

## Вступ

Темою дипломного проекту є “Легкий літак модульного компанування”.

Спочатку ми розберемося що таке модульна конструкція та приклади де вона використовувалась. У процесі виконання роботи було проведено вивчення використання модульних конструкцій в сучасній авіапромисловості та її переваги. Після проведеної роботи можна прийти до висновків що ця ідея потрібна і має право на життя.

Основна задача це проектування консолі крила для легкого літака. Це крило буде збиратися окремо та встановлюватися на фюзеляж по-різному. Особливість модульної конструкції полягає у тому що даний літак може варіюватися в залежності від поставленої задачі. Це може бути моноплан нормальної схеми, біплан або ж літак схеми “тандем” або “безхвістка”. Для цього потрібно обрати правильну форму крила та його профіль.

В ході дослідження розглянуті наступні питання: проведено підбір та аналіз прикладів використання модульної конструкції в авіації; проведено аналіз можливих схем компоновки ЛА, виконано огляд можливих конструктивно-силових схем літальних апаратів; проведено аеродинамічний розрахунок різних компоновочних схем за допомогою чисельних методів

В результаті досліджень ми отримаємо консоль крила для літака модульного компанування.

Ці конструктивні рішення дадуть можливість удешевлення виробництва, та випуск легких літаків для різних задач, без великих змін у конструкції.

# 1. Модульна конструкція

## 1.1 Визначення модульної конструкції та її використання

Модульна конструкція, або являє собою підхід (дизайн і іншим чином), що поділяє систему на більш дрібні частини, звані модулі або санчата, які можуть бути незалежно один від одного, створених і потім використовуються в різних системах. Модульна система може бути охарактеризована функціональним поділом на дискретні масштабовані повторно використовувані модулі; Суворе застосування чітко визначених модульних інтерфейсів; і використання галузевих стандартів для інтерфейсів.

Модульність пропонує такі переваги, як зниження собівартості (за рахунок меншого настрійки), короткі терміни навчання, гнучкість при проектуванні, збільшення (додавання нового рішення шляхом простого підключення нового модуля) і виключення.

Автомобілі, комп'ютери, технологічні системи, сонячні батареї, вітряна турбіна, ліфти, меблі, ткацькі верстати, залізничні сигнальні системи, телефонні станції, орган, синтезатори, розподіл електричної енергії система і модульні будівлі є прикладами модульних систем.

Evolution також призводить до модульної конструкції виду в тому, гомологічних модулях, які поділяють приблизно та ж форма або функції з'являються в різних організмах. Комп'ютери використовують модульність для подолання мінливих потреб клієнтів та зробити процес виробництва більш адаптивним до змін (див модульного програмування). Модульна конструкція являє собою спробу об'єднати перевага стандартизації (високий обсяг зазвичай становить низькі виробничі витрати) з такими настрійками. Недоліком модульності (і це залежить від ступеня модульності) є те, що низька якість модульні системи не оптимізовані для підвищення продуктивності. Це, як правило, через вартість розклеювання інтерфейсів між модулями.

Приклади використання модульної конструкції у різних сферах:

- У транспортних засобах:

Аспекти модульної конструкції можна побачити в автомобілях або інших транспортних засобів, в тій мірі, щоб там бути деякі частини до автомобіля, які можуть бути додані або видалені без зміни іншої частини автомобіля.

Простий приклад модульної конструкції в автомобілях є тим фактом, що, в той час як багато автомобілів поставляються в якості базової моделі, платити додатково дозволить «замикається» оновлення, такі як більш потужний двигун або сезонні шини; вони не потребують будь-яких змін в інші вузли автомобіля, такі як шасі, рульове управління, електродвигун або батареї системи.

- В будівництві:

Модульна конструкція можна побачити в деяких будівлях. Модульні будівлі (а також модульні будинки), як правило, включають в себе універсальні частини (або модулів), які виробляються в фабриці, а потім відправлені до місця збірки, де вони зібрані в різні механізми.

Модульні будівлі можуть бути додані або зменшені в розмірі шляхом додавання або видалення певних компонентів. Це може бути зроблено без зміни великих частин будівлі. Модульні будівлі також можуть зазнавати змін у функціональності, використовуючи той же процес додавання або видалення компонентів.

Наприклад, офіс будівля може бути побудовано з використанням модульних частин, таких як стіни, рами, двері, стелі і вікна. Інтер'єр може бути розділена (або розділені) з великою кількістю стін і обладнані столи, комп'ютери і все, що ще потрібно для функціонування робочої області. Якщо офіс повинен бути розширений або переділений для розміщення співробітників, модульні компоненти, таких як стінові панелі можуть бути додані або переміщені, щоб внести необхідні зміни, не змінюючи всю будівлю. Пізніше цей же офіс може бути розбитий і переставити, щоб сформувати роздрібне простір, конференц - зал або інший тип будівлі, використовуючи ті ж модульні компоненти, які спочатку сформували офісна будівля. Нова будівля

може бути переобладнано з будь-деталлю, необхідними для виконання своїх бажаних функцій.

Інші типи модульних будівель, які пропонуються від компанії, як Allied Modular включають в себе гауптвахту, машина корпус, прес - форму, конференц - зал, два-поверхова будівля, чисту кімнату і багато інших додатків.

Багато хибні уявлення проводяться щодо модульних будівель. Насправді модульна конструкція є життєздатним методом будівництва для швидкого обороту і швидко зростаючих компаній. Галузі, які виграють від цього включають охорону здоров'я, комерційні, торгові, військові і багатоквартирного / студентське житло.

- У комп'ютерних техніках:

Модульна конструкція комп'ютерної техніки так само, як і в інших речах (наприклад, автомобілі, холодильники, меблі). Ідея полягає в тому, щоб побудувати комп'ютери з легко замінними частинами, які використовують стандартні інтерфейси. Цей метод дозволяє користувачеві оновити деякі аспекти комп'ютера легко, без необхідності купувати інший комп'ютер в цілому. Ця ідея була також реалізована в проекті Ara, який надав платформу для виробників, щоб створювати модулі для смартфона, який потім може бути налаштований кінцевим користувачем.

Комп'ютер є одним з кращих прикладів модульної конструкції. Типові модулі включають в себе блоки живлення, процесори, материнські плати, відеокарти, жорсткі диски і оптичні диски. Всі ці частини повинні бути легко взаємозамінними до тих пір, поки користувач використовує деталі, які підтримують один і той же стандартний інтерфейс. Подібно модульності комп'ютера, інші інструменти, які були розроблені, щоб використовувати модульну конструкцію, наприклад, littleBits Electronics, які оснащені разом з функціонально сумісних модулів для створення схем.

## 1.2 Приклади використання модульної конструкції в авіації 19 століття

### 1.2.1 FH.40 Hurricane

Приводиться в ряді джерел заяву, що експериментальний біплан "Харрикейн" повинен був стати висотним літаком, не відповідає дійсності. Основна мета полягала в зменшенні питомого навантаження на крило і забезпеченні можливості зльоту перевантаженому літаку. Що стосується "Харрикейна" -біплана, то при завантаженні на літак додаткового запасу палива і скиданні після зльоту додаткового крила повинна була зрости дальність польоту. При зльоті "Харрикейна" - біплана з нормальною вагою повинні були зменшитися довжина розбігу, зрости скоропідйомність і практична стеля.



Рис.1.1FH.40 Hurricane

З ідеєю створення бойового літака, який би здійснив зліт і набір висоти в конфігурації біплана, а горизонтальний політ і бій вів би в конфігурації моноплана (практичне використання зміни ваги на одиницю площі поверхні, що несе), в 1930-і роки працювали у Франції, Німеччині, Радянському Союзі і в інших країнах. У Великобританії деякі авіаконструктори незалежно один від одного прийшли до ідеї використання моноплана з скидаються в польоті крилом.

Так, наприклад, Х. Стігер (H. Stieger) запропонував для компанії Blackburn бомбардувальник зі скидаються допоміжним крилом (т.зв. Slip

Wing). Перевантажений бомбами і паливом бомбардувальник злітав в конфігурації біплана і після набору висоти повинен був скинути допоміжне крило і продовжувати політ в конфігурації моноплана. У цій же конфігурації після скидання бомб і вироблення палива машина повинна була здійснити посадку.

Ще більш цікава ідея була запропонована піонером британської авіації і неортодоксальним авіаконструктором Ноелем Пембертон-білінгу, який запропонував безпілотний бомбардувальник. Пілот бомбардувальника мав розміщуватися в приєднаному до цього літального апарата додатковому допоміжному крилі!

Далі всіх пішов У. Р. Чаун (WR Chown) - комерційний директор невеликої компанії F. Hill & Sons (Hillson), яка в кінці 1940 - початку 1941 року побудувала мініатюрний експериментальний літак Bi-Mono, який представляв собою моноплан з додатково встановленими знімним крилом. У тому ж році в Боскомб-Дауне були проведені цілком задовільні льотні випробування.

У наступному році британське Міністерство авіації видало компанії Hillson замовлення на оснащення винищувача Hawker Hurricane Mk.I допоміжним скидаються крилом. Чаун вважав, що перевантажений "Харрікейн" зможе мати злітна вага 4950 кг і з запасом палива тисячі шістсот вісімдесят два літри мав би дальність і тривалість польоту 2300 кілометрів і 6 годин.

Компанія Hillson відразу почала роботи над проектом, який отримав всередині фірмове позначення FH.40. Для робіт Королівськими ВПС компанії Hillson був виділений винищувач Hurricane Mk.I (L1884) з двигуном Merlin II і початковим крилом з полотняною обшивкою. У 1939 році цей літак був проданий Канаді і в 1940 році повернувся до Британії в складі 1-ї ескадрильї Королівських ВПС Канади (Royal Canadian Air Force - RCAF) і ніс канадський реєстраційний номер 321.

Компанією Hillson було виготовлено цельнодеревянной крило з майже ідентичними видом в плані і таким же аеродинамічним профілем, що у "Харрикейна". Відмінністю від оригінального крила була відсутність елеронів і закрилків. Фюзеляж і крило винищувача було оснащено піротехнічних відокремлюваними соединителями, до яких кріпилися пов'язані з виділенням крилом N-образні межкрильевие і похилі центропланні стійки. Після скидання крило повинно було спускатися на землю на парашуті для подальшого використання.

### 1.2.2 Ка-26

Ідея створення "літаючого шасі" вперше була реалізована в ОКБ Камова в травні 1965 го, коли відбувся перший підйом в повітря багатоцільового вертольота модульної конструкції Ка-26. Пілотував його заводський льотчик-випробувач В.Громов.



*Рис.1.1. Сільськогосподарський варіант Ка-26*

За критерієм "ефективність-вартість" Ка-26 є видатним вертольотом. Він істотно перевершив Мі-2 в області виконання авіаційно-хімічних робіт і транспортування великогабаритних вантажів на зовнішній підвісі.

Ка-26 при менших потужності двигунів і власної маси перевозить однаковий з Мі-2 вантаж в транспортній кабіні і на 200 кг більше - на зовнішній підвісі. Він має майже в два рази більшу дальність із заправкою внутрішніх баків, ніж Мі-2.

Конструкція: Вертоліт двухвінтової соосної схеми з двома ПД і чотирьохколісним шасі.

Фюзеляж має компоновку в вигляді "літаючого шасі" з центральним відсіком-платформою прямокутної форми, до якого спереду кріпиться кабіна екіпажу, а ззаду дві хвостові балки, що несуть горизонтальне оперення. Зверху центрального відсіку встановлений головний редуктор з несучою системою, а з боків дві гондולי з двигунами М-14В26.



*Рис.1.3 Змінні модулі Ка-26*

Кабіна екіпажу двомісна, з гарним оглядом і зсувними дверима. В кабіні передбачається установка другого комплекту управління. За сидіннями екіпажу розміщуються відсіки радіоелектронного і приладового обладнання з великими люками для обслуговування.

У транспортному варіанті вертоліт обладнується швидкознімною підвісний вантажопасажирської кабіною з внутрішніми розмірами 1.28 x 1.37 x 1.84м і відкидними сидіннями для шести пасажирів. Вхід в кабіну здійснюється через двостулкові двері в задній частині, в підлозі кабіни є люк розміром 0.5 x 0.7м, який використовується для підйому і висадки людей на режимі висіння або установки обладнання. Вантажопасажирська кабіна має припливно-витяжну вентиляцію, опалення та звукоізоляцію.



Для перевезення великогабаритних вантажів використовується вантажна платформа з відкидними бортами, що встановлюється замість вантажопасажирської кабіни.

Дві хвостові балки полумонококової конструкції з алюмінієвого сплаву служать для установки горизонтального і вертикального оперення. Горизонтальне оперення площею 1.97м<sup>2</sup> складається з стабілізатора розмахом 3.22м з кермом висоти площею 0.85м<sup>2</sup>, зафіксованого щодо стабілізатора під негативним кутом 16.3, стабілізатор металевий, двухлонжеронної конструкції, хорда стабілізатора 0.7м, профіль НАСА 0015.

Шасі не вбирається, чотириколісні, з форменими головними опорами з азотно-масляними амортизаторами і гальмівними колесами полубаллонного типу розмірами 505 x 185мм і тиском 0.24МПа. Головні опори забезпечені демпферами поперечних коливань. Передні опори самоорієнтуються, з колесами полубаллонного типу розмірами 300 x 125мм і тиском 0.34МПа. Колія головних опор шасі 2.42м, передніх опор 0.9м, база шасі 3.48м.

Устаткування визначається призначенням вертольота, розроблено 8 різних комплектів змінного обладнання. В сільськогосподарському варіанті передбачені два комплекти обладнання:

для розбризкування рідких хімікатів, що складається з бака ємністю 800л, що підвішується до центрального відсіку, і крупно-і середнекапельного обприскувача шириною 11.2м, підтримуваного форменою конструкцією;

для розпилення сипучих хімікатів, що складається з бункера ємністю 800л і відцентрового розкидача.

## **1.3 Приклади використання модульної конструкції в сучасних літаках**

### **1.3.1 Учбовий літак модульної конструкції**

Ідею літака 15 листопада 2016 представив засновник і директор британської компанії Dart Jet Трістан Крауфорд (Tristan Crawford) в ході конфе-

ренції в Парижі. Концепція літака народилася з ідеї про те, що потрібно запропонувати замовнику літак, які, на відміну від більшості існуючих військових програм, міг би використовувати мають на ринку технології. Вони також дозволяють створити літак модульної конструкції, який легко може бути доопрацьований під вимоги замовника, а також відрізняється невисокою вартістю.



*Рис.1.4 Концепція навчально-тренувального модульного літака Dart Jet*

Інженери компанії DartJet працюють в різних аерокосмічних фірмах, вони провели аналіз світового ринку навчально-тренувальних літаків і літаків підвищеної підготовки. Вони прийшли до висновку, що на ринку пропонуються прості літаки, створені за старими концепціям, які не пристосовані до сучасних вимог на етапі основної підготовки, а також дуже складні літаки, вельми близькі до винищувачу, а тому дорогі, для етапу підвищеної підготовки. Тільки літак Pilatus PC-21 знаходиться між цими нішами. Але цей літак оснащується турбогвинтовим двигуном, і його характеристики дуже далекі від реактивного літака.

Dart Jet пропонує розробити єдиний планер для обох етапів навчання. Для початкового навчання до фюзеляжу кріпиться пряме крило, для підвищеної підготовки - стреловидне. Силова установка також може монтуватися в залежності від необхідності, завдяки запатентованій схемою кріплення дви-

гуна під фюзеляжем. Кабіна пілотів також модульної конструкції. У ній встановлено єдиний монітор, на який можна виводити комбінацію приладів будь-якого літака. Розробники звертають увагу на вбудовані можливості з імітації. Обидва типи літака будуть пропонуватися в рамках єдиного пакета, в який включені системи підготовки польоту і тренажери.

За словами Крауфорда, на борту Dart Jet не буде нічого нового. І це одна з сильних сторін концепції. Спираючись на вже перевірені технології, Dart Jet скоротив терміни і вартість розробки і пропонує концепт з можливістю подальшої еволюції.

На сьогоднішній день компанія Dart Jet здійснила перше залучення коштів, які дозволяє провести технічну оцінку концепції. Розробники модульного літака знаходяться в пошуках виробничого партнера, і, за словами Крауфорда, вже кілька компаній проявили свою зацікавленість. Dart Jet заснований на прикладі літака Scorpion розробки компанії Textron, розробники вважають, що протягом декількох років можна буде розробити прототип і приступити до програми льотних випробувань.

З даним проектом Dart Jet розраховує переконати такі європейські країни як Швеція, Іспанія або навіть Франція. Також в числі потенційних клієнтів розглядаються країни Африки. Розробники Dart Jet розраховують отримати доступ до ринку 250 літаків протягом 25 років.

### **1.3.2 М-12 Касатик**

Малогабаритний надлегкий тримісний літак М-12 "Касатик" конструкції Мастерова Н. П. розроблено дослідно-конструкторським бюро "Фенікс" ВАТ "Авіакор" і призначений для позааеродромних польотів. Він може широко застосовуватися для інспекції та екологічного контролю в лісовому, мисливському і рибному господарстві, аерофотозйомки місцевості, патрулювання залізних і автомобільних доріг, нафто- і газопроводів, навчально-тренувальних польотів, авіаспорту і туризму, ведення сільськогосподарських робіт.



*Рис.1.5 М-12 "Касатик"*

Конструкція літака суцільнометалева, модульна, що дозволяє при необхідності в короткі терміни проводити розтиковку для транспортування, а також заміну колісного шасі на поплавки або в зимовий час на лижі. На авіасалоні надлегких літальних апаратів (СЛА) в Гатчині в 1993 р літак відзначений дипломом Федерації легкомоторної авіації Росії (ФЛА) як перспективний літак модульної конструкції. У 1997 році в ЗАТ КФ "Промакс" дочірньому підприємстві ВАТ "Авіакор" прийнято рішення про серійне виробництво літаків "Касатик М-12". Перший серійний літак буде виготовлений в червні 1999 року. Отримання сертифіката типу Армакост планується у вересні 1999 року.

Кабіна літака оснащена системою опалення, має панорамний огляд і створює відмінні умови для спостереження і фото-кіно зйомок. Управління літаком виконується одним пілотом. Для навчання польотам передбачена установка подвійного управління. Літак може виконувати зліт і посадку на непідготовлених майданчиках. За бажанням замовника можливе оснащення літака двигунами потужністю 64 л. с. "Rotax-582", а також авіонікою європейського виробництва. Літак оснащений швидкодіючої системою порятунку, (БПС) "Кобра-600" дозволяє рятувати літак і пасажирів при максимальній швидкості 300 км / год і мінімальній висоті 40 м.

### 1.3.3 АС-168 Аероскіф

На початку 2017 року Київська компанія "Аероскіф" представляє новий одномоторний чотиримісний літак моделі АС-168 "Аероскіф". Компанія "Аероскіф" створена була в 2005 р як конструкторське бюро з проектування легких літаків. Основним напрямком діяльності компанії були і залишаються розробка та виробництво легких одномоторних чотиримісних літаків. Це стало ясно вже буквально через кілька місяців після першого знайомства з компанією "Аероскіф", коли вона підняла свій перший чотиримісний літак СН 640, зібраний з кит-набору.



*Рис.1.6АС-168 Аэроскиф*

В конструкції і технології виробництва ми застосували перевірені і прості конструктивні рішення, що забезпечують легку збірку пілотами-любителями. Зокрема, це досягається застосуванням технології складання по складальним отворах, підготовкою докладних настанов з самостійній збірці літака в домашніх умовах. Ми пропонуємо набір деталей такої міри готовності, який дозволяє споживачу зібрати повноцінний літак з сертифікованих комплектуючих деталей при мінімальному наборі інструментів і пристосувань, при відсутності навичок і спеціальної освіти. При цьому вигода досягається не тільки за рахунок зменшення ціни при покупці літака в кит-наборі, але і за рахунок програми контролю якості.

Конструкція збірного літака AC 168 "Аероскіф" модульна - кожна секція збирається окремо на плоскому столі, без будь-яких стапельних пристосувань. Таким чином, багато конструктори-любители отримують навички у міру просування збірки літака. При модульній конструкції комплекту потрібно мінімальний робочий простір, оскільки більшість конструкторів-любителів та пілотів-початківців збирають літаки в гаражі, розрахованому на одну машину, або в майстерні, розташованій в підвалі.

В основу концепції проектування покладена ідея розробки, виробництва і виведення на світовий ринок легкої авіації сучасного чотиримісного цельнометаллического одномоторного літака з підвищеним ступенем безпеки і високими економічними показниками. Основними сегментами експлуатації спочатку були визначені чотири:

- бізнес;
- рішення спеціальних завдань;
- навчання;
- використання в особистих цілях.

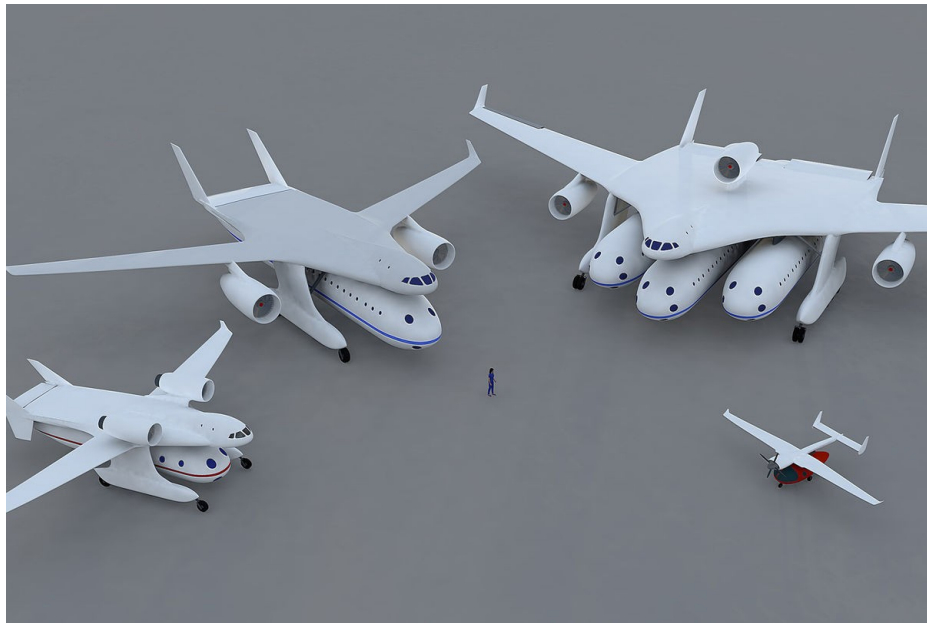
### **1.3.4 Модульний літак з від'єднувати відсіками для пасажирів і вантажів**

Вперше проект Clip-Air заявив про себе в 2013 році. Концепція модульного літака з від'єднувати відсіками для пасажирів і вантажів була представлена розробниками Федеральної політехнічної школи Лозанни.

Повітряне судно виконано за традиційною схемою: фюзеляж, кабіна пілотів і двигуни. Інша частина Clip-Air - це від'єднуються модулі, які можуть використовуватися для різних потреб - як для перевезення пасажирів, так і для транспортування вантажів.

Конструкція літака може бути свого роду навіс - з крил і кабіни пілотів, під якою кріпляться змінювані модулі. Всього можна розмістити до трьох відсіків.

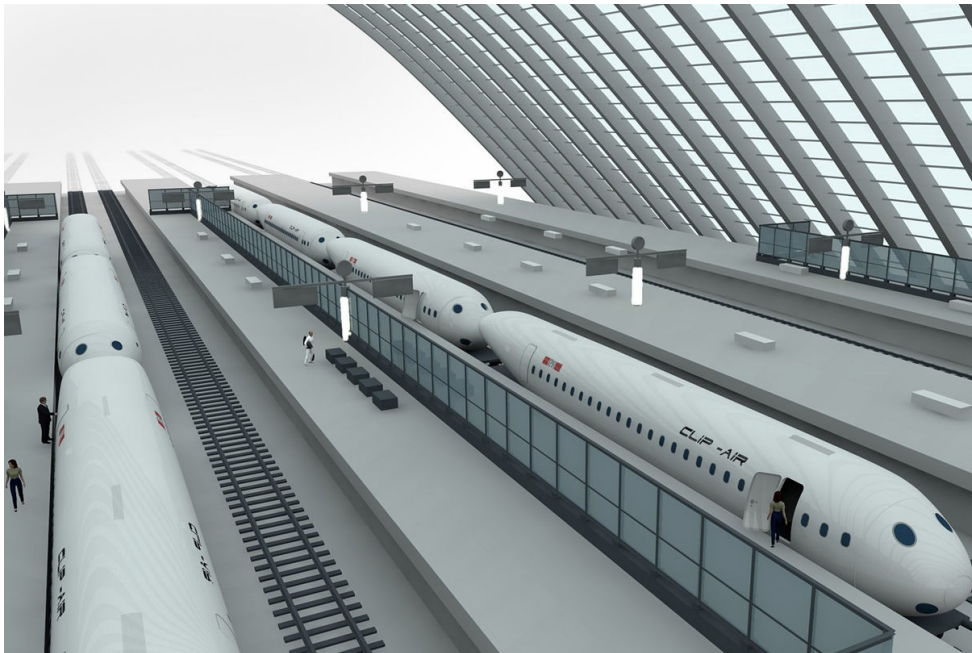
Відсіки можна буде приєднувати заздалегідь або після того, як літак добереться до певної точки. Наприклад, він може доставити пасажирів з пункту А в пункт Б, а на зворотному шляху доставити вантажі.



*Рис.1.7Повітряне судно Clip-Air з від'єднуваними модулями*

Ще одна перевага модулів - це можливості перевезення. Їх легко можна занурити на вантажівку, поїзд або інший вид транспорту. Пасажири при цьому можуть не залишати модуль, а використовувати його як повноцінний вид транспорту. Наприклад, дістатися частину шляху на літаку, а частина - на поїзді, не залишаючи кабіну. Подібну концепцію недавно запатентувала компанія Airbus - проект капсульної кабіни, яка занурюється в літак з пасажирами всередині.





*Рис. 1.8* Можливості перевезення модулів на поїзді

Найближчим часом швейцарські інженери планують зібрати зменшений прототип літака. Безпілотник довжиною 10 метрів дозволить випробувати принцип роботи майбутнього повітряного судна і оцінити його життєздатність.



## **Висновок по розділу**

Підсумовуючи, модульна конструкція ЛА-конструкція, що складається з окремих модулів, кожен з яких представляє собою групу складальних одиниць і може бути замінений в умовах експлуатації (при несправності, виробленні ресурсу або модифікації) без підгінних, балансувальних робіт.

У розділі розглянуті переваги модульної конструкції та розглянуті приклади застосування даної технології.

Модульна конструкція літака кожна секція збирається окремо на плоскому столі, без будь-яких стапельних пристосувань. Таким чином, багато конструктори-любителі отримують навички у міру просування збірки літака.

Так само дозволяє при необхідності в короткі терміни проводити розстиковує для транспортування, а також заміну колісного шасі на поплавки або в зимовий час на лижі.

Виходячи з прикладів наведених зверху ідея модульної конструкції має попит та корисна на сьогоднішній день.

## 2. Проектування розрахункової моделі

### 2.1 Види аеродинамічної схеми

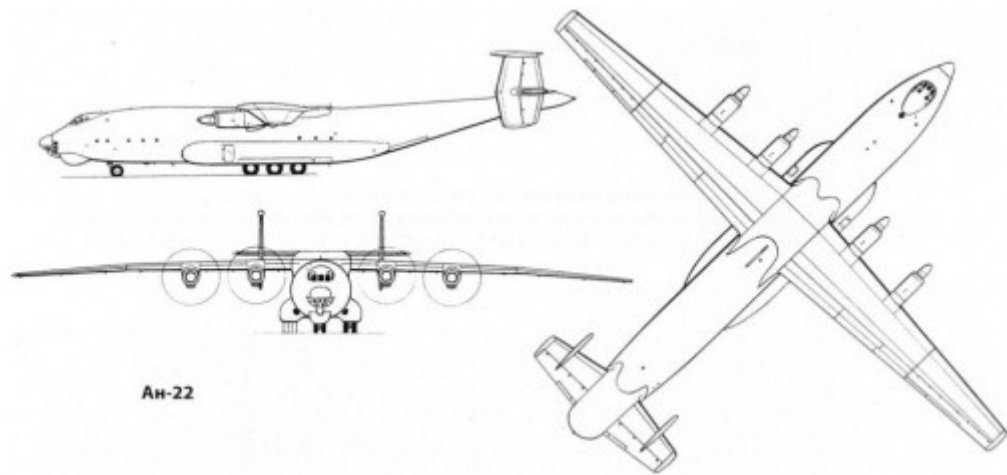
Так як наш літак через свою модульну конструкцію буде мати різні аеродинамічні компоновки, потрібно розібратися які вони бувають. Розібрати їх переваги та недоліки.

Опис літака визначається взаємним розташуванням агрегатів, наприклад їх формою і кількістю. Від схеми і аеродинамічного компоновання літального апарату залежать його аеродинамічні і техніко-експлуатаційні властивості. Вдало обрана схема дозволяє підвищити економічну ефективність літака, безпеку і регулярність польотів. Перед вибором схеми проектного літака ідуть вивчення та аналіз схем літаків, прийнятих в якості прототипів. Аналізу підлягають:

- розташування оперення та крила щодо фюзеляжу, а також їх форма;
- розташування двигунів, їх кількість і тип;
- тип і розташування опор шасі.

Подивимося на переваги та недоліки основних аеродинамічних схем літака:

*Нормальна аеродинамічна схема (Рис.2.1)* – найбільш використовувана аеродинамічна схема, при якій літальний апарат (ЛА) має горизонтальне оперення (стабілізатор) розташований після крила. Для забезпечення статичної стійкості ЛА нормальної аеродинамічної схеми положення центра ваги повинно бути попереду аеродинамічного фокусу. Нормальна аеродинамічна схема має найпростіше рішення питань поздовжньої керованості і стійкості на різних режимах польоту.



*Рис.2.1. Нормальна аеродинамічна схема літака*

#### Переваги нормальної схеми

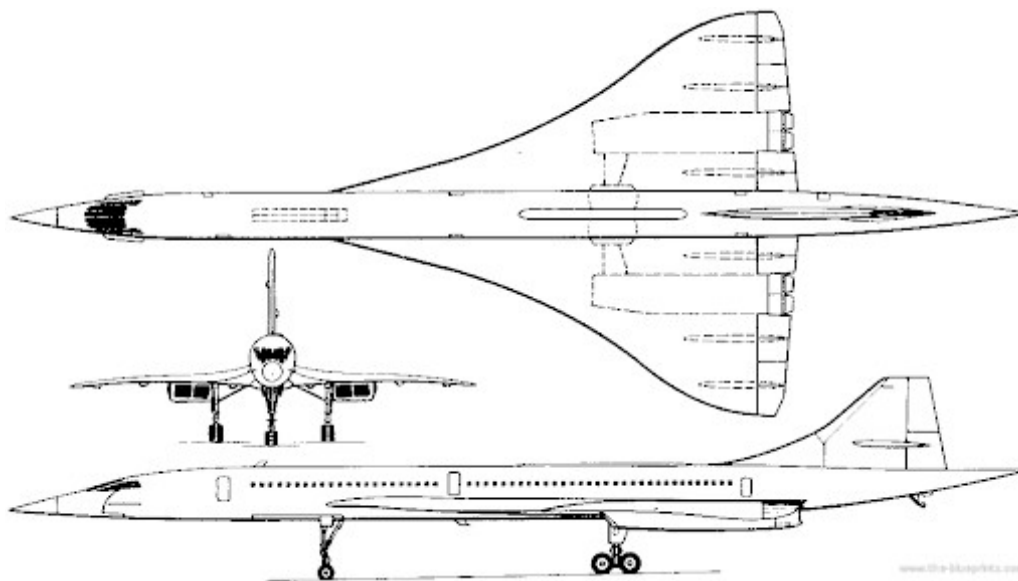
- Дозволяє отримати найбільший розбіг допустимих центрівок в порівнянні з іншими аеродинамічними схемами. Це властивість найбільш цінне для пасажирських і транспортних літаків. Решта переваги визначаються відсутністю недоліків інших схем:
- Безпечніше ніж качка, так як відсутня небезпека клювка.
- На відміну від бесхвостки, дозволяє використовувати потужну механізацію крила, що покращує Злітно-посадочні характеристики.

#### Недоліки нормальної схеми

- Наявність втрат на балансування. Для статично стійкого літака, балансувальне зусилля на ГО віднімається з підйомної сили крила.
- просіла при виконанні маневру. Причина та ж - керуюче зусилля спрямовано вниз.
- У порівнянні з бесхвостка, має більше омивану поверхню і відповідно, більше аеродинамічний опір.

*Аеродинамічна схема «безхвістка»(Рис.2.2)* - аеродинамічна схема, згідно з якою у літака відсутні окремі площини вертикального управління, а використовуються тільки в площині, встановлені на задній кромці крила. Ці

площини називаються елевонами і комбінують функції елеронів і керма висоти.



*Рис.2.2. Літак схеми «безхвістка»*

#### Переваги «безхвістки»

- меншу вагу планера
- менший опір,

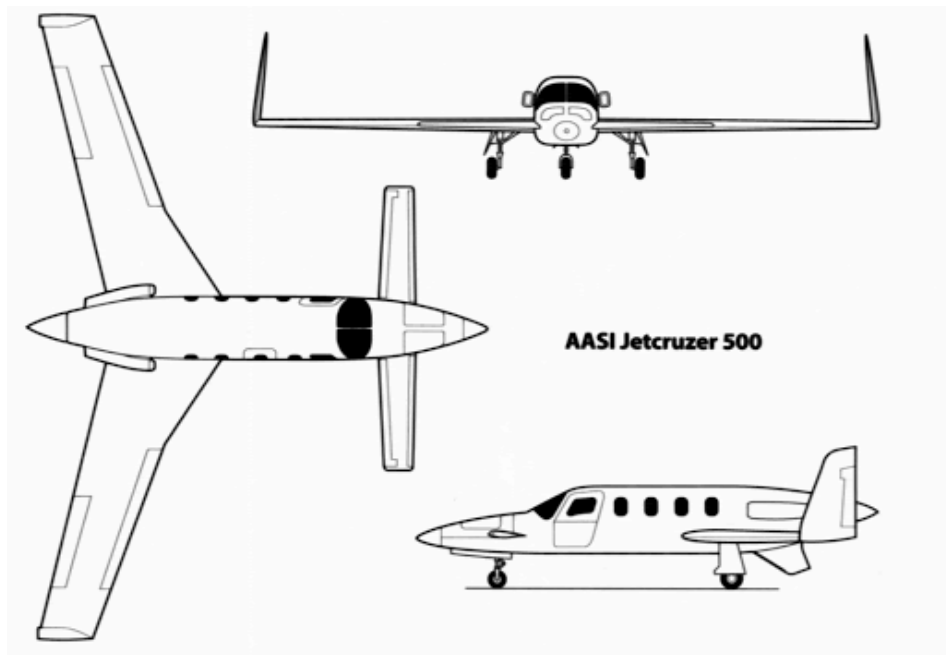
#### Недоліки «безхвістки»

- менше плече органів вертикального управління призводить до меншої ефективності управління по каналу тангажа.

*Аеродинамічна схема «качка»* (рос. «утка») (Рис.2.3) — аеродинамічна схема, при якій у літального апарату органи поздовжнього управління (переднє горизонтальне оперення розташовані попереду крила.

#### Переваги:

Схема «качка» забезпечує управління по тангажу без втрат підйомної сили на балансування, оскільки підйомна сила ПГО збігається за напрямком з підйомною силою основного крила, на відміну від нормальної аеродинамічної схеми, при якій заднє горизонтальне оперення створює негативну підйомну силу. Тим не менше, «качки» практично не використовуються в чистому вигляді через властиві їм серйозні недоліки.



*Рис.2.3. Літак схеми «качка»*

Недоліки:

Літаки, з аеродинамічною схемою «качка» мають серйозний недолік, який називається «схильність до клювання». Через скошування потоку за переднім горизонтальним оперенням (ПГО) кут атаки на крилі менший, ніж на ПГО, тому зі збільшенням кута атаки зрив потоку починається спочатку на ПГО. Це викликає зменшення підйомної сили на ньому, що супроводжується «клюванням» носа літака, особливо небезпечним на зльоті та посадці.

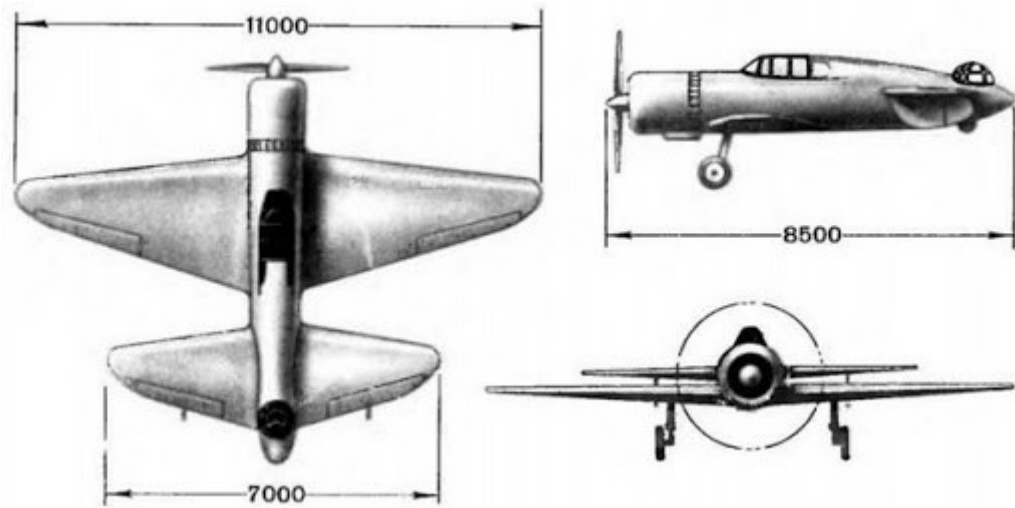
*Аеродинамічна схема «Тандем» (Рис.2.4)* - це аеродинамічна схема в якій два крила встановлювалися на різних кінцях фюзеляжу. Кожне з цих крил створює, приблизно, половину сумарної аеродинамічної сили.

Переваги

- Приріст підйомної сили, при менших габаритах БПЛА.

Недоліки

- Збільшується аеродинамічний опір;
- Проблеми з центруванням ЛА.



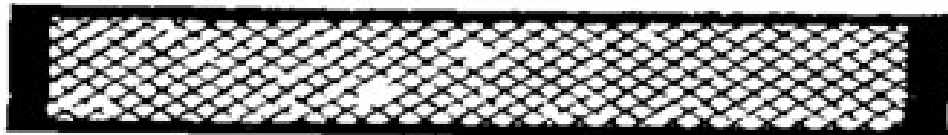
*Рис.2.4. Літак схеми «тандем»*

## **2.2 Ознайомлення та аналіз компоновки крила ЛА**

В світовій практиці, за час існування авіації, було розроблено, досліджено та введено в експлуатацію багато компоновок крил. Але всі розробки можна поділити на певні типи за певними критеріями, такі як: стрілоподібність, геометрична форма в плані, розміщення крила на фюзеляжі.

За стрілоподібністю крила поділяють на:

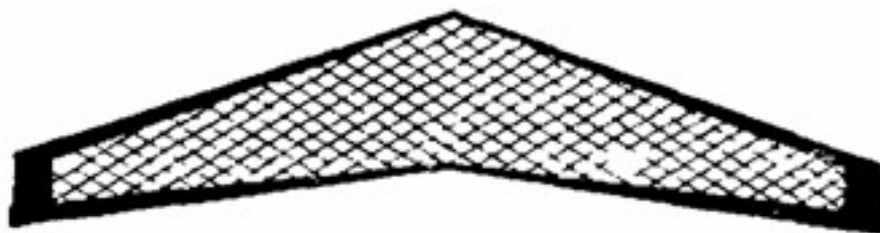
- -Пряме крило (Рис.2.6).
- -Крило з прямою стрілоподібністю



*Рис.2.5. прями крил в плані.*

Основною перевагою прямого крила є його високий коефіцієнт підйомної сили навіть при малих кутах атаки. Це дозволяє істотно збільшити питоми навантаження на крило, а значить зменшити габарити і масу, не побоюючись значного збільшення швидкості зльоту і посадки. Даний тип крила застосовується в дозвукових легких та надлегких літаках. Ще однією перевагою прямого крила є технологічність виготовлення, що дозволяє здешевити виробництво.

Недоліком, визначаючим непридатність такого крила при звукових швидкостях польоту, бо воно спричиняє різке збільшення коефіцієнта лобового опору при перевищенні критичного значення числа Маха.



*Рис.2.6. Крило з прямою стрілоподібністю. Вигляд в плані.*

На малих швидкостях вигідніше пряме крило тому крило з стрілоподібністю ми розглядувати не будемо.

Геометрична форма крила в плані дуже впливає на його аеродинамічні характеристики. Зокрема, форма крила, визначає аеродинамічний опір, несучі якості крила на критичних режимах роботи, максимальну швидкість ЛА.

Найбільш простими і найбільш ефективними, на швидкостях до  $0,5M$ , є прямокутні крила без стрілоподібності, але в них значний індуктивний опір, що знижує несучі властивості крила (Рис.2.7).



*Рис.2.7 Літак з прямокутним крилом*

Існує кілька способів зменшення індуктивного опору:

- Збільшення подовження крила зменшує площу областей крила, «працюють» на створення вихорів.

- Установка кінцевих шайб ускладнює процес перетікання повітря через законцовки і, таким чином, зменшує індуктивний опір.

- Негативна крутка крила. Зменшення кутів атаки на закінцівках консолей зменшує різницю тисків на закінцівках і, отже, інтенсивність утворення вихорів.

## **2.3 Ознайомлення та аналіз горизонтального та вертикального оперення**

Оперення літака служить для забезпечення стійкості, керованості і балансування літака. У літаків звичайної (класичної) аеродинамічної схеми оперення розташоване позаду крила і розділяється на горизонтальне і вертикальне.

Горизонтальне оперення літаків звичайної схеми забезпечує поздовжнє (відносно поперечній осі OZ) балансування, стійкість і керованість.

Вертикальне оперення літаків звичайної схеми забезпечує шляхове (відносно вертикальній осі OY) балансування, стійкість і керованість.

Поперечне (відносно поздовжній осі OX) балансування і керованість літаків звичайної схеми забезпечується елеронами. Оперення зазвичай складається з нерухомих і рухомих поверхонь. Нерухомі поверхні служать для забезпечення рівноваги (балансування) і стійкості літака. При відхиленні рухомих поверхонь створюються аеродинамічні моменти, необхідні для забезпечення рівноваги (балансування) і керування польотом. Нерухома частина горизонтального оперення має назву - стабілізатор, а вертикального – кіль. До стабілізатора шарнірно кріпиться кермо висоти, що складається зазвичай з двох половин, а до кіля кріпиться кермо напрямку (Рис. 2.8).



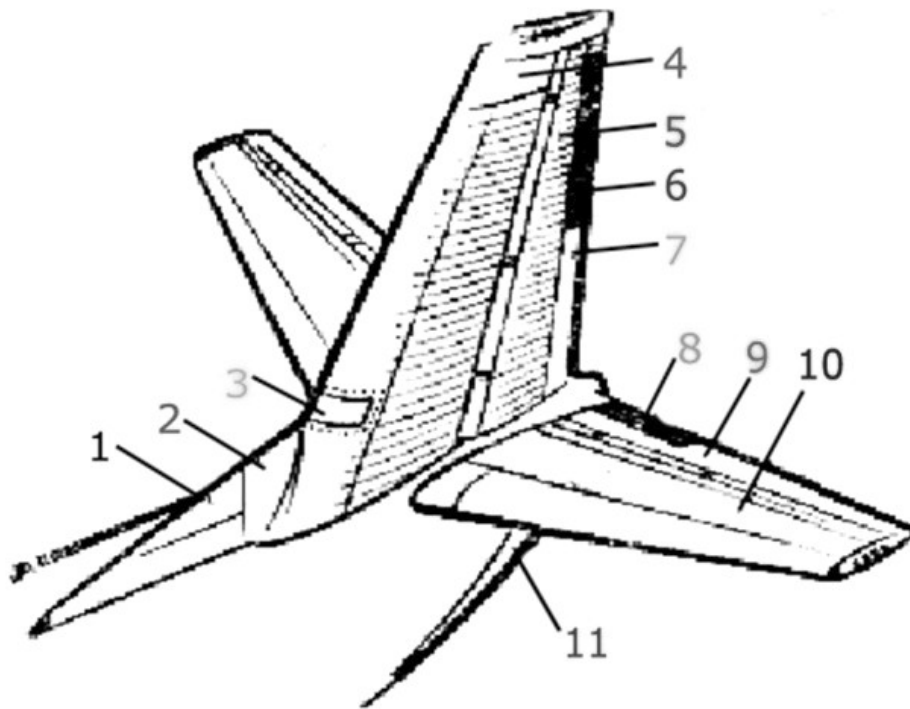


Рис. 2.8. Загальний вид оперення:

1 - форкіль; 2 - заліз; 3 - проблісковий маяк; 4 - кіль; 5 - кермо напряду; 6 - тример керма напряду; 7 - сервокомпенсатор; 8 - тример керма висоти; 9 - кермо висоти; 10 - стабілізатор; 11 - фальшкіль.

Геометричні характеристики і зовнішні форми оперення ті ж, що і у крила – розмах, хорда, площа оперення і його керма, подовження, звуження, форма в плані, форма поперечного перетину, вигляд спереду і вигляд збоку. Форма горизонтального оперення літаків звичайної конструкції характеризується виглядом в плані (рис. 2.9) і формою профілю. На літаках найбільше розповсюдження отримало прямокутне і стрілоподібне горизонтальне оперення з симетричним профілем відносної товщини.

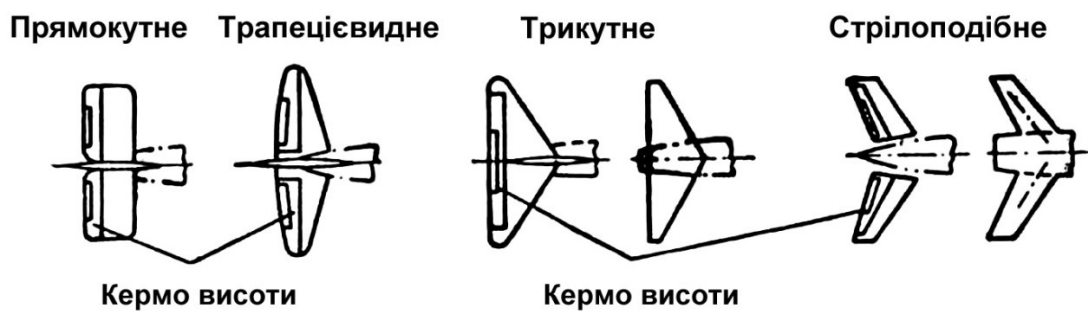


Рис. 2.9. Форми горизонтального оперення в плані

Форма вертикального оперення характеризується виглядом з боку (Рис. 2.10) і формою профілю. Для вертикального оперення застосовується завжди симетричний профіль, що має відносну товщину 4-8 %.



Рис. 2.10. Форми вертикального оперення при вигляді збоку.

До осн. типів оперення літака (Рис.2.11) належать: однокільове з нижнім розміщенням горизонтального оперення (звичайне), Т- та V-подібні, двокільове. Розміщують оперення літака, звичайно на хвостовій частині фюзеляжу літака. Є також літаки лише з вертикальним оперенням на кінцях крила, з горизонтальним оперенням на передній частині фюзеляжу та ін.

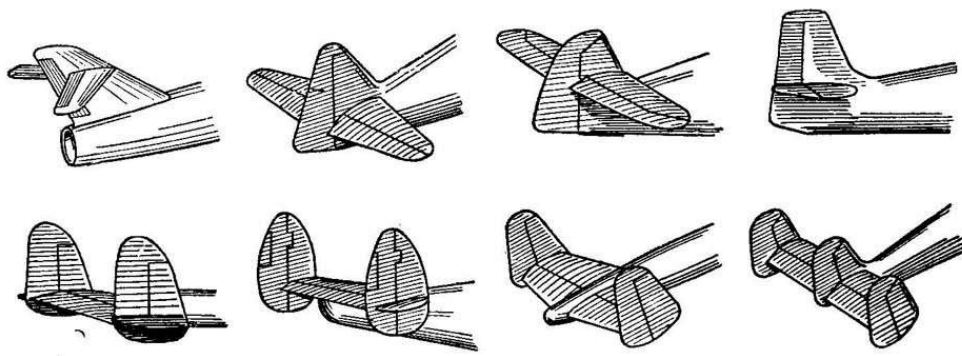


Рис.2.11. Типи хвостового оперення

Основні вимоги до оперення:

- При мінімальному лобовому опорі і найменшою масі конструкції забезпечення високої ефективності,
- Можливість найменшого затемнення оперення такими агрегатами як гондоли двигунів крило, або безпосередньо іншими частинами оперення.
- Мінімізація вібрацій і коливань таких як флаттер і бафтинг.
- Більш пізніше, ніж на крилі, розвиток хвильового кризи.

Шасі сухопутного ЛА являє собою систему опор, що забезпечують його стоянку і пересування по землі, на зльоті та посадці.

Шасі повинно відповідати таким основним вимогам:

- стійкість і керованість при русі по землі;
- необхідна прохідність - рух без істотного пошкодження злітно-посадкової смуги (ЗПС);
- виключення перекидання літака і торкання землі будь-якими іншими агрегатами літака, окрім шасі;
- поглинання кінетичної енергії ударів при посадці і русі по нерівній поверхні ЗПС з метою зменшення перевантажень і розсіювання можливо більшої частини цієї енергії для швидкого гасіння коливань;
- мінімальний опір руху на розбігу і необхідна ефективність гальм на пробігу;
- відсутність автоколивань коліс і стійок шасі.

Крім цих специфічних вимог шасі повинно відповідати і загальним вимогам, що пред'являються до всіх агрегатів літака:

- мінімум маси конструкції при заданій міцності, жорсткості і довговічності,
- мінімум аеродинамічного опору;
- технологічність конструкції,
- хороші експлуатаційні якості.

По розміщенню опор шасі поділяють на:

- трьохопорна схема з хвостовою опорою (Рис.2.16)
- трьохопорна схема з передньою опорою
- двохопорна або велосипедна схема з допоміжними опорами
- багатоопорна схема.

Кожна схема характеризується параметрами, що визначають положення опор відносно центру мас літака.



*Рис.2.12. Літак з трьохопорним шасі з хвостовим розміщенням опори*

Також шасі можуть бути прибрані в польоті, або не прибиратися. Шасі, що прибираються в польоті зменшують аеродинамічний опір ЛА, але мають складну систему випуску\забирання та більшу масу порівняно з шасі, що не прибирається. Шасі, що не прибирається в процесі польоту збільшує аеродинамічний опір, але має просту конструкцію та невелику масу.

## **Висновки по розділу**

В данному розділі були розглянуті основні види аеродинамічних схем, види крил та оперень. Були розглянуті основні функції, переваги та недоліки їх.

Сучасна авіація має велику різноманітність компоновачних схем, типів крил та оперення. Різні компоновочні схеми мають свої переваги та недоліки, але всі вони використовуються. Кожен тип літака виконує свою функцію та один варіант компоновочної схеми не може задовольнити всі потреби.

Тому на допомогу приходить модульність яка може підстраюватися під вимоги що будуть поставленні данному легкому літаку.