

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана
Кожедуба



Кафедра Конструкції та
міцності

літальних апаратів та двигунів

КОНСТРУКЦІЯ ТА МІЦНІСТЬ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Лекція № 37

Начальник кафедри №
202

полковник Бердочник

В.А.
Харків.-

2012

Розділ 6. Взаємозв'язок властивостей ЛА

Тема 21. Взаємозв'язок властивостей ЛА

Лекція 37. Призначення, задачі і зміст основних етапів проектування ЛА

Навчальні питання:

21.1. Літальний апарат як об'єкт проектування

21.2. Основні етапи проектування ЛА

21.3. Фактори, що визначають особливості конструкції ЛА

21.4. Особливості сучасних методів проектування ЛА

Навчальна література

- [1] Конструкция летательных аппаратов / Под ред. К.Д.Туркина .– М.: ВВИА,1985, ч.1, С. 8...16
- [3] Конструкція та міцність літальних апаратів / С.В.Шевченко, А.Г.Тарасцев // Під. ред. С.В.Шевченка.– ч.1, Х.: ХУПС, 2007, С. 10...15
- [21] Шарко Д.Г. Конструкція та міцність літальних апаратів. Методика виконання проектувального розрахунку злітної маси та компонування літального апарату. – Х.: ХУПС, 2010
- Проектирование самолетов: Учебник для вузов / Под ред. С.М. Егера.- М.: Машиностроение. 1983.- 616 с.

складний і досить тривалий процес, що, у кінцевому рахун-ку, **зводиться до розробки технічної документації**, що забезпечує промислове виго-товлення нового **ЛА** (літака, вертольота і т.д.), який відпові-дає заданим вимогам, і дозво-ляє здійснювати його надійну експлуатацію в заданих умовах

21.1 Літальний апарат як об'єкт проектування

Для розуміння всього процесу проектування ЛА необхідно мати уяву про ЛА, як про об'єкт проектування.

В даний час найпоширенішими типами ЛА є літак і вертоліт, що використовують аеродинамічний принцип польоту. Вони витрачають енергію запасеного палива для створення рушійної, піднімальної і керуючих сил у повітряному середовищі.

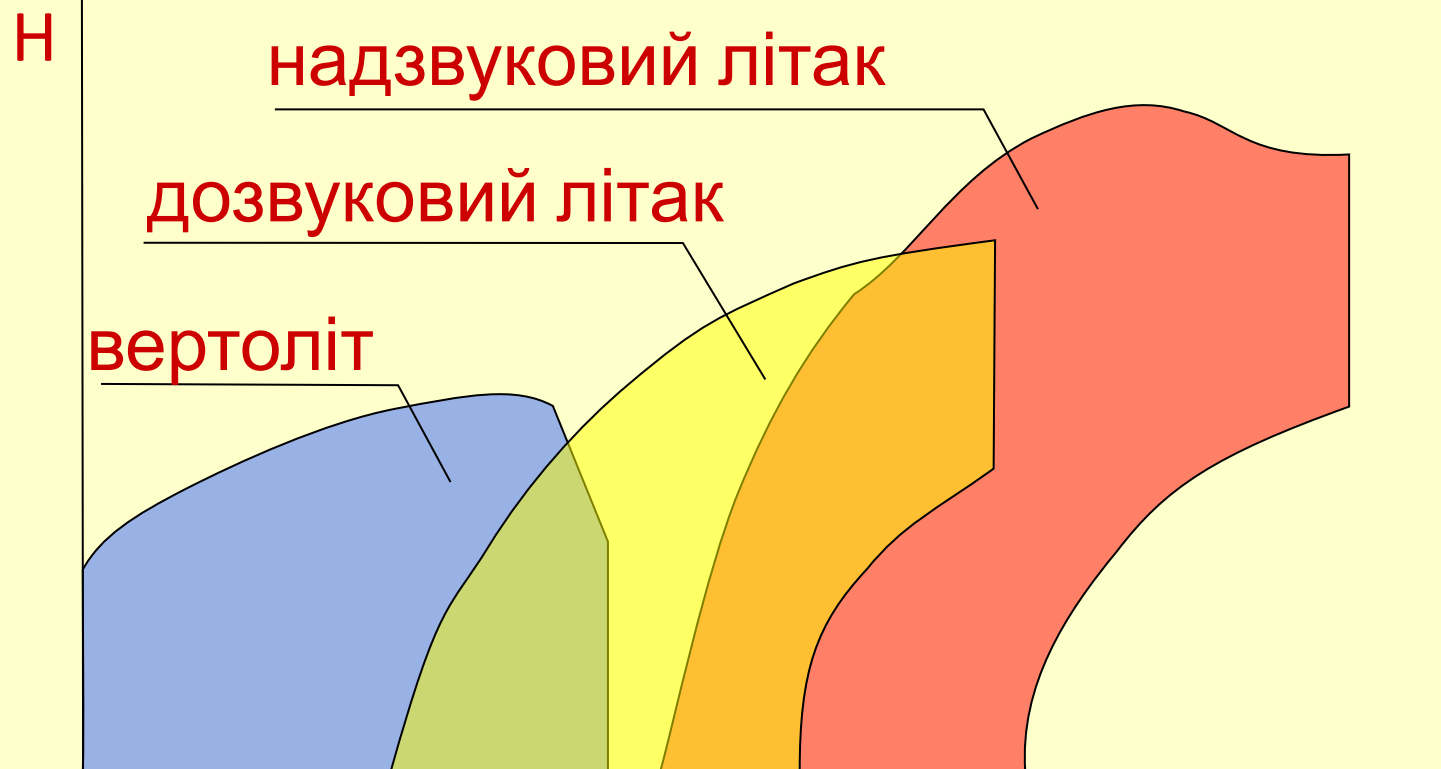


Рис.
21.1

освоєна область діапазону висот і швидкостей польоту, у якій можлива реалізація аеродинамічного принципу польоту, дуже мала і має величезний потенціал подальшого освоєння

проектування, сучасний
ЛА являє собою
складну технічну
систему з розвинутою
ієрархічною
структурою, великою
кількістю елементів і

внутрішньої організації. У будь-якому ЛА можна
виділити низку
функціональ-них
підсистем, що визначають
у сукупності його корисні
властивості.

Це підсистеми:

- створення піднімальної сили (крило, несучий гвинт);
- забезпечення стійкості і керованості ЛА на заданій траєкторії (крило, оперення, НГ і хвостовий гвинт);
- створення рушійної сили (силова установка літака, СУ та НГ вертольота);
- життєзабезпечення (СКП, катапультні установки);
- керування та навігації в різних умовах польоту;
- забезпечення цільової функції (вантаж-на кабіна, корисне навантаження, озброєння та ін.)

Кожна з таких підсистем може містити в собі комплекс простих і складних систем та окремих елементів



**Рис.
21.2**

Розподіл ЛА на підсистеми, що зручно для вивчення й аналізу, не означає, що вони незалежні. Як правило, системи й окремі частини ЛА **взаємозалежні** та **взаємообумовлені**.

Наприклад, на сучасних надзвукових літаках широке застосування знаходять так звані **інтегральні схеми**, засновані на об'єднанні крила, фюзеляжу, силової установки, системи керування та стійкості з метою досягнення максимальної ефективності.

З іншого боку, ЛА є частиною системи більш високого ієрархічного рівня – *бойового авіаційного комплексу (БАК)*.

При цьому корисний ефект може бути досягнутий у результаті взаємодії всіх складових комплексу

Місце ЛА у складі БАК

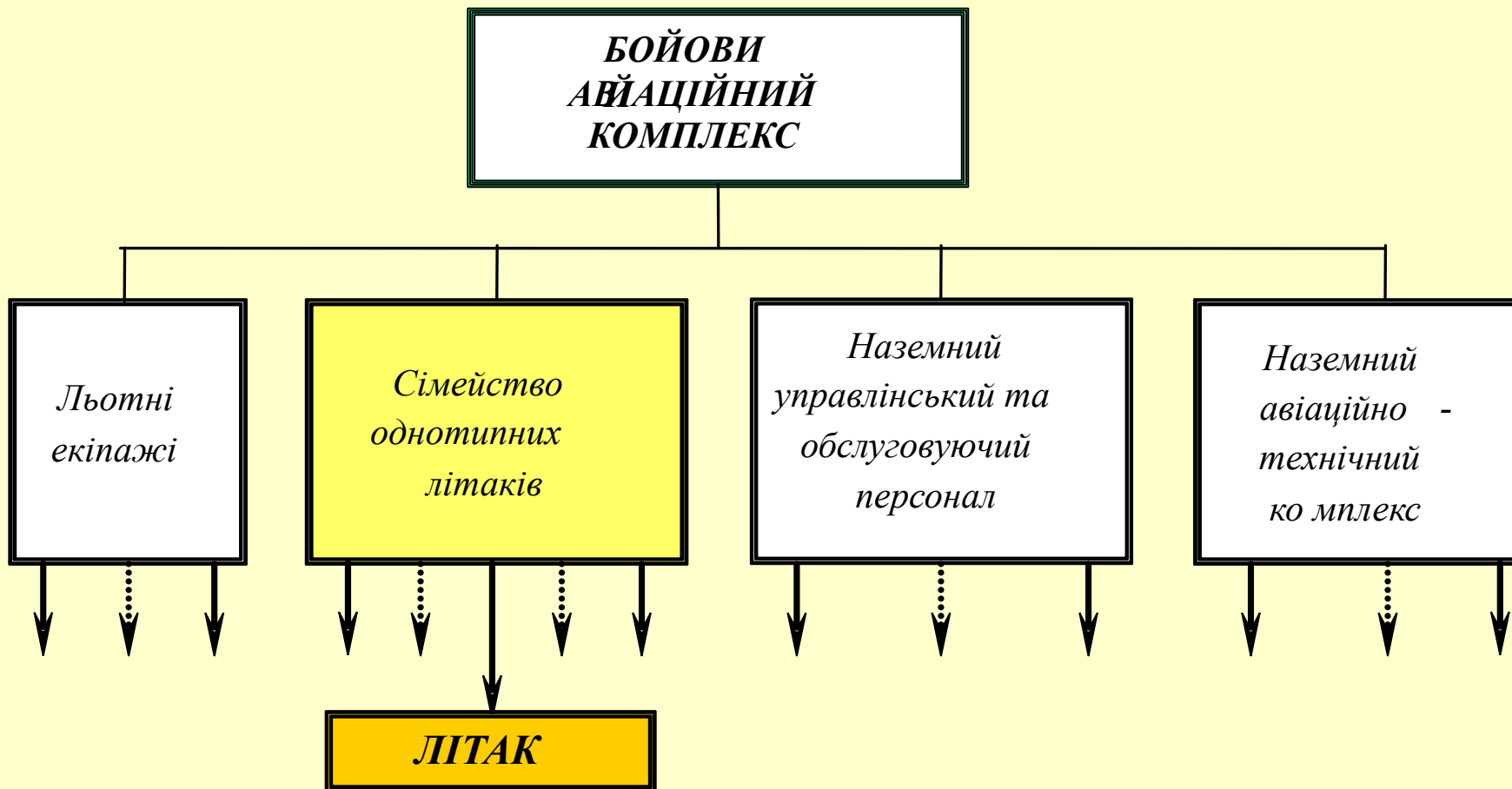


Рис.

Бойові авіаційні комплекси у залежності від призначення ЛА можуть бути:

- ударними,**
- винищувальними,**
- розвідувальними,**
- військово-транспортними та ін.**

Сукупність БАК різного призначення може входити складовою частиною в оборонну систему країни – ієрархічний рівень більш високого рангу

Таким чином, завданням проектування ЛА є розробка схеми, структури та конструкції майбутнього ЛА і складових його елементів, що повинні забезпечити найбільш ефективне виконання бойових завдань з урахуванням заданих обмежень та у взаємодії з усіма складовими БАК

Літальний апарат як об'єкт проектування визначає специфіку процесу його розроблення.

Для реалізації процесу проектування виникла необхідність створення спеціалізованих проектних організацій – дослідно-конструкторських бюро (ДКБ), що мають велику кількість фахівців з різних технічних областей, складні лабораторні й технічні підрозділи.

Ці організації у своїй діяльності спираються на роботу галузових науково-дослідних інститутів (НДІ), що займаються розробкою перспектив розвитку авіації в різних її напрямках, і на досвід виробництва й експлуатації ЛА на заводах і в стройових частинах.

21.2 Основні етапи проектування ЛА

Безпосередньому проектуванню передує **етап розроблення вимог до ЛА**, здійснюваний із замовником (ПС) і дослідно-конструкторським бюро.

На основі параметричних досліджень перспективних ЛА як елементів БАК і аналізу їхньої взаємодії з компонентами БАК, в якому вони будуть функціонувати, **прогнозуються загальні характеристики майбутнього ЛА**.

При цьому виконуються різноманітні розрахунки щодо визначення й оптимізації техніко-економічних і тактико-технічних характеристик ЛА, що дозволяють сформулювати вимоги для його проектування (ТЗ – технічне завдання на проектування).

Від обґрунтованості ТЗ багато в чому залежить успіх створення нового ЛА.

Етап вироблення вимог відноситься до так званого "зовнішнього" проектування, оскільки в ньому бере активну участь зовнішня організація – замовник, що формулює і затверджує ТЗ на проектування.

Етап попереднього проектування необхідний для розробки технічної пропозиції.

На цьому етапі здійснюється вибір схеми і визначення найвигіднішого співвідношення основних параметрів ЛА і його систем, що забезпечують виконання заданих вимог.

При цьому визначаються в першому наближенні основні геометричні, вагові й енергетичні характеристики проектованого ЛА, формуються закони його керування на різних ділянках траєкторії, профілі польоту.

Вихідними даними цього етапу є **технічна пропозиція (аванпроект)** – креслення загальних видів раціонального варіанта ЛА, а також документація про його льотно-технічні, економічні та експлуатаційні характеристики.

На підставі цієї інформації приймають рішення про доцільність подальшої розробки проекту.

На **етапі ескізного проектування** отримані раніше геометричні, вагові й енергетичні параметри ЛА втілюються в конкретне конструктивне компонування, що відповідає суперечним вимогам, у тому числі експлуатаційним і технічним.

У процесі **компонування** уточнюють центрування ЛА, для цього складається вагове зведення на основі міцнісних і вагових розрахунків агрегатів планера і силової установки, відомостей устаткування, спорядження, вантажів та ін.

При цьому проводять широкі теоретичні й експериментальні дослідження агрегатів і систем ЛА.

Виготовляють і продувають в аеродинамічних трубах моделі ЛА і його частини, **виконують макет ЛА**, що дозволяє здійснювати взаємне просторове ув'язування агрегатів і систем ЛА.

Результатом цього етапу є **ескізний проект**, в якому відображається інформація про уточнені характеристики літака, його форми, розміри, взаємне розташування агрегатів і функціональних елементів ЛА.

Макетна комісія робить комплексну оцінку проекту, необхідну для ухвалення рішення про розробку робочого проекту і його реалізації.

Етап робочого проектування є заключним і спрямований на практичну реалізацію заявлених характеристик і параметрів ЛА.

На цьому етапі випускається вся технічна документація, необхідна для виготовлення, зборки, монтажу як окремих агрегатів і систем, так і літака в цілому. Розробляються креслення загальних видів агрегатів ЛА, складальні та деталізовані креслення окремих його частин.

Крім того, проводяться:

- експериментально-дослідні роботи, пов'язані з упровадженням нових матеріалів, типів конструкцій;
- статичні й динамічні, міцнісні й ресурсні випробування;
- стендові випробування систем устаткування, керування, життєзабезпечення.

При цьому уточнюються вагові розрахунки й розрахунки на міцність усіх елементів конструкції.

При виготовленні дослідних зразків здійснюється відпрацювання технічної документації й технології виготовлення ЛА.

За підсумками етапу приймається рішення про запуск ЛА у серійне виробництво.

Етапи проектування ЛА

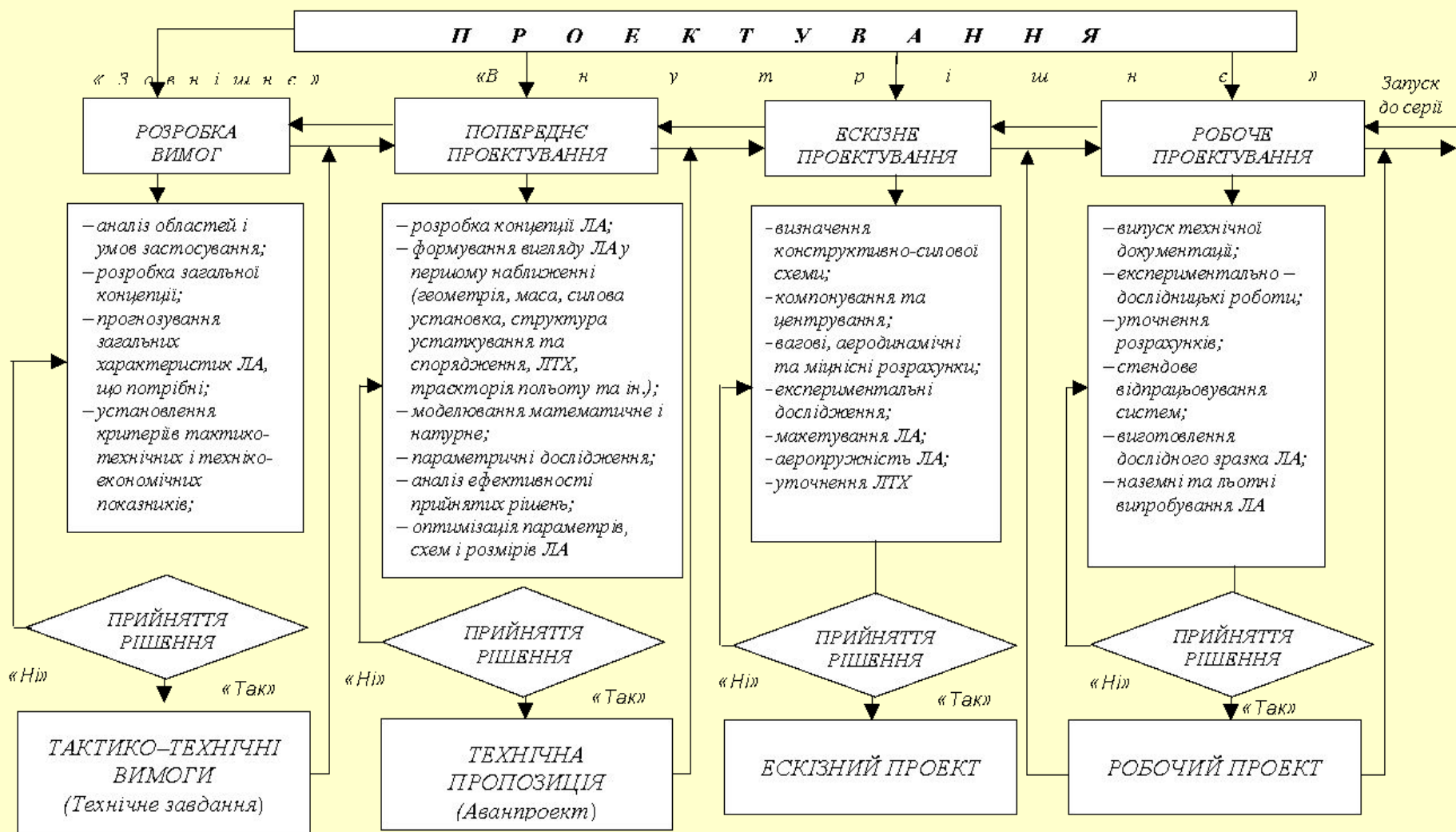


Рис.

21.3 Фактори, що визначають особливості конструкції ЛА

Конструкція ЛА і його частин визначається багатьма факторами, основні з яких наступні:

- призначення ЛА;
- умови роботи (функціонування) ЛА;
- вимоги, пропоновані до ЛА і його частин;
- варіанти реалізації вимог;
- технічний і науковий рівень, на якому створюється ЛА.

Призначення ЛА.

Наприклад, винищувач-перехоплювач призначений для знищення об'єктів супротивника в повітряному просторі.

Це призначення визначає наявність на літаку авіаційного озброєння, засобів керування озброєнням, місця для його розміщення (пілони, вузли кріплення пілонів на крилі і т.д.).

Умови роботи (функціонування) ЛА помітно впливають на його конструкцію.

Експлуатація ЛА з ґрунтових аеродромів припускає оснащення літака широкими колесами, а можливо і лижами на слабких ґрунтах, застосуванням важільних стояків шасі, пристроїв для захисту вхідних пристроїв двигунів від улучення сторонніх предметів.

ЛА безпосередньої підтримки військ на полі бою оснащуються системою нейтрального газу в паливній системі, бронюванням кабін екіпажа і т.д.

Вимоги, пропоновані до ЛА і його частин, є одним з основних факторів, що обумовлюють їхню конструкцію.

Під вимогами розуміють сукупність положень, що повинні бути щонайкраще задоволені при створенні ЛА і враховані при експлуатації.

Без попередньо пред'явлених вимог неможливо розробити і виготовити ЛА. Вироблення вимог починається на етапі зовнішнього проектування і є першим етапом будь-якого проектування.

Розрізняють кілька категорій вимог до ЛА:

- **тактико-технічні вимоги (ТТВ);**
- **нормовані вимоги;**
- **спеціальні вимоги.**

ТТВ розробляються замовником (ПС) на кожен новий тип ЛА і є частиною технічного завдання (ТЗ) розроблювачу (ДКБ) на проектування, будівлю й іспити досвідчених зразків ЛА.

ТТВ визначають:

- призначення ЛА;
- перелік задач, для рішення яких створюється ЛА;
- умови бойового застосування й експлуатації;
- склад ЛА, як частини БАК (озброєння, варіанти завантаження, екіпаж і ін.);
- вимоги до тактичних, експлуатаційних і деяких технічних властивостей конструкції.

Вимоги формуються якісно і кількісно.

Приклад формулювання якісної вимоги:
«Винищувач повинен бути всепогоднім».

Приклад формулювання кількісних вимог:
«максимально припустима швидкість польоту винищувача $V_{\max} = 1500$ км/год.; маневрене перевантаження на висоті $H = 5$ км $n_y > 7$; час підготовки до повторного польоту з основним варіантом озброєння $t_{\text{підг}} = 20$ хв і т.д.

При розробці ТТВ до нового ЛА цілком використовується весь попередній досвід створення й експлуатації однотипних ЛА, а так само досягнення авіаційної науки і техніки.

Звідси виникає необхідність фіксації накопиченого досвіду й висновків науки по характеру вимог у формі *нормування* вимог.

Вимоги, що носять стабільний характер для різних типів ЛА, формулюються в нормативних документах, основними з яких є:

- «Норми міцності»;
- «Загальні технічні вимоги до об'єктів авіаційної техніки»;
- стандарти й ін

При цьому в ТТВ до ЛА і його частин включаються **лише нові вимоги**, що не містилися в перерахованих вище документах.

Таким чином, нормативні вимоги до об'єктів авіаційної техніки – це вимоги, що містяться в нормативних документах, розроблених до створення нового ЛА і справедливих на визначений період розвитку авіаційної техніки. При створенні ЛА нормовані вимоги стають частиною ТТВ.

У **«Нормах міцності»** викладаються детальні вимоги до міцності і жорсткості конструкції, про які говорилося в дисципліні **«Конструкція і міцність ЛА»**.

«Загальні технічні вимоги до об'єктів авіаційної техніки» включають формулювання вимог до бойової ефективності в загальному виді, якісні і кількісні вимоги до

- експлуатаційних властивостей ЛА;
- умов їхнього застосування;
- конструкції ЛА і його частин (висока надійність і безпека польотів, вимоги експлуатаційної і ремонтної технологічності, вимоги виробничо-технологічні).

Аеродинамічні вимоги зводяться до вибору зовнішніх форм і взаємного розташування агрегатів, що дозволяють одержати призначені для літака льотно-технічні дані при найменших енерговитратах (K , C_{x_0} , C_y , $m_z^{C_y}$, m_z).

Вимоги достатньої міцності і жорсткості.

Вимоги надійності. Під надійністю конструкції розуміють її здатність виконувати задані функції зі збереженням експлуатаційних показників. Одним зі способів підвищення надійності – резервування (дублювання).

Вимоги живучості для літака є дуже важливими. Живучість – це здатність ЛА виконувати задачі при наявності ушкоджень.

Експлуатаційні вимоги. Конструкція повинна забезпечувати зручні підходи до двигуна, вузлів керування, агрегатам бортових систем, устаткуванню і т.д.

Вимоги ремонтпридатності зводяться до забезпечення можливості швидко і дешево відновлювати ушкоджені частини літака. Взаємозамінність елементів конструкції.

Вимоги високої технологічності визначають такі властивості конструкції, що дозволяють знизити працевитрати на її виготовлення, скоротити терміни освоєння виробництва, підвищити автоматизацію і механізацію виробничих процесів.

Вимоги економічності визначаються величиною витрат на виробництво й експлуатацію.

Вимоги мінімальної ваги. Розвиток літакобудування зв'язаний з безупинною боротьбою за зниження ваги конструкції. Зниження ваги конструкції можна домогтися раціональним вибором матеріалів і силових схем, застосуванням технологічних процесів, а так само за рахунок уточнення навантажень, що діють на конструкцію.

Варіанти реалізації вимог

впливають на конструкцію конкретного ЛА, тому що вимоги реалізуються за допомогою тих чи інших технічних і конструктивних рішень.

Наприклад, винищувач може бути створений із трикутним чи стрілоподібним крилом, за нормальною схемою, за схемою «качка», за схемою «безхвістка» і т.д.

При цьому у всіх варіантах винищувач буде задовольняти вимогам по досягненню $V_{y_{max}}$, V_{max} , n_y і т.і.

Технічний і науковий рівень, на якому створюється ЛА істотно впливає на його конструкцію, тому що він є результатом науково-технічного прогресу.

Він визначає:

- принципи дії, реалізовані в технічних пристроях;
- схеми ЛА і його складових частин;
- питомі параметри технічного рівня (C_{x0} , $C_{\text{пит}}$, $\gamma_{\text{дв}}$, μ , A , K , і ін.) і робочого процесу (π_k – ступінь підвищення тиску в компресорі, m – ступінь двохконтурності ДТРД, $p_{\text{гс}}$ – робочий тиск у гідросистемі й ін.);
- удосконалювання наукових методів розрахунку, проектування й іспити ЛА.

21.4 Особливості сучасних методів проектування ЛА

Проектування ЛА базується на двох принципах:

- еволюційних змін ЛА;**
- створення нового ЛА.**

На практиці, відповідно до діалектики проектування, еволюційні зміни і створення нового відбуваються одночасно, тобто конструктор одночасно створює нове і здійснює еволюційні зміни.

Для реалізації такого підходу до проектування ЛА потрібен визначений етап розвитку авіації, етап накопичення досвіду й фактів, узагальнення їх у систему знань. Так виникає методологія проектування, що є сукупністю принципів і методів, а також, математичного апарата, за допомогою якого вирішуються проектно-конструкторські завдання.

Розглянемо коротко історію розвитку методів проектування на прикладі розв'язання завдання про вибір проектних параметрів, що визначають форму й розмір літака.

Метод копіювання лежав в основі проектування перших літаків.

Статистичний метод з'явився в 20-х роках ХХ сторіччя, коли вже був накопичений достатній досвід розробки й виробництва літаків. Цей метод дозволяє встановити основні взаємозв'язки між формою, розмірами літака і його льотними характеристиками.

Екстраполяція (прогнозування) розвитку параметрів на термін 6...10 років в умовах науково-технічної революції часто призводить до неправильних, помилкових прогнозів.

Цей метод добре зарекомендував себе при еволюційному принципі проектування.

Аналітичний метод визначення основних параметрів літака виник у 40-х роках ХХ сторіччя з розвитком методів розрахунку вагових, аеродинамічних характеристик, показників ефективності, стійкості й керованості.

Цей метод базується на спільному розв'язанні системи рівнянь, що враховують важливі зв'язки між параметрами й характеристиками літака з урахуванням різного роду обмежень.

Аналітичний метод дозволяє проводити параметричні дослідження щодо визначення впливу змін проектних параметрів і обмежень на техніко-економічні характеристики літака.

Метод оптимального проектування є подальшим розвитком аналітичного методу.

Поява в середині 60-х років ХХ сторіччя ЕОМ і розвиток теорії складних систем стимулювали розвиток цього методу.

Системне проектування.

Залучення до розробки сучасного літака великої кількості людей, вузькоспеціалізованих в окремих областях знань, перетворює організацію їхньої цілеспрямованої роботи в складну проблему. Для створення конкурентноздатного літака, який би не застарів до моменту початку його виробництва й експлуатації, необхідно при його розробці застосовувати від 50 до 150 нових технічних рішень, при цьому більше $2/3$ цих рішень повинні бути відпрацьовані й перевірені до початку проектування.

Зростає роль математичного моделювання на ранніх стадіях розробки проекту, що дозволяє істотно скоротити час на розробку технічної документації

Системи автоматизованого проектування (САПР) засновані на широкому застосуванні ЕОМ, на базі яких організовуються автоматизовані робочі місця конструкторів.

Застосування САПР дозволяє ще більше скоротити терміни від початку проектування до серійного виробництва літака.

Завдання на самопідготовку

- [1] Конструкция летательных аппаратов / Под ред. К.Д.Туркина .– М.: ВВИА,1985, ч.1,
С. 8...16
- [3] Конструкція та міцність літальних апаратів / С. В.Шевченко, А.Г.Тарасцев // Під. ред. С.В. Шевченка.– ч.1, Х.: ХУПС, 2007,
С. 10...15
- [21] Шарко Д.Г. Конструкція та міцність літальних апаратів. Методика виконання проектувального розрахунку злітної маси та компонування літального апарату. – Х.: ХУПС, 2010
- Проектирование самолетов: Учебник для вузов / Под ред. С.М. Егера.- М.: Машиностроение, 1983.- 616 с.

Вивчити матеріал лекції

Вивчити ЛТХ ЛА-прототипів (курсове