

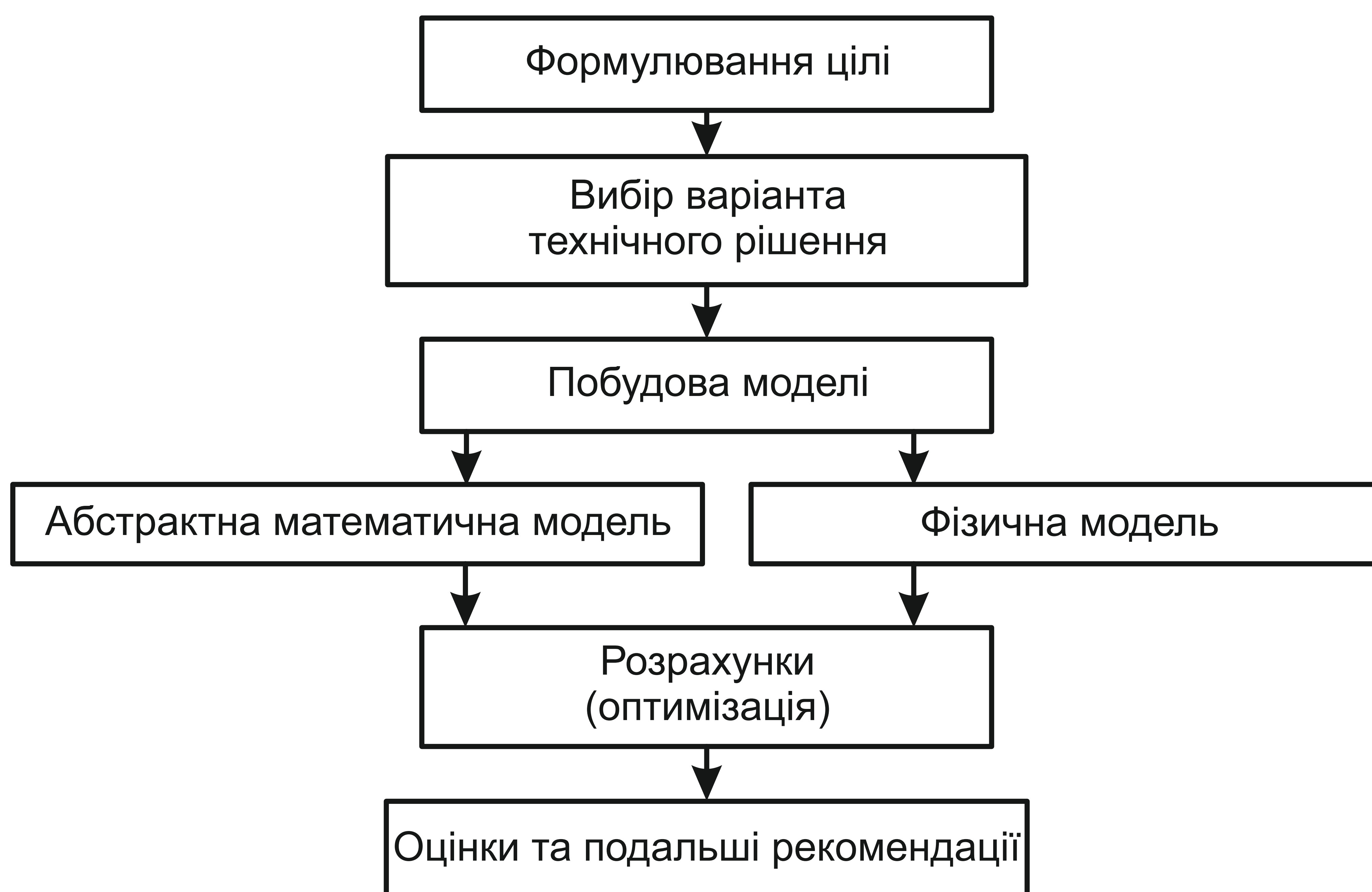
МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗАГАЛЬНОГО АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЛІТАКІВ ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ І ЙОГО ЕТАПІВ

Інженерне проектування можна розділити на три складові: винахід, інженерний аналіз та прийняття рішень.

Винахідництво - це процес, спрямований на розробку нових корисних ідей і вимог для вирішення інженерних завдань. Потреба у винаході тим гостріше, чим вище вимоги до характеристик об'єкта проектування. Відомо, наприклад, що долаючи звук стало можливим тільки після винаходу турбореактивного двигуна і стрілоподібного крила.

Інженерний аналіз - це отримання змістовних відповідей на інженерне питання як за прийнятний час, так і за прийнятними витратами. Пронизуючи весь процес проектування він забезпечує на різних етапах розробки проекту вибір способу вирішення поставленого завдання, вибір структури системи і технічних засобів його реалізації, розробка схем, конструкцій. Інженерний аналіз базується на зіставленні та підборі технічних рішень для досягнення поставлених цілей проектування.

Схема процесу інженерного аналізу



Особливе місце в процесі інженерного аналізу займає моделювання. Під моделлю розуміється така умовно представлена і формально описана (абстрактна) або матеріально реалізована (фізична) система, яка, відображаючи або відтворюючи об'єкт дослідження, здатна замінити його таким чином, що його вивчення дає нам необхідну інформацію про цей об'єкт.

Існує два типи моделей – фізичні і математичні. Фізичні моделі мають ту ж фізичну природу, що і оригінал. Фізичне моделювання дає найбільш повне уявлення про досліджувані явища, але часто пов'язане зі значними вкладеннями часу і коштів. Математичні моделі засновані на тотожності математичного опису процесів в моделі і вихідної: вони поділяються на аналітичну і числову моделі.

Третя складова інженерного проектування - прийняття рішень – це процес вибору однієї альтернативи з багатьох, кращої з них. Цей процес характеризується наступними особливостями:

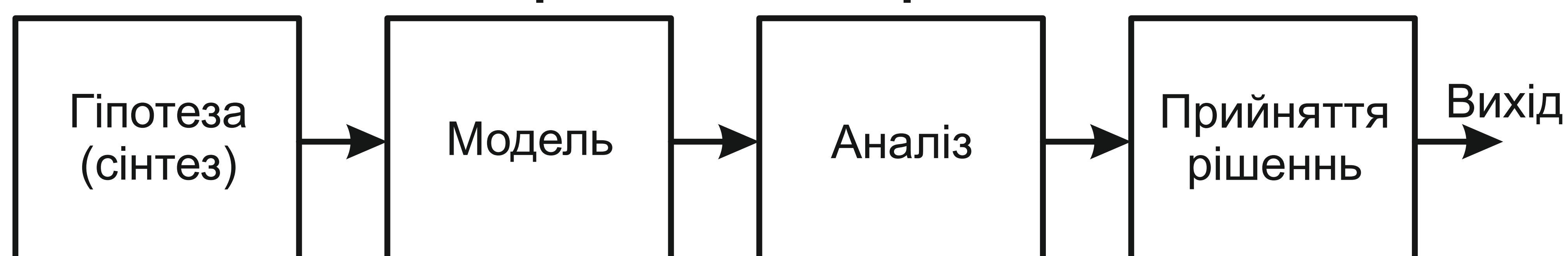
1. Наявність мети. Якщо його немає, тоді немає необхідності приймати рішення.

2. Наявність альтернативних ліній поведінки.

3. Необхідність врахування істотних факторів (обмежень) – геометричних (розміри і форма будівель), аеродинамічних, вагових, силових, технологічних, економічних та ін.

Аналіз проектування як творчий процес дозволяє класифікувати його як ітераційний процес (процес послідовних наближень), в якому три його складові нерозривно пов'язані між собою.

Схема процесу інженерного аналізу



СЕРТИФІКАЦІЯ ЛІТАКІВ

Літаки сертифікують в авіаційному реєстрі Міждержавного авіаційного комітету відповідно до Авіаційних правил (АП), частина 21.В правилах є завдання, процедури та методи сертифікаційних випробувань цивільних літаків, основні принципи нормування цивільних повітряних суден, основні принципи льотної придатності та сертифікації повітряних суден у вітчизняній та зарубіжній практиці.

Загальні вимоги до сертифікації літальних апаратів, двигунів та обладнання.

1. Сертифікації підлягає:

- літальні апарати з двигунами та обладнанням;
- двигун до встановлення на літак;
- обладнання до встановлення на літак;
- окремо агрегати та системи до встановлення на літак (наприклад, шасі, приводи закрилків, гідравлічні підсилювачі тощо).

2. Сертифікація повинна проводитися з початку проектування і закінчується видачею сертифіката льотної придатності типу, посвідчення (свідотство) льотної придатності і повинна передбачати подальший контроль за відповідністю повітряного судна чинному НЛГС під час його експлуатації.

3. Відповідність літака (двигун та обладнання) діючим НЛГС чи АП повинен ґрунтуватися на результатах розрахунків, моделювання, лабораторних, стендових, наземних та льотних випробувань, вимоги до яких регламентуються у відповідних розділах АП (НЛГС), а також на основі аналізу досвіду експлуатації.

4. Виготовлювач повинен надіслати до Державного авіаційного реєстру інформацію (дані) про основні зміни конструкції та технології виготовлення літака, його двигунів та обладнання з документами, що доводять, що ці зміни не знижують рівня льотної придатності, передбаченої здійсненням діючих НЛГС чи АП.

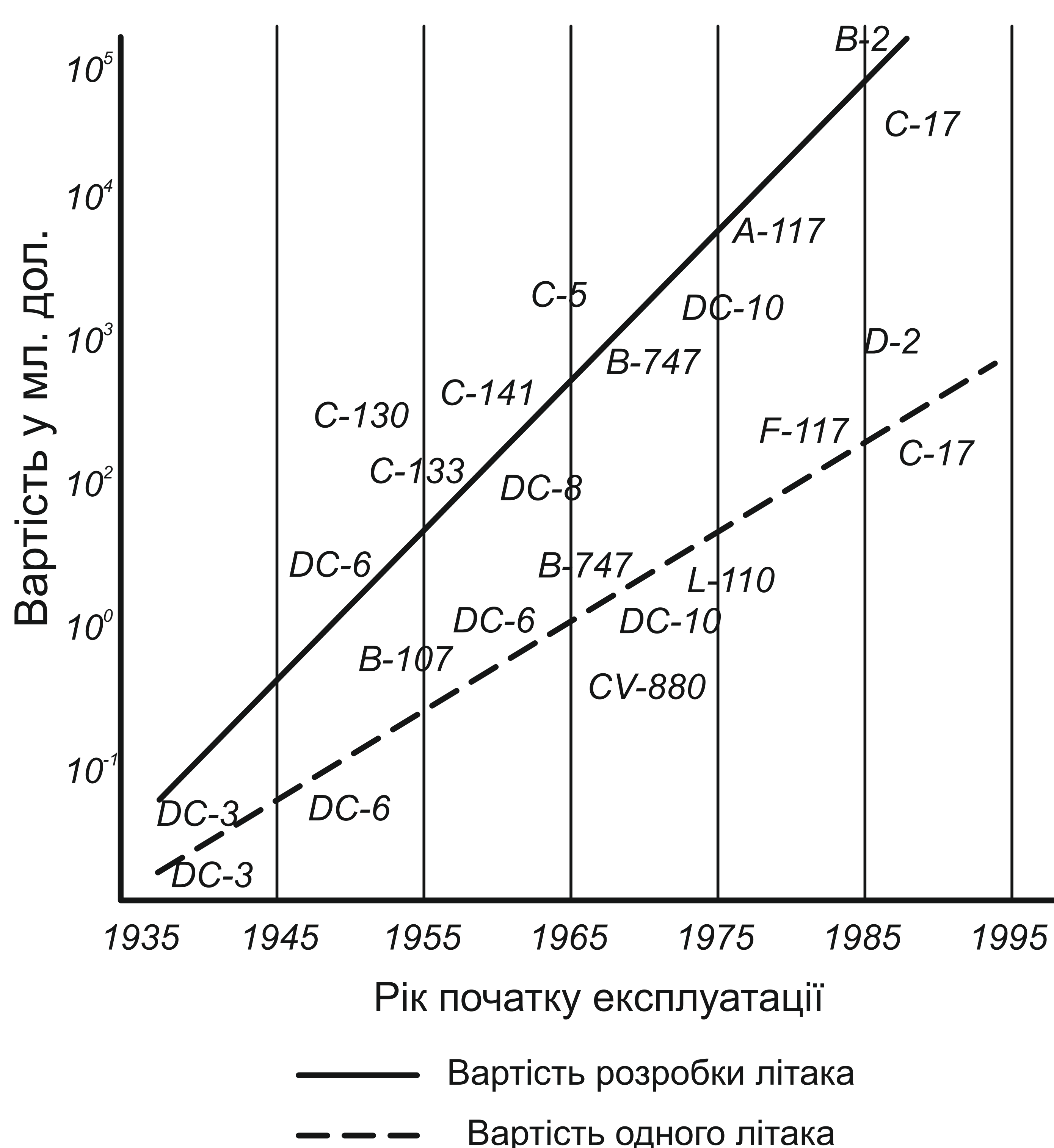
5. Сертифікація літаків (двигунів та обладнання), а також контроль за їх відповідністю АП тим, хто бере участь у процесі експлуатації та ремонту, здійснюється від імені держави Державним авіаційним реєстром або від його імені.

ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ СУЧАСНИХ ЛІТАКІВ

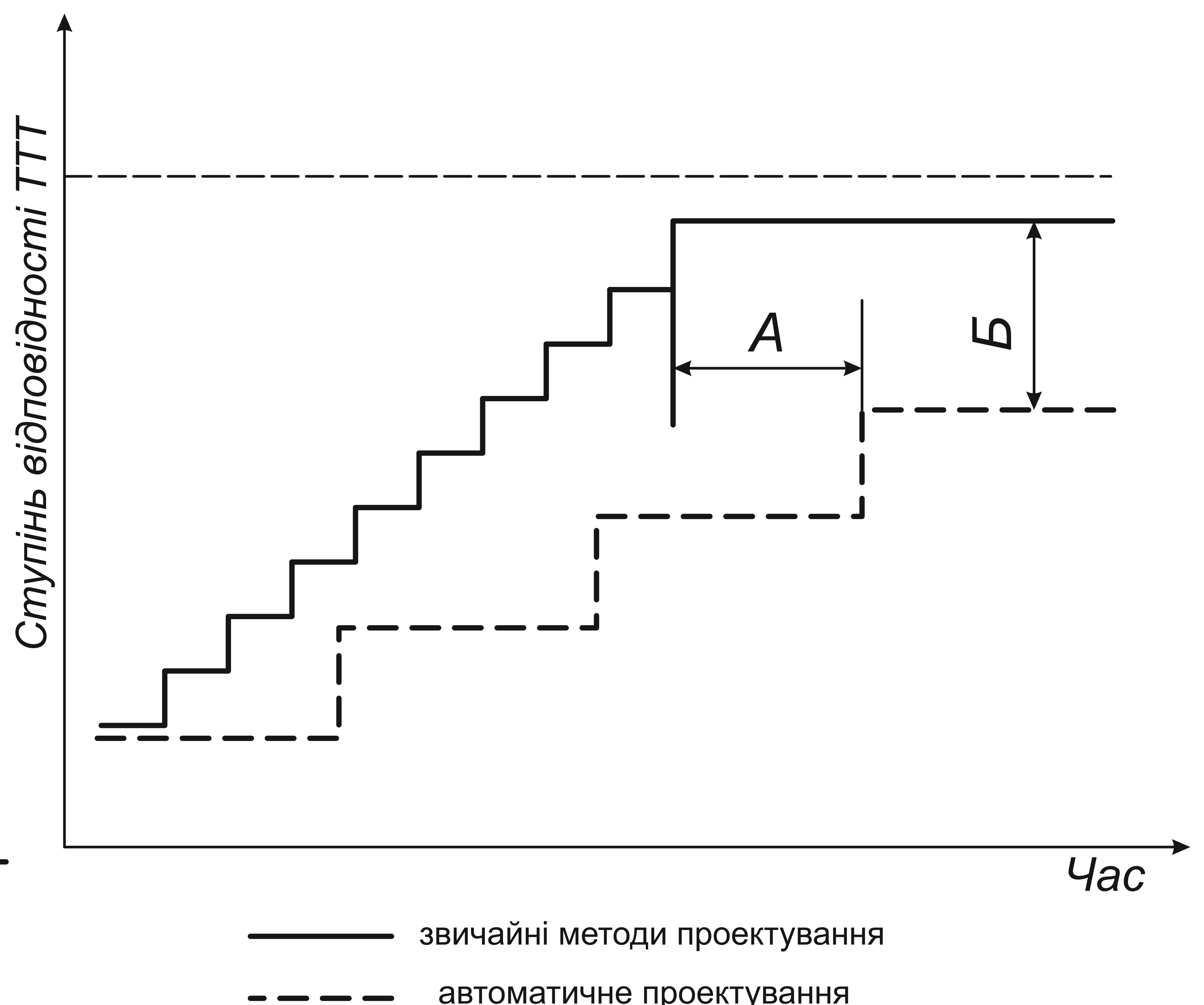
Розробка основних параметрів і характеристик літака супроводжувалася постійним ускладненням не тільки конструкції і загальної компоновки планера і силової установки, але і всіх його систем.

Літаки, вироблені в 90-х роках ХХ століття, набагато складніше літаків аналогічного призначення в 70-х, особливо 50-х років. Відповідно, зросла трудомісткість їх виготовлення і час, витрачений на їх створення. Практикою доведено, що час, необхідний для проведення досліджень в аеродинамічних трубах, вартість людської праці і необхідна кількість розрахунків для створення перспективних літаків зростають за експоненціальним законом. Тривалість розробки літака (до першого польоту прототипа) становить в середньому три-п'ять років, а при розробці принципово нових літаків які не мають прототипів (ХВ 70, «Сонсрд», «Гаррієр»), цей час збільшується майже вдвічі – 8-10 років. Час до першого польоту серійного зразка становить від трьох до восьми років, а інколи ще більше («Міраж» F1, «Гаррієр» 8-10 років, «Сонсрд» 14 років).

Зміна вартості розроблення і ціни одного літака в залежності від року



Переваги автоматизованого проектування



ПРОЕКТНА ДОКУМЕНТАЦІЯ

Найважливішим етапом будь-якого процесу проектування є створення комплексу проектною документації. Проектна документація повинна забезпечувати можливість промислового виготовлення літака, що відповідає зазначеним вимогам і обмеженням, а також забезпечувати здійснення його надійної експлуатації в зазначених умовах. Великий обсяг технічної документації визначається ЕСКД і складається з трьох груп:

Групи	Підгрупи документів	Характер документів
Конструкторські документи	Схемні Власне конструкторські (креслення) Монтажні Текстові	Ці документи складаються з відображення ідей і принципів, закладених в літак при його проектуванні, і відповідають на питання про те, що повинно бути сконструйовано і з якими характеристиками
Технологічні документи	Схемні Конструкторські Монтажні Текстові	Ці документи регламентують метод та способи виготовлення об'єкта проектування літака
Експлуатаційні документи	Схемні Конструкторські Монтажні Текстові	Ці документи регламентують грамотну технічну експлуатацію спроектованого і виготовленого літака, забезпечують йому більш ефективну і безпечну експлуатацію

ОБМЕЖЕННЯ НА ПРОЕКТУВАННЯ

Літак проектується, виготовляється і експлуатується в конкретних умовах часу, засобів, рівня розвитку авіаційної науки і техніки. Тому існує безліч різних обмежень його параметра і характеристик при проектуванні. Для різних літаків вони різні і змінюються з часом. Давайте перерахуємо деякі умови, що викликають обмеження:

А. Засоби і терміни створення і виготовлення нового повітряного судна.

Б. Рівнем сучасних досягнень у галузях науки і техніки є рівень розвитку аеродинаміки, конструкцій, двигунів, обладнання, матеріалів, технології виготовлення.

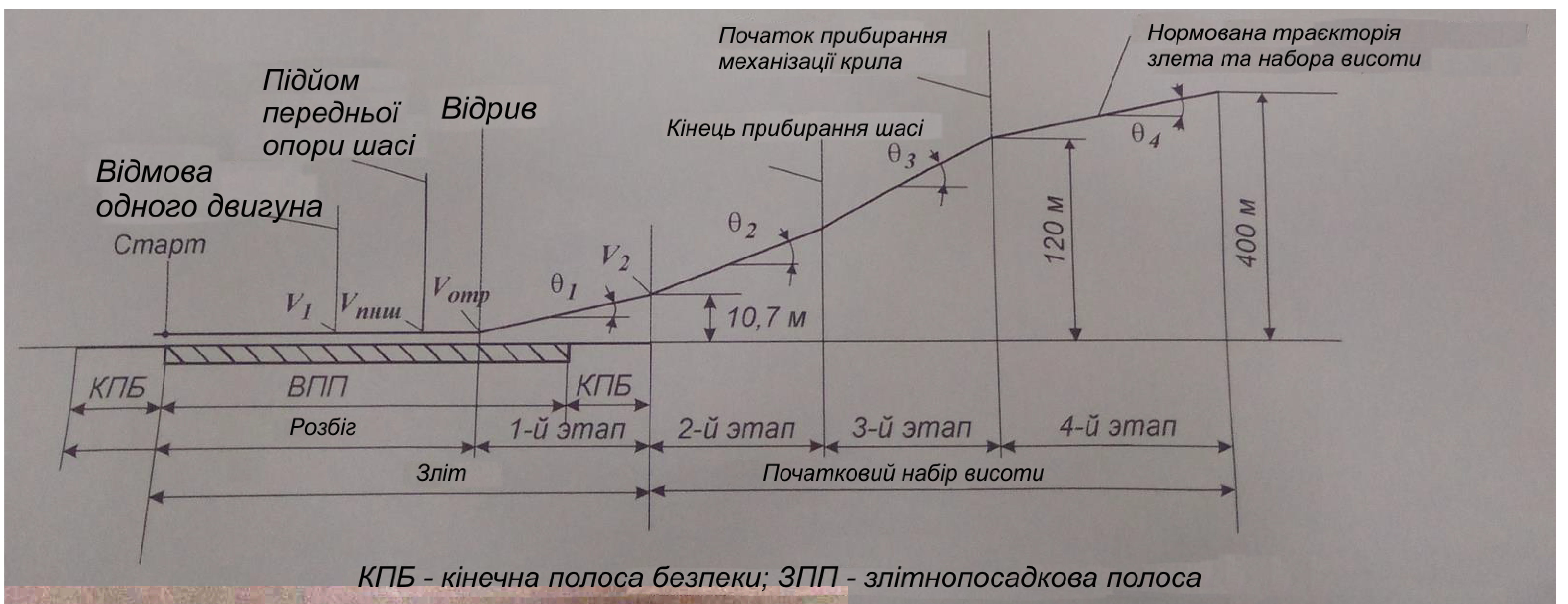
В. Обмеження параметрів і характеристик літака (питоме навантаження на крило, стартова тягооснащеність, швидкість посадки).

Д. Сучасний рівень вимог до комфорту і безпеки пасажирів, рівня шуму і перевантажень.

Розглянемо приклади обмежень, що накладаються Нормами льотної придатності повітряних суден (НЛГС) на цивільні повітряні судна.

1. Вимоги до зльоту

Схема зльоту повітряного судна з відмовою одного двигуна (подовжений зльот) по НЛГС



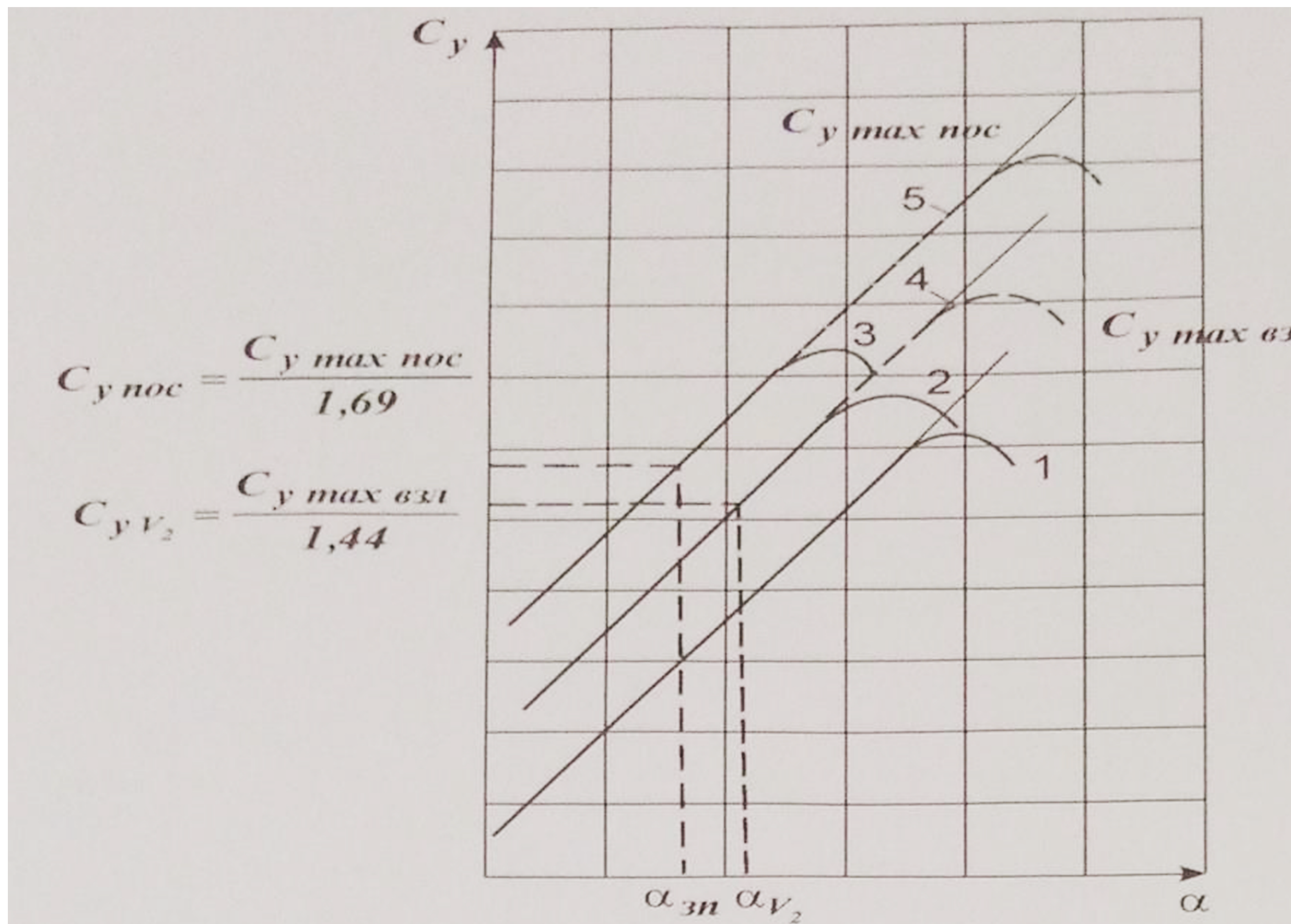
Для літаків з

Для літаків з

$$n_{дв} = 2 - 3 \quad C_{y_{взл}} = C_{y_{max\ взл}} / 1,44 = 0,694 C_{y_{max\ взл}} ;$$

$$n_{дв} = 4 \quad C_{y_{взл}} = C_{y_{max\ взл}} / 1,3225 = 0,756 C_{y_{max\ взл}} .$$

Залежність $C_y = f(\alpha)$ на різних позиціях механізації крила



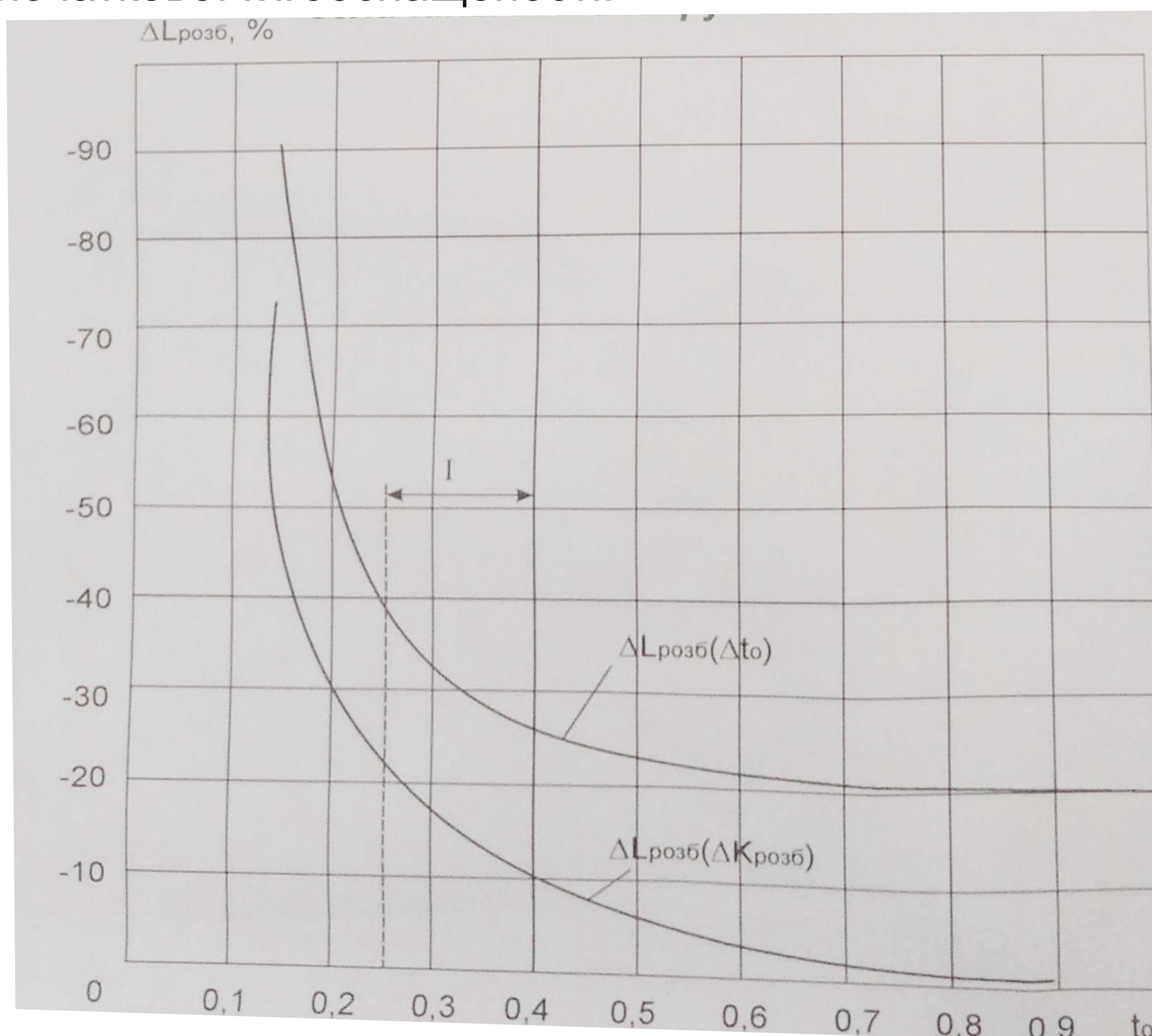
- 1 - механізація крила прибрана;
- 2 - закрилки в злітному положенні;
- 3 - закрилки в посадковому положенні;
- 4 - закрилки та передкрилки в злітному положенні;
- 5 - закрилки та передкрилки в посадковому положенні

Умови забезпечення довжини розбігу, що задана заздалегідь

$$L_{разб} = \frac{1,2}{C_{y_{max\ взл}}} \cdot \frac{P}{t_{оср} - \frac{1}{3} \frac{1}{K_{разб}} - 2f_{разб}} ,$$

или $L_{разб} = \frac{0,833 P_c}{C_{y_{взл}} t_{оср} - \frac{1}{3} \frac{1}{K_{разб}} - 2f_{разб}} .$

Зміна злітної довжини літака внаслідок 20% зміни аеродинамічної якості літака на розбігі $K_{разб}$ і внаслідок зміни на 20% співвідношення стартової тягооснащеності t_0 в залежності від початкової тягооснащеності.



I – зона тягооснащеності сучасних дозвукових літаків

З малюнка видно, що в діапазоні значень t_0 для сучасних пасажирських літаків ($t_0=0,25-0,40$) збільшення тягооснащеності на 20% знижує дистанцію розбіга на 36-25%. А підвищення аеродинамічної якості літака при розбігу на 20% скорочує розбіг на 18-8% відповідно. Тому тягооснащеність літака є найбільш значущим фактором, який визначає довжину розбіга при зльоті, а безперервне збільшення тягооснащеності сучасних літаків є характерною закономірністю, пов'язаною з проблемою зменшення розмірів аеродромів.

ЗПЗ. Вимоги до набору висоти

Тягооснащеність літака повинна мати значення:

Літак з двома двигунами

$$t_0 = \frac{1,2}{K_{наб}} \left(0,024 + \frac{1}{K_{наб}} \right)$$

Літак з трьома двигунами

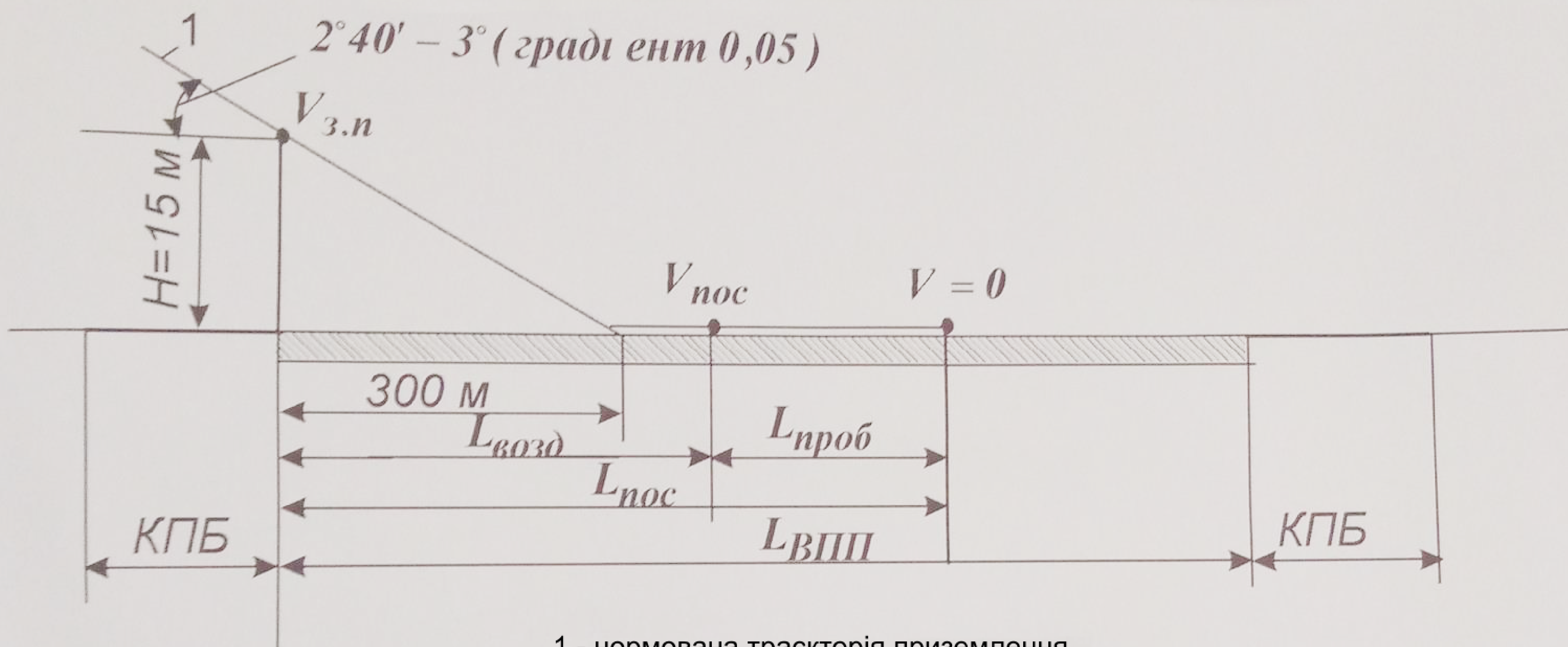
$$t_0 = \frac{1,5}{K_{наб}} \left(0,027 + \frac{1}{K_{наб}} \right)$$

Літак з чотирма двигунами

$$t_0 = \frac{1,33}{K_{наб}} \left(0,030 + \frac{1}{K_{наб}} \right)$$

3. Вимоги до приземлення

Схема приземлення літака за вимогами НЛГС



пасажирські літаки

$$P_{пас} = \frac{C_{у тах нос} V_{з.п}^2}{30,2(1 - \bar{m}_T)}$$

бойові літаки

$$P = \frac{C_{у тах нос} V_{з.п}^2}{30,2(1 - \bar{m}_T - \bar{m}_{зр})}$$

Згідно НЛГС потрібна довжина ЗПП в суху погоду повинна бути

$$L_{ВПП сух} = 1,67 L_{нос} = 1,67 (L_{возд} + L_{проб})$$

а в мокру погоду $L_{ВПП мокр} = 1,15 L_{ВПП сух} = 1,92 (L_{возд} + L_{проб})$

Злітно-посадкова полоса (ЗПП) - це бетонна конструкція з системою дренажа підстилочного ґрунта. Дуже необхідно, щоб нові літаки мали мінімально можливу ЗПП.

Гальмування літака (зменшення швидкості польота) на повітряному відрізку визначається перевантаженням.

$$n_{х возд} = - \frac{C_{х нос} S q - P_{х.х}}{m_{нос} g / 10} = - \left(\frac{C_{х нос}}{C_{у нос}} - \frac{10 P_{х.х}}{m_{нос} g} \right) = - \left(\frac{1}{K_{нос}} - \frac{10 P_{х.х}}{m_{нос} g} \right)$$

де $P_{х.х}$ - тяга двигунів на холостому ході

Гальмування літака під час пробіга після приземлення визначається перевантаженням

$$n_{х проб} = - \left[\frac{(P_{рев} - P_{х.х}) \cdot 10}{m_{нос} g} + \frac{1}{3} \left(\frac{1}{K_{проб}} + 2 f_{проб} \right) \right]$$

де зворотна тяга двигунів з увімкненим реверсом тяги, даН

В реальних умовах величина $n_{х возд} = - (0,12 \dots 0,15)$, $n_{х проб} = - (0,5 \dots 0,65)$.

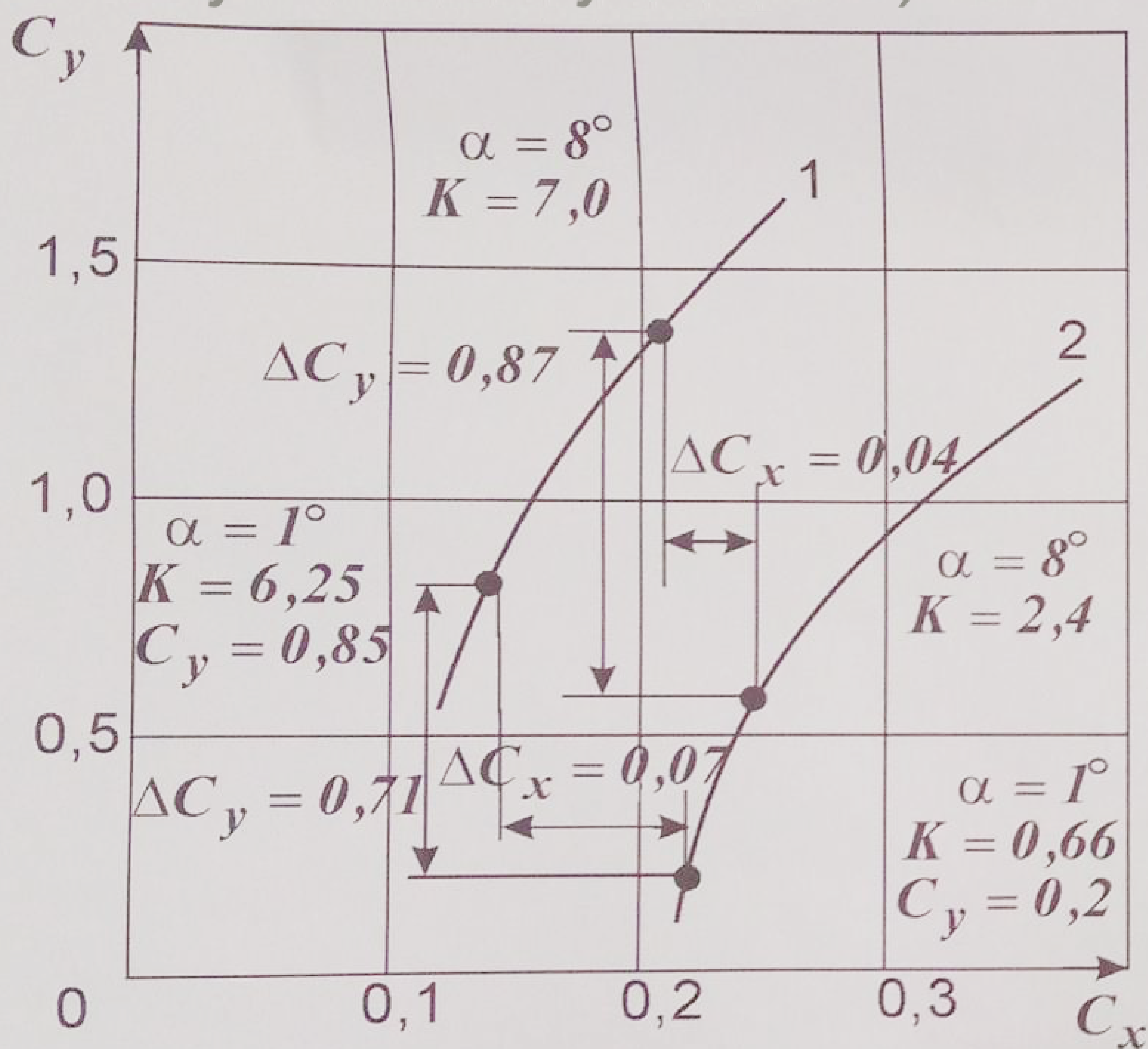
ЗП Зменшення $L_{\text{пос}}$ більш ефективно за рахунок $L_{\text{проб}}$. Довжина пробіга після приземлення має бути визначена за формулою

$$L_{\text{проб}} = \frac{0,94}{C_{y \text{ max нос}}} \frac{P_{\text{нос}}}{\frac{10(P_{\text{рев}} - P_{x.x})}{m_{\text{нос}} g} + \frac{1}{3} \left(\frac{1}{K_{\text{нос}}} 2 f_{\text{проб}} \right)}$$

Щоб знизити $L_{\text{проб}}$, необхідно:

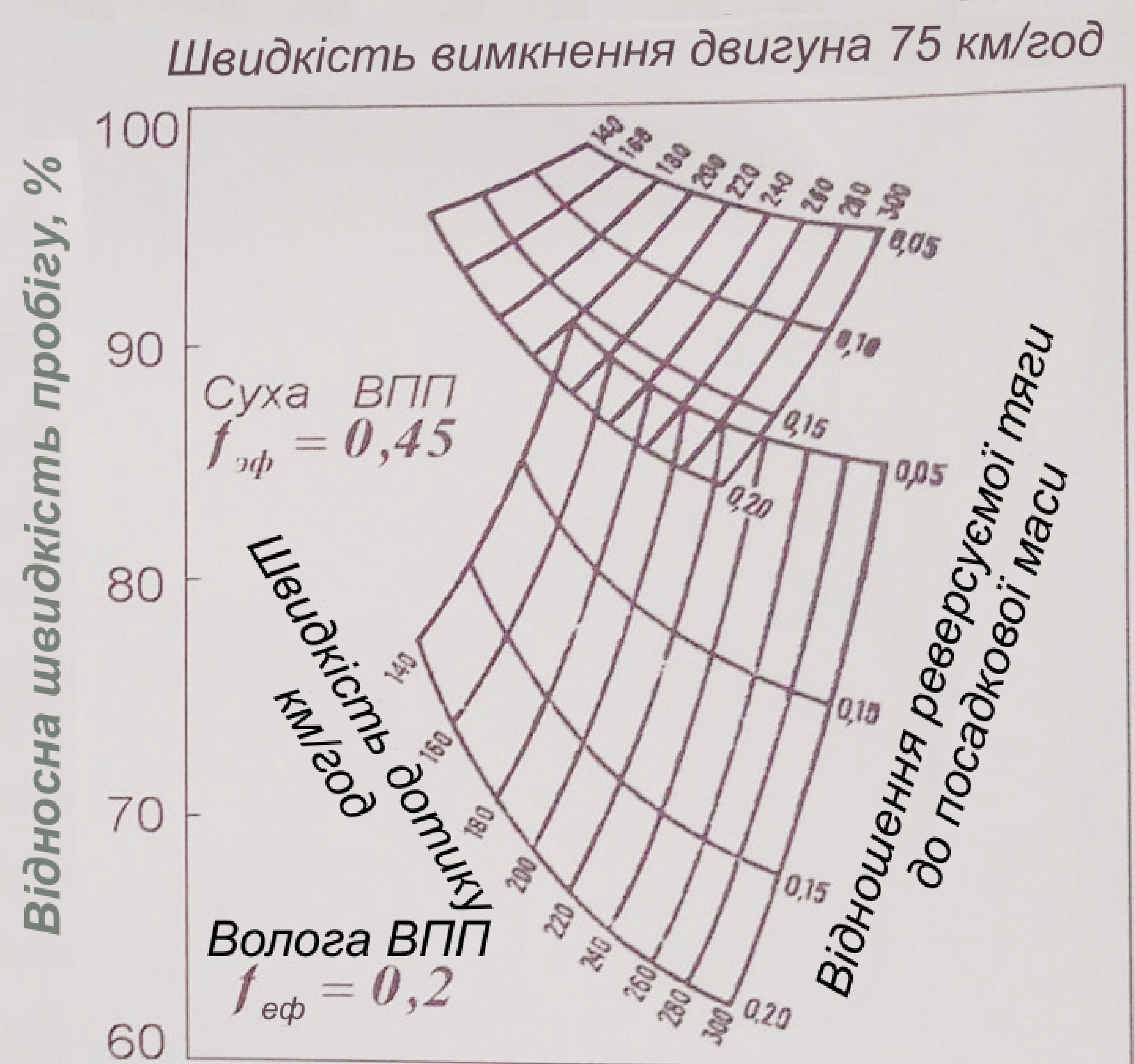
- збільшити $C_{y \text{ max нос}}$ за рахунок впровадження механізації крила і особливо шляхом установа передкрилків (для зменшення $V_{\text{пос}}$);
- збільшити коефіцієнт тертя при посадці $f_{\text{проб}}$ за рахунок підвищення ефективності гальмівної системи;
- збільшити значення зворотної тяги двигунів за допомогою реверсивних пристроїв;
- знизити питоме навантаження на крило під час посадки $P_{\text{пос}}$;
- знизити аеродинамічні якості і значення C_y під час пробігу за допомогою інтерцепторів.

Посадкові поляри літака (закрилки та передкрилки у посадковому положенні)



1 - інтерцептори прибрані; 2 - інтерцептори випущені

Ефективність використання реверса тяги для зменшення довжини пробігу



Вплив реверса тяги на довжину пробігу після приземлення



ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ СИСТЕМОГО ПІДХОДУ ДО ПРОЕКТУВАННЯ

Сучасний літак проектується, виробляється і експлуатується як частка транспорту чи зброї. Система це регулярна або упорядкована структура, яка складається з взаємопов'язаних і взаємозалежних частин, що діють як єдине ціле і призначена для досягнення обумовленої мети.

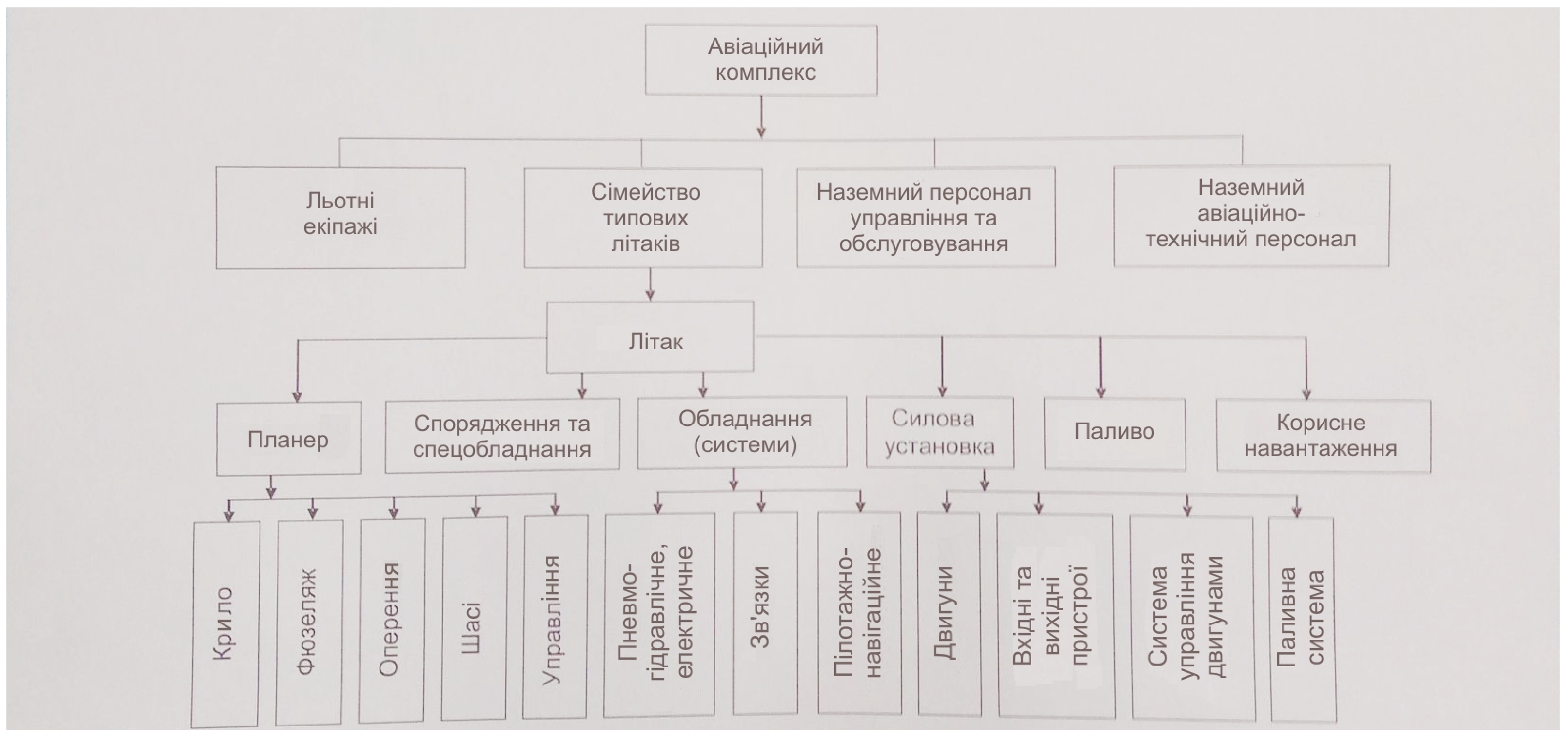
Авіаційний комплекс – органічне об'єднання людей і матеріальних засобів, чим досягається обумовлений результат, виконується задана функція. Авіаційний комплекс є підсистема складної системи більше вищого порядку – системі повітряного транспорту. У складі авіаційного комплексу входять підсистеми нижчого ієрархічного порядку:

- льотні екіпажі;
- сімейство однотипних літаків;
- наземний персонал з управління та обслуговування;
- наземний авіаційно-технічний комплекс (підготовка до польоту, водіння літака, ремонт...)

Літак як складова частина авіаційного комплексу є підсистемою складну систему нижчого ієрархічного порядку і складається з наступних підсистем ще нижчого порядку:

- системи створення підйомної сили;
- системи створення рушійної сили;
- забезпечення стійкості і керованості польоту літака по заданій траєкторії;
- забезпечення цільового навантаження;
- життєзабезпечення екіпажу і пасажирів

Функціональна і конструктивна схема літального апарату в авіаційному комплексі



П'ять головних рівней рішення задач розробки нового літака

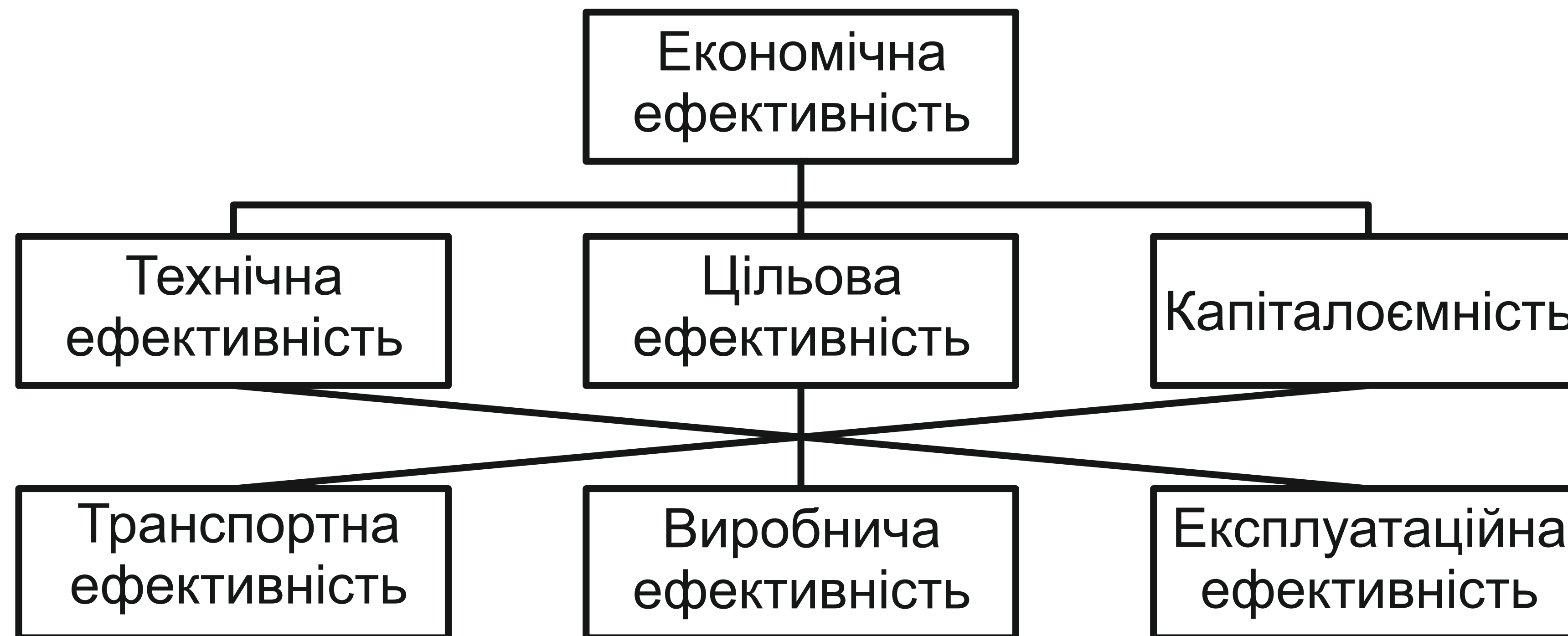
Стадії проектування	Ієрархічний рівень	Зміст завдань	Організації, відповідальні за рішення задач
“Зовнішнє” проектування	I	Визначення необхідних об'ємів вантажопасажирських перевезень авіаційним транспортом	Інститут комплексних транспортних проблем
	II	Необхідні типи технікоекономічні характеристики літаків, кількість (парк) літаків кожного типу і їх розподілу по авіалініям	Міністерство чи комітет цивільної авіації, ГосНІІГА
“Внутрішнє” проектування	III	Визначення зовнішнього вигляду та проектних параметрів літака, задовольняючих наданим вимогам	НІІ, ОКБ
	IV	Проектноконструкторські задачі уточнення вигляду літака, його конструктивно-силової та загальнокомпоновочної схеми, визначення структури і параметрів підсистем	Відділи ОКБ
	V	Конструкторські задачі розробки вузлів і деталей для виробництва та експлуатації літака	Бригади ОКБ

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТНИХ ТА ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ

Найважливішою складовою оптимального проектування є вибір критеріїв оцінки ефективності рішень. Перші літаки оцінювалися за окремими характеристиками. Літак вважався найкращим, якщо мав, в порівнянні з прототипом, більшу швидкість, кращу вагу віддачі при рівній дальності і т. п.

Загальним критерієм є критерій, запропонований Д.Л. Томашевичем. Він має вигляд $\eta = P/V$, де P - величина, яка визначає соціальну корисність або цільове повернення літака; V - витрати на виготовлення літака і збереження його працездатності в процесі експлуатації.

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ТИПІВ І КРИТЕРІЇВ ЕФЕКТИВНОСТІ



Транспортна ефективність відображає лише ту сторону досконалості літака, яка залежить від його технічних характеристик, таких як вагова потужність, аеродинамічні якості, питома витрата палива.

$$Q_{\text{трансп}} = \frac{m_{\text{ком.н.}} L V_p}{m_{\text{п.сн.}} m_T}$$

$m_{\text{ком.н.}}$ – комерційне навантаження літака, кг;
 L – дальність польоту, км;
 V_p – рейсова швидкість польоту, км/год;
 $m_{\text{п.сн.}}$ – маса палива, кг.

Важливим показником, що визначає рівень технічної досконалості, в даний час є коефіцієнт паливної ефективності літака, який визначається наступним співвідношенням:

$$K_{T.Э} = \frac{G_T}{m_{\text{к.н.}} L_T}$$

$K_{T.Э}$ – коефіцієнт паливної ефективності, г/(т·км);
 G_T – маса палива польоту, кг; г/(т·км);
 $m_{\text{к.н.}}$ – маса комерційного навантаження, т або г/км (в більшості випадків цей коефіцієнт замінюється кількістю пасажирів pp);

L_T - технічна дальність польоту, отримана при повному вигоранні палива, прийнятого для виконання польоту, км.

Ефективність виробництва літака відображає його досконалість як об'єкта промислового виробництва. Експлуатаційна ефективність літака відображає його досконалість як об'єкта технічної експлуатації.

Технічна ефективність літака є його узагальненою характеристикою і, по суті, оцінюється за допомогою такого відомого показника, як вартість перевезення тонно-кілометрової (т км).

$$a_{\text{тех}} = \frac{A}{K_3 m_{\text{ком.н.}} V_p}$$

A - вартість години експлуатації повітряного судна з урахуванням накладних витрат, грн. або коп.;
 K_3 - коефіцієнт завантаження літака.

Цільова ефективність літака є таким же складним поняттям, як і технічна ефективність, і оцінює ті ж особливості, але в іншому аспекті. Даний вид ефективності відображає ступінь задоволення потреб, для яких він створюється, тобто такі його властивості, як швидкість, дальність, вантажопідйомність, ступінь комфорту і т. п.

Капіталомісткість - третій комплексний показник ефективності літака. Вона вимірюється вартістю повітряного судна і пов'язаних з ним інших засобів, необхідних для виконання в певний час заданого обсягу перевезень при інших рівних умовах.

Суть **економічної оцінки ефективності** літака, як відомо, полягає в зіставленні загальних трудовитрат на його створення з подальшим збереженням поточних трудовитрат від його використання.

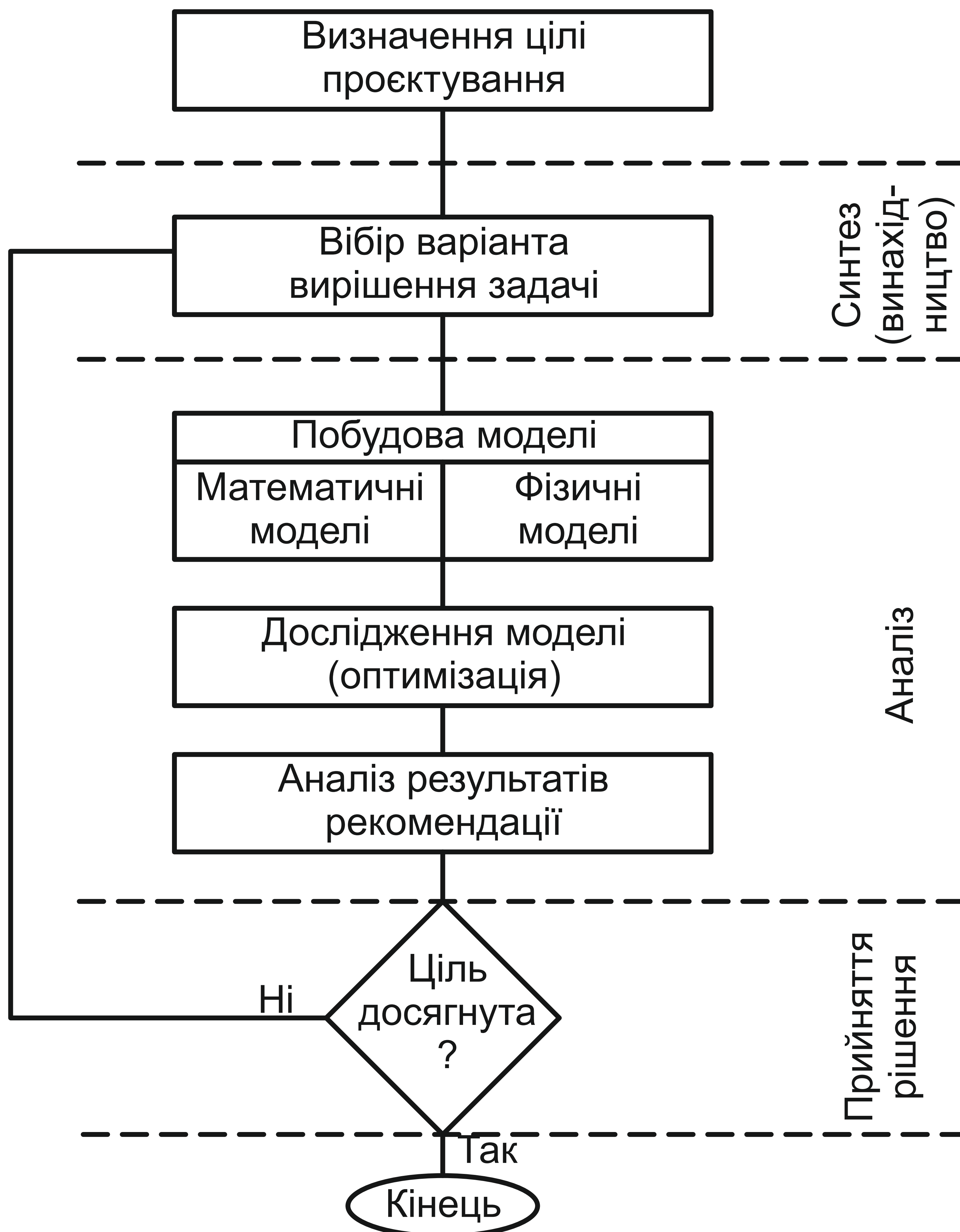
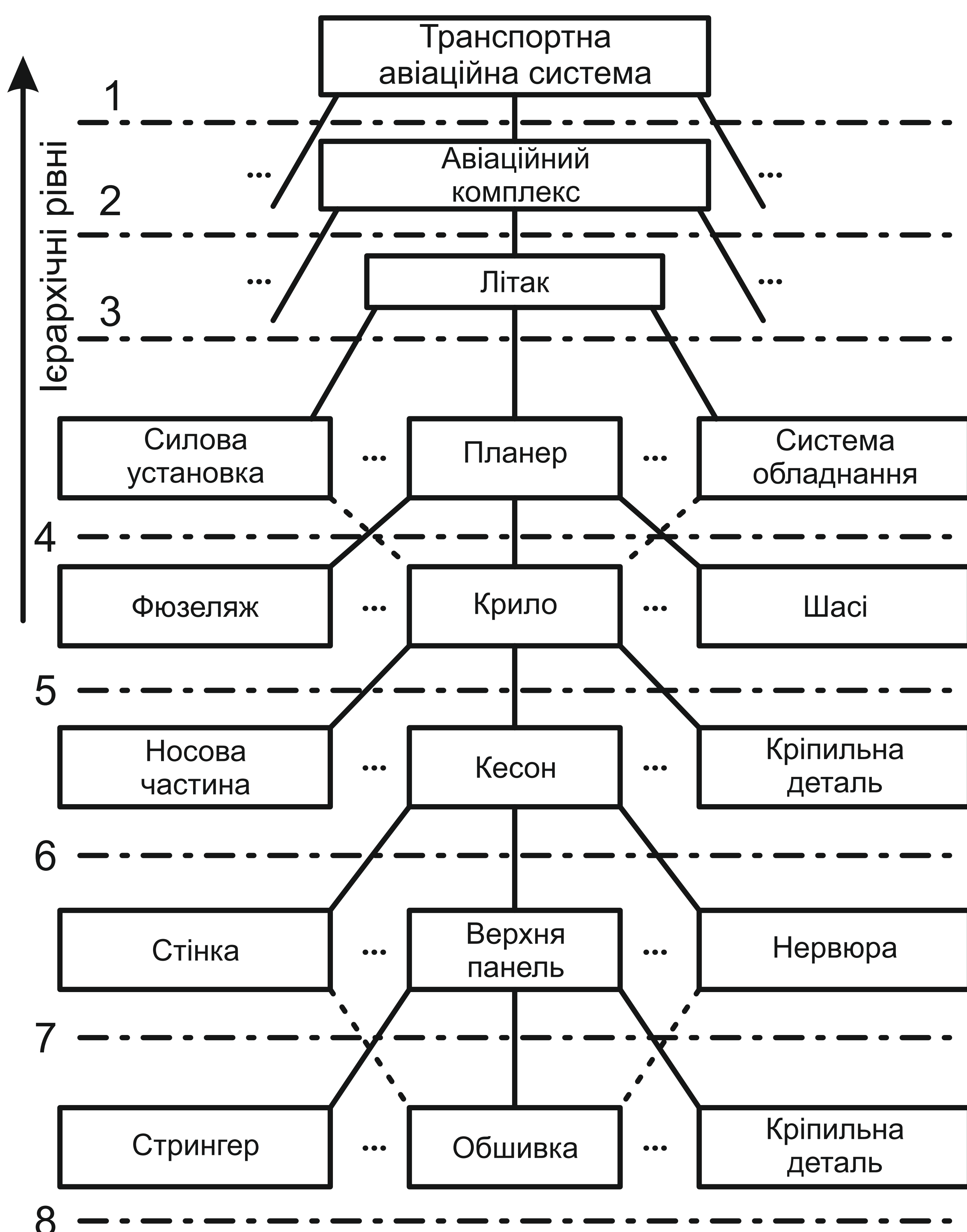
$$E_n \leq \frac{(S - a_{\text{пр}}) m_{\text{ком.н.}} V_p W K_3}{K_L}$$

S - тариф за т·км, грн / т·км;
 $a_{\text{пр}}$ – приведена собівартість, грн/т·км;

W – річний нальот годин польоту одним літаком, год;

K_3 – коефіцієнт завантаження;

K_L – вартість літака (в тому числі безпосередньо зв'язані з його використанням оборотні та інші основні фонди).

Схема алгоритма процесу проектування
складного технічного об'єктаГрафічна модель ієрархічної
структури літака (фрагмент)

Необхідність в розробці нового літака виникає з двох причин.

1. Відбувається поступове старіння існуючих літаків, а також з'являються нові технічні можливості, реалізація яких обіцяє підвищення техніко-економічних показників авіатранспортної системи в цілому.
2. Народне господарство ставить перед авіацією завдання, вирішення яких за допомогою існуючих типів літаків неможливо або економічно недоцільно. Наприклад, може виявитися, що існуючі типи літаків не відповідають новим вимогам до розмірів вантажу, що перевозиться або до умов базування на передбачуваних злітно-посадкових смугах і т.п.

Ключовим елементом процесу створення літака є розробка його конструкції – процес проектування. Спроекувати літак – значить розробити комплект технічної документації, що дозволяє його будівництво та експлуатацію.

Літак як об'єкт проектування є складною технічною системою з розвиненою ієрархічною структурою. Ієрархічні рівні пов'язані між собою двома типами зв'язків. Перший тип характеризує будову системи, упорядковуючи склад її елементів, блоків, агрегатів і відношення деталей один до одного. На графіку ці відносини представлені суцільними лініями.

Таким чином, елементи підсистеми і окремі її ієрархічні рівні пов'язані між собою функціональними зв'язками, які зображуються пунктирними лініями. Кожен ієрархічний рівень має свій перелік завдань, вирішення яких необхідно для прийняття проектних рішень, відповідних цьому рівню.

Склад і структура технічного завдання визначають задачі, яку необхідно вирішити на цьому етапі проєктування. Важливі з них:

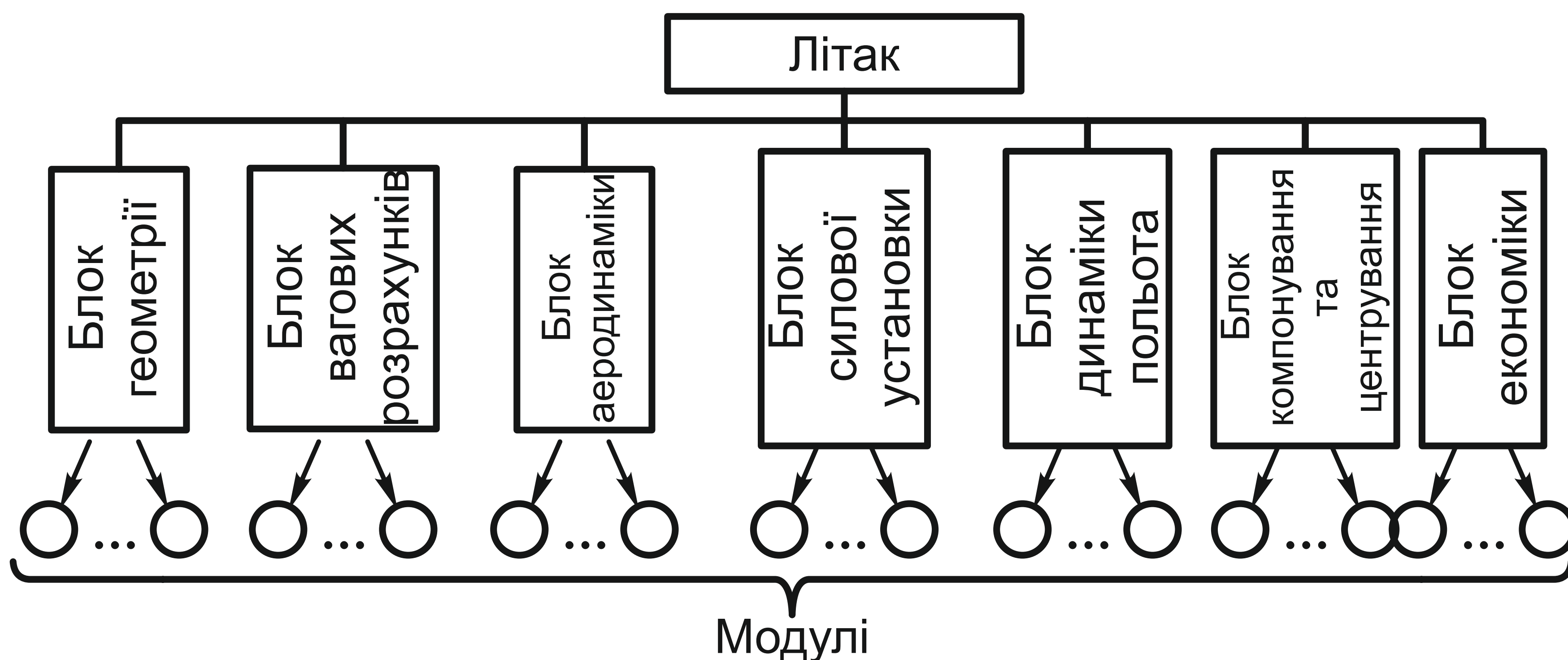
1. Попереднє формування зовнішнього вигляду літака, що задовольняє ТЗ для проєкту, в тому числі:
 - визначення основних проєктних параметрів;
 - компоновання і центрування в рамках вибраної схеми.

2. Оптимізація проєктних параметрів літака за обраним критерієм з урахуванням обмежень, повітряних суден м Проектний рівень необхідних ТК льотно-експлуатаційних характеристик, Нормативи льотної придатності (quaz11оптимальні^hрішення^e1<TIVNYE docDuments- Дослідження околиць оптимального р^h±?. eD°VaNI

3. Зміни техніко-економічних характеристик сконструйованих літальних апаратів технічними рішеннями, заснованими на сучасних досягненнях авіаційної науки, зокрема: - удосконалення в області аеродинаміки і авіаційних двигунів; рес-ріг в області авіаційних матеріалів; використання нових концепцій схмотехніки і т.д.

4. Розрахунки льотно-технічних і техніко-економічних характеристик повітряного судна з обраними параметрами.

Структурна схема моделі "літак"

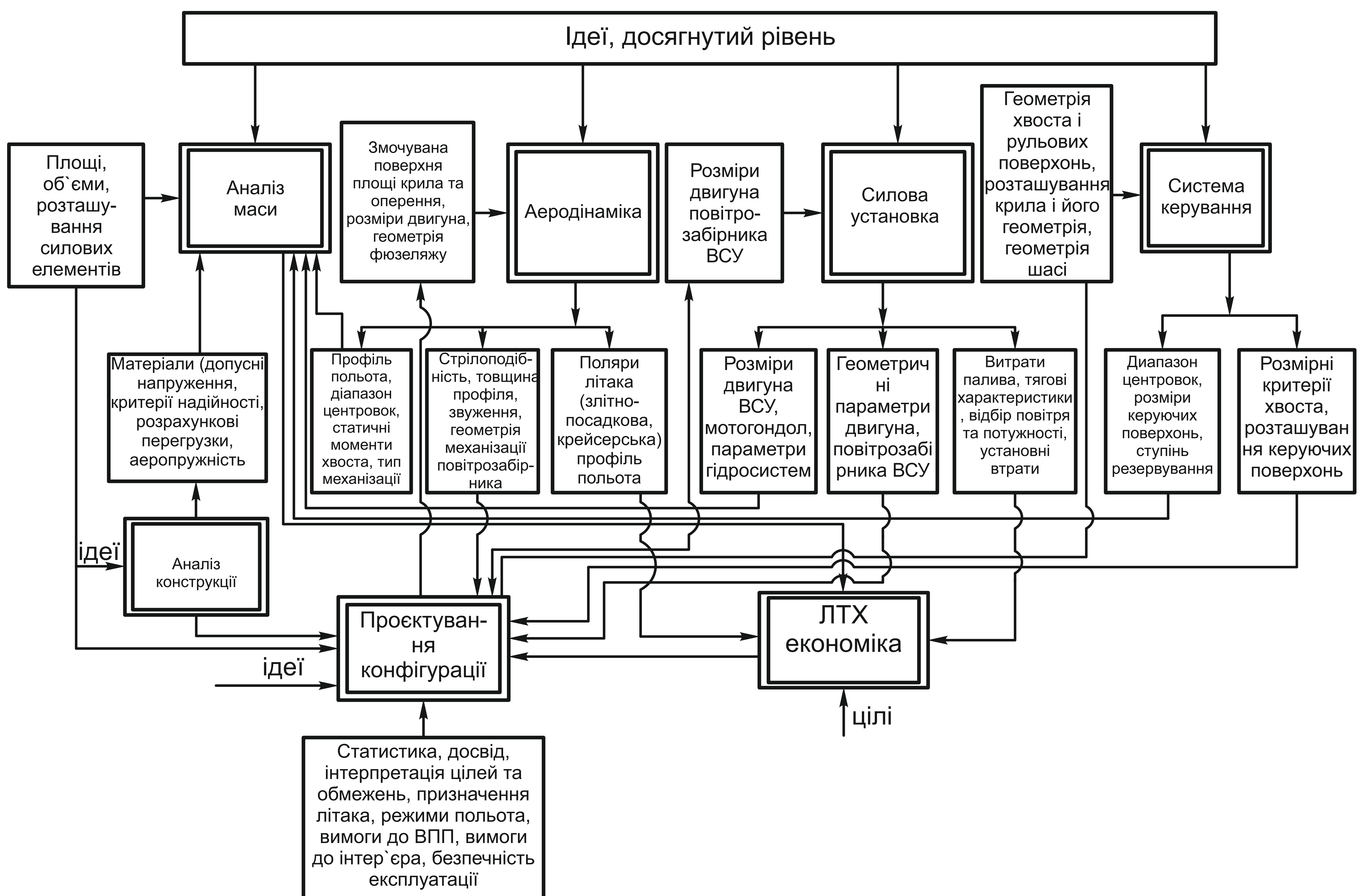


Модель заснована на різних методах вагового, аеродинамічного, міцнісного розрахунків і розрахунків стійкості і керованості, силової установки і ефективності літака.

Завдання формування зовнішнього вигляду літака формулюється так: знайти вектор параметрів, що характеризують форму, будову і розміри літака, який би задовольняв вимогам, що пред'являються до проєктованого літака, і забезпечував досягнення мінімуму (максимуму) цільової функції.

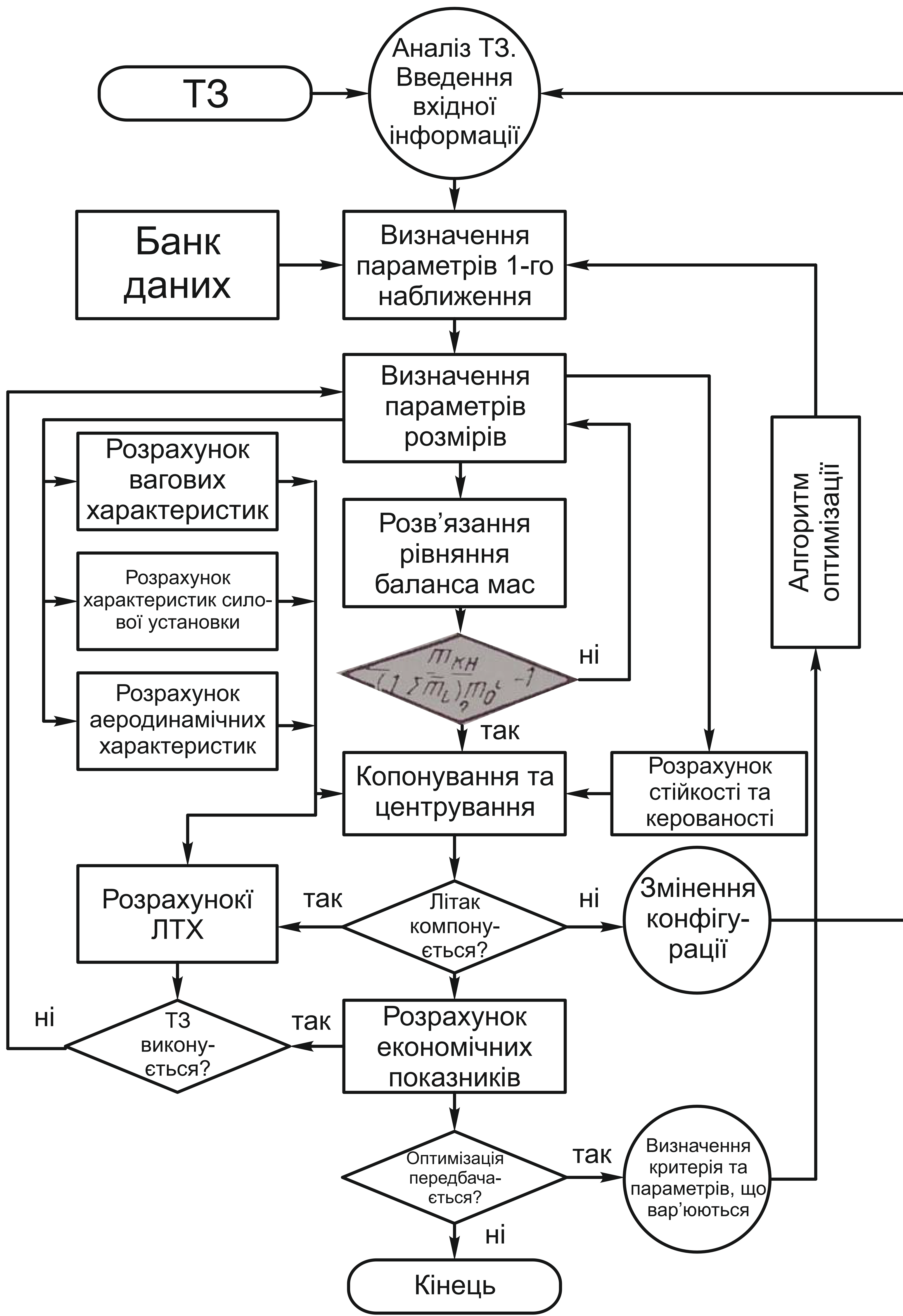
У цьому формулюванні мова йде про проблему нелінійного математичного програмування.

Схема інформаційних потоків в процесі формування зовнішнього вигляду літака



ОПИС АЛГОРИТМУ ФОРМУВАННЯ ВИГЛЯДУ ЛІТАКА

Схема алгоритму формування вигляду літака

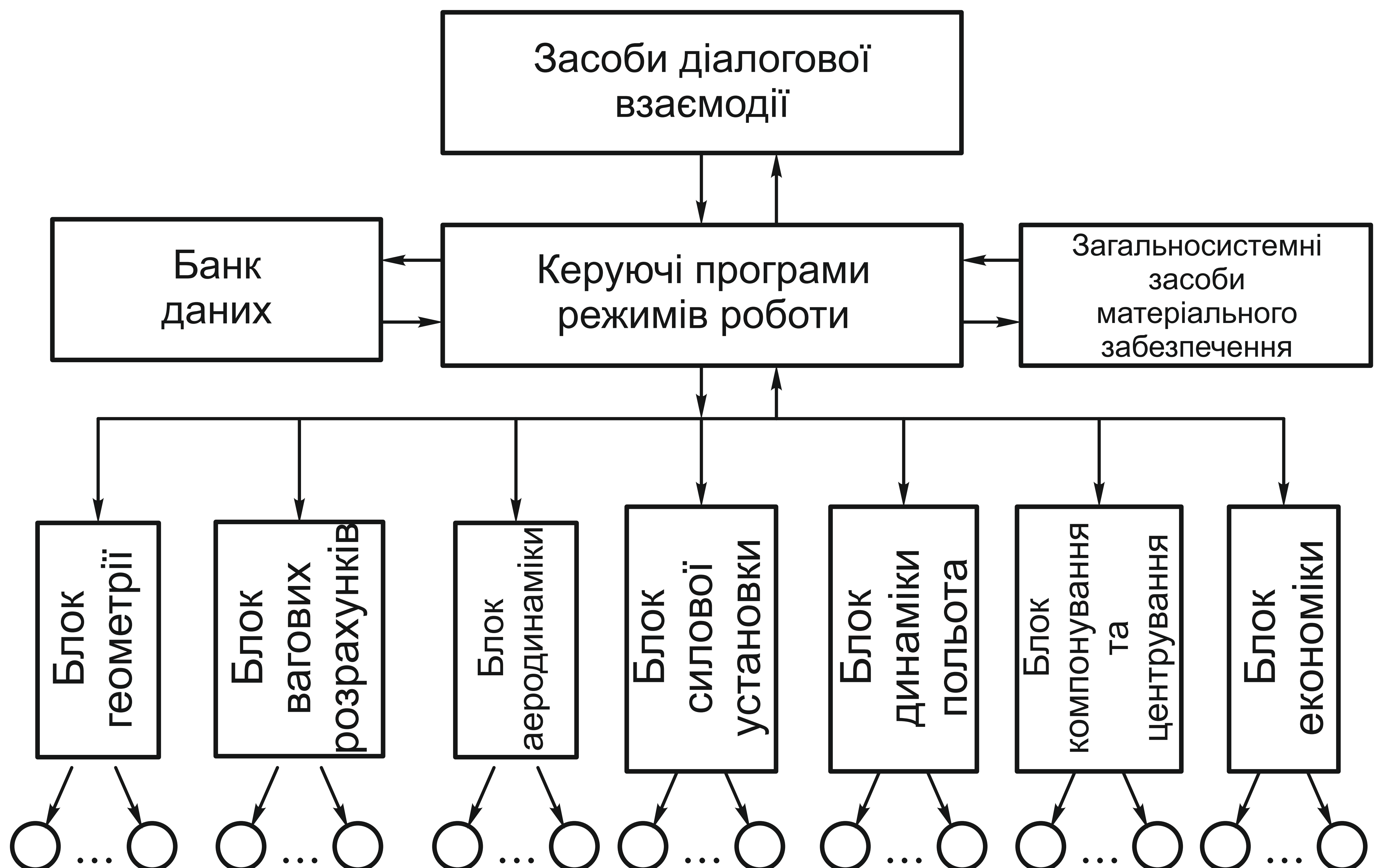


Вхідними даними алгоритму є числові значення, що визначають значення льотних характеристик літака, продиктовані ТЗ для проекту. Друга група вхідних даних формується з системних рішень, що формує проектувальник. Кожна ознака в "ключі" відповідає певному числу. Числові значення вхідних даних діють як константи-моделі для одного варіанту обчислення.

Для реалізації наданого алгоритму формування зовнішнього вигляду літака був розроблений програмний комплекс. Крім загальносистемних засобів, в комплекс входять керуючі програми, режим роботи і пакети додатків.

Відповідно до блочного принципу моделювання пакети об'єднуються в функціональні блоки, відповідні будові моделі літака.

Комплекс функціонує за допомогою керуючих програм розрахункових режимів. Відповідно до переліку завдань даної стадії передбачено три режими роботи комплексу: фактичний режим формування зовнішнього вигляду, режим параметричного аналізу і режим оптимізації.



ПОПЕРЕДНІЙ ПРОЕКТНИЙ АНАЛІЗ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ, ВИБІР СХЕМИ І ПОТУЖНОСТІ АВІАЦІЙНІ УСТАНОВКИ

ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН ТА РОЗРОБКИ ВИМОГ ДО ЛІТАКІВ

До вихідних даних для конструкції літака відносяться:

- технічне завдання на проектування, що містить формалізовані дані, що визначають завдання і обмеження проектування;
- систематизовані дані, що відображають світовий рівень досягнень в області року конструкторів певного класу;
- перелік, характеристики та сфера застосування нових технічних рішень із галузі науки і техніки, які можуть бути використані для покращення характеристик нового літака, що проектується.

До технічного завдання, що залежить від типу літака, який проектують, включають наступне.

Призначення - клас сконструйованого літака та його цільове призначення.

Загальні положення - перелік нормативних документів, виконання яких є обов'язковим для створення нових літаків.

Льотно-технічні характеристики (ЛТХ) - перелік заданих вихідних характеристик повітряного судна, таких як швидкість, дальність і висота польоту, вантажопідйомність і номенклатура вантажу, що перевозиться, злітно-посадочні і маневрені характеристики і т.п.

Характеристики технічного рівня серійного літака і його економічних характеристик є узагальненими показниками ефективності літака (транспортними, бойовими, паливними та ін.), що дозволяють оцінити його конкурентоспроможність, вартість.

Перспективарозвитку літака і його основних систем - інформація про напрямки розвитку проектованого літака і варіанти його використання.

Конструкція, системи та оснащення літака - вимоги до ресурсу планера і його силових елементів (в льотні годинах і посадках), терміну служби (в роках, загальний і до першого ремонту); вимоги до ресурсів комплектуючих і обладнання.

Силова установка і її системи є основними характеристиками двигуна, що використовується або розробляється (модифіковується) для літака, що проектується, включаючи ресурсні характеристики, рівні шуму і викидів, а також вимоги до систем і агрегатів, що обслуговують двигун.

Спеціальне обладнання - перелік основних завдань, які необхідно вирішити на літаку, що проектується, з таким обладнанням.

Вимоги до надійності, системи технічного обслуговування і ремонту - кількісні значення ймовірності виникнення особливих ситуацій в польоті, рівні показників надійності парку літаків в процесі експлуатації, показники експлуатаційної технологічності, ймовірності своєчасного вильоту, а також програми технічного обслуговування і ремонту.

Рівень стандартизації та уніфікації - попередні завдання по застосуванню стандартів ступеня уніфікації двигунів, вузлів і обладнання на літаку.

При проектуванні літака виділяють два етапи: «зовнішнє» проектування і «внутрішнє проектування». Надалі розглядаються проблеми «внутрішнього» проектування.

Вихідними даними для конструкції літака можуть бути:

- тактико-технічні вимоги замовника до даного літака;
- ідеї головного конструктора;
- рекомендації науково-дослідного інституту промисловості.

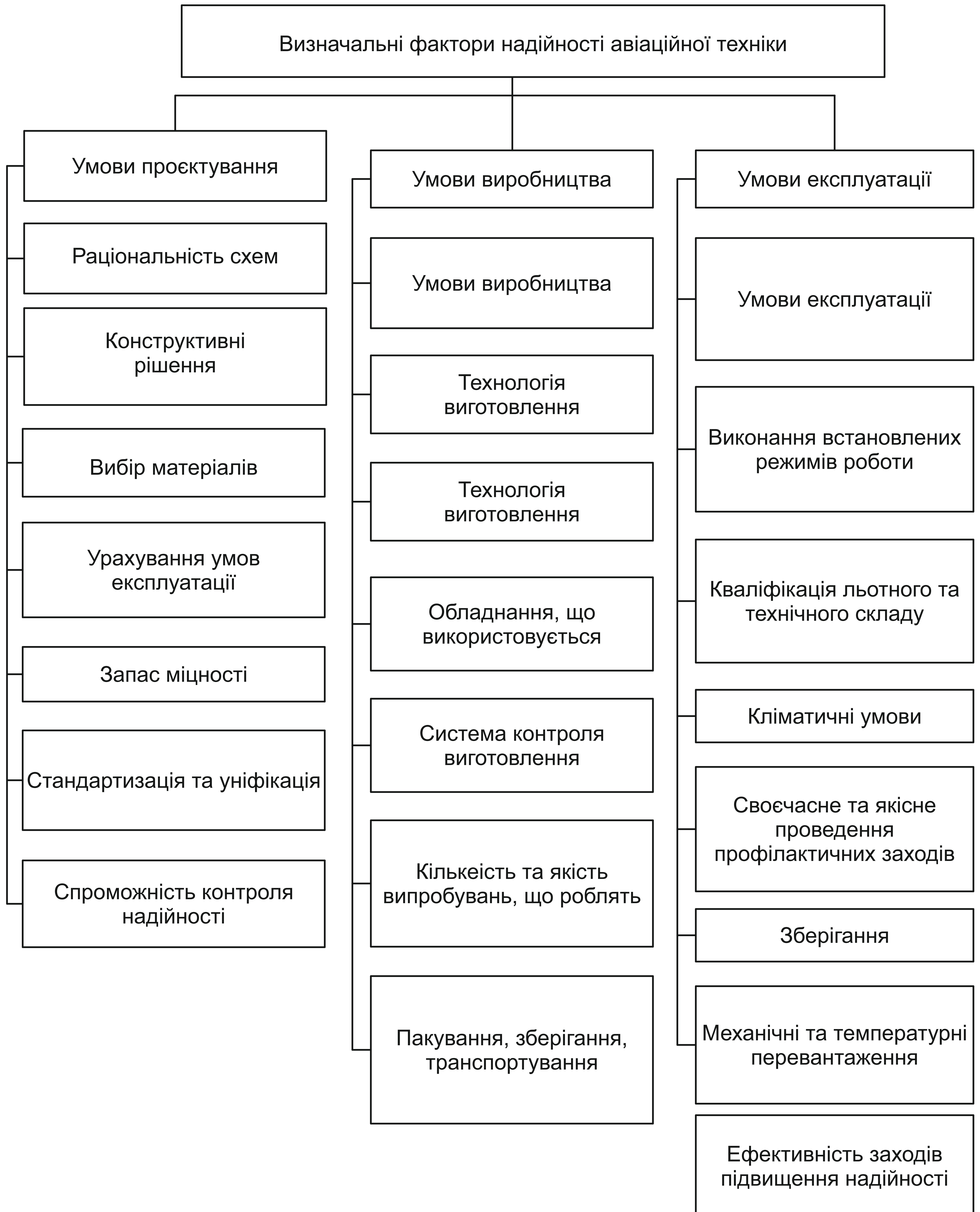
ТАКТИКО-ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

Тактичні вимоги:

- діапазон швидкостей польота $V_{min} - V_{max}$;
- діапазон висот польота $H_{min} - H_{max}$;
- діапазон дальностей польота:
 - дальність польоту з максимальним комерційним або бойовим навантаженням $L_{ком_max}$, $L_{б.н.}_max$;
 - дальність польоту з максимальною паливною місткістю $L_{t.max}$;
 - перегонна дальність польота (це переважно для бойових літаків) $L_{перег.}$;
- швидкопідйомність (швидкість набору висоти) $V_{y\ max}$;
- мінімальний радіус віража r_{min} ;
- маса комерційного навантаження для цивільних літаків або кількість пасажирів $m_{ком.н}$, $m_{пас.}$ маса бойового навантаження для військових літаків;
- обладнання, озброєння, рівень видимості для бойових літаків;
- зльотно-посадочні характеристики $V_{взл}$, $V_{зп}$, $V_{пос}$, $L_{разб.}$, $L_{лос}$, $L_{взл}$.

Технічні вимоги:

- вимоги аеродинаміки;
- вимоги міцності, жорсткості, аеропружності, ваги;
- вимоги надійності, ресурса;
- вимоги живучості;
- вимоги виробничої технологічності;
- вимоги експлуатаційної технологічності;
- спроможність літака та його систем до модифікації.



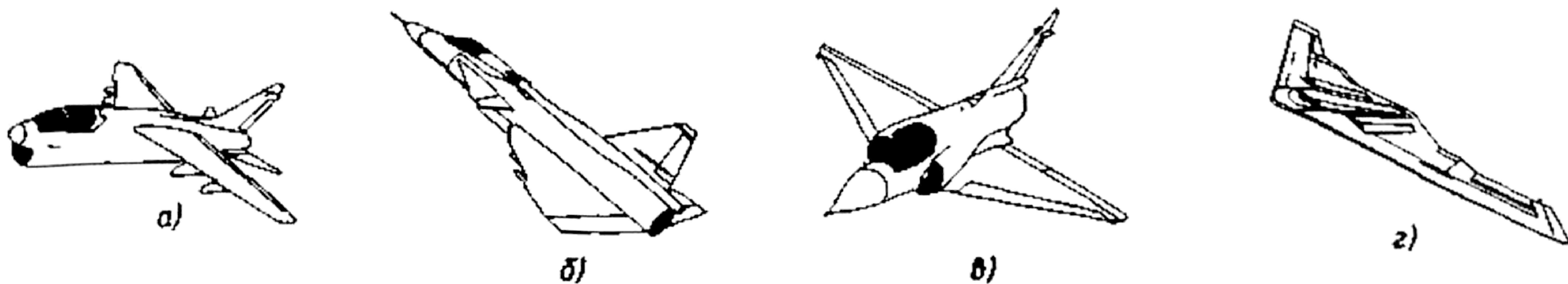
ВИБІР СХЕМИ І СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ ЛІТАКА СХЕМИ ЛІТАКІВ І ОСОБЛИВОСТІ ЇХ ПОЗДОВЖНЬОГО БАЛАНСУВАННЯ

Схема літака (аеродинамічна) - зовнішня конфігурація літака, обумовлена наявністю, взаємним розташуванням та формою основних його частин.

Найважливішою ознакою, що характеризує схему літака, є здатність його поздовжньої балансування.

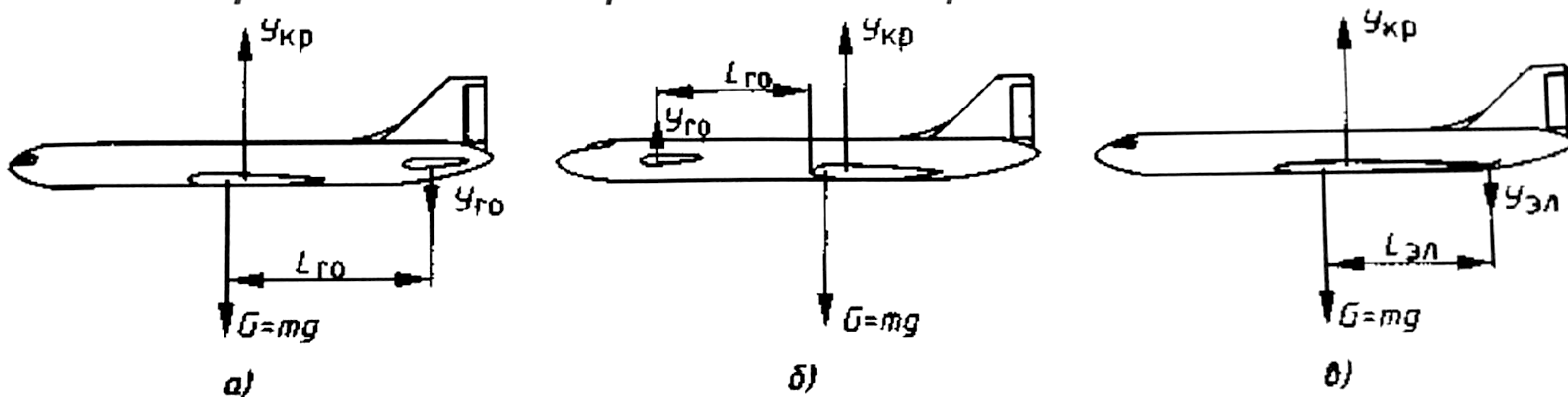
Поздовжнє балансування літака - приведення до нуля суми моментів сил, що діють на літак щодо поперечної осі.

Основні (балансувальні) схеми літаків



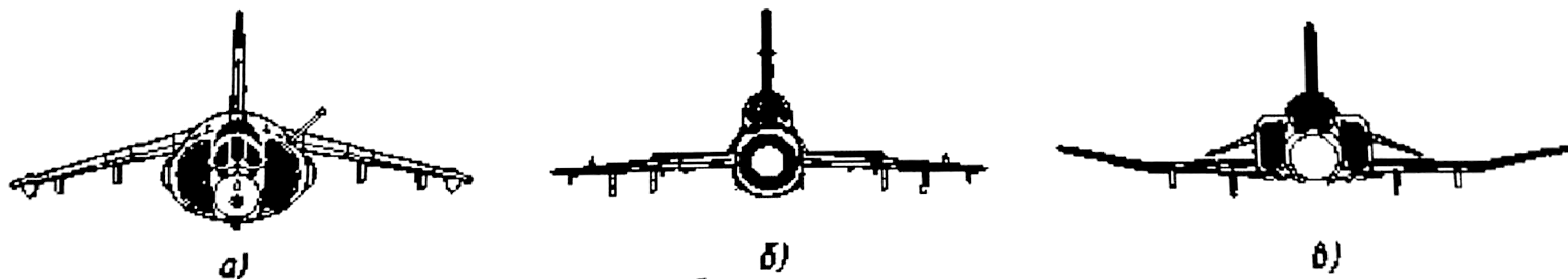
а – нормальна; б - "качка"; в - "безхвостка"; г - "літаюче крило»

Поздовжнє балансування літаків різних схем



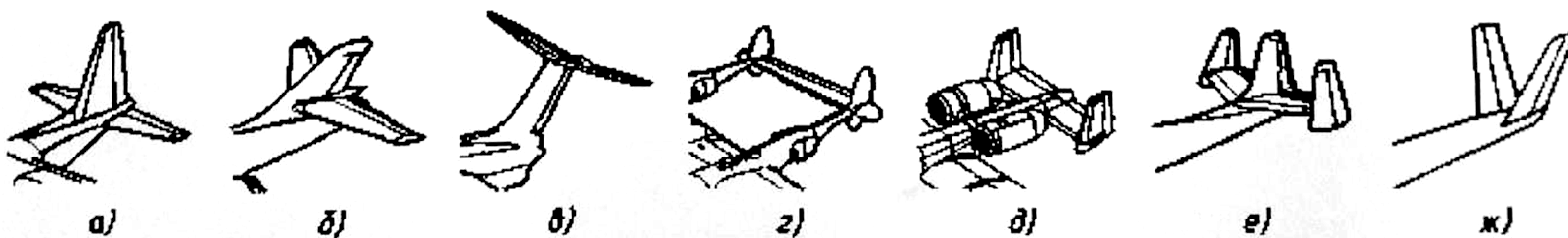
а – нормальною; б - "качки"; в - "безхвостки"

Взаємне розташування крила та фюзеляжу літаків



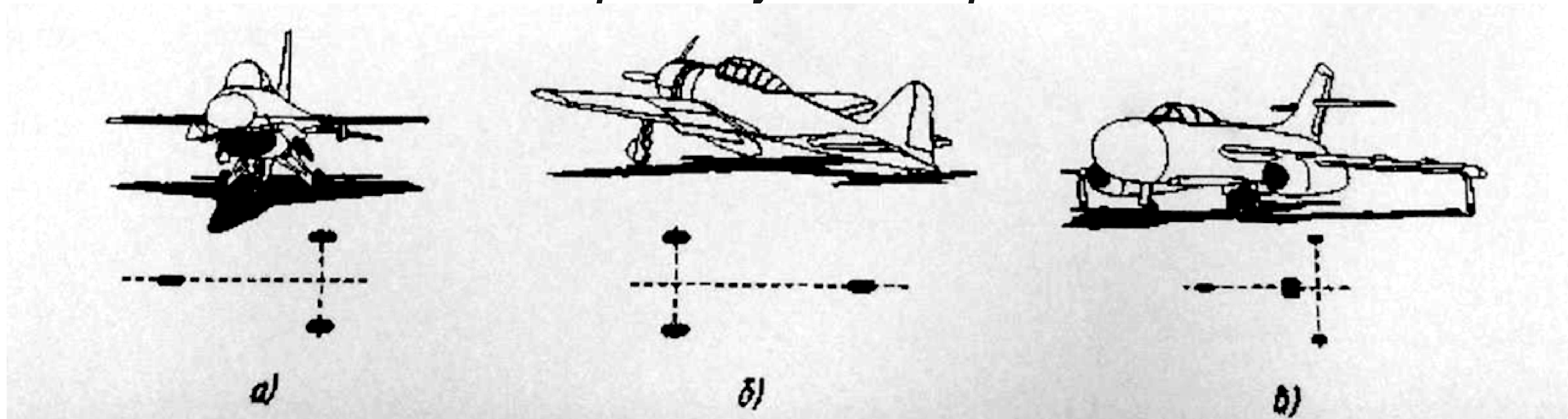
а – високоплан; б – середньоплан; в - низькоплан

Взаємне розташування горизонтального та вертикального оперення літаків



а - один кіль ВО та ГО розташовані на фюзеляжі; б - ГО на ВО; в - ГО на самому верху ВО (Т-подібне оперення); г - два кілі і ГО розташовані на фюзеляжі; д, е - ВО на ГО (зазвичай два кілі, рідко три); ж - ВО і ГО єдині (V-подібне оперення)

Взаємне розташування опор літаків



а - триопорне шасі з носовим колесом; б триопорне шасі з хвостовою допоміжною опорою; у велосипедне шасі з підкриловими допоміжними опорами

Літак ПЛ створюється як база сімейства пасажирських літаків помірної пасажиромісткості з двома двоконтурними реактивними двигунами ДЗ6-5А (розробник ЗМКБ «Прогрес» та виробник «Мотор-Січ», м. Запоріжжя) з високим ступенем конструктивно-технологічної та експлуатаційної наступності та уніфікації з літаком Ан-74-300 та іншими сучасними літаками «Ан».

Літаки сімейства ПЛ повинні забезпечити:

- широкий діапазон функціональних можливостей за дальністю, швидкістю, пасажиромісткістю, комфортом, автономністю та аеродромної мережі;
- різноманітність варіантів за видами застосування (регіональний, магістральний, середньої та великої дальності, адміністративний) та типів обладнання (вітчизняна або західна авіоніка та обладнання);
- сучасний рівень технічної та експлуатаційної досконалості;
- відповідність сучасним нормам льотної придатності (АП-25, FAR-25, JAR 25), стандартам якості та перспективним екологічним стандартам;
- конкурентоспроможність стосовно західних аналогів.

Базовий літак ПЛ замінить застарілий літак Ту-134.

2. ПРИЗНАЧЕННЯ ЛІТАКА

Літак ПЛ призначений для перевезення пасажирів, багажу, пошти та вантажів на внутрішніх та міжнародних лініях України та інших країн СНД та ІКАО.

3. ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ

3.1. Сертифікація літака та його компонентів повинна здійснюватися згідно з такими авіаційними правилами:

- Літак за АП-25;
- Обладнання та інші комплектуючі вироби (крім особливо обумовлених в АП та даному техзавданні) за АП-25;
- Двигун за АП-33;
- ВСУ за АП-ВД.

3.2. По шуму біля літак повинен задовольняти вимогам глави 4 міжнародних стандартів «Охорона довкілля», додатка 16 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію (том 1 «Авіаційний шум», 2001 р.) і вимогам частини 36 Авіаційних правил АП-36.

3.3. За емісією двигуна літак повинен задовольняти вимогам додатка 16 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію (том 2 «Емісія авіаційних двигунів», видання 1981 р., з 1-ї по 4-ту поправки) та вимоги Авіаційних правил АП-34.

3.4. Щодо захисту від актів незаконного втручання літак повинен задовольняти вимоги додатків ІКАО 6,8,17 (з поправками 97,98), Повітряного кодексу України (стаття 8).

3.5. Характеристики надійності, експлуатаційної технологічності та контролепридатності повинні відповідати «Загальним вимогам до експлуатаційно-технічних характеристик повітряних суден ГА».

3.6. Для літака мають бути розроблені за окремими ТЗ тренажери, засоби навчання та програми навчання льотного та інженерно-технічного складу.

4. ГОЛОВНІ ЛІТНО-ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БАЗОВОГО ЛІТАКА

Кількість пасажирів, чол.	70 - 80
Максимальна маса платного навантаження, кг	7700
Двигун:	
- тип	ДЗ6-5АФ
- Кількість хвзлетная тяга, кН (кгс) (Н=0, СА+15°С)	2x62.8(6400)
Швидкість, км/год.:	
- максимальна	850-880
максимальної дальності	800-820
Крейсерська висота, км:	11-12
Практична дальність, км:	
- з максимальним платним навантаженням	2000-2200
- з пасажирями	2600-2800
- без вантажу та пасажирів	4000-4200
ВПП (сухий бетон, Н = 0, СА), м	1800
Склад екіпажу:	
- командир ЗС,	
другий пілот,	
- два бортпровідники	

5. РЕСУРСИ І ТЕРМІНИ СЛУЖБИ

Проектний ресурс.....80000 годин

Проектний термін служби.....30 років

6. ТЕХНІЧНИЙ РІВЕНЬ

Ефективність палива	24,9 + 2% грам палива на 1 пас. км
Вагова ефективність	284+2% кг порожнього спорядженого літака на 1 пасажиря
Питома трудомісткість технічного обслуговування	2,5 чол. год на 1 год. нальоту
Річний наліт	2800-3500 год

Барометричний тиск у всьому діапазоні висот польоту	за ГОСТ 4401-81
Температура зовнішнього повітря tзп	за ГОСТ 4401-81
Відхилення tзп від середнього значення для різних висот по лініях	«Min - арктичні» «Max - тропічні»
Масова щільність, барометричний тиск, в'язкість повітря	за ГОСТ 4401-81
Температура зовнішнього повітря біля землі	-55 + + 45 ° C
Відносна вологість зовнішнього повітря біля землі при tзп 35°С	≤98%
Напрямок та швидкість вітру біля землі:	
зустрічна складова	≤ 25 м/с
попутна складова	≤ 5 м/с
бічна складова під кутом 90° до ВПП:	
f≥0.5	≤ 15 м/с
f≥0.3	> 6 м/с

Літак повинен експлуатуватися на аеродромах з бетонним покриттям та нежорстким укріпленням покриттям (асфальтобетон, у зв'язаному стані галька або гравій, укочений ґрунт), підготовлених відповідно до НАС ГА (НАС ГА-86).

Висота розташування аеродрому:

- над рівнем моря до 3000 м

- нижче рівня моря до 300 м

Допустимі стани ВПП (за НАС ГА-86):

- суха;

- волога;

- мокра, із ділянками води;

- залита водою до 10 мм;

- покрита шаром сльоти до 15 мм;

- засніжена при $f \geq 0,3$.

Літак повинен забезпечувати польоти:

- за правилами візуального польоту та польоту по приладах;

- вдень і вночі;

- у простих та складних метеоумовах;

- в умовах зледеніння (при tнв не нижче мінус 30°С);

- по внутрішніх та міжнародних повітряних трасах та лініях;

- над рівнинною, горбистій та гірською місцевістю;

- над водними просторами, безорієнтирною місцевістю та в діапазоні географічних широт до 73° північної та 55° південної.

Експлуатаційні мінімуми погоди:

- для зльоту - дальність видимості на ВПП щонайменше 200 м;

- для посадки - II категорія ІКАО з можливістю доведення до III А категорії ІКАО, за умови складу та характеристик наземних засобів забезпечення польоту відповідно до НПП ГА з урахуванням існуючих та перспективних засобів забезпечення навігації та комунікації.

8. ВИМОГИ ДО ФУНКЦІОНАЛЬНИХ СИСТЕМ І ОБЛАДНАННЯ

Функціональні можливості та технічний рівень обладнання літака повинні забезпечувати завдання ЛТХ та сертифікаційні вимоги.

9. ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ (ТО)

Кошти ТО повинні підтримувати льотну придатність літака протягом усього терміну служби.

Роботи з планового ТО мають базуватись на методиці MSG-3.

Літак, двигун, системи та обладнання повинні експлуатуватися за станом у межах призначеного ресурсу.

Характеристики контролепридатності повинні забезпечувати пошук та усунення відмов та несправностей до конструктивно-змінних елементів за допомогою вбудованої системи контролю та бортової системи технічного обслуговування.

Регламент технічного обслуговування повинен бути розроблений відповідно до ОСТ 5340054-88 та передбачати мінімальну кількість оперативних форм.

10. ВАРІАНТИ РОЗВИТКУ ЛІТАКА

Повинна бути передбачена можливість створення на базі цього літака сімейства літаків, у тому числі варіантів:

- пасажирських літаків для повітряних ліній з малою та середньою інтенсивністю пасажиропотоків з дальністю перевезень до 7000 км;

- ділових (адміністративних) літаків на 8-10 пасажирів із великою дальністю польоту.

Доповнення Ж до ТЗ на розробку пасажирського літака ПС

Показники			Примітка
	ПС	Аналог	
Паливна ефективність, грам палива на 1 пас. км	24,9+2%	45,2 - ТУ - 134Б 29,8 - Fokker-70 36,8 - Rj - 70 25- ORJ-700	Літак, що замінюють Сертифікат 1994 р. Сертифікат 1994 р. Сертифікат 2000 р.
Вагова ефективність, кг маси пустотілого літака на 1 пас.	24,9+2%	392 - ТУ - 134 Б 287-Fokker-70 321 - Rj-70 282 - ORJ-700	Експлуатація аналогів тільки з бетонованих ВПП. Виготовляється ПЛ допускає експлуатацію з твердого ґрунта

**ПОШИРЕННЯ СТАНДАРТІВ СИСТЕМИ РОЗРОБКИ І ПОСТАНОВКИ НА
ВИРОБНИЦТВО АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ**

Загальні положення про систем розробки і постановки виробів на виробництво (српп) терміни і визначення. Інші НТД, що відносяться до СРПП в цілому	Етапи життєвого циклу виробів				Зняття з виробництва та експлуатації
	НИР, аванпроект (пошукання шляхів і обґрунтування розробки)	ОКР (розробка)	Виробництво	Забезпечення експлуатації, ремонту промисловістю	
	ПОЛОЖЕННЯ ПРО ПОРЯДОК СТВОРЕННЯ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ				
<ul style="list-style-type: none"> • ГОСТ В 15.001-80. загальні положення • ГОСТ В 15.004-80. Стадії життєвого циклу виробів та матеріалів • ГОСТ В 15.001-82. ГОСТ В 15.011-85 Порядок проведення патентних досліджень • ГОСТ 15.012-84. Патентний формуляр 	<ul style="list-style-type: none"> • ГОСТ 15.101-79. Тактико-технічне (технічне) завдання виконання НДР. • ГОСТ 15.102-84. Тактико-технічне (технічне завдання на виконання аванпроекту.) Основні положення. • ГОСТ 15.103-84. Порядок виконання аванпроекту. Основні положення. • ГОСТ 15.104-84. Порядок виконання складової частини аванпроекту. Основні положення. • ГОСТ 15.105-79. Порядок виконання НДР. Основні положення. • ГОСТ 15.106-79. Порядок виконання складових частин НДР. Основні положення. • ГОСТ 15.107-79. Порядок виконання НДР по комплектуючим виробам міжгалузевого застосування. Основні положення. • ГОСТ 15.108-83. Порядок розроблення та постачання на виробництво матеріалів. • ГОСТ 15.102-84. Звітна документація на науково-дослідницькі та опитно-конструкторські роботи. Основні положення. 	<ul style="list-style-type: none"> • ОСТ В1 00203-85. ГОСТ 15.201-83. Тактико-технічне (технічне) завдання виконання ДКР • ГОСТ 15.203-79. Порядок виконання ДКР зі створення зразків. Основні положення. • ГОСТ 15.204-79. Порядок виконання ДКР створення складових частин зразків. Основні положення. • ОСТ В 15.205-79. Порядок виконання ДКР створення комплектуючих виробів міжгалузевого застосування. Основні положення. • ГОСТ 15.206-84. Програми забезпечення надійності. Загальні вимоги. • ГОСТ 15.207-90. Вимоги щодо стандартизації та уніфікації до виробів під час виконання ДКР. • ГОСТ 15.208-82. Єдиний наскрізний план створення зразків (систем, комплексів). Основні положення. • ГОСТ В 15.209-85. Порядок розробки, затвердження та застосування обмежувальних переліків виробів та матеріалів, дозволених до застосування при розробці та модернізації техніки. • ГОСТ 15.210-78. Випробування дослідних зразків виробів. Основні положення. • ГОСТ 15.211-78. Порядок розробки програм та методик випробувань дослідних зразків виробів. Основні положення. • ОСТ 100038-87. Апарати літальні. Засоби їх технічного обслуговування та двигуни. Порядок проведення експертизи. • ГОСТ 15.501-90. Документація експлуатаційна та ремонтна на ВТ. (Загальні вимоги до номенклатури, побудови, змісту, оформленню, виданню та способи внесення змін.) • ОСТ 102730-92. Порядок розробки та пред'явлення на макетну комісію макету. 	<ul style="list-style-type: none"> ГОСТ В 15.301-80. Постанова виробництва виробів. Основні положення. • ГОСТ В 15.305-85. Авторський нагляд у процесі виробництва виробів. Основні положення • ГОСТ В 15.306-79. Зобов'язання гарантійні. Основні положення. • ГОСТ В 15.307-77. Випробування та приймання серійних виробів. Основні положення. • ОСТ 100350-79. Порядок передачі КД на літаки та вертольоти серійному підприємству для виготовлення настановної серії. • ГОСТ 15.303-84. Постанова виробництва виробів на підприємствах – дублерах. 	<ul style="list-style-type: none"> ГОСТ В 15.701-77. Порядок випуску бюлетенів та проведення по ним робіт. Основні положення • ГОСТ В 15.702-83. Порядок встановлення та продовження призначених ресурсів, терміну служби, терміну зберігання. Основні положення • ГОСТ В 15.703-78. Порядок пред'явлення та задоволення рекламаций. Основні положення. • ГОСТ 15.704-83. Запасні частини, інструменти та приладдя. Основні положення. • ГОСТ 20436-75. Надійність виробів АТ. Загальні вимоги до програм забезпечення надійності літаків та вертольотів. • ГОСТ 15.708-89. Типовий список запасних частин. 	<ul style="list-style-type: none"> ГОСТ 15.801-79. Зняття виробів із виробництва. Основні положення. • ГОСТ 15.802-85. Зняття з виробництва матеріалів. Основні становища.

ДКР - дослідно-конструкторські роботи

* - ГОСТ У 15.501-90 - див. ДКР.

КД - конструкторська документація

АТ - авіаційна техніка

Книга 1. Загальні показники літака.

Книга 2. Аеродинаміка літака та льотні характеристики.

Книга 3. Опис конструкції літака.

Книга 4. Обладнання та системи літака.

Книга 5. Десантно-транспортне устаткування.

Книга 6. Технологія виробництва літака.

Книга 7. Інтегрована логістична підтримка.

Книга 8. Матеріали за варіантом літака ТЛ із чотирма двигунами.

Книга 9. Попередні технічні вимоги на літак ТЛ.

Книга 10. Аналіз та перспектива ринку.

Книга 11. Проектування, виготовлення та випробування попередньої моделі літака ТЛ із двома варіантами мотогондол.

Книга 12. Розробка технічних пропозицій на двигуни Д-436-ТСД та СПМ-21.

Книга 13. Розробка приводів системи штурвального керування літаком ТЛ та системи керування механізацією його крила.

ЗМІСТ

ПРИЙНЯТІ ПОЗНАЧЕННЯ І СКОРОЧЕННЯ

ВСТУП

ПІДСТАВИ ДЛЯ РОЗРОБКИ ТП

1. ПРИЗНАЧЕННЯ ЛІТАКА

2. ОЧІКУВАНІ УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

2.1. Параметри стану та фактори впливу на літак зовнішнього середовища

2.2. Експлуатаційні фактори

2.3. Особливості застосування літака

3. КОРОТКИЙ ОПИС ЛІТАКА

3.1. Загальне компонування літака

3.2. Кабіна екіпажу

3.3. Вантажна кабіна

3.4. Принципове компонування систем та обладнання

4. ГЕОМЕТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛІТАКА

4.1. Загальний вигляд літака

4.2. Габаритні розміри літака

4.3. Крило

4.4. Фюзеляж

4.5. Оперення

4.6. Шасі

4.7. Маршеві рухові установки

4.8. Поверхня, що омивається

5. ВАГОВІ ТА ЦЕНТУВАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛІТАКА

5.1. Максимальна злітна вага літака

5.2. Розрахункова посадкова маса літака

5.3. Максимальне платне навантаження

5.4. Максимальний запас палива

5.5. Вагове зведення порожнього спорядженого літака

5.6. Центрувальні характеристики літака

6. ОСНОВНІ ЛІТНО-ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

6.1. Основні ЛТХ літака

6.2. Дальності польоту

7. ТРАНСПОРТНІ МОЖЛИВОСТІ ЛІТАКА

7.1. Транспортні можливості

7.2. Варіанти завантажень

7.3. Повітряне десантування

7.4. Низковисотне скидання вантажів

8. ОБМЕЖЕННЯ, РЕСУРСИ І ТЕРМІНИ СЛУЖБИ

8.1. Експлуатаційні навантаження

8.2. Максимальні швидкості польоту

8.3. Допустимі перевантаження кріплення вантажів при аварійній посадці

8.4. Максимальний надлишковий тиск у гермокабіні

8.5. Типові умови та гарантії забезпечення проектного ресурсу

9. ПРОГРАМА СТВОРЕННЯ ЛІТАКА

9.1. Пропозиції щодо термінів створення літака

9.2. Основні засади організації виробництва літака

9.3. Пропозиція щодо кооперації

9.4. Програма випуску серійних літаків

9.5. Трудомісткість виробництва літака

9.6. Трудомісткість підготовки виробництва

9.7. Вартість розробки літака

9.8. Собівартість літака за різних обсягів виробництва

10. ЛІТНІ ВИПРОБУВАННЯ І СЕРТИФІКАЦІЯ

10.1. Обсяг льотних випробувань

10.2. Сертифікація літака

11. ЕКОНОМІКА ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ

11.1. Вихідні дані

11.2. Прямі експлуатаційні витрати

11.3. Висновки

12. ТЕХНІЧНА ДОСКОНАЛІСТЬ І

КОНКУРЕНТОЗДАТНІСТЬ ЛІТАКА

12.1. Короткий опис ринку

12.2. Визначення технічного рівня

12.3. Порівняння з аналогами

ЗАВДАННЯ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЙОГО ЕТАПИ

Завдання інженерного проектування - це розробка виробу (процесу), що забезпечує оптимальне виконання певних завдань за певних обмежень на дії такого виробу. У більш широкому уявленні це може бути:

- 1) створення конкурентоспроможного виробу;
- 2) перевірка доцільності конструювання виробу;
- 3) визначення економічної ефективності використання виробу.

Проектування літака - складний процес, що вимагає величезного обсягу обчислювальних графічних робіт та різноманітних досліджень. У ньому можна виділити ряд етапів, які відображають технологію процесу проектування, що склалася:

- а) технічний проєкт (або етап розробки технічного завдання (ТЗ));
- б) технічну пропозицію (або попередній проєкт – аванпроєкт);
- в) ескізний проєкт;
- г) робочий проєкт.

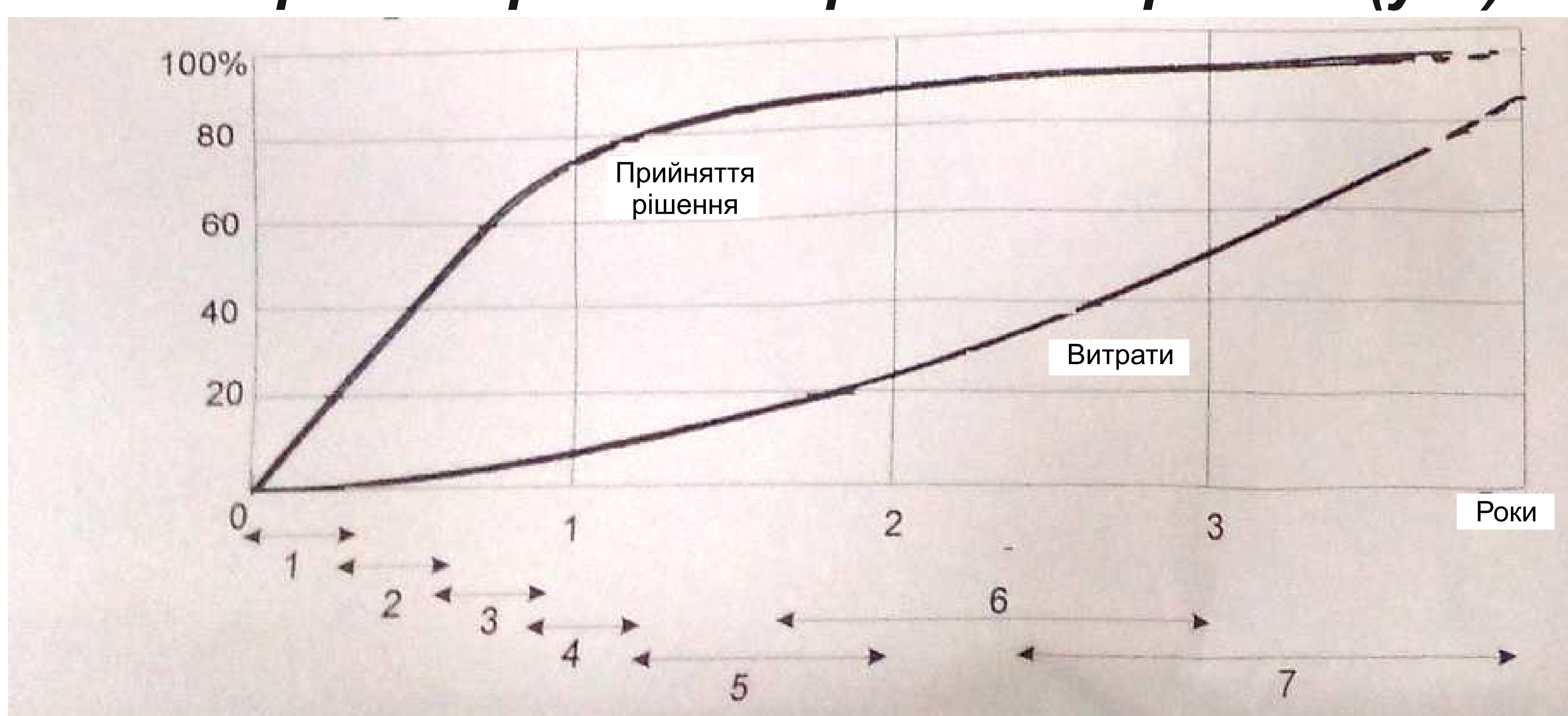
Безпосередньому проектуванню передують етап розробки вимог до літака, який створюється разом замовником та ОКБ. На цьому етапі головне - доцільність створення та побудови нового літака, а саме:

- а) вивчити потреби ринку та оборони країни;
- б) вивчити та проаналізувати світовий рівень аналогічних зразків літаків, їх льотні дані, економічні та експлуатаційні характеристики;
- в) проаналізувати тенденції розвитку конструкцій, аеродинаміки, технології, матеріалів, двигунів, обладнання тощо.

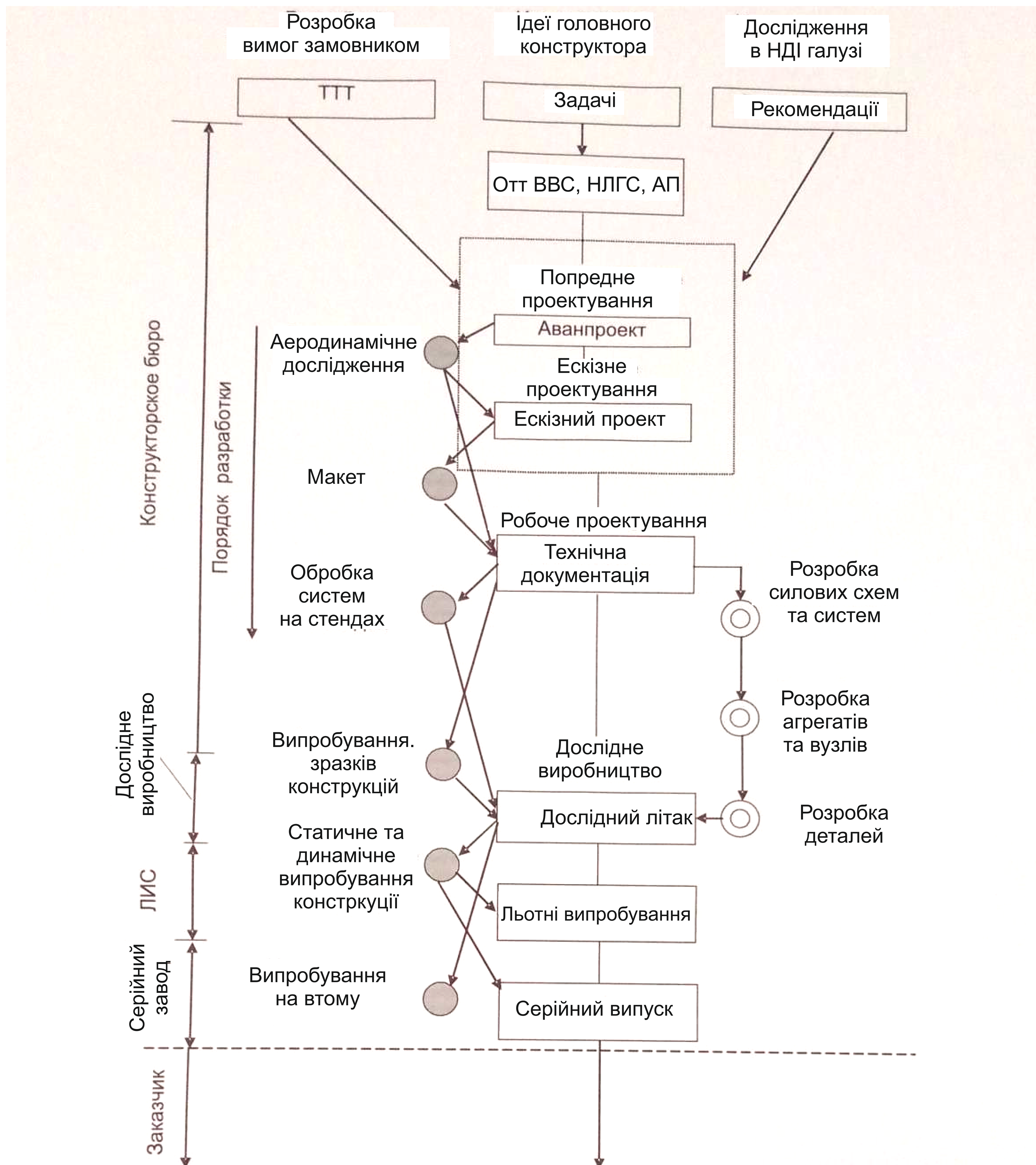
Укрупнена схематична діаграма процесу розробки проекту



Зміна витрат та розподіл прийнятих рішень (у %) на різних етапах розробки літака



- 1 – аналіз ТТТ, дослідження областей застосування;
- 2 - вироблення концепції літака;
- 3 – розробка аванпроєкту;
- 4 – розробка ескізного проєкту;
- 5 – робоче проектування;
- 6 - побудова літака, стендові випробування;
- 7-річні випробува



Випробування літака

Випробування дослідного літака проводяться під час виконання робочого проектування і включають цілий комплекс досліджень: на відповідність дійсних льотних характеристик розрахунковим характеристикам, на міцність, жорсткість, вібростійкість, ресурс, герметичність, рівень вібрацій, шумів та ін.

Кожен новий досліджуваний літак проходить з моменту його створення до впровадження в масову експлуатацію низку випробувань:

- відпрацювання на літаючих лабораторіях найбільш відповідальних систем, установок та агрегатів досліджуваного літака;
- заводські випробування досліджуваного літака;
- державні випробування досвідченого літака; експлуатаційні випробування досліджуваної серії літаків та випробування літаків - лідерів; випробування модифікованих та головних серійних літаків;
- випробування, що проводяться за спеціальними програмами (ресурсні випробування, випробування різних видів обладнання, агрегатів, двигунів та ін.);
- контрольні випробування серійних літаків.

Результати випробувань:

- 1) акти заводських, державних та експлуатаційних випробувань;
- 2) доопрацювання (документи та зразки);
- 3) свідоцтво (посвідчення) льотної придатності літака загалом та його агрегатів та систем (сертифікат льотної придатності);
- 4) технічні умови на постачання серійних зразків літаків;
- 5) інструкція експлуатації літака (посібник з льотної експлуатації (ПЛЕ) та технічного обслуговування (ТО)).