

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМ. М.Є. ЖУКОВСЬКОГО

ПЕРЕДМОВА "Харківський авіаційний інститут"

Ю.О. Боборикін,
В.Т. Сікульський,
А.В. П'янков

ПЕРЕОБЛІК 2014

ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ЛІТАКОБУДУВАННЯ

КНИГА 2

ХАРАКТЕРИСТИКА І ЗМІСТ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЛІТАКІВ

Навчальний посібник

Научно-техническая
библиотека
"ХАИ"



mt0053847

53 844 м

Харків "ХАИ" 2000

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА
БІБЛІОТЕКА
Державного аерокосмічного
університету ім. М.Є. Жуковського
Харківський авіаційний інститут

ББК 39.53
УДК 629.735.33

Основи технології літакобудування: Кн. 2. Характеристика і зміст технології виробництва літаків / Ю.О. Боборикін, В.Т. Сікульський, А.В. П'янков. – Навч. посібник. – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2000. – 64 с.

Матеріали подано згідно з програмою вивчення дисципліни "Теоретичні основи технології літако- та вертольотобудування".

Викладено послідовність і зміст основних технологічних процесів при виробництві літальних апаратів (ЛА). Показано зв'язок між конструктивними рішеннями та технологіями, які їх реалізують, типові послідовності перетворення, що відповідають вимогам раціонального виробництва, особливості сучасних технологій при виробництві та літакобудуванні.

Для студентів спеціальностей 7.090.260, 7100.101 "Технологія літако- та вертольотобудування".

Іл. 35. Табл. 7. Бібліогр.: 10 назв

Рецензенти: кафедра техніки і технології Харк. держ. економ. ун-ту;
канд. техн. наук, доц. Г.С. Олійник

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	4
1. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОБ'ЄКТІВ ВИРОБНИЦТВА ЛІТАКОБУДУВАННЯ.....	6
1.1. Об'єкти виробництва літакобудування.....	6
1.2. Структурний склад виробів літакобудування як об'єктів виробництва.....	10
1.3. Конструктивні складальні одиниці як об'єкти проектування і виробництва.....	16
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА ЛІТАКІВ І ВЕРТОЛЬОТІВ.....	17
2.1. Послідовність і основні етапи виробництва літаків та інших літальних апаратів.....	17
2.2. Склад основних процесів літакобудівного виробництва як перетворень у технологічній системі.....	22
2.3. Типові об'єкти і схеми технологічних процесів виготовлення деталей літака і літальних апаратів з листів, профілів і труб.....	24
2.4. Характеристика процесів виготовлення деталей механічною обробкою.....	30
2.5. Зміст і характеристика процесів складання.....	33
2.6. Зміст процесів загального складання і випробування авіаційної техніки.....	45
3. ХАРАКТЕРИСТИКА ОСОБЛИВОСТЕЙ ЛІТАКА ЯК СПЕЦИФІЧНОГО ОБ'ЄКТА МАШИНОБУДУВАННЯ.....	47
3.1. Місце літакобудування в економіці держави.....	47
3.2. Багатодетальність і широта номенклатури матеріалів.....	51
3.3. Конструктивно-технологічні методи забезпечення просторових форм і спряжень.....	56
3.4. Специфічні методи підготовки виробництва літаків.....	57
3.5. Характеристика бортових систем і обладнання як об'єкта виробництва.....	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	61

ПЕРЕДМОВА

Особливості соціального та економічного розвитку України на сучасному етапі істотно впливають на стан і розвиток усіх галузей економіки, зокрема, на таку динамічну і наукоємну галузь, як літакобудування. Цій галузі властиві високі темпи розвитку і зміни конструктивного виконання виробу при порівняно невеликих обсягах та обмеженому терміні виконання замовлень.

Порівняно довгі терміни проектування та виробництва нового літака (від п'яти до восьми років) потребують значних капіталовкладень, що, на відміну від інших галузей, зумовлює специфічні методи та засоби підготовки виробництва, які забезпечують випуск конкурентоспроможної продукції високої надійності.

Як авіаційна держава Україна повинна вирішувати проблему створення, виробництва та збуту літаків, конкуруючи на зовнішньому та внутрішньому ринках з провідними фірмами Америки, Європи, Росії. Особливого значення набуває виробництво авіаційних матеріалів, обладнання приладів, проблема підвищення ефективності використання палива.

Ці обставини та жорсткі вимоги до використання ресурсів усіх видів змінюють традиційні принципи та методологічні основи проектування та розробки конкретних технологій літакобудівного виробництва.

На цей час підручників або навчальних посібників, які б забезпечували якісну підготовку спеціалістів авіаційного профілю, бракує. Раніше видані підручники, наприклад, Н.М. Горбунов. "Основы производства самолетов", М., Машиностроение, 1976; "Технология самолетостроения", А.А. Абибов, Н.М. Бирюков, В.В. Бойцов и др., 2-е изд., М., Машиностроение, 1982, застаріли і потребують доповнення.

Термінологія з цієї спеціальності недосконала, бо українською мовою подібні підручники та навчальні посібники, на жаль, не видавались.

При підготовці матеріалів, які ввійшли у цей посібник, враховувалось, що конкретні питання технології викладаються у таких курсах дисципліни «Технологія літакобудування», як «Технологія виробництва деталей методами холодного штампування», «Технологія механічної обробки», «Технологія складально-монтажних робіт» та ін.

При створенні посібника в основу покладено матеріали лекцій

одноименного курсу, що викладався авторами для студентів літакобудівного факультету Харківського авіаційного інституту [9].

Автори висловлюють глибоку подяку колективу кафедри технології виробництва літальних апаратів ХАІ за допомогу при підготовці рукопису та рецензентам за цінні зауваження, що поліпшили його зміст.

1. Конструктивно-технологічні особливості об'єктів виробництва літакобудування

1.1. Об'єкти виробництва літакобудування

Звичайно під виробництвом розуміють процес створення будь-чого матеріального або духовного для задоволення потреби. З цією ж метою організуються сукупності процесів перетворення. Такі сукупності реалізуються технологічними системами послідовних перетворень, організаційно об'єднаних в одну спільну – виробництво, або підсистему. Часто термін "виробництво" подають (ГОСТ 14.004-83) як сукупний технологічний процес виробництва продукту. У ряді випадків таке розуміння розглядається трохи ширше. Під виробництвом розуміють сукупність технологічних процесів, засобів їх реалізації та предметів перетворення [1]. Таким чином, термін "виробництво" охоплює як самі процеси, так і системи, пов'язані з виробництвом чого-небудь.

Для забезпечення єдності у термінології, скорочення обсягу інформації вся продукція виробництва описується одним загальним терміном – "виріб".

Виробництва можна розрізнити згідно з видом об'єктів продукції, що випускається. Так, об'єктами виробництва машинобудування, або виробами є машини.

Під машиною розуміють сукупність механізмів, механічних пристроїв, засобів і приладів керування, що здійснюють доцільні рухи для перетворення енергії або виконання роботи.

Відповідно розрізняють дві групи машин: машини-знаряддя (металообробний верстат, прес, піч) і машини-двигуни, наприклад, газотурбінний двигун, генератор, електродвигун і т. п.

В авіабудуванні як галузі машинобудування об'єкти виробництва – це літальні апарати різного принципу дії, їх частини, агрегати двигуна і авіаційні матеріали, прилади, а відповідні їм виробництва – літакобудування, авіаприладобудування, авіадвигунобудування тощо.

На одному виробництві, підприємстві може вироблятися як один, так і значна кількість виробів згідно з їх призначенням.

З конструктивних і виробничих причин виріб не є однорідним і включає

різні складові компоненти як наслідок цієї конструктивно-технологічної неоднорідності.

Різниця між компонентами зумовлена ступенем наближення їх до кінцевого результату, тобто до виробу, що використовується споживачем за своїм цільовим призначенням. Цільове призначення виробу описується показниками за призначенням.

Відповідно до цього можливе таке визначення найпоширеніших термінів, які описують структуру виробу або самі вироби (ГОСТ 2.101-68).

Виріб – продукт виробництва, який виконує свої функції згідно з призначенням.

Комплекс – об'єднані споживачем декілька специфічних виробів у єдину систему для сумісного функціонування згідно з поставленою метою.

Складальна одиниця – будь-яка частина виробу або сам виріб, одержаний внаслідок процесу складання структурних компонентів, що входять до складу (специфікації) виробу. Складальні одиниці можуть самі складатися із складальних одиниць більш низького рангу (рівня) та деталей.

Як правило, складальні одиниці нижчих рангів конструктивно і технологічно закінчені, але як об'єкти виробництва не можуть самостійно використовуватись, бо неспроможні визначати показники кінцевого призначення виробу.

Деталь – виріб або його частина, виконана з однієї марки матеріалу без операцій складання. Вона є структурним елементом виробу, що входить до складальної одиниці.

Наприклад, деталлю є відштампована з листового матеріалу Д16АМ як одне ціле нервюра крила; кільце ущільнення з гуми ВТ14-1, панель крила, одержана фрезеруванням з плити В95, ливарний просторовий відсік крилатої ракети або інтерцептор із Мл10 або ВАЛ і т. п.

У разі виготовлення виробів із композиційних матеріалів (КМ), наприклад, скла або вуглепластика, вони одержуються за допомогою операцій вкладки (складання) матеріалів, різних за маркою, але після полімеризації (затвердіння) зв'язуючих створюється однорідний за станом виріб з композиційного матеріалу, тобто деталь з КМ, одержана методом просторового формування.

Відмінною особливістю деталі є наявність в неї кількох поверхонь,

різних за функціональним призначенням. Наприклад, у штапованій нервюрі масмо чотири функціональні поверхні (рис. 1.1).

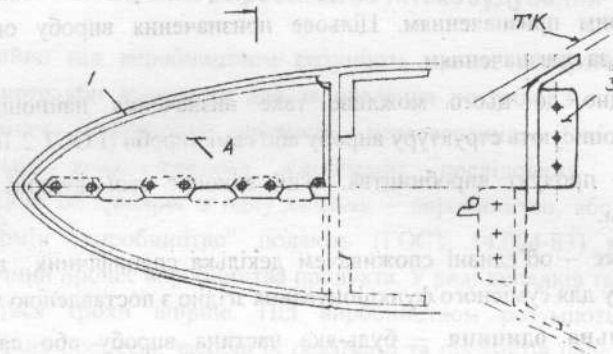


Рис. 1.1. Функціональні поверхні півноски крила: 1 – поверхня з’єднання з обшивкою, що утворює зовнішню поверхню носової частини крила (Тк); 2 – поверхня з’єднання між собою півнервюр; 3 – поверхня з’єднання нервюри зі стінкою лонжерона; 4 – вільна поверхня

Під час процесу складання деталі з’єднуються між собою по відповідних поверхнях, утворюючи частини виробу. При цьому кількість поверхонь зменшується, ступінь однорідності конструкції підвищується.

Частина виробу, що складається з деталей окремо, а потім бере участь у складанні як компонент кінцевого виробу, називається складальною одиницею нижчого рангу, або вузлом. До складу специфікації вузла входять лише деталі. У свою чергу, вузли можуть об’єднуватись з іншими складальними одиницями і деталями, утворюючи складальну одиницю більш високого рангу.

Характерним для процесу складання є скорочення кількості компонентів, функціональних поверхонь і формування єдиної для виробу функціональної поверхні відповідно призначенню (рис. 1.2).

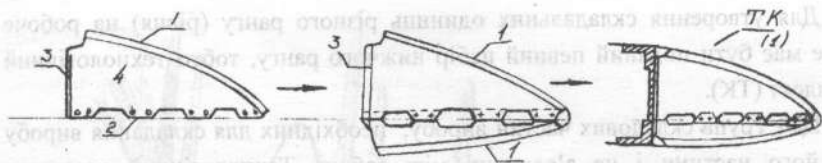


Рис. 1.2. Скорочення кількості функціональних поверхонь під час складання

Таким чином, внаслідок конструктивної неоднорідності виробу встановлюється своя структура із компонентів різного конструктивного і функціонального призначення. Найнижчими за рангом є деталі. Для формування функціональних поверхонь виробу ці компоненти об'єднуються між собою.

Процес об'єднання компонентів виробу для одержання необхідних функціональних властивостей, яких окремі компоненти не мають, називається складальним, або процесом складання.

Складальна одиниця, яка безпосередньо входить до виробу і не має перед собою складальних одиниць більш високого рангу, одержала назву агрегату (літак, фюзеляж, стабілізатор, крило, шасі).

Сам літак також є складальною одиницею нульового рангу і являє собою технічну систему, що містить структурні елементи різного рівня (рис. 1.3).

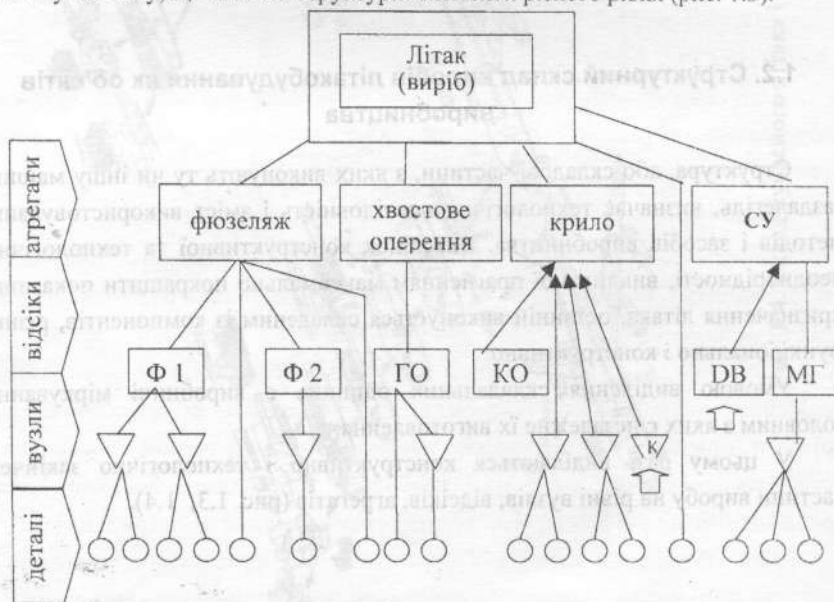


Рис. 1.3. Функціональні елементи різного рівня літака

Для утворення складальних одиниць різного рангу (рівня) на робоче місце має бути поданий певний набір нижчого рангу, тобто технологічний комплект (ТК).

Це є група складових частин виробу, необхідних для складання виробу або його частини і не з'єднаних між собою. Технологічний комплект використовується як одиниця оперативного планування в ході процесу виробництва, наприклад, комплект деталей для складання нервюри, носка крила з обшивки і вже складених носків, комплект з двох панелей і стикового стрингера для секції, комплект із фюзеляжу, крил і стикових болтів з гайками та шайбами. Часто для одержання потрібного виробу придбаваються в інших організаціях деталі та вироби, які не виготовляються на даному підприємстві, але входять до виробу, що випускається. Такі компоненти одержали назву комплектуючих або готових виробів (ГВ).

У сфері споживання для одержання потрібного ефекту (технічного, економічного, військового) споживач об'єднує кілька спеціалізованих виробів для операцій чи робіт, що спільно ними виконуються. Таке об'єднання називається комплексом.

1.2. Структурний склад виробів літакобудування як об'єктів виробництва

Структура, або складові частини, з яких виконують ту чи іншу машину заздалегідь, визначає технологічну послідовність і зміст використовуваних методів і засобів виробництва. Внаслідок конструктивної та технологічної неоднорідності, викликані прагненням максимально покращити показники призначення літака, останній виконується складеним із компонентів, різних функціонально і конструктивно.

Умовою виділення складальних одиниць є виробничі міркування, головним з яких є незалежне їх виготовлення.

У цьому разі виділяються конструктивно і технологічно закінчені частини виробу на рівні вузлів, відсіків, агрегатів (рис. 1.3, 1.4).

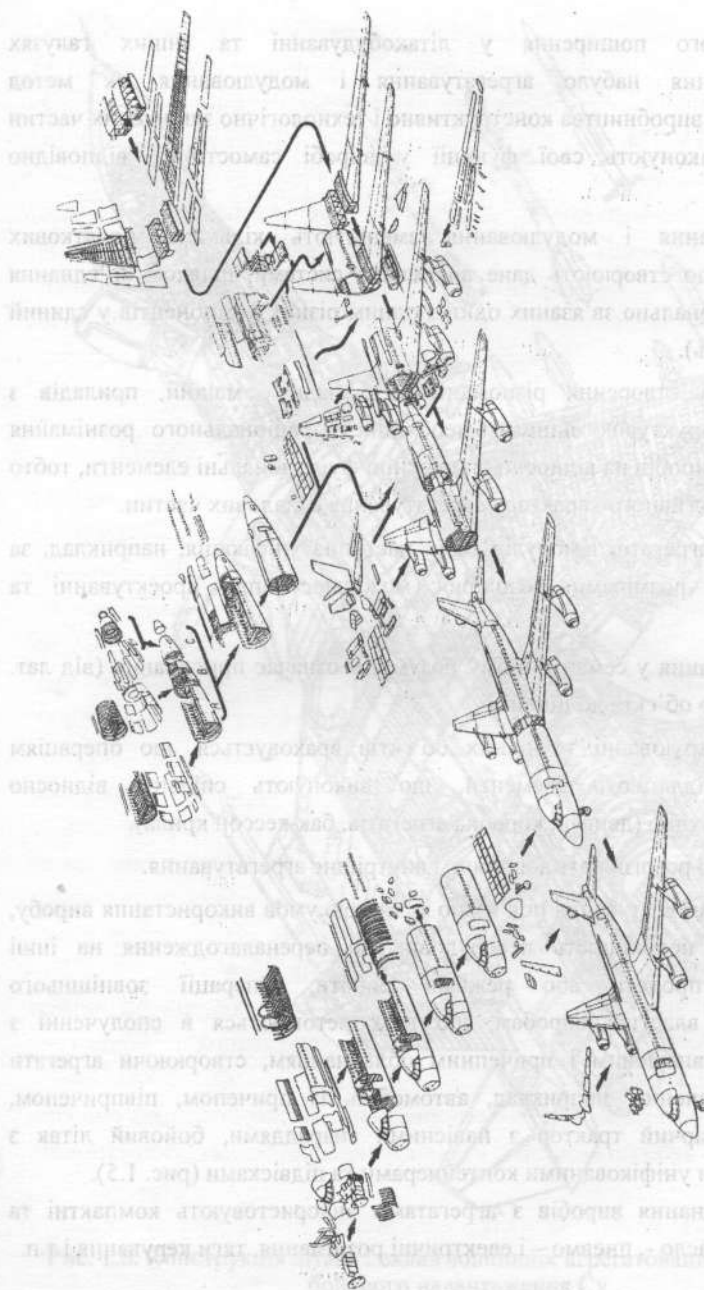


Рис. 1.4. Склад сучасного літака і послідовність його складання [2]

Найбільшого поширення у літакобудуванні та інших галузях машинобудування набуло агрегування і модулювання як метод проектування і виробництва конструктивно і технологічно закінчених частин літака, які виконують свої функції у виробі самостійно, відповідно призначенню.

Агрегування і модулювання зменшують кількість початкових компонентів, що створюють дане виконання системи, шляхом об'єднання деяких функціонально зв'язаних один з одним різних компонентів у єдиний (агрегат, модуль).

У процесі створення різноманітних складних машин, приладів з ієрархічною структурою виникає необхідність раціонального рознімання (розділу) цих виробів на відносно самостійні функціональні елементи, тобто задача конструктивного характеру агрегування складових частин.

Розробка агрегатів і модулів та їх наступна уніфікація, наприклад, за установленими розмірами, розширює можливості при проектуванні та виробництві.

Агрегування у семантичному розумінні означає приєднання (від лат. aggrego) одного об'єкта до іншого.

При конструюванні технічних об'єктів враховується, що операціям приєднання підлягають елементи, що виконують спільну, відносно самостійну функцію (двигун, коробка агрегатів, бак-кессон крила).

Відповідно розрізняють зовнішнє і внутрішнє агрегування.

Зовнішнє агрегування пов'язано зі зміною умов використання виробу, коли виникає необхідність перебудови або переналагодження на інші технологічні процеси або режими роботи. Операції зовнішнього агрегування властиві виробам, що використовуються в сполученні з навісним, напівнавісним і причепним обладнанням, створюючи агрегати різного призначення, наприклад, автомобіль із причепом, півпричепом, сільськогосподарчий трактор з навісними знаряддями, бойовий літак з різноманітними уніфікованими контейнерами та підвісками (рис. 1.5).

Для об'єднання виробів з агрегатами використовують компактні та швидкодійні масло -, пневмо- і електричні рознімання, тяги керування і т.п.

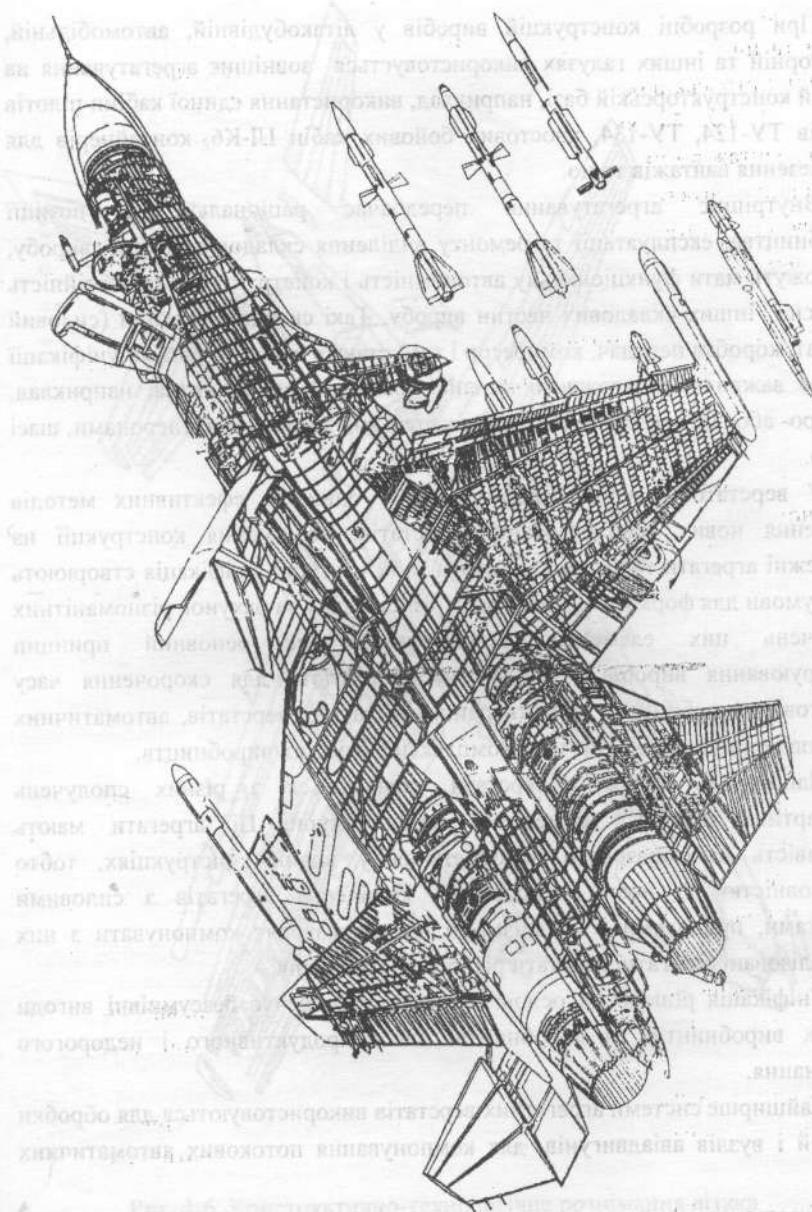


Рис. 1.5. Конструкція літака і склад зовнішніх агрегованих компонентів бойового навантаження Су

При розробці конструкцій виробів у літакобудівній, автомобільній, тракторній та інших галузях використовується зовнішнє агрегування на єдиній конструкторській базі, наприклад, використання єдиної кабіни пілотів літаків ТУ-124, ТУ-134, хвостових бойових кабіл ІЛ-К6, контейнерів для перевезення вантажів тощо.

Внутрішнє агрегування передбачає раціональне з позиції виробництва, експлуатації та ремонту виділення складових частин виробу, які можуть мати функціональну автономність і конструктивну самостійність відносно інших складових частин виробу. Такі складові частини (силовий агрегат, коробка передач, компресор і т.п.) стають часто об'єктами уніфікації та, що важливо, незалежного (спеціалізованого) виробництва, наприклад, електро- або гідромеханічні агрегати керування закрилками, елеронами, шасі тощо).

У верстатобудуванні агрегування є одним з ефективних методів створення нових спеціалізованих верстатів. Рознімання конструкції на незалежні агрегати та вузли і елементи та їх наступна уніфікація створюють передумови для формування верстатів різного виду за рахунок різноманітних сполучень цих елементів. Агрегування як основний принцип конструювання виробів успішно використовують для скорочення часу підготовки виробництва при створенні агрегатних верстатів, автоматичних потокових ліній і технологічних комплексів, гнучких виробництв.

Наприклад, агрегатні верстати складаються з різних сполучень стандартних агрегатів обмеженої номенклатури. Ці агрегати мають властивість багаторазового використання у нових конструкціях, тобто застосовністю до нових виробництв. Виділення агрегатів з силовими головками, приводами і механізмами подач дозволяє компонувати з них спеціалізовані агрегатні верстати різного призначення.

Уніфікація рішень на основі агрегатів забезпечує безсумнівні вигоди при їх виробництві та виробництві високопродуктивного і недорогого обладнання.

Найширше системи агрегатних верстатів використовуються для обробки деталей і вузлів авіадвигунів, для компонування потокових автоматичних ліній.

Агрегування планера в силу специфічних вимог забезпечується у рамках конструктивно-технологічного рознімання (рис. 1.6, 1.7).

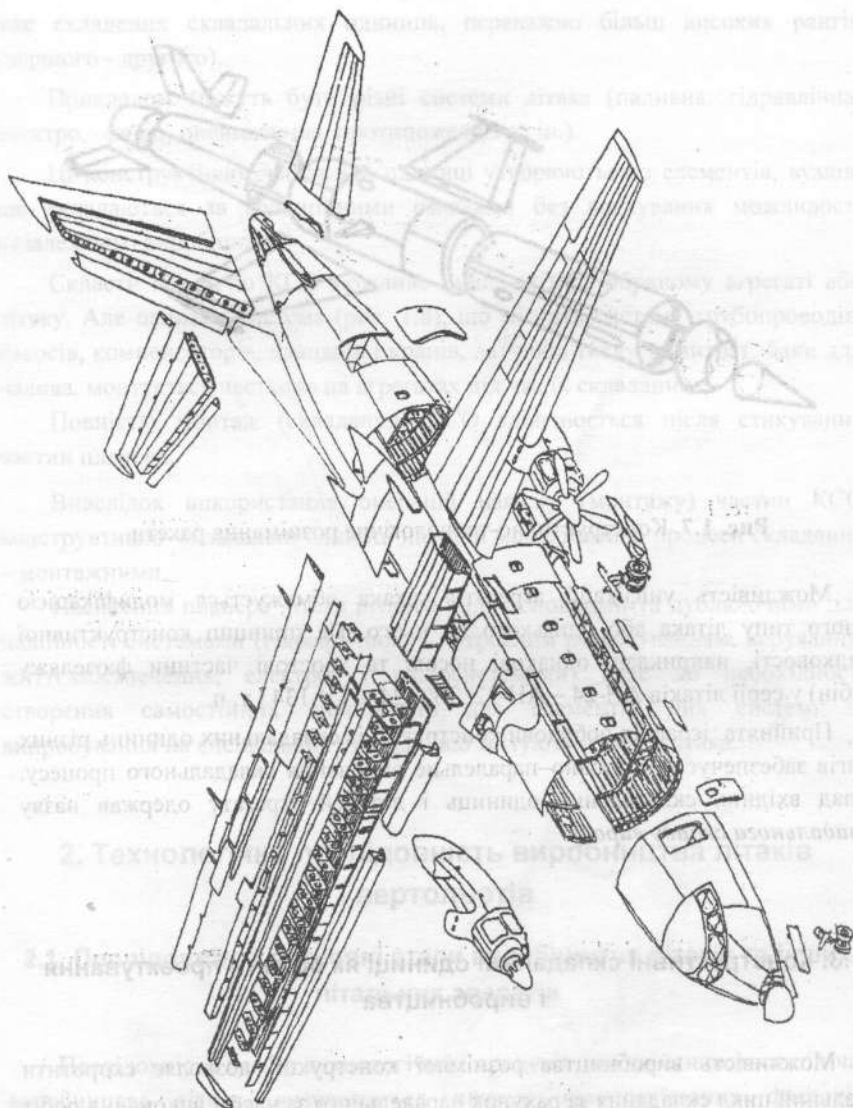


Рис. 1.6. Конструктивно-технологічне рознімання літака

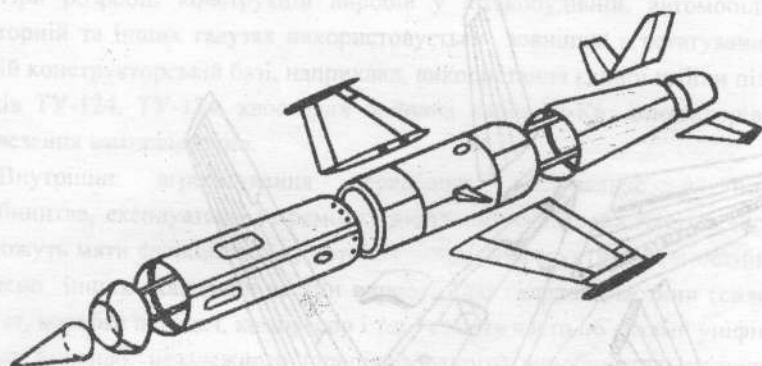


Рис. 1.7. Конструктивно-технологічне рознімання ракети

Можливість уніфікації агрегатів літака обмежується модифікацією одного типу літака або близького до нього. Це принцип конструктивної спадковості, наприклад, однакові носові та хвостові частини фюзеляжу (кабін) у серії літаків АН-24 – АН-32, ТУ-124 – ТУ-134 і т. п.

Прийнята ієрархія побудови конструкції із складальних одиниць різних рангів забезпечує послідовно-паралельне виконання складального процесу. Склад вхідних складальних одиниць і деталей агрегату одержав назву *складального складу виробу*.

1.3. Конструктивні складальні одиниці як об'єкти проектування і виробництва

Можливість виробництва різномірної конструкції дозволяє скоротити загальний цикл складання за рахунок паралельного за часом виконання робіт вхідних складальних одиниць в силу їх конструктивної та технологічної завершеності.

Поряд з цим як самостійні об'єкти проектування і конструктивних рішень за принципом функціонального призначення (та дії) виступають конструктивні складальні одиниці (КСО). Характерним є прив'язка КСО до

вже складених складальних одиниць, переважно більш високих рангів (першого - другого).

Прикладом можуть бути різні системи літака (паливна, гідравлічна, електро, -радіо, пневматична, протипожежна та ін.).

Ці конструктивні складальні одиниці утворюються з елементів, вузлів, що складаються за функційними ознаками без врахування можливості незалежного виробництва.

Скласти повністю КСО можливо лише на вже зібраному агрегаті або літаку. Але паливна система (рис. 1.8), що містить систему трубопроводів, насосів, компенсаторів, клапанів і кранів, датчиків тиску та витрат, баки для палива, монтується частково на агрегатах під час їх складання.

Повністю монтаж (складання) КСО здійснюється після стикування частин планера.

Внаслідок використання операцій навіски (монтажу) частин КСО конструктивно-складальні одиниці назвали монтажами, а процеси складання — монтажними.

Насичення планера літака різного виду основними та дублюючими для надійності системами (гідравлічною з потросним резервуванням, керування, життєзабезпечення, електро- і радіосистемами) веде до необхідності створення самостійних виробництв для елементів цих систем, їх випробування на спеціальних стендах, що імітують планер літака.

2. Технологічна послідовність виробництва літаків і вертольотів

2.1. Послідовність і основні етапи виробництва літаків та інших літальних апаратів

Послідовність і зміст технологічних процесів, що здійснюються під час виробництва літака, визначаються низкою взаємозв'язаних факторів. Найважливіші з них такі:

1. Прийнята конструкція літака у цілому як літального апарата, базові та часткові конструктивні рішення, здійснені у конструкції агрегатів, складальних одиниць, деталей та їх з'єднань між собою. Використані матеріали як наслідок прийнятих конструктивних рішень.

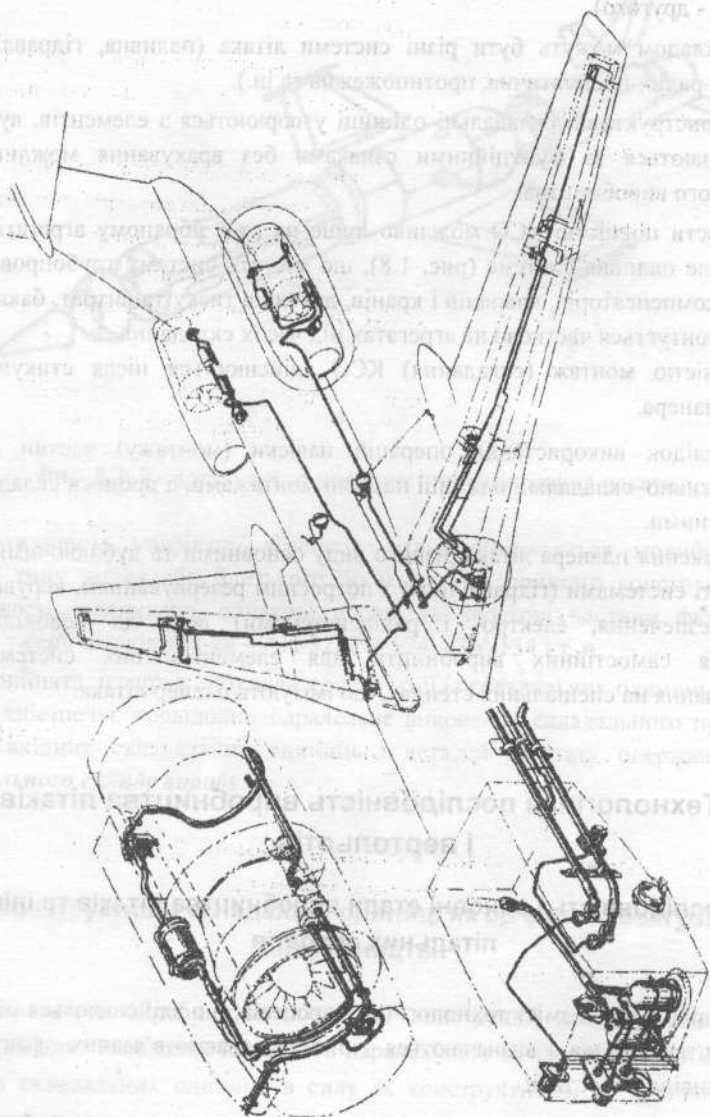


Рис. 1.8. Паливна система

2. Науково-технічний рівень технологій, прийнятих при виготовленні літака, ступінь їх реалізації у промисловості. Науково-технічний рівень субпідрядних виробництв і галузей.

3. Обсяг виробництва і темпи випуску виробів. Галузь їх використання як об'єктів споживання.

4. Забезпечення оборонного потенціалу країни, техніко-економічної незалежності авіабудування.

5. Соціально-економічна ситуація і умови її проявлення у державі.

Ці фактори визначають різноманітні форми виробництва, його рівень і тип.

Ієрархія структурного складу виробів за критерієм закінченості складальних одиниць для забезпечення їх функціонування згідно з призначенням визначає раціональну послідовність їх виробництва від складальних одиниць нижчих рангів до вищих. При цьому умови раціонального виробництва обмежують послідовність виробництва компонентів змістом технологічного комплексу, надходженням його у суворо визначеній черзі.

У цьому разі забезпечується вчасний доступ компонентів на робочі місця без деталей, що пролежують, вузлів, відсіків, агрегатів літака, адже здійснюється економія обігових коштів за рахунок скорочення циклу виробництва.

Згідно з цим у порядку технологічної послідовності можна виділити (табл. 2.1) 6 основних етапів виробництва літака і будь-якого літального апарата (машини):

- 1) виготовлення деталей;
- 2) виготовлення вузлів;
- 3) складання відсіків і агрегатів;
- 4) складання літака (остаточне складання);
- 5) монтажні-налагоджувальні роботи;
- 6) польотні випробування.

Технологічна послідовність виготовлення літака і зміст технологічних процесів

Структурний склад виробу	Етапи виготовлення і частка витрати, %	Часткові конструктивні рішення	Базові технології	Часткова технологія і ознаки
ДЕТАЛІ	Виготовлення деталей, 40	Деталі з листа, профілів, труб	Холодне листове штампування, штампування з підігрівом	Витяжка, штампування, згинання, обтягування, екструзія, роздача; штампувальне обладнання, оснащення
		Деталі монолітні, з композиційних матеріалів, поковок тощо	Об'ємне штампування, ливарня, механічна обробка, порошкова металургія, електрофізичні процеси	Ізотермічна, безоблойна, кокільна, вакуумна, в оболонкові форми, фрезерування, точення, пресування, травлення, електрохімічна, променева
ВУЗЛИ	Складання вузлів, 5	Вид з'єднання: 1) точковий 2) поверховий 3) просторовий об'ємний	Склепування Зварювання Болтові сполучення Склеювання	Пресове, ударне розкаткою, ТЕЗ – точково-електричне зварювання, ДЕЗ – дугове електричне зварювання, АрДЕЗ – аргано-дугове зварювання. Протягування, розгортання. Вакуумне та автоклавне склеювання. Види пристроїв для складання
ВІДСІКИ І АГРЕГАТИ	Складання відсіків і агрегатів, 30	Вид набору та способи його з'єднання Монолітний рознесений вид з'єднання	Складання у пристроях Склеювання Зварювання	Складання з базою на обшивку, каркас, поверхню, отвори (СО, КФО) (аналогічно складанню вузлів)
ЛІТАК	Остаточне складання, 20 Випробування, 5	Вид монтажу, розтин Типи і вид обладнання і систем	Сполучення, монтаж Стенові та льотні випробування	Нівелювання, відстикування, випробування на герметичність Відпрацювання систем борту. Визначення ЛТХ, параметрів літака і систем

Ознакою способів виготовлення (або виконання виду робіт) є часткові конструктивні рішення, яким відповідають прийняті конструктивні матеріали, вид заготовки, а у разі складальних одиниць – вид з'єднання.

Найпоширенішими за різноманітністю технічних рішень є процеси виготовлення деталей [1-4].

Часткові конструктивні рішення для деталей можна звести до двох великих груп:

- деталі з листів, профілів, труб згідно з конструкцією, складеною з елементних деталей;
- деталі монолітні з металу або композитних матеріалів, що утворюють складні просторові конструкції у вигляді композиції поверхонь елементарних деталей в один об'єкт.

Відомо, що для одержання деталей потрібної конфігурації з заданими властивостями матеріалу необхідно здійснити процес перетворення вхідного матеріалу, який знаходиться в будь-якому агрегатному стані. Тому часткові конструктивні рішення визначаються матеріалом і його початковим станом при виготовленні деталей. Це заздалегідь визначає спосіб виготовлення.

У разі складених конструкцій на етапах вузлового і агрегатного складання [6] суттєвим конструктивним рішенням є вид з'єднання.

Для реалізації цих часткових рішень використовуються специфічні процеси і обладнання для зварювання, клепаання, склеювання тощо.

Зміст і обсяг монтажних робіт на планері літака визначаються видом і призначенням складальних одиниць, що утворюють частини і самі системи літака з різними фізичними принципами дії. Тут часткові конструктивні рішення аналогічні рішенням на рівні деталей або елементів систем, що зумовлені базовою конструкцією і функціональними властивостями вхідних вузлів і агрегатів, готових виробів.

2.2. Склад основних процесів літакобудівного виробництва як перетворень у технологічній системі

Вся сукупність процесів виробництва літака (див. табл. 2.1) поділяється на дві великі групи:

- 1) процеси, що здійснюються перетвореннями при виготовленні деталей за рахунок зміни форми або стану об'єкта праці (операнда);
- 2) процеси, що здійснюються перетвореннями структур зі зміною або без зміни властивостей вхідних компонентів (наприклад, при складанні на посадках або при посадках із зварюванням).

Залежно від початкового і кінцевого стану операнда для одного і того ж перетворення можливі кілька варіантів базових технологій (способів). Наприклад (рис. 2.1), зміна форми може бути досягнута:

- зміною об'єму шляхом вилучення зайвого матеріалу;
- нарощуванням матеріалу;
- без зміни об'єму, пластичним формуванням.

Для цього здійснюють відомі процеси обробки металів тиском, литтем або порошковою металургією і найпоширеніші у машинобудуванні процеси механічної обробки.

Зміна стану матеріалу відбувається за рахунок структурних змін або напружено-деформованого стану (НДС), наприклад, термічної обробкою, нагартуванням.

У випадку процесів складання бажане положення компонентів досягається з використанням технологічних (зовнішніх) і особистих (внутрішніх) баз, тобто двома принциповими базовими технологіями.

Дуже часто конкретне конструктивне оформлення потребує використання кількох базових технологій в одному процесі виготовлення деталі, наприклад, одержання заготовки об'ємним штампуванням і наступна механічна обробка. Додаткові вимоги до якості поверхні деталей, її міцності (об'єму) забезпечує використання базових технологій зміни фізико-хімічного складу (гартування, покриття і т.п.).

Таким чином, виготовлення деталей або складання з них виробів здійснюється завдяки сукупності базових технологій, об'єднаних для виробництва певного виробу, тобто організації виробництва – складної та багатofункціональної технологічної системи.

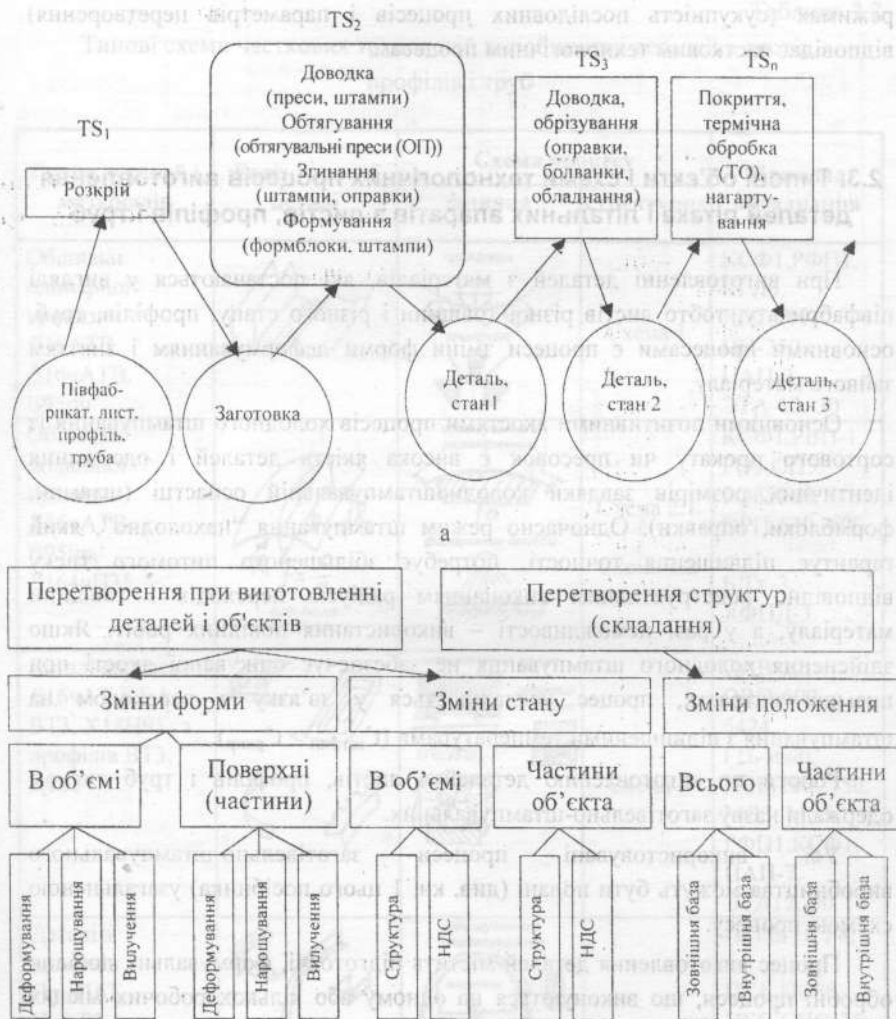


Рис. 2.1. Технологічна схема виготовлення штампованої деталі (а) та основні перетворення при виготовленні подібного виробу (б): TS₁ – TS_n – відповідні технологічні системи

Реалізація цих процесів на конкретному обладнанні та технологічних режимах (сукупність послідовних процесів і параметрів перетворення) відповідає частковим технологічним процесам.

2.3. Типові об'єкти і схеми технологічних процесів виготовлення деталей літака і літальних апаратів з листів, профілів і труб

При виготовленні деталей з матеріалів, які постачаються у вигляді півфабрикату, тобто листів різної товщини і різного стану, профілів, труб, основними процесами є процеси зміни форми деформуванням і зняттям зайвого матеріалу.

Основними позитивними якостями процесів холодного штампування із сортового прокату чи пресовок є висока якість деталей і одержання ідентичних розмірів завдяки холодноштампувальній оснастці (штампи, формблоки, оправки). Одночасно режим штампування "нахолодно", який гарантує підвищення точності, потребує збільшеного питомого тиску відповідно конструктивним виконанням радіусів переходів і товщини матеріалу, а у разі неможливості – використання довідних робіт. Якщо здійснення холодного штампування не забезпечує очікуваної якості при низьких витратах, процес ускладнюється у зв'язку з переходом на штампування з підвищеними температурами ($t_{\text{штамп}} > t^{\circ}_{\text{рекр}}$).

Роботи по виготовленню деталей з листів, профілів і труб тиском одержали назву заготівельно-штампувальних.

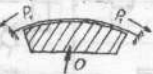
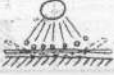
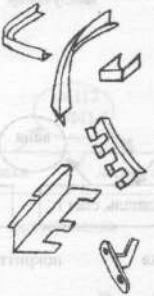
Усі використовувані процеси заготівельно-штампувального виробництва можуть бути подані (див. кн. 1 цього посібника) узагальненою схемою процесу.

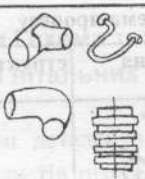
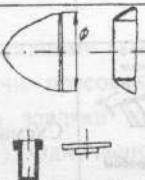
Процес виготовлення деталей містить підготовчі, формувальні, довідно обробні процеси, що виконуються на одному або кількох робочих місцях (ТСі) залежно від змісту базових і, відповідно, часткових технологій.

У табл. 2.2 подано типові схеми часткових технологій, що використовуються при виробництві типових деталей літака і літальних апаратів. Обладнання для виготовлення деталей в більшості становить складні комплекси, що об'єднують силові агрегати, засоби автоматичного керування основними і допоміжними операціями.

Таблиця 2.2

Типові схеми часткових технологій виробництва деталей з листів, профілів і труб

Група деталей і матеріалів	Ескіз типової деталі	Схема процесу		Приклад обладнання
		фізична	структурна	
Обшивки одинарної кривизни Д16АТВ, Д16чАТВ, В95пч		прокатка  згинання 	Схема 1	КСФ1,РФП1, КГЛЗ, ЛГС5,10, ПП-250, ПАП-7, ЭТА-12,-30
Обшивки подвійної кривизни Д16чАТВ, В95пч, Д16ч4ПЗ5	 $f = \frac{f}{B}$ $0,05 \leq f \leq 0,03$ $0,09 \leq t \leq 1,5$	обтигування з розтягненням  формування дробом 	Схема 2.1	КСФ1,РВП-1, РОЗ,ОП5, РО630-П, ОРП-630,-600, БДУ-3, УФПД-3
			Схема 2.2	
Деталі каркаса Д16чАТ ВТ-1, ВТ3, Х18Н9Т; з профілів ВТ3, Д16Т		штампування гумою  палячий молот  ЕГШ, ДГШ 	Схема 3	QAB-32, QRD-600, 5424, ГП-5000, ПЭГ-100,-150, МЛЗ, МЛ5, РФП1,КСФ1, ПАП-7, ЭТА12,-30
Деталі з профілів Пр Д16Т, ПрВТ3-1		обтигування з розтягненням  формблук  згинання  механічне доскоєння висічка 	Схема 4.1	ПГР6, ПГР8, ПГ4, ПС80, ПГ5, СПО-35, МЛЗ, МЛ5 Механічні преси ПФП-5,ФП-17
			Схема 4.2	

Група деталей і матеріалів	Ескіз типової деталі	Схема процесу		Приклад обладнання
		фізична	структурна	
Деталі з труб ПТ-7м, ВТ1-0, Х18Н10Т, АМГ2м, АМГ3м.			Схема 5	ПГФП20/100 ТГС-2м ТГУ-40/160 ТГСПО-6/24 ТГСПО-8/40
Деталі арматури і систем, одержані холодним видавлюванням з листа			Схема 6	Токарно-давильні верстати Прес для екструзії (видавлювання)

Структура схем процесів виготовлення 1 – 6 наведено у вигляді схем перетворень ([9], рис. 2.2).

Схема 1



Схема 2.1



Рис. 2.2. Схема перетворень при виготовленні типових деталей

Схема 2.2



Схема 3



Схема 4.1



Сема 4.2



Рис. 2.2. Продовження

відношенням R , дією або параметром стану об'єкта дії. Сукупність всіх входів складає "узагальнений вхід", що описується вектором вхідних величин або входів $In (i1)$.

Вихід (Ou) характеризує відносини системи з оточенням. Вихідні величини залежно від виду системи також можуть бути параметром, дією або відносинами.

Виходи системи не можуть бути входами в її елементи. В технологічних системах, зв'язаних з матеріальними об'єктами, під входом можна розуміти те, що обробляється в системі, під виходом – що одержано внаслідок функціонування.

Оскільки технологічна система призначена для інструментальних операцій, то можливості системи можна описати її *властивостями*, що є *суттєвими ознаками* системи з точки зору можливості функціонування або станом як сукупністю властивостей.

Наприклад, для виготовлення дуги шпангоута 0424-12 з пресованого профілю Д16Т Пр 102 ОСТ 190113-74 необхідно мати:

- напівфабрикат (профіль із сортаменту алюмінієвих сплавів);
- оснащення (штамп, формблок або шаблон) – TS31;
- обладнання, наприклад, ПГР-8 або ПГ-4;
- агрегат ЕТА-6 або ЕТА-8 для обробки матеріалу Д16Т перед деформуванням;
- лінію анодування;
- лінію фарбування та сушіння;
- робочі місця контролю якості;
- енергію, технічну воду, розчини сірчаної кислоти та хромпіку для анодування, фарби, лаки тощо;
- технічну документацію;
- робітників з відповідною кваліфікацією.

Технологічний процес виготовлення дуги шпангоута можна уявити собі у вигляді послідовного ланцюжка процесів і засобів обробки (рис. 2.2).

За взаємовідносинами елементи виробництва – технологічні системи (TSi) зі своїми процесами, наприклад, загартуванням, покриттям, формуванням, обтяжкою тощо. Характерним є те, що вихід попереднього є входом у наступний елемент. Така система називається лінійною з послідовним зв'язком. Елементи системи розподіляються на зовнішні та незалежні.

2.4. Характеристика процесів виготовлення деталей механічною обробкою

Для деталей монолітних, тобто одержаних як деякий масив з матеріалу в початковому стані нарощуванням (лиття, напилення, наплавлення), вилученням (механічна обробка) базові технології реалізуються у ковальському, ливарному і механообробних виробництвах. Позитивною якістю перших двох є малоопераційність, на відміну від листоштампувального виробництва. Для деталей, одержаних з відливої заготовки, схему перетворень наведено на рис. 2.5.



Рис. 2.5. Перетворення при виробництві деталі з відливої заготовки

Можливість процесу зняття металу механічним шляхом (різанням) обмежується стійкістю інструменту при обробці деталей з твердістю більше $Rc > 36$. Тому процес одержання бажаної форми шляхом зняття зайвого матеріалу реалізується, крім абразивної обробки, за рахунок фізико-хімічних процесів, наприклад, електроіскровою, анодно-механічною або електрохімічною, лазерною обробкою (рис. 2.6).

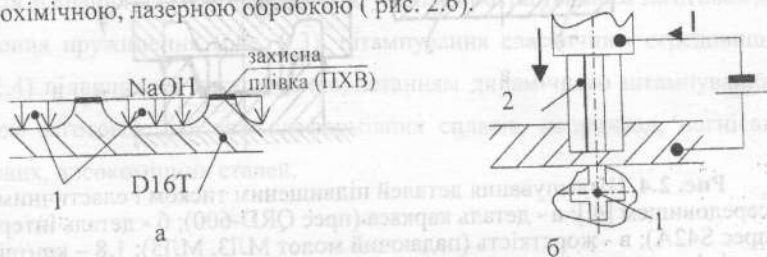


Рис. 2.6. Схеми обробки деталей фізико-хімічними методами: а - розмірне травлення; б - електрохімічна обробка (ехо): 1 – вилучуваний матеріал; 2 – мідний або вугільний електрод

Для забезпечення гнучкості виробництва і підвищення продуктивності праці найбільшого поширення набули металообробні верстати з програмним керуванням, охоплюючи практично всю номенклатуру деталей. Збільшилась питома вага верстатів багатоопераційних.

Сполучення електроніки з технологією механообробки дозволило реалізувати процес виготовлення деталей без спеціальних носіїв розмірів, наприклад, копіїв, фасонних різців і т. п., перейти від проектної інформації про деталь до автоматичного одержання останніх на верстатах з ЧПК. Наприклад, схема формування розмірів типової деталі (рис. 2.7) передбачає її настройку завдяки зворотному зв'язку у вигляді системи контрольно-вимірювальних машин (КВМ). Для одержання деталі літака з різними властивостями згідно з ТВ (технічні вимоги) окрім геометричних розмірів (загартування, зміцнення, захисне покриття) використовують сукупність послідовних перетворень на основі різних базових технологій (рис. 2.8).



Рис. 2.7. Схема формування розмірів при механообробці деталі у системі верстатів з ЧПК



Рис. 2.8. Послідовність перетворень при виготовленні деталі механічною обробкою

Номенклатура деталей, які обробляються механічно, для літака Іл-86 становить близько 5000 найменувань (всього близько 30000 деталей)

загальною вагою більше 25000 кг. Використовуються понад 50 марок алюмінієвих (70 %), титанових (8 %), нержавіючих сталей і сплавів (15 %). Основними видами використовуваної заготовки є пресовані профілі та панелі (понад 50 %), плити гарячекатані (7.5 %), штамповки (30 %), лиття (2 %). Найпоширенішим (основним) матеріалом є алюмінієві сплави.

Велику групу деталей силового набору утворюють звичайні стрингери панелі із В95пч, Д16Т довжиною від 10 до 18 метрів. Їх обробку ведуть на верстатах з однією або кількома фрезерними головками (рис. 2.9) (верстати ФП17М, ФП19М, 2ФП-242, ПФП-5, МА655С-2 та ін.).

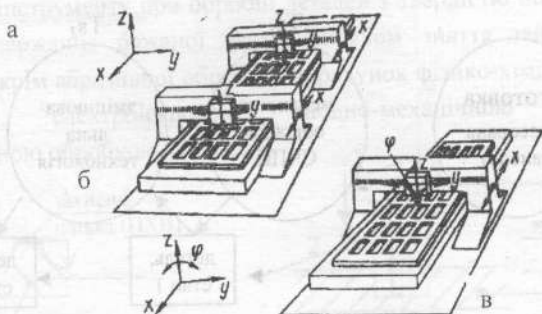
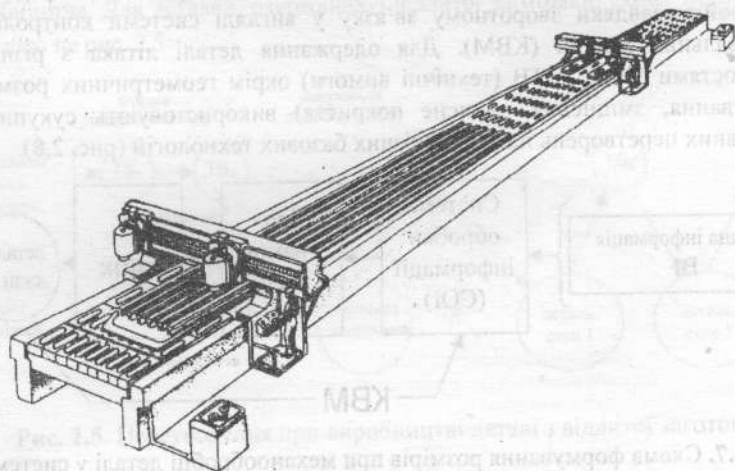


Рис. 2.9. Схеми обробки великогабаритних панелей розміром 4500х40000 на фрезерних верстатах з ЧПК (2ФП-242) [4]: а - обробка пресованої панелі; б - обробка вафельної панелі з плити АК4-6 - на трикоординатному верстаті; в - обробка панелі на чотирикоординатному верстаті

Досить різними є процеси обробки деталей поздовжнього і поперечного силового набору – нервюр, рам, низинок шпангоутів, рейок механізації крила, корпусів різних механізмів і систем. При механічній обробці широко використовується система переналагоджуваного технологічного оснащення – універсально-верстатні пристрої (УВП).

Для забезпечення автоматизації розробки програм використовується автоматична система на основі швидкодійних ЕОМ.

З метою збільшення ресурсу практично всі силові деталі підлягають нагартуванню поверхні пластичними деформаціями. Процес нагартування є фінішною операцією після механічної та термічної обробки деталей. Нагартування проходять деталі з алюмінієвих сплавів, титанових сплавів і сталей. Це панелі крил, рейки механізації для випуску закрилків, балки і вузли силового набору і т. п.

2.5. Зміст і характеристика процесів складання

Важливим і відповідальним у формуванні якості виробів і господарчої діяльності підприємства є агрегатно-складальне виробництво, що здійснює складання вузлів, відсіків (секцій) і агрегатів. Конструктивна закінченість об'єктів складання і специфіка агрегатів дозволили організувати виробництво з вузькою предметною спеціалізацією поагрегатно.

Відповідно на авіапідприємстві виділяються самостійні структурні підрозділи–цехи: складання фюзеляжу або його відсіків, крил, оперення, кінцевого складання, цехи складання гермокабін Ф2 та Ф3, СЧК, ОЧК, стабілізатора, механізації крила. У разі використання нероз'ємних стиків між відсіками та агрегатами цехи складання інтегральних конструкцій, наприклад, крила і фюзеляжу (літаки Ту-16, Ту-124, Ту-134) об'єднуються на загальній території в єдиний комплекс.

Суть процесу складання полягає в об'єднанні вхідних компонентів (деталей, складальних одиниць більш нижчих рангів) у потрібне єдине ціле. У цьому разі здійснюється зміна стану вхідних компонентів для одержання бажаного результату.

Як процес перетворення операнда складання перетворює невпорядковану структуру компонентів в упорядковану систему, включаючи їх з'єднання належним чином між собою. Отже, базова технологія,

покладена в основу складального процесу, включає механічні переміщення компонентів та їх закріплення у потрібному стані (рис. 2.10).

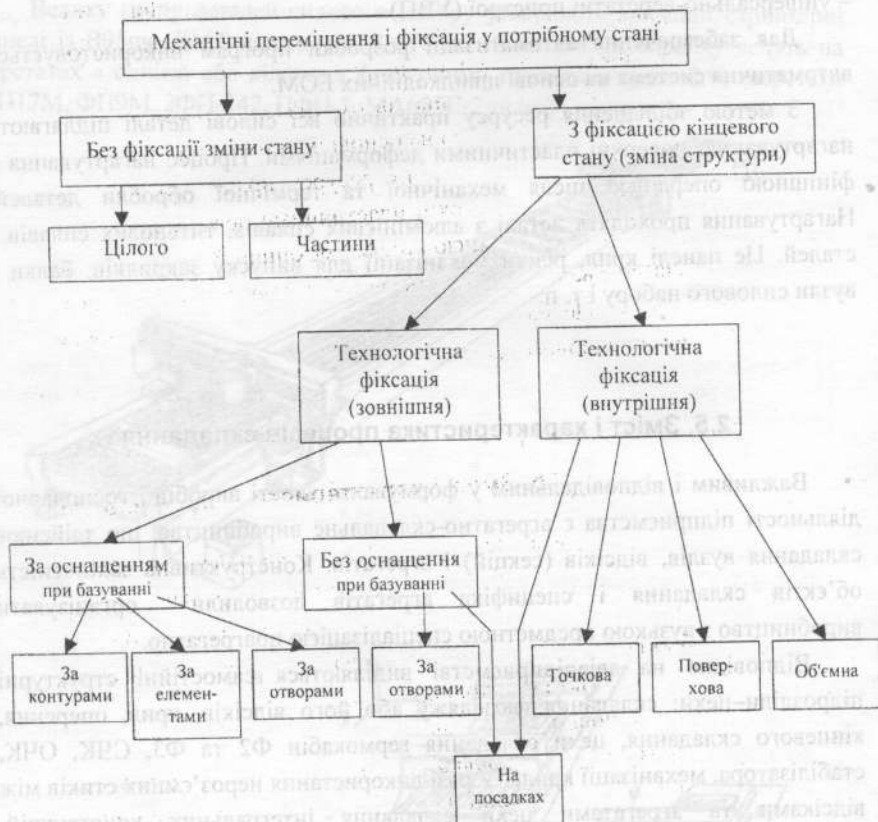


Рис. 2.10. Види операторів перетворення при складанні

Відомо, що конструктивна фіксація компонентів при складанні досягається за рахунок відповідних рухомих і нерухомих з'єднань. Технічно фіксація і орієнтація положення компонентів відносно одна одної досягається:

- ♦ на посадках, якщо компоненти достатньо жорсткі;
- ♦ на різних видах з'єднань.

Ці види з'єднань характеризуються різноманітністю конструктивного виконання (базові та відповідні їм конструктивні рішення), наприклад: точкові, механічні (болти, заклепки); металургійні зварні поверхні (точкова електрозварювальна, дифузійна), об'ємні (зварні, заливкою металу); клейові – поверхневі на плівках та об'ємні, за рахунок полімеризації сполучної складової.

Відповідно ці види з'єднань як часткові конструктивні рішення реалізуються за своїми базовими технологіями (рис. 2.11).



Рис. 2.11. Схема перетворення при складанні

Для здійснення процесу утворення конструктивних з'єднань практично для всіх видів, крім посадок, виконують початкову (технологічну) фіксацію складових компонентів між собою. Найпоширенішою є технологічна або зовнішня (див. рис. 2.10) фіксація за допомогою технологічного оснащення, тобто спеціальних засобів, для складання – складальних пристроїв або стапелів.

Найефективнішим є процес складання компонентів без технологічного оснащення. У цьому разі бажане положення деталей відносно один одного досягається завдяки власним суворо визначеним властивостям складових компонентів.

Наприклад, при складанні редуктора (рис. 2.12) положення колеса на валу визначається посадкою за системою отвору $\varnothing 35H7/m6$, буртиком на поверхні вала, шпонковими пазами і шпонкою на валу та колесі.

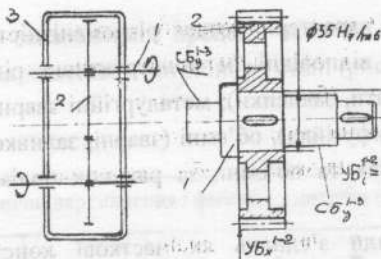


Рис. 2.12. Установлювальні бази (УБ) при складанні редуктора

У другому випадку (рис. 2.13) для пари деталей, які з'єднуються гранями, бажане з'єднання оцінюється розміром припустимої сходинки Σ .

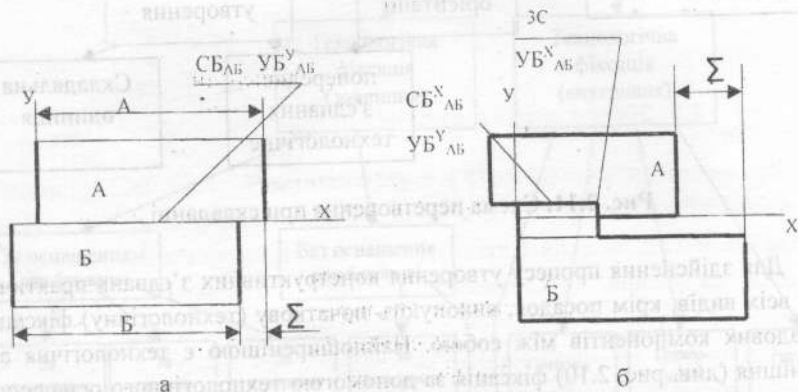


Рис. 2.13. Складальні (СБ), установлювальні (УБ) бази для деталей А і Б:
а – при з'єднанні гранями; б – при з'єднанні "самоскладанням"

Для забезпечення "самоскладання" необхідно задати деяку поверхню С на деталях А, Б нормально до осі Х (рис. 2.13, б). Реальна поверхня, яка визначає взаємне розміщення деталей одна відносно одної, називається установлювальною базою (УБ).

Поверхня, за допомогою якої виконується з'єднання деталей при складанні, називається складальною базою (СБ). Наведені приклади власних УБ на складальних деталях дозволяють здійснити складання простими механічними способами, що одержали назву складання за кресленням або

привалковими (сукупними) поверхнями. Там, де УБ і СБ не збігаються, наприклад, $УБ_{AB}^X$ (див. рис. 2.13, б) у вигляді уступу до $СБ_{AB}$, виникає проблема компенсації зазорів, тобто УБ не повинна перешкоджати переміщенню у напрямку до складальної бази (СБ).

Другим різновидом складання за кресленням є складання за розміткою на поверхні однієї з деталей, що називається базовою. Положення деталей визначається суміщенням контурів деталей і лінії розмітки на поверхні базової деталі (рис. 2.14).

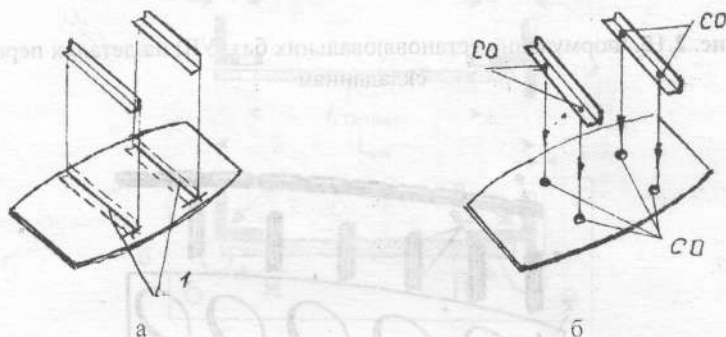


Рис. 2.14. Складання шпангоута стінки нервюри: а - за розміткою; б - за складальними отворами (СО) у стінці та деталях

За встановлювальну базу, виконану точніше, ніж розмітка (див. рис. 2.14), приймають заздалегідь просвердлені отвори у складальних деталях. Вони одержали назву складальних отворів (СО).

Оскільки встановлювальні бази на деталях виконують під час їх виготовлення, то тим самим надають їм властивості збірності. Це поняття тісно пов'язано з поняттям взаємозамінності.

Технологічну схему формування розмірів при використанні власних установлювальних баз на деталях наведено на рис. 2.15, приклади вузлів, складених за СО, - на рис. 2.16.

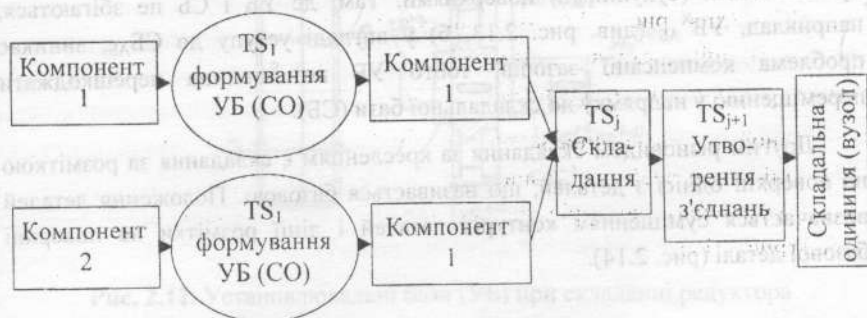


Рис. 2.15. Формування установлювальних баз (УБ) на деталях перед складанням

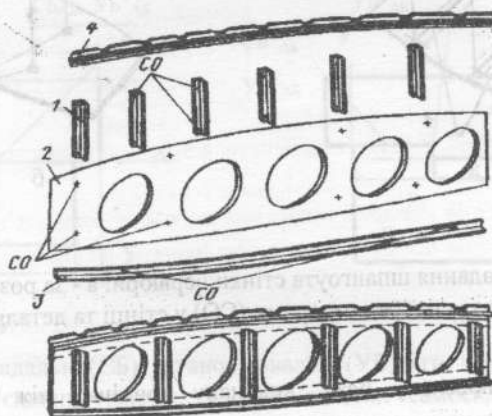


Рис. 2.16. Складання нервюри за СО: 1 – стояк; 2 – стінка (базова деталь); 3, 4 – верхній та нижній пояси

У тих випадках, коли через недостатню жорсткість деталей неможливо використати власні встановлювальні бази на деталях, застосовують способи орієнтації компонентів відносно зовнішніх баз пристроїв для складання. Такі процеси одержали назву складання у пристроях. Пристрій виконує роль форми, розміри якої переносяться на конструкцію, яку складають.

Установлювальні бази спеціально виконуються на фіксувально-встановлювальних елементах складального пристрою. Встановлювальні бази на деталях суміщуються з функціональними поверхнями (наприклад, із зовнішніми контурами). Винятком є спеціальні встановлювальні бази у вигляді координатно-фіксуючих отворів (КФО) або базово-фіксуючих отворів (БФО). Розглянемо специфіку формування розмірів складальних одиниць при складанні за СО і в пристрої (рис. 2.17).

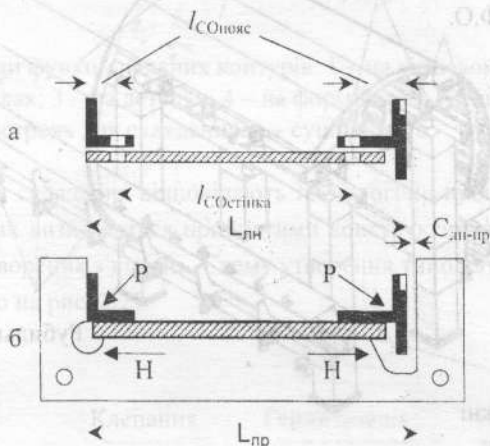


Рис. 2.17. Формування розмірів перетину лонжерона при складанні: а – за СО; б – у пристрої

Отже, розміри лонжерона у разі складання за СО визначаються розмірним ланцюгом деталей з їх похибками. В разі складання у пристрої розмір лонжерона визначиться розміром пристрою $L_{\text{кр}}$ і відхиленням $S_{\text{лн-пр}}$ лонжерона від пристрою.

Похибки виконання полиць лонжерона внаслідок можливості переміщення у напрямку H (УБпр) компенсуються. При складанні за СО такої можливості не було. Похибки при складанні у пристрої наче "ховаються у середину вузла".

Простота виконання встановлювальних баз у вигляді отворів була поширена на складання у пристрої. Установлювальні бази пристрою виконуються також у вигляді отворів (рис. 2.18). Сумішуючи ці отвори, визначають положення компонентів один відносно одного, наприклад, частин шпангоута (рис. 2.19), положення великих секцій і панелей фюзеляжу

один відносно одного. Це викликано тим, що використовувати функціональні контури як бази через недостатню жорсткість цих деталей не раціонально. Види функціональних контурів наведено на рис. 2.20.

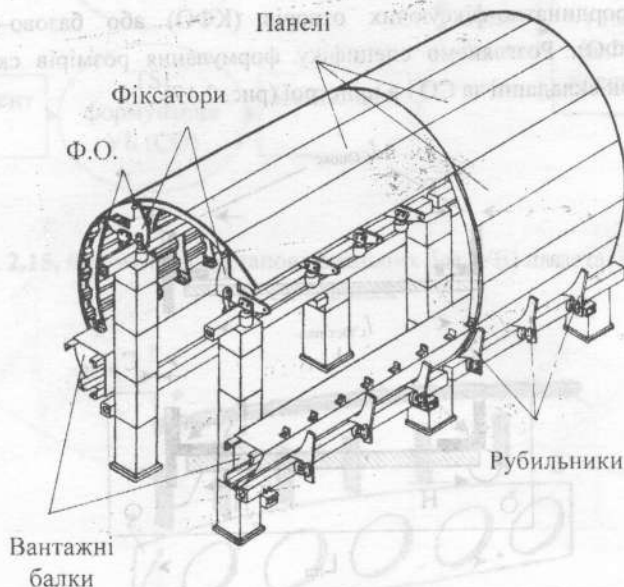


Рис. 2.18. Складання секції фюзеляжу за допомогою координатно-фіксуєчих отворів (КФО)

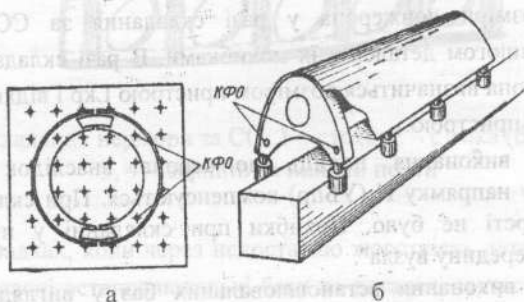


Рис. 2.19. Складання шпангоута та носової секції за допомогою КФО

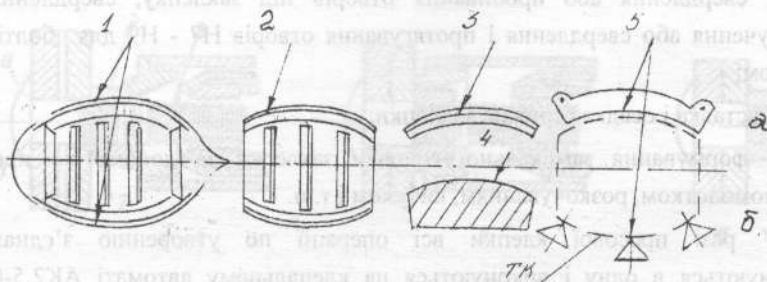


Рис. 2.20. Види функціональних контурів: 1 – на кінцевому виробі; 2 – на вузлах; 3 – на деталях; 4 – на формблоках і штампах; 5 – на пристроях для складання: а – суцільний, б – точковий

Другому етапу складання відповідають технологічні процеси утворення з'єднань, зміст яких визначається прийнятими конструктивними рішеннями (КР) і засобами утворення з'єднань. Схему утворення типового заклепкового з'єднання наведено на рис. 2.21.



Рис. 2.21. Послідовність процесу клепа́ння ву́злів і панелі середніх і крупних розмірів на клепа́льному авто́маті з ЧПК (КП1504П2), АК5.5"-1.5

Типовий процес утворення точкового механічного з'єднання (див. табл. 2.2), наприклад, заклепкових, на шпонках, болтових, передбачає:

- визначення положення окремих з'єднань, наприклад, центрів заклепок, розміткою, кондуктором для свердлення або за закріпленою деталлю з раніше виконаними отворами;

– свердлення або пробивання отворів під заклепку, свердлення і розкручення або свердлення і протягування отворів Н7 - Н9 для болтів з натягом;

– вставка і осадка стрижня заклепки;

– формування замикальної головки за допомогою преса, пневмомолотком, розкочуванням, вибухом і т. п.

У разі пресової клепки всі операції по утворенню з'єднання об'єднуються в одну і виконуються на клеपालному автоматі АК2.5-0.5; АК16-30 та ін. (рис. 2.22).

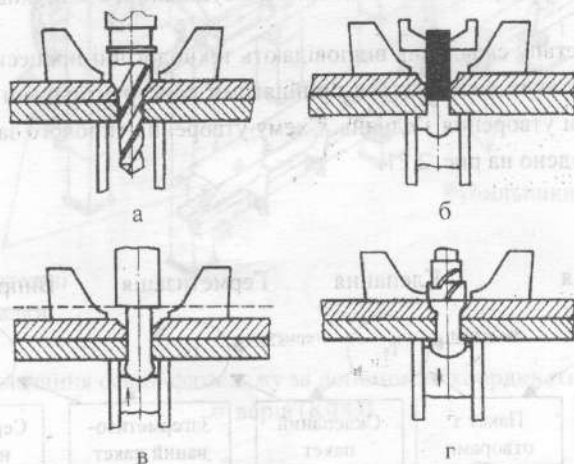


Рис. 2.22. Послідовність утворення заклепкового з'єднання зі стрижнів на автоматі АК-16"-3: а – свердлення; зенкування, б – вставка заклепки стрижня; в – розклепування; г – зачищення потайної головки

Крім звичайних заклепок у навантажених місцях використовуються конструкції болт-заклепки, установка яких потребує підходу з одного боку та виконується спеціальним інструментом (рис. 2.23).

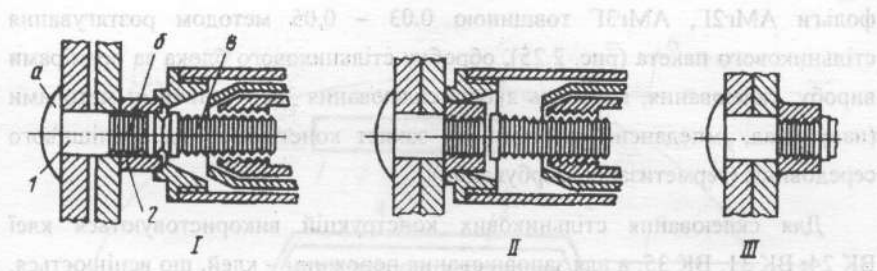


Рис. 2.23. Болт-заклепка: *I* – до установки: 1 – стрижень (30ХГСА); 2 – кільце, що деформується (Сталь 20); 3 – відривна частина; 4 – спеціальний інструмент; *II* – виконання клепання та відрив хвостовика; *III* – поставлена болт-заклепка

Для виконання заклепкових з'єднань з підходом з одного боку використовується пустотіла заклепка зі стрижнем, яка теж установлюється спеціальним пістолетом (рис. 2.24).

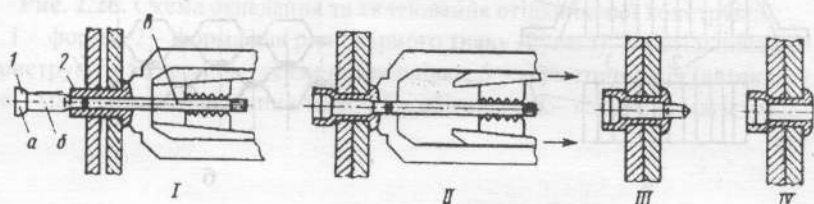


Рис. 2.24. Пустотіла заклепка зі стрижнем: *I* – до клепання; 1 – осердя; 2 – трубчаста заклепка; *II* – під час постановки; *III* – поставлена заклепка; *IV* – виступаючу частину стрижня знято

З'єднання на клеях, включаючи неметалеві конструкції, є одним з ефективних і потребує технологій, відмінних від традиційних. Найбільшого поширення вони набули при виготовленні панелей інтер'єра, багатошарових панелей, підкріпленні основної обшивки дублерами, в конструкціях зі стільниковими заповнювачами. Якість склеювання залежить від товщини клейового шару (близько 0.02...0.08 мм), режиму склеювання (тиск і температура, час витримання). Процес виготовлення, наприклад, стільникової конструкції включає виготовлення стільникового заповнювача з

фольги АМг2Г, АМг3Г товщиною 0.03 – 0.05 методом розтягування стільникового пакета (рис. 2.25), обробку стільникового блока за розмірами виробу, склеювання, контроль якості склеювання неруйнівними методами (наприклад, імпедансно-акустичним), захист конструкції від зовнішнього середовища (герметизація, фарбування).

Для склеювання стільникових конструкцій використовуються клеї ВК 24, ВК 31, ВК 35, а для заповнювання порожнин – клей, що вспінюється, – ВКВ-2. Складання та склеювання таких конструкцій виконують у спеціальних герметичних пічах-автоклавах.

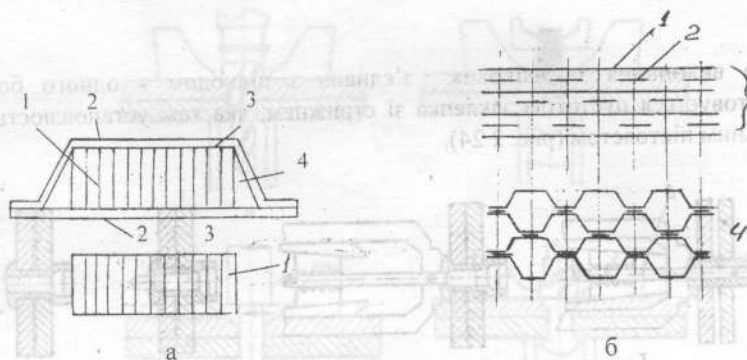


Рис. 2.25. Схема конструкції зі стільниковим заповнювачем: а - складові частини: 1 – стільниковий блок; 2 – металеві обшивки; 3 – плівка клею; 4 – порожнина, заповнена клеєм ВК-2; б - утворення стільникового блока: 1 – фольга АМГ2М; 2 – смужка рідкого клею; 3 – пакет; 4 – розтягнутий пакет у блок

Для забезпечення запресування використовують вакуумний або вакуумно-автоклашний спосіб. В автоклавах розміром 3х6...3х16м створюється тиск до 1,6 МПа, температура від 120 до 160 °С. Схему склеювання стільникової конструкції в автоклаві показано на рис. 2.26.

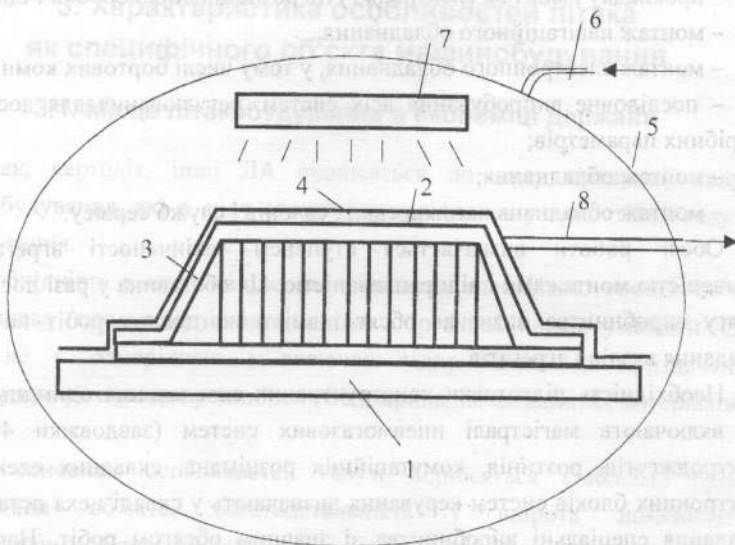


Рис. 2.26. Схема складання та склеювання стільникової конструкції:

1 – форма; 2 – форма для рівномірного тиску (цулага); 3 – стільникова конструкція з клеєм; 4 – герметична плівка; 5 – герметична піч (автоклав); 6 – магістраль підвищення тиску; 7 – обігрівач; 8 – вакуумна магістраль

2.6. Зміст процесів загального складання і випробування авіаційної техніки

Остаточне складання літака передбачає:

- стикування агрегатів за допомогою конструктивних стиків на болтових з'єднаннях;
- випробування на герметичність кабін і відсіків;
- навіску та регулювання шасі;
- монтаж гідравлічних систем шасі, рулів, їх відпрацювання;
- навіску та регулювання рулів і механізації крила;
- монтаж жорстких систем керування, електромеханізмів, випущення і прибирання закрилків, інтерцепторів, створок і люків;
- монтаж систем побутового і висотного обладнання (ПО і ВО), протиобледеніння;

- прокладку і монтаж електроджгутів розподільних коробок і щитів;
- монтаж навігаційного обладнання;
- монтаж електронного обладнання, у тому числі бортових комп'ютерів;
- послідовне випробування всіх систем, регулювання для досягнення потрібних параметрів;
- монтаж обладнання;
- монтаж обладнань пасажирських салонів і служб сервісу.

Обсяг роботи визначається ступенем закінченості агрегатів, їх насиченістю монтажами і відпрацюваністю. Ця обставина у разі достатності обсягу виробництва визначає обсяг і зміст монтажних робіт на стадіях складання вузлів і агрегатів.

Необхідність підготовки конструктивних складальних одиниць (КСО), які включають магістралі пневмогазових систем (завдовжки 4000 м), електроджгутів, розтинів, комутаційних рознімань, складних електро- та електронних блоків систем керування визначають у складі цеха остаточного складання спеціальні виробництва зі значним обсягом робіт. Наприклад, підготовка, обв'язка, пайка джгутів займає 5% трудомісткості (для середніх транспортних літаків) від трудомісткості остаточного складання.

Використовують різні види пристроїв, плази, обладнані для автоматичного набору проводів, і т. п.

Комплекти систем до установки на борт літака проходять так звану відну перевірку на відповідність технічним умовам (ТУ).

Самі системи після монтажу перевіряються на функціонування на спеціальних стендах з автоматичною реєстрацією даних.

Прийнятий представником замовника літак направляється на аеродромне відпрацювання, де спочатку його доукомплектовують, а потім здійснюють перевірку функціонування систем у контрольно-випробувальній станції (КВС), тарування паливовимірювачів баків, відпрацювання силових установок (СУ), тобто двигунів, перевірку систем керування.

Перевіряється також функціонування систем у польоті, наприклад, висотомірів, гірокомпасів, систем автоматичного зльоту і т. д.

Обладнання аеродромного цеху аналогічне обладнанню тих аеродромів, що експлуатують літаки.

3. Характеристика особливостей літака як специфічного об'єкта машинобудування

3.1. Місце літакобудування в економіці держави

Літак, вертоліт, інші ЛА відносяться до виду продукції галузей машинобудування, які в силу специфіки виділились у самостійну галузь – авіабудування.

Необхідність такого виділення зумовлена специфікою самого об'єкта виробництва (продукції), економічними і організаційними умовами. Сама галузь не є однорідною і включає підприємства за призначенням (літакобудівних силових установок (СУ), приладів, авіаційних матеріалів тощо).

До основних особливостей галузі відносяться (табл.3.1) цільове призначення об'єкта, багатодетальність і широта номенклатури застосовуваних матеріалів, складність просторових форм і з'єднань, висока питома вартість і трудомісткість виробу, жорсткі вимоги до якості, надійність у межах регламентованого терміну використання, специфіка методу і засобів підготовки виробництва і широке кооперування з іншими підприємствами і галузями.

Таблиця 3.1

Особливості літака як об'єкта виробництва

Особливості	Характеристика особливостей
Цільове призначення виробу	Специфіка середовища використання і цільової нагрузки
Висока споживча вартість C і наукоємність N	$C = 500 \dots 10000 \text{ \$}/\text{кг}$; $N = 3 \dots 58 \text{ \$}/\text{кг}$
Багатономенклатурність та багатодетальність	50 – 120 тис. найменувань деталей планера літака, загальна кількість деталей 200 – 750 тис. штук без кріплень
Широка номенклатура матеріалів	Більше 300 марок матеріалів
Складність просторових форм і з'єднань	Радіус кривизни поверхні від 2 до 50000 мм 30 – 50% поверхні подвійної кривизни

Особливості	Характеристика особливостей
Висока питома трудомісткість	5 – 200 год./ кг; 75 – 120 тис. год. на один літак
Жорсткі вимоги до якості	Допуск на контур та сходинки $\pm 0.5 \dots 1$ мм Зазори 0.02 – 0.05 мм
Часта змінюваність об'єкта виробництва	Серії не більше 5 ... 10 машин. Замовлення 10 ... 50 літаків. Цикл 1.5 – 3 роки
Специфіка підготовки виробництва, термінів підготовки виробництва (ПВ)	Плазово-шаблонний метод ув'язки і його модифікації. Цикл ПВ 0.5 – 0.8 року Трудомісткість 1.5 млн. год. Виготовляється: 25 тис. формблків, 8 тис. штампів, 4.5 тис. верстатних пристроїв, 300 складальних пристроїв
Широке кооперування	Поставки – 1500 найменувань комплектуючих від 250 – 350 підприємств та організацій
Жорсткі вимоги до надійності, регламентація ресурсу	Безаварійна експлуатація 60 – 80 тис. год., 40 тис. посадок

Продукція літакобудування є однією з найвигідніших у машинобудуванні, незважаючи на зростання наукоємності. Порівняно з іншими видами транспорту вартість одиниці маси планера літака виявляється дуже високою і продовжує збільшуватися.

Це пояснюється високою питомою вагою стратегічних матеріалів у конструкції товарної продукції. Наприклад, на 550-місному літаку "Боїнг-747-200" необхідно виготовити з алюмінієвих сплавів – 190 тис. деталей, сталей – 72 тис., титанових сплавів – 15 тис., міді – до 10 тис.

Тенденція зростання цього показника підтверджується табл. 3.2. Водночас продукція авіапромисловості у зовнішній торгівлі розвинених країн посідає значне місце. Так, США наприкінці 80-х років експортували

близько 80% всієї продукції авіакосмічної промисловості на суму більше 15 млрд. \$ на рік, переважно магістральних літаків. Франція продає до 75% переважно бойових літаків, Італія — до 60% обсягу. Доля у валовому національному продукті від зовнішньої торговельної діяльності з продукцією авіакосмічної техніки складає від 3 до 12%, що відчутно і вигідно для країни.

Таблиця 3.2

Тенденція зростання вартості одиниці маси порожнього літака

Літак	Маса порожнього літака, тис.кг	Вартість, млн. \$	Вартість одиниці маси порожнього літака, \$/кг
Боїнг-747-200	167	150	900
B1B	73	283	3876
Стелс"	50	500	10.000

У свій час СРСР поставляв на ринок до 30 та 35% такої продукції з прибутком від 6 до 8 млрд. \$. Іншою безперечною перевагою розвитку авіакосмічних програм є вклад досягнень цієї галузі у розвиток усіх галузей економіки країни. Використання досягнень авіакосмічної технології та матеріалів у цивільних галузях забезпечує десятикратний прибуток. Наприклад, технології автоматичного дугового зварювання алюмінієвих сплавів обійшлись при створенні "Шатлів" у 3 млрд. \$, а будучи використані у суднобудуванні та домобудівництві принесли добуток у 28 млрд. \$.

В результаті росту обсягу перевозу у світі (щорічний приріст у середньому - 10...12%) забезпечується стабільний ринок збуту продукцій. Так, у найближчі 10 – 20 років потреба в середньомагістральних літаках становить 3000...5000 літаків.

Сучасна тенденція така, що збільшення пасажиромісткості літаків при їх високій вартості скорочує обсяги випуску, але можливість одержати від продажу літаків значні прибутки веде до жорсткої конкуренції провідних авіаційних фірм. Країни і концерни, засвоївши найвигідніший ринок

авіакосмічної продукції, прагнуть зберегти і поширити його, усунивши конкурентів.

Тривалий цикл проектування (6...8 років), експлуатації (25 років) призводить до повільності окупності літака. Оскільки прибуток надходить протягом довгого часу, то продаж здійснюють за лізингом або у кредит. Усі країни з розвинутою економікою прагнуть створити свою авіапромисловість, щоб уникнути витрат на купівлю дорогої техніки і згодом самим вийти на авіаринок. Але для створення і виробництва сучасної авіатехніки країна повинна мати досить значний інтелектуальний і економічний потенціал. Наприклад, трудомісткість розробки і виготовлення літака "Торнадо" склала 50 і 100 млн. чол.-год. У програмі було зайнято більш ніж 70000 спеціалістів з 500 фірм. Витрати на створення сучасних літаків сягають значних сум. Так, вартість розробки і створення "Боїнга B757" - 3 млрд...3.5 млрд. \$, A320 - 1.7 млрд. \$, C17 - 3.8 млрд. \$, АН-124 - 10 млрд. крб., АТФ - 10 млрд. \$. Відповідно, з урахуванням виробництва серій ці втрати збільшаться у 10 і більше разів. Наприклад, виробництво C17 (130 літаків) - 40 млрд. \$, В1В (100 літаків) - 28.3 млрд. \$.

Кількість країн, спроможних незалежно створювати і виготовляти літак, його системи керування, бортове радіоелектронне обладнання незмінно скорочується. Розробляти і будувати всі види ЛА на цей момент можуть лише США. Для вирішення проблеми створення нової авіаційної техніки багато країн об'єднують зусилля. Для розробки і створення сучасного літака з високими характеристиками крім коштів потрібні десятки тисяч висококваліфікованих спеціалістів, потужна дослідницька і промислова база. Так, у середині 90-х років чисельність авіаційної промисловості світу складала: США - 1400 тис. чол., Англія - 250 тис. чол., ФРН - 102 тис. чол., Франція - 128 тис. чол.

Структура чисельності працівників авіапромисловості у СРСР становила:

виробництво двигунів - 160 тис. чол.;

літаків і вертольотів - 280 тис. чол.;

приладів для літака - 200 тис. чол.;

суміжні виробництва - 120 тис. чол.

Співвідношення чисельності працюючих між розробником і виробництвом у авіаційній промисловості становить (1:10), норма прибутку - 4-5 \$ на кожний витрачений долар.

Таким чином, літакобудування є наукоємним виробництвом, яке повинно давати високорентабельну продукцію.

3.2. Багатодетальність і широта номенклатури матеріалів

Відповідно цільовому призначенню вибору прагнення одержати конструкцію мінімальної маси при високій несучій здатності веде до створення монолітної (суцільної) конструкції. Однак вимоги сучасного авіабудування потребують багатодетальності та широти використовуваних марок матеріалів. Умовою для вибору матеріалу є його питома віддача (міцність, жорсткість, довговічність, зносостійкість) на одиницю маси, цільового навантаження або вартості.

Наприклад, металева оболонкова конструкція у вигляді обшивки, підкріпленої роздільно виготовленим набором, має близько 100 деталей на м². Кожній з деталей відповідає своє оптимальне значення геометричних розмірів і показників призначення. Геометричні розміри деталей залежать від конкретних процесів. Наприклад, геометричні розміри обшивки обмежені розмірами ванн анодування, розмірами автоклавів для склеювання і т.п., перетин монолітної панелі – розмірами металообробних верстатів, можливостями виробництва заготовок монолітних панелей тощо.

При складеній конструкції для цивільного літака з масою 40-50 т кількість найменувань деталей становить від 50 до 120 тис., а загальна кількість у 5-6 разів більше, тобто 600-800 тис. деталей.

У табл. 3.3. подано номенклатуру традиційних марок матеріалів, кількість деталей і використовувані методи і засоби реалізації для різних методів виробництва транспортного літака типу ІЛ-96, АН-124.

Типові марки матеріалів і номенклатура деталей за видами виробництва [4]

Метод і матеріал	Кількість найменувань на літак, тис. шт.	Кількість деталей, тис. шт.	Використані процеси та обладнання
Лиття: МЛ5, МЛ8, МЛ9, ВАЛ10; АЛ19, ВТ5л, ВНл3, 30ХГСАл, 45л. Всього 11 марок	1,2	5...6	Розміром до 500 – 600 мм. Повний комплекс ливарного та допоміжного обладнання.
Обробка тиском: АК6, АК4-6, В93, ОТ-3, 1420ТГ1, 1973Т3, В95пчТ2, ВТ3-1, МА7, МА8, інші сталі всіх марок. Всього 28 марок.	2,5	12,5	Використовуються методи холодного і гарячого штампування на молотах, пресах, гвинтофрікційних пресах, у режимах безокисного, ізотермічного нагріву тощо.
Холодне штампування і штампування з нагрівом: Д16чАТВ, Д16чТП, В95пч і 1163АТВ.	50	80	Розміром 2000х8500 мм. Гнуття на обтягування на верстаті КГЛЗ, ЛГС-5, РО630П, РО500, БДУ.
Листи: Д16чАТ, ВТ4, АМг6, Х18Н9Т, 1420, 1163АМ, МА8, ОТ4-1, ПП7	1	1,20 в тому числі 700 обшивок	Розміром 500х3000 мм; виготовляються на QRD600, QAB-32, Мл5, ПСГ100, механічних пресах.
Формування деталей з листів, профілів, труб. Профілі: Д16Т, ВТ3-1, АД31, 1163, 1420, 1450 Листи: Д16АМ, алюмініопласти Труби: ПТ-7, ВТ1-О, АМг2М, Х18Н10Т, М2, Сталь 20	40 0,5 2,5	60 0,8 3	Розміром до 10000 мм. Гнуття, обтягування на верстатах ПГ4, ПГ5, СПО35, ПГ25, ПГР6, ПГР8. Розміром Ø150 x 1200 мм. Штампування підвищеним тиском QRD-600, QAB-33, 5650. Розміром до Ø135 x 6000. Штампування, гнуття, зварювання ПГФП-20/100, ТГС-2, ГТСПО-6/24, -18 – 40, QAB-32, МЛ3.

Закінчення табл. 3.3

Метод і матеріал	Кількість найменувань на літак, тис. шт.	Кількість деталей, тис. шт.	Використані процеси та обладнання
Механічна обробка: АК6-Т1, В93, Д16чТ, В95пч, Д16Т, Д19, 1420, АЛ9, АЛ19, ВАЛ10, АМг3, інші – 70%. 1161АТВ, 30ХГСА, ВСН-5, 2Х13, 30Х2НВ, Х17Г9АМ, 12ХНВ, інші сталі – 17%.	20	250	Виготовляють: монолітні панелі деталі каркаса, балки, люки, окантовки, рельси закрилків, вузли навіски, штоки, шасі, кріпильні деталі тощо
Поковки і штамповки: ВТ22, ВТ3-1, ОТ-4, ВТ10, ВТ14, ВТ5л, ВТ9л, - 10%	1,65	8	Всі види механічної обробки
Пресовані профілі, панелі, плити (ті ж самі матеріали)	1,3	5	
МА2-1, МА14, МЛ15, МА8, ВМ65-1.			
Лист від 0,8 до 10 мм.	0,12	0,8	
Лиття	0,6	2,5	
Пруток пресований і круг	1,0	16	Всі види механічної обробки
Труба товстостінна	0,32	1,2	

Номенклатура матеріалів поширюється з використанням прогресивних сплавів алюмінію, що мають свою специфіку і особливості обробки.

Особливістю матеріалів для літакобудування є надзвичайні вимоги до їх використання за призначенням і тільки за наявності паспорта на матеріал. Внаслідок підвищення вимог до якості (надійності та безпеки) значно поширилися властивості, яким повинні відповідати авіаційні матеріали. Крім поширених показників σ_r , σ_{02} , σ_{-1} введено характеристики в'язкості зруйнування K_c , швидкість розповсюдження тріщин dl_0/dN , що визначають опір конструкції при пошкодженнях.

При проектуванні сучасних об'єктів принцип безпечного пошкодження прийнято як гарант безпечної експлуатації навіть за наявності тріщин обмеженої довжини. Це забезпечує можливість виявити гадані пошкодження і гарантувати безпечну експлуатацію. Відмічені механічні характеристики

пов'язані зі структурним станом матеріалу (табл. 3.3). Останнє залежить від режиму термічної обробки, а також ступеня чистоти, а саме від додаткових негативних домішок, наприклад, заліза та силіцію (Fe, Si) в алюмінієвих сплавах. Якщо ці домішки - не більше 0,15%, то сплав чистий, менше - підвищеної чистоти.

Таблиця 3.3
Типові позначення при маркуванні алюмінієвих сплавів

Позначення	Зміст позначення (маркування)	Приклад
	Загальні:	
	а) плакування алюмінієм:	
А	нормальне	Д16А
Б	технологічне	
У	потовщене	Д16УТВ
	б) стан, структура:	
Н	- нагартування	
ПП	- підвищеної міцності	Д16АТН
Р	- рекристалізаційна структура	Д16АНВ
М	- м'який, відпалений	Д16АМ, АМТ6М
Т	- загартований, природне старіння	1450Т, Д16АТВ
	в) стан після відповідного режиму термообробки:	
Т1	- загартування та штучне старіння (для експлуатації з максимальним опірм навантаження)	Д16чТ1, АДЗП1 1450Т1
Т2	- те ж саме (для експлуатації з максимальною в'язкістю зруйнування)	Д16пчТ2, В95пчТ2, 1959Т2
Т3	- те ж саме з підвищеною стійкістю корозії під напругою)	1959Т3, 1973Т3
ТГ	- загартування на повітрі сплава 1420	1420ТГ1
ТГ1	- те ж саме, але на штучне старіння сплава 1420	
	г) стан за домішками згідно з ТУ:	
ч	- чистий (не більше 0,15(Fe, Si)	Д16Т, Д16М, АКС4
пч	- підвищеної чистоти (менше 0,15%)	Д16чТ, В95чТ2 В95пч, АКЧ-1пч
сч	- вельми чистий (не більше 0,1%)	В95сч, В93оч
оч	- дуже чистий	

Таблиця 3.4

Порівняльна характеристика властивостей ПКМ і металів

Матеріал	Густина, кг/м ³	Міцність розтягування, МПа	Модуль пружності, ГПа
Вуглепластик	1500	1200	170
Боропластик	2000	1200	270
Органопластик	1300	2000	95
Склопластик	2000	2000	70
Алюмінієві сплави	2700	600	70
Титан	4500	1100	110
Сталь	7800	2100	200

Значне місце займають деталі та вузли літака з полімерних композиційних матеріалів (ПКМ). Це широкий клас матеріалів, що мають армуючий матеріал (наповнювач) на основі вуглецевих, борних, скляних або інших волокон і полімерну зв'язуючу основу (матрицю).. Властивості ПКМ можуть змінюватися у широкому діапазоні залежно від складу та технології виготовлення. Осереднені фізико-механічні характеристики ПКМ порівняно з металами наведено у табл. 3.4 [10]. Ці матеріали мають низку переваг порівняно з металами і дозволяють досягти різкого зниження маси конструкції. Найперспективнішими є ПКМ на основі полімерних органічних і вуглецевих волокон (органо- і вуглепластики), волокон бору (боропластики). Із цих матеріалів виготовляють силові вузли, агрегати зі стільниковим заповнювачем, монококові конструкції відсіків фюзеляжу, панелі крил.

Кількість найменувань використовуваних ПКМ перевищує зараз сотні. На сучасному літаку - 10...30 найменувань ПКМ що відрізняються армуючим матеріалом, основою, термостабільністю. Пошук та використання нових матеріалів безперестанно тривають і поширюються. На сучасному літаку вироби з ПКМ досягають 10 ... 30% за кількістю при зниженні загальної маси конструкції літака від 5 до 50% [7].

3.3. Конструктивно-технологічні методи забезпечення просторових форм і спряжень

Одною з характерних особливостей сучасного літака є складність форм зовнішньої поверхні. Ця обставина зумовлена намаганням одержати широкий спектр аеродинамічних властивостей (якості, маневреності, керованості, сталого режиму обтікання і роботи двигунів) у єдиному аеродинамічному компонуванні. Розвиток видів аеродинамічних форм зумовлений специфікою етапів літакобудування, тісно пов'язаною з науково-технічним прогресом і промислово-економічним станом країни.

У сучасних умовах рівень різкого підвищення паливної ефективності аеродинамічних властивостей маневрених літаків веде до ускладнення зовнішньої поверхні (рис. 3.1).

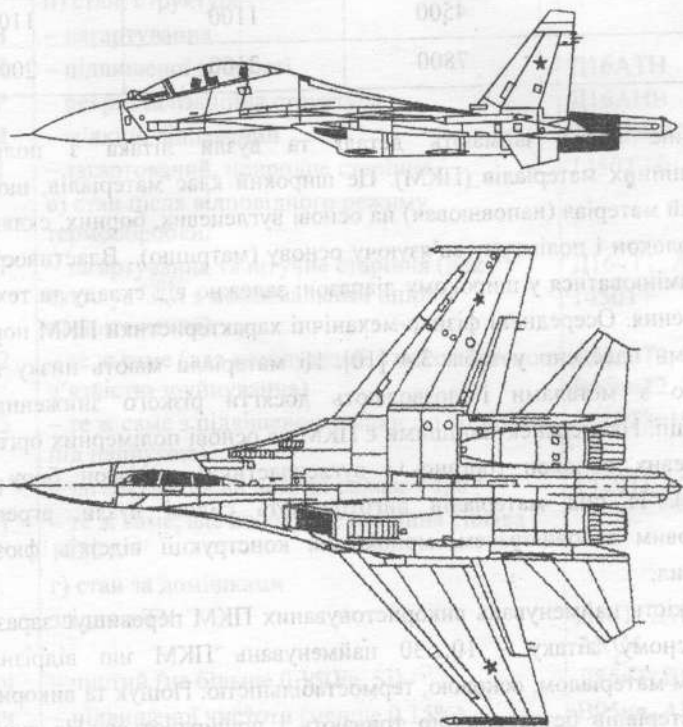


Рис. 3.1. Аеродинамічне компонування сучасного літака-винищувача (Су-27, Су-30)

Поверхня подвійної кривизни (до 80%) охоплює не тільки фюзеляж, а й несучі поверхні внаслідок інтеграції крила і фюзеляжу. В результаті цього значно зростає трудомісткість та вартість літака, кількість оригінального оснащення для виготовлення обшивки і деталей каркаса. Рівень конструктивної уніфікації та спадкоємності знижується. Різко зростають вимоги до ув'язки контурів обшивок і підсилювального набору. Це, у свою чергу, веде до значного зростання трудомісткості при виготовленні деталей внаслідок збільшення обсягу підгінно-довідних робіт. Обсяг ручної праці цих та інших робіт теж зростає.

При використанні у конструкції монолітних панелей ускладнюється процес їх виготовлення. Найпоширенішими є процеси розкочування, дробоструминного формування при 60 – 70 % ручної праці. Як правило, більше 60 – 80 % ручних робіт пов'язана з виготовленням деталей літака (близько 25 % загальної трудомісткості). Причому ця відносна доля збільшуватиметься завдяки переходу на верстати і обладнання у ЧПК. Наявність точкових з'єднань, внутрішньої герметизації (700 – 900 тисяч заклепок і 200 – 250 тисяч болтів) зумовлює використання у важкодоступних місцях ручного інструменту, що у 3 – 5 разів менш продуктивне, ніж клепаання на пресах-автоматах.

Кваліфікація працюючих має бути надто високою. Для зменшення цього негативного ефекту при виробництві конструкція виробу повинна виконуватися з максимальним використанням автоматів і спеціального програмно-настроюваного обладнання.

3.4. Специфічні методи підготовки виробництва літаків

При традиційному машинобудуванні геометричні, масові, міцнісні характеристики забезпечуються прийнятою системою граничних відхилень на основі допусків на посадки (наприклад, за стандартами ISO або СТ СЭВ 171-75), що передбачають зберігання форм і розмірів при виробництві, зберіганні та складанні. При цьому граничні розміри також обмежуються інтервалом 0-500 і 500-10000 мм.

При виробництві агрегатів літаків цих допусків не вистачає для

нормування виробничих похибок розмірів. Наприклад, допуск на зовнішній контур крила обмежується в основному значенням $\pm 1.0 \dots 2.0$ мм. Для зменшення витрат передбачається зонування поверхні за значенням розміру допустимих відхилень. Порівнюючи фактичні значення розмірів і допусків на них зі значеннями відповідних розмірів і допусків на них за стандартами (наприклад, діаметр фюзеляжу 4000...6000 мм з допуском ± 2.0 відповідає 7-му квалітету), можна зробити висновок про суттєву різницю задання точності виконання розмірів у літакобудуванні та машинобудуванні. Ще більш жорсткими є вимоги до взаємного розташування агрегатів, вузлів, спряжень деталей і вузлів. Виконання таких жорстких допусків потребує використання спеціальних методів виробництва, що призводять до значних витрат.

Недостатня жорсткість деталей та складальних одиниць ускладнює метрологічне забезпечення заданих параметрів і можливість використання традиційних машинобудівних методів і засобів. Наприклад, забезпечення сходинок $+0.05$ мм поперек потоку на стиці монолітних панелей вздовж розмаху крила АН-124 на довжині 25 – 30 м становить досить складну інженерну задачу і досягається лише при використанні спеціальних заходів і оснащення.

Вимоги абсолютної надійності зумовлюють 100%-ний контроль параметрів, готових виробів, функціональних характеристик систем і виробу в цілому за значеннями і стабільністю параметрів. Часта змінюваність об'єктів виробництва та їх модифікацій зі зміною конструкторської документації не дозволяє збільшити партії (у тому числі наробки вузлів та агрегатів) для забезпечення ефективного виробництва традиційними методами. Часта змінюваність об'єкта виробництва жорстко орієнтує галузь на гнучке виробництво з обмеженим терміном підготовки до випуску нових виробів - 0.5 - 0.8 року і менше.

Це потребує концентрації значних ресурсів у сфері допоміжного виробництва (до 25 % і більше). Наведена специфіка визначає особливі форми і засоби підготовки на основі цифрових і плазових методів ув'язки розмірів, широке використання еталонних носіїв форм і розмірів. Уявлення про обсяг роботи, яку необхідно виконати для оснащення виробництва літаків з польотною масою 70 – 80 тис., можна одержати з табл. 3.5.

Таблиця 3.5

Обсяг оснащення сучасного виробництва літака масою до 70 тонн

Вид оснащення	На основі плазів і шаблонів (шт.)	На основі систем з ЧПК (шт.)
Шаблони	40000	5000
Плази	350...600	80...120
Формблоки	25000	25000
Штампи	8000	8000
Верстатні пристрої	3000...5000	1500
Складальні пристрої	250	250
Спеціальні носії розмірів: еталони, калібри, макети	80	30
Трудомісткість підготовки виробництва, чол.- год.	2×10^6	1.2×10^6

Трудомісткість наведених робіт залежно від розмірів серії складає $1.5 \times 10^6 \dots 3.1 \times 10^6$ год.

Використання систем з ЧПК дозволяє виключити значний обсяг оснащення другого порядку (шаблони, еталони, калібри), верстатного оснащення і суттєво скоротити трудомісткість і цикл його виготовлення. Однак габарити і недостатня жорсткість деталей і вузлів зумовлює використання жорстких носіїв для тиражування розмірів виробів та їх компонентів, що не дає у повному обсязі реалізувати можливості ЧПК.

3.5. Характеристика бортових систем і обладнання як об'єкта виробництва

Збільшення кількості функцій, які здійснюються літаком, скорочення часу їх виконання та жорсткі вимоги до надійності сприяли появі специфічних рішень конструкції та виробництва елементів і монтажу систем борту. Як правило, системи та їх частини створюють конструктивні

складальні одиниці (КСО), компоненти яких установлюються на вже складений планер літака або агрегат. До складу типових КСО входять функціональні виконавчі агрегати або механізми, траси підведення енергоносіїв (стисле повітря, рідини, електроживлення), джерела енергоживлення (насоси, генератори, акумулятори); засоби комутації (реле, електрокрани, дроселі), агрегати керування (пульти, панелі обладнання); системи датчиків, засобів обробки інформації, індикатори тощо. Враховуючи необхідність резервування (дубляжу) основних систем керування літаком та інших життєвизначальних систем, зрозумілі складність і різноманітність задач, пов'язаних з монтажем, налагодженням і випробуванням системи. Різноманітність конструктивних рішень, просторове розміщення монтажів визначило специфічні методи їх монтажу, задання і здійснення у металі установлювальних баз.

На відміну від машинобудування, у літакобудуванні передбачається просторове узгодження розмірів за допомогою об'ємної ув'язки, спеціальних носіїв розмірів еталонування компонентів монтажу і трас. Вимоги високої надійності та стабільності якості систем літака зумовили визначення їх функціональних характеристик на всіх стадіях виробництва: виготовленні компонентів, монтажі, налагоджуванні та випробуванні з використанням як зовнішніх, так і бортових засобів оцінки стану в реальному часі. Це значною мірою ускладнює структуру виробництва, веде до створення спеціалізованих налагоджувально-випробувальних виробництв (контрольно-випробувальних станцій (КВС), льотно-випробувальних станцій (ЛВС)).

Тенденція розвитку авіаційної техніки така, що функціонування систем літака і його політ здійснюються в автоматичному режимі з широкою вибірковістю. На зміну механічним системам прийшли електронні та електродистанційні системи керування (ЕДСК); створено системи з волоконно-оптичними лініями зв'язку. Роль і ступінь впливу бортових систем на процеси керування зростають. Здійснено перехід від систем стабілізації за курсом і тангажем до систем підвищеної стійкості та керування (СПСК), створено систему забезпечення безпеки польоту, тобто з активною системою керування, підключеною до аналізатора зовнішнього стану. Насичення літака бортовими комп'ютерами передбачає не тільки автоматизацію керування, але й оцінку стану техніки як у польоті, так і на землі.

Різноманітність структурних елементів і принципів їх дії виключає

можливість їх виготовлення на літакобудівному заводі, ці системи є об'єктом виробництва приладобудування і електронної промисловості. За підсумком літакобудівний завод придбаває у спеціалізованих підприємств більше 1.5 тис. приладів і виробів для систем літака. Сучасне виробництво потребує широкого кооперування та своєчасної поставки готових виробів від більш ніж 750...800 підприємств.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Абибов М.Н., Бирюков Н.И., Бойцов В.В. Технология самолетостроения. – М.: Машиностроение, 1982. – 551 с.
2. Оснащение самолетного и ракетного производства / Пер. с англ. С.А. Вигдорчика – М.: Машиностроение, 1967. – 325 с.
3. Кривов В.С. Технология производства самолетов. – К.: КВІЦ, 1997. – 520 с.
4. Белянин П.Н. Производство широкофюзеляжных самолетов. – М.: Машиностроение, 1979. – 360 с.
5. Горбунов М.Н. Основы технологии производства самолетов. – М.: Машиностроение, 1976. – 270 с.
6. Ершов В.И., Павлов В.В., Каширин М.Ф., Хухорев В.С. Технология сборки самолетов. – М.: Машиностроение, 1986. – 420 с.
7. Крысин В.Н., Крысин М.Н. Технологические процессы формования, намотки и склеивания конструкций. – М.: Машиностроение, 1989. – 290 с.
8. Итоги науки и техники. Сер. Авиационное. – М.: ВИНТИ, 1991. Т. 12. – 118 с.
9. Боборикін Ю.О., Сікульський В.Т., П'янков А.В. Основи технології літакобудування. Кн.1. Загальні принципи побудови технології / Навч. посібник. – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т "Харк. авіац. ін-т", 2000. – 116 с.
10. Современные технологии авиационного строительства / Под ред. А.Г. Братухина, Ю.Л. Иванова. – М.: Машиностроение, 1999. – 832 с.

Боборикін Юрій Олександрович
Сікульський Валерій Терентійович
П'янков Андрій Володимирович

ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ЛІТАКОБУДУВАННЯ

КНИГА 2

ХАРАКТЕРИСТИКА І ЗМІСТ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЛІТАКІВ

Редактор Л.О. Кузьменко

Зв. план, 2000

Підписано до друку 07.12.2000

Формат 60х84 1/16. Папір офс. №2. Офс. друк.

Умовн.-друк. арк. 3,4. Облік.- вид. арк. 3,87. Т. 100 прим.

Замовлення 222. Ціна вільна

Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського

“Харківський авіаційний інститут”

61070, Харків – 70, вул.Чкалова, 17

Ротапринт друкарні “ХАІ”

61070, Харків – 70, вул.Чкалова, 17