quad n_x = \frac{P - X_a}{G} = \frac{\Delta P}{G} = \sin \theta.$$

Звідси $n = \sqrt{n_x^2 + n_y^2} = 1$.

Слід зазначити, що на режимі набирання висоти $\theta > 0$ і $n_x > 0$.

Для режиму зниження (рисунок 2.8)

$$Y_a = G \cos \theta; \quad P = X_a = -G \sin \theta.$$

Видно, що зниження відбувається за рахунок нестачі тяги двигуна $P = G \sin \theta$.

Для проекцій вектора перевантаження запишемо $n_x = \cos \theta$; $n_y = \sin \theta$. Відзначимо, що на режимі зниження $\theta < 0$ і $n_x < 0$.

Однак $n = \sqrt{n_x^2 + n_y^2} = 1$.

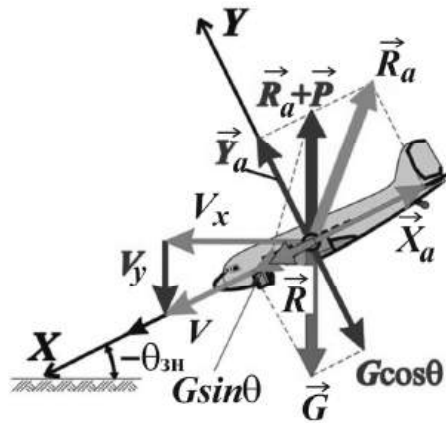


Рисунок 2.8 – Сили, що діють на літак при зниженні

Отже, на основному режимі польоту пасажирського літака – горизонтальному – при набиранні висоти і зниженні спостерігається перевантаження

$$n = \sqrt{n_x^2 + n_y^2} = 1.$$

2.1.3 Поняття аеродинамічного розрахунку

Методи динаміки польоту дозволяють дати рекомендації з техніки пілотування літака, підібрати найвигідніші режими польоту, розрахувати льотно-технічні характеристики (ЛТХ) літака. Визначення основних ЛТХ літака прийнято називати аеродинамічним розрахунком.

М. Є. Жуковський запропонував для визначення ЛТХ метод тяг (метод М. Є. Жуковського), оснований на зіставленні потрібної для польоту тяги P_n з тягою P_p , яку маємо в розпорядженні двигунів, встановлених на літаку (рисунок 2.9). Крива наявних тяг P_p визначається характеристиками двигуна. Криву потрібних тяг можна розрахувати в діапазоні льотних кутів атаки для кожного кута атаки за алгоритмом

$$a_i \rightarrow C_{Xa}; C_{Xai} \rightarrow \frac{C_{Yai}}{C_{Xai}} \rightarrow P_{ni} = \frac{mg}{K_{ai}} \rightarrow V_i = \sqrt{\frac{2mg}{S\rho_i C_{Yai}}}.$$

За результатами порівняння кривих потрібних і наявних тяг визначають діапазон значень висоти і швидкості польоту проектованого літака (рисунок 2.9).

Зона 1 значень висоти і швидкості польоту літака (область можливих польотів) обмежена мінімально допустимими двома і максимально допустимими трьома швидкостями польоту (рисунок 2.10).

Зона 2 мінімальної швидкості польоту V_{min} (див. рисунок 2.10) визначають з рівняння горизонтального польоту $X_a = G$ як

$$V_{min} = \sqrt{\frac{2p}{\rho H C_{Ya max}}},$$

де V_{min} – мінімальна швидкість польоту, м/с;

$$p = \frac{mg}{S} \text{ – питоме навантаження на крило літака з польотною масою}$$

m і площею крила S , Па;

ρH – щільність повітря на висоті H , кг/м³;

C_{Ymax} – максимально допустимий в польоті коефіцієнт піднімальної сили літака.

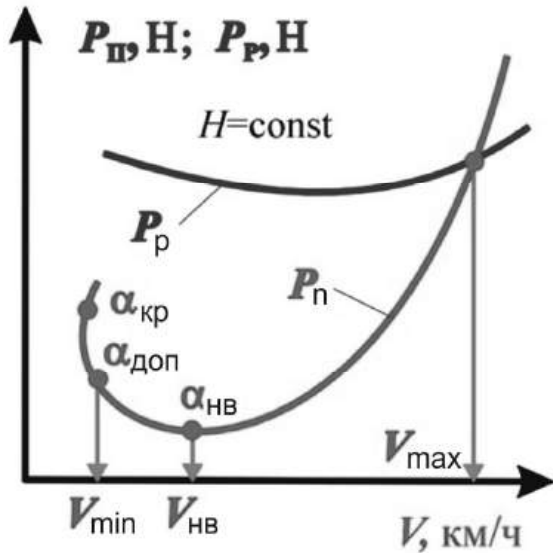


Рисунок 2.9 – Криві потрібних і наявних тяг

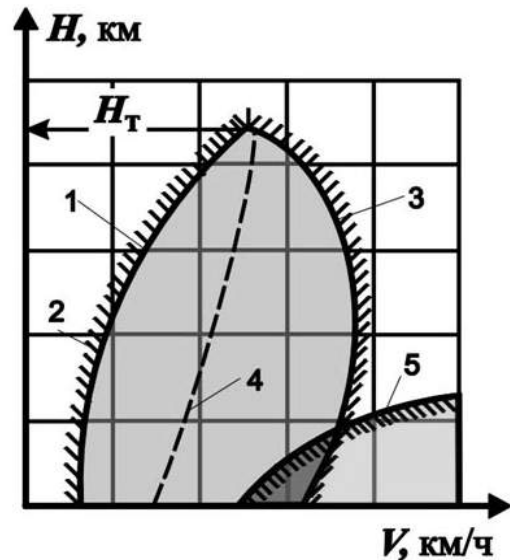


Рисунок 2.10 – Діапазон льотних значень висоти і швидкості

Зону 3 максимальної швидкості польоту V_{max} (див. рисунок 2.10) визначають максимальною тягою двигуна з рівняння горизонтального польоту $X_a = P$ як

$$V_{max} = \sqrt{\frac{2p\bar{P}_{max}}{\rho H C_{Xa min}}},$$

де $\bar{P} = \frac{P}{mg}$ – питома тягоозброєність літака з польотною масою m і тягою двигуна P ;

P – питоме навантаження на крило літака, Па;

$C_{Xa min}$ – мінімальний коефіцієнт лобового опору при польоті на повній висоті.

Найвигодніша швидкість польоту $V_{нв}$ (див. криву 4 на рисунку 2.10) відповідає максимальній аеродинамічній якості літака K_{max} і, отже, мінімально потрібній для польоту тягоозброєності, оскільки $P = \frac{1}{K_a}$. Найвигоднішій швидкості польоту відповідає і максимальна швидкопідйомність V_y ,

обумовлена надлишком тяги двигуна, яку можна використовувати для набору висоти.

Перетин зон 1 і 3 визначить *теоретичну стелю* літака H_m , де $V_{max} = V_{min}$, тобто є можливим політ з єдиною швидкістю, а розгін літака є неможливим і, отже, $V_y = 0$.

Практична стеля літака H_n характеризується висотою, на якій вертикальна швидкість відповідає будь-якій заздалегідь установленій величині, наприклад, $V_y = 0,5$ м/с.

Динамічна стеля літака – висота, якої досягає літак в результаті енергійного вертикального маневру («гірки») після розгону до великої горизонтальної швидкості, використовуючи для набору висоти не тільки тягу двигунів, а й кінетичну енергію, накопичену при розгоні.

Політ «в бовтанку», коли на людину діють значні знакозмінні навантаження, спричинені поривами вітру, змушують обмежувати діапазон швидкостей і висоту польоту. На рисунку 2.10 зона 5 обумовлена перенесенням людиною перевантажень при польоті в турбулентній атмосфері.

У першому наближенні *тривалість* T і *дальність* L польоту визначають як

$$T = \frac{m_T}{C_p P_n} = \frac{m_T K_a}{G C_p}; \quad L = TV = \frac{m_T K_a V}{G C_p},$$

де T – тривалість польоту, ч;

m_T – запас палива на борту літака, кг;

C_p – питома витрата палива, кг/(Н·год) (тобто кількість палива в кілограмах, що потрібне для створення двигуном сили тяги 1 Н протягом однієї години польоту);

P_n – потрібна тяга двигунів, Н;

K_a – аеродинамічна якість літака;

G – сила тяжіння (маса) літака;

m – польотна маса літака, кг;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

L – дальність польоту, км;

V – швидкість польоту, км/год.

У реальному польоті ЛА здійснює складні нестабільні рухи, коли їх параметри змінюються за часом. Тому необхідно під час проектування розглядати просторові траєкторії ЛА при впливі на нього змінних за часом керівних і збурних діянь.

Природно, що розв'язування подібних задач потребує застосування значно складнішого математичного апарату, ніж той, яким скористалися при розгляді сил, що діють на літак, і розрахунку його ЛТХ.

3 ІСТОРІЯ СТВОРЕННЯ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН

3.1 Перші експериментальні польоти

Змії. Повітряні змії використовувалися приблизно 2800 років тому в Китаї, де були доступні матеріали, які ідеально підходили для побудови зміїв.

Деякі автори вважають, що листові повітряні змії спочатку почали літати над територією сучасної Індонезії. Цей висновок оснований на малюнках в печерах на острові Муна Сулавесі. В стародавніх і середньовічних китайських джерелах перелічують різні види використання повітряних зміїв: для вимірювання відстаней, дослідження вітру, підйому людей, сигналізування та зв'язку під час військових операцій.

Розповіді про повітряних зміїв дійшли і до Європи у XIII ст., а сам змії привезли з Китаю матроси десь у XVI – XVII ст. Спочатку їх використовували просто заради цікавості. Самі ж китайці у XVIII і XIX ст. застосовували їх як транспортні засоби і для наукових досліджень.

Планер. Першими літальними апаратами, які були здатні управляти вільним польотом, стали планери.

Планер, розроблений Джорджем Келі, виконав перший справжній пілотований і керований політ у 1853 р. Планер – безмоторний літальний апарат, важчий за повітря, підтримуваний в польоті аеродинамічною піднімальною силою, що виникає на крилі завдяки потоку повітря. Вітрильник – це планер з фіксованим крилом, призначений для зльоту, здатний набирати висоту в висхідних потоках повітря і летіти тривалий час (рисунок 3.1).

Планери в основному використовуються для відпочинку, але також і для інших цілей, таких, як дослідження аеродинаміки, бойових дій і відновлення космічних апаратів.

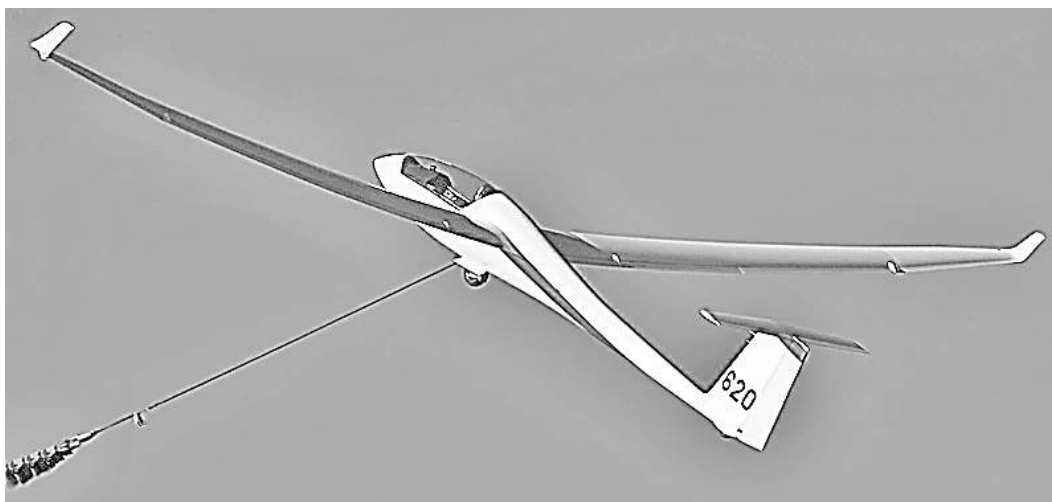


Рисунок 3.1 – Буксирування планера

У Леонардо да Вінчі (XV ст.) мрія про політ знайшла відображення в декількох проектах, але він не намагався їх реалізувати.

Повітряна куля. Перші серйозні спроби польоту людини були реалізовані в Європі в кінці XVIII ст.

Прив'язані повітряні кулі, наповнені гарячим повітрям, були вдосконалені в першій половині XIX ст. і застосовані в багатьох війнах середини сторіччя. Найбільшу популярність здобуло їх застосування під час Громадянської війни в США, коли повітряні кулі використовувалися для спостереження під час облоги Пітерсбургу (рисунок 3.2).

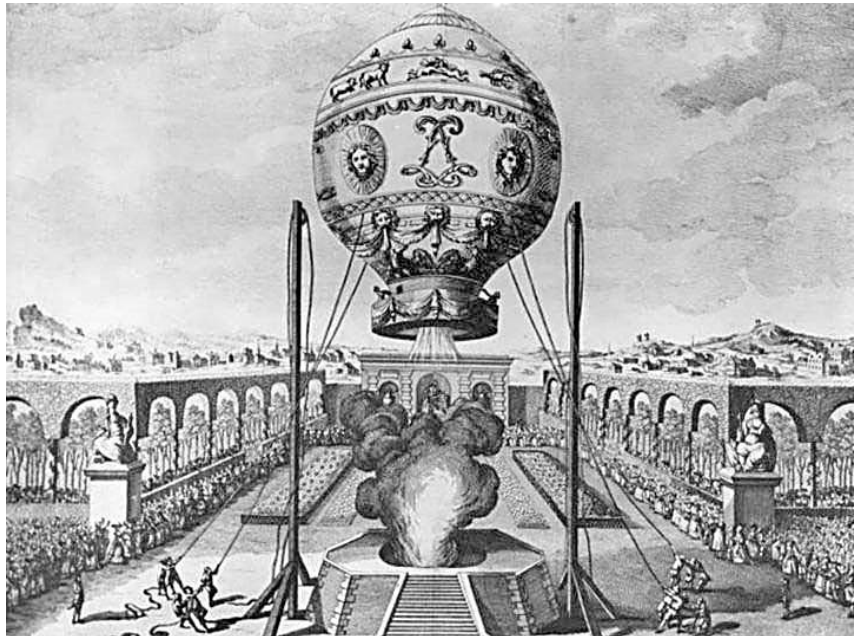


Рисунок 3.2 – Куля братів Монгольф'є

Літаючий ліхтарик (прототип аеростатів з оболонкою, наповненою гарячим повітрям) був відомий в Китаї з найдавніших часів (рисунок 3.3). Його винахід приписують генералу Чжуге Ляну (180 – 234 рр. н. е., почесний титул Кунміна), який використовував їх, щоб уселяти страх у ворожі війська.

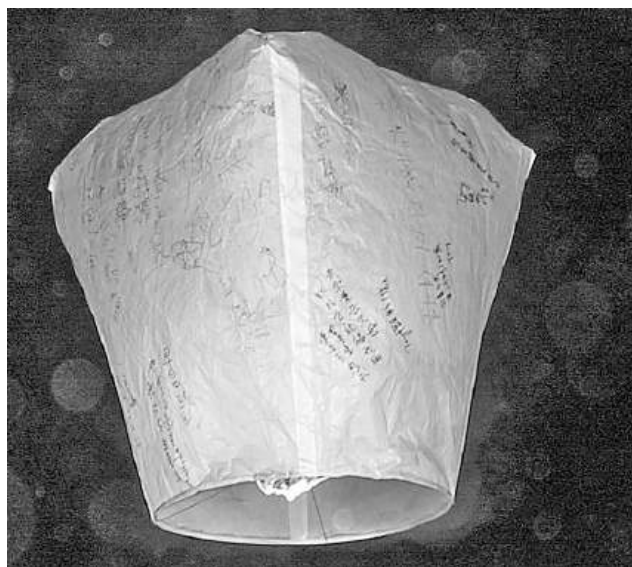


Рисунок 3.3 – Повітряний ліхтарик

Масляна лампа була встановлена під великим паперовим мішком, який піднімався за допомогою гарячого повітря від лампи. «Вороги були охоплені страхом через світло в повітрі, думаючи, що божественна сила допомагала йому...»

Парашут. У мусульманській Іспанії під час правління Омейядів у Кордовському халіфаті зареєстровано кілька спроб польоту арабського вченого і винахідника Аббаса ібн Фірнаса, який користувався заступництвом еміра Абдаррахмана II.

У 852 р. винахідник зробив крила з тканини, натягнутої на дерев'яний каркас. З цим, схожим на парасольку, апаратом Аббас ібн Фарнас зістрибнув з мінарету Великої мечеті в Кордові. В той час, коли він не зміг уже летіти, апарат уповільнив його падіння, і він упав, отримавши незначні травми. Цей пристрій, як вважають, став прообразом сучасного парашута.

Дельтаплан. Двадцять п'ять років потому у віці 65 років Аббас ібн Фарнас розробив апарат, який мав першу примітивну конструкцію, що могла керувати польотом. Він виготовив цей каркас з крилами, який став прообразом сучасного дельтаплану, спустився з маленького пагорба, керуючи ним, і протримався в повітрі досить довгий час (майже десять хвилин). Це було першою спробою керованого польоту, оскільки можна було змінювати його висоту і напрямок і повернутися на вихідну позицію. Після успішного повернення до відправної точки Аббат ібн Фарнас врешті-решт упав на землю і зробив висновок, що приземлення можна поліпшити, виготовивши хвостову частину (рисунок 3.4).



Рисунок 3.4 – Сучасний дельтаплан

3.2 Важливі внески в авіаційну науку

Історія авіаційних конструкцій лежить в основі історії авіації в цілому. Від простих дерев'яних ферменних конструкцій до гладких аеродинамічних апаратів сьогодення літаки пройшли тривалий еволюційний шлях.

У поєднанні з безперервним розвитком силової установки вигляд літальних апаратів значно змінився. Ключове відкриття – створення піднімальної сили. Повітря, проходячи над вершиною вигнутої поверхні, сприяло розвитку рухів нерухомих і обертювих літаків. Джордж Келі розробив ефективний згин аеродинамічного профілю на початку 1800-х років, а також пізніше – успішні піднімальної планери. Він установив принципи польоту, в тому числі наявність піднімальної сили, маси, тяги і опору. Саме Дж. Келі створив триплановий планер, який злетів з людиною в 1853 р. Раніше Дж. Келі вивчав центр маси літальних апаратів, а також ефекти двогранного крила. Крім того, він розробив ранні форми руля і застосував на своїх планерах (рисунок 3.5).

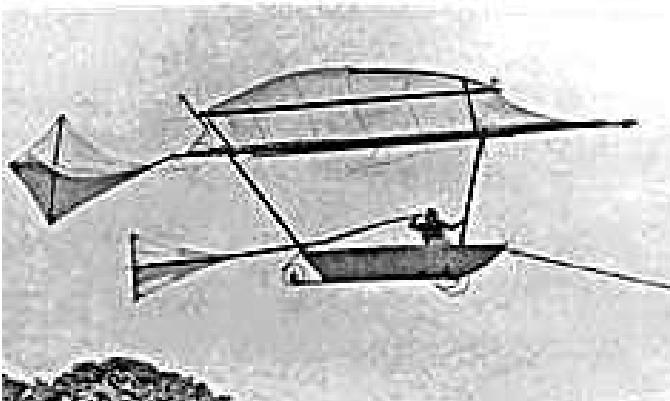
Наприкінці 1800-х років німецький інженер Отто Лілієнталь у своїх дослідженнях і розробках використав відкриття Дж. Келі. Він здійснив на планерах власної конструкції більше двох тисяч польотів, дав пояснення причин паріння птахів. Однак перш за все, Отто Лілієнталь довів, що людина може літати (рисунок 3.6).



а



а



б

Рисунок 3.5 – Джордж Келі, батько аеронавтики (а) і літаюча копія його планера 1853 р. (б)



б

Рисунок 3.6 – Майстер повітроплавання і дослідник крила Отто Лілієнталь (а) і фото одного з його польотів (б)

Октав Шанют, відставний інженер мостобудування, активно працював у авіації протягом 1890-х років (рисунок 3.7). Його інтерес до авіації був настільки великим, що він опублікував роботу під назвою «Прогрес літаючих машин». Це стало кульмінацією його зусиль зі збору і вивчення інформації, що стосується авіації. Він побудував планери, схожі на планери Лілієнталя. О. Шанют розробив авіаційну конструкцію, побудувавши планер зі штабелевими крилами з використанням проводів як опори крила, і описав свою розробку. Це було перше систематизоване письмове дослідження щодо авіації.



Рисунок 3.7 – Октав Шанют

Роботи всіх цих винахідників були добре відомі братам Райт, коли вони побудували свій літак з двигуном внутрішнього згоряння. 17 грудня 1903 р. вони здійснили першими в світі політ тривалістю 59 с на цьому літаку. Літак Wright Flyer мав тонкі, покриті тканиною крила, що містили передні й задні лонжерони і підтримувалися як стояками, так і проводами (рисунок 3.8).

Політ братів Райт у 1903 р. був визнаний Міжнародною федерацією автоелектроніки (FAI) як «перший стійкий і контрольований політ з більш важким повітряним рухом». До 1905 р. Wright Flyer-III був здатний до повністю контрольованого стабільного польоту протягом значного проміжку часу.

У 1906 р. бразильський винахідник Альберто Сантос-Дюмон розробив, побудував і пілотував літак, на якому 2 листопада 1906 р. встановив перший світовий рекорд, визнаний Aéro-Club de France, пролетівши 220 метрів менше ніж за 22 секунди.



Рисунок 3.8 – Flyer-1 братів Райт: перший підтверджений політ керованого літака з двигуном (1903 р.)

Політ був сертифікований FAI. Це був перший контрольований політ на літаку, який офіційно визнаний, здатний злітати без будь-якої допоміжної машини, такої, як катапульта (рисунок 3.9).

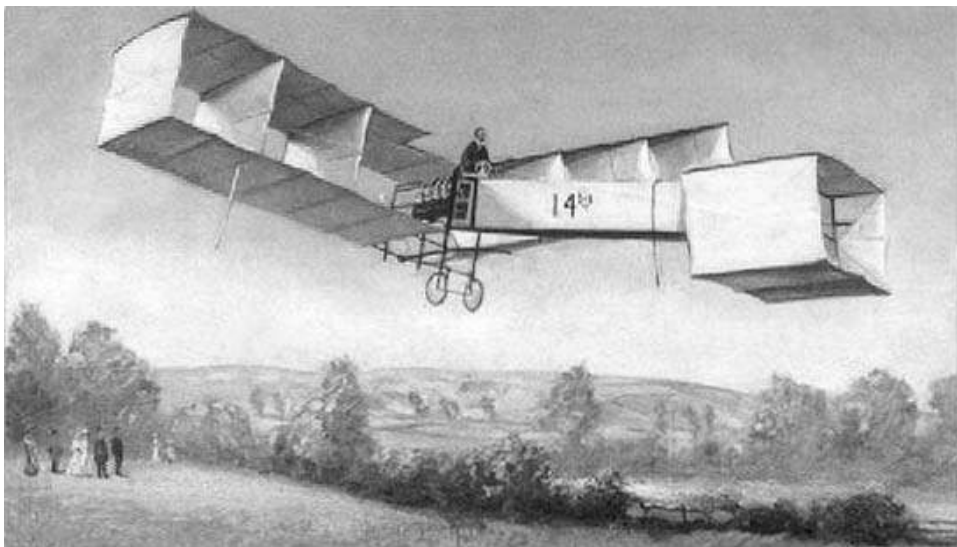
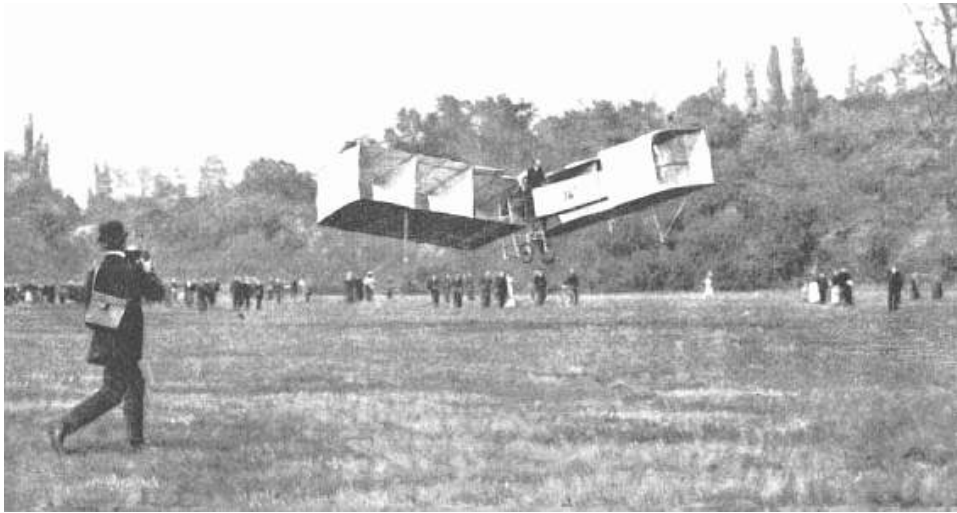
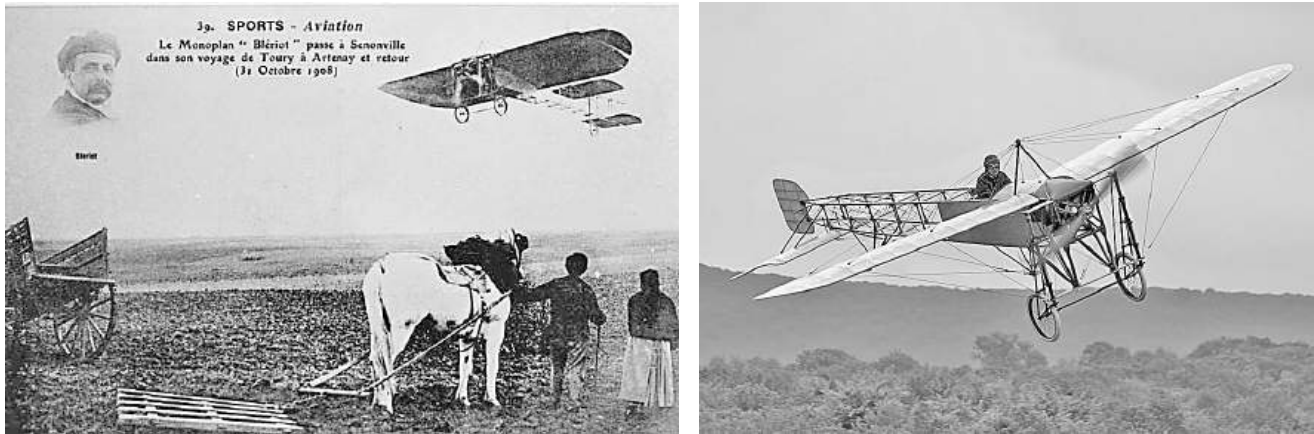


Рисунок 3.9 – 14-bis – ранній експериментальний літак А. Сантос-Дюмона

Луї Блеріо (Bleriot) – французький авіаконструктор і льотчик, один з піонерів авіації, з 1906 р. будував літаки. Його конструкція Bleriot VIII 1908 р. була раннім зразком основного типу сучасного літака. Це був важливий попередник його пізнішого літального апарата Bleriot XI Channel (1909 р.) (рисунок 3.10).



а б
Рисунок 3.10 – Моделі конструктора Л. Блеріо:
а – Blériot VIII (1908 р.); б – Blériot XI (1909 р.)

3.3 Авіація Першої світової війни

Авіація Першої світової війни – це повітряні збройні сили держав, що застосовувалися на всіх фронтах.

Відмінною її рисою були архаїчні конструкції апаратів і швидке їх поліпшення. Під час війни авіація мала дирижаблі, літаки і повітряні кулі.

У Першій світовій війні авіація застосовувалася у трьох цілях: розвідки, бомбардування і винищення авіації противника. Провідні світові держави домоглися значних результатів у веденні бойових дій за допомогою авіації.

3.3.1 Авіація повітряних сил Німеччини

Авіація повітряних сил Німеччини – друга за чисельністю авіація в світі на початок Першої світової війни (близько 220 – 230 літаків). Однак це були застарілі літаки типу Taube, авіація виконувала роль транспортних засобів (тоді літаки могли перевозити 2 – 3 людини). Витрати на неї в німецькій армії становили 322 тисячі марок.

Taube. На цьому літаку було встановлено двигун Austro-Daimler потужністю 65 к.с., розроблений Фердинандом Порше. Однак військових найбільше цікавив збалансований Etrich-II Taube. Літак не мав елеронів рулів висоти: крило перекошувалося, а за вертикаллю він залежав від відхилення задньої кромки стабілізатора (рисунок 3.11, 3.12). Конструкція літака була вдалою, і головне – на Taube надійшли військові і цивільні замовлення, в тому числі з-за кордону.

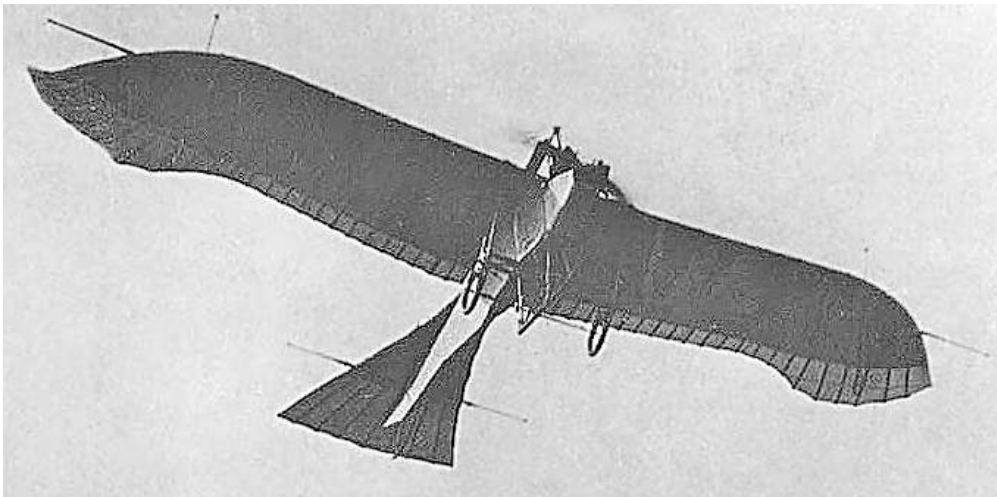


Рисунок 3.11 – Таубе – літак Першої світової війни
авіаконструктора Ігнаца Етріха

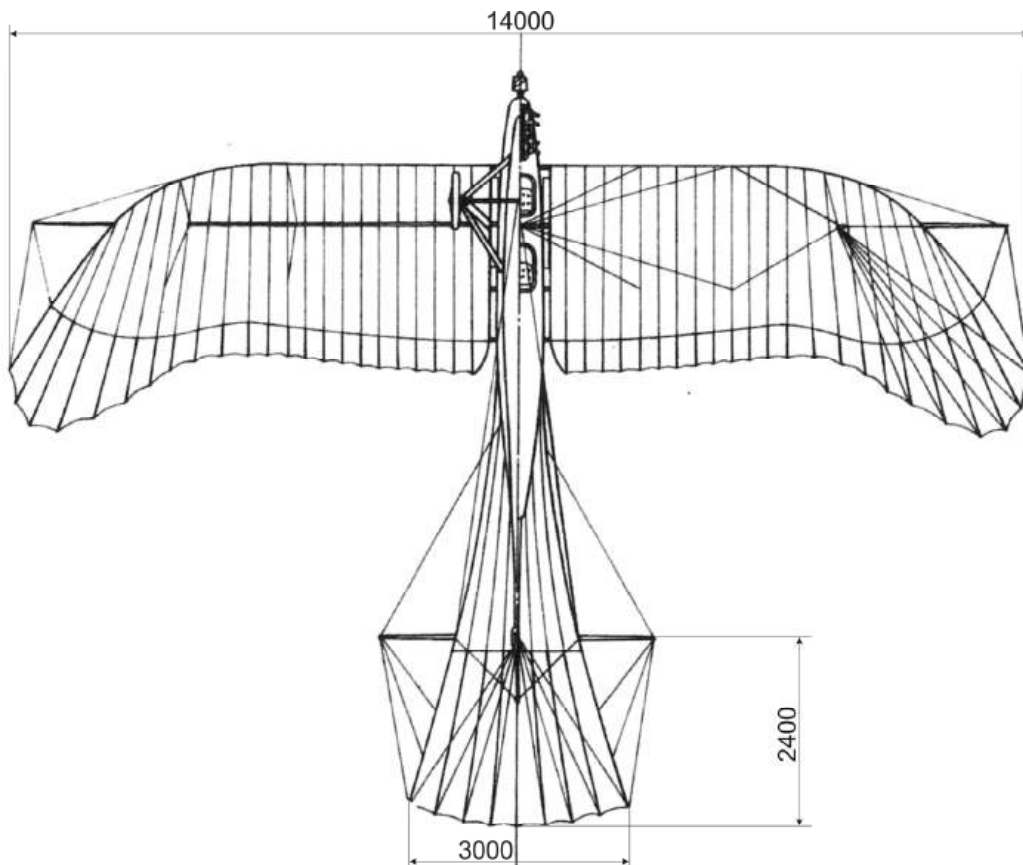


Рисунок 3.12 – Схема літака

Кілька Etrich Taube були показані на виставці повітряних сил в Італії, Швейцарії, Іспанії, Швеції, Норвегії, а також в Китаї та Японії. Саме Taube призначено було стати першим в історії бомбардувальником.

Однак в Німеччині ситуація склалася так, що в зв'язку з особливостями німецького закону про авторське право, Фрідріх Альборн через суд зумів анулювати австрійський патент Етріха на цей літак. Після цього Ігнац

Етріх оголосив війну всім німецьким Taube. Будь-які Taube німецького виробництва за кордоном просто конфісковували (причому цілком легально), тому німецьким виробникам все-таки довелося купити ліцензію у Етріха, незважаючи на те, що в Німеччині конструкція була оголошена суспільним надбанням. Після цієї перемоги І. Етріх перебрався до Німеччини і заснував там невеличкий філіал Etrich Flugzeug-Werke.

Під час війни німці приділяли велику увагу розвитку своїх повітряних сил, одними з перших оцінили той вплив, який війна в повітрі мала на війну на землі. Німці прагнули забезпечити перевагу в повітрі за рахунок максимально швидкого впровадження в авіацію технічних нововведень (наприклад, літаків-винищувачів), і з літа 1915 р. до весни 1916 р. практично утримували панування в небі на фронтах.

Велика увага також приділялася німцями стратегічним бомбардуванням. Німеччина була першою країною, яка застосувала військово-повітряні сили для нападу на стратегічні тили противника (заводи, населені пункти, морські гавані). З 1914 р. спочатку німецькі дирижаблі, а потім багатомоторні бомбардувальники регулярно проводили бомбардування тилівих об'єктів Франції, Великобританії та Росії.

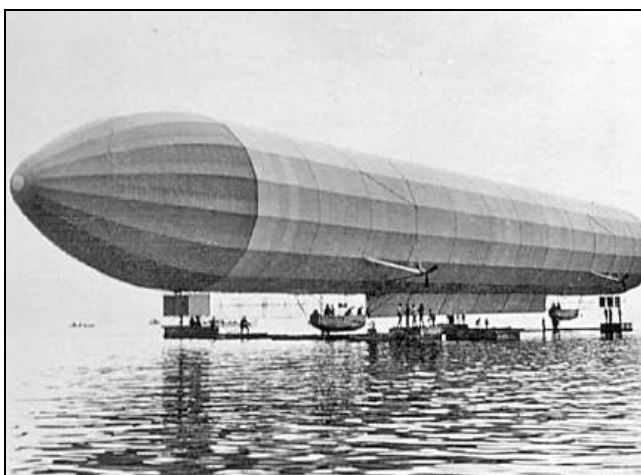


Рисунок 3.13 –Дирижабль LZ2 (1905 р.)



Рисунок 3.14 – Британський плакат

Значну ставку Німеччина робила на жорсткі дирижаблі (рисунок 3.13). Під час війни було побудовано більше 100 жорстких повітряних кораблів конструкції Ф. Цепеліна (рисунок 3.14) і Шютте-Ланца. До війни німці в основному планували застосовувати дирижаблі для авіарозвідки, але швидко виявилось, що над сушею і в денний час дирижаблі занадто приступні для нападів.

Основною функцією важких дирижаблів стало морське патрулювання, розвідка на морі в інтересах морського флоту і нічні бомбардування. Саме дирижаблі Ф. Цепеліна (рисунок 3.15) вперше втілили в життя докт-

рину далеких стратегічних бомбардувань, робляючи нальоти на Лондон, Париж, Варшаву та інші тиллові міста Антанти. Хоча ефект застосування,



Рисунок 3.15 – Фердинанд фон Цепелін – німецький винахідник і військовий діяч, будівельник перших дирижаблів

виключаючи окремі випадки, був в основному моральним, заходи щодо затемнення, повітряні тривоги істотно порушили життя не готової до такого Антанти, а необхідність організації протиповітряної оборони призвела до відволікання сотень літаків, зенітних гармат, тисячі солдат від лінії фронту.

Проте поява в 1915 р. запальновальних куль, що дозволили ефективно вражати наповнені воднем «цепеліни», призвела до того, що з 1917 р. після великих втрат у фінальних стратегічних нальотах на Лондон дирижаблі стали використовуватися тільки для морської розвідки.

3.3.2 *Авіація Росії*

На початку Першої світової війни Російська імперія мала найбільший повітряний флот в світі з 263 літаків. При цьому авіація перебувала в стадії формування. В 1914 р. в Росії та Франції виготовили приблизно однакове число літаків, і ці держави були першими з випуску літаків в цьому році серед країн Антанти, все ж відстаючи від Німеччини в 2,5 рази. Однак тут один із законів діалектики не був реалізованим: кількість не перетворилась в якість, матеріальна частина була дуже зношеною, на фронт постачали літаки з двигунами, які були в експлуатації вже два роки. Транспортні засоби (обози) виявилися зовсім не пристосованими для перевезення авіаційного майна, а вантажних автомобілів не вистачало, що негативно відзначилося на перших місяцях маневреної війни.

До 14 липня війська мали чотири літаки «Ілля Муромець», єдині в світі на той час серійні багатомоторні літаки. Всього ж за часи війни було вироблено 85 екземплярів цього першого в світі важкого бомбардувальника. Проте, не дивлячись на окремі прояви інженерного мистецтва, військово-повітряні сили Російської імперії поступалися німецьким, французьким і британським, а з 1916 р. – ще й італійським та австрійським. Основною причиною відставання стало недосконале виробництво авіамоторів і брак авіаінженерних потужностей. До кінця війни країна не змогла налагодити серійне виробництво винищувача вітчизняної моделі, була змушена виготовляти за ліцензією іноземні (найчастіше застарілі) зразки.

За обсягом виробництва дирижаблів Росія займала в 1914 р. третє місце в світі (після Німеччини і Франції), але її парк кораблів, легших за повітря, був в основному поданий застарілими моделями. Кращі російські дирижаблі Першої світової війни були побудовані за кордоном. У кампанії 1914–1915 рр. російські дирижаблі здійснили всього один бойовий виліт, після чого через їх технічний знос і неможливість для промисловості забезпечити армію новими дирижаблями роботи з керованого повітроплавання були припинені.

Російська імперія стала першою країною в світі, яка застосувала авіаматки. На початку війни було п'ять таких кораблів у повітряному флоті.

«Ілля Муромець» (С-22 «Ілля Муромець») – загальна назва декількох серій чотиримоторних цільнодерев'яних біпланів, що випускалися в Російській імперії на Російсько-Балтійському вагонному заводі протягом 1914–1919 рр. На літаку встановлено рекорди з вантажопідйомності, кількості пасажирів, часу і максимальної висоти польоту. Він також став першим в історії серійним багатомоторним бомбардувальником (рисунки 3.16, 3.17).

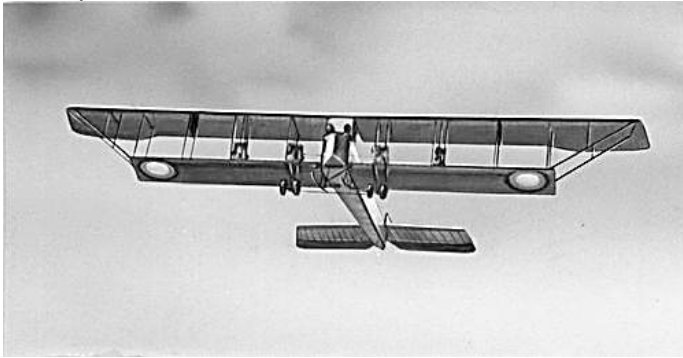


Рисунок 3.16 – «Ілля Муромець» – єдиний в світі в 1914–1916 рр. серійний багатомоторний літак



Рисунок 3.17 – Прогулянкові палуба на даху салону, куди під час руху могли виходити пасажирів

3.3.3 Авіація Великої Британії

Великобританія була першою країною, яка ввела свої військово-повітряні сили в окремий рід військ, які не є підконтрольними армії або флоту. Королівські Військово-повітряні сили (ВПС) (англ. Royal Air Force (RAF)) були сформовані 1 квітня 1918 року на базі Королівського льотного корпусу.

Великобританія зацікавилася перспективою застосування літальних апаратів на війні ще в 1909 р. і досягла в цьому значних успіхів (хоча і дещо відставала в цей час від визнаних лідерів – Німеччини і Франції). Так, уже в 1912 р. на фірмі Vickers було розроблено експериментальний літак-винищувач, озброєний кулеметом. Літак Vickers Experimental Fighting Biplane 1 був продемонстрований на маневрах в 1913 р., саме роботи з ви-

готовлення цього літака лягли в основу виробництва першого в світі аероплана-випилювача Vickers F.V.5, що піднявся в повітря в 1915 р. (рисунок 3.18).



Рисунок 3.18 – Vickers F.V.5 – перший в світі випилювач

До початку війни всі британські ВПС були організаційно зведені в Королівський льотний корпус (RFC), який поділявся на морську і армійську частини. В 1914 р. RFC складався з п'яти ескадронів, що налічували близько 60 машин. За час війни їх кількість значно зросла і до 1918 року RFC мав більш ніж 150 ескадронів і 3 300 аеропланів. На той час це були найбільші ВПС світу.

Під час війни RFC вирішував різноманітні питання, починаючи з повітряної розвідки і бомбардування і закінчуючи засиланням шпигунів за лінію фронту. Льотчики RFC стали першовідкривачами багатьох областей застосування авіації, як-то: перше використання спеціалізованих випилювачів, перше аерофотографування, штурмування позицій противника за підтримки військ, закидання диверсантів і захист власної території від стратегічних бомбардувань.

Британія стала також єдиною, окрім Німеччини, країною, в якій активно збільшувався авіапарк дирижаблів жорсткого типу. Ще в 1912 р. у Великобританії був побудований перший жорсткий дирижабль R.1 Mayfly, але через пошкодження при невдалому виведенні з елінгу він так ніколи і не піднявся в повітря. Під час війни в Британії було побудовано значну кількість жорстких дирижаблів (рисунок 3.19), але з різних причин їх військово застосування почалося лише в 1918 р. і було надзвичайно обмеженим (дирижаблі використовувалися лише для протичовнового патрулювання і мали лише одне зіткнення з противником).

Однак британський парк м'яких дирижаблів (який налічував до 1918 р. більше 50 повітряних кораблів) застосовувався дуже активно для протичовнового патрулювання та супроводження конвоїв. Цей парк досяг значних успіхів у боротьбі з німецькими субмаринами (рисунки 3.20, 3.21).

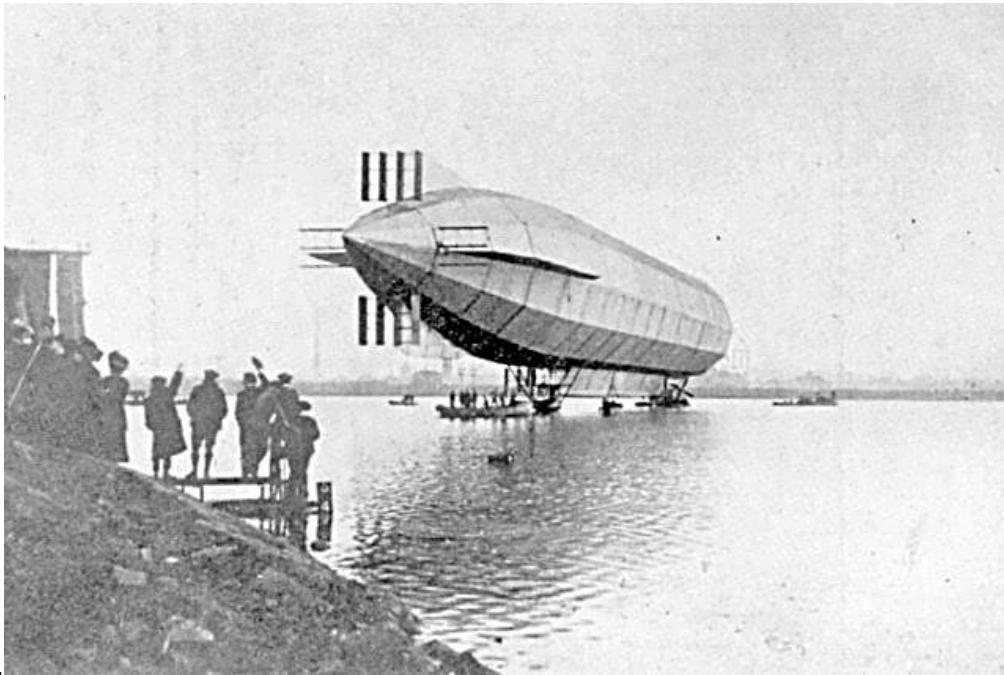


Рисунок 3.19 – Англійський жорсткий дирижабль R-1 Mayfly (1911 р.)

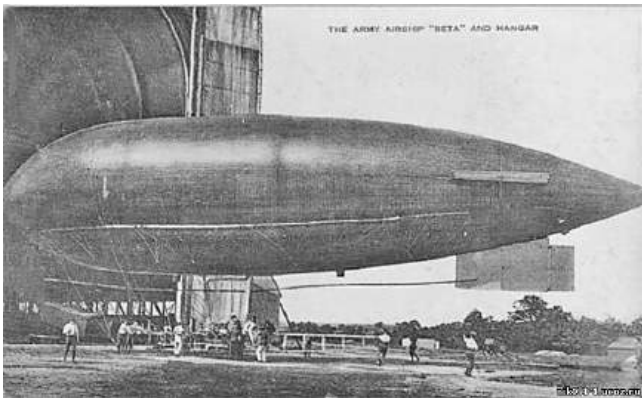


Рисунок 3.20 – Дирижабль Beta

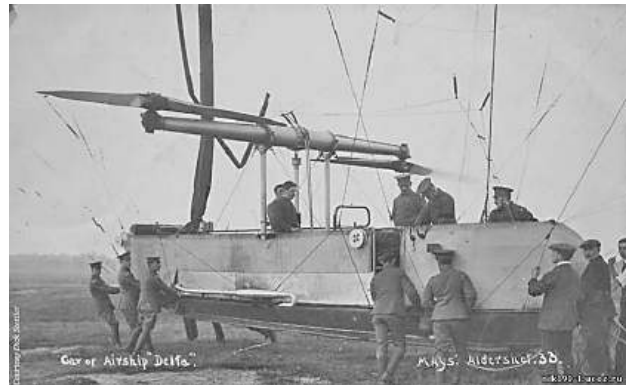


Рисунок 3.21 – Гондола дирижабля Delta

3.3.5 Авіація Франції

Французька авіація показала себе з кращого боку. Більша частина винаходів, які поліпшили конструкцію винищувача, були зроблені французькими льотчиками, які приділяли основну увагу відпрацюванню тактичних дій авіації протистоянню німецьким ВПС на фронті.

Стратегічні бомбардування в роки війни французька авіація не виконувала. Відсутність придатних для експлуатації багатомоторних літаків стримувало нальоти на стратегічні об'єкти Німеччини (як і необхідність зосереджувати конструкторські ресурси на виробництві винищувачів). Крім того, французьке моторобудування на початку війни трохи відставало від кращого світового рівня. До 1918 р. французи створили кілька видів важких бомбардувальників, включаючи дуже вдалий Farman F.60 Goliath, але застосувати їх в діях не встигли (рисунок 3.22).



Рисунок 3.22 – *Farman F.60 Goliath* – двомоторний важкий бомбардувальник

На початку війни Франція володіла другим за обсягом парком дирижаблів у світі, але за якістю вони поступалися німецьким: французи не мали на озброєнні жорстких дирижаблів, подібних цепелінам. У 1914–1916 рр. дирижаблі досить активно використовували для розвідки і бомбардувальних операцій, але їх незадовільні льотні характеристики привели до того, що з 1917 р. застосовували тільки на патрульній службі у військово-морському флоті.

3.3.6 Авіація Італії

Хоча до війни італійська авіація не значилася в списку сильних, за час конфлікту 1915–1918 рр. вона пережила бурхливий зліт. Це було значною мірою зумовлено географічною особливістю театру військових дій, коли позиції основного противника (Австро-Угорщини) були відокремлені від Італії важкоздоланим, але порівняно вузьким бар'єром Адріатики.

Італія також стала першою після Російської імперії країною, яка масово застосувала в бойових діях багатомоторні бомбардувальники (рисунок 3.23). Тримоторний *Sarconi Ca.3*, що вперше піднявся в повітря в 1915 р., став одним з кращих бомбардувальників тієї епохи і мав ліцензію Великобританії і США. Таких бомбардувальників було побудовано більше 300.

У роки війни італійці також активно застосовували для бомбардувальних операцій дирижаблі. Слабка захищеність стратегічних тилів центральних держав сприяла успіхам подібних нальотів. На відміну від німців італійці робили ставку на невеликі висотні м'які і напівтверді дирижаблі, що поступалися цепелінам в дальності і бойовому навантаженні. Оскільки австрійська авіація в цілому була досить слабка і до того ж розосереджена за двома напрямками, італійські апарати застосовувалися до 1917 р.



Рисунок 3.23 – Caproni Ca.3 – італійський важкий бомбардувальник Першої світової війни

3.3.7 Авіація США

Оскільки Сполучені Штати довгий час залишалися осторонь від війни, їх військово-повітряні сили розвивалися порівняно повільніше. В результаті до моменту вступу Сполучених Штатів у світову війну в 1917 р., їх військово-повітряні сили істотно поступалися авіації інших учасників конфлікту та приблизно відповідали за технічним рівнем становищу на 1915 р. Більшість літаків було розвідувальними або «загального призначення», були відсутні винищувачі і бомбардувальники, що могли б брати участь у повітряних боях на Західному фронті.

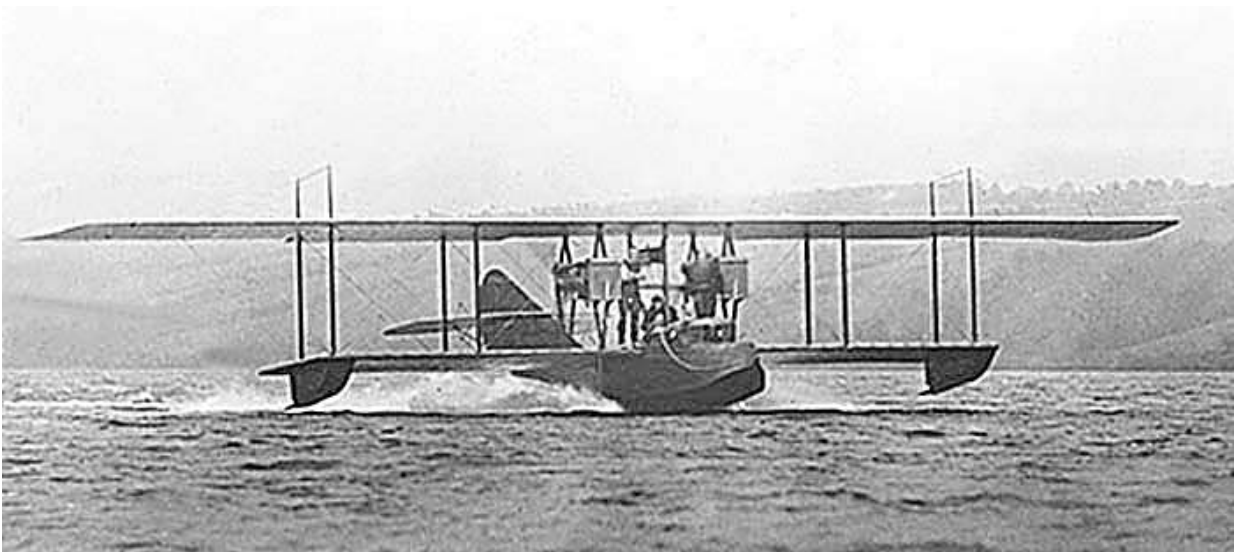


Рисунок 3.24 – Двомоторний літаючий човен Curtiss для перевезення двох пасажирів в кабіні

Щоб якомога швидше вирішити проблему, в США почали інтенсивно виробляти ліцензійні моделі британських, французьких та італійських фірм. У результаті в 1918 р. на фронті з'явилися перші американські ескадрильї машин європейських конструкторів. Єдиними аеропланами, спроектованими в Америці, і тими, що брали участь у світовій війні, виявилися двомоторні літаючі човни фірми Curtiss (рисунок 3.24), які вирізнялися відмінними для свого часу льотними характеристиками та інтенсивно використовувалися в 1918 р. у протичовнових патрулюваннях.

3.4 Авіація 20-30-х років

Політичні катаклізми, що відбулися в світі в кінці другого десятиріччя ХХ століття, загальмували подальший розвиток авіації. Революція в Росії в 1917 р., поразка Німеччини в Першій світовій війні та подальше зниження розвитку її авіації, розпад Австро-Угорщини – все це практично зупинило еволюцію літакобудування.

В Англії, Франції, Італії та США теж утворився застій. Це було пов'язано з розпродажем великої кількості трофейних літаків, що ускладнювало випуск нових типів. Наступні 10 років розвиток авіації відбувався шляхом доробок вже існуючих моделей. Однак тут на допомогу конструкторам прийшла комерція.

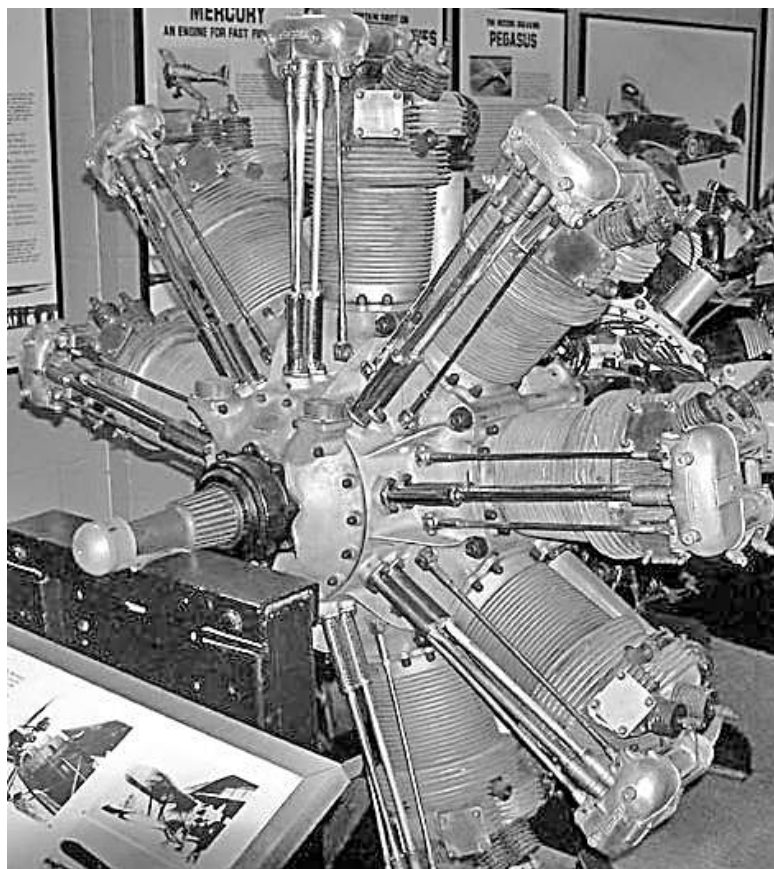


Рисунок 3.25 – Двигун Jupiter у Брістольському промисловому музеї (Брістоль, Англія)

Головним стимулом у розвитку літакобудування стало розроблення й виробництво двигунів. Мотори легшали і ставали більш потужними. Наприклад, потужність англійського двигуна Jupiter (рисунок 3.25) становила 425 к. с. і конструктори були змушені замінити дерев'яний гвинт, який вже не витримував навантажень, металевим.

За укладеними угодами збірка двигунів також відбувалася у Франції (Gnome-Rhône Jupiter), Польщі (PZL Bristol Jupiter) і в Радянському Союзі (М-22). Було зібрано тисячі двигунів всіх модифікацій.

У 1929 р. було спроектовано і побудовано I-5 (ВТ-11) «Винищувач п'ятого покоління» – радянський винищувач-півтораплан «легкий маневрений» змішаної дерево-метало-полотняної конструкції з двигуном Jupiter (рисунок 3.26).

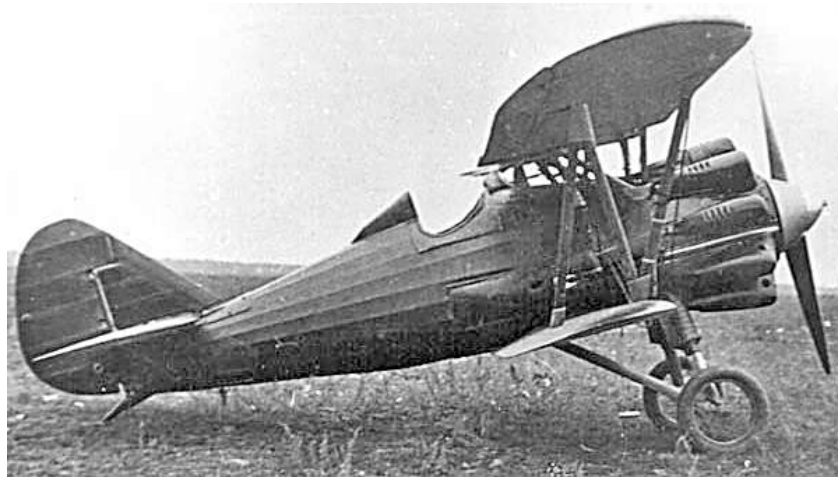


Рисунок 3.26 – I-5 (ВТ-11) «Винищувач п'ятого покоління» (СРСР)

У 1927 р. відбувся переліт Ч. Ліндберга (рисунок 3.27) з США в Європу. Ця подія викликала значний інтерес до літаків і до розвитку наукового підходу до їх проектування.

20 травня о 7:52 Ч. Ліндберг стартував з Рузвельт-Філд (Гарден-Сіті, Лонг-Айленд, Нью-Йорк) і 21 травня о 17:21 (за паризьким часом – о 22:21) приземлився в Ле-Бурже.

За трансатлантичний переліт Чарльз Ліндберг був нагороджений Хрестом льотних заслуг і став першою людиною, яка одержала цю нагороду, а також йому було вручено Золоту авіаційну медаль ФАІ.



Рисунок 3.27 – Чарльз Огастес Ліндберг – льотчик-випробувач

3.4.1 Європейська авіація

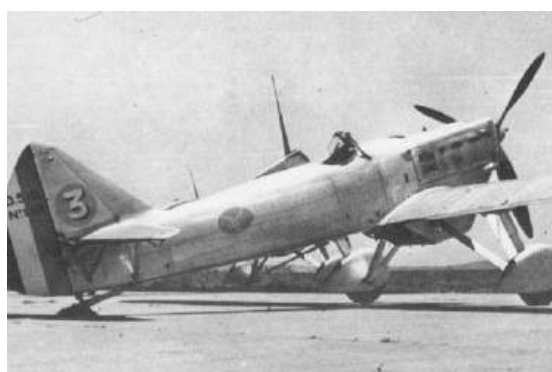
З середини 1920-х років у Франції схему «біплан» поступово стали заміщати схемою «підкісний моноплан» або «моноплан». Яскравим представником цього класу літаків стала серійна конструкція NiD.62. Цей літак розвивав швидкість до 250 км / год і піднімався на висоту 7700 км, а перший так званий літак-парасоль D-27 дозволив пілоту Марселю Дорі в 1927 р. установити світовий рекорд швидкості на короткій дистанції до 1000 км (рисунки 3.28, 3.29). Винищувач фірми Dewoitine D-27 забезпечував чудовий огляд вниз і боки, оскільки не затінювався крилом. Наступні моделі D-500 і D-510 літаків стали одними з найвідоміших винищувачів тих часів (рисунок 3.30, а і б).



Рисунок 3.28 – Підкісний моноплан NiD.62



Рисунок 3.29 – Літак-парасоль D-27



а



б

Рисунок 3.30 – D.500 (а) і D.510 (б) – одномісні французькі винищувачі з відкритою кабіною і невисувним шасі

Англія ж залишалася прихильником біпланів і півторапланів. Найвідомішими англійськими винищувачами стали біплан Armstrong Whitworth Whitley (рисунок 3.31) і півтораплан Bristol Bulldog (рисунок 3.32). Потужність двигуна Bulldog становила 440 к. с., а швидкість його досягала 285 км/год. Це був самий швидкісний винищувач свого часу і знаходився на озброєнні в арміях Великобританії, Фінляндії і прибалтійських країн. Винищувач був одномісним суцільнометалевим біпланом з висувним шасі і хвостовою милицею.

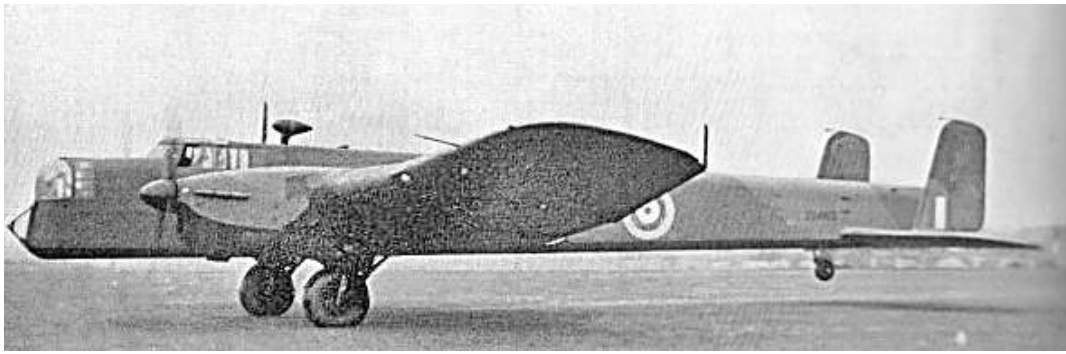


Рисунок 3.31 – Armstrong Whitworth Whitley – двомоторний середній бомбардувальник

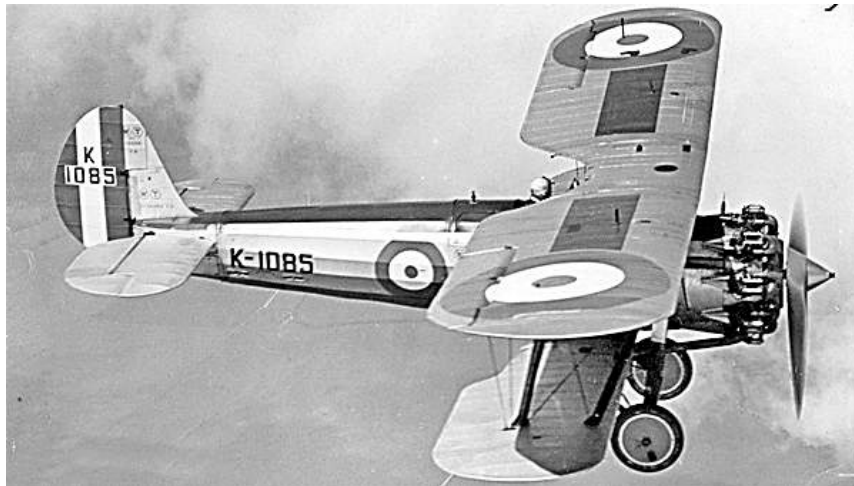


Рисунок 3.32 – Півтораплан Bristol Bulldog

Нетиповим для англійського літакобудування став одностояковий біплан Hawker Hart. Побудований в 1928 р. цей літак розвивав швидкість 300 км/год. При цьому він міг підняти на борт до 225 кг бомбового вантажу (рисунок 3.33).

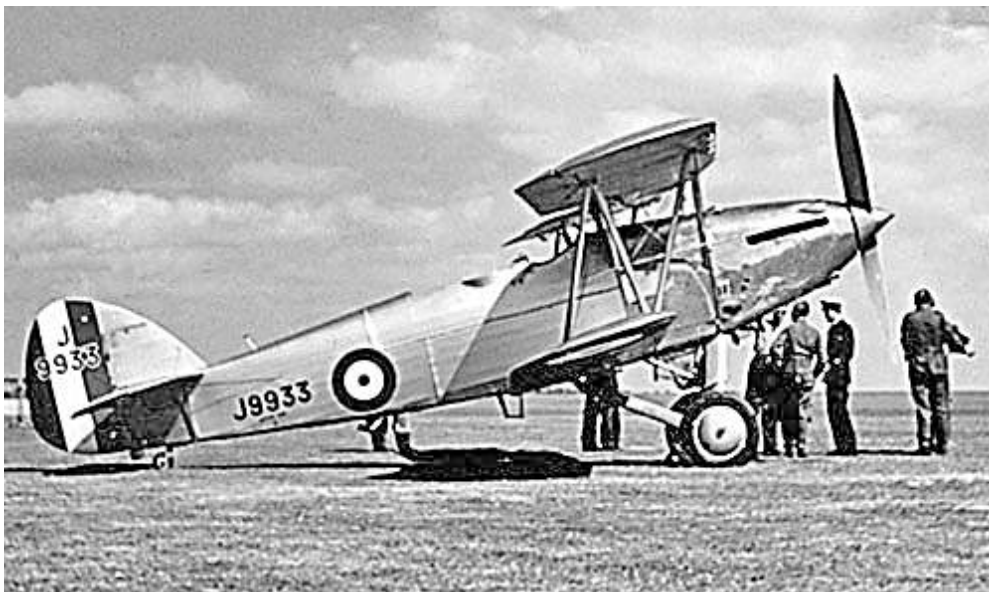


Рисунок 3.33 – Одностояковий біплан Hawker Hart

У 1931 р. почався випуск одномісного винищувача Fury– найшвидшого винищувача початку 30-х років (рисунок 3.34). Його максимальна швидкість була 333 км/год на висоті 4200 м.

В Італії з'явилася відома і сьогодні фірма Fiat. Головним конструктором компанії став Целестіно Розателлі (С.Р.). Літаки його конструкцій називалися Fiat CR (рисунок 3.34, 3.35).



Рисунок 3.34 – Одномісний винищувач Fury



Рисунок 3.35 – Літак Італії Fiat CR (одномісний суцільнометалевий)

3.4.2 Американське літакобудування

У 20-х роках минулого століття з'явилася відома донині фірма Boeing. Перший серійний винищувач, випущений цією компанією в 1924 р, був Boeing PW-9 (рисунок 3.36). Він являв собою біплан з трапецієподібними крилами. Літак мав слабку аеродинаміку, але оснащений потужним

12-циліндровим двигуном водяного охолодження міг летіти зі швидкістю 265 км/год.



Рисунок 3.36 – Біплан-винищувач Boeing PW-9

Як і в Європі, потужним стимулом для розвитку літакобудування в США стало виробництво, проектування і розроблення двигунів. Коли з'явилися нові радіальні авіамотори Pratt & Whitney Wasp і Wright Cyclone (рисунки 3.37, 3.38), тоді ж стали виготовляти і нові види літаків. Фірма Boeing вже з тих пір була попереду всіх авіаційних американських компаній.



Рисунок 3.37 – Авіамотор
Pratt & Whitney Wasp



Рисунок 3.38 – Авіамотор
Wright Cyclone

Саме на її заводах був створений перший серійний американський винищувач з двигуном повітряного охолодження Boeing P-12 (рисунок 3.39). Ця ж модель була сконструйована і для морського варіанта і використовувалася як палубний винищувач, так і як наземний літак.



Рисунок 3.39 – Палубний винищувач Boeing P-12 з двигуном повітряного охолодження

3.4.3 Авіація СРСР

Перші спроби відродити російське літакобудування Радянський Союз спробував зробити за допомогою німецьких конструкторів. Подібна співпраця виявилася не дуже ефективною. Тоді було вирішено розвивати авіатехніку власними силами.

На початку 20-х років конструктори Н. Н. Полікарпов і Д. П. Григорович розробили перші радянські винищувачі І-1, або ІЛ-400 (рисунок 3.40).



Рисунок 3.40 – Радянський винищувач Н. Н. Полікарпова і Д. П. Григоровича – перший одномісний моноплан І-1, або ІЛ-400

Трохи пізніше до подальших розробок приєднався А. Н. Туполєв. За його участю були створені моделі І-3 і І-4 (рисунок 3.41, 3.42). Перший вийшов більш маневреним, а другий, зроблений з кольчугалюмінію, важчим і швидкісним. Наступна модель І-5 (рисунок 3.43) поєднала кращі якості двох попередніх моделей. Саме винищувач І-5 перебував на озброєнні у Червоній Армії до кінця 30-х років.



Рисунок 3.41 – Радянський одномісний легкий маневрений винищувач І-3



Рисунок 3.42 – Суцільнометалевий винищувач І-4



Рисунок 3.43 – Радянський винищувач-півтораплан – легкий маневрений змішаної дерево-метало-полотняної конструкції

3.4.4 Загальні тенденції військової авіації

У післявоєнні роки військове літакобудування розвивалося за такими напрямками:

1. Легкий винищувач типу «жокей», завданням якого було проникнення у тил противника та знищення його літаків. Це були невеликі маневрені літаки-перехоплювачі.

2. Важкий багатомісний винищувач типу «повітряний крейсер», який був літаком супроводу, мав два двигуни, кілька потужних кулеметів і екіпаж з трьох-п'яти чоловік.

3. Літаки-розвідники. Вони відрізнялися від винищувачів тільки економічними і безшумними двигунами водяного охолодження. Завдяки ним ці військові літаки мали можливість здійснювати далекі перельоти, їх було важко виявити із землі.

4. Багатомоторні бомбардувальники. Найчастіше це були крупні біплани зі встановленими вздовж крила двигунами, що розвивали велику швидкість. Бомбовий вантаж у деяких моделях становив до 1,5 тонн.

Бомбардувальники. Особливе місце в розробленні багатомоторних бомбардувальників займало конструкторське бюро А. Н. Туполева. Саме там було створено перший радянський суцільнометалевий бомбардувальник АНТ-4. Він був також найбільшим літаком у світі такої конструкції. Ця модель використовувалася не тільки у військових цілях. Наприклад, на такому літаку було здійснено кілька експедицій на Північний полюс. Наступна модель ТБ-3 була ще більшою. Цей літак мав бомбовий вантаж до п'яти тонн, три кулеметні турелі і дві кулеметні вежі. Пізніше подібну конструкцію використовували, вдосконалюючи Boeing.

Були і одномоторні бомбардувальники. Прикладом є французький Breguet-19. Правда, свою популярність він набув не стільки наявністю функції бомбометання, скільки здатністю до перельотів на дальні відстані – до 800 км. Різновидом легкого бомбардувальника були і торпедоносці. Однак вони вирізнялися відносно тихою ходом і становили незначний відсоток військової техніки.

Пасажирські літаки. Сформована різноманітність авіатехніки призвела до того, що значно ускладнилися підготовка пілотів і обслуговування літаків. Отже, виникла необхідність у виготовленні універсальних літаків. Але погіршилися технічні характеристики багатофункціональних машин.



Рисунок 3.44 – Пасажирський літак К-5

Відбувалася уніфікація. Результатом її стала поява пасажирської авіації. Вона розвивалася настільки швидко, що вже незабаром стали з'являтися регулярні авіалінії. В Європейських країнах і СРСР виділяли великі суми на розвиток пасажирських перельотів. Європейські компанії

відкрили трансатлантичні рейси, а в Радянському Союзі були організовані досить тривалі авіалінії, такі, як Москва–Тбілісі. США в цьому трохи відставали, тому що ще майже десять років американська цивільна авіація перевозила переважно пошту.

Перші пасажирські літаки перевозили від 4 до 24 пасажирів. Їх розробками займалися фірми Boeing і Ford в США, Junkers і Fokker в Німеччині, ВКБ А. Н. Туполева в СРСР та ін. В салоні були розташовані багажні відсіки, а для комфорту в жарку погоду вікно біля кожного крісла можна було відкрити. Конструктор К. А. Калінін, який працював в Україні, розробив пасажирський літак К-5 на 8 пасажирів (рисунок 3.44).

Гідроавіація. Розвиток водної авіації теж не стояв на місці. Гідролітаки використовувалися скрізь, де були складні умови зльоту і посадки. Найчастіше цими регіонами були Африка, Південна Америка та Азія. Їх також використовували географи при проведенні досліджень, і літати над морем на гідроплані було безпечніше. На таких літаках відбувалися трансатлантичні перельоти. Саме така модель стала транспортом для навколосвітнього перельоту з Америки через Японію, Китай, Середній Схід, Європу, Гренландію назад в Америку.

Однак виникла в кінці 20-х років минулого століття світова економічна криза значно похитнула позиції авіації. Кількість випуску літаків було обмежено. Наступний поштовх до розвитку авіатехніки відбувся під час Другої світової війни. Було виготовлено Short Sunderland – літаючий човен (рисунок 3.45).



Рисунок 3.45 – Літак-амфібія *Short Sunderland*

3.5 Авіація Другої світової війни

Під час Другої світової війни паралельно з винищувачами активно використовували ще один вид військових літаків – бомбардувальники.

3.5.1 Радянські бомбардувальники

Провідне місце в світі за обсягом використання авіації цього типу займав Радянський Союз. Під девізом «знищити ворога на його ж землі» радянські конструктори створили шість різних видів цих літаків-бомбардувальників (рисунок 3.46, а – е).



а



б



в



г



д



е

Рисунок 3.46 – Радянські бомбардувальники:
а – одномоторний Су-2; б – двомоторний СБ;
в – двомоторний ДБ-3Ф (Іл-4); г – двомоторний Пе-2;
д – двомоторний Ту-2; е – чотиримоторний Пе-8 (літаюча фортеця Й. В. Сталіна)

Найпоширенішим двомоторним літаком був Пе-2. Спочатку його замислювали як двомоторний висотний винищувач, потім переробили в пікіруючий бомбардувальник.

Літак Пе-2 мав компакту суцільнометалеву конструкцію з двома двигунами 1100 к.с. кожен, а також непогану маневреність, швидкість і досить

високу міцність. Його швидкість досягала 540 км/год, а за точністю вогневого удару і бомбометання він був одним з кращих бомбардувальників у світі. Він був оснащений п'ятьма вогневими точками, які допомагали йому часто вийти переможцем із сутички з винищувачами супротивника.

Однак Пе-2 мав і деякі недоліки. Наприклад, через компактну форму бомбовий відсік вийшов досить вузьким і вміщував бомби вагою не більше 100 кг. Більш важча зброя кріпилася до зовнішньої підвіски, а загальний вантаж становив 600 кг. При цьому дальність польоту була 1300 км.

Літак Ту-2, хоч і подібний за конструкцією до літака Пе-2, був більшим, його бомбовий відсік вміщав від 1 до 3 тонн бомб. Він майже збігався зі своїм меншим побратимом за швидкісними показниками, але перевищував його за дальністю польоту – 2150 км. Ту-2 був добре озброєним, крім п'яти вогневих точок на ньому були встановлені дві гармати.

Однак основним радянським бомбардувальником далекої дії був Іл-4. Через невелику швидкість і велике бомбове навантаження його використовували переважно як нічний бомбардувальник.

3.5.2 Бомбардувальна авіація Японії

Японська армія вирізнялася величезною кількістю різноманітних модифікацій бомбардувальників. Вона мала п'ять одномоторних і сім двомоторних моделей.



а



б



в



г

Рисунок 3.47 – Бомбардувальники Японії:
а – Mitsubishi G4M; б – Mitsubishi Ki-67; в – Ki-48; г – Ki-69

Найважливішою характеристикою бомбардувальників японці вважали дальність польоту. Тому їх конструкції при невисокій швидкості і невеликому бомбовому вантажі могли долати значні відстані. Наприклад, Mitsubishi G4M міг пролетіти більше 5 тис.км. Пізніша модель Mitsubishi

Ki-67 могла пролетіти ще на 300 км далі. Взагалі літак Ki-67 вийшов дуже вдалим. Він був добре броньованим, вирізнявся живучістю, мав досить високу швидкість і вогневу міць. На ньому навіть можна було виконувати фігури вищого пілотажу. На його основі трохи пізніше був створений важкий винищувач Ki-69 (рисунок 3.47).

3.5.3 Бомбардувальники Німеччини

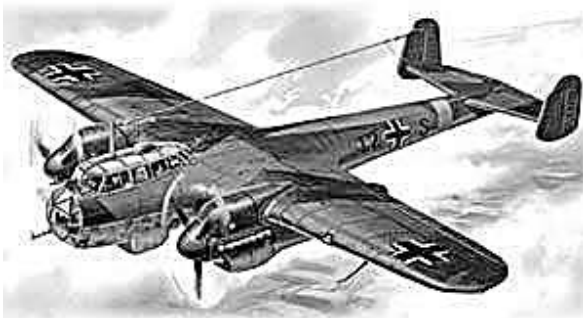
Різноманітний конструкторський парк бомбардувальників був у Німеччини (рисунок 3.48, а – е).



а



б



в



г



д



е

Рисунок 3.48 – Бомбардувальники Німеччини:

а – одномоторний Ju-87; б – чотиримоторний FW-200; в – двомоторний Do-17; г – двомоторний Do-217; д – двомоторний Ju-88; е – двомоторний Ju-188

Перші німецькі бомбардувальники мали однакові характеристики. При високій стелі і тривалій дальності польоту, а також досить значному бомбовому вантажі вони вирізнялися відносною тихохідністю, що потребувало прикриття їх великою кількістю винищувачів. Першим вдалим німецьким пікіруючим бомбардувальником став Ju-88. Він був більш швидкісним, піднімав до двох тонн бомбового вантажу і був оснащений чотирма вогневими точками. А такі моделі, як Ju-188 і Ju-388 мали ще більшу дальність польоту і вантажопідйомність. Однак у цей час військові дії вже перейшли на територію Німеччини, і бомбардувальна авіація практично не використовувалася.

3.5.4 Бомбардувальники США

Рекордсменом за кількістю виготовлення моделей бомбардувальників були Сполучені Штати. За роки війни на їх території було випущено дванадцять типів літаків цього виду. Найвизначнішими з них можна вважати двомоторні бомбардувальники B-25 і A-26, а також важкий дальній бомбардувальник Boeing B-17 (рисунок 3.49).



а



б



в

Рисунок 3.49 – Бомбардувальники США:
а – B-25 Mitchell; б – A-26; в – Boeing B-17 (літаюча фортеця)

Бомбардувальник B-25 Mitchell вирізнявся прекрасними льотними характеристиками. На висоті 5 км літак міг летіти зі швидкістю до 490 км/год, піднімав на борт 1360 кг бомб, а його дальність польоту становила 2170 км. Крім того, літак був обшитий бронеплитами і вирізнявся феноменальною живучістю. А вогнева міць його становила від 5 до 14 кулеметів.

Бомбардувальник A-26 мав посилений захист екіпажу. Максимальна швидкість літака становила 600 км/год, дальність польоту – 2253 км, вогнева міць – 8 кулеметів, керованих дистанційно, і 1814 кг бомб. Після закінчення Другої світової війни літаки цієї моделі активно використовувалися в регіональних конфліктних ситуаціях багатьох країн: в Індокитаї, Кореї, Алжирі і т.д. Boeing B-17 прозвали «літаючою фортецею». Його озброєння становило до 12 кулеметів, крейсерська швидкість – 481 км/год при бомбовому навантаженні 5,8 тонн.

3.5.5 Бомбардувальники Великобританії

Британські моделі бомбардувальників теж були досить різноманітними: одномоторними, двомоторними і чотиримоторними (рисунки 3.50–3.52).



а



б

Рисунок 3.50 – Одномоторні бомбардувальники: а – Barracuda; б – Battle

Найбільш численним одномоторним ударним літаком був торпедоносець Fairey Barracuda. Літаки цього типу завдавали великої шкоди німецькому ВМФ.

Цікаву конструкцію мав двомоторний бомбардувальник DH-98 Mosquito. Це був невеликий дерев'яний моноплан, який розвивав на ті часи приголомшливу швидкість – 640 км/год. При цьому дерево робило його малопомітним для радарів противника. З такими технічними характеристиками літаку не було потрібно додаткове озброєння: він легко відривався від винищувачів супротивника. Це був єдиний англійський денний бомбардувальник. При цьому, судячи з військових хронік, втрати літаків такого типу були мінімальними – 16 літаків на 1000 вильотів.



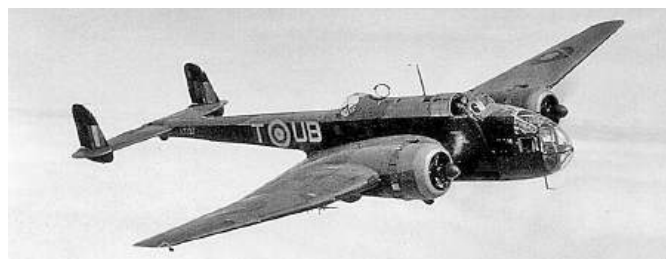
а



б



в



г

Рисунок 3.51 – Двомоторні бомбардувальники:
а – Mosquito (дерев'яний моноплан); б – Wellington; в – Whitley; г – Hampden



а



б

Рисунок 3.52 – Чотиримоторні бомбардувальники:
а – Stirling; б – Lancaster

3.5.6 Реактивні двигуни

До цього моменту мова йшла виключно про гвинтомоторні машини. Однак уже в середині 40-х років минулого століття стало зрозуміло, що як не покращуй аеродинаміку фюзеляжу і крил, чим більше висота – тим менше ефективність пропелера. Тому весь час йшли пошуки альтернативних способів роботи двигунів.

Перший серійний літак на реактивній тязі з'явився в Німеччині (рисунок 3.53). Ця модель Messerschmitt із суцільнометалевим корпусом і двома підкрильними реактивними двигунами розвивала на висоті 6 км швидкість 865 км/год. Незважаючи на величезну за тими мірками швидкість, літак був не дуже маневреним.



Рисунок 3.53 – Реактивний Messerschmitt 262

Було ще дві німецькі реактивні моделі: Arado Ar-234 і Me-163. Однак особливої ролі в бойових діях ці машини не відіграли. Для них не вистачало палива і кваліфікованих льотчиків. До того ж конструкція Me-163 мала конструктивну помилку, що призводило до великої кількості катастроф при приземленні.

Серед країн антигітлерівської коаліції тільки Англія могла похвалитися наявністю серійної реактивної авіації. Її Gloster Meteor F-3 з успіхом підтримував наступ англо-американських військ в Бельгії.

Саме в роки Другої світової війни поршнева авіація закінчила розвиватися, і подальший розвиток літакобудування – це реактивні машини.

3.5.7 Винищувальна авіація Радянського Союзу

Як Перша, так і Друга світова війна стала могутнім стимулом у розвитку військової техніки, в тому числі й авіаційної.

У Радянському Союзі над розробленням військової авіатехніки працювали співробітники багатьох конструкторських бюро. О. С. Яковлев, А. Н. Туполев, С. В. Іл'юшин – ось далеко не всі імена відомих радянських авіаконструкторів, літаки яких використовувалися радянськими ВПС на військових фронтах.

Конструкторське бюро Яковлєва. Перший літак серії Як (Як-1) був найлегшим літаком змішаної конструкції. У створенні цієї моделі О. С. Яковлеву дуже допоміг його досвід створення спортивних монопланів. Винищувач розвивав швидкість 550 км/год і міг злітати на висоту більше 9 км. Дальність його польоту становила 700 км. Озброєнням на борту були два кулемети калібру 7,62 і 20 міліметрів.

Однак найбільшою вдалою моделлю винищувача, розробленого в цьому бюро, вважають Як-3. Аеродинамічні якості цієї моделі були істотно кращими якостей попередніх моделей. Цей літак розвивав швидкість 650 км/год і крім гармати був оснащений двома крупнокаліберними 12,7-міліметровими кулеметами (рисунок 3.54, а і б).



а



б

Рисунок 3.54 – Літаки бюро Яковлева: а – перший літак серії Як (Як-1);
б – найвдаліша модель винищувача Як-3

Усі винищувачі того часу мали один суттєвий недолік: дальність їх польоту не перевищувала 1000 км. Тому вони були неефективними в ролі літаків супроводу. У зв'язку з цим в КБ О. С. Яковлева було розроблено серію літаків Як-9, Як-9Д і Як-9ДД зі збільшеним запасом пального, що дозволило підвищити дальність їх польоту більш ніж в два рази, практично без втрати швидкості й маневреності.

Конструкторське бюро С. О. Лавочкина. До початку Великої Вітчизняної війни між різними конструкторськими бюро існувала найвища конкуренція новаторських ідей. Великою популярністю користувалися розробки С. О. Лавочкина. Створений за його конструкцією Ла-5 (рисунок 3.55) був оснащений потужним 14-циліндровим двигуном повітряного охолодження і розвивав швидкість до 600 км/год.



Рисунок 3.55 – Літак Ла-5

Укомплектована двома 20-міліметровими гарматами конструкція вишла не тільки дуже стійкою проти ворожого вогню, але і з високою вогневою міцністю.

Наступну свою модель Ла-7 С. О. Лавочкін забезпечив модернізованим двигуном, третьою гарматою і поліпшив огляд пілотної кабіни. Все це привело до того, що літаки КБ С. О. Лавочкина стали одними з кращих винищувачів часів Другої світової війни.

3.5.8 Винищувачі зарубіжних країн

Під час Другої світової війни винищувальна авіація була одним з найпотужніших інструментів ведення бойових дій. З цієї причини вона становила більшу частину ВПС кожної країни (від 25 до 50 %). Різниця в цифрах пояснюється різними принципами військових доктрин. Німеччина і Японія, які готувалися до наступальної війни, більше розвивали бомбардувальну авіацію, а наприклад, Англія і Франція, які збиралися переважно оборонятися, більшість сил спрямовували саме на розвиток винищувачів.

Кращими винищувачами Італії стали літаки конструктора Маріо Кастольді, який раніше розробляв гоночні гідролітаки. Його моделі Macchi MC-200 і Macchi MC-202 були досить вдалимими щодо швидкості й маневреності, а модель MC-205 могла б стати успішним винищувачем під час повітряних боїв. Однак цей літак був випущений дуже невеликою партією, тому що до моменту його появи Італія вже програвала війну.

Німецька авіація. На озброєнні німецької армії стояли винищувачі конструкції Messerschmitt. Модель Messerschmitt Bf.109 була не стільки винищувачем, скільки легким бомбардувальником або розвідником. А ось модель Me-109, виготовлена на основі гоночного літака, була класичним винищувачем, швидким і маневреним. Достоїнством конструкції була можливість постійної модернізації. Протягом усієї війни літаки базової моделі Me-109 допрацьовувалися. Їм змінювали форму фюзеляжу, збільшували швидкість і максимальну висоту польоту, модернізували двигун і змінювали озброєння.



Рисунок 3.56 – Винищувач FW-190

Ще однією вдалою моделлю німецьких конструкторів був винищувач FW-190 фірми Focke-Wulf (рисунок 3.56). Він був не настільки маневреним,

як Me-109, однак перевищував швидкісні й вогневі показники свого співвітчизника.

Авіація Японії. У 1940 – 1941 рр. на озброєнні японської армії з'явився палубний винищувач Mitsubishi A6M. Причому літак був настільки маневреним і швидкісним, що американські інструктори рекомендували своїм пілотам не вступати з ним в затяжний повітряний бій.

Коли ж у американців з'явилися Hellcat і Corsair, що перевершували Mitsubishi за технічними характеристиками, японці модернізували стару модель і створили A6M8. Результати були чудовими, але через підірвану економіку Японії ці літаки не були впроваджені в серійне виробництво.

Як винищувача супроводу японські ВПС використовували двомоторний літак Kawasaki Ki-45. Це була копія німецького Messerschmitt Bf.110, і незабаром через високі втрати ці літаки стали використовувати як перехоплювачі, розвідники і штурмовики. Японці із задоволенням копіювали успіхи німецьких союзників. Їх Ki-61 був дуже схожим на Messerschmitt Bf. 109.

У 1943 р. конструктор Койям створив наступну модель Ki-84. Це був, в принципі, той же Ki-45, але з більш потужним двигуном. Це прискорило літак, зробило його більш маневреним і збільшило дальність польоту. На новій моделі MC-205 також було збільшено вогневу міцність (рисунок 3.57).



Рисунок 3.57 – Гоночний гідролітак MC-205

Розроблялися в Японії інші перспективні моделі, але в зв'язку з капітуляцією держави їх серійного виробництва так і не відбулося.

Британська королівська авіація. На озброєнні британських військ знаходилися винищувачі систем Hurricane і Spitfire. Літак Hurricane призначався для полювання на ворожі бомбардувальники, а цілями легкого і вертокого літака Spitfire були винищувачі (рисунок 3.58, а, б).



а



б

Рисунок 3.58 – Винищувачі Hurricane (а) і Spitfire (б)

Протягом війни конструкцію Spitfire допрацьовували: поліпшили броню, аеродинаміку, встановили більш потужні двигуни, збільшили розміри рулів, поставили різні види озброєння і т.д.

Ще одним англійським літаком був важкий швидкісний одномоторний винищувач Tempest. Його використовували переважно як перехоплювач німецьких літаків-снарядів V-1 (Vergeltungswaffe Eins).

3.6 Аероплани з двигунами

Авіаційний двигун (авіадвигун) – це в основному тепловий двигун, що встановлюється на літальних апаратах для створення тяги, необхідної для їх польоту. Авіаційні двигуни за способом створення тяги поділені на три групи: гвинтові, реактивні, комбіновані.

Гвинтові авіаційні двигуни – це поршневі авіадвигуни, що створюють тягу обертанням повітряного гвинта, а також комбіновані авіадвигуни за умови, якщо сила тяги, сформована повітряним гвинтом, становить понад 50 % від сумарної (еквівалентної) сили тяги двигуна.

Реактивні авіадвигуни – це теплові двигуни прямої реакції, які перетворюють енергію палива в кінетичну енергію, яка витікає з двигуна газового струменя і спричиняє силу реакції, безпосередньо використовуваної як рушійну силу – силу тяги. В авіації застосовуються два типи реактивних двигунів: повітряно-реактивні двигуни (ВРД), в яких для згоряння палива використовується кисень атмосферного повітря; ракетні двигуни (РД), в яких для згоряння палива застосовується окислювач, що транспортується самим літальним апаратом.

Комбіновані (змішані) авіадвигуни – це двигуни, що створюють тягу, яка складається з сили реакції потоку продуктів згоряння, що виходять з двигуна, і тяги, сформованої звичайним або спеціальним повітряним гвинтом (гвинтовентилятором). Основними типами комбінованих двигунів є: турбогвинтові двигуни (ТГД); двоконтурні турбореактивні двигуни (ДТРД); гвинтовентиляторні авіадвигуни (ГВД).

Турбореактивні, турбогвинтові, двоконтурні і гвинтовентиляторні авіадвигуни об'єднані загальною назвою – газотурбінні авіадвигуни (ГТД).

До авіаційних двигунів ставлять особливі вимоги щодо надійності, питомої потужності або тягоозброєності, питомої витрати палива, а також габаритних розмірів і форми.

3.6.1 Перші спроби

Починаючи з середини XVII ст., стають відомими досить успішні спроби польотів аероплана з двигуном. Першою була конструкція італійця Титуса Лівіо Бураттіні, зодчого при польському дворі короля Владислава IV. Вісьмома роками пізніше англієць Роберт Гук запустив у повітря свою конструкцію орнітоптера.

У 1716 р. шведський винахідник Еммануель Сведенборг опублікував свій проект літальної машини. Цей апарат за багатьма характеристиками вже був близький до поняття «літак», оскільки в конструкції використана жорстка поверхня для отримання піднімальної сили. А ще через півстоліття німецький вчений М. Бауер розробив конструкцію апарата не тільки з жорстким крилом, а й обертовим пропелером. На жаль, побудувати цю конструкцію не вдалося.

Починаючи з кінця XVIII ст., розроблення літаків і планерів відбувалося паралельно. Саме на основі планеробудування створювали конструкції крил, фюзеляжу, рулів висоти та ін. Хоча треба визнати, що ще півтора століття розробок знадобилося інженерам і конструкторам в усьому світі, щоб перший літак здійснив свій вдалий політ. Цим апаратом стала машина англієця Стрінгфеллоу. У 1848 р. цей літак зміг піднятися в повітря, але пролетів лише кілька метрів.

Ще 10 років потому успішно пройшов пробний політ аероплан французького конструктора Марі Делакура. Його ідеї були несподівано прогресивними. Крім електромотора і 4-лопатевого гвинта конструкція була оснащена вільнонесучим крилом, висувним шасі та алюмінієвим фюзеляжем. До цих ідей інженери повернулися тільки через сторіччя.

У 1865 р. француз Шарль де Лувр запропонував проект вже реактивного літака. В трубках, установлених під крилами літака, мало було спалюватися паливо і подавати реактивну тягу. Реалізувати цей проект не вдалося.

Не відставали від західних конструкторів і російські. Починаючи з середини XIX ст., російські інженери розробили безліч проектів повітряних машин з двигунами. Однак перший реально функціонуючий російський літак створив А. Ф. Можайський. На початку XX ст. він розробив і на власні кошти створив конструкцію з нерухомим крилом і трьома гвинтами: одним тяговим і двома штовхальними. Літак злітав з розбігу по дерев'яних рейках. Точно невідомо, як саме пройшов пробний зліт, але більшість фактів свідчать про те, що цей політ закінчився аварією.

У 1870 р. англійський винахідник Р. Харт розробив модель, в якій була відсутня окрема площина вертикального управління. Цю модель назва-

ли просто «безхвосткою». Зараз ця конструкція використовується в будові надзвукових літаків. Модель Харта оснащувалася прямокутним крилом і штовхальним гвинтом. Незважаючи на те, що в цій конструкції проблема стійкості вирішена не була, дана розробка містила такі важливі інновації, як аеродинамічні гальма і автоматичну зміну кроку гвинта.

Трохи пізніше француз А. Пено розробив на основі конструкції Харта свою модель і спроектував перший безхвостий літак-амфібію. Конструкція французького інженера була оснащена паровим двигуном, а фюзеляж було виготовлено у вигляді човна. Власне, це був перший гідроплан.

Думка про встановлення реактивного двигуна на борту літака виникла практично одночасно в різних країнах світу. Вчені Франції, Англії, Німеччини між 1865 і 1880 рр. намагалися створити реактивні літаки. Цю ідею підтримали і російські винахідники. Інженери С. С. Неждановський, А. Вінклер і Ф. Р. Гешвенд привнесли багато конструктивних нововведень в розроблення аеропланів з реактивними двигунами. Однак на той момент реалізація такої ідеї виявилася технічно неможливою і до неї повернулися пізніше.

3.6.2 Подальший розвиток літакобудування

Приблизно в цей час з'являється ідея створення фюзеляжу із закритою кабіною і закругленим фронтальним ребром крила. Ця ідея спала на думку швейцарському художнику К. Штайгер-Кірхгофферу. А німець Ніколаус Отто спроектував чотиритактний газовий двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ), який істотно поліпшив характеристики моторів. А коли Г. Даймлер почав використовувати для подібного ДВЗ бензин як паливо, то перспектива використання двигунів в авіації стала очевидною. Ще К. Е. Цюлковський пропонував використовувати такий двигун з алюмінієвим фюзеляжем під час проектування свого моноплана.

У 90-х роках XIX ст. з'явилася ідея використання маятникового автопілота для стабілізації стану літака в повітрі. Але у цієї конструкції був один суттєвий недолік: прискорення порушувало його працездатність. Цю проблему вирішили лише в 30-х роках наступного століття, коли на літак встановили гіроскопічний автопілот.

У цілому слід визнати, що розвиток літакобудування до початку XX ст. дійшов переломного моменту, і створення повноцінного літака було вже в недалекому майбутньому.

3.7 Шасі

Шасі перших літаків виготовляли нескладними, вони не прибиралися в польоті. Однак таке шасі створювало занадто великий аеродинамічний опір і було перешкодою для набору швидкості.

Опір повітря швидко збільшується зі зростанням швидкості. Виступні конструкції підвищують витрату палива, а при швидкостях реактивної авіа-

ції (близько 900 км/год) випущені шасі спричинили б серйозні навантаження на планер і порушення в аеродинаміці. Покришки коліс швидко і нерівномірно спрацьовувались би через вплив потоку холодного (-50°C) повітря, яке може містити краплі води і крижані кристали.

Ідею «ховати ноги» людина підгледіла у птахів. Злетівши кожен птах підтискає лапки і витягує їх уздовж тіла, інстинктивно зменшуючи свій аеродинамічний опір.

Шасі літального апарата – система опор літального апарата, що забезпечує його стоянку, пересування по аеродрому або воді при зльоті, посадці і рулюванні. Зазвичай ця система являє собою кілька стояків, обладнаних колесами, іноді застосовуються лижі або поплавці. У деяких випадках використовуються гусениці або поплавці, суміщені з колесами.

Шасі з хвостовим колесом (двостоякове шасі). Головні опори або опора розташовані попереду центра ваги, а допоміжна (хвостова) – позаду. Як хвостові опори раніше часто застосовували «милицю» – конструкцію без колеса, що ковзає по ґрунту (аеродроми були ґрунтові).

Шасі з переднім колесом (трестоякове шасі). Переднє (носове) колесо розміщено попереду центра ваги, а головні опори – позаду центра ваги. На стояк у носовій частині фюзеляжу зазвичай припадає 10...15 % його маси.

Шасі велосипедного типу. Дві головні опори розташовані в фюзеляжі попереду і позаду центра ваги апарата. Дві бічні підтримують опори, кріпляться з боків (зазвичай на закінцівках крила), застосовуються для видалення гондол від шасі і двигунів на крилі, тобто для створення «аеродинамічного чистого» крила. Наслідком такого розташування є ускладнена техніка посадки літака і затруднення модернізації бомбового відсіку, а також використання зовнішньої підвіски озброєння.

Лижні шасі. Використовуються для посадки літака на сніг, а також спільно з колесами. Широко застосовуються при посадці вертольотів.

Гідролітаки. Залежно від конструктивного виконання розрізняють такі типи гідролітаків:

літаючий човен – літак, нижня частина фюзеляжу якого виконана у вигляді човна, пристосованого для швидкого переміщення по поверхні води;

поплавковий гідролітак – звичайний або спеціально побудований літак, на якому закріплені один, два або більше поплавців для стоянки і пересування по поверхні води;

амфібія – літак будь-якого з двох перелічених вище типів, на якому встановлено сухопутне шасі для посадки на тверду поверхню або що має шасі, здатне утримувати літак на будь-якій поверхні, наприклад, повітряну подушку.

4 ЗАГАЛЬНА БУДОВА ЛІТАКІВ ТА ВЕРТОЛЬОТІВ

4.1 Будова літака

До основних частин літака належать крила, корпус, органи стійкості та керування, органи пересування та посадки, гвинтомоторна група (рисунок 4.1).

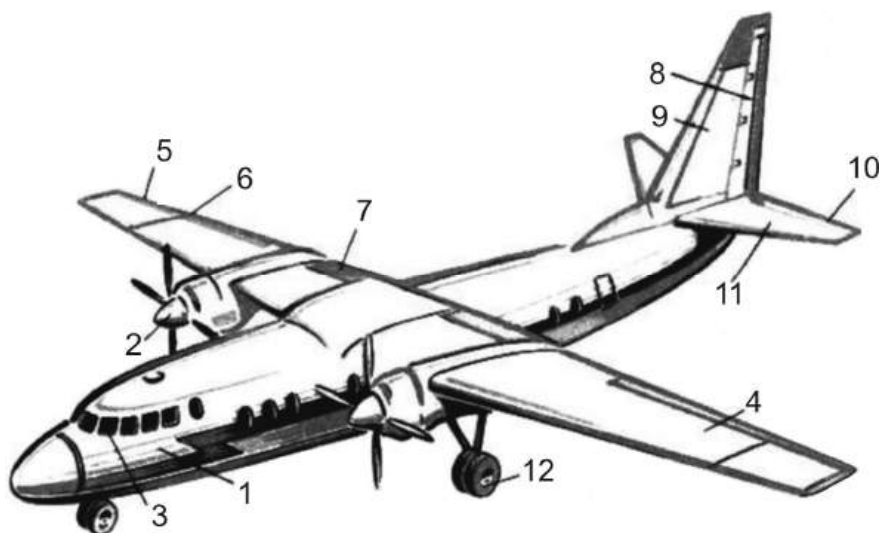


Рисунок 4.1 – Типова схема літака:

1 – фюзеляж; 2 – силова установка; 3 – кабіна пілота; 4 – крило; 5 – елерон; 6 – зовнішній закрилок; 7 – внутрішній закрилок; 8 – руль напрямку; 9 – киль; 10 – руль висоти; 11 – стабілізатор; 12 – шасі

Крила є однією з найбільш важливих частин літака. Від їх форми в плані і поперечному перерізі, а також від розмірів залежать льотні якості літака.

Літак типу моноплан має одне крило, а типу біплан – два крила. Верхні і нижні крила з'єднані стояками. До верхнього та нижнього крил підвішені на шарнірах елерони. У плані крило літака з елеронами найчастіше має прямокутну форму з еліптичним заокругленням кінців.

Корпус літака (фюзеляж) є основною частиною конструкції, з якою з'єднуються центроплан, крила, двигунна установка, шасі і хвостове оперення. Крім того, він служить для розміщення корисного навантаження літака (пасажирів, вантажів і т. д.).

Органи стійкості та керування літаком складаються з елеронів і хвостового оперення.

Елерони є частиною крила і являють собою рухливі невеликі крильця, розташовані на кінцях крил літака. Елерони допомагають збереженню літаком поперечної стійкості і його нахилу при поворотах навколо поздовжньої осі.

Хвіст літака складається з горизонтального і вертикального оперення. За його допомогою літак зберігає в повітрі поздовжню стійкість, піднімається вгору, знижується і змінює напрямок польоту.

Горизонтальне оперення складається зі стабілізатора – нерухомої частини, що забезпечує літаку поздовжню стійкість у польоті (у вертикальному напрямку), і рухомої частини – рулів висоти. Вони є органами керування літаком у вертикальній площині і допомагають його переведенню на підйом або зниження.

Вертикальне оперення складається з кіля, який нерухомо з'єднаний з хвостовою частиною фюзеляжу і забезпечує додаткову стійкість літака в польоті (в горизонтальному напрямку), рухомої частини – руля напрямку, що є органом шляхової стійкості і керованості. З його допомогою можна змінити напрямок польоту літака вправо і вліво, тобто в горизонтальній площині.

Органи для пересування і посадки – це шасі з хвостовим або переднім колесом. Шасі літака є злітно-посадковим пристроєм, необхідним для розбігу при зльоті, пом'якшення удару при посадці і поліпшення керованості на землі. У зимових умовах для запобігання зариванню в сніг встановлюється хвостова лижа.

Посадка літака відбувається на три точки, наприклад, на два передні колеса і одне хвостове.

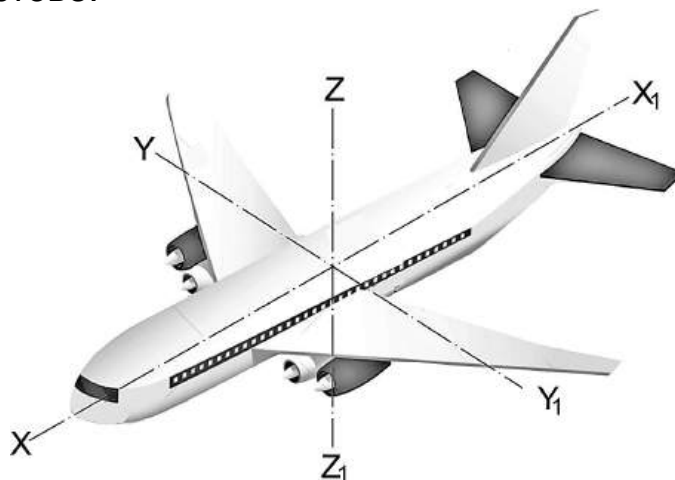


Рисунок 4.2 – Основні осі літака:
 XX_1 – поздовжня, YY_1 – поперечна, ZZ_1 – вертикальна

Керування літаком здійснюється за допомогою рулів висоти, руля напрямку і елеронів. Основною вимогою, що ставлять до літака в польоті, є стійкість і керованість щодо трьох осей (рисунок 4.2), що проходять через центр тяжіння літака, – поздовжньої XX_1 , поперечної YY_1 і вертикальної ZZ_1 . Керованість літаком навколо поздовжньої осі досягається елеронами, поперечної осі – рулем висоти, вертикальної осі – рулем напрямку. Для керування літаком використовується штурвал та ножні педалі. Штурвал з'єднується з рулем висоти і елеронами, а ножні педалі – з рулем напрямку і хвостовим колесом. При відхиленні штурвала вліво піднімаються елерони лівих крил і опускаються елерони правих крил; при цьому літак отримує лівий нахил. При подачі штурвала на себе піднімається руль висоти і літак йде на підйом. При подачі штурвала від себе літак піде на зниження.

Керування напрямком польоту здійснюється натисканням ногою педалі. Наприклад, при натисканні правою ногою руль повернеться направо і літак розвернеться вправо.

Гвинтомоторна група складається з двигуна, повітряного гвинта, моторної рами, системи бензо- і масложивлення і керування двигуном. Повітряний гвинт літака має кілька лопатей правого обертання (за годинниковою стрілкою).

4.2 Будова вертольота

Вертоліт – літальний апарат, важчий за повітря. Іноземна назва його – гелікоптер, що походить від грецьких слів *hélicos* (гвинт) і *pteron* (крило), тобто гвинтокрилий. Назва вказує на основну особливість цього літального апарата – вертикальний політ.

Вертоліт здатний злітати вертикально, прямо з місця, сідати також вертикально, без пробігу. В повітрі він може рухатися в будь-якому напрямку, може нерухомо висіти як над лісом, так і на висоті кількох сотень метрів. Вертоліт може здійснювати посадку на галявині серед лісу, на сухому безлісному болоті і т. д. Злітні і посадкові швидкості, довжина розбігу і пробігу дорівнюють нулю, тому вертоліт не потребує спеціальних аеродромів, він є представником безаеродромної авіації. Вертоліт має великий діапазон швидкостей – від 0 до 150–200 км/год. Завдяки цим властивостям він є незамінним засобом зв'язку, транспорту для виконання різних завдань при дослідженні малодоступних місць у необжитих умовах.

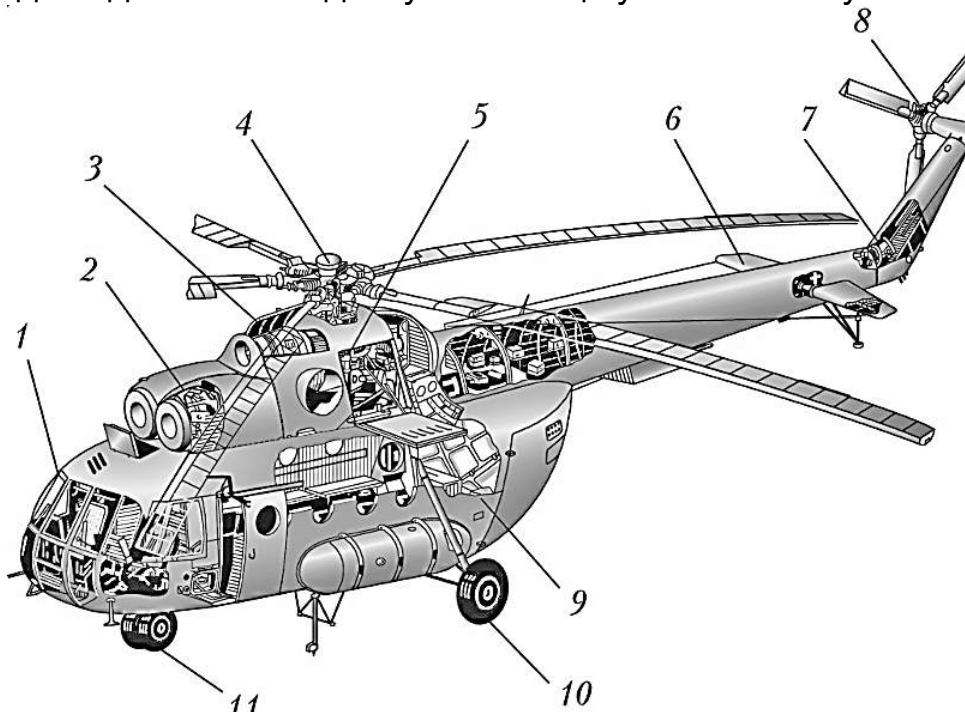


Рисунок 4.3 – Схема одногвинтового вертольота:

- 1 – кабіна пілота з органами керування; 2 – двигуни; 3 – вентилятор; 4 – несучий гвинт;
- 5 – головний редуктор; 6 – стабілізатор; 7 – проміжний редуктор; 8 – рульовий гвинт;
- 9 – вантажна кабіна; 10 – головний стояк шасі; 11 – передній стояк шасі

До основних частин вертольота належать: несучий гвинт, корпус, двигун, трансмісія, система керування вертольотом, рульовий (хвостовий) гвинт і шасі (рисунок 4.3).

Несучий гвинт вертольота відіграє роль крила. Він приводиться в обертання двигуном і за його допомогою створюються піднімальна сила і тяга. Крім того, несучий гвинт є органом керування вертольотом. На вертольотах застосовуються несучі гвинти з трьома-чотирма довгими і вузькими (діаметром 15–20 м і більше) лопатями. Лопаті несучого гвинта можуть повертатися навколо своєї осі в осьовому шарнірі.

Керування рухом вертольота за вертикаллю здійснюється шляхом зміни обертів несучого гвинта або кута встановлення лопатей. При збільшенні швидкості обертання гвинта або кута встановлення лопатей піднімальна сила зростає і вертоліт піднімається. Якщо обороти гвинта падають або зменшується кут встановлення, то зменшується піднімальна сила, і вертоліт знижується. Коли піднімальна сила повністю врівноважується польотною вагою вертольота, то він «висить» у повітрі, не знижуючись і не піднімаючись. Як тільки піднімальна сила перевищить вагу вертольота, він піднімається. Обертаючись, несучий гвинт прагне повернути вертоліт у бік, протилежний обертання гвинта, тобто створюється реактивний момент. Для врівноваження вертольота використовується рульовий гвинт, який при обертанні створює тягу і врівноважує кручення.

Корпус вертольота виконує ті ж функції, що і корпус літака. Він з'єднує всі частини в одне ціле. В ньому розміщуються двигун, система керування, спеціальне обладнання, механізм трансмісії, кабіна для пілота і вантажу.

Силова установка і трансмісія. На сучасних вертольотах застосовуються звичайні поршневі двигуни внутрішнього згорання з повітряним охолодженням, авіаційні турбіни і турбореактивні двигуни. Для того, щоб передати потужність двигуна на несучий і хвостовий гвинти, застосовують спеціальний механізм, названий трансмісією.

Керування, наприклад, одногвинтовим вертольотом складається з трьох систем: керування несучим гвинтом, керування рульовим гвинтом і потужністю двигуна.

Керування несучим гвинтом здійснюється ручкою керування звичайного літакового типу за допомогою автомата перекошу і важелем «крок-газ». Керування рульовим гвинтом здійснюється звичайними педалями ногового керування. Двигуном керує той же важіль «крок-газ», який керує і несучим гвинтом.

Важіль «крок-газ» називається так тому, що при його переміщенні одночасно змінюються крок гвинта і потужність (газ) двигуна. Наприклад, при русі важеля «крок-газ» униз встановлювальні кути або крок лопаті несучого гвинта будуть зменшуватися, зменшиться при цьому і потужність двигуна. Отже, вертоліт почне знижуватися.

Хвостовий гвинт встановлюється тільки на одногвинтових вертольотах. Він врівноважує реактивний момент несучого гвинта і здійснює колійне керування, тобто використовується для виконання повороту.

Шасі використовують для погашення можливих ударів, поштовхів під час приземлення і як опору при стоянці. Шасі буває колісне, поплавкове і полозкове.

На легких вертольотах зазвичай буває три колеса, а на важких – чотири.

4.2.1 Класифікація вертольотів

Вертольоти розрізняють за кількістю несучих гвинтів, їх розташуванням, способом приводу обертання. Відповідно до цих ознак вертольоти бувають: одногвинтові з рульовим гвинтом; з двома несучими гвинтами, розташованими співвісно; з двома поздовжньо розміщеними гвинтами; з двома поперечно розташованими несучими гвинтами; з реактивним приводом несучого гвинта та ін. (рисунок 4.4).

Найбільш поширеними є одногвинтові вертольоти з рульовим гвинтом конструкції М. Л. Міля (МІ-1, МІ-4, МІ-6, В-2, В-8 та ін.). Вони прості за конструкцією і в керуванні. Недоліками їх є довгий хвіст (великі габарити) і значна втрата потужності (до 10 %) на роботу рульового гвинта.

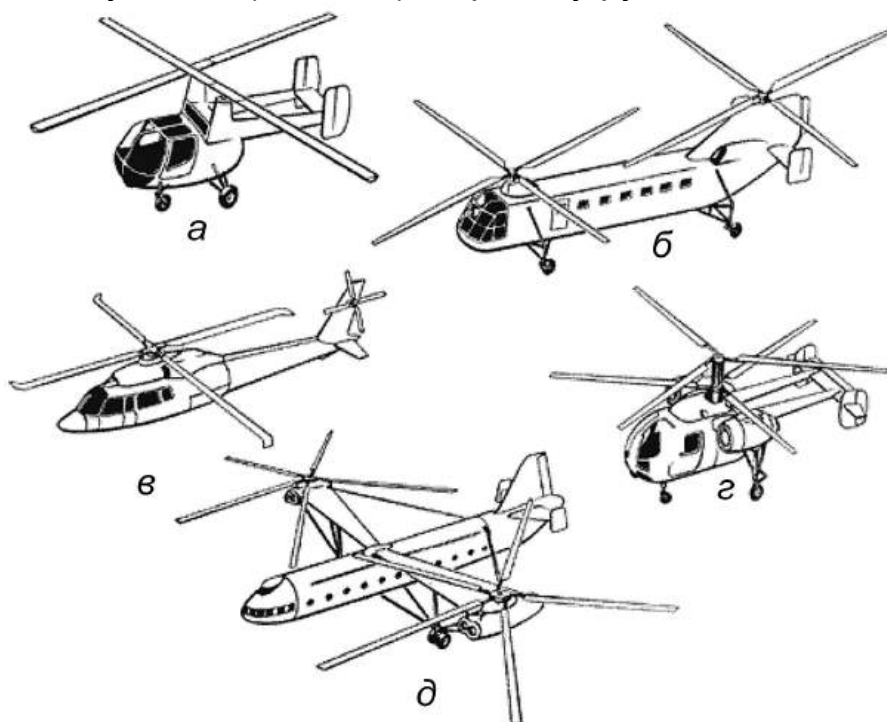


Рисунок 4.4 – Поширені схеми вертольотів:
а – з перехресними осями гвинтів; б – поздовжня; в – одногвинтова;
г – соосна, д – поперечна

У вертольотах соосної конструкції обидва гвинта знаходяться на одній осі, один під іншим. Вал верхнього гвинта проходить всередині порожнього вала нижнього гвинта. В результаті обертання несучих гвинтів у про-

тилежних напрямках погашається реактивний момент. Ці вертольоти мають невеликі розміри, малу вагу, високі керованість і маневреність.

До недоліків співвісних вертольотів належать втрата потужності нижнім несучим гвинтом, що працює в потоці повітря, відкинутого верхнім гвинтом, і труднощі розрахунку при конструюванні.

За цією схемою створюють легкі вертольоти Н. І. Камова: одномісні КА-10, двомісні КА-15 та чотиримісні КА-18.

У вертольотів з двома поздовжньо розташованими несучими гвинтами один гвинт знаходиться над носовою частиною фюзеляжу, а інший – над хвостовою. Гвинти обертаються в протилежні боки для взаємного погашення реактивного моменту. Недоліком їх є те, що задній гвинт працює в повітряному середовищі, попередньо збудженому переднім гвинтом, а це зменшує коефіцієнт його корисної дії.

Гвинти вертольотів з двома поперечно розташованими несучими гвинтами укріплені на спеціальних балках з боків фюзеляжу. Обертаючись в протилежних напрямках, вони створюють високу поперечну стійкість.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

Толковый словарь русских научно-технических терминов / под ред. В. И. Максимова. – 2-е изд. – СПб.: Златоуст, 2019. – 800 с.

Кривов, Г. А. Технология самолетостроительного производства / Г. А. Кривов. – Киев: КВІЦ, 1997. – 459 с.

База знаний «ALLBEST»: Производство и технологии [Электронный ресурс] // Информационные системы и технологии в авиастроении. – Режим доступа: URL:https://knowledge.allbest.ru/manufacture/3c0a65635a3ac69a4c53b89421216d27_0.html. – 04.04.2019.

Егер, С. М. Основы авиационной техники / С. М. Егер, А. М. Матвиенко, И. А. Шаталов. – М.: МАИ, 1999. – 576 с.

Кривцов, В. С. Інженерні основи функціонування і загальна будова аерокосмічної техніки: підручник для ВНЗ. Ч.1 / В. С. Кривцов, Я. С. Карпов, М. М. Федотов. – Харків: ХАІ, 2002. – 468 с.

Кривцов, В. С. Інженерні основи функціонування і загальна будова аерокосмічної техніки: підручник для ВНЗ. Ч.2 / В. С. Кривцов, Я. С. Карпов, М. М. Федотов. – Харків: ХАІ, 2002. – 723 с.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. ОСНОВИ АВІАЦІЇ	4
1.1 Політ та основні його принципи.....	4
1.2 Реалізація аеродинамічного принципу польоту.....	6
1.3 Основи аеродинаміки.....	9
1.3.1 <i>Взаємодія середовища і тіла, що в ньому рухається.</i>	
Класифікація швидкостей польоту.....	10
1.3.2 <i>Аеродинамічні сили</i>	11
2 ОСНОВИ ДИНАМІКИ ПОЛЬОТУ ЛІТАКА	14
2.1 Траєкторії руху.....	14
2.1.1 <i>Сили, що діють на літак в польоті</i>	15
2.1.2 <i>Просторовий рух літака</i>	18
2.1.3 <i>Поняття аеродинамічного розрахунку</i>	22
3 ІСТОРІЯ СТВОРЕННЯ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН	25
3.1 Перші експериментальні польоти.....	25
3.2 Важливі внески в авіаційну науку.....	27
3.3 <i>Авіація Першої світової війни</i>	31
3.3.1 <i>Авіація повітряних сил Німеччини</i>	31
3.3.2 <i>Авіація Росії</i>	34
3.3.3 <i>Авіація Великої Британії</i>	35
3.3.5 <i>Авіація Франції</i>	37
3.3.6 <i>Авіація Італії</i>	38
3.3.7 <i>Авіація США</i>	39
3.4 <i>Авіація 20-30-х років</i>	40
3.4.1 <i>Європейська авіація</i>	42
3.4.2 <i>Американське літакобудування</i>	44
3.4.3 <i>Авіація СРСР</i>	46
3.4.4 <i>Загальні тенденції військової авіації</i>	47
3.5 <i>Авіація Другої світової війни</i>	49
3.5.1 <i>Радянські бомбардувальники</i>	50
3.5.2 <i>Бомбардувальна авіація Японії</i>	51
3.5.3 <i>Бомбардувальники Німеччини</i>	52
3.5.4 <i>Бомбардувальники США</i>	53
3.5.5 <i>Бомбардувальники Великобританії</i>	54
3.5.6 <i>Реактивні двигуни</i>	55
3.5.7 <i>Винищувальна авіація Радянського Союзу</i>	56
3.5.8 <i>Винищувачі зарубіжних країн</i>	58
3.6 <i>Аероплани з двигунами</i>	60
3.6.1 <i>Перші спроби</i>	61
3.6.2 <i>Подальший розвиток літакобудування</i>	62
3.7 <i>Шасі</i>	62
4 ЗАГАЛЬНА БУДОВА ЛІТАКІВ ТА ВЕРТОЛЬОТІВ	64
4.1 <i>Будова літака</i>	64
4.2 <i>Будова вертольота</i>	66
4.2.1 <i>Класифікація вертольотів</i>	68
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	70

Навчальне видання

Бичков Ігор Валерійович
Воронько Віталій Володимирович
Майорова Катерина Володимирівна та ін.

ОСНОВИ АВІАЦІЇ І ТЕХНОЛОГІЇ
ВИРОБНИЦТВА ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ
Частина 1

Редактор В. М. Коваль

Зв. план, 2020

Підписано до видання 13.07.2020

Формат 60x84 1/16. Папір офс. № 2. Офс. друк

Ум. друк. арк. 4. Обл.-вид. арк. 4,5. Наклад 75 пр.

Замовлення 181. Ціна вільна

Видавець і виготовлювач
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»
61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17
<http://www.khai.edu>
Видавничий центр «ХАІ»
61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17
izdat@khai.edu

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції сер. ДК № 391 від 30.03.2001