

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

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

Факультет літакобудування

Кафедра технології виробництва літальних апаратів

Пояснювальна записка

ДО дипломної роботи
(тип кваліфікаційної роботи)
магістра
(освітній ступінь)

на тему «Технологія та засоби технологічного оснащення для складання
відсіку Ф2 літака Ан-140»

XAI.104.163.23O.134.1901106 ПЗ

Виконав: здобувач(ка) 2 курсу групи № 163
Галузь знань 13 «Механічна інженерія»
(код та найменування)

Спеціальність 134 «Авіаційна та ракетно-
космічна техніка»
(код та найменування)

Освітня програма «Технології виробництва та
ремонті літальних апаратів»
(найменування)

Слободенюк Іван Володимирович

(прізвище та ініціали здобувача (ки))

Керівник: Валерій СІКУЛЬСЬКИЙ
(ім'я та прізвище)

Рецензент: Юрій ЧОРНИЙ
(ім'я та прізвище)

Харків – 2024

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет _____ літакобудування _____

Кафедра _____ технології виробництва літальних апаратів _____

Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____

Галузь знань _____ 13 «Механічна інженерія» _____
(код та найменування)

Спеціальність _____ 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» _____
(код та найменування)

Освітня програма _____ «Технології виробництва та ремонту літальних апаратів» _____
(найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Катерина МАЙОРОВА _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

«_____» _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

_____ Слободенюк Іван Володимирович _____

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема кваліфікаційної «Технологія та засоби технологічного оснащення для складання відсіку Ф2 літака типу Ан-140» _____

керівник кваліфікаційної роботи _____ Сікульський Валерій Терентійович, д.т.н., _____
професор _____

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету № 2036-уч від « 23 » 11 2023 року

2. Термін подання здобувачем кваліфікаційної роботи _____ 15 січня 2024 р. _____

3. Вихідні дані до роботи розроблено технологію складання середньої частини фюзеляжу регіонального пасажирського літака.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати)

Робота містить чотири розділи: конструкторський, технологічний, економічний та спеціальний. Виконати розробку конструкції літака, а саме для середньої частини фюзеляжу, що містять технічний опис та конструктивно-технологічний аналіз; розробити технологію складання середньої частини фюзеляжу; проаналізувати ринок збуту продукції та визначити програму випуску; зробити висновки за отриманими результатами.

5. Перелік графічного матеріалу кресленики середньої частини фюзеляжу літака типу Ан-140 та оснащення до нього, також схема ув'язки та складання.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Конструкторський розділ	Чумак А.С., доцент каф.103	20.11.2023	14.01.2024
Технологічний розділ	Сікульський В.Т., професор каф.104	20.11.2023	14.01.2024
Економічний розділ	Сікульський В.Т., професор каф.104	20.11.2023	14.01.2024
Спеціальний розділ	Сікульський В.Т., професор каф.104	20.11.2023	14.01.2024

Нормоконтроль _____ Валерій СІКУЛЬСЬКИЙ «14» 01 2024 р.
(підпис) (ім'я та прізвище)

7. Дата видачі завдання «__» ____ 20__ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Конструкторський розділ	14.01.2024	
2	Технологічний розділ	14.01.2024	
3	Економічний розділ	14.01.2024	
4	Спеціальний розділ	14.01.2024	

Здобувач

(підпис)

Слободенюк І.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Валерій СІКУЛЬСЬКИЙ
(ім'я та прізвище)

ВСТУП

У наш час літак вважається одним із найшвидших транспортних засобів і повинен відповідати високим стандартам надійності, економічності, безпеки та технологічності експлуатації. Для того щоб відповідати цим вимогам, окрім конструкторської документації, необхідно розробити значну кількість технологічної документації, оскільки процес виготовлення літака є високоузгодженим і складним.

Особливості як об'єкта виробництва, а саме літака, полягають у великій номенклатурі та багатодетальності планера. Сучасні літаки обладнані різноманітним обладнанням, приладами та механізмами, що призводить до використання численних та різноманітних технологічних процесів. Також велика різноманітність використовуваних матеріалів, таких як легкі сплави, леговані сталі та композиційні матеріали, становить значну частину конструкції літака.

Зумовлені цими особливостями необхідність застосування різноманітних складальних, монтажних та інших пристосувань, а також спеціальних технологічних методів для забезпечення взаємозамінності вузлів, панелей та агрегатів. Треба відзначити, що велика трудомісткість монтажно-складальних робіт, регулювальних і випробувальних процедур, становить понад 50% загальної трудомісткості при виготовленні сучасного літака.

До інших важливих аспектів виробництва літаків слід віднести високі стандарти якості. Розробка технологічної документації для виготовлення агрегату пасажирського літака враховує усі ці особливості і є ключовим етапом дипломного проекту.

1.Конструкторський розділ

1.1 Технічний опис та конструктивно-технологічний аналіз конструкції відсіку середньої частини фюзеляжу пасажирського літака

1.1.1 Опис конструкції пасажирського літака

Пасажирський літак, який брав за основу конструкції Ан-140, створений для перевезення від 40 до 52 пасажирів на невеликі відстані, в межах 2000-2500 км. Цей літак, визначений середньою транспортною категорією, може виконувати як пасажирські, так і вантажопасажирські рейси, а також може експлуатуватися на коротких злітно-посадкових і ґрунтових аеродромах.

У проекті літака передбачено низку параметрів, що роблять його необхідним для України:

- Можливість експлуатації на коротких злітно-посадкових і ґрунтових аеродромах;
- Здатність виконувати різні види перевезень - як пасажирські, так і вантажопасажирські;
- Відповідність міжнародним стандартам безпеки та ефективності;
- Забезпечення комфорту на рівні реактивних лайнерів;
- Доступна ціна як ключовий фактор ринкової конкурентоспроможності;
- Низькі витрати на обслуговування і експлуатацію, що сприяє економічній ефективності;
- Можливість автономної експлуатації;
- Компактні розміри для легкості маневрування;
- Великий обсяг хвостового багажника для зручності пасажирів;
- Підпідлоговий багажний відсік для зберігання додаткового обладнання;
- Універсальність застосування вітчизняного та іноземного обладнання та двигунів.

Літак має різні варіанти виконання, включаючи пасажирський на 46 і 52 місця, вантажний, адміністративний, а також спеціального призначення для виконання різноманітних завдань, таких як льодова і рибна розвідка, геолого-розвідувальні, патрулювання і інші.

Для забезпечення потужності літака використовують два турбогвинтових двигуни ТВ3-117МА-Сб2, які відповідають технічним і тактичним вимогам, забезпечуючи нормальне функціонування всіх систем. Літак обладнаний сучасними системами зв'язку, навігації та управління, придатними для польотів у різних умовах - вдень, вночі і при складних метеоумовах.

Головним структурним елементом є суцільнометалевий моноплан із високо розташованим трапецієподібним крилом, вертикальним оперенням і горизонтальним оперенням, розташованим у хвостовій частині фюзеляжу. Крило має кесонну конструкцію і кріпиться до фюзеляжу за допомогою спеціальних вузлів. Горизонтальне і вертикальне оперення складаються з суцільнометалевих елементів, що використовують лонжеронну конструкцію.

Масові характеристики літака розподілені на кілька категорій:

1. Маса конструкції планера складає 4840 кг;
 - Маса фюзеляжу становить 2150 кг;
 - Маса крила дорівнює 1650 кг;
 - Маса оперення дорівнює 400 кг;
 - Маса шасі дорівнює 640 кг;

2. Маса порожнього спорядженого літака 12710 кг.

Табл. №1.1 - Геометричні характеристики літака Ан-140:

Довжина	Висота	Розмах крила	Площа крила	Площа ГО	Площа ВО	Колія шасі	База шасі
22,46	8,04	22,25	55	17	11,6	3,15	8,15

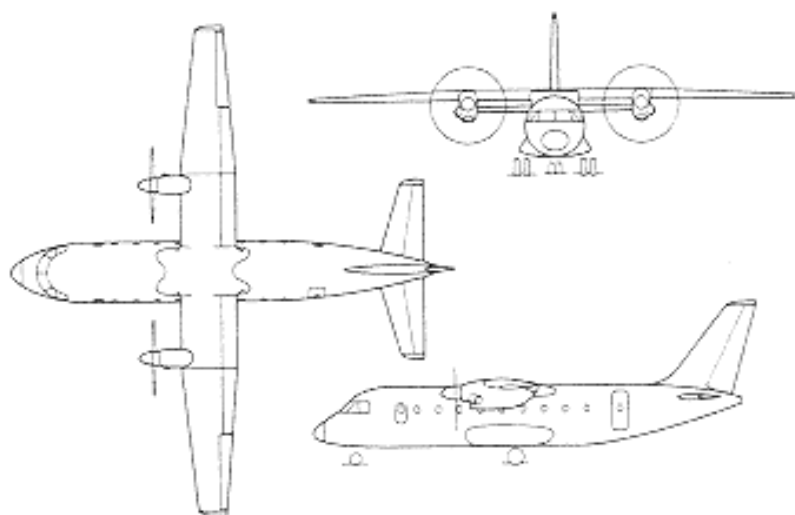


Рисунок 1.1 – Пасажирський літак Ан-140

1.1.2 Технологічні особливості конструкції літака Ан-140

Конструкція даного літака вирізняється високою спадкоємністю в порівнянні з літаками Ан-24, Ан-72, Ан-74, завдяки своїм конструктивно-технологічним особливостям. Використані матеріали та напівфабрикати для планера і систем є традиційними для авіапромисловості та вже введеними в експлуатацію.

На фюзеляжі використовуються основні матеріали, такі як обшивка з 1163АТВ і 1163АКВ, 2024(USA), 7075; стрингери - 1163Т; силові шпангоути і

кронштейни - 1933ТЗ; підкладні листи - 1163АМВ. Максимальні габарити заготовок обшивок обмежені до 1800x7000 мм для одинарної і подвійної кривизни, а довжина заготовок стрингерів - до 7000 мм.

Конструктивно-технологічні рішення, що впливають на технологію виготовлення фюзеляжу, включають в себе застосування класних металевих конструкцій автоклавного склеювання з використанням клею ВК-51А, клеєклепання стиків на клею ВК-27, застосування заклепок підвищеного ресурсу для панелі фюзеляжу, шаруватих клейових обшивок в зонах підвищених акустичних навантажень та інші.

У конструкції шасі використовуються матеріали, такі як сталь 30ХГСНМА-ВД, титанові сплави ВТ-22, ВТ-16, алюмінієвий сплав 1933ТЗ. Для серійного виробництва літака не потрібне нове технологічне обладнання, оскільки можна використовувати існуюче високопродуктивне обладнання з ЧПУ та інше.

Герметизація та антикорозійний захист фюзеляжу виконані за допомогою герметиків УЗО, МЕМ-5М, ВІТЕФ-1НГ, наповнювачів ВЗ-27М, ґрунтів ЕП-021С і ЕП-0215, емалі ЕП-140, а також протикорозійних засобів НГ-222. Для серійного виробництва літака використовуються існуючі засоби механізації та традиційні технології.

Кермо напряму і висоти має змішану конструкцію (металевий каркас, обшивка з ПКМ), і для його виробництва вимагається освоєння окремих технологій. Зазначені матеріали і технології не потребують нового технічного обладнання для серійного виробництва.

На підприємствах України використовується ряд традиційних технологічних засобів для виробництва літака, включаючи механообробляючі, поверхнево-зміцнювальні, заготовительно-штамповочні, агрегатно-складальні та інші види обладнання.

1.1.3 Конструктивно-технологічний аналіз відсіку середньої частини фюзеляжу пасажирського літака

Фюзеляж пасажирського літака має круглий перетин. Діаметр фюзеляжу дорівнює 2820 мм (2,8м) і його довжина 21500 мм (21,5м). В середині розташовані кабіна екіпажу, пасажирська кабіна (з пасажирським салоном і службовим приміщенням), а також багажно-вантажний і технологічний відсіки. Цей фюзеляж обмежений шпангоутами 1-38, і кабіна екіпажу розташована між 1 і 7 шпангоутами. Відсік ВСУ, що містить стулки і експлуатаційні люки, розташований за шпангоутом 40.

Літак обладнаний вхідними дверима (трапом), службовими дверима, вантажними дверима, аварійним люком і люком підпільного багажно-вантажного відсіку. Відсік Ф2 (середня частина фюзеляжу), розташований між 8 і 28 шпангоутами, включає пасажирську кабіну і допоміжні приміщення.

До силових шпангоутів віднесено кілька груп, кожна з яких виконує конкретну функцію в конструкції літака. Шпангоути 9-10-11 обкантовують аварійний і багажний люки, забезпечуючи необхідну міцність цих важливих елементів фюзеляжу. Шпангоути 20 і 22 у нижній частині виконані в цельнофрезерованій формі і служать для кріплення вузлів основних опор шасі. Шпангоути 19 і 22 на боковинах також виготовлені у цельнофрезерованій формі і використовуються для кріплення центроплану крила.

Ці шпангоути спільно з середніми бічними панелями (шпангоути 19-22), гермонастілом над нішею основних опор шасі та підцентропланною балкою (шпангоути 19-22) формують силовий відсік, що відіграє важливу роль у підтримці структури та взаємодії з іншими компонентами літака.

Каркас підлоги в середній частині фюзеляжу є силовим і складається з поперечних балок по шпангоутам і чотирьох поздовжніх реек для кріплення пасажирських крісел. Рейки мають гнізда для кріплення крісел і з'єднані з балками шпангоутів.

На правому борту фюзеляжу, між 9 і 11 шпангоутами, розташована вантажна двері з двома ілюмінаторами. Ці двері відкривається назовні та закривається замком в закритому положенні. Конструкція вантажної двері включає хімічно фрезеровану обшивку, штамповані обічки, силові балки та діафрагми.

Для нижнього багажного відділення пасажирського літака виконаний люк у вигляді трьохшарової кришки з КМ і стільниковим заповнювачем. Вклепано різьбові втулки у місця кронштейнів навішування і установки замку в кришку. Люк відкривається всередину фюзеляжу, обертаючись навколо горизонтальної осі по нижньому краю.

У нижній частині фюзеляжу, від 18 до 25 шпангоутів, розташована центральна поздовжня балка коробчатого перетину. Ця балка виготовлена з профілів, листових стінок і поперечних діафрагм, утворюючи міцну і стійку конструкцію. Спільно з обтікачами, вона створює нішу, придатну для приховання основних опор шасі в прибраному положенні.

Центральна поздовжня балка грає важливу роль у забезпеченні стійкості та витривалості фюзеляжу, особливо в області шасі. Її конструкція забезпечує відмінну міцність та структурну цілісність, дозволяючи літакові витримувати різні впливи та навантаження під час польоту.

Крім того, на літаку розташовані ілюмінатори, які включають аварійні і багажні люки. Обшивка панелей в місцях вирізів під ілюмінатори посилена приклепанними підкладними листами з Д16АМ товщиною 0,6 мм, а навколо вирізів клепають штамповані чашки.

Замок люка є важелевим типом і складається з корпусу з зовнішньою ручкою, кронштейнів і тяг качалок. Люк може фіксуватися засувкою на балках шпангоутів у відкритому положенні. Ця конструкція забезпечує надійність та зручність використання літака в різних ситуаціях.

Над нішею основних опор підлога утворює гермонастіл. Поздовжній силовий набір середньої частини фюзеляжу включає передню і задню панелі, бічні панелі, силові панелі лівої і правої, і задні панелі лівої і правої.

На нижній частині фюзеляжу розташована центральна поздовжня балка для розміщення основних опор шасі. Шпангоути поділені на силові, посилені і нормальні, кожен з яких має конкретні функції у конструкції.

Така інженерна розробка фюзеляжу пасажирського літака демонструє високий рівень технічного оснащення і забезпечує безпеку та комфорт для пасажирів та екіпажу під час польотів.

Загальна конструкція фюзеляжу розроблена з урахуванням зручності обслуговування, міцності та безпеки, а також дотримання всіх необхідних стандартів і вимог для пасажирських літаків.

1.2 Розробка поліпшеної конструкції верхньої передньої панелі відсіку середньої частини фюзеляжу пасажирського літака

У даній роботі пропонується вдосконалення конструкції верхньої передньої панелі середньої частини фюзеляжу, спрямоване на вдосконалення технологічних процесів та підвищення продуктивності. Для досягнення цієї мети запропоновано використовувати нові заклепки АНУ1348, які відзначаються високою ефективністю та ергономічністю монтажу.

Застосування заклепок АНУ1348 виявиться особливо корисним у зв'язку із відсутністю необхідності використовувати фрезерувальні операції після заклепки. Це зменшить трудомісткість та часові затрати на виробничі процеси, що стане кроком до передової технології в авіаційному виробництві.

Заклепувальні з'єднання завжди були ключовою частиною конструкції літаків, забезпечуючи їхню міцність та надійність. Зокрема, застосування заклепок із компенсаторами, представлених у даній роботі, може значно поліпшити робочі характеристики з'єднань. Принцип роботи компенсаторів полягає в розподілі навантаження рівномірно вздовж всієї товщини з'єднувальних деталей, що сприяє збільшенню їхньої довговічності та герметичності.

На рисунку 1.2, а представлено конструкцію потайної заклепки з компенсаторами ОСТ 1 35552-85 (Зукко), яка знаходить широке застосування у літакобудуванні. Ця заклепка відрізняється особливим компенсатором у вигляді усіченого конуса, розташованого на торці заставної головки.

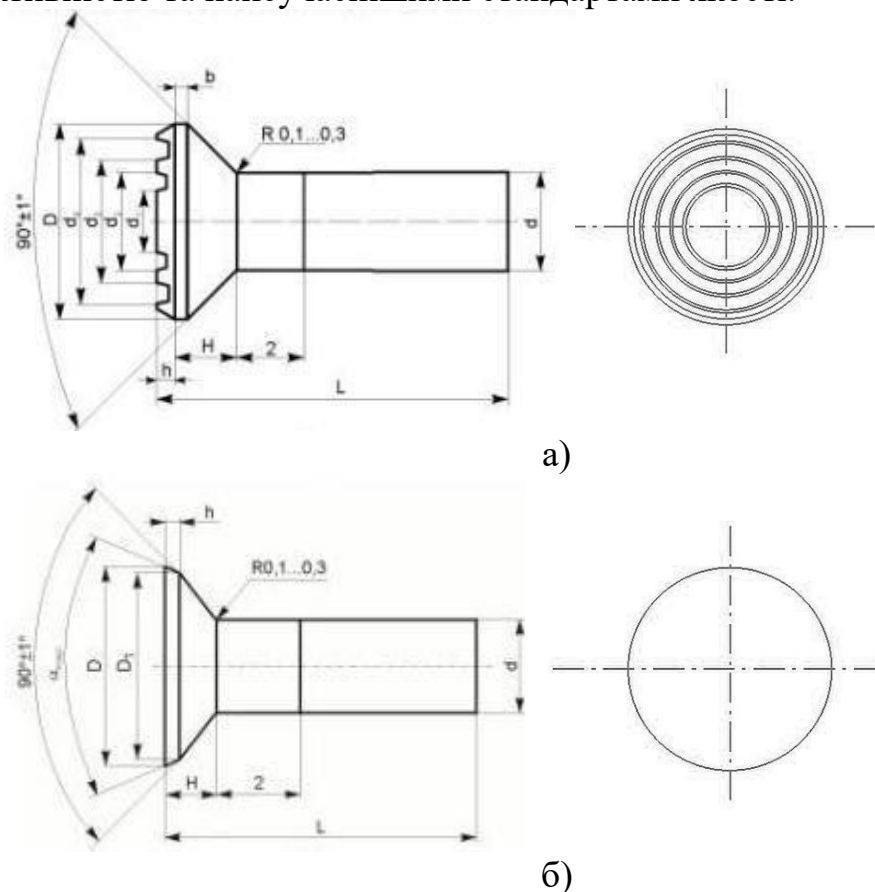
Застосування таких потайних заклепок із вдосконаленими компенсаторами дозволяє забезпечити більш рівномірний розподіл навантаження та знизити негативний вплив потайних гнізд на характеристики втомної міцності елементів потайних клепаєних з'єднань. Це сприяє збільшенню витривалості конструкції та поліпшенню її герметичності.

Цей технологічний підхід є важливим у виробництві, оскільки він дозволяє підвищити продуктивність та забезпечити високу якість з'єднань в авіаційній галузі. Разом із запропонованим вдосконаленням конструкції верхньої передньої панелі, ці нові технології стають ключовим етапом у розвитку сучасних авіаційних виробництв.

На рисунку 1.2, б представлена нова концепція заклепки АНУ1348 з компенсатором у вигляді усіченого конуса. Це інноваційне рішення може суттєво

полегшити технологічні процеси виробництва та покращити якість з'єднань в авіаційній промисловості.

Такі технологічні покращення стають важливим етапом у розвитку авіаційних технологій, забезпечуючи оптимальний баланс між високою продуктивністю та найсучаснішими стандартами якості.



а)

б)

Рисунок 1.2 - Заклепки з компенсаторами для потаємного клепаання:

а - потайна заклепка з корончатим компенсатором ОСТ 1 3552-86 (Зукко);

б - потайна заклепка АНУ1348 з компенсатором у вигляді одного усіченого конуса, розташованого на торці заставної головки.

Для покращання характеристик локального ПДВ, впливаючи на довговічність, герметичність і якість зовнішньої поверхні потайного заклепувального з'єднання, запропоновано розглянути використання модифікованого гнізда [4] для установки заклепки АНУ0348. Метою дослідження є вивчення впливу геометричних параметрів модифікованого гнізда на характеристики локального ПДВ при використанні прогресивної заклепки АНУ1348 з компенсатором у вигляді конуса, розташованого на торці заставної головки.

Метод аналізу параметрів мікроклімату ПДВ потайного заклепувального з'єднання з модифікованим гніздом під установку прогресивної заклепки АНУ1348 з компенсатором у вигляді конуса дозволяє не фрезерувати заставну головку після клепки.

Досліджено вплив геометричних параметрів модифікованого потайного гнізда на характеристики локального ПДВ в пластині з модифікованим отвором.

Модифікація гнізда полягала в заміні циліндричного пояска отвору, виконаного згідно ТІ 36-22-86 (рис. 1.3, а), конічним пояском (рис. 1.3, б) для забезпечення якості зовнішньої поверхні і герметичності з'єднання без істотного впливу на статичну міцність і втомну довговічність потайного заклепувального з'єднання.

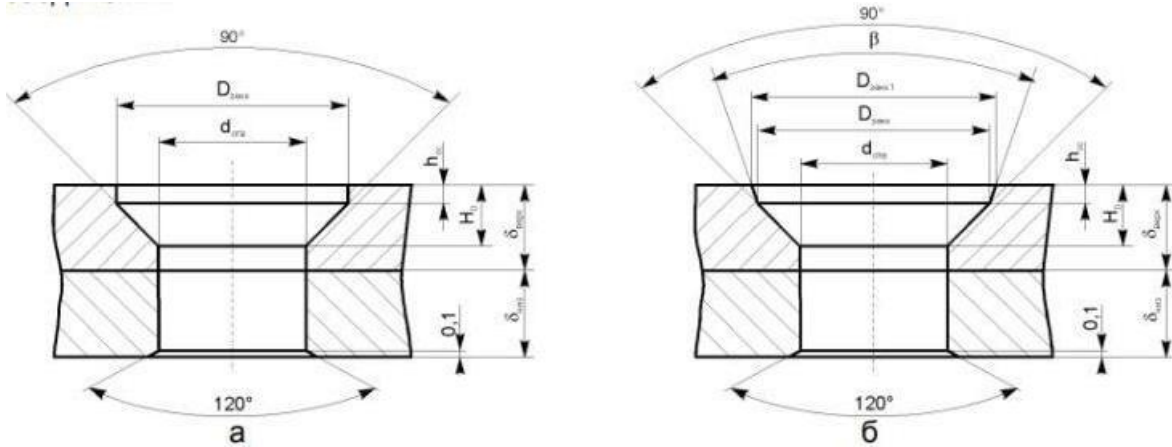


Рисунок 1.3 – Геометричні параметри та форма досліджуваного

Зенкувань отвори:

а - зенкувань отвір, виконаний по ТІ 36-22-86 (ТІ 36-53-92);

б – модифікований зенк-отвір під установку потайний заклепки з компенсатором.

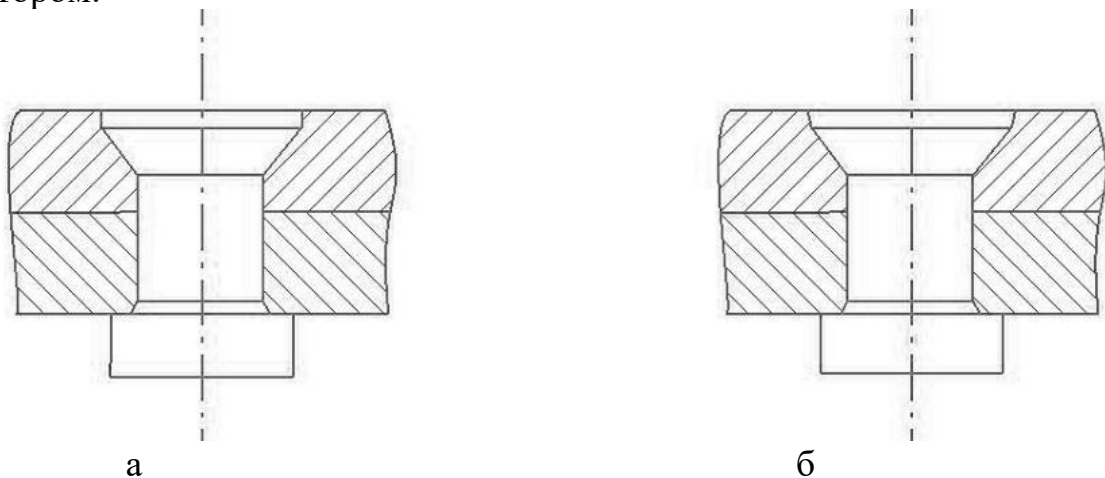


Рисунок 1.4 - Заклепувальні з'єднання

а - з'єднання, реалізоване заклепками з корончатим компенсатором ОСТ 1 35552-86 (Зукко);

б - з'єднання, реалізоване заклепками АНУ1348 у вигляді усіченого конуса, розміщений на торці заставної головки.

Модифікація гнізда дозволяє покращити якість зовнішньої поверхні літального апарату та знизити трудомісткість, оскільки такі заклепки не вимагають фрезерування після клежки.

1.3 Технічні умови (ТУ) на виготовлення відсіку середньої частини фюзеляжу пасажирського літака

Технічні умови представляють собою набір вимог, що визначають точність взаємоз'єднання, ступінь завершеності елементів складової частини літака АН-140, можливі відхилення форми і розмірів, виконання з'єднань і посадок, чистоту поверхні, технічну обробку, а також умови випробувань і контролю виготовленого виробу.

1. Граничні відхилення розмірів, форми і розташування поверхонь відповідають ГОСТ 1.00021-80.

2. Елементи виготовляються відповідно до шаблонів.

3. Вимоги до установки шпангоутів:

а) допуск на дистанцію в площині силових шпангоутів дорівнює ± 2 мм;

б) установка шпангоута №8 повинно здійснюватися за допомогою спеціального пристосування;

в) шпангоути по отворах люків базуються з допуском ± 1 мм.

4. Внутрішню частину поверхні зібраного агрегату літака Ан 140 після герметизації обробити по нормалі СМ-288.

5. Внутрішню сторону обшивки ґрунтувати, зовнішню – анодувати.

6. Допускається використання прокладок товщиною до 1,5 мм з Д16АТ (анодованих і ґрунтованих) між каркасом і обшивкою для вирівнювання зовнішнього контуру. Ширина прокладок повинна відповідати ширині елементів каркасу. У місцях установки болтів прокладки не застосовуються. Загальна вага прокладок не повинна перевищувати 1 кг.

7. Зміщення центрів заклепок допускається в межах половини повного допуску на діаметр замикаючих головок.

8. Вирубки, підсічки і тріщини на поверхні закладних головок не допускаються.

9. Герметичні заклепки повинні бути з обов'язковим поджаттям пакета, застосовуючи технічні болти і метод зворотної клепки. Після завершення клепки слід обрізати виступаючі кінці стрічки по всіх швах.

10. Теоретичні обводи і розмітка шпангоутів відповідають кресленням загального вигляду літака АН-140.

11. Розмітка стрингерів відповідає кресленням відповідних панелей.

12. Допускається звивистість осей стрингерів фюзеляжу в межах ± 1 мм на 1 м довжини.

13. Допускається збільшення зазору до 4 мм між торцем стрингера і обводом силового шпангоута при установці подовжених фітингів.

14. Допускається підрізування торців стрингерів панелі для забезпечення їх нормальної установки в силових шпангоутах не менше двох діаметрів заклепки.

15. Допускається розбіжність осей заклепок по обводам шпангоутів з осями заклепок по стандарту СО, виконаним у стрингер і обшивці до ± 2 мм.

16. Контроль проводиться відповідно до ГОСТ 110 22-78.

17. Прокладки з листа в місцях вирізів під люки, вікна, двері та підкладні листи панелей підсилюються клеєм ВК-27, згідно з ОПІ 366-78.
18. Металізація заклепок відбувається згідно з ГОСТ 1.1125.81.
19. Зазор між деталями і стрічкою заповнюється заповнювачем ВЗ-27М, згідно з ТІ 18-501-88.
20. Головки заклепок покриваються фарбою групи ЕП-0235.470 згідно з ГОСТ 1 90057-85.
21. * Розміри для довідок.
22. Шорсткість оброблених поверхонь деталей фюзеляжу пасажирського літака визначається відповідно до встановлених технічних вимог.

1.4 Оцінка технологічності відсіку середньої частини фюзеляжу пасажирського літака

Технологічність конструкції визначається як сукупність властивостей виробу, спрямованих на оптимізацію витрат праці, коштів, матеріалів та часу під час технологічної підготовки виробництва, виготовлення, експлуатації та ремонту.

Це означає, що конструкції, які забезпечують високі експлуатаційні якості та, одночасно, спрощують процеси виготовлення, можуть значно знизити витрати і вдосконалити технологічний цикл.

Аналізуючи технологічність середньої частини фюзеляжу, можна визначити ключові аспекти:

Геометрія поверхонь середньої частини фюзеляжу спрощує обробку та збірку завдяки їхній одинарній кривизні.

Раціональне членування дозволяє широкий фронт збірки, легке транспортування та заміну деталей, а також забезпечує зручний доступ під час клепки.

Використання стандартних виробів, таких як профілі, куточки та заклепки, спрощує виробництво і зменшує складність виготовлення.

Уніфікація деталей допомагає зменшити номенклатуру та раціонально використовувати ресурси.

Широке застосування алюмінієвих сплавів, зокрема 2024, 1163АТВ, 7075, 1161, сприяє полегшенню обробки.

Панелі та вузли мають відкриті двосторонні підходи до місць клепки, що сприяє ефективному монтажу.

Раціональне членування відсіку дозволяє використовувати панельну збірку, зменшуючи час на цей етап.

Застосування трьох типів кроку заклепок та заклепок одного діаметра спрощує та стандартизує конструкцію.

Зазначені аспекти підтверджують, що конструкція відсіку середньої частини фюзеляжу має високою технологічністю, сприяючи ефективному виробництву та надійній експлуатації літака.

2. Технологічний розділ

2.1 Аналіз існуючого виробництва. Технологічні заходи щодо підвищення ефективності та якості виробництва.

Залежно від об'єкта виробництва і програми випуску, існують три основних типи виробництва: масове, серійне та одиничне. Наразі дрібносерійне виробництво використовує операційну форму складання, в якій бригада збирає повністю вузол або виконує групу операцій.

У цьому контексті важливо використовувати технологічні методи для забезпечення високої якості продукції. Управління якістю базується на принципах стандартизації, системності, оптимальності, наступності, динамічності та автоматизації.

Під час аналізу виробництва в цеху-прототипі (ХДАВП, цех № 27), були виявлені наступні проблеми та можливі заходи для покращення ефективності:

- Мала кількість конструктивних роз'ємів ускладнює виділення відсіків та секцій, призводячи до збільшення розмірів та ускладнення складальної оснащенності.
- Середній фюзеляж має великі габарити, що потребує розташування стапеля зборки горизонтально, що поліпшує умови праці, але ускладнює установку верхніх панелей.
- Обмежена можливість застосування механізації і автоматизації.
- Недостатня спеціалізація цеху призводить до зниження якості праці та ефективності.

Для вирішення цих проблем пропонуються такі заходи:

- Застосування автоматичного та пресового обладнання для механізації та автоматизації клепально-складальних робіт.
- Спеціалізація цехів для вузлового та секційного складання, створення окремого цеху для панелей.
- Збірка середньої частини фюзеляжу в окремому стапелі.
- Використання механізованих та автоматизованих пристроїв у складальних стапелях.

Ці заходи спрямовані на підвищення технологічності та ефективності виробництва, щоб відповідати сучасним вимогам та забезпечити високу якість продукції.

2.2 Конструктивно-технологічне членування літака Ан-140 та середньої частини фюзеляжу

На прикладі 2.1 наведено схему конструктивно-технологічного членування транспортного літака.

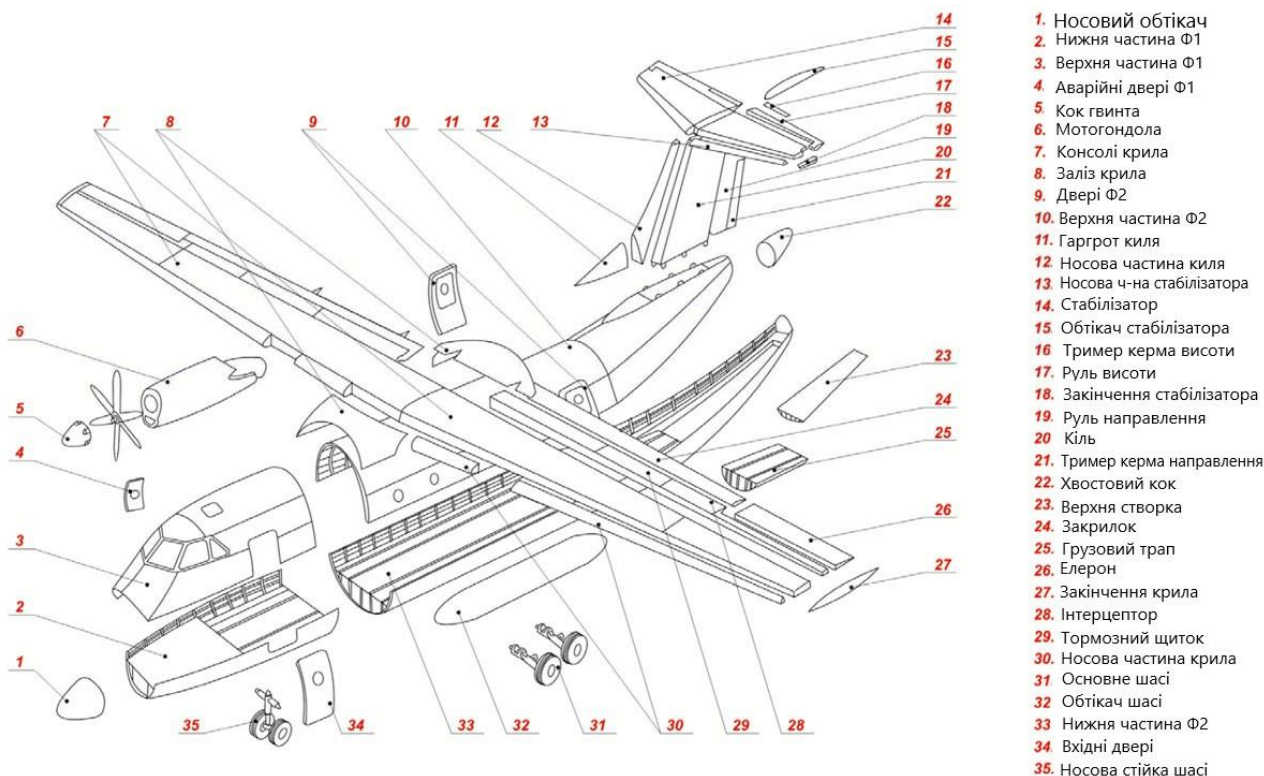


Рисунок 2.1 - Схема конструктивно-технологічного членування.

Приклад на схемі конструктивно-технологічного розбиття середньої частини фюзеляжу між шпангоутами 8-28 визначена необхідністю вирішення наступних виробничих задач:

Забезпечення високої якості монтажу та зниження кількості ручних операцій за допомогою механізації.

Скорочення часу збирання шляхом паралельного виробництва підзборок.

Мінімізація витрат на виготовлення складальної оснастки за рахунок використання збірки відсіків у стапелях, застосування перенастроюваних пристосувань та стандартного обладнання.

Забезпечення можливості виконання певних монтажних робіт в окремих відсіках.

Середня частина фюзеляжу включає в себе:

Відсік пасажирського відділу між шпангоутами	7-29
Бічна частина шпангоутів	19, 22
Панель центральна бічна лівої/правої шпангоутів	19-22
Панель передня бічна лівої/правої шпангоутів	8-19
Панель задня бічна лівої/правої шпангоутів	23-29
Панель верхня передня шпангоутів	8-19
Панель верхня задня шпангоутів	23-29
Обтічник шасі, що складається з трьох частин	-

Рівень готовності підборок оцінюється на рівні 90%, що включає в себе вирішення основних технологічних завдань. Решта 10% припадає на стиковку відсіків, з'єднання вузлів та завершальні операції. Ступінь готовності середньої частини фіюзеляжу оцінюється на рівні 80%, залишаючи 20% для завершення робіт.

2.3 Розробка схеми складання агрегату і маршрутного (укрупненого) технологічного процесу. Обґрунтування складу складальних пристосувань та методу складання для середньої частини фіюзеляжу

Збирання представляє собою комплекс технологічних операцій, пов'язаних із встановленням деталей та складальних одиниць у складальне положення, а також їхнє з'єднання в вузли, панелі, відсіки та агрегати. Послідовність виконання складальних операцій в багатьох відношеннях залежить від конструкції, її розмірів та жорсткості зібраних елементів. Є дві основні групи методів збирання, залежно від способу базування деталей під час складання:

1. Деталі встановлюються за зовнішніми базами, розташованими на основній (базовій) деталі. До цієї групи входять такі методи збирання:

- за допомогою складальних отворів (СО);
- за допомогою базових отворів (БО);
- за допомогою розмітки на базовій деталі;
- за допомогою привалочних поверхонь.

2. Деталі або вузли встановлюються на спеціальному носії розмірів - складальному пристосуванні. Такі методи включають збірку в пристосуванні з компенсацією похибок вхідних деталей, наприклад, складання "від обшивки", складання "від каркаса" без компенсації, складання "від каркаса" з використанням систем фіксації отворів (таких як БО і їх різновиди, такі як КФВ або БФО).

Найбільш поширеними в сучасному літакобудуванні стали такі методи збирання:

- за допомогою складальних або базових отворів (СО або БО);

Цей метод відрізняється високою точністю і можливістю автоматизації процесу. Деталі встановлюються за допомогою зовнішніх баз, забезпечуючи надійне з'єднання.

- за допомогою розмітки на базовій деталі;

Використовується випадковою розміткою на базовій деталі, що дозволяє досягти високої точності в монтажі. Цей метод також може бути витратоекономічним.

- за допомогою привалочних поверхонь на деталях;

З'єднання відбувається через контакт привалочних поверхонь на деталях, що забезпечує надійність конструкції.

- в пристосуванні з базуванням деталей та вузлів на їхні обводи і контури;

Використовується для зборки, в якій деталі або вузли встановлюються за їхніми обводами та контурами. Цей метод може вимагати використання компенсацій для врахування похибок.

- в пристосуванні з базуванням деталей або вузлів за допомогою спеціальних отворів (КФВ, БФО).

Деталі встановлюються за допомогою спеціальних отворів, забезпечуючи точне і надійне з'єднання.

Схемою складання називається план, який показує, як і в якій послідовності відбувається збирання, а також відображає стан поставки деталей та підборок для збірки. Оптимальною є схема збірки, яка забезпечує найбільш ефективно виробництво. Оцінка здійснюється за такими критеріями, як досягнення максимального економічного ефекту та мінімізація трудомісткості в циклі збірки конструкції.

Залежно від ступеня диференціації монтажних і складальних робіт, цикл складально-монтажних робіт може виконуватися за 3-ма схемами:

- послідовною;
- паралельною;
- паралельно-послідовною.

В контексті складання середньої частини фюзеляжу пасажирського літака, оптимальним вибором є послідовно-паралельна схема збирання. Ця схема відзначається рівновагою між послідовністю та паралельністю у виконанні робіт, що сприяє максимальному розширенню фронту робіт.

Переваги послідовно-паралельної схеми виявляються у здатності ефективно оптимізувати виробництво. За допомогою цієї схеми можна скоротити загальний цикл збірки, запускаючи деякі процеси паралельно, що приводить до підвищення продуктивності. Водночас, дотримання послідовності дозволяє забезпечити високу якість кожного етапу збірки.

Такий підхід є особливо важливим в сучасних умовах, де велика увага приділяється оптимізації виробничих процесів і підвищенню ефективності. Використання послідовно-паралельної схеми дозволяє досягти балансу між швидкістю виробництва та високою якістю кінцевого продукту, що є ключовими факторами успіху в аерокосмічній індустрії.

2.3.1 Маршрутний технологічний процес

2.3.2

Загальний порядок процесу складання має таку послідовність:

1. Підготовка стапеля до складальних робіт:

- Перевірити комплектність технологічної документації, включаючи креслення та інструкції.
 - Переконатися в наявності всіх необхідних підборок та їх комплектності.
 - Перевірити наявність та готовність необхідного інструменту для виконання робіт.
2. Встановлення відсіку статі (шп. 7-28):
- Позначити положення відсіку статі щодо технічної лінії польоту (ТЛП) та напрямних рейок.
 - Фіксувати відсік статі за допомогою кронштейнів на нижніх частинах шпангоутів 20 та 22.
3. Встановлення бічних частин шпангоутів 19, 22:
- Встановити бічні частини шпангоутів 19 та 22 в стапель збірки.
 - Закріпити їх з нижніми частинами шпангоутів 19 та 22 у відсіку статі.
4. Встановлення центральної бічної панелі (л/пр. шп. 19-22):
Розмістити центральну бічну панель л/пр. шп. 19-22 на стор. 10-28 в стапель збірки.
5. Встановлення передньої бічної панелі (л/пр. шп. 8-19):
- Встановити панель передню бічну л/пр. шп. 8-19 на стор. 15-28 в стапель збірки.
6. Встановлення задньої бічної панелі (л/пр. шп. 22-28):
- Встановити панель задню бічну л/пр. шп. 22-28 на стор. 15-28 в стапель збірки.
7. Встановлення верхньої передньої панелі (шп. 8-19):
- Розмістити панель верхню передню шп. 8-19 в стапель збірки.
8. Встановлення верхньої задньої панелі (шп. 22-28):
- Розмістити панель верхню задню шп. 22-28 в стапель збірки.
9. Встановлення траверси на середню частину фюзеляжу:
Встановити траверсу на середню частину фюзеляжу для забезпечення стійкості та відсутності деформацій.
10. Вийняття середньої частини фюзеляжу зі стапеля збірки:
- Забезпечити безпечно та точно вийняття середньої частини фюзеляжу зі стапеля збірки, уникати будь-яких пошкоджень або деформацій.

Зазначені етапи створюють основу для ефективної та якісної збірки середньої частини фюзеляжу. Використання відповідних інструментів та дотримання встановлених процедур гарантує успішне виконання робіт і виготовлення високоякісного продукту.

2.3.2 Обґрунтування методу складання та складу складальних пристосувань для середньої частини фюзеляжу і входять підборок

Важливість вибору методу складання транспортного літака визначається комплексом факторів, які охоплюють як конструктивні особливості об'єкта виробництва, так і економічні вимоги до обсягу виробництва.

1. Конструктивні особливості:

- Геометричні форми і розміри: Рівень вимог до точності геометричних форм і розмірів елементів літака визначає методи зборки та необхідність спеціального обладнання для досягнення необхідної точності.
- Ступінь взаємозамінності: Конструкція повинна враховувати ступінь взаємозамінності окремих елементів, щоб забезпечити ефективність та безперебійність збирання.

2. Обсяг виробництва:

- Економічна доцільність: Вибір методу зборки, послідовності операцій та необхідного обладнання залежить від обсягу виробництва. Важливо мінімізувати витрати та максимізувати продуктивність.

Основні вимоги до конструкції:

- Можливість зменшення трудомісткості: Конструкція повинна сприяти ефективній збірці та зменшенню трудомісткості операцій.
- Використання методів збирання з мінімальними витратами: Оптимальний вибір методів зборки, що забезпечують ефективність та мінімізацію обсягу ручних підгінних робіт.

Схема складання цеху:

1. Стапель збірки середньої частини фюзеляжу: *Основний робочий простір для збирання великих вузлів та підборок.*
2. Стапель збірки відсіку статі: *Для організованого та точного встановлення відсіку статі в фюзеляж.*
3. Стапель збірки нізінок шпангоутів 20, 22: *Для забезпечення правильного підгону нижніх частин шпангоутів.*
4. Універсальні пристосування для збірки панелей: *Важливі для робіт з нижніми передніми та задніми панелями шпангоутів.*
5. Стапель збірки нізінок шпангоутів 8-19, 23-28: *Для виробництва та точної установки шпангоутів різних частин фюзеляжу.*
6. Робочий стіл для збірки гермовідсіків: *Для робіт з частинами, пов'язаними з гермовідсіками та іншими важливими елементами.*
7. Стапель збірки бічної частини шпангоутів 19, 22: *Для точного та організованого збирання бічних панелей шпангоутів.*
8. Універсальний стапель збірки центральних бічних шпангоутів: *Для ефективної роботи з центральними бічними панелями та задніми шпангоутами.*

9. Універсальний стапель збірки передніх панелей: *Для організованої збірки передніх бічних та верхніх панелей шпангоутів.*

Проектований цех забезпечує необхідні умови для ефективної збірки середньої частини фюзеляжу, враховуючи конструктивні та виробничі вимоги.

2.4. Розробка схеми ув'язування оснащення і розрахунок точності складання

Трудомісткість вузлового, агрегатного та загального складання від виробу до виробу зросла, і це частково пов'язано з недосконалістю системи технологічної підготовки виробництва. Основні труднощі виникають в області забезпечення високої точності виготовлення обводоутворюючих елементів та взаємозамінності вузлів і агрегатів. Проблеми також стосуються виробництва технологічних роз'ємів літаків.

Однією з причин ускладнення є застосування різних, непов'язаних між собою методів ув'язки та базування при виготовленні елементів, що сполучаються, деталей і рухомих елементів. Це призводить до збільшення числа спеціальних увязочних і складальних пристосувань, що збільшує матеріальні та трудові витрати, підвищує обсяг ручних підгінних робіт, збільшує цикл виробництва і знижує якість виготовлення.

Щодо геометричної взаємозамінності, ідентичність за розмірами і формою, для її забезпечення використовуються різні методи ув'язки. Серед них плазово-шаблонний, еталонно-шаблонний і програмно-інструментальний методи. Зокрема, програмно-інструментальний метод (ПРИМ) визначається як найбільш перспективний, зокрема через розвиток методів математичного забезпечення програм та випуску досконалого обладнання з ЧПУ.

На сучасних авіабудівних підприємствах застосовується програмно-інструментальний метод (ПРИМ) ув'язки оснащення, що організовує незалежний спосіб забезпечення взаємозамінності. Цей метод використовується для виготовлення деталей та оснащення з використанням механо-обробного устаткування з ЧПУ, що гарантує високу точність виготовлення та ув'язки. ПРИМ також сприяє покращенню мобільності виробництва, скороченню номенклатури заготівельної оснастки та економії виробництва літаків.

Методи ув'язки виготовлення елементів та складання обладнання в авіабудівництві включають різноманітні технології та підходи, серед яких виділяють плазові, еталонні та програмні методи.

Плазові методи:

1. КШМ (координатно-шаблонний метод): Використовується для виготовлення та монтажу складальної оснастки з використанням комп'ютерів, інформаційних систем, метрологічних станцій, лазерів і оптичних засобів. Застосовується і для об'ємної заготівельної оснастки, такої як болванки та обтяжні пуансони.

2.ПШМ (плазово-шаблонний метод): Використовується для виготовлення плоскої та об'ємної заготівельної оснастки, верстатного обладнання та оснастки для складання плоских вузлів, таких як нервюри, лонжерони, шпангоути та стінки.

3.ПММ (плазово-макетний метод): Застосовується обмежено для виготовлення заготівельної оснастки для деталей складної геометричної форми.

Еталонні методи:

1.ЕММ (еталонно-макетний метод): Використовується для виготовлення зліпків та макетів за зразком для виробництва складної обводоутворюючої оснастки.

2.ЕІМ (еталонно-інструментальний метод): Має обмежене використання і використовується для виготовлення еталонів на обладнанні з ЧПУ, контролю та зчитування інформації з еталонів за допомогою контрольно-вимірювальних машин (КІМ).

3.ЕШМ (еталонно-шаблонний метод): Використовується для ув'язки геометричних параметрів на плоских ділянках поверхні зразка, а також для обробки оснастки в конкретних перетинах складних обводоутворюючих деталей і складальних одиниць.

Програмні методи:

1.ПРІМ (програмно-інструментальний метод): Використовується для виготовлення деталей і оснастки з використанням механічного обладнання з ЧПУ.

2.ПРШМ (програмно-шаблонний метод): Застосовується для виготовлення оснастки - шаблонів на верстатах з ЧПУ як засобу ув'язки.

3.ПрММ (програмно-макетний метод): Використовується обмежено через відсутність обладнання з ЧПУ для обробки великогабаритної оснастки.

З урахуванням розвитку методів математичного забезпечення програм та випуску досконалого обладнання з ЧПУ, метод програмно-інструментального ув'язування (ПРІМ) визнається найбільш перспективним. Використання цього методу гарантує високу точність виготовлення та ув'язки оснащення і об'єктів конструкції літака, сприяє покращенню мобільності виробництва та здешевленню виробництва літаків.

Програмно-інструментальний метод (ПРІМ) ув'язування оснащення в авіабудівництві є сучасним та ефективним підходом, який забезпечує точність та узгодженість виробництва літаків. Розглянемо основні кроки цього методу на конкретному прикладі, а саме виготовлення відсіку середньої частини фюзеляжу.

Основні етапи методу:

1.Математична модель поверхні планера: Використовуючи передові програмні системи, розробляється математична модель поверхні планера.

Проводяться розрахунки еквідистантних перетинів і поверхонь для ключових обводоутворюючих деталей каркаса і обшивок.

- 2.Програми обробки контурів на верстатах з ЧПУ. У програмній системі розраховуються програми обробки контурів для верстатів з ЧПУ, включаючи елементи складальної оснастки, еталони і макети силових деталей каркаса.
- 3.Обробка базових елементів на верстатах з ЧПУ: Здійснюється обробка базових елементів на верстатах з ЧПУ за попередньо розробленими програмами, з урахуванням базових обводоутворюючих елементів.
- 4.Рішення за складом оснащення: Виносяться рішення щодо необхідного складу оснащення, враховуючи точність деталей, складальних одиниць і економічні фактори.
- 5.Виготовлення оснащення: Інформація для проектування і виготовлення складальної і заготівельної оснастки знімається з математичних моделей деталей і агрегатів, а УП для обладнання з ЧПУ генеруються на їх основі.
- 6.Монтаж та виготовлення деталей: Оснащення монтується, а елементи, що виготовляються обробкою різанням, виготовляються з використанням керуючих програм, що базуються на математичних моделях деталей. Елементи складальної оснастки монтуються за допомогою інструментального стенду і оптико-лазерних систем.

Цей сучасний підхід дозволяє оптимально використовувати сучасні технології та математичні моделі для забезпечення точності та узгодженості виробництва, зменшуючи час та витрати на процес.

Похибка складання агрегату в пристосуванні визначається наступними компонентами:

- 1.Похибка носія розмірів (δ_{np} пристрою): Ця похибка виникає внаслідок неточностей у розмірах та формі самого пристосування, що може впливати на точність складання агрегату.
- 2.Похибка базування при встановленні деталі ($\delta_{баз}$): Виникає під час фіксації деталі на пристосуванні та може бути пов'язана з невірним позначенням точок базування або їхнім неправильним використанням.
- 3.Похибки від проводок і зсувів: Спричиняються формуванням з'єднань між деталями та можуть включати в себе провалення точності через відхилення від заданих параметрів.
- 4.Прогини пристосування в процесі складання: Можуть виникнути через деформацію або неправильне використання пристосування під час самого процесу збирання агрегату.

5. Інші незалежні від методу складання причини: Це можуть бути різні фактори, такі як вплив температурних умов, особливості матеріалів, ступінь зносу пристосування та інші непередбачені чинники.

Усі ці компоненти можуть взаємодіяти та впливати на загальну похибку складання агрегату в пристосуванні, тому важливо враховувати їх при розробці та використанні пристосувань для забезпечення точності та ефективності процесу складання.

Отже, похибка складання:

$$\delta_{сб} = \delta_{пр} + \delta_{баз} + \delta_{проч} \quad (2.1)$$

Тут $\delta_{проч}$ становить близько 40% загальної похибки, тобто $\delta_{проч} = 0,4\delta_{сб}$.

Величина похибки базування визначається розміром зазору між рубильником пристосування та поверхнею, на яку встановлюється підзбірка. Цей зазор може бути зменшений, якщо деталь тісніше прилягає до поверхні рубильника. Для досягнення цього можна використовувати метод притискання деталі до рубильника та її фіксації за допомогою заклепок або болтів.

Процес притискання може включати такі етапи:

1. Притискання деталі: *Застосування силового тиску для того, щоб деталь тісніше прилягала до рубильника пристосування.*
2. Фіксація заклепками або болтами: *Після досягнення необхідного контакту між деталлю та рубильником, проводиться фіксація шляхом встановлення заклепок або болтів. Це дозволяє утримувати деталь у правильному положенні та уникнути надлишкового зазору.*

Цей метод дозволяє покращити точність базування, зменшити можливість появи похибок та забезпечити надійне кріплення деталі на пристосуванні. Важливо враховувати вимоги конкретного виробничого процесу та дотримуватися необхідних стандартів для забезпечення якісного складання агрегатів.

Зазор між лекалом та деталлю дорівнює похибці ув'язки деталі та пристосування $C_{контур.пр-дет}$, тоді без притиску похибка базування дорівнює:

$$\delta_{баз1} = C_{контур.пр-дет} \quad (2.2)$$

З притиском величина зазору стане менше

$$\delta_{баз2} = k_{приж} C_{контур.пр-дет} \quad (2.3)$$

Сталу величину обирають в залежності від кроку притисків.

Допуск на складання в пристосуванні з компенсацією визначається за розрахунком по формулі:

$$\delta_{сб} = \delta_{пр} + k_{приж} C_{контур.пр-дет} + \delta_{проч} \quad (2.4)$$

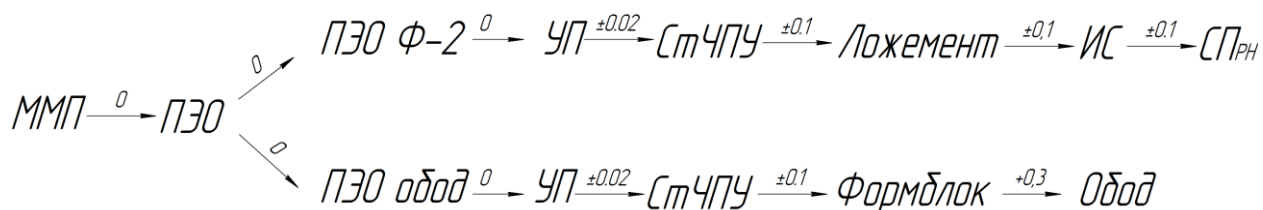


Рисунок 2.2 – Схема ув'язки деталі та пристосування при ПРИМ

Похибка в пристосуванні буде складати:

$$\delta_{пр} = \pm\sqrt{0,1^2 \cdot 3 + 0,02^2 \cdot 2} = \pm 0,174 \text{ (мм)}.$$

Похибка ув'язки контуру пристосування і деталі визначається за формулою:

$$C_{\text{контур.пр-дет}} = 0,3 \pm \sqrt{0,1^2 \cdot 4 + 0,02^2 \cdot 2} = \frac{+0,502}{-0,098} \text{ (мм)}.$$

Визначаємо похибку складання за розрахуванням формули (2.1):

$$\delta_{ск} = 0,174 + 0,0502 + 0,4 \delta_{ск},$$

$$\delta_{ск} = (0,174 + 0,0502)/0,6 = + 0,373 \text{ (мм)};$$

$$\delta_{ск} = 0,174 - 0,0098 + 0,4 \delta_{ск},$$

$$\delta_{ск} = (0,174 - 0,0098)/0,6 = - 0,273 \text{ (мм)}.$$

Вимога забезпечення даної точності складання вузла - $\delta_{ск} \leq \delta_{вузл}$.

Перевіримо чи задовольняє ця умова:

$$\left| \frac{+0,373}{-0,273} \right| \leq |\pm 1,21| \text{ - вимога виконується.}$$

Отже, використаний метод складання відповідає встановленому допуску для центрального відсіку фюзеляжу.

2.4 Розробка маршрутно-операційного технологічного процесу середньої частини фюзеляжу

Технологічний процес складання – це послідовність дій, спрямованих на установку деталей, вузлів та панелей у складальне положення, їх фіксацію та з'єднання з використанням методів, визначених кресленням. Також враховуються спеціальності, розряд робітників, кількість робочих та норми часу. Розробка робочого технологічного процесу складання в серійному виробництві відбувається відповідно до креслень та схеми збірки.

Важливі елементи робочого технологічного процесу включають:

1. Суть операцій та переходів: *Послідовність операцій повинна відповідати встановленому плану. Зазвичай процес складання включає підготовку, установку, фіксацію, підготовку до скріплення, саме скріплення, контроль та заключні роботи.*
2. Інструменти та обладнання: *Перелік необхідного інструменту та обладнання для кожної операції.*
3. Норми часу: *Визначення часу, необхідного для виконання кожної операції.*

4. Спеціальності та робітники: *Вказання спеціальностей, кількості робітників та їх розряду.*

5. Операції контролю: *Визначення операцій контролю для перевірки точності та якості з'єднань.*

Розроблений та спроектований технологічний процес складання середньої частини фюзеляжу (Ф2) представлений у додатку.

2.5 Розробка операційного технологічного процесу для складання верхньої передньої панелі середньої частини фюзеляжу

Верхня передня панель є технологічною структурою, оснащеною обшивкою одинарної кривизни, включаючи стандартні елементи, за винятком гнутих стрингерів. У виготовленні цієї конструкції ефективно застосовують обладнання з ЧПУ для виготовлення деталей, і також для створення шаблонів та оснастки. Даний тип панелі сприяє механізації складально-клепальних робіт.

Процес збірки панелі включає встановлення в пристосуванні та базування по КФВ в зазначених ободах шпангоутів. Для з'єднання стрингерів і обшивки необхідно високої точності (точність $\Delta = 0,3-0,5$ мм взаємне положення деталей нас влаштовує). Однак, з огляду на особливості конструкції, можна застосувати метод складання по СО, уникаючи високих вимог до точності встановлення стрингерів.

При складанні задньої бічної панелі використовується послідовна схема збірки, оскільки конструкція панелі не дозволяє паралельну збірку. Послідовність деталей для складання визначена наступним чином:

1. Обшивка.
2. Стрингери.
3. Обода шпангоутів.
4. Книці і куточки.

Детальний операційний технологічний процес складання верхньої передньої панелі наведений у додатку до дипломного проекту.

2.6 Схема базування при складанні відсіку середньої частини фюзеляжу

В першу чергу, важливим етапом процесу формування вузла з окремих деталей є складання (збірка).

Складання - це сукупність технологічних операцій, які включають базування деталей, установку їх у складальне положення і з'єднання між собою для утворення вищестоящої за складністю складальної одиниці. Важливою умовою отримання необхідної форми і розмірів вузлів, відсіків і агрегатів є точність виготовлення деталей та основ складальних пристосувань.

У літакобудуванні та вертольотобудуванні використовують різні методи базування, такі як:

1. Збірка з базуванням по складальним отворах (СО);

Взаємне положення деталей визначається наявністю складальних отворів, в які вставляють фіксатори під час з'єднання.

2.Збірка з базуванням по координатно-фіксуючим отворах (КФВ);

Деталі поперечного набору каркаса встановлюють в складальне положення по КФВ в деталях виробу та елементах складального пристосування.

3.Складання по розмітці на базовій деталі;

Деталі встановлюють в складальне положення по лініях розмітки, нанесеним на базову деталь.

4.Складання з базою "поверхню каркаса" (ПК) ;

Обшивка встановлюється на поверхню каркаса і притискається рубильником під час з'єднання.

5.Збірка з базуванням по зовнішній поверхні обшивки (НП);

Панель притискається зовнішньою поверхнею до робочої поверхні рубильників через компенсатор.

6.Збірка з базуванням по внутрішній поверхні обшивки (ВП) ;

Панель притискається внутрішньою поверхнею до опорних поверхонь пристосування через компенсатор.

7.Базування по отворах під стикові болти (ОСБ);

Вузли стику, стикові профілі і кронштейни встановлюють в складальне положення за наявними в них отворами ОСБ, вставляючи технологічні болти на період з'єднання деталей.

Використання відповідного методу базування залежить від конкретного завдання та характеристик деталей та вузлів, що збираються.

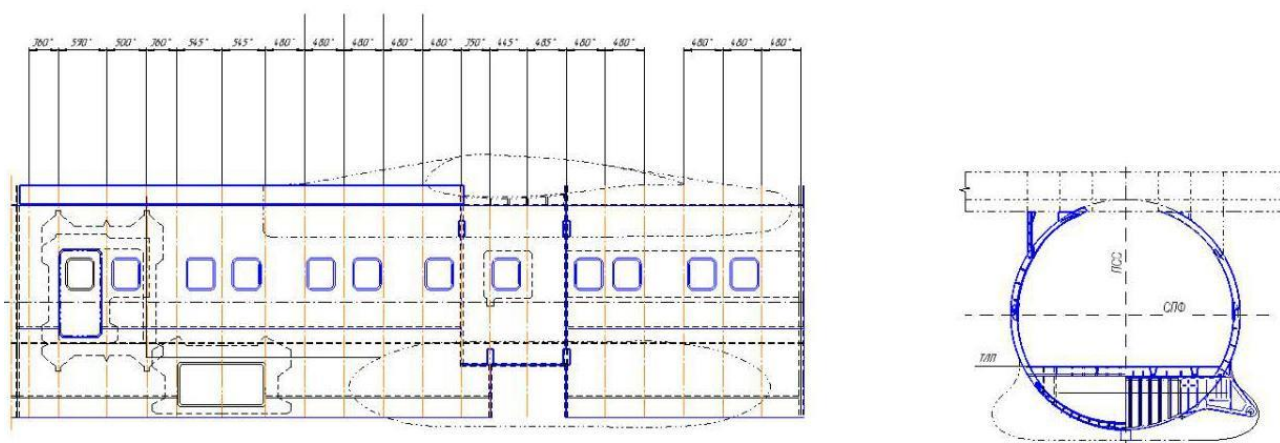


Рисунок 2.2 – Схема базування

Наближено до вимог до точності зовнішніх обводів, конструкцій та видів з'єднань деталей агрегату планера обрано метод базування, який відповідає вказаним вимогам точності, з урахуванням мінімальної вартості виготовлення агрегату.

У процесі складання центрального відсіку фюзеляжу підбірки об'єднуються в пристроях з базуванням по зовнішній поверхні обшивки для досягнення необхідної точності обводів.

Щодо шпангоутів, використовується метод складання в складальному пристосуванні з базуванням по внутрішній поверхні обшивки, що допомагає забезпечити високу точність положення цих елементів.

Для нижніх панелей застосовано метод збирання за зовнішніми обводами, що сприяє досягненню необхідної точності зовнішнього контуру даного агрегату. Кожен вибраний метод базування підібраний з урахуванням конкретних вимог і властивостей деталей, що об'єднуються, для оптимізації процесу та зниження вартості виробництва.

2.7 ТУ на проектування і конструкцію пристосування для складання середньої частини фюзеляжу

1. Стапель призначено для узагальненої збірки центральної частини фюзеляжу.
2. Агрегат розташований в стапелі горизонтально.
3. На збірку в стапелі поступають такі підборки: нижні панелі, каркас стійки, каркас термopotолку шасі, бічні панелі праві/ліві, верхні передні/задні панелі, люк багажного відсіку, стикові деталі.
4. Забезпечити наступні технологічні бази: контури перетинів - за допомогою рубильників; контур отвору - застосовуючи фіксатори обода люка багажного; фіксація секцій: за допомогою рубильників - з гнучкими притисками; в просторі - використовуючи фіксатори базових отворів; шпангоути - за допомогою швидкознімних притисків.
5. При виготовленні та монтажі даного стапеля необхідні наступні елементи:
 - Монтажні рами;
 - Еталон люка багажного;
 - Фіксатор основних стійок шасі.
6. Закладка підборок в стапель і виїмка готового агрегату здійснюється за допомогою кран-балки, з виїмкою, що здійснюється вгору.
7. Потрібно забезпечити подачу електроенергії для освітлення та подачу стиснутого повітря.
8. Засоби для виконання стапельних робіт включають ручні пневмодриль та пневмомолоток, а також клепальний прес.

2.8 Конструкція стапелів складання середньої частини фюзеляжу

Стапель для складання середньої частини фюзеляжу складається з 10 колон, на які встановлені чотири бічні балки. Нижню балку закріплено на реперних майданчиках, розташованих в опорних склянках і залити їх цементом марки НІАТ-Мц, що проводиться на інструментальному стенді.

Балки прикріплені до колон за допомогою кронштейнів, що представляють собою косинці або майданчики, з привареними до них склянками з реперами, які мають отвори для кріплення балок.

У стапелі розміщені наступні елементи:

- фіксатори окантовки аварійного люка і багажної двері;
- фіксатор висування;
- фіксатор знімної балки;
- фіксатор стояка по шп. 19 і 22;
- фіксатор балок;
- рамка-калібр по прорізам вікон шпангоутів 21, 22;
- ложементи під верхні панелі.

Рубильники встановлені на вилках нижньої і бічної балок. Для освітлення внутрішніх частин відсіку використовуються переносні лампи, для яких у стапелі передбачені розетки. Також встановлена система стиснутого повітря з необхідною кількістю запірних клапанів.

Усі колони складаються зі стандартизованих блоків і опираються на стандартні фундаментні плити. Плити встановлені на бетонних подушках і кріпляться до них фундаментними болтами.

Відповідно до інструкції по експлуатації догляд за стапелем здійснюється збирачами. Відповідальний за експлуатацію оснащення призначається згідно з наказом цеху, а планово-періодні роботи проводяться відповідно до графіка.

2.8.1 Монтаж стапелів складання середньої частини фюзеляжу

1. Починаючи виконання заливки фундаменту стапеля та установку колон, слід ретельно враховувати деталі креслення.
2. Завдяки впорядкованому процесу заливки цементом НІАТ-МЦ на плазкондукторних масивах, реperi і вилки балок отримують надійне кріплення.
3. Під час заливки вилок у монтажних рамах, слід точно відтворити зазначені на кресленні параметри.
4. При кріпленні нижніх балок до реперів центральних фундаментних плит, використовуючи установку ППС-11 для контролю, важливо дотримуватися точності виконання.
5. Перед установкою бічних балок рекомендується провести попередню настройку їхньої установки.

6. Монтаж монтажних рам на нижні балки та контроль за допомогою оптичного контролю дозволять забезпечити високу точність виконання робіт.
7. Завершивши встановлення бічних балок вздовж монтажних рам, можна переходити до наступних етапів роботи.
8. Після успішного демонтажу монтажних рам, можна приступити до монтажу фіксатора окантовки аварійного люка за певним зразком.
9. Встановлення фіксатора окантовки багажних дверей виконується відповідно до особливостей їх окантовки.
10. Розташовуючи висувний фіксатор, слід керуватися геометрією ніші шасі та застосовувати аналогічний підхід.
11. Монтаж рами здійснюється відповідно до контркалибру центроплана, забезпечуючи високу точність у виконанні цього етапу.
12. Попередньо виконана збірка рубильників та їхнє закріплення на плазмакондукторних масивах забезпечують стійкість рамки.
13. Монтаж рубильників на стапелі передбачає уважне врахування кожного елемента для досягнення необхідної надійності.
14. Після видалення оснащення другого порядку можна безпечно приступити до установки та закріплення помостів.
15. Завершальний етап - контроль стапеля після монтажу за допомогою оптичної системи ППС-11, що гарантує відповідність всіх параметрів стандартам якості.

2.10 Розробка конструкції представника оснащення другого порядку

Для забезпечення взаємодії складальних стапелів фюзеляжу і центроплана, у проєкті була створена та моделювана конструкція калібру стику центроплана з фюзеляжем (рис. 2.3). Цей калібр виконує важливу роль у забезпеченні точності і узгодженості процесу складання.

Калібр стику центроплана з фюзеляжем представляє собою ферменну конструкцію, виготовлену з труб діаметрами 86 мм і 60 мм (сталь 10-20). Ця конструкція відповідає розмірам, визначеним на кресленні, і містить 4 макети вузлів стику центроплана з фюзеляжем, а також лекала (поз. 1), що імітують поверхню стику дуг центроплана з панелями фюзеляжу. Додатково, на фермі встановлені реперні майданчики (поз. 2) з базовими отворами, які служать для установки калібру в стапелі та його стикування з контркалибратором.

Монтаж калібру здійснюється на інструментальному стенді відповідно до розмірів, вказаних на кресленні. Отвори в реперних майданчиках розкриваються з точністю $\pm 0,05$ мм за допомогою розточувального верстата. Лекала (внутрішній контур обшивки) обробляються на верстаті з ЧПУ, забезпечуючи чітке відтворення контуру поверхні лекал на борту обшивки.

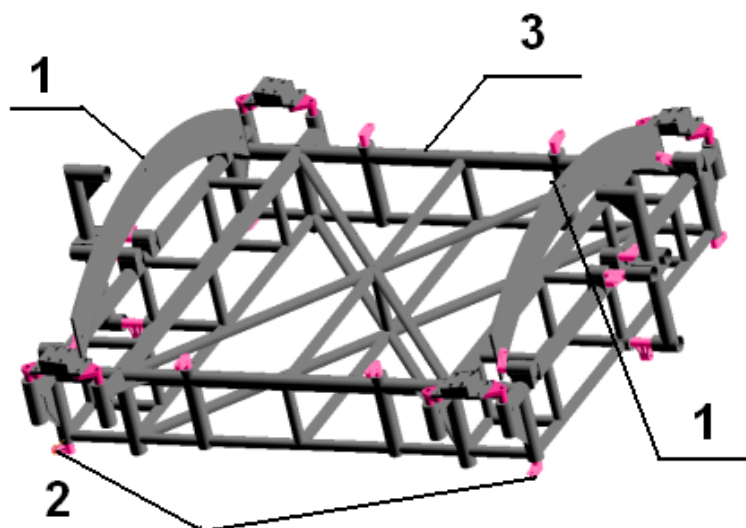


Рисунок 2.3 - Калібр стику центроплана з фюзеляжем:
1- лекало; 2 - реперні майданчики з ОСБ; 3 - каркас-ферма.

2.11 Організація процесу складання

2.11.1 Уточнення типу виробництва

Програма випуску виробів на рік - 65 шт.

Тип виробництва в цеху визначається в першу чергу типом виробництва на його ключових ділянках, де кожне робоче місце має свій власний коефіцієнт закріплення операцій.

Робоче місце в серійному виробництві спеціалізується на виконанні кількох заздалегідь закріплених операцій, які виконуються в певній послідовності. У нашому випадку цей інтервал охоплює операції від 1 до 20. Хоча визначення величини серійного виробництва може бути важливим, слід враховувати, що в стапельній стаціонарній збірці тип виробництва визначається не лише характером завантаження стапельів, але і характером завантаження працівників-складальників та частотою їх переміщення між робочими місцями.

Бригадна організація процесу складання застосовується в одиничному (дослідному) виробництві, тоді як у серійному виробництві використовується операційна або операційно-поточкова форма складання. У нашому випадку, враховуючи характер виробництва, ми можемо визначити його як серійне виробництво з операційно-поточною організацією праці.

2.11.2 Вибір організаційної форми складання середньої частини фюзеляжу

У галузі літакобудування відомі три форми організації процесів складання:

- Бригадна;
- Операційна;
- Операційно-поточкова.

Основні характеристики складання при операційно-поточному виробництві включають:

1. Закріплення завдань: *Кожному виконавцеві (або групі робітників) закріплюється постійне завдання з певним обсягом роботи.*
2. Розташування робочих місць: *Робочі місця розташовані в порядку послідовності виконання технологічного процесу.*
3. Малі обсяги незавершеного виробництва між операціями: *Міжопераційний незавершений обсяг виробництва має невеликі розміри.*
4. Ритм роботи: *Встановлюється певний ритм роботи, який спільний для всіх робочих місць.*

Внаслідок використання операційно-поточної організації складання досягається ефективний випуск продукції при покращенні якості та зниженні собівартості. У даному дипломному проекті використовується метод, що базується на принципах операційно-поточного складання, де вироби передаються з одного робочого місця на інше, а виконавці виконують виробничі завдання на постійно встановленій для них робочій ділянці.

2.11.3 Розробка циклового графіку складання середньої частини фюзеляжу

Під час виготовлення складної продукції до складу виробничого циклу включаються операції складання окремих вузлів та кінцевої продукції, регулювання, випробувань і приймання. Сам процес є складним, оскільки включає паралельне виконання численних входять простих процесів, які потребують координації в часі. Для оцінки тривалості циклу складного процесу часто використовується графічна побудова циклового графіка.

Цикловий графік виступає ключовим технічним документом для операційно-поточної лінії складання середньої частини фюзеляжу. У цьому документі зазначаються:

- Зміст укрупнених операцій.
- Послідовність виконання цих операцій.
- Тривалість виконання кожної укрупненої операції.
- Кількість одночасно працюючих при виконанні кожної укрупненої операції.
- Трудомісткість виконання завдання і цикловий час.

Давайте побудуємо цикловий графік для складання середньої частини фюзеляжу на основі розробленого технологічного процесу складання. Технологічний цикл визначає робочий час виробництва від початку до кінця. Величина цього циклу залежить від обсягу робіт та "щільності" робочого місця та розраховується за формулою:

$$Ц = \frac{T}{n}, \quad (2.1)$$

де T - трудомісткість виготовлення об'єкта, визначена за видами робіт, аналоговим методом за заводськими матеріалами для базової конструкції літака Ан-140.

$T = 15352$ год;

n - кількість одночасно працюючих на складанні об'єкта, $n = 65$.

$$\ddot{o} = \frac{256}{4} = 229 \text{ (Ч)}.$$

Такт - тривалість рівних проміжків часу між виготовленням або випуском наступних один за одним виробів.

$$\tau = \Phi_p / N \quad (2.2)$$

де Φ_p - розрахунковий фонд робочого часу на рік;

$N = 65$ програма випуску виробів за рік.

$$\Phi_p = mst, \quad (2.3)$$

де m - кількість робочих днів у році;

s - кількість робочих змін у добі;

t - тривалість однієї зміни.

Візьмемо: $s = 2$, $t = 8$ год, $m = 365 - 105 = 260$; (105 - кількість вихідних днів).

$$\Phi_p = 260 \cdot 2 \cdot 8 = 4160 \text{ (ч)}.$$

Такт випуску: $\tau = 64$ ч/шт.

Усі необхідні вихідні дані для побудови циклового графіка наявні.

2.11.4 Опис робочого місця складання

Робочим місцем є частина виробничої площі, де розміщене обладнання та устаткування для використання робітниками або групою робітників у процесі виконання конкретної роботи.

Для складання середньої частини фюзеляжу оснащено робоче місце наступним обладнанням:

1. Пристосування для складання середньої частини (стапель);

Обладнання, яке забезпечує зручність та ефективність процесу складання.

2. Верстати для підготовчих робіт;

Устаткування, необхідне для виконання підготовчих операцій перед складанням.

3. Стелажі для зберігання деталей;

Система для організованого зберігання та доступу до необхідних деталей.

4. Допоміжне обладнання (підставки, підкладки);

Елементи, які полегшують роботу та забезпечують правильне розташування деталей.

5. Повітряно- та електропроводка;

Інфраструктура для підключення механізованого обладнання та інструментів.

6. Підйомно-транспортне пристрій;

Механізм для закладки та виймання вузлів, такий як кран-балка чи траверса.

7. Комплект інструментів для складальних робіт;

Набір інструментів, необхідних для виконання операцій зі складання.

Також хочу відмітити рекомендації для оптимізації ефективності та безпеки робочого процесу на робочому місці складання середньої частини фюзеляжу наступні аспекти:

1. Організація простору: Забезпечте оптимальний розміщення обладнання та робочих місць для зручності переміщення та доступу до необхідних деталей.
2. Автоматизація процесів: Розгляньте можливості використання автоматизованого обладнання для певних етапів складання, що сприятиме підвищенню продуктивності та точності.
3. Навчання та підготовка персоналу: Забезпечте робочий персонал необхідними навичками та інструкціями з безпеки для ефективного та безпечного виконання завдань.
4. Система відстеження: Встановіть систему відстеження прогресу та якості складального процесу для швидкого виявлення та виправлення можливих невідповідностей.
5. Безпека праці: Забезпечте належні умови праці, включаючи необхідні засоби індивідуального захисту та регулярні навчання з питань безпеки.
Зручність робіт на робочому місці забезпечується також наявністю розеток для електропідключення та системи повітряної мережі для пневмоінструменту..

2.11.5 Загальні правила техніки безпеки при стапельному складанні

1. Виконання стапельних складальних робіт допускається лише в технічно справному стапелі.
2. Всі відкриті помости повинні перебувати в належному стані та бути фіксованими відповідно до вимог технологічного процесу.
3. Установку та зняття настилу статі мають виконувати чотири особи, відповідно до встановлених процедур.
4. Заборонено завантажувати проходи всередині агрегату та зовнішній простір предметами, які не відносяться до технічного процесу.
5. Між настилом підлоги та підлогою стапеля повинні бути встановлені перехідні містки відповідно до безпекових стандартів.
6. Закладання панелей, вузлів та виїмка агрегату має проводитися лише кваліфікованими фахівцями, навченими для цих робіт.
7. Упроваджуйте систему взаємного контролю та обміну інформацією між робочими місцями для підвищення комунікації та забезпечення координації робіт.
8. Забезпечте належний ремонт та обслуговування всього обладнання, зокрема засобів освітлення та вентиляції, для забезпечення комфортних та безпечних умов праці.
9. Упроваджуйте систему ефективного використання енергії та ресурсів для зменшення витрат і покращення екологічних показників виробництва.

10. Заохочуйте працівників до виявлення можливих поліпшень у процесі складання, сприяйте їхній активній участі у впровадженні нових ідей та технічних рішень.
11. Всі інструменти, що використовуються, повинні бути в справному стані для забезпечення безпеки та ефективності роботи.
12. Транспортні роботи повинні виконуватися тільки під керівництвом майстра або начальника цеху для уникнення нещасних випадків та збереження обладнання.
13. Заборонено розміщувати інструменти на прохідній місток і балки стапеля для попередження можливих травм.
14. Не допускається видалення стружки та пилу з вузлів агрегату і з особистого захисного спецодягу за допомогою стисненого повітря.
15. Заборонено виконувати роботу при недостатньому рівні освітлення для запобігання потенційним травмам та забезпечення точності робіт.
16. При роботі з пневмодрилем обов'язкове використання захисних окулярів і шумозахисних навушників для збереження здоров'я працівників.
17. При роботі з пневмомолотком обов'язкове використання віброгасильних рукавичок для захисту рук від вібрації.
18. Запроваджуйте регулярні перевірки технічного стану стапеля та його обладнання для попередження можливих поломок під час роботи.
19. Проводьте інструктажі з безпеки для всіх працівників, які працюють на стапелі, зокрема стосовно коректного використання інструментів та дотримання правил проходження виробничого приміщення.
20. Проводьте систематичні тренінги з охорони праці та перевірки навичок користування пневматичним інструментарієм для максимізації безпеки та ефективності робіт.

2.11.6 Схема управління цехом

Схема управління цехом ґрунтується на кількох ключових принципах, спрямованих на забезпечення ефективності та оптимальної координації робіт. Розглянемо основні принципи цієї схеми:

1. Єдиноначальність;

На чолі цеху стоїть начальник цеху, який виступає єдиним керівником. Це сприяє узгодженій та чіткій системі прийняття рішень та відповідальності за результати роботи цеху.

2. Оперативна самостійність ділянок;

Ділянки виробництва мають оперативну самостійність, що дозволяє швидше реагувати на зміни та ефективніше вирішувати завдання, пов'язані з конкретними ділянками.

3. Підвищення ролі майстра на виробництві;

Визначається підвищеною роллю майстра на виробництві як відповідального керівника на ділянці. Це сприяє покращенню внутрішньоцехових процесів та забезпечує дієву координацію робіт на рівні конкретних ділянок.

4. Ієрархічна структура; Визначається ієрархічною структурою управління, в якій кожен рівень має свої завдання та підпорядкованих.

Це дозволяє забезпечити системність та логічність управління.

5. Розподіл обов'язків та відповідальності;

Робочі місця розділені на конкретні ділянки з відповідальними керівниками. Це забезпечує чітку розподілену відповідальність та координацію робіт на кожній ділянці.

6. Система звітності та контролю;

Наявність заступників, начальників різних бюро та служб дозволяє впроваджувати систему звітності та контролю за виконанням завдань.

Ці принципи сприяють створенню ефективної та добре координованої системи управління цехом, забезпечуючи оптимальну взаємодію між всіма рівнями та ділянками виробництва.

2.11.7 Підготовка виробництва

Принцип попереднього обслуговування, що лягає в основу організації обслуговування поточних ліній, є ключовим фактором для підвищення продуктивності праці та звільнення основних виробничих робітників від функцій обслуговування. Цей принцип базується на забезпеченні робочих місць усім необхідним ще до початку робочого дня та під час перерв, створюючи ефективну організацію трудового процесу.

Основні переваги такого підходу включають:

1. Підвищення продуктивності праці: *Забезпечення всім необхідним на початку робочого дня дозволяє уникнути зайвих затримок та підвищує продуктивність праці.*
2. Ефективне використання часу перерв: *Робочі місця готові до використання під час перерв, що сприяє неперервному та ефективному ходу виробничого процесу.*
3. Звільнення виробничих робітників від додаткових обов'язків: *Основні виробничі робітники можуть фокусуватися на своїх прямих обов'язках, оскільки обслуговування ліній вже належним чином організоване.*
4. Мінімізація зупинок виробничого процесу: *Забезпечення попереднього обслуговування допомагає уникнути непродуктивних затримок та забезпечує безперервність роботи ліній.*

Цей підхід не лише сприяє ефективності виробничого процесу, але й покращує робочі умови та забезпечує оптимальне використання робочого часу.

2.11.8 Порядок постачання інструменту на робочі місця

Для виконання необхідних завдань зі складання важливо мати належний набір робочого інструменту. Процедура складання списку робочого інструменту може бути ретельно організована, дотримуючись операційної технології та використовуючи карту складального завдання. Ваша організаційна схема, яка передбачає складання карт набору інструменту в тих бюро цеху та їх подальший коментар в Інженерно-робочому центрі (ІРК), є ефективним підходом до забезпечення правильного та повного набору інструменту для кожного завдання.

Основні переваги цього підходу включають:

1. Систематизація та контроль: Систематичне складання карт набору інструменту та їх коментування в ІРК дозволяє підтримувати порядок і забезпечувати контроль за належністю інструментів для кожного завдання.
2. Ефективне використання робочого часу: Робітники можуть швидше приступити до роботи, знаючи, що їхні інструменти готові та належно підготовлені.
3. Мінімізація помилок: Деталізований список інструментів, підготовлений відповідно до операційної технології, допомагає уникнути втрат часу на пошук інструментів та запобігає можливим помилкам.
4. Відповідальність за інструмент: Розписування робітником отриманого інструменту створює відповідальність за його дотримання та подальше зберігання.

Також хочу відмітити рекомендації, які не є обов'язковими, але можуть покращити порядок постачання інструменту:

- Періодично переглядайте та оновлюйте перелік інструментів з урахуванням змін у технології чи завдань.
- Забезпечте належне технічне обслуговування та зберігання інструментів для їх тривалого та ефективного використання.

2.11.9 Порядок постачання деталей

Система складання комплектувальних відомостей та видачі матеріалів є важливим кроком для ефективного виробництва. Заснована на складальних завданнях та специфікаціях, ця система дозволяє точно та систематично готувати необхідні матеріали для виробництва, що сприяє збільшенню продуктивності та уникненню зайвих затримок.

Основні переваги цього підходу:

- Точність і зручність:
Комплектувальні відомості, складені на основі складальних завдань, забезпечують точність і повноту необхідних матеріалів для виробництва.
- Оптимізація виробничого процесу:

Видання добового завдання на склад дозволяє планувати та оптимізувати процес комплектації, уникаючи надмірних запасів і забезпечуючи потрібну кількість матеріалів на виробництво.

– Ефективність управління складом:

Робота комірника за добовим завданням дозволяє ефективно видачу матеріалів зі складу, дотримуючись плану та уникнення збоїв у постачанні.

– Зменшення витрат:

Система добового завдання може допомогти уникнути зайвих витрат на утримання надмірних запасів і покращити фінансову ефективність управління складом..

2.11.10 Ремонт складальних пристроїв

Система підтримання та обслуговування складальної оснастки є ключовою для забезпечення ефективності та продуктивності виробничого процесу. Без відповідної уваги до цих аспектів може виникнути перерва у виробництві та збільшитися ризик виникнення несправностей. Враховуючи це, система ППР (планово-попереджувальний ремонт) має величезне значення для забезпечення тривалого та надійного функціонування складальної оснастки.

Основні компоненти системи ППР та їх значення:

1. Міжремонтний обслуговування:

- Забезпечення регулярного технічного обслуговування між плановими ремонтами.
- Проведення перевірки, змазування та регулювання важливих вузлів та механізмів для попередження можливих поломок.

2. Періодичні ремонти:

- Здійснення запланованих технічних втручань для усунення зносу та відновлення працездатності обладнання.
- Створювання графік періодичних ремонтів, виконуйте заміну витратних деталей та проводьте профілактичні заходи.

3. Періодичні перевірки:

- Систематичні огляди для визначення стану складальної оснастки та виявлення можливих проблем.
- Проведення детальні інспекції, визначайте та виправляйте дефекти на ранніх стадіях.

4. Відповідальний за експлуатацію:

- Визначення відповідальних осіб за ефективну експлуатацію складальної оснастки.
- Забезпечення навчання та підтримку персоналу, який відповідає за використання оснащення.

Спільною роботою всіх цих елементів системи досягається максимальна ефективність та забезпечення неперервності виробничого процесу.

2.12 Система управління якістю продукції

Боротьба за якість у виробництві машин визначається важливістю надійності та довговічності продукції. Організація технічного контролю відіграє ключову роль у вирішенні цих завдань, спрямовуючи свої зусилля на забезпечення високоякісного випуску продукції. Основні завдання служби технічного контролю включають:

1. Забезпечення випуску готової продукції, впевненість в тому, що продукція повністю відповідає технічним кресленням, стандартам і технічним умовам.
2. Професійний контроль на всіх етапах виробництва, розробка і впровадження контролю, спрямованого на уникнення виготовлення некондиційної продукції на будь-якому етапі виробництва.
3. Контроль технологічних процесів і якості продукції, нагляд за дотриманням технології під час виробництва і перевірка якості готової продукції.

Об'єктами технічного контролю виступають різні аспекти виробництва, включаючи матеріали, напівфабрикати, готові вироби та технологічні процеси.

Важливими системами управління якістю продукції є:

1. Система КАНАРСПІ (КАНАРСІП, спрямована на забезпечення якості, надійності і ресурсу з першого виробу).
2. Система НОТПУ (НОТПУ), орієнтована на впровадження наукових принципів у працю, виробництво і управління.
3. Комплексна система управління якістю продукції (КСУКП), заснована на стандартизації і спрямована на комплексний підхід до управління якістю.

Мета цих систем управління полягає в забезпеченні визначеного рівня якості продукції через науковий підхід та участь підприємства у підтримці та вдосконаленні цих систем згідно з науковими висновками.

2.12.1 Основні принципи організації контролю

1. Здійснення остаточної перевірки та випробування готової продукції: Проведення всебічної перевірки параметрів і властивостей готової продукції перед її випуском на ринок. Використання спеціалізованих випробувань та контрольних методів для підтвердження відповідності продукції встановленим стандартам і вимогам.
2. Контроль проміжних операцій робочими виконавцями і майстрами, а в необхідному випадку контролерами: Систематичний нагляд та перевірка виконання робіт на різних етапах виробничого процесу. Використання типових

технологічних карт контролю для визначення відповідності виконання робіт встановленим стандартам.

3. Контроль за дотриманням технологічної дисципліни начальниками цехів і майстрами: Встановлення та підтримка порядку та правильності проведення технологічних процесів. Застосування системи контролю для виявлення порушень технологічної дисципліни та їх негайного усунення.

Для виконання операцій контролю застосовуються різноманітні пристрої і інструменти:

1. Універсальний інструмент: Індикатори, лінійки, штангенциркулі, щупи, мікрометри і інші, розраховані на визначення різноманітних параметрів продукції.

2. Граничний інструмент: Шаблони, калібри і інші засоби, які використовуються для визначення діаметра, контуру, малок та інших характеристик.

Спеціальні контрольні пристосування і стенди: Спеціалізовані пристрої і стенди, розроблені для конкретних операцій контролю, забезпечуючи точність та надійність вимірювань..

3. Економічний розділ

3.1. Аналіз ринку збуту продукції та визначення програми випуску

У умовах ринкової економіки важливим завданням є підвищення ефективності виробництва на кожному підприємстві. Реалізація цього завдання визначається рівнем економічної освіти управлінського персоналу, їхніми знаннями економіки, аналітичними навичками та здатністю аналізувати показники виробничих підрозділів та техніко-економічну ефективність виробництва.

Об'єктом виробництва та продажу на даному підприємстві є відсік Ф2 літака Ан-140. Перевагами збуту літаків Ан-140 до країн СНД є добре налагоджена система післяпродажного обслуговування. Однак існують недоліки на ринку СНД, такі як загальна економічна криза, зменшення кількості країн-партнерів, складнощі з взаємними платежами та введення прикордонних бар'єрів.

Потенційні переваги ринків далекого зарубіжжя включають великі розміри ринків, можливість отримання прибутку в валюті, стабільне політичне та економічне становище. Однак існують і недоліки, такі як недостатня популярність фірми, недовіра покупців до нового виробу, велика конкуренція та складнощі з післяпродажним обслуговуванням.

Літаки продаються способом прямих продажів. На підприємстві діють відділ збуту та відділ зовнішньо-економічних зв'язків, які вивчають ринки, розглядають варіанти та шляхи збуту продукції.

Важливим елементом успішного просування товару на ринку є реклама. Форми реклами, прийнятні для даного типу товару, включають друковану рекламу, фірмові видання, розміщення інформації у світових каталогах та участь в авіасалонах і авіашоу.

Необхідна кваліфікація робітників визначається досвідом роботи та складністю виконання робіт. Ризик визначається як міра мінливості чи невизначеності віддачі, яка складається з очікуваних надходжень та прибутку інвестицій.

Для запобігання ризикам укладаються контракти, у яких передбачаються можливі фактори ризику та їхні наслідки. Передбачення ризиків в контрактах допомагає зменшити їхній вплив і забезпечує більш ефективне управління.

Таким чином, управління виробництвом та збутом продукції вимагає комплексного підходу, ретельного аналізу ринків та вивчення конкурентного середовища.

Розглянемо переваги та недоліки СНД та інших країн зарубіжжя:

Переваги СНД:

- Можливість взаємодії з країнами СНД: У випадку успішної співпраці з країнами СНД, підприємство може мати доступ до значного ринку та можливостей для розширення свого впливу.
- Зручність управління та взаємодії: Взаємодія з країнами СНД може бути спрощеною через спільні історичні, культурні та економічні зв'язки.

У кінцевому підсумку, успішність взаємодії з ринком СНД буде залежати від того, наскільки підприємство зможе ефективно управляти ризиками та адаптуватися до змін в економічному середовищі.

Переваги зарубіжжя:

- Великі розміри ринків: Міжнародні ринки можуть надати більше можливостей для масштабування бізнесу та збільшення обсягів продажу через доступ до великих кількостей покупців.
- Можливість отримання прибутку в валюті: Експорт на міжнародні ринки може дозволити підприємству отримувати прибуток в іноземній валюті, що може бути вигідним в умовах коливань валютного курсу.
- Стабільне політичне і економічне становище: Деякі країни зарубіжжя можуть мати стабільніше політичне та економічне середовище порівняно з окремими країнами СНД, що сприяє прогнозованості та безпеці бізнесу.
- Розширення географії впливу: Участь в міжнародних ринках дозволяє підприємству розширити свою географічну присутність і отримати визнання на світовому рівні.
- Доступ до новітніх технологій і підходів: Взаємодія з ринками зарубіжжя може включати обмін технологіями та передовими підходами, що сприяє розвитку та покращенню якості продукції.
- Можливості співпраці та партнерства: Підприємство може встановлювати стратегічні партнерства та співпрацювати з міжнародними компаніями для спільного розвитку та використання ресурсів.

Недоліки ринку СНД:

- Економічна нестабільність: Деякі країни СНД можуть стикатися з економічною нестабільністю, що може призвести до зменшення споживчого попиту на дорогі товари, такі як літаки.
- Загальна економічна криза: Регіональні або загальні економічні кризи в країнах СНД можуть негативно вплинути на здатність підприємства здійснювати успішний експорт.
- Зменшення кількості партнерів: Внаслідок політичних або економічних подій може зменшитися кількість потенційних партнерів та покупців в рамках СНД.
- Складність взаємних платежів: Наявність питань, пов'язаних із складністю та затримками в проведенні міжнародних фінансових операцій та платежів.
- Введення прикордонних бар'єрів: Можливість введення тарифів, мит і інших обмежень на ринках СНД може ускладнити вивіз товарів.

Недоліки ринків зарубіжжя:

- Підприємство може стикнутися з конкуренцією та складнощами у введенні своєї продукції на нові ринки через необізнаність покупців із брендом.
- Здобуття довіри споживачів до нового продукту, такого як літак, може вимагати часу та додаткових зусиль в рамках міжнародного ринку.
- На міжнародних ринках може існувати велика конкуренція від вже визнаних брендів і виробників, що може ускладнити просування продукції.
- Велика географічна розсіяність клієнтів може ускладнити післяпродажне обслуговування та технічну підтримку.
- Залучення нових клієнтів та реклама на міжнародних ринках можуть вимагати значних витрат на маркетинг і просування.

Важливо зауважити, що конкретні переваги будуть залежати від конкретного ринку та контексту взаємодії. Підприємство повинно провести аналіз ризиків та переваг кожного ринку для прийняття обґрунтованих стратегічних рішень.

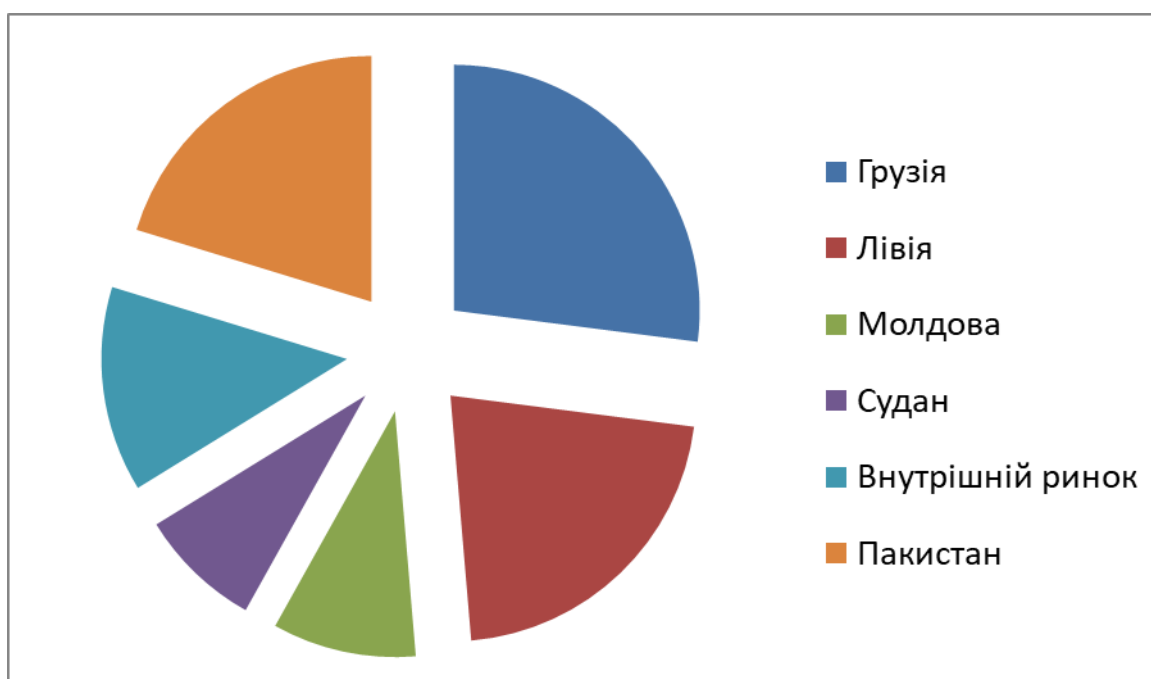


Рисунок 3.1 – Ринок збуту

Висновок: при аналізі збуту ринку отримуємо, що потреба ринку становить 65 одиниць для стійкої роботи цеху і заводу в цілому.

3.2 Розробка стратегії маркетингу

Важливим моментом є вибір політики ціноутворення:

- 1.Одиниця зміни ціни: Для товару, яким є літак, може бути важливою характеристикою, оскільки ціна може бути залежною від конкретних параметрів літака, таких як його максимальна дальність, потужність двигунів, розмір та інші характеристики.

2. У випадку літака може виникати питання про те, які витрати вкладаються в ціну (Базис ціни), і чи можуть певні додаткові витрати бути покриті покупцем, наприклад, витрати на індивідуалізацію літака під конкретні потреби замовника.
3. Валюта ціни: Оскільки літак може бути об'єктом міжнародної угоди, важливо визначити, в якій валюті буде виражена ціна. Це може бути валюта країни виробника або валюта країни замовника.
4. Способи фіксації цін: З урахуванням тривалого терміну виготовлення літака і можливих змін у витратах, визначення моменту фіксації цін може бути важливим аспектом контракту.

Види цін:

- Тверда ціна: Це може бути відповідним для конкретних конфігурацій літака, які вже визначені на момент укладання контракту.
- Рухома ціна: З урахуванням можливих змін у витратах виробництва, рухома ціна може бути адаптована під час виконання контракту.
- Змінна ціна: Залежно від умов ринку та змін у витратах, змінна ціна може бути переглянута та визначена в певний момент.
- Ціна з подальшою фіксацією: Якщо витрати виробництва важко передбачити, ціна може фіксуватися після певних етапів виготовлення літака.

Цінові стратегії маркетингу:

- Стратегія високих цін: Виправдана високою якістю, інноваціями та унікальністю літака.
- Стратегія низьких цін: Може бути використана для залучення нових клієнтів, особливо в умовах великої конкуренції.
- Стратегія диференційованих цін: Залежно від конкретних потреб клієнтів можуть визначатися різні конфігурації та характеристики літака.
- Стратегія конкурентних цін: Актуальна в умовах інтенсивної конкуренції на ринку авіаційної техніки.

Для успішного збуту літаків важливо враховувати специфіку ринку, особливості конкуренції та потреби клієнтів. Можлива реалізація через дилерську мережу, укладання довгострокових угод та надання післяпродажних послуг..

3.3 Персонал і кадри

В складі цеху маємо різні категорії працівників, включаючи виробничих (основних) робітників, допоміжний персонал, керівників, фахівців, службовців, молодший обслуговуючий персонал (МОП) і учнів.

Підсумки зводяться в таблиці 3.2 - 3.4.

Таблиця 3.2 Виробничі робітники

Вид робіт	Трудомісткість на виріб, ч	Фд, ч	Кількість працюючих		Середній розряд
			Розрах.	Прйин.	
Слюсарно-складальні	2790	1810	100,19	101	4

Таблиця 3.3 Допоміжні робітники

№ п/п	Робочі місця	Кількість працюючих
1	Слюсар з ремонту та обслуговування пристроїв	1
2	Електромонтери	1
3	Слюсар ПРІН	2
4	Верстатники ПРІН	1
5	Кладовщики ІРК	1
6	Кладовщики і комплектовальники складів	2
7	Підготовник розподільники	3
8	Роздавальники креслень	1
9	Транспортні працівники	3
10	Прибиральники цеху	4
11	Контролери	5
	Всього	24

Таблиця 3.4 Керівники, службовці, фахівці, МОП

№ п/п	Підрозділ	Посада	Кількість
1	Керуючий склад	Начальник цеху	1
		Заст. нач. цеху по виробництву	1
2	Виробництво	Старший майстер	1
		Змінний майстер	4
3	Підготовка виробництва	Начальник техбюро	1
		Технологи	6
		Інженер по інструменту	1
		Майстер ПРІН	1
		Завідуючий ІРК	1
		Інженер по обслуговуванню	1
		ЕВМ	1
Програміст	1		
4	Планово-диспетчерське бюро	Начальник ПДБ	1
		Плановик	3
		Диспетчер	2

		Технологи по матеріалам	1
5	Бюро організації праці Економічне бюро Група механіка цеху Бюро цехового контролю Планово-диспетчерське бюро Бухгалтерія цеху	Начальник БОТ	1
		Нормувальник	1
		Економіст	1
		Майстер по обладнанню	1
		Начальник БЦК	1
		Старший контрольний майстер	1
		Контрольний майстер	1
		Нарядник, Обліковець Бухгалтер	1 1
6	Підготовка виробництва	Архіваріус	1
7	Загальне обслуговування	Секретар-машиніст	1
		Завгосп	1
		Прибиральник кабінетів	1
		Гардеробник	2
Всього			40

Отже, як результат, отримуємо кількість працівників, які зайняті у цеху зі складання середньої частини фюзеляжу:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{осн.раб.}} + C_{\text{всп.раб.}} + C_{\text{рук}} + C_{\text{спец}} + C_{\text{служ}} + C_{\text{МОП}} = 101 + 24 + 40 = 169 \text{ (чел.)}$$

3.4 Розрахунок площ цеху

Складання середньої частини фюзеляжу здійснюється в стапелі, призначеному для цього процесу. У цей цех поступають підборки, панелі та відсіки статі, а також бічні частини шпангоутів, які також монтується в цьому виробничому відділі. Складання ведеться в стапелях та універсальних пристроях, для яких потрібні відповідні виробничі площі.

Контроль в цьому цеху здійснюється на різних етапах складання, як для середньої частини фюзеляжу, так і для складання відсіку статі, панелей та бічних частин шпангоутів. Таким чином, контроль може бути проміжним і остаточним, і проводиться з метою запобігання виникненню браку. Поступове сертифікування в процесі виробництва відкриває можливість розширення ринку збуту готової продукції і забезпечує покупців повною впевненістю в якості товару.

Площа цеху включає виробничу, допоміжну, складську, офісну та побутову зони. Розрахунки були виконані в рамках технологічної частини, враховуючи розміри та потреби виробничого процесу.

Площа цеху:

$$S_{\text{цеха}} = S_{\text{произв}} + S_{\text{вспом}} + S_{\text{скд}} + S_{\text{к/б}} + S_{\text{проч}} = 1152 + 58 + 342 + 400 + 160,27 = 2112,27 \text{ (м}^2\text{)}$$

Результати розрахунку площ і обсягів зведемо в таблицю 3.5.

Таблиця 3.5

№ п/п	Найменування площі	Процент від виробничої площі	Площа, м ²	Висота, м	Об'єм, м ³
1	Допоміжна	5	58	14	812
2	Складська	29,7	342	14	4788
3	Конторська та побутова	34,7	400	3,3	1320
4	Інша	13,9	160,27	12	4327,29
	Разом	—	960,27	—	11247,29

У даному випадку обсяг цеху розраховується окремо для виробничого корпусу і додаткової прибудови до корпусу за визначеною формулою:

$$V = 1,1 \cdot \sum S_i \cdot h_i, \text{ де}$$

S_i - площа і-го виду, м²;

h_i - висота і-го приміщення.

Кількість обладнання розраховане в технологічній частині і складає:

- стапелі збірки середній частині фюзеляжу - 1 шт. ;
- пристосування вузловий і панельний збірки - 18 шт.

3.5 Розрахунок економічних показників

Таблиця 3.6 - Додаткові дані до завдання

Найменування показника	Умовне позначення	Величина
Технічно неминучі втрати,%	ПН	7
Норматив витрат на транспортування і монтаж обладнання,%	НТМ	15
Норматив додаткової заробітної плати основних робочих,%	НДО	50
Норматив додаткової заробітної плати допоміжних робітників,%	НДВ	35
Норматив додаткової заробітної плати службовців і молодшого обслуговуючого персоналу,%	НДСМ	25
Норматив відрахувань до фонду єдиного соціального внеску (ЄСВ),%	НЕСВ	22
Маса матеріалів заготовок, кг	НМ	700

Коефіцієнт використання основних матеріалів,%	КИМ	85
Середня вартість матеріалів, грн./кг	ЦМ	100
Норматив витрат на підготовку і освоєння виробництва,%	НОП	17
Норматив транспортно-заготівельних витрат,%	НТ	1,5
Норматив адміністративних витрат,%	НАР	15
Норматив витрат на збут,%	НС	1,5

3.5.1 Розрахунок прямої заробітної плати виробничим робітникам

$NB = 67$ шт.

Річну програму запуску у виробництво вироби розраховують таким чином:

$$N3 = NB \times (1 + ПН / 100), \quad (3.1)$$

де NB - річна програма випуску вироби, шт. ;

ПН - технічно неминучі втрати,% (див. Таблицю 3.2).

$$N3 = 67 \times (1 + 17/100) = 79 \text{ шт.}$$

Річна трудомісткість:

$$T_{co} = \sum t_j \cdot N_{зан} = 2790 \cdot 67 = 186930 \text{ (чел/час);}$$

Визначення середньої годинної ставки (СЧС)

Слід обчислити середній розряд робіт в цеху і середню годинну ставку за такими формулами:

$$CP = \Sigma (P \times ЧПР) / \Sigma ЧПР \quad (3.2)$$

$$СЧС = \Sigma (ЧПР \times ЧС) / \Sigma ЧПР \quad (3.3)$$

$$e_1 = 92,00 \text{ грн/час}$$

$$e_3 = 19,34 \cdot 1,4 = 128 \text{ грн/час, } e_4 = 19,34 \cdot 1,65 = 149,04 \text{ грн/час,}$$

$$e_5 = 19,34 \cdot 1,9 = 174,8 \text{ грн/час.}$$

$$CP = 407/101 = 4,02$$

$$СЧС = 9294,02/101 = 92,02 \text{ грн.}$$

Середню годинну ставку і середній розряд розраховують, не округлюючи до цілого числа, і вказують з двома знаками після коми.

З огляду на дані таблиці 3.2 і формулу (3.14) можна розрахувати основну ЗП основних робочих виробничого цеху так:

$$ПЗП = ТГ \times СЧС; \quad (3.4)$$

де ПЗП - основна зарплата виробничих робітників цеху.

$$ПЗП = 186930 \times 92,02 = 17\,201\,299 \text{ грн.}$$

3.5.2 Розрахунок додаткової заробітної плати виробничих робітників

Додаткова заробітна плата розраховується за формулою (3.5):

$$ДЗП = ПЗП \times НДО / 100,$$

де ПЗП - пряма заробітна плата;

НДО - прийняті нормативи премій, часових, денних і місячних доплат, %.

$$\text{ДЗП} = 17\,201\,299 \times 39 / 100 = 6\,708\,506,45 \text{ грн.}$$

$$\text{ЄСВ} = 22\% (\text{ПЗП} + \text{ДЗП}) = 0,22 (17201299 + 6708506,45) = 5260157,12 \text{ грн.}$$

3.5.3 Розрахунок заробітної плати допоміжних робітників

Заробітна плата допоміжних робітників визначається для кожної професії окремо. Пряма зарплата визначається за формулою (3.6):

$$\text{ПЗП}_{\text{вр}} = n \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot \bar{e} \cdot \left(1 + \frac{k_{\text{усл}} + k_{\text{инт}}}{100} \right) \quad (3.6)$$

де n - кількість робочих;

$\Phi_{\text{д}}$ - річний дійсний фонд часу, год;

\bar{e} - середня годинна ставка (або оклад);

$k_{\text{усл}}$, $k_{\text{инт}}$ - нормативи доплат за умови та інтенсивність праці.

Додаткова зарплата визначається за формулою (3.7):

$$\text{ДЗП} = \text{ПЗП}_{\text{вр}} \cdot \left(\frac{k_{\text{прем}} + k_{\text{час}} + k_{\text{дн}} + k_{\text{мес}}}{100} \right) \quad (3.7)$$

де $k_{\text{прем}}$, $k_{\text{час}}$, $k_{\text{дн}}$, $k_{\text{мес}}$ - нормативи доплат.

Розрахунок зводиться в таблицю 3.7.

3.5.4 Розрахунок зарплати керівникам, фахівцям, службовцям МОП

Пряма зарплата цих працівників обчислюється за формулою (3.8):

$$\text{ПЗП} = n \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot \bar{o} \cdot \left(1 + \frac{k_{\text{ут}}}{100} \right) \quad (3.8)$$

де n - кількість робочих;

$\Phi_{\text{д}}$ - річний дійсний фонд часу, год;

\bar{o} - середній оклад працівників;

$k_{\text{ут}}$ - норматив доплат за умови праці.

Додаткова зарплата:

$$\text{ДЗП} = \text{ПЗП} \cdot \left(\frac{k_{\text{прем}} + k_{\text{час}} + k_{\text{дн}} + k_{\text{мес}}}{100} \right)$$

$k_{\text{прем}}$, $k_{\text{час}}$, $k_{\text{дн}}$, $k_{\text{мес}}$ - прийняті нормативи доплат у вигляді премій, часових, денних і місячних доплат, %.

Результати зводимо в таблицю 3.8.

Таблиця 3.8 Зарплата керівників, фахівців і МОП

П	ос	ад	а	пр	ац	.	ни	й	ок	и	фо	ат	за	ма	З	П,	Нормативи, %	ко	ва	З	на	З	П,
---	----	----	---	----	----	---	----	---	----	---	----	----	----	----	---	----	--------------	----	----	---	----	---	----

						Премії	Часові доплати	Денні доплати	Щомісячні доплати		
Начальник цеха	1	27000	11	10	326700	30	10	12	16	222156	518856
Зам. нач. цеха по виробництву	1	25200	11	8	299376	25	10	12	16	188607	487982
Старший мастер	1	19200	11	8	228096	20	10	12	16	132295	360391
Змінний мастер	4	16800	11	10	203280	20	10	12	16	117902	321182
Начальник техбюро	1	15000	11	7	176550	25	10	12	16	111227	287777
Начальник ПДБ	1	15000	11	7	176550	25	10	12	16	111227	287777
Начальник БЦК	1	15300	11	7	180081	25	10	12	16	113451	293532
Начальник БОТ	1	15000	11	7	176550	25	10	12	16	111227	287777
Контрольний мастер	1	16000	11	6	186560	20	10	12	16	108205	294765
Старший контрольний мастер	1	16800	11	5	194040	20	10	12	16	112543	306583
Всього керівників	13		11		2147783						3476622
Технолог	6	12600	11	6	146916	20	10	12	16	85211	232127
Мастер ПРІН	1	13500	11	6	157410	15	10	12	16	83427	240837
Інженер по Інструменту	1	16200	11	6	188892	15	10	12	16	100113	289005
Завідуючий ІРК	1	13200	11	6	153912	15	10	12	16	81573	235485

Інженер по обслушгову ванню ЕВМ	1	18000	11	6	209880	15	10	12	16	111236	321116
Розробник	1	19800	11	6	230868	15	10	12	16	122360	353228
Плановик	3	13200	11	6	153912	15	10	12	16	81573	235485
Диспетчер	2	13200	11	6	153912	20	10	12	16	89269	243181
Техник по матеріалам	1	12000	11	6	139920	15	10	12	16	74158	214078
Нормативник	1	10800	11	6	125928	15	10	12	16	66742	192670
Економіст	1	16500	11	6	192390	15	10	12	16	101967	294357
Мастер по обладнанню	1	14400	11	6	167904	15	10	12	16	88989	256893
Всього: спеціалістів	20				2021844						3108463
Нарядник	1	10800	11	5	124740	10	10	12	12	54886	179626
Обліковець	1	10800	11	5	124740	10	10	12	12	54886	179626
Бухгалтер	1	13800	11	5	159390	10	10	12	12	70132	229522
Архіваріус	1	9600	11	5	110880	10	10	12	12	48787	159667
Секретар-машиніст	1	10800	11	5	124740	10	10	12	12	54886	179626
Завгосп	1	9600	11	5	110880	10	10	12	12	48787	159667
Всього: службовців	6				755370						1087733

Продовження таблиці 3.8

3.6 Визначення виробничої собівартості одиниці виробу

Вартість основних матеріалів, витрачених на виготовлення виробу укрупнено зазначимо 3500 грн.

Основну заробітну плату виробничих робітників ОЗПР для виробу обчислюють за формулою:

$$\text{ОЗПР} = T \times \text{СЧС} \quad (3.10)$$

де T - трудомісткість виготовлення виробу;

СЧС - середня годинна ставка (див. Формулу (3.14)).

$$\text{ОЗПР} = 2790 \times 92,02 = 256\,736 \text{ грн.}$$

Додаткову заробітну плату виробничих робітників обчислюють згідно з формулою (3.16) наступним чином:

$$\text{ДЗПР} = \text{ОЗПР} \times (\text{НДО} / 100) \quad (3.11)$$

де коефіцієнт НДО визначає величину додаткової заробітної плати щодо основної.

$$\text{ДЗПР} = 256\,736 \times (50/100) = 128\,368 \text{ грн.}$$

$$\text{ЕСВ} = (\text{ОЗПР} + \text{ДЗПР}) \times 22\%$$

$$ECB = (256736 + 128368) * 0,22 = 84723 \text{ грн.}$$

Змінні загальновиробничі витрати Пер на один виріб визначають так:

$$\text{Пер} = \text{ОЗПР} * \text{Нпер} / 100$$

$$\text{Нпер} = \text{ГПеР} * 100 / \text{ПЗП},$$

де ГПеР-річні змінні загальновиробничі витрати цеху.

Нпер відповідний норматив = 45%

$$\text{Пер} = 256736 * 45/100 = 115532 \text{ грн.}$$

Постійні загальновиробничі витрати ПоР визначають так:

$$\text{ПоР} = \text{ОЗПР} * \text{НПоР} / 100$$

$$\text{НПоР} = \text{ГПоР} * 100 / \text{ПЗП},$$

де ГПоР-річні змінні загальновиробничі витрати цеху.

НПоР відповідний норматив = 54%

$$\text{ПоР} = 256736 * 54/100 = 138638 \text{ грн.}$$

Витрати на підготовку і освоєння виробництва виробів РОП визначають нормативом від матеріальних витрат і основної зарплати виробничих робітників

$$\text{РОП} = (\text{РМ} + \text{ОЗПР}) * \text{НОП} / 100,$$

де НОП-норматив витрат на підготовку і освоєння виробництва.

$$\text{РОП} = (71050 + 256736) * 17/100 = 55724 \text{ грн.}$$

Виробничу собівартість розраховують за формулою

$$\text{СПР} = \text{РМ-ВО} + \text{ОЗПР} + \text{ДЗПР} + \text{ЄСВ} + \text{Пер} + \text{ПоР} + \text{РОП}$$

всі складові були знайдені вище.

$$\text{СПР} = 71050 - 1050 + 256736 + 128368 + 84723 + 115532 + 138638 + 55724 = 851821 \text{ грн.}$$

3.7 Визначення повної собівартості одиниці виробу

Повна собівартість виробу розраховується за трьома складовими

$$\text{СПО} = \text{Спр} + \text{АР} + \text{РС},$$

де АР - адміністративні витрати підприємства, РС - витрати пов'язані зі збутом виробів покупцем.

Адміністративні витрати розраховують за нормативами від основної зарплати виробничих робітників.

$$\text{АР} = \text{ОЗПР} * \text{НА} / 100$$

$$\text{АР} = 256736 * 15/100 = 38510 \text{ грн.}$$

Витрати на збут розраховують за нормативом НС від виробничої собівартості виробу.

$$\text{РС} = \text{Спр} * \text{НС} / 100$$

$$\text{РС} = 851821 * 2,5 / 100 = 21295,6.$$

$$\text{СПО} = 851821 + 38510 + 21295,6 = 911627 \text{ грн.}$$

Після розрахунку повної собівартості виробу необхідно призначити планову оптову ціну на виріб без податку на додану вартість.

Планова оптова ціна на виріб дорівнює ЦЦ = 730000 грн.

Таблиця 3.12 Розрахунок собівартості і ціни виробу

№ п/п	Статті витрат	Величина витрат на
----------	---------------	-----------------------

		виріб, грн.
1	Матеріали, покупні вироби і напівфабрикати	3500
2	Основна заробітна плата виробничих робітників	256736
3	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	128368
4	Відрахування на соц. заходи	84723
5	Підготовка і освоєння виробництва	25673,6
6	Постійні загальновиробничі витрати	138638
7	Змінні загальновиробничі витрати	115532
8	Виробнича собівартість	851821
9	Адміністративні витрати	38510
10	Витрати на збут	69319
11	Повна собівартість	911626,93
12	Прибуток (25%)	212955,25
13	Ціна без ПДВ	1 100 000

3.8 Визначення критичної програми випуску виробів

Розмір критичної програми (РКП) річного обсягу випуску продукції визначається як мінімальний обсяг програми випуску протягом року, при якому дохід від продажу не призводить ані до прибутку, ані до збитків, забезпечуючи рівень витрат виробництва. Це може бути розраховано аналітично чи відображено графічно, при умові, що весь обсяг проектної потужності підприємства буде повністю використаний.

Графічно критичну програму виробництва визначають як проекцію точки перетину двох прямих: річного доходу від реалізації НДР і річних витрат виробництва СЗП (Рисунок 3.1) [17].

Для побудови графіку на горизонтальній осі відкладають величину річного обсягу випуску виробу NB . Для цієї величини наносять на графіку лінію, паралельну горизонтальній осі, що відстоїть від горизонтальної осі на величину ГПОІ, так як це постійні річні витрати, і вони не залежать від обсягу випуску, а розраховуються на обсяг запуску у виробництво вироби [17].

Постійні витрати на рік ГПОІ визначають трьох видів витрат і множенням цієї суми на річний обсяг запуску у виробництво вироби $Nз$, заданий у вихідних даних для вироби:

$$\begin{aligned} \text{ГПОІ} &= (\text{ПоР} + \text{АР} + \text{РС}) \times Nз & (3.12) \\ \text{ГПОІ} &= (138638 + 38510 + 21295,6) \times 79 = 15\,677\,070 \end{aligned}$$

Потім будують лінію змінних витрат, що виходить з початку координат, по формулі:

$$\text{ПЕІ} \times NB = 713183 \times 67 = 47\,783\,261 \quad (3.13)$$

Змінні витрати ПЕІ, що припадають на один виріб, визначаємо відніманням з виробничої собівартості вироби СПР (формула 3.35) постійних загальновиробничих витрат ПоР:

$$\begin{aligned} \text{ПЕІ} &= \text{СПр} - \text{ПоР} & (3.14) \\ \text{ПЕІ} &= 851821 - 138638 = 713183 \end{aligned}$$

Якщо скласти графічно лінії постійних і змінних витрат, то виходить лінія річних витрат виробництва СЗП, яка відстоїть від горизонтальної осі на величину постійних витрат. Лінія річного доходу від реалізації НДР також виходить з початку координат і визначається за формулою:

$$\begin{aligned} \text{НДР} &= \text{ЦІ} \times \text{NB} & (3.15) \\ \text{НДР} &= 1\,100\,000 \times 67 = 73\,700\,000 \end{aligned}$$

Аналітично розмір критичної програми РКП розраховують діленням річних постійних витрат ГПОІ на різницю між ціною одного виробу ЦІ і змінними витратами ПЕІ, що припадають на один виріб, тобто :

$$\begin{aligned} \text{РКП} &= \text{ГПОІ} / (\text{ЦІ} - \text{ПЕІ}) & (3.16) \\ \text{РКП} &= 15\,677\,070 / (1\,100\,000 - 713\,183) = 41 \text{ шт.} \end{aligned}$$

У точці безбитковості величина доходу буде наступною:

$$\begin{aligned} \text{ГДТБ} &= \text{ЦІ} \times \text{РКП} & (3.17) \\ \text{ГДТБ} &= 880\,000 \times 41 = 36\,080\,000 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Річна величина готової продукції на складі дорівнює річним кошторисом витрат на виробництво СЗП:

$$\begin{aligned} \text{СЗП} &= \text{СПо} \times \text{NB} & (3.18) \\ \text{СЗП} &= 91\,1626,93 \times 67 = 61\,079\,003,98 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Графік безбитковості представлено на рисунку 3.1

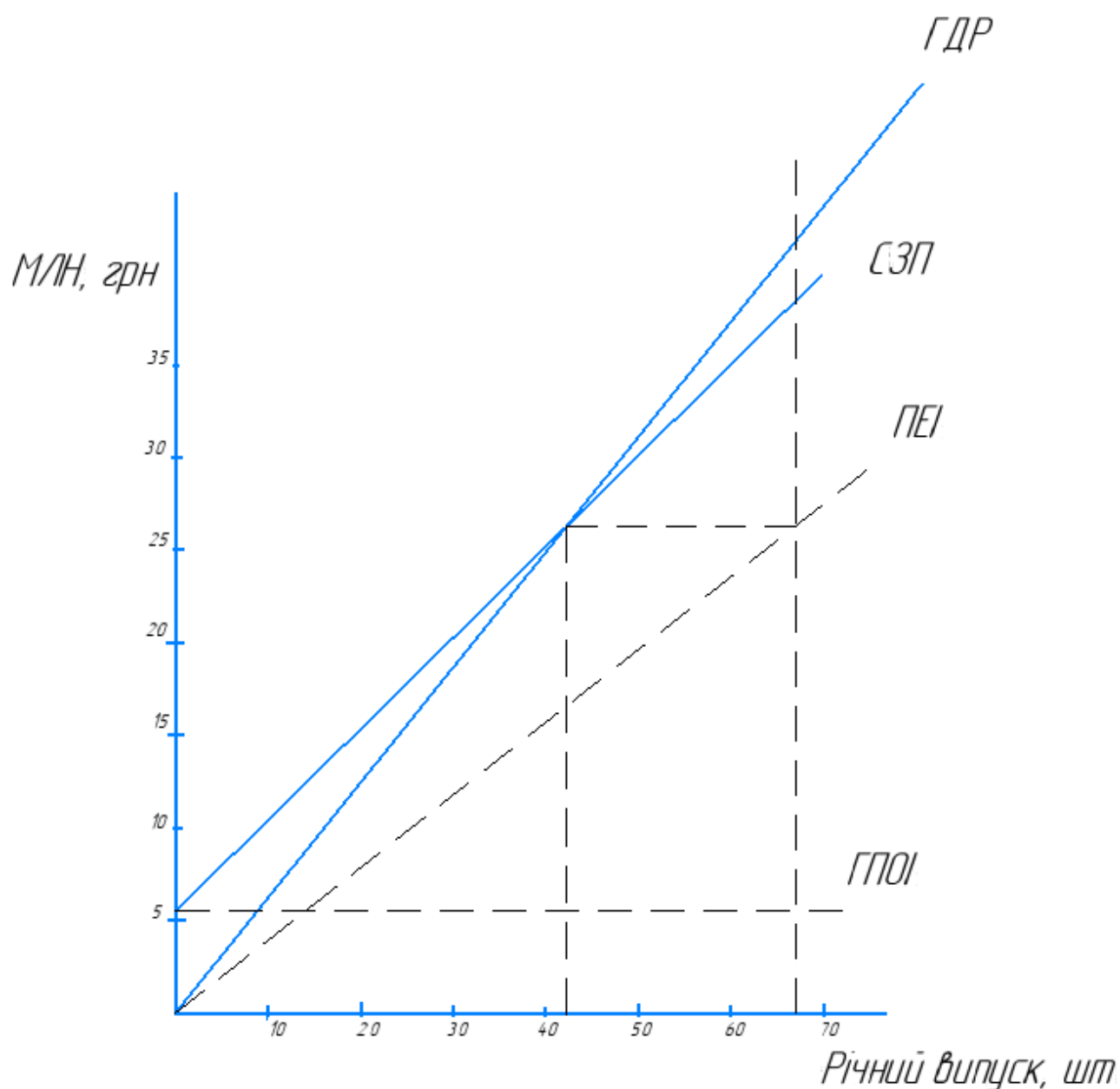


Рисунок 3.1 - Визначення критичної програми випуску виробів

Висновок: згідно з проведеними розрахунками повна собівартість виготовлення середньої частини фюзеляжу становить 911626,93 грн. Зазначена аналітична оцінка вказує на те, що критична точка досягається при виготовленні 41 комплектів щорічно.

4. Спеціальний розділ

4.1 Загальні відомості про композиційні матеріали

Композитні матеріали (КМ) – це багатокомпонентні матеріали, які включають пластичну основу (матрицю), армовану наповнювачами, що володіють високою міцністю та іншими властивостями. Вони представляють собою новий матеріал, що поєднує різні компоненти, що призводить до унікальних характеристик.

Види Композитів за матрицею:

- Полімерні КМ: Включають епоксидні композити та полімербетон, широко використовуються у будівництві та виробництві спортивного спорядження.
- Металоматричні КМ: Включають алюмінієві та титанові композити, використовуються в авіації та аерокосмічній промисловості.
- Керамічні КМ: З матрицею, зазвичай, з оксидним армуванням, використовуються для високотехнологічних застосувань.

Види Композитів за структурою:

- Волокнисті КМ: Армуються волокнами або ниткоподібними кристалами. Наприклад, склопластики забезпечують високу міцність та електроізоляцію.
- Шаруваті КМ: З матрицею та наповнювачем, розташованими у вигляді шарів, що дозволяє створювати матеріали з різноманітними властивостями.
- Дисперснозміцнені КМ: З матрицею, яку армують частками наповнювача, наприклад, металеві частинки.

Нанокompозити:

- З полімерною матрицею: Використовують наночастинки для покращення механічних та електричних властивостей.

Ці різноманітні типи композитів надають інженерам широкий вибір матеріалів з різноманітними властивостями, що робить їх важливими для застосування у різних галузях промисловості.

Епоксидні композити є одним з видів полімерних композитів, які використовують епоксидні смоли як матрицю та армуються волокнами чи наповнювачами. Основні характеристики та застосування епоксидних композитів включають наступне:

Характеристики епоксидних композитів:

Епоксидні смоли - це полімерні матеріали з високою міцністю та відмінною адгезією до різних матеріалів.

Отверджувачі використовуються для зміцнення епоксидної смоли шляхом хімічного з'єднання молекул.

Армуючі матеріали:

- Волокна: Скловолокно, вуглецеві волокна або арамідні волокна можуть використовуватися для підвищення міцності та жорсткості композиту.
- Наповнювачі: Порошки, які додаються для покращення властивостей, наприклад, кремнієвий діоксид для збільшення зносостійкості.

Епоксидні композити відомі своєю високою міцністю, стійкістю до корозії та відмінною формованістю, що робить їх популярними в різних галузях.

Склопластики в авіаційній галузі використовуються завдяки їхній легкості, високій міцності та іншим властивостям:

Склопластики — це матеріали, що складаються зі скловолокон, змочених полімерною матрицею. У сфері авіації вони використовуються для створення легких та міцних конструкцій. Одна з основних переваг склопластиків — їхнє відмінне співвідношення між вагою та міцністю. Це робить їх ідеальними для виробництва легких елементів літаків, де кожен кілограм ваги має велике значення.

Ще однією важливою характеристикою є корозійна стійкість склопластиків, що робить їх довговічними та ефективними в умовах агресивного середовища. Вони також володіють високою електроізоляцією, що робить їх застосовними в елементах, де необхідно уникати електричних провідників.

Загалом, склопластики дозволяють забезпечувати високі стандарти міцності та безпеки, зменшуючи вагу конструкцій і поліпшуючи аеродинамічні характеристики літаків.

Вуглепластики — це композитні матеріали, що включають вуглецеві волокна в якості арматури, які з'єднуються полімерною матрицею. У сфері авіації вони широко використовуються завдяки своїм унікальним властивостям.

Однією з основних переваг вуглепластиків є їхня висока міцність при низькій вазі. Вуглецеві волокна мають високий модуль упругості та витривалість, що робить їх ідеальними для виробництва легких, але дуже міцних компонентів літаків. Це особливо важливо для зменшення ваги та покращення польотних характеристик.

Вуглепластики також відзначаються високою корозійною стійкістю, що робить їх довговічними та ефективними в агресивних середовищах. Вони відомі своєю високою теплостійкістю та вогнестійкістю, що робить їх безпечними для використання в екстремальних умовах.

Загалом вуглепластики дозволяють досягати великої міцності та стійкості при мінімальній вазі, що робить їх важливим компонентом в літакобудуванні та авіаційній промисловості.

Боропластики є класом композитних матеріалів, в яких матрицею служить полімер, а арматурою є бороволокно. Ці матеріали відзначаються високою міцністю та стійкістю до впливу різних середовищ.

Бороволокно, використовуване в боропластиках, має високий модуль упругості та високу температурну стійкість. Це робить боропластики ідеальними для застосування в умовах високих температур та агресивних хімічних середовищ.

Однією з ключових переваг боропластиків є їхня вогнестійкість. Вони виявляють високий рівень стійкості до вогню та не піддаються горінню при експозиції високим температурам. Це властивість робить їх важливими для застосування в областях, де вимагається висока стійкість до вогню, таких як авіаційна та автомобільна промисловість.

Боропластики також можуть мати високу корозійну стійкість, залежно від конкретного складу та обробки матеріалу. Це робить їх довговічними та ефективними у вимогливих умовах експлуатації.

Загалом, боропластики є важливим класом композитних матеріалів для високотехнологічних застосувань, де важливі властивості міцності, термостійкості та стійкості до впливу різних факторів.

Органопластики є класом композитних матеріалів, які використовуються в авіаційній галузі для виготовлення різноманітних деталей та компонентів літаків. Ці матеріали складаються з полімерної матриці, яка армована волокнами або наповнювачами, і вони володіють кількома ключовими характеристиками.

1. Легкість та Висока Міцність:

Органопластики вигідно відрізняються легкістю та високою міцністю. Це дозволяє використовувати їх для виготовлення легких, але міцних конструкцій у літакобудуванні, що сприяє зменшенню ваги літака та покращенню його ефективності.

2. Висока Термостійкість:

Органопластики зазвичай мають високу термостійкість, що робить їх ідеальними для використання в областях, де можуть виникати високі температури, таких як частини двигуна або обшивки літака.

3. Хімічна Стійкість:

Деякі органопластики володіють хорошою хімічною стійкістю, що робить їх відмінним вибором для виробництва компонентів, які можуть бути піддані агресивним хімічним середовищам.

4. Легкість Обробки:

Органопластики мають різноманітні методи обробки, включаючи лиття, пресування та ін'єкційне формування, що дозволяє створювати різноманітні форми та конфігурації.

5. Добра Адгезія до Інших Матеріалів:

Органопластики можуть добре адгерувати до інших матеріалів, що сприяє створенню композитних структур та забезпечує їхню надійність.

Узагальнюючи, властивості органопластик роблять їх зручними та високоєфективними матеріалами для застосування в авіаційній промисловості, де

важливі аспекти, такі як міцність, легкість та термостійкість, мають велике значення.

Текстоліт – це композиційний матеріал, який включає в себе тканину, армовану полімерною матрицею. Цей матеріал створюється шляхом насичення текстильної основи рідинним полімером, який потім затвердівається. Текстоліт відзначається високою міцністю та доброю теплоізоляцією.

Текстоліт використовується в авіації для виробництва різних деталей і конструкцій, де потрібна міцність, теплоізоляція та легкість. Його можна знайти в ізоляційних матеріалах для авіадвигунів, елементах обтічників та інших складових літаків. Текстоліт також застосовується в інших галузях, таких як виробництво електротехнічних виробів та інші промислові сектори.

4.2 Застосування композиційних матеріалів у літакобудуванні

Наразі КМ використовуються у всіх сучасних літаках, наприклад, літаки Boeing використовують композитні матеріали (КМ) у своїх конструкціях для зменшення ваги та покращення міцності. Найвідоміший приклад - літак Boeing 787 Dreamliner. В іншому варіанті, Boeing 777X також використовує композити.

Boeing 787 Dreamliner:

1. Структурні елементи:

- Крила: Крила Boeing 787 виготовлені із скловуглецевих композитів. Використання композитів у крилах дозволяє досягти високого рівня міцності та зменшити вагу крил, що позитивно впливає на пальне споживання та ефективність літака.
- Хвостовий сегмент та фюзеляж: Деякі частини хвостового сегмента та фюзеляжу також виготовлені з композитних матеріалів, зокрема карбонових волокон, для забезпечення оптимального співвідношення міцності та маси.

2. Обтічник і двері:

- Обтічники двигуна: Композити використовуються для виготовлення обтічників двигуна. Це зменшує вагу та покращує аеродинаміку літака.

Двері та покриття люків: Деякі двері та покриття люків також можуть містити композитні матеріали для зменшення маси та збереження міцності.

3. Інші компоненти:

- Системи та структурні елементи: КМ можуть використовуватися в різних системах та структурних елементах для досягнення оптимальної ваги та продуктивності літака.

Це дозволяє літаку бути більш паливоекномічним і сприяє зниженню викидів CO₂. Використання композитних матеріалів є стратегічним рішенням для виробників літаків, оскільки воно сприяє досягненню важливих цілей в сучасній авіації.

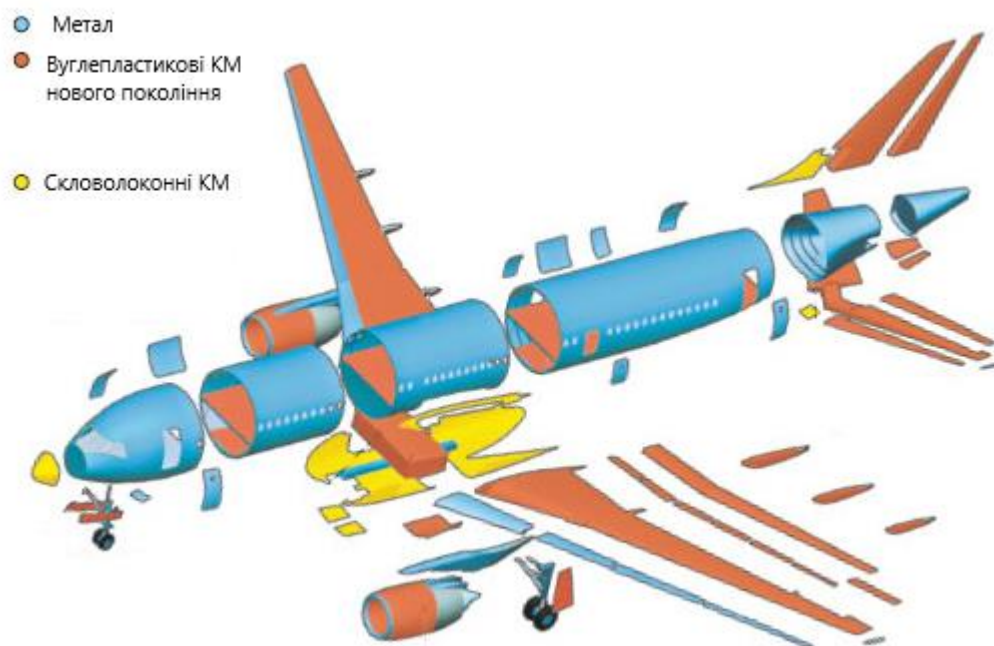


Рисунок 4.1 - Використання ПКМ у конструкції літака

4.3 Переваги та недоліки композиційних матеріалів

Композитні матеріали володіють і перевагами, і недоліками, які слід враховувати при їх використанні. Зокрема, їх легкість та висока міцність роблять їх привабливими для авіаційної галузі, адже вони можуть бути не лише легкими, а й міцними матеріалами. Також вони відзначаються високою жорсткістю, що надає їм стійкість при навантаженнях та коливаннях.

З іншого боку, важливо враховувати, що при створенні композитних матеріалів не завжди можна поєднати всі бажані характеристики, оскільки "всюди є своя ціна". Проектування таких матеріалів вимагає урахування конкретних завдань та обставин їх використання. Крім того, композити можуть бути витратними у виробництві через високу технологічність та вартість сировини.

Напрямки удосконалення включають у себе підвищення якості матеріалу, розгляд аспектів анізотропії та вдосконалення технологій експлуатації для зменшення експлуатаційних труднощів.

Однією з ключових переваг композитних матеріалів є їхнє застосування в легкоавіації для створення легких та міцних конструкцій літальних апаратів. Це може визначатися високою міцністю матеріалу та його спроможністю витримувати значні механічні навантаження при мінімальній вазі. Також композитні матеріали володіють високою жорсткістю, що робить їх ідеальними для застосування в аерокосмічній та авіаційній індустрії.

Проте слід враховувати, що при розробці композитних матеріалів неможливо досягти ідеального поєднання всіх необхідних властивостей. Це означає, що при проектуванні матеріалу розробники повинні обирати ті характеристики, які є ключовими для конкретного застосування. Наприклад, підвищена міцність може супроводжуватися анізотропією, а низька ударна

в'язкість може призвести до збільшення ризику пошкоджень та складнощів з ремонтом.

Крім того, експлуатація композитних матеріалів може супроводжуватися певними труднощами, такими як висока вартість виробництва, складність ремонту та можливість виділення токсичних парів. Всі ці аспекти обмежують їхнє широке застосування та вимагають удосконалення технологій та методів виготовлення для зменшення недоліків та підвищення ефективності використання композитних матеріалів в авіаційній галузі.

4.4 Технології створення виробів з композиційних матеріалів

Створення виробів з композитних матеріалів — це процес, який включає кілька ключових технологічних етапів для отримання бажаного кінцевого продукту. Основні кроки в технології створення виробів з композитних матеріалів можна описати наступним чином:

1. **Проектування і Розробка:**
 - Розробка дизайну та проектування виробу, визначення його функціональних властивостей та естетичних характеристик.
2. **Вибір Композитних Матеріалів:**
 - Вибір відповідних композитних матеріалів з урахуванням вимог до міцності, жорсткості, маси та інших властивостей виробу.
3. **Підготовка Матеріалів:**
 - Підготовка компонентів композитних матеріалів, таких як матриця та арматура (волокна або частки), включаючи їх обробку та модифікацію.
4. **Формування Матеріалу:**
 - Виготовлення самого композитного матеріалу, яке може включати в себе процеси лиття, пресування, ін'єкційного формування або інші техніки для створення потрібної форми.
5. **Композиція та З'єднання:**
 - Складання різних шарів або компонентів композиту в єдину структуру. Це може включати в себе процеси ламінації, аплікації шарів, об'єднання деталей тощо.
6. **Отвердження та Обробка:**
 - Процес отвердження або полімеризації матриці для забезпечення жорсткості та стійкості форми. Додаткова обробка може включати шліфування, фрезерування, обробку поверхонь тощо.
7. **Контроль Якості:**
 - Проведення іспитань та контролю якості для перевірки відповідності виробу заданим стандартам та вимогам.
8. **Завершальні Операції:**

- Завершення виробничого процесу, включаючи можливу збірку деталей, нанесення покриття, маркування та інші завершальні операції.

9. Випробування та Сертифікація:

- Випробування виробу на механічну стійкість, довговічність, термічну стабільність тощо. Отримання сертифікатів відповідності та дозволів.

10. Експлуатація та Обслуговування:

- Введення виробу в експлуатацію, а також виконання необхідних регулярних обслуговувальних процедур та ремонтних робіт.

Цей процес забезпечує високу якість та ефективність виробів з композитних матеріалів у різних галузях, включаючи авіацію, автомобільну промисловість, будівництво та інші галузі.

4.5 Технологічна підготовка виробництва

На сучасному етапі розвитку техніки велике значення набуває науково-технічний прогрес, який стає найбільш дієвим джерелом для прискорення темпів виробництва, підвищення продуктивності праці і покращення якості продукції. У літакобудуванні успішним просуванням по шляху технічного прогресу визначається скороченням термінів розробки нових виробів, їх випробувань, а також впровадженням нових технологічних процесів, зокрема, перехід від клепати-складальних конструкцій до клейових та від металевих до полімерних композитів (ПКМ).

Однією з ключових аспектів у досягненні цих завдань є вдосконалення технологічної підготовки виробництва виробів за допомогою обчислювальної техніки та автоматизованих систем проектування і керування технологічними процесами. Вміст робіт з технологічної підготовки виробництва нових виробів, зокрема тих, що містять деталі з ПКМ, залежить від різноманітних факторів, таких як складність конструкцій, масштаби виробництва, наявність експериментальної бази та рівень механізації окремих операцій.

Технологічна підготовка виробництва тісно пов'язана з розподілом робіт на два послідовно виконувані етапи: конструювання нового виробу та виготовлення дослідної партії, а потім підготовка до серійного виробництва літаків. Проте такий підхід може ускладнити скорочення термінів створення нового виробу при одночасному підвищенні його якості та надійності. Сучасні тенденції включають співпрацю між підприємствами досвідченого та серійного виробництва для оптимізації процесів при освоєнні нових виробів, зокрема тих, що містять деталі з ПКМ.

Застосування ПКМ в літакобудуванні призводить до виникнення нових вимог до якості технологічної оснастки, зокрема форм і прес-камер, які використовуються при формуванні деталей з ПКМ. Враховуючи розширення використання деталей з ПКМ, особливо на великих літаках, важливим стає вдосконалення технологічної оснастки для підвищення продуктивності та зниження вартості виробництва.

При використанні склопластику гарячого затвердіння замість металу, трудомісткість і тривалість виробничого циклу виготовлення об'ємної технологічної оснастки значно знижуються. Форми для виготовлення зовнішніх обшивок з полімерних композитів (ПКМ) зазвичай створюються з врахуванням зовнішнього контуру конструкції. При цьому варіанти форм базуються на різних схемах. Вибір конкретного варіанту форми залежить від конструктивних особливостей зовнішніх обшивок і вимог, що пред'являються до них.

В комплект технологічної оснастки зазвичай входить форма для виготовлення зовнішніх обводів і цулаг для формоутворення внутрішнього рельєфу виробу. Цулаг передає тиск на формуючу деталь під час вакуумного або високотискового формування.

Форма складається з типових елементів - обшивок, що представляють собою поверхні для формування. Обшивки закріплені на каркасі, який складається з набору ложементів (лекал), виготовлених за шаблонами з пластиків або на верстатах з числовим програмним управлінням (ЧПУ). Ці ложементи змонтовані на плоских жорстких рамках - підставках.

Цулаг створюється з урахуванням формотворчої поверхні та товщини деталі з полімерного композиту. Для забезпечення точності виготовлення складних панелей застосовується єдина система ув'язки базових поверхонь, осей для координації положення всіх елементів оснастки як в процесі виготовлення, так і під час склеювання.

З метою підвищення точності ув'язки і виготовлення формотворною склопластиковою оснасткою для обшивок з ПКМ, застосовується єдина база. Ця єдність баз забезпечується за допомогою верстатів з ЧПУ та контрольно-вимірювальних машин. Для отримання управлінської інформації слід мати типові технологічні процеси виготовлення та контролю елементів оснастки (шаблонів, болванок, рубильників, технологічних вкладишів та інші) із застосуванням електронних обчислювальних машин (ЕОМ) і верстатів з ЧПУ.

Для проектування типових формотворчих оснасток, оснасток для склеювання, а також для розробки технологічних процесів їх виготовлення можна сформулювати ряд загальних вимог:

- Матеріал оснастки повинен багаторазово витримувати формування деталей з ПКМ при температурі 170 градусів С і тиску до 1 МПа.
- Склопластикова оснастка для формування зовнішніх обшивок повинна забезпечувати герметичність під час формоутворення деталей з ПКМ.
- Робочі поверхні форми повинні мати антиадгезійні властивості.
- Розмітка на формах повинна бути чіткою і передавати на деталь шляхом відбитка.
- Робочі поверхні форми не повинні взаємодіяти з вузлами герметизації в процесі автоклавного формування.
- Після автоклавного формування та демонтажу вакуумного мішка залишки джгута повинні легко видалятися.
- Оснастка повинна мати мінімальну масу для швидкого прогрівання і охолодження.
- Оснастка повинна мати достатню жорсткість для збереження геометричних розмірів і фізико-мех

- Для полегшення відшарування відформованих деталей, на поверхню форми одинарної кривизни рекомендується наносити противоадгезійний шар, такий як поліпропіленова плівка. Для поверхні форми подвійної кривизни можна використовувати розчин компаунда.

Виготовлення склопластикової оснастки передбачає використання спеціалізованого обладнання для виготовлення форм методом виклейки та формування.

Для забезпечення узгодженості геометричних розмірів елементів оснастки використовується теоретичний плазмовий агрегат складального вузла. Цей агрегат дозволяє узгоджувати готельні перетини, які потім передаються на оснащення за допомогою шаблонів. Схему узгодження та виготовлення оснастки для формування обшивок складної форми з полімерних композитів можна побачити на рисунку 4.2.

Контроль технологічного процесу виготовлення склопластикової оснастки включає в себе контроль використовуваних матеріалів (основи ПКМ та армуючого матеріалу), параметрів препрегів, заготовок обшивок, процесів формування обшивок та збірки оснастки..

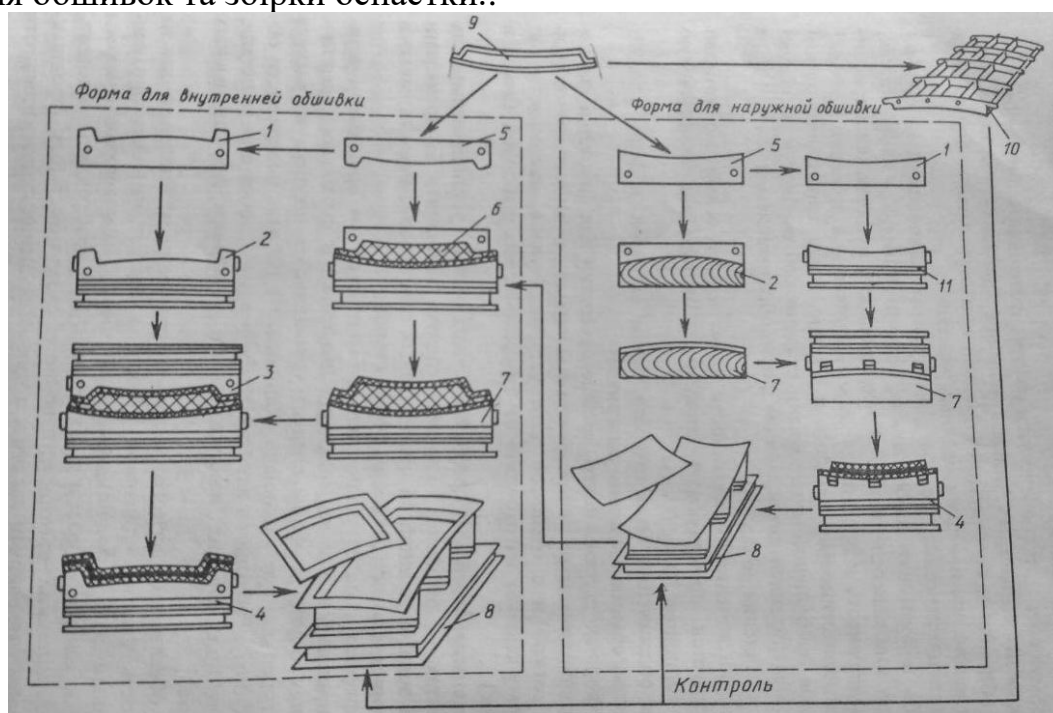


Рисунок 4.2 - Схема ув'язки і виготовлення оснастки для формування обшивок з КМ

Інформація для рисунку 4.2:

- 1 - лекало каркаса; 2 - форма; 3 - цулага; 4 - фальшдеталь; 5 - шаблон контуру; 6 - форма з заповнювачем; 7 - форма з цулаг; 8 - оснащення;
- 9 - плазми конструктивний; 10 - еталон поверхні; 11 - форма в зборі.

4.6 Формування обшивок с КМ

Формування представляє собою технологічний процес, під час якого матеріал затверджується (полімеризація з'єднуючого ПКМ), його кінцева

структура формується, і властивості композита досягають максимальних значень, а форма виробу закріплюється. Під час цього процесу на спеціальній оснастці для виклейки ПКМ впливають одночасно тиск і температура в автоклаві. Ручне викладання є найпростішим методом підготовки до формування для невеликої навантаження структур з ПКМ різних розмірів і конфігурацій.

Тканину розкрояють на робочому столі за допомогою ручних або механізованих ножиць вздовж контурних ліній з використанням лазерного проектора (див. рисунок 4.2).



Рисунок 4.3 – Розкроювання тканини з використанням лазерного проектора

З метою підвищення якості подальшого формування виробів з полімерних композитів (ПКМ), шари препрега з вуглецевої стрічки для обшивок розкладають на спеціальних установках з числовим програмуванням (ЧПК) (див. рисунок 4.3).

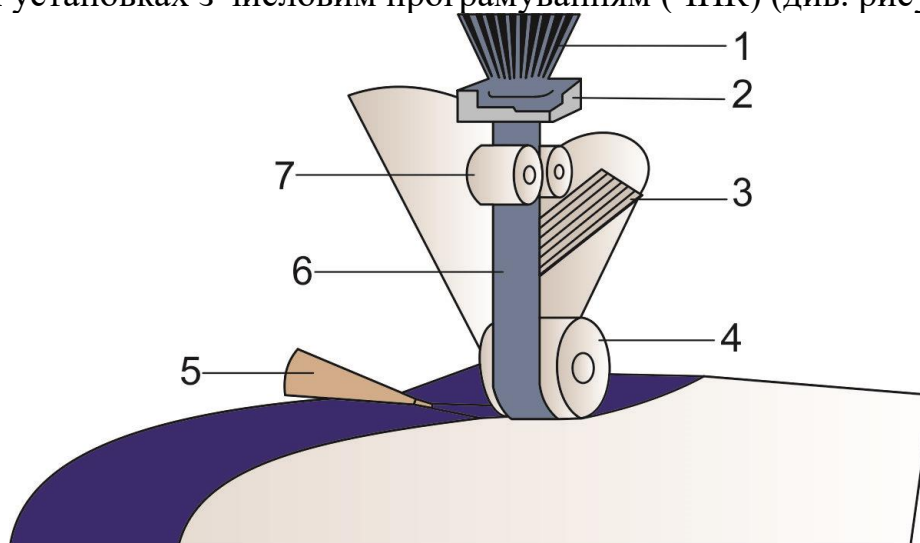


Рисунок 4.4 – Автоматичне викладання стрічки препрега:

- 1 – волокна ПКМ; 2 – формувач стрічки; 3 – ніж; 4 – притискний ролик;
5 – нагрівальна головка; 6 – стрічка препрега; 7 – ролики подання стрічки

Необхідна кількість шарів і кути викладення забезпечуються викладальною головкою автоматично за керуючою програмою. Вбудована система контролю тиску і температури притискного ролика визначає стабільність технологічного процесу і високу якість властивостей формованих виробів. Схему підготовки виклейної форми для автоклавного формування обшивки з шарів вуглецевої або склотканини показано на рисунку 4.4.

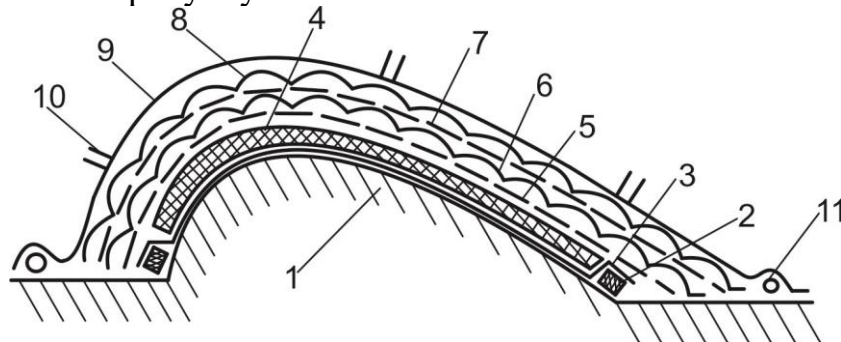


Рисунок 4.5 – Схема підготовки виклейної форми

1. Викладення шарів обшивок на технологічному оснащенні для автоклавного формування виконують у такій послідовності :
2. Підведення вакуумної системи до мішка та вакуумування для видалення повітря з простору між шарами матеріалу та ущільнення їх.
3. Підготовка до закриття вакуумного мішка та її щільного закріплення.
4. Перевірка щільності вакууму та налагодження необхідного рівня тиску.
5. Введення вакуумного мішка з викладеними шарами в автоклав для проведення процесу термічного формування.
6. Стабілізація температури та тиску в автоклаві з метою затвердіння матеріалу та формування виробу.
7. Після завершення процесу формування відключення вакуума та видалення вакуумного мішка з автоклаву.
8. Розкрій виготовленого виробу з використанням контурів, що нанесені на виклейній формі, для отримання необхідних розмірів та форми.
9. Контроль якості та властивостей виготовленого виробу.
10. Цей процес використовується для формування обшивок з вуглецевої або склотканини з використанням склопластикової оснастки в автоклаві.

Особливості процесу оброблення різанням ПКМ

Обробка різанням полімерних композитних матеріалів (ПКМ) має свої особливості, які визначаються властивостями самого матеріалу. Основні характеристики цього процесу включають:

1. Неоднорідність будови матеріалу: ПКМ мають складну структуру, і їх складові частини можуть мати різну твердість. Це ускладнює отримання гладкої поверхні при обробці різанням, і допускне спрацювання

інструмента залежить від технологічних критеріїв, таких як затуплення і збільшення шорсткості поверхні.

2. Недостатня відвод тепла: ПКМ мають знижену теплопровідність, що може призводити до перегріву різальних інструментів. Низька теплопровідність може викликати появу слідів вугілля на поверхні обробленого матеріалу.

3. Інтенсивне пилоутворення: Обробка ПКМ може призводити до інтенсивного утворення пилу, що вимагає примусового видалення його з зони різання. Використання спеціальних пристроїв для видалення пилу і стружки є необхідним.

Враховуючи ці особливості, важливо застосовувати відповідні стратегії оброблення різанням ПКМ:

- Вибір інструменту: Використовуйте твердосплавні фрези, зокрема з вольфрамокобальтових твердих сплавів, які можуть ефективно працювати з неоднорідними матеріалами.
- Геометрія інструменту: Оптимально вибирайте геометрію різальної частини інструмента для забезпечення його стійкості та ефективності.
- Попутне фрезерування: Для уникнення розшаровування виробів з ПКМ рекомендується використовувати схему попутного фрезерування, де обертання фрези співпадає з напрямом руху подачі заготовки.
- Відводження тепла: Забезпечте ефективний відвод тепла з зони різання, наприклад, застосовуючи системи охолодження для інструментів.
- Відсмоктування пилу: Використовуйте витяжну вентиляцію для видалення стружки і пилу з зони різання, що допомагає підтримувати чистоту і ефективність процесу.

Загальний підхід до оброблення ПКМ повинен бути адаптованим до їхніх унікальних властивостей для досягнення оптимальних результатів.

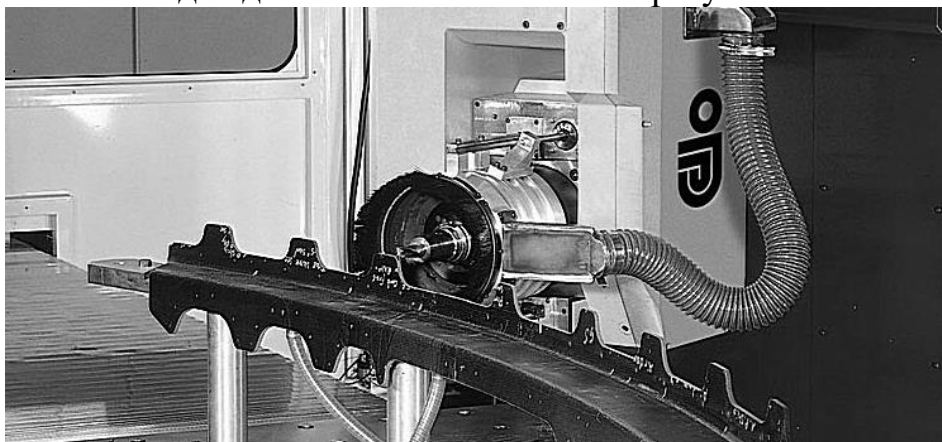


Рисунок 4.6 – Приймальник-уловлювач на шпинделі фрезерного верстата

4.7 Обробка та свердлення КМ

Велику роль у забезпеченні якості поверхні отвору в ПКМ грає стійкість та геометрична форма ріжучих кромки інструменту, як показано в роботі [1]. За даними роботи [1], основними дефектами, що виникають при механічній обробці ПКМ є розтріскування зв'язуючого, розшарування, висмикування волокон, непрорізання волокон, термічна деструкція зв'язуючого та розпушування волокон. Так, у статті експериментально доведено високу міцність ПКМ на основі органічних армуючих волокон типу Кевлар, але які мають властивості крихкості, що збільшує ризики розтріскування, розшарування та термічну деструкцію. Як показано у роботі [1], зазвичай на вході свердла спостерігаються розшарування та розрив волокон ПКМ, а на виході – додаткові розшарування та непрорізання волокон. Ріжуча кромка тенденційно руйнує матрицю (зв'язуюче) і зрізає армуючі волокна. Так, в роботі запропоновано методика на базі аналітичного моделювання, яка враховує властивості ПКМ з подальшою оптимізацією геометричної форми ріжучого інструменту – свердла, але це не підтверджено прикладами реалізації та практичним впровадженням у виробництво. Слід зазначити, що якщо мова йде про з'єднання невеликих товщин пакетів ПКМ (до 3 мм), то необхідність в свердлінні отворів немає. В публікації [1] показано реалізацію з'єднання пакету товщиною 1,5 мм та 2,4 мм без попереднього виконання отворів в комбінованих пакетах з алюмінієвих сплавів та вуглепластику шляхом імпульсної постановки самонарізних заклепок спеціальним клепацьким інструментом. Спеціальним клепацьким інструментом може бути сучасний пневмоімпульсний інструмент тих же авторів [1].

Незважаючи на існуючу практичну значущість безотворного методу з'єднання пакетів з ПКМ і комбінованих пакетів, інформація щодо його використання на більш товстих і іншого складу пакетах відсутня і має бути в перспективі подальших досліджень. Тому у галузі зберігається основна тенденція у пошуку нових конструктивно-технологічних рішень (КТР) для АК із ПКМ, що потребує додаткового вивчення режимів їх обробки (свердління, фрезерування, точіння тощо).

Так, у роботі [1] експериментально досліджено вплив геометрії спірального свердла та параметрів процесу свердління пакету з вуглепластику та алюмінієвих сплавів товщиною 3,6 мм. В якості визначальних параметрів для дослідження цього процесу було обрано швидкість подачі, швидкість шпинделя, первинний зазор, передній кут, задній кут, кут нахилу гвинтової канавки, кут нахилу поперечної кромки і кут при вершині різця. Однак з восьми виконаних комплексних експериментів було підтверджено як адекватний лише один з найкращою комбінацією параметрів свердління, точності діаметра отвору, шорсткості поверхні отвору. З практичної точки зору такі комплексні дослідження в порівнянні з аналітичним моделюванням, більш достовірні, але коштовні і потребують спеціального обладнання. У роботі [1] порівняно результати аналітичного моделювання в ANSYS з натурними експериментами зі створення свердлінням отворів в склопластику. Однак слід зазначити, що в даній роботі якість отворів оцінено шляхом встановлення залежностей геометричних

параметрів отворів та їх розташування в зразках з утвореною зменшеною міцністю ПКМ вздовж отвору. Незважаючи на позитивні результати, вони недостатні для оцінювання якості отвору по таким важливим параметрам як шорсткість та точність отвору в АК із ПКМ. На думку авторів, запропонований спосіб електроімпульсного свердління дозволить вирішити проблему обробки ПКМ (розтріскування матриці, розшарування і розриви волокна) та підвищить точність та шорсткість отворів АК із ПКМ. Цей спосіб можна розцінювати як нове КТР для свердління отворів в ПКМ, але відсутні дані щодо незрізання волокон та розшарування ПКМ на вході та виході отвору. Очевидно утворення незрізаних волокон та розшарування ПКМ пов'язано з його складною будовою і залежить від різноманітності схем армування. В роботі ця проблема вирішена на прикладі свердління вуглепластику товщиною 8 мм свердлом із новим КТР з розташуванням в ньому допоміжних різальних кромки паралельно осі в порівнянні зі стандартним SECO SD290A-7.963. Завдяки новому КТР свердла забезпечується висока якість отвору в ПКМ за показниками шорсткості та руйнування вздовж отвору. Однак на підтвердження цього КТР не наведені відповідні методики та розрахунки і тому потребує подальших досліджень для різних властивостей, схем армування, товщин ПКМ тощо. Тому є підстави вважати, що недостатня теоретична та практична визначеність залежностей параметрів якості поверхні отвору (точність та шорсткість) від структури ПКМ при свердлінні обумовлюють необхідність проведення комплексних досліджень в цьому напрямку.

Висновки по свердлінню:

1. Проведеними дослідженнями встановлено особливості та характерні зони контакту при свердлінні отвору в ПКМ з урахуванням кінематичної схеми контакту свердла та поверхні ПКМ. Встановлено, що у межах зон роботи свердла від 0° до 90° і від 180° до 270° зменшуються сили різання і покращуються показники якості поверхні, шорсткості та геометричної точності отвору в ПКМ. В зонах від 90° до 180° і від 270° до 360° – навпаки передбачається невисока якість поверхні, що оброблюється. Це спостерігається в зменшенні дійсних виконавчих розмірів отвору та у збільшенні утворення тріщин і шорсткості.

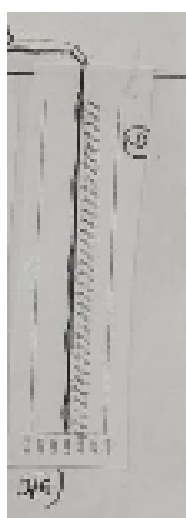
2. Запропоновано розрахунок потрібних зусиль різання та розрахунок висоти шорсткості свердління отворів у ПКМ. Розрахунок потрібних зусиль різання враховує площину зсуву стружки відповідно до встановленої зони деформації матеріалу від дії роботи клина за кінематичною схемою різання. Розрахунок висоти шорсткості свердління отворів у ПКМ враховує площу зминання стружки під дією роботи клина відповідно до кінематичної схеми різання.

3. Результати експериментальних досліджень з встановлення характерних зон усадки при свердлінні ПКМ підтвердили результати теоретичних досліджень за кінематичним схемою роботи свердла в ПКМ. Розподіл якості, шорсткості та геометричної точності отвору за характерними зонами обертання свердла від 0° до 360° залежать як від параметрів свердління так і від властивостей ПКМ. В ході аналізу даних, мінімальна усадка отворів діаметром 6 мм у вуглепластику є при

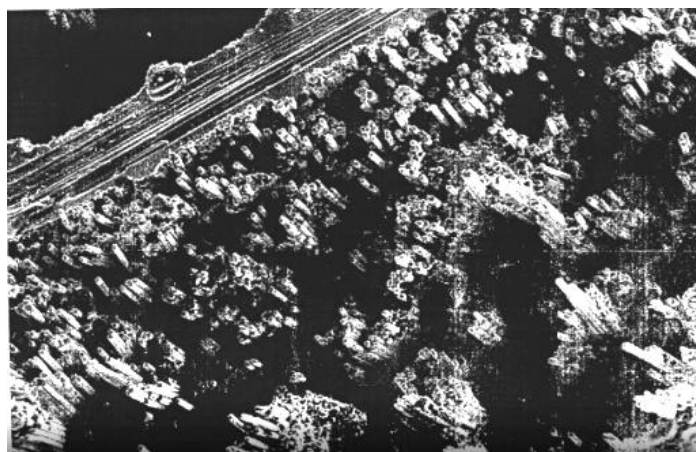
свердлінні свердлами ПРК і максимальна усадка отворів – при свердлінні перовими свердлами. Результати збільшення швидкості різання до 100 м/хв показали незначне зниження усадки отворів у вуглепластику. Це свідчить про можливість встановлення діапазону зі збільшення швидкості різання з мінімальними ризиками на втрату якості поверхні отвору ПКМ.

Приклад результату еспериментального дослідження вуглепластику зі стрічки УОЛ-300-1А:

На рис. 5 наведені профілограма шорсткості та світлина масштабованої ділянки розміром 600×700 мкм зі структурою поверхні отвору після свердління КМ з вуглепластику УОЛ-300-1А. Свердління було виконано при швидкості різання 50 м/хв. і швидкості автоматичної подачі 0,1 мм/об. в діапазоні ріжучого клину φ від 900 до 1800 та від 2700 до 3600.



(a)



(b)

Рисунок. 4.7 Профілографа шорсткості (a) та світлина поверхні отвору (b) зразка з вуглепластику УОЛ-300-1А.

В діапазоні ріжучого клину φ від 900 до 1800 висота ворсистості складає до 0,05 мм, що свідчить про незрізані волокна та про густину їх розміщення по поверхні. Аналогічний процес різання відбувається на ділянці отвору з кутами контакту ріжучого клину φ від 2700 до 3600. Така ворсистість негативно впливає на точність і шорсткість поверхні, що оброблюється. На ділянці отвору з кутом контакту ріжучого клину φ від 00 і 1800 відбувалися розтріскування та розшарування волокон у верхніх шарах деформаційної зони композита. Заміри показали сколювання від 1,0 до 1,5 мм та розшарування до 1,5 мм. Це пояснюється великими механічними властивостями вуглепластику і тим, що в діапазоні від 00 і 1800 відбувається зміна діючих зовнішніх сил на волокно наповнювача, тому в цих точках є різкий скачок з розтягувальних зусиль на стискаючі зусилля. На торцевих ділянках з кутами $\varphi = 900$ і $\varphi = 2700$ спостерігався такий же краєвий ефект зі сколами поверхні та розшаруванням композита. В цьому випадку причиною може бути:

– менша міцність адгезійного зв'язку верхнього шару волокон з внутрішніми шарами композиту;

- збільшення відсоткового складу наповнювача вище 60 %;
- одна зі складових сили різання більше від бокової ріжучої кромки свердла, яка вступає в процес різання, після проходження конусної частини свердла.

Усадка спостерігалася на вході свердла у отвір і становила 0,001 мм.

Велику роль у забезпеченні якості поверхні отвору в ПКМ грає стійкість та геометрична форма ріжучих кромок інструменту, як показано в роботі [6]. За даними роботи [7], основними дефектами, що виникають при механічній обробці ПКМ є розтріскування зв'язуючого, розшарування, висмикування волокон, непрорізання волокон, термічна деструкція зв'язуючого та розпушування волокон. Так, у статті [8] експериментально доведено високу міцність ПКМ на основі органічних армуючих волокон типу Кевлар, але які мають властивості крихкості, що збільшує ризики розтріскування, розшарування та термічну деструкцію. Як показано у роботі [9], зазвичай на вході свердла спостерігаються розшарування та розрив волокон ПКМ, а на виході – додаткові розшарування та непрорізання волокон. Ріжуча кромка тенденційно руйнує матрицю (зв'язуюче) і зрізає армуючі волокна. Так, в роботі [10] запропоновано методику на базі аналітичного моделювання, яка враховує властивості ПКМ з подальшою оптимізацією геометричної форми ріжучого інструменту – свердла, але це не підтверджено прикладами реалізації та практичним впровадженням у виробництво. Слід зазначити, що якщо мова йде про з'єднання невеликих товщин пакетів ПКМ (до 3 мм), то необхідність в свердлінні отворів немає. В публікації [11] показано реалізацію з'єднання пакету товщиною 1,5 мм та 2,4 мм без попереднього виконання отворів в комбінованих пакетах з алюмінієвих сплавів та вуглепластику шляхом імпульсної постановки самонарізних заклепок спеціальним клепальним інструментом. Спеціальним клепальним інструментом може бути сучасний пневмоімпульсний інструмент тих же авторів [12]. Незважаючи на існуючу практичну значущість безотворного методу з'єднання пакетів з ПКМ і комбінованих пакетів, інформація щодо його використання на більш товстих і іншого складу пакетах відсутня і має бути в перспективі подальших досліджень. Тому у галузі зберігається основна тенденція у пошуку нових конструктивно-технологічних рішень (КТР) для АК із ПКМ, що потребує додаткового вивчення режимів їх обробки (свердління, фрезерування, точіння тощо). Так, у роботі [13] експериментально досліджено вплив геометрії спірального свердла та параметрів процесу свердління пакету з вуглепластику та алюмінієвих сплавів товщиною 3,6 мм. В якості визначальних параметрів для дослідження цього процесу було обрано швидкість подачі, швидкість шпинделя, первинний зазор, передній кут, задній кут, кут нахилу гвинтової канавки, кут нахилу поперечної кромки і кут при вершині різця. Однак з восьми виконаних комплексних експериментів було підтверджено як адекватний лише один з найкращою комбінацією параметрів свердління, точності діаметра отвору, шорсткості поверхні отвору. З практичної точки зору такі комплексні дослідження в порівнянні з аналітичним моделюванням, як пропонується в [10], більш достовірні, але коштовні і потребують спеціального обладнання. У роботі [14] порівняно результати аналітичного моделювання в ANSYS з натурними

експериментами зі створення свердлінням отворів в склопластику. Однак слід зазначити, що в даній роботі якість отворів оцінено шляхом встановлення залежностей геометричних параметрів отворів та їх розташування в зразках з утвореною зменшеною міцністю ПКМ вздовж отвору. Незважаючи на позитивні результати в [14], вони недостатні для оцінювання якості отвору по таким важливим параметрам як шорсткість та точність отвору в АК із ПКМ. На думку авторів [15], запропонований спосіб електроімпульсного свердління дозволить вирішити проблему обробки ПКМ (розтріскування матриці, розшарування і розриви волокна) та підвищить точність та шорсткість отворів АК із ПКМ. Цей спосіб можна розцінювати як нове КТР для свердління отворів в ПКМ, але відсутні дані щодо незрізання волокон та розшарування ПКМ на вході та виході отвору. Очевидно утворення незрізаних волокон та розшарування ПКМ пов'язано з його складною будовою і залежить від різноманітності схем армування. В роботі [16] ця проблема вирішена на прикладі свердління вуглепластику товщиною 8 мм свердлом із новим КТР з розташуванням в ньому допоміжних різальних кромки паралельно осі в порівнянні зі стандартним SECO SD290A-7.963. Завдяки новому КТР свердла забезпечується висока якість отвору в ПКМ за показниками шорсткості та руйнування вздовж отвору. Однак на підтвердження цього КТР не наведені відповідні методики та розрахунки і тому потребує подальших досліджень для різних властивостей, схем армування, товщин ПКМ тощо. Тому є підстави вважати, що недостатня теоретична та практична визначеність залежностей параметрів якості поверхні отвору (точність та шорсткість) від структури ПКМ при свердлінні обумовлюють необхідність проведення комплексних досліджень в цьому напрямку.

Мета дослідження – забезпечення заданих якості, геометричної точності та шорсткості отвору АК з ПКМ. Це дасть можливість гарантувати високі статичну міцність, ресурс, надійність та ефективність складання АК з ПКМ.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

- встановити характерні зони контакту при свердлінні отвору в ПКМ з урахуванням кінематичної схеми контакту свердла з поверхнею ПКМ;
- розрахувати потрібні зусилля для процесу свердління та параметри шорсткості при свердлінні ПКМ;
- провести експериментальні дослідження з усадки отвору ПКМ із встановленням характерних зон.

Об'єктом дослідження є отвори в авіаційних конструкціях із полімерних композиційних матеріалах. Дослідження базуються на загальних гіпотезах теорії машин і механізмів.

Процес лезвійної кругової обробки внутрішньої поверхні суцільного матеріалу зі зняттям стружки за допомогою ріжучого інструменту – свердла, що здійснює обертальний і поступальний рухи щодо своєї осі, називається свердлінням отворів.

Процес свердління та утворення отвору в АК із ПКМ досліджуються за кінематичним методом визначення обгинаючих сімейства поверхонь.

Кінематичний метод визначення обгинаючих сімейства поверхонь – це створення сімейства поверхонь, які утворюються в результаті певного руху заданої поверхні [17].

Якщо поверхня D здійснює рух і утворює обгинаючи поверхні I , то характеристику в загальному виді можна визначити як лінію, в кожній точці якої вектор відносно швидкості направлений по дотичній до поверхні D [18].

Тобто скалярний добуток вектору нормалі поверхні D і вектору швидкості відносного руху поверхні D в точках характеристики E , розташованої на поверхні D , має дорівнювати нулю. Отже, характеристика E залежить не тільки від форми і розмірів поверхні D , а й від рухів, які вона робить. При різних рухах характеристика E може визначатися, виходячи з властивостей частинних рухів. Рухи поверхні деталі можуть бути приведені до миттєвого прямолінійно-поступального, обертового або гвинтового руху. Так, якщо довільна поверхня D здійснює поступальний рух, то крива контакту (характеристика E) буде геометричним місцем точок цієї поверхні, для яких нормаль до поверхні D лежить в площині, перпендикулярній осі миттєвого поступального руху.

Предметом дослідження є формування геометричної точності та шорсткості отворів свердлінням в авіаційних конструкціях із полімерних композиційних матеріалах.

Формування геометричної точності та шорсткості отворів свердлінням в АК із ПКМ забезпечується за рахунок формоутворення зони обробки деталі після видалення припуску з заготовки. Припуск видаляється частинами у вигляді стружки. Дослідження формоутворення геометричної точності та шорсткості отворів свердлінням в АК із ПКМ базується на побудові кінематичних схем формоутворення зон обробки деталей.

Проектування різальних інструментів охоплює визначення вихідних поверхонь I , спряжених з поверхнею D деталі, та перетворення тіла, обмеженого поверхнею I , у працездатний різальний інструмент. Визначаючи вихідну поверхню та відповідні різальні інструменти, необхідно розглядати різні варіанти рухів поверхні деталі D відносно інструменту [18].

Сукупність рухів поверхні інструмента відносно деталі вважатимемо кінематичною схемою формоутворення.

З погляду процесу формоутворення зони обробки деталі немає різниці якими поєднаннями рухів заготовки та інструменту отримано на верстаті відносний рух. Так, при свердленні отворів на токарному та свердлильному верстатах форма оброблюваної поверхні деталі виходить ідентичною, хоча гвинтовий рух свердла відносно заготовки в обох випадках забезпечується поєднанням різних рухів інструмента та деталі.

Обираючи різні рухи поверхні D відносно інструмента при визначенні вихідної поверхні I , можна утворювати різні кінематичні схеми формоутворення. Обертальний та поступальний рухи свердла, швидкість якого перпендикулярна до осі обертання, відносять процес свердління до другого класу, першого типу схеми формоутворень поверхонь.

5. Результати досліджень заданої геометричної точності та шорсткості отвору в конструкціях із композитів

5. 1. Встановлення характерних зон контакту при свердлінні отвору в полімерному композиційному матеріалі

5. 1. 1. Аналіз кінематики лезвійної обробки отворів

Процес утворення стружки при будь-якій лезвійній обробці отвору в ПКМ з вуглецевого волокна та склопластика значною мірою відрізняється від лезвійної обробки отворів в металах, де утворюється в основному зливна стружка [15]. Для розуміння повної картини утворення стружки при лезвійній обробці ПКМ розглянемо кінематичну схему утворення стружки ПКМ ріжучим клином (рис. 1).

(рис. 1).

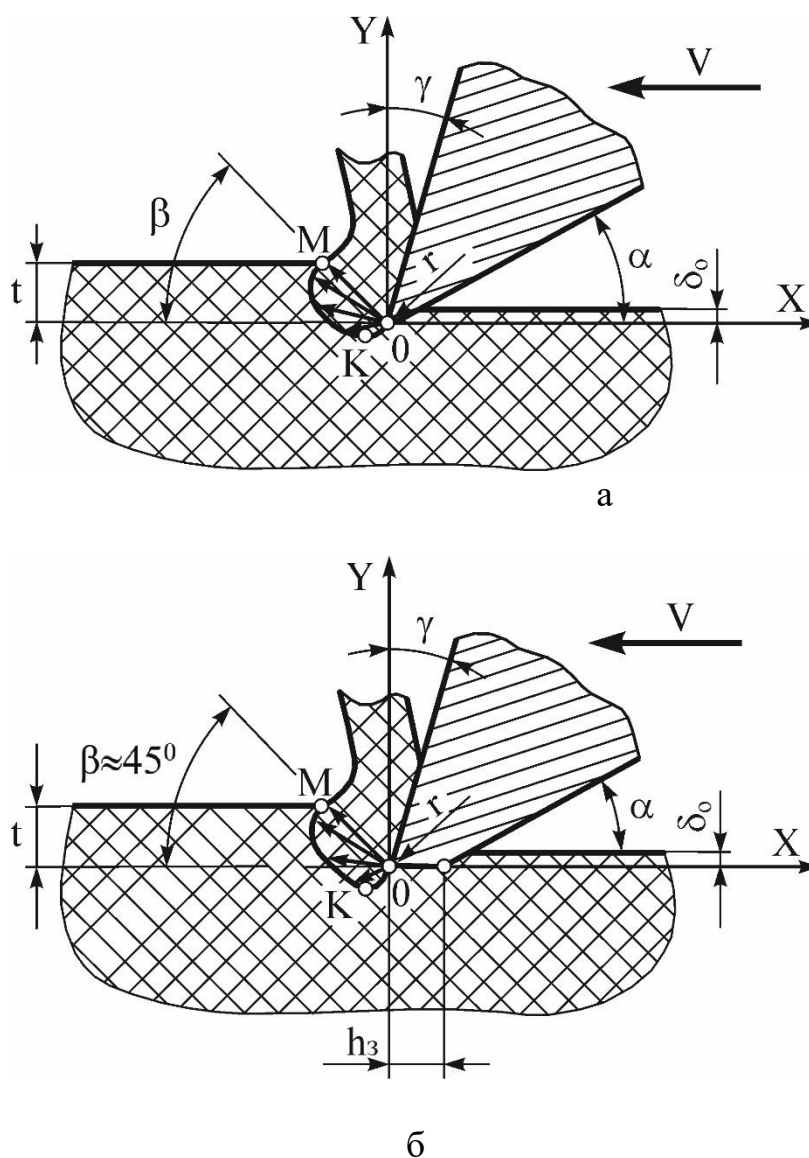


Рис. 4.8. - Зображення кінематичної схеми утворення стружки при лезвійній обробці полімерного композиту ріжучим клином: а – створення стружки незношеним різцем; б – створення стружки зі зношеним різцем

Набутий досвід різання ПКМ підтверджує, що зсув zdeформованого матеріалу ПКМ відбувається під кутом $\beta \approx 45^\circ$ [17]. На рис. 1 позначені наступні позиції клину: β – кут сколювання стружки; α – задній кут; γ – передній кут; r – радіус ріжучого інструменту; t – глибина різання; ОКМО – контур деформування зони ПКМ; h_3 – довжина зношення по задній грані; δ_0 – величина пружної деформації композита (1...2) %.

Під час руху в напрямку відносно волокна зі швидкістю V на передній поверхні ріжучого клину утворюється зона деформації матеріалу в контурі ОКМО. Під дією сил різання пиловидна стружка утворюється шляхом відколювання ПКМ в зоні ОКМО.

Слід зазначити, що при роботі свердлом зі зносом по задній поверхні при $h_3 > 0,3$ мм (рис. 3, б), з'являються розшарування, тріщини та відколи ПКМ безпосередньо в товщі матеріалу під клином. Особливо це стосується свердління в напрямку перпендикулярному армувальним волокнам.

При лезвійній обробці ПКМ у процесі утворення стружки відбувається порушення цілісності поверхневого шару, який істотно впливає на точність і шорсткість, а в подальшому – на експлуатаційні властивості: міцність, ресурс, вологопоглинання тощо.

Важливим фактором в процесі лезвійної обробки ПКМ є розташування ріжучого клину інструмента відносно орієнтації волокон наповнювача та розташування ріжучого клину відносно структури матеріалу ПКМ.

Кінематична схема дії сил різання і площина зсуву стружки при деформуванні ПКМ поперек волокон наведені на рис. 2 [19].

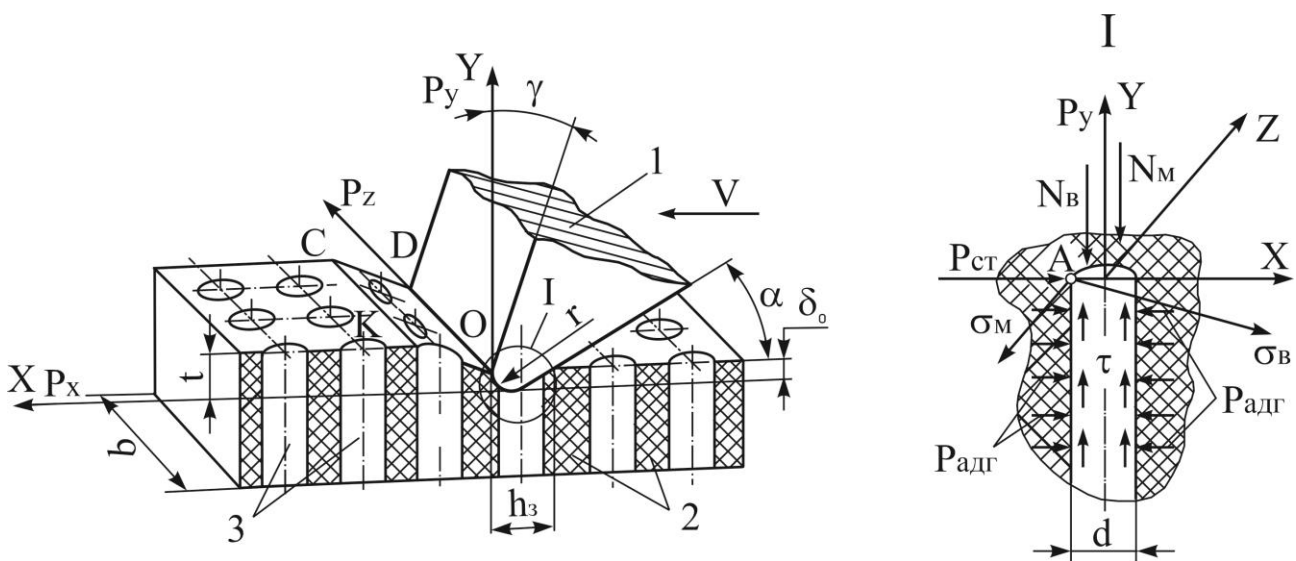


Рис. 4.9. - Зображення кінематичної схеми дії сил різання і площина зсуву стружки при деформуванні полімерного композиту поперек волокон

На рис. 2 позначені наступні позиції: 1 – ріжучий клин; 2 – матриця; 3 – наповнювач (волокна); V – швидкість різання; b – ширина леза клину; NB , NM – нормальні зусилля у волокні і матриці; σ_b , σ_m – напруження, що виникають у волокні і матриці; $OKCD$ – площа зсуву стружки (S_3). В залежності від сили стискання $P_{ст}$ змінюються сили тертя P_x , що змінюють інтенсивність зносу інструмента за розміром h_3 . Ріжучий інструмент – клин 1 задньою поверхнею (у тому числі h_3), під тиском складової сили різання P (сума сил P_x , P_y , P_z), контактує з волокнами 3 матриці 2 та відрізає їх. Одночасно формується шорсткість оброблюваної поверхні.

5. 1. 2. Аналіз кінематики процесу свердління отворів

Нижче проаналізовано вплив кінематики руху інструменту на сили різання, геометрію ріжучого клину та шорсткість отвору, враховуючи той факт, що різні деформаційні зусилля у ПКМ сприймаються в основному волокнами. Для спрощення аналізу зазначено характерні зони різання А, В, С, D (рис. 3).

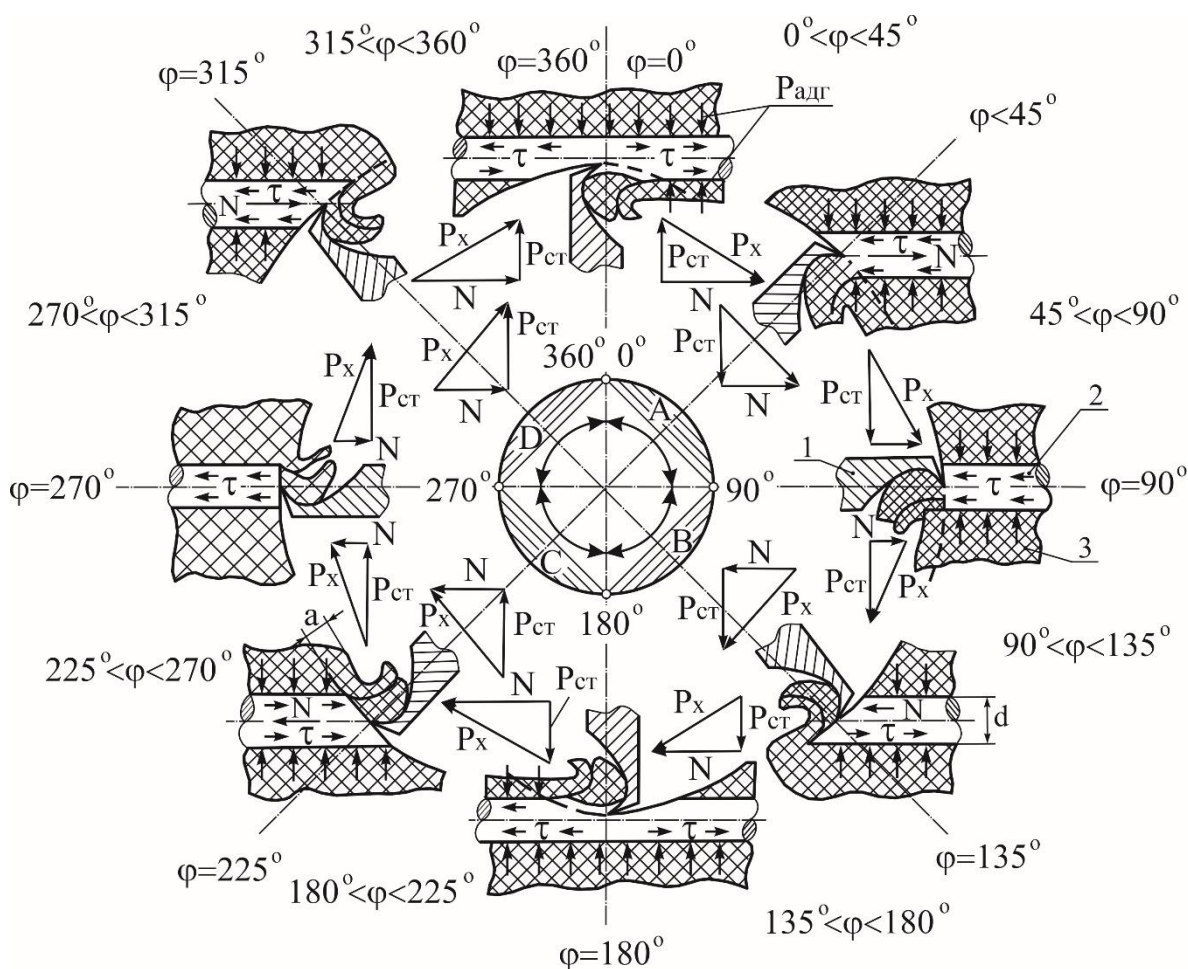


Рис. 4.10. - Умовна схема сил різання діючих у полімерному композиті при свердлінні: P_x , P_y , N – зовнішні зусилля різання; $P_{адг}$, τ – зусилля зчеплення волокна з матрицею

При обертанні свердла ріжучий клин контактує з волокнами композита, при цьому у точках з кутами φ від 0° до 360° відбувається зміна зусиль розтягування на зусилля стиснення, де φ – кут обертання свердла. В зонах кутів А, В, С, D інструмент задньою поверхнею контактує по максимальній еліпсоїдній площині з волокнами, тобто по площині зрізу, що впливає на шорсткість та збільшує інтенсивність зносу ріжучого клину. У зонах контакту інструмента з кутами $\varphi=90^\circ$ і $\varphi=270^\circ$ за допомогою зусиль різання P_y відбувається зсув волокон перпендикулярно їх розташуванню та утворенню тріщин. При свердлінні отворів при $\varphi=0^\circ$ і $\varphi=180^\circ$ шари ПКМ, які попадають на різальну кромку, піддаються місцевій деформації на згин, що є також причиною розтріскування та розшарування матеріалу навколо отвору. Загалом розтріскування та розшарування спостерігаються частіше при невеликих осьових зусиллях та невеликих товщинах незрізаного шару ПКМ. У роботах [17–19] наведено фізика виникнення мікротріщин за рахунок зусиль різання, що діють в зоні деформації поверхневого шару матеріалу.

Розмір отвору в ПКМ і шорсткість його поверхні визначаються кінематикою руху в оброблюваному матеріалі (рис. 4). В зоні контакту задньої поверхні ріжучого клину з ПКМ, що має структуру з різними характеристиками міцності, розвивається високий контактний тиск і температура. Внаслідок цього виникають великі дотичні напруження, які визивають міжшарові руйнування (тріщини) поверхні ПКМ та пружинення ПКМ після різання на δ_0 .

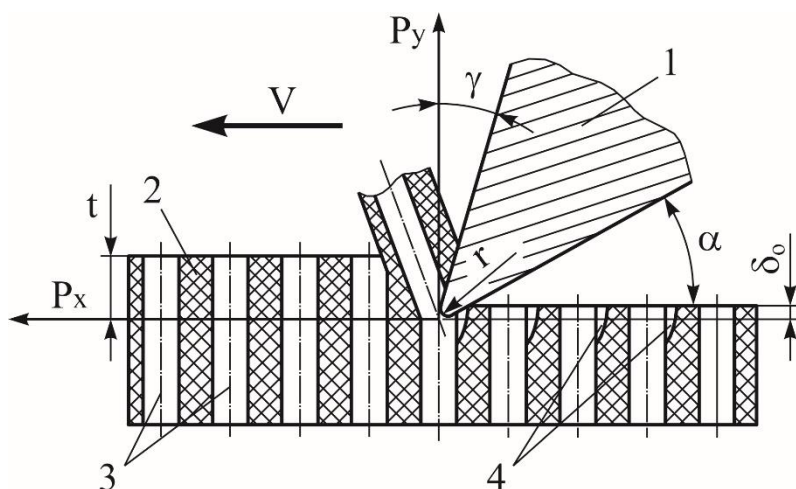


Рис. 4.11. - Кінематична схема утворення тріщин поверхневого шару композиту: 1 – ріжучий клин зі швидкістю V ; 2 – матриця; 3 – волокно; 4 – зона утворення тріщини біля волокон

Правильно підібрані сили різання ПКМ дозволяють ріжучому клину контактувати за мінімальною площею, що дорівнює площі зсуву по діаметру волокна. При цьому забезпечується точність заданих розмірів, покращується шорсткість, у порівнянні з другими зонами різання. Якщо контактна площа ріжучого клину збільшується по задній грані, де $h_z > 0,3$ мм, то сили різання

зменшуються за рахунок збільшення сили тертя і якість поверхні погіршується. При цьому не забезпечується точність заданих розмірів отвору та шорсткість.

На рис. 5 наведено графік розподілу сил різання P_x , N , P_y , діючих на волокна. У межах зон А ($\varphi=0^\circ \dots 90^\circ$) і С ($\varphi=180^\circ \dots 270^\circ$) на волокна наповнювача при зрізуванні діють зусилля стиснення. Ріжучий клин задньою поверхнею вдавлює волокна в матрицю матеріалу. За такою схемою контакту інструмента зменшуються сили різання і покращуються показники якості поверхні, зменшується шорсткість поверхні, збільшується точність обробки. В зонах В ($\varphi=90^\circ \dots 180^\circ$) та D ($\varphi=270^\circ \dots 360^\circ$) під дією сил різання передбачається невисока якість поверхні, що оброблюється. Це спостерігається в зменшенні дійсних виконавчих розмірів отвору та у збільшенні утворення тріщин і шорсткості порівняно з зонами різання А і С [20].

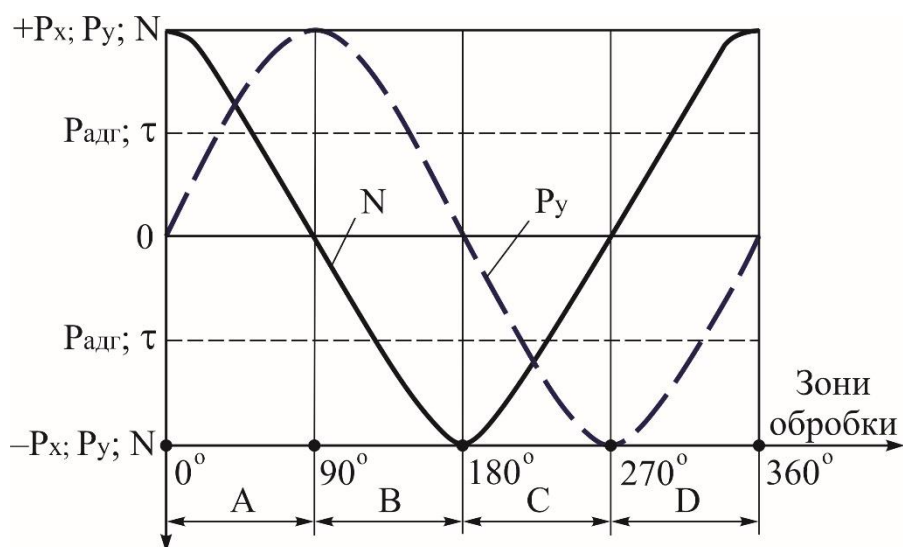


Рис. 4.12. - Графік дії сил різання P_x , N , P_{ct} на волокна

У зонах кутів φ близьких до $\varphi=90^\circ$ і 270° нормальні сили N прагнуть до нуля, а стискаючі збільшуються до P_x . Така зміна сил різання позитивно впливає на процес різання. У цих зонах відбувається поперечний зсув волокон, а контакт ріжучого клина з волокном по задній поверхні відбувається по мінімальній площі, що знижує абразивне зношування і сприяє підвищенню стійкості інструменту.

Витягування волокон наповнювача з матриці може бути у зонах В і D та пояснюється на значному збільшенні сил різання N над адгезійними $P_{адг}$ та тангенціальними зусиллями зчеплення τ , тобто $N \gg P_{адг}$.

5. 2. Розрахунки потрібних зусиль різання та висоти шорсткості при свердлінні полімерних композиційних матеріалів

5. 2. 1. Аналіз класичних типів свердел, що використовують для свердління полімерних композитних матеріалів

Нижче розглянуто найпоширеніші типи свердел, які використовують для свердління отворів в АК із ПКМ, конструктивно-геометричні параметри яких наведено у табл. 1.

Таблиця 4.1. Конструкторсько-геометричні параметри свердел

Тип свердла	Марка	Конструкторсько-геометричні параметри				
Допустима величина зношення, мм						
$d, \text{мм}$	$\gamma, ^\circ$	$\alpha, ^\circ$	$2\phi, ^\circ$	$\beta, ^\circ$		
P18	5	18	15	110	–	0,25
BK8	5	18	15	110	–	0,25
P18	5	18	12	120	45	0,26

Найпростішу конструкцію має перове свердло. Основною перевагою перового свердла (П) є простота конструкції, а недоліком – погане відведення стружки із зони різання. Найбільш розповсюджений тип – спіральне свердло (С) відрізняється від перового тим, що плоскі передні поверхні лез перетворені на гвинтові поверхні, що спрощує відведення стружки при свердлінні. Спіральне свердло з підрізною ріжучою кромкою (ПРК) не має ріжучої частини в центрі свердла, що полегшує позиціонування над центром отвору та забезпечує високу чистоту поверхні для ПКМ. Однак при затупленні свердла ПРК, розшарування та розшматування інтенсивніше, ніж для традиційного спірального свердла з кутом при вершині 90° .

Процес свердління згідно до теорії різання матеріалів, є загальним випадком косокутового різання. Для схеми косокутового різання вектор швидкості не перпендикулярний ріжучій кромці та утворює деякий кут з нею за рахунок кінематики руху у зоні стружкоутворення. При цьому, статичні кути заточки свердла, відносно оброблювальної поверхні матеріалу змінюються у сторону зменшення кутів γ , α . На рис. 6 наведено зміни статичних кутів (γ_N , α_N – кути по нормалі і γ_V , α_V – кути в площині різання ріжучого клину) для перового та спірального типів свердел для скло- і вуглепластиків.

З графіку зміни статичних кутів заточки при кінематиці обертання свердла видно, що кут α завжди позитивний в порівнянні з γ (рис. 6). Слід зауважити, що основне призначення кута α є зменшення зусилля тертя, яке виникає при свердлінні не тільки ПКМ, а й металу. Основна функція кута γ полягає у відведенні стружки, тому його значення можуть бути як позитивними, так і негативними, і залежать від властивостей матеріалу. Зі збільшенням діаметру отвору кути α і γ зменшуються.

Експериментальні дослідження зі свердлення скло- та вуглепластиків показує, що найкращі показники якості отворів у ПКМ отримуються свердлами типу С та П з кутами α більше, ніж 10° [18]. Отвори малого діаметра (менше 10 мм) в ПКМ виконують свердлами з кутом заточення 2ϕ (рис. 6, б). Отвір діаметром більше 10 мм слід попередньо розсвердлити діаметром свердла 5...6 мм з відповідними кутами α і γ (рис. 6, а), а потім поступово розсвердлювати

свердлами збільшених діаметрів до заданого розміру отвору. В сукупності кути α і γ допомагають виконувати роботу свердла – лезвійне оброблення поверхні ПКМ, формуючи параметри її якості, тобто якості отвору в ПКМ. При виборі режимів свердління слід враховувати існуючі рекомендації і емпіричні співвідношення параметрів свердел рекомендованих виробниками.

Для забезпечення заданої геометричної точності отвору важливо правильно призначити допуски на геометрію інструменту. Якщо точність виготовлення геометричних параметрів істотно не впливає на точність оброблення, то відхилення кутів робочої частини інструменту призначають $\pm 1^\circ \dots 2^\circ$. Для малих кутів (до 3°) відхилення дорівнює $\pm 30^\circ$. Якщо точність виготовлення інструменту впливає на точність деталі й на тривалість експлуатації інструменту, то допуск ще менший. Наприклад, відхилення на кути α і γ зуборізних гребінок становить $\pm 10^\circ$ [17].

Встановлені характерні зони контакту свердла та поверхні отвору в ПКМ з урахуванням кінематичної схеми контакту свердла та поверхні ПКМ дозволили проаналізувати та спрогнозувати зону деформації матеріалу. Встановлено, що зона деформації для утворення стружки знаходиться в зоні ОКМО (рис. 3). Стружка утворюється шляхом відколювання ПКМ в зоні ОКМО під клином і не тільки на вході і виході свердла, як показано в роботі [9]. Встановлення зони деформації ОКМО дає розуміння стартової зони для розшарування, тріщин та відколів ПКМ в товщі матеріалу і в перпендикулярному напрямку армувальних волокон.

Відповідно до кінематичної схеми контакту свердла та поверхні ПКМ спрощується розуміння кінематики руху інструменту та утворення сили різання, геометрії ріжучого клину і якості та шорсткості отвору ПКМ. Кінематика руху свердла в ПКМ, що описана за характерними зонами різання А, В, С, D (рис. 5), доповнює запропоновану в [10] методику і може бути використана для уточнення аналітичної моделі.

Дійсно, з рис. 5 видно, що в зонах кутів А, В, С, D інструмент задньою поверхнею контактує по максимальній площині з волокнами ПКМ, що впливає на шорсткість та збільшує інтенсивність зносу ріжучого клину. У зонах контакту інструмента з кутами $\varphi=90^\circ$ і $\varphi=270^\circ$ відбувається зсув волокон перпендикулярно їх розташуванню та утворенню тріщин. При свердлінні ПКМ при $\varphi=0^\circ$ і $\varphi=180^\circ$ шари композиційного матеріалу, які попадають на різальну кромку піддаються місцевій деформації на згинання, що є причиною розтріскування та розшарування матеріалу навколо отвору. Загалом розтріскування та розшарування спостерігаються частіше при невеликих осьових зусиллях та невеликих товщинах незрізаного шару ПКМ. Витягування волокон наповнювача з матриці може бути у зонах В і D та пояснюється значним збільшенням сил різання N над адгезійними силами $R_{адг}$ та тангенціальними зусиллями зчеплення μ , тобто $N \gg R_{адг}$. Це не розходиться з даними роботи [13], автори яких експериментально встановили зони деформації ПКМ при свердлінні вуглепластику з алюмінієм товщиною 3,6 мм. Такі висновки можуть вважатися за доцільні з практичної точки зору, тому

що дозволяють обґрунтовано підходити до встановлення параметрів свердління, точності діаметра отвору та шорсткості його поверхні.

Особливість запропонованого підходу щодо розрахунків потрібних зусиль різання та визначення якості і шорсткості отвору в ПКМ полягає в тому, що він базується на:

- врахуванні усадки отворів в ПКМ, що в сукупності з напрацюваннями роботи [14], дозволить оцінювати якість отворів не тільки за параметрами шорсткості та геометричної точності отвору в ПКМ, а й за параметрами міцності;

- комплексному підході щодо якості отвору в ПКМ, який засновано на першочерговому аналізі кінематики руху інструменту в ПКМ. Це може бути використано для уточнення результатів електроімпульсного свердління [15] щодо їх уточнення особливо для незрізаних волокон та розшарування ПКМ на вході та виході з отвору;

- використанні класичних типів свердел таких, як: П, С та ПРК і може бути використаним і для стандартного свердла SECO SD290A-7.963 і свердла з новим КТР роботи [16].

Слід зазначити, що представлений у даній статті розрахунок потрібних зусиль різання виконується відповідно до встановленої кінематичної схеми дії сил різання (рис. 1, 2) і не враховує знос свердла. Це проявиться, в першу чергу, в збільшенні сил тертя при свердлінні та погіршенні якості поверхні отвору в ПКМ. Вирішенням проблеми можуть бути подальші дослідження в автоматичному регулюванні параметрів свердління різних за товщиною і діаметрами та складів АК з ПКМ.

Висновки до спеціальної частини

1. Проведеними дослідженнями встановлено особливості та характерні зони контакту при свердлінні отвору в ПКМ з урахуванням кінематичної схеми контакту свердла та поверхні ПКМ. Встановлено, що у межах зон роботи свердла від 0° до 90° і від 180° до 270° зменшуються сили різання і покращуються показники якості поверхні, шорсткості та геометричної точності отвору в ПКМ. В зонах від 90° до 180° і від 270° до 360° – навпаки передбачається невисока якість поверхні, що оброблюється. Це спостерігається в зменшенні дійсних виконавчих розмірів отвору та у збільшенні утворення тріщин і шорсткості, порівняно з зонами різання А і С.

2. Запропоновано розрахунок потрібних зусиль різання та розрахунок висоти шорсткості свердління отворів у ПКМ. Розрахунок потрібних зусиль різання враховує площину зсуву стружки відповідно до встановленої зони деформації матеріалу від дії роботи клина за кінематичною схемою різання. Розрахунок висоти шорсткості свердління отворів у ПКМ враховує площу зминання стружки під дією роботи клина відповідно до кінематичної схеми різання.

3. Результати експериментальних досліджень з встановлення характерних зон усадки при свердлінні ПКМ підтвердили результати теоретичних досліджень за кінематичним схемами роботи свердла в ПКМ. Розподіл якості, шорсткості та

геометричної точності отвору за характерними зонами обертання свердла від 0° до 360° залежать як від параметрів свердління так і від властивостей ПКМ. В ході аналізу даних, мінімальна усадка отворів діаметром 6 мм у вуглепластику є при свердлінні свердлами ПРК і максимальна усадка отворів – при свердлінні перовими свердлами. Результати збільшення швидкості різання до 100 м/хв показали незначне зниження усадки отворів у вуглепластику. Це свідчить про можливість встановлення діапазону зі збільшення швидкості різання з мінімальними ризиками на втрату якості поверхні отвору ПКМ.

Висновок

Завдання виконано, у даній роботі було розроблено складання середньої частини фюзеляжу регіонального пасажирського літака Ан-140. У конструкторському розділі проведено конструктивно-технологічний аналіз проєктованого вузла, розроблена поліпшена конструкція верхньої панелі відсіку Ф2 з метою зменшення трудомісткості виготовлення, а також складені технічні умови на виготовлення відсіку Ф2 фюзеляжа пасажирського літака.

У технологічному розділі розроблений технологічний процес складання середньої частини фюзеляжу пасажирського літака. Була проведена розробка директивних технологічних матеріалів на складання середньої частини фюзеляжу, розробка схеми базування деталей та аналіз методів збирання, схем збирання і схем ув'язки. Спроектовано укрупнений технологічний процес складання середньої частини фюзеляжу. Розроблено конструкції стапелів складання та оснащення другого порядку. Також було виконано розробку організації процесу складання середньої частини фюзеляжу.

В економічному розділі виконаний аналіз ринку збуту продукції та розраховано собівартість складання середньої частини фюзеляжу та визначено критичну програму випуску виробу, що було відображено на графіку.

Використання композитних матеріалів у літальних апаратах виявляється ключовим напрямком в розвитку авіаційної технології. Ці матеріали, об'єднуючи високу міцність та легкість, сприяють зменшенню ваги літаків, підвищенню їхньої маневреності та підвищенню пальної ефективності. Використання композитів також забезпечує високу стійкість до корозії та дозволяє досягти високого рівня аеродинамічної ефективності. Це робить композитні матеріали важливим фактором у створенні сучасних, ефективних та екологічно чистих літаків.

Запропонована модифікація технології виготовлення обтічника шасі, яка передбачає заміну пінопластових технологічних вставок на гумові, виявляється

перспективною та ефективною. Перехід до використання гумових вставок дозволяє вийняти їх з конструкції після формування, що сприяє значному зниженню маси виробу та зменшенню трудомісткості виготовлення. Окрім того, ця модифікація дозволяє уникнути попередньої обробки гумових вставок, що також сприяє зниженню трудомісткості виробничого процесу.

Порівняльний аналіз між старим та новим варіантами вказує на кілька переваг нової технології, таких як полегшення конструкції, використання багаторазових технологічних вставок без необхідності створення форми, і зниження трудомісткості завдяки відсутності необхідності в обробці вставок. Отже, запропонована модифікація виявляється вигідною з технічного та виробничого погляду.

Бібліографічний список

1. Технологія виробництва літальних апаратів (складально-монтажні роботи) / Кривцов В.С., Вороб'єв Ю.А., Воронько В.В. та ін.// Навч. посібник до лабораторного практикуму. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2009. – 80 с.
2. АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВ АВІАЦІЙНОЇ ГАЛУЗІ І ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПРОБЛЕМ / С. В. Салоїд, К. Ю. Редько.
3. Проектування технологічних процесів обробки деталей на верстатах з ЧПК / В. П. Божко. Навч. посібник для студентів машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Х.: Харк. авіац. ін-т. – 1997. – 131 с.
4. Технологія виготовлення деталей літальних апаратів з видаленням припуску [Текст]: підручник/ В.С. Кривцов [та ін]. – Х.: ХАІ, 2010. – 224 с.
5. Технологія виробництва літаків і вертольотів /конспект лекцій: Сікульський В.Т., Д'яченко Ю.В. – Харків : ХАІ, 2019. – 195 с. (ел.ресурс)
6. Технология производства деталей летательных аппаратов размерной обработкой [Текст]: учеб. пособие по лаб. практикуму /В. Т. Сикульский, Ю. В. Дьяченко, В. П. Божко и др. – Харьков : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьков. авиац. ин-т», 2017. – 180 с.
7. Технология производства самолетов и вертолетов: учеб. пособие по курсовому и диплом. проектированию: в 2 ч. Сборочно-монтажные работы / В.С. Кривцов, Ю. М. Букин, Ю. А. Боборыкин, Ю. А. Вороб'єв. – Х.: Нац. Аэрокосмич. ун-т "ХАИ", 2006. – 258 с.
8. Технология изготовления деталей летательных аппаратов с удалением припуска. В.С. Кривцов, В.Т. Сикульский, Ю.В. Дьяченко, А.П. Кириенко. – Учебное пособие. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». 2004. – 182 с.
9. Разработка технологического процесса и инструмента импульсной клепки авиационных конструкций из углепластика / Кривцов В.С., Нечипорук Н.В., Вороб'єв Ю.А., Воронько В.В.// Монографія. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2012. – 122 с
10. Авіаційні матеріали та їх обробка / К.О Животовська, М.О. Животовський, О.В. Мамлюк, І.Г. Носовський, Ю.М. Терещенко.
11. Проектирование специальных станочных приспособлений. В.В. Воронько, Ю.В. Дьяченко, С.Д. Проскурин, В.Т. Сикульский. – Учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». 2006. – 66 с.
12. Технология изготовления лопастей вертолетов / Дьяченко Ю.В., Коллеров В.В., Мещеряков А.Н. – Учеб. пособие. – Х.: Харьк. авиаци. ин-т, 1992. – 54 с.

13. Методы и оснащение для упрочнения элементов самолетных конструкций поверхностным пластическим деформированием / Кушнарченко С.Г., Цыганов В.П., Сикульский В.Т. – Х.: Харьк. авиац. ин-т, 1988. – 55 с.
14. Набатов А.С. Проектирование технологических процессов в производстве летательных аппаратов и двигателей: Учеб. пособие по курсовому и дипломному проектированию. – Х.: Харьк. авиац. ин-т, 1987. – 9 с.
15. Использование контрольно-измерительных систем в технологической подготовке авиационного производства. Учеб. пособие / Дьяченко Ю.В., Коллеров В.В. – Х.: Харьк. авиац. ин-т, 1988. – 58 с.
16. Електронні ресурси до дисципліни у електронній системі дистанційного навчання Ментор.
17. ЕКОНОМІКА ПІДПРИЄМСТВА / В. І. Гринчуцький, Е. Т. Карапетян, Б. В. Погріщук - 122с.
18. АВІАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ТА ЇХ ТЕХНОЛОГІЇ КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ Навчальний посібник / Ю. В. Ключников О. Т. Сердітов В. Л. Дубнюк.
19. Borys Lupkin, Kateryna Maiorova, Iurii Vorobiov, Viacheslav Nikichanov and Valeriy Sikulskyi. Study of Drilling Cutting Modes Impact on Shrinkage and Surface Roughness of Holes in Composite Materials. In: Nechyporuk M., Pavlikov V., Kritskiy D. (eds). Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering - 2022. ICTM 2022. (Vol. 367, pp. 178-191), October 28-30, 2022, Kharkiv, Ukraine: National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute”. (in print) Scopus
20. Forming the geometric accuracy and roughness of holes when drilling aircraft structures made from polymeric composite materials [Text] / K. Maiorova, Iu. Vorobiov, O. Andreev, B. Lupkin, V. Sikulskiy // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2022. – Vol. 2, No. 1(116). – P. 71–80. DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254555

ДОДАТОК

				ГОСТ 3.1105-84				фо
Дубл.								
Взам.								
Подл.								
							3	1

XAI, K104	XAI.104.163.240.134.000.000	-	-
Середня частина фюзеляжу пасажирського літака			ДП - -

Міністерство освіти і науки України
 Національний аерокосмічний університет
 ім. М. Є. Жуковського "ХАІ"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник проекту

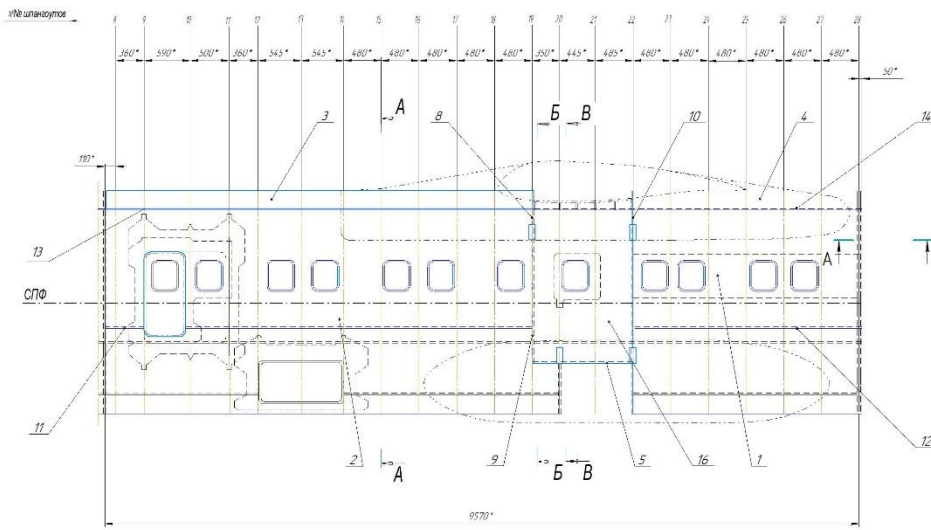
_____ Сікульський В.Т.
 (підпис) (П.І.Б)
 " _ " _____ 2024 з.

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ

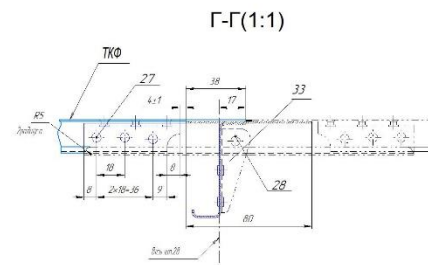
на одиничний технологічний процес
 складання середньої частини фюзеляжу пасажирського літака

Розробив студент 163 гр.

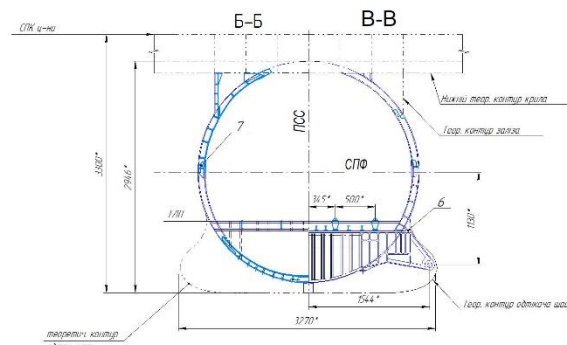
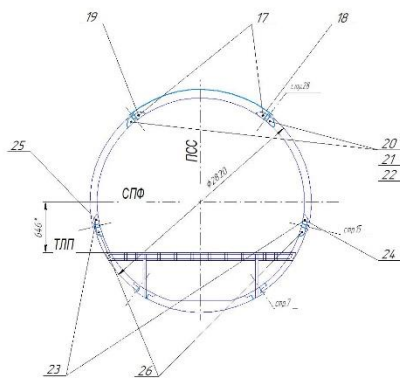
_____ Слободенюк І.В.
 (підпис) (П.І.Б)
 " _ " _____ 2024 р.



A-A



Г-Г(1:1)



Б-Б В-В

ХАИ.104.163.24.0.134.07.001.000 СК			
Исполнитель	М. Доржиев	Масштаб	1:100
Проектировщик	М. Доржиев	Лист	1
Инженер	М. Доржиев	Архивный номер	1270
Проверенный		Дата	
Специалист			
Инженер			
Архитектор			
Строитель			
ХАИ зр. 163			стр. 13

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание			
<i>Документація</i>									
			XA1.104.163.240.134.07.001.000 СК	Складальне креслення					
<i>Складальні одиниці</i>									
		1	XA1.104.163.240.134.001.001 СК	Панель задня бокова	2				
		2	XA1.104.163.240.134.001.002 СК	Панель передня бокова	2				
		3	XA1.104.163.240.134.001.003 СК	Панель верхня передня	1				
		4	XA1.104.163.240.134.001.004 СК	Панель верхня задня	1				
		5	XA1.104.163.240.134.001.005 СК	Стик панелі по гермовідсіку	2				
		6	XA1.104.163.240.134.001.006 СК	Стик боку та низу шп. 20-22	2				
		7	XA1.104.163.240.134.001.007 СК	Стик боку та низу шп. 19	2				
		8	XA1.104.163.240.134.001.008 СК	Стик панелей шп. 19, стр. 24...28	2				
		9	XA1.104.163.240.134.001.009 СК	Поперечний стик по шп. 19, стр. 10...18	2				
		10	XA1.104.163.240.134.001.010 СК	Поперечний стик бокових панелей по шп. 22, стр. 24...28	2				
		11	XA1.104.163.240.134.001.011 СК	Стик поздовжній по стр. 15, шп. 7...20	1				
		12	XA1.104.163.240.134.001.012 СК	Стик поздовжній по стр. 15, шп. 22...28	1				
XA1.104.163.240.134.07.001.000 СК									
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Відсік Ф-2 пасажи́рського літака Складальне креслення			Лист	Лист	Листов
Разраб.	Слободеняк І.В.						1	1	3
Пров.	Скучельський В.Т.								
И.контр.				XA1, гр. 163			Формат А4		
Утв.									

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		13	XAI.104.163.240.134.07.001.013 СК	Стик поздовжній по стр. 28, шп. 8...18	1	
		14	XAI.104.163.240.134.07.001.014 СК	Стик поздовжній по стр. 28, шп. 23...28	1	
		15	XAI.104.163.240.134.07.001.015 СК	Відсік полу	1	
		16	XAI.104.163.240.134.07.001.016 СК	Панель центральна докова	2	
		17	XAI.104.163.240.134.07.001.017 СК	Стик шп. 8, стр. 28	2	
		18	XAI.104.163.240.134.07.001.18 СК	Стик по стр. 28, шп. 10,13...16,18	6	
		19	XAI.104.163.240.134.07.001.019 СК	Стик шп. 13...16,18 стр. 28	5	
		20	XAI.104.163.240.134.07.001.020 СК	Стик шп. 23, стр. 28	2	
		21	XAI.104.163.240.134.07.001.021 СК	Стик шп. 24,26...28, стр. 28	8	
		22	XAI.104.163.240.134.07.001.022 СК	Стик шп. 25, стр. 28	2	
		23	XAI.104.163.240.134.07.001.023 СК	Стик шп.8, стр. 15	2	
		24	XAI.104.163.240.134.07.001.024 СК	Стик шп. 13,18,стр. 15	6	
		25	XAI.104.163.240.134.07.001.025 СК	Стик шп. 13,15...18 стр. 15	5	
		26	XAI.104.163.240.134.07.001.026 СК	Стик шп. 23,25...28 стр. 15	10	
				Стандартні вироби		
		27		Заклепка 3-6,5-Ан.Окс ОСТ 134045-79	200	
		28		Заклепка 3,5-6,5-Ан.Окс ОСТ 134045-79	200	
				XAI.104.163.240.134.07.001.000 СК		Лист 2

Инд. № лист. Подп. и дата

Инд. № докл.

Взам. инв. №

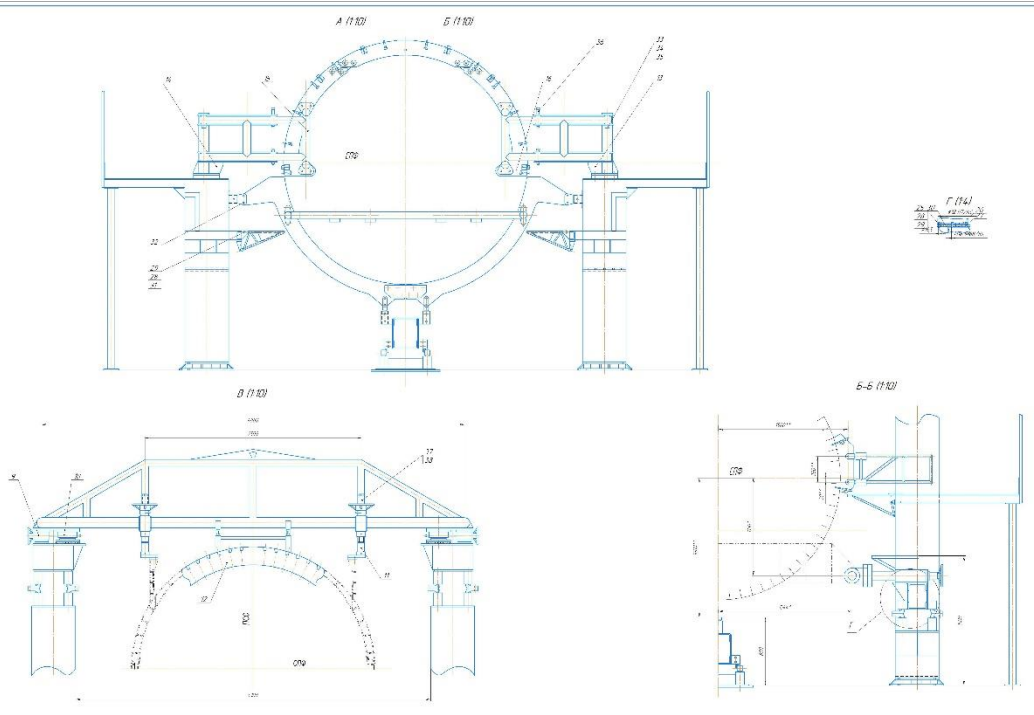
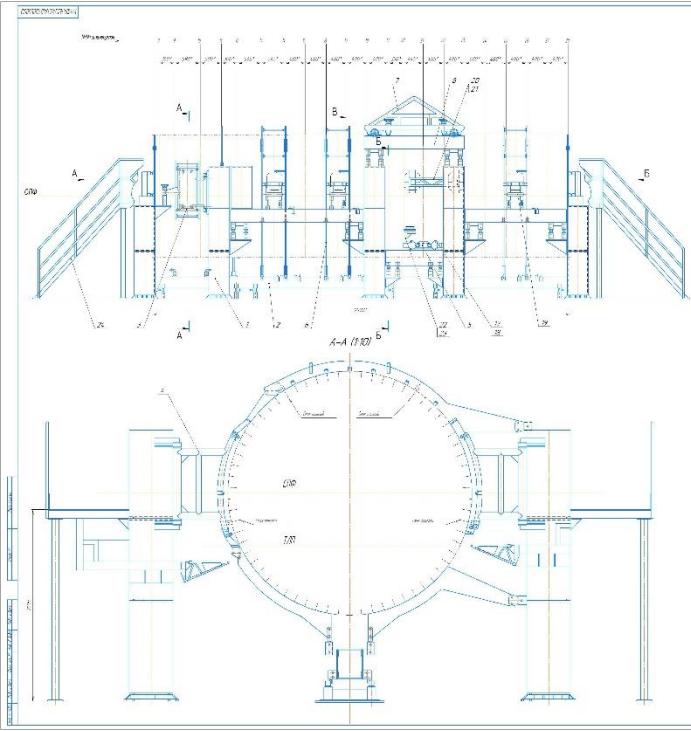
Подп. и дата

Инд. № лист.

Изм. Лист № докум. Подп. Дата

Копировал

Формат А4



F (1:100)

Legend:

1. Structural frame
2. Structural frame
3. Structural frame
4. Structural frame
5. Structural frame
6. Structural frame
7. Structural frame
8. Structural frame
9. Structural frame
10. Structural frame
11. Structural frame
12. Structural frame
13. Structural frame
14. Structural frame
15. Structural frame
16. Structural frame
17. Structural frame
18. Structural frame
19. Structural frame
20. Structural frame

№	Содержание	Кол-во	Масштаб
1	Строительная рама	1	1:100
2	Строительная рама	1	1:100
3	Строительная рама	1	1:100
4	Строительная рама	1	1:100
5	Строительная рама	1	1:100
6	Строительная рама	1	1:100
7	Строительная рама	1	1:100
8	Строительная рама	1	1:100
9	Строительная рама	1	1:100
10	Строительная рама	1	1:100
11	Строительная рама	1	1:100
12	Строительная рама	1	1:100
13	Строительная рама	1	1:100
14	Строительная рама	1	1:100
15	Строительная рама	1	1:100
16	Строительная рама	1	1:100
17	Строительная рама	1	1:100
18	Строительная рама	1	1:100
19	Строительная рама	1	1:100
20	Строительная рама	1	1:100

		Формат		Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
		Зона	Поз.					
Перв. проект					<u>Документація</u>			
Справ. №				XAI.104.163.240.134.07.005.000СК	Складальне креслення			
						<u>Складальні одиниці</u>		
			1	XAI.104.163.240.134.07.005.001	Колона	10		
			2	XAI.104.163.240.134.07.005.002	Балка	4		
			3	XAI.104.163.240.134.07.005.003	Фіксатор окантовки аварійного люку	1		
			4	XAI.104.163.240.134.07.005.004	Фіксатор окантовки багажної двері	1		
			5	XAI.104.163.240.134.07.005.005	Фіксатор висувний	2		
			6	XAI.104.163.240.134.07.005.006	Рудільники	1	к-т	
			7	XAI.104.163.240.134.07.005.007	Рама	1		
			8	XAI.104.163.240.134.07.005.008	Знімна балка	2		
			9	XAI.104.163.240.134.07.005.009	Установка амортизаторів	1	к-т	
			10	XAI.104.163.240.134.07.005.010	Фіксатор знімної балки	4		
			11	XAI.104.163.240.134.07.005.011	Фіксатор стояка по шп. 19 и 22	4		
			12	XAI.104.163.240.134.07.005.012	Ложементи під верхні панелі	1	к-т	
			13	XAI.104.163.240.134.07.005.013	Кронштейн	2		
			14	XAI.104.163.240.134.07.005.014	Кронштейн	2		
			15	XAI.104.163.240.134.07.005.015	Створка	4		
	16	XAI.104.163.240.134.07.005.016	Комплект сегментів	2				
	17	XAI.104.163.240.134.07.005.017	Фіксатор балок	1				
				XAI.104.163.240.134.07.005.000				
		Изм. Лист	№ док.им.	Подп.	Дата			
		Разрад.	Слободеняк І.В.			Лист	Лист	
		Пров.	Скучельський В.Т.			1	3	
		Н.контр.				XAI, гр. 163		
		Утв.						
				Стпель складання середньої частини фюзеляжу				

Вироби з КМ

Монолітні конструкції

Вуглепластикові

- лонжерон елерона
- бокові нервюри дефлектора та інтерцептора

Стеклопластикові

- відсік Ф4
- обтічник шасі
- обтікач вузлів навішування механізації
- облицювання вхідної пасажирської та службової дверей
- деталі системи кондиціонування
- стулки сліпого польоту

Тришарові конструкції

Вуглепластикові

- зсувна стулка грузопюка
- носовий обтікач
- радіопанель
- стельові панелі
- панелі підлоги
- перегородки

Стеклопластикові інтегральні

- повітрозабірник
- відкидні панелі
- деталі механізації крила та хвостового оперення (тримера та сервокомпенсатори)
- багажні полиці



Листів, аршинів
Сторінок
Варіантів, шифрів, ілюстрацій, таблиць і діаграм
Листів і діаграм
Листів, сторінок

				XAI.104.163.240.134.000		
Класифікатор	Лист	Масштаб	Лист	Масштаб	Масштаб	
виробів з КМ		1:1				
			Лист	Листів	1	
			XAI зр. 163			

