МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет літакобудування

Кафедра технології виробництва літальних апаратів

Пояснювальна записка

до дипломного проекту
(тип кваліфікаційної роботи)
бакалавра
(освітній ступінь)

на тему «Технологічна підготовка виробництва шпангоута № 32 літака типу Ан-72 та виготовлення деталі «Щока» розмірною обробкою»

ХАІ.104.133ст.26В.134.11149786 ПЗ

Виконав: здобувач 4 курсу групи № 133ст
Галузь знань 13 «Механічна інженерія»
(код та найменування)
Спеціальність 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»
(код та найменування)
Освітня програма «Проєктування, виробництво та сертифікація авіаційної техніки»
(найменування)
Пилипенко О. В.
(прізвище та ініціали здобувача)

Керівник: Д'яченко Ю. В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент: Горбачов О. О.
(прізвище та ініціали)

Харків – 2026

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет літакобудування
Кафедра технології виробництва літальних апаратів
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань 13 «Механічна інженерія»
(код та найменування)
Спеціальність 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»
(код та найменування)
Освітня програма «Проєктування, виробництво та сертифікація авіаційної техніки»
(найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувачка кафедри
_____ Катерина МАЙОРОВА
(підпис) (ім'я та прізвище)
«____» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Пилипенко Олександр Володимирович
(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи
Технологічна підготовка виробництва шпангоута № 32 літака типу Ан-72 та виготовлення деталі «Щока» розмірною обробкою
керівник кваліфікаційної роботи: Д'яченко Юрій Веніамінович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом Університету №. 532-уч від « 18 » 05 2026 року.
2. Термін подання здобувачем кваліфікаційної роботи _____
3. Вихідні дані до роботи *Графік виконання кваліфікаційної роботи; державні та галузеві стандарти; кресленик деталі «Щока»; складальний кресленик базової конструкції шпангоута № 32 літака типу Ан-72; річна програма складання літака типу Ан-72 № = 16 шт.*
4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати):
Виконати розробку модифікованої конструкції шпангоута № 32, розрахунки на міцність, технічний опис та конструктивно-технологічний аналіз шпангоута № 32 літака типу Ан-72. Розробити технологію складання шпангоута № 32 та типовий точнісний розрахунок за двома методами ув'язування та їх чисельне порівняння. Розробити технологію виготовлення деталі «Щока» механічною обробкою, виконати проектування спеціального верстатного пристрію, виконати розрахунок похибок базування заготованки деталі «Щока» у спеціальному верстатному пристрою. Ввиконати розрахунок собівартості складання шпангоута № 32 літака Ан-72 за базовими показниками.

5. Перелік графічного матеріалу *Складальний кресленик шпангоута № 32 літака типу Ан-72, схема складання та увязування, складальний кресленик кондуктора для обробки деталі «Щока».*

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Конструкторський	Трубаєв С. В., доцент. кафедри 103	15.01.2026 р.	15.04.2026 р.
Технологічний	Д'яченко Ю. В., проф. кафедри 104	20.01.2026 р.	1.06.2026 р.
Економічний	Д'яченко Ю. В., проф. кафедри 104	16.04.2026 р.	7.06.2026 р.

Нормоконтроль _____ЮРІЙ Д'ЯЧЕНКО «____» _____2026 р.
(підпис) (ім'я та прізвище)

7. Дата видачі завдання « 15 » січня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Конструктивно-технологічний аналіз шпангоута № 32 літака типу Ан-72. Обгрунтування прийнятих рішень розрахунками.	15.04.2026 р.	
2	Розрахунок точності вузлового складання шпангоуту № 32 по обводам, порівняння з допуском на вузол.	22.04.2026 р.	
3	Розробка схеми складання шпангоута № 32 та ув'язування складального та заготівельного оснащення.	29.04.2026 р.	
4	Конструкторсько-технологічний аналіз робочого кресленика деталі «Щока».	20.05.2026 р.	
5	Проектування конструкції спеціального верстатного пристрію, розрахунок похибок базування заготованки деталі «Щока» у спеціальному верстатному пристрої.	25.05.2026 р.	
6	Розроблення та оформлення комплекта технологічної документації до виготовлення деталі «Щока» механічною обробкою.	1.06.2026 р.	
7	Розрахунок собівартості складання шпангоута № 32 літака типу Ан-72 за укрупненими базовими показниками.	7.06.2026 р.	

Здобувач_____ Пилипенко О. В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ Юрій Д'ЯЧЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ 5
ВСТУП 6
1 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ 7
1.1 Технічний опис конструкції планера літака Ан-72 8
1.2 Розробка конструкції шпангоута № 32 літака типу Ан-72 9
1.2.1 Розрахунок основних геометричних параметрів шпангоуту № 32 .. 10
1.3 Модифікація конструкції шпангоуту № 32 літака Ан-72 13
1.4 Технічні умови на складання шпангоуту №32 літака Ан-72 15
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ 16
2.1 Директивні технологічні матеріали на складання шпангоута № 32 17
2.1.1 Оцінка технологічності конструкції шпангоута № 32 17
2.1.2 Варіанти методів, схем та ув'язування для складання шпангоуту № 32 17
2.1.3 Розрахунок допуску на шпангоут для двох варіантів схем складання та ув'язування 20
2.1.4 Розрахунок точності складання шпангоуту з обводів, порівняння з допуском на вузол 21
2.1.5 Розрахунок точності складання шпангоуту № 32 у пристрої при використанні ПРІМ 24
2.1.6 Методика розроблення схеми базування деталей шпангоуту № 32..26
2.1.7 Розробка укрупненого технологічного процесу складання шпангоуту 28
2.1.8 Розробка технічних умов на постачання деталей шпангоуту № 32 30
2.1.9 Призначення ТУ на проектування складального пристрою 31
2.1.10 Проектування схеми пристрою для складання шпангоуту №32 31
2.2 Технологія механічної обробки деталі «Щока 33
2.2.1 Методика вибору виду заготованки та методу її виготовлення 35
2.2.2 Розрахунок операційних припусків і створення 3D-моделі заготованки 36
2.2.3 Технологічний маршрут виготовлення деталі «Щока» 37
2.2.4 Розробка карти ескізів для операцій обробки деталі «Щока» 38
2.2.5 Призначення технологічних баз для операцій обробки деталі «Щока» 40
2.2.6 Розрахунок режимів різання для операції «4234 Фрезерна з ЧПК» 42
2.2.7 Методика розробки РТК для програмної обробки деталі «Щока»…46

2.2.8 Комп'ютерне проектування верстатного пристрою 47
2.2.9 Розрахунок похибки обробки отворів технологічними методами ... 49
2.2.10 Розрахунок зусилля закріплення заготованки у кондукторі 51
3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ 54
3.1 Вихідні дані для розрахунку собівартості складання шпангоуту № 32..55
3.2 Розрахунок собівартості складання шпангоуту № 32
за укрупненими показниками 55
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ..... 59
ДОДАТКИ..... 60

РЕФЕРАТ

Зміст пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи бакалавра на тему «Технологічна підготовка виробництва шпангоута № 32 літака типу Ан-72 та виготовлення деталі «Щока» розмірною обробкою» включає в себе: сторінок - 79, рисунків - 30, таблиць - 10, джерел посилання - 12, Додатки (графічні матеріали - кресленики та специфікації, комплект технологічної документації на виготовлення деталі «Щока» розмірною механічною обробкою).

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи бакалавра складається з трьох розділів - конструкторського, технологічного та економічного.

У конструкторському розділі кваліфікаційної роботи бакалавра представлено опис конструкції шпангоуту № 32 літака типу Ан-72, виконано розрахунок основних геометричних параметрів деталей шпангоуту № 32, розрахунками обґрунтовано вагова модифікація конструкції шпангоуту № 32.

Технологічний розділ кваліфікаційної роботи бакалавра структурно містить два підрозділи: складання шпангоуту № 32 та виготовлення деталі «Щока» розмірним механічним оброблянням.

В економічному розділі кваліфікаційної роботи бакалавра представлений розрахунок собівартості складання шпангоуту №32 літака типу Ан-72 за укрупненими показниками.

Ключові слова: шпангоут, складання, технологічність, базування, режими різання, кондуктор, собівартость складання.

ВСТУП

Технологічна підготовка виробництва (ТПВ) відповідно до стандартного визначення [1] - це сукупність заходів, яка охоплює проектування технологічних процесів виробництва, вибір та розміщення устаткування, визначення технологічного оснащення, розроблення методів технічного контролю, нормування матеріально-технічних витрат і забезпечує випуск продукції потрібного рівня якості за встановлених термінів та обсягів випуску.

ТПВ включає комплекс підготовчих робіт [1], що виконують в часі паралельно або паралельно-послідовно перед запуском у виробництво нових зразків авіаційної техніки:

1. Забезпечення технологічності конструкції - ТПВ передбачає конструктивно-технологічний аналіз конструкції авіаційної техніки з точки зору можливості її ефективного виготовлення.

2. Проектування технологічних процесів - ТПВ передбачає розробку маршрутного та операційного технологічних процесів, на основі яких перетворюють сировину, заготованки, напівфабрикати в готову продукцію.

3. Розробка технологічної документації: - ТПВ передбачає розробку технологічних карт, виробничих (ВІ) та технологічних (ТІ) інструкцій, що описують маршрутну та операційну послідовність виготовлення виробів, нормування матеріальних витрат.

4. Проектування та виготовлення технологічного оснащення - ТПВ передбачає розробку конструкції спеціального інструменту, верстатних пристроїв та оснащення, необхідних для виконання технологічних операцій.

5. Організація і управління процесом ТПВ для авіаційного підприємства виконується на рівні відділів головного технолога, головного металурга, а також технологічних бюро, у підпорядкуванні яких знаходяться цехи основного та допоміжного виробництва.

Відзначаючи важливість всіх складових ТПП, необхідно особливо виділити комплекс робіт із забезпечення технологічності конструкції агрегатів літального апарату, що найбільш повно відображає забезпечення якості виробу.

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є системне використання теоретичних і практичних знань, здобутих у процесі навчання та під час проходження виробничих практик, для вирішення технічних, технологічних, проєктно-конструкторських завдань з обґрунтуванням ефективності прийнятих рішень.

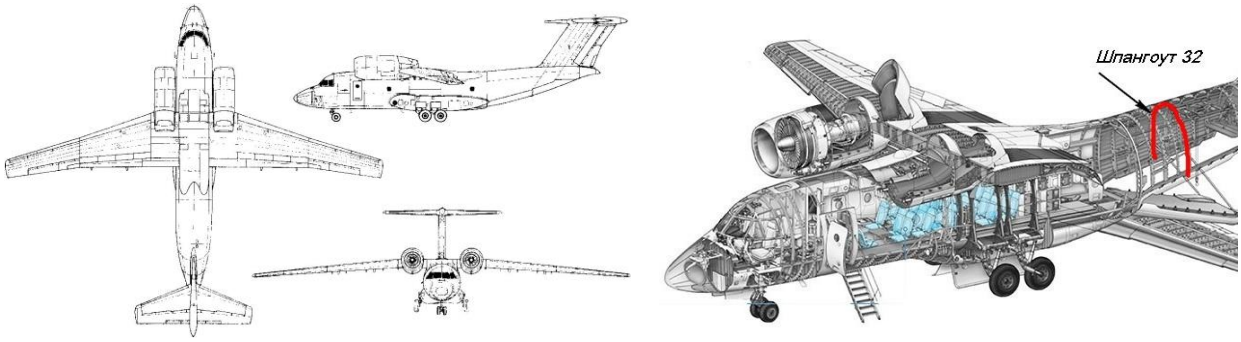
Вихідними даними кваліфікаційної роботи бакалавра є конструкторська документація обводоутворювального вузла літального апарата та робочий кресленик монолітної штампованої або литої деталі літального апарата.

1 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

1.1 Технічний опис конструкції планера літака Ан-72

Відповідно до технічничного опису [2] літак Ан-72 - це багатоцільовий реактивний транспортний літак укороченого зльоту і посадки, розроблений ДКБ імені О. К. Антонова (в даний час - АТ «АНТОНОВ»). Потужна механізація крила і підвищена тягоозброєність забезпечують літаку короткі злітну й посадочну дистанції. Встановлені над верхньою поверхнею крила двигуни забезпечують приріст підйомної сили на зльоті і посадці за рахунок обдування верхній поверхні крила і центропланних закрилків струменями вихлопних газів двигунів (ефект Коанда). Серійно літак Ан-72 вироблявся на Харківському авіазаводі, де в період з 1984 по 1992 р.р. було побудовано 114 літаків [2].

На рисунку 1.1 представлени проекційна та компонувальна схеми літака Ан-72. Основні характеристики літака Ан-72 наведено у таблиці 1.1.



а б

Рисунок 1.1 - Проекційна (а) та компонувальна (б) схеми літака Ан-72

Таблиця 1.1 - Тактико-технічні дані літака Ан-72 [2]

Технічні характеристики	
Нормальна злітна маса, кг	30500
Максимальна злітна маса, кг	34500
Довжина, м	28,07
Висота, м	8,65
Розмах крила, м	31,89
Площа крила, $м^2$	98,62
Вантажопідйомність, кг	5000
Льотно-технічні характеристики	
Потрібна довжина ЗПС для зльоту, м	620
Потрібна довжина ЗПС для посадки, м	420
Крейсерська швидкість, км/год	720
Крейсерська висота польоту, м	7200
Практична дальність польоту, км	1150

Крило літака Ан-72 - великого подовження, трапецієподібне в плані. По всій довжині крило літака Ан-72 оснащене висувними закрилками, на центро-

плані - двощілинні, а на консолях - трищілинні. На передній крайці консолей встановлено передкрилки. На верхній частині центроплана та консолей розташовано по чотири секції інтерцепторів. Зовнішні інтерцептори використовуються разом із елеронами для гасіння підіймальної сили під час зниження по крутій глісаді, внутрішні - при пробігу або у разі перерваного злету для збільшення опору літака і навантаження на шасі [2].

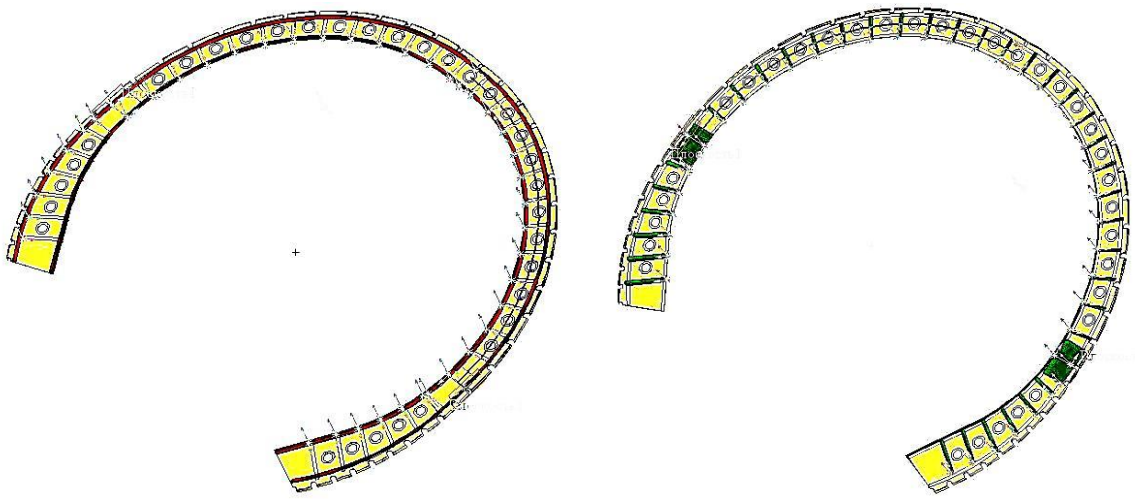
Хвостове оперення літака Ан-72 формою - Т-подібне. Руль напрямку розділений на дві частини. Верхня частина керується бустерами системи керування, а нижня - педалями пілота. Нижня частина руля напрямку оснащена тримером, а руль висоти оснащений триммером та сервокомпенсатором.

1.2 Розробка конструкції шпангоута № 32 літака типу Ан-72

Шпангоути складають поперечний набір силових елементів балкового фюзеляжу літака. Нормальні шпангоути складають основний поперечний набір фюзеляжу, їх кількість та розташування визначаються з міркувань ефективнішого використання обшивки для забезпечення міцності фюзеляжу [3]. Зовнішнє навантаження, що діє на нормальний шпангоут, порівняно невелико, тому будівельна висота шпангоуту виходити за величиною невеликою, але достатньою, щоб сприйняти навантаження, що припадають на нього [3].

Типовим конструктивним виконанням шпангоутів є криволінійний тонкостінний двопоясний брус, що має високу згинальну жорсткість у своїй площині і порівняно малу в поперечних площинах [3].

У цій кваліфікаційній роботі розглядається нормальний шпангоут № 32 конструктивно-силової схеми фюзеляжу літака типу Ан-72 (рисунок 1.2).



а б

Рисунок 1.2 – Комп'ютерні моделі загального вигляду шпангоуту № 32 літака типу Ан-72 за польотом (а) і проти польоту (б)

У конструктивно-технологічному відношенні нормальний шпангоут № 32 літака Ан-72 є складовим і включає пресовані і гнуті профілі кутового перерізу, стійки кутового перерізу і стінки з листа [2].

З'єднання деталей конструкції шпангоуту № 32 – заклепувальні та болтові. Розташування отворів, радіусів та переходів вказано на складальному кресленикуі шпангоуту № 32. Пояси та стійки виконуються із стандартних профілів (матеріал Д16чТ), стінка – з листового матеріалу марки Д16АТ.

1.2.1 Розрахунок основних геометричних параметрів шпангоуту № 32

Відповідно до методики проектування [3], на нормальний шпангоут діє погонне осьове навантаження $q_ш$, величина якого визначається за формулою

$$q_{\text{ш}} = \delta \cdot \alpha \frac{M^2_{\text{шп№32}}}{E \cdot J^2}, \qquad (1.1)$$

де a = 0,5 м – відстань між нормальними шпангоутами фюзеляжу літака Ан-72;

$M_{шп№32}$ – згинальний момент на фюзеляжі літака Ан-72 у місці розташування нормального шпангоуту № 32;

Е = 72 ГПа – модуль пружності матеріалу шпангоуту № 32;

δ – наведена товщина обшивки фюзеляжу літака Ан-72;

J – момент інерції фюзеляжу літака Ан-72 у перерізі шпангоуту № 32.

Знаючи основні масові характеристики та розміри літака Ан-72 [2], будуємо епюру згинальних моментів, наведену на рисунку 1.3. На епюрі згинальних моментів у перерізі з координатою, що відповідає положенню у фюзеляжі шпангоуту № 32, визначаємо згинальний момент $M_{шп№32}$ = 271,8 кН·м.

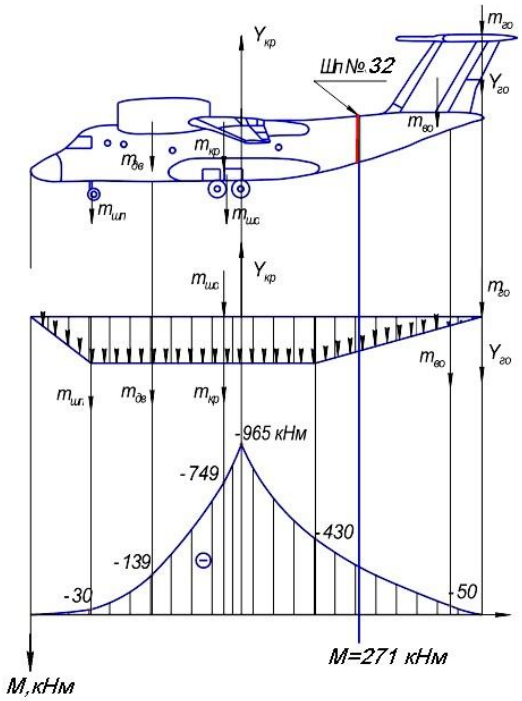


Рисунок 1.3 - Епюра згинальних моментів фюзеляжу літака Ан-72

Наведену товщину обшивки визначаємо на основі [2] за формулою

$$\delta = \frac{f_{стр}}{b} + \varphi_{об} \cdot \delta_{об}, \qquad (1.2)$$

де f =64,9 мм^2 – площа стрінгера по шпангоуту № 32;

$\delta_{об}$ = 1,5 мм – товщина обшивки фюзеляжу літака Ан-72 по шпангоуту № 32;

$\varphi_{об}$ = 1 – редукційний коефіцієнт;

b = 130 мм – відстань між стрінгерами фюзеляжу по шпангоуту № 32.

Тоді наведена товщина обшивки становитиме величину $\delta = \frac{64.9}{130} + 1 \cdot 1.5 = 2$ мм.

Момент інерції у перерізі конструкції по нормальному шпангоуту фюзеляжу літака за методикою [3] дорівнює

$$J = \frac{\pi \cdot D^4}{32}(1-\alpha), \qquad (1.3)$$

де D = 2888 мм – діаметр фюзеляжу по шпангоуту № 32; α = 0,9986 [2, 3].

Тоді момент інерції фюзеляжу по шпангоуту № 32 літака Ан-72 матиме величину $J = \frac{\pi \cdot 2888^4}{32}(1-0.9986^4) = 0.038$ м^2. Погонні сили $q_ш$ по нормальному шпангоуту літака вертикальні та самоурівноважені (рисунок 1.4) [3].

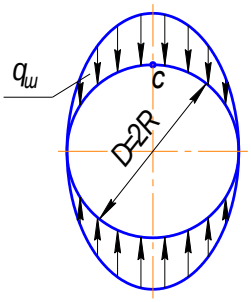


Рисунок 1.4 - Типова епюра погонного осьового навантаження на шпангоут

Максимальний згинальний момент від навантаження на шпангоут розташований у точці С перерізу шпангоуту і визначається за формулою [3] як

$$M_{\max} = 0.23 \cdot q_{ш\ мах} R^2, \qquad (1.4)$$

де R = 1445 мм – радіус шпангоуту № 32 літака Ан-72 [2];

$q_{ш\,max} = \delta \cdot a \frac{M^2_{шп№32}}{E \cdot J^2} R$ - найбільша погонна сила у точці С перерізу.

Тоді сила $q_{ш\ \max} = 0.002 \cdot 0.50 \frac{271.8^2}{72 \cdot 10^9 \cdot 0.038^2} 1.444 = 1333.5$ Н·м, відповідний максимальний згинальний момент $M_{\max} = 0.23 \cdot 1333.5 \cdot 1.444^2 = 640$ Н·м.

У нормального шпангоуту висота стінки невідома і її треба вибрати, забезпечивши отримання перерізу мінімальної площі, тим самим знайшовши $h_{опт}$.

Для знаходження $h_{опт}$ та найвигідніших розмірів полиць використовуємо

вагові рівняння [3] для конструкції елемента шпангоуту № 32 літака Ан-72

$$G_{эл}=G_{пол}+G_{ст}, \qquad (1.4)$$

де $G_{пол}$ – маса полиці шпангоуту №32 на довжині розміром ΔL;

$G_{ст}$ – маса стінки шпангоуту №32 на довжині розміром ΔL.

З конструктивних міркувань припускаємо, що на довжині ΔL згинальний момент і сила, що перерізує, мають постійне значення [2]. Якщо полиці та стінка шпангоуту № 32 виконані з однакового матеріалу, достатньо обмежитися визначенням мінімальної площі перерізу

$$F_{сеч}=F_{пол\ нар}+F_{ст}+F_{пол\ внутр}, \qquad (1.5)$$

де $F_{пол\ нар}$ – площа зовнішньої полиці шпангоуту № 32 літака Ан-72;

$F_{ст}$ – площа перерізу стінки шпангоуту № 32 літака Ан-72;

$F_{пол\ внутр}$ – площа внутрішньої полиці шпангоуту № 32 літака Ан-72.

При відомих $M_{изг}$ та Q, з конструктивних міркувань визначимо ширину полиці шпангоуту № 32 b = 0,02 м. Задамо параметрично трьома висотами полиці: h_1 = 0,13 м; h_2 = 0,15 м; h_3 = 0,17 м і визначимо зразкову відстань між центром ваги полиць по емпіричному співвідношенню $h_{цт\ i} = 0{,}98\ h_i$. [3]. Для першої висоти полиці отримуємо значення $h_{цт\ 1} = 0{,}98 \cdot 0{,}13 = 0{,}127$ м.

Інтенсивність навантаження для даної висоти полиці визначаємо як [3]

$$I = \sqrt[3]{\left(\frac{M_{изг}}{b^2 \cdot h_{цт1}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{64000}{20^2 \cdot 127}\right)^2} = 0{,}98 \text{ МПа}. \qquad (1.6)$$

Величина руйнівної напруги за графіком [3] σ_p = 155 МПа. Тоді визначаємо площу обох полиць $2F_{пол} = \frac{2M_{изг}}{\sigma_p \cdot h_{цт1}} = \frac{2 \cdot 640}{155 \cdot 10^6 \cdot 0{,}127} = 56 \cdot 10^{-6}$ м^2 = 56 мм^2. Тоді товщина полиці дорівнюватиме $\delta_i = \frac{M_{изг}}{\sigma_p \cdot h_{цт1}} = \frac{640}{155 \cdot 10^6 \cdot 0{,}127 \cdot 0{,}02} = 1{,}8$ мм.

Для даної висоти шпангоуту № 32 літака Ан-72 знаходимо інтенсивність навантаження, що зсуває Q/h_i^2 = 8,5 МПа. За графіком [3] для кроку стійких стійок шпангоуту $l = 0{,}2h$ приймаємо величину напружень $\tau_{прив}$ = 7,5 МПа.

Визначаємо площу стінки шпангоуту № 32 для даної висоти стінки:

$F_{ст.прив1} = \frac{Q}{\tau_{прив}} = \frac{1925.6}{75 \cdot 10^6} = 25.7$ мм^2. Визначимо площу перерізу при висоті полиці h_1=0,15 м за співвідношенням $F_{сеч1} = 2F_{пол} + F_{ст} = 56 + 25{,}7 = 81{,}7$ мм^2.

Знаходимо площі перерізу шпангоуту №32 для відповідних висот h_2 = 0,17 м та h_3 = 0,19м, відповідно $F_{сеч2}$ = 83,3 мм^2; $F_{сеч3}$ = 87,6 мм^2.

Оскільки оптимальні розміри шпангоуту повинні відповідати мінімальній площі перерізу, то оптимальна висота $h_{опт}$ = 0,13 м та обчислені для неї розміри $\delta_{ст}$ = 1 мм; $\delta_{полки}$ = 2 мм; $b_{полки}$ = 20 мм. Для конструкції пояса шпангоуту №32

приймаємо стандартний профіль № 410040 ГОСТ 13737-90.

Прийнята товщина стінки шпангоуту № 32 перевищує розрахункову товщину, тому для зменшення маси конструкції зробимо отвори, що відбортовані, в стінці шпангоуту діаметром 60 мм [3].

1.3 Модифікація конструкції шпангоуту № 32 літака Ан-72

Методика модифікації конструкції нормального шпангоуту № 32 передбачає для зниження його маси класичний варіант заміни конструкційного матеріалу, виходячи з очевидної рівності постійного навантаження на шпангоут

$$P = \sigma_{в1} F_1 = \sigma_{в2} F_2 \,. \qquad (1.7)$$

У таблиці 1.2 наведено характеристики матеріалу, з якого зроблено стандартний профіль, та матеріалу, на який він буде замінений.

Таблиця 1.2 – Основні механічні властивості сплавів Д16Т и 1420 [3]

Властивості сплавів	Д16Т	1420
Е, МПа	72000	75000
$\sigma_{0,2}$, МПа	280	275
ρ, кг/м^3	2800	2470

Як видно з таблиці 1.2, за характеристиками міцності сплав 1420 не поступається сплаву Д16Т, але за масовими характеристиками сплав 1420 є більш кращим, оскільки має меншу щільність.

На прикладі розрахунку верхнього та нижнього поясів та стінки шпангоуту № 32, представлених на рисунках 1.5 – 1.8, покажемо вагову ефективність від заміни матеріалу. Визначення всіх обсягів верхнього та нижнього поясів та стінки шпангоуту № 32 виконано засобами САПР «SolidWorks. Пресований стандартний профіль 410040 [3], необхідний виготовлення нижнього пояса конструкції шпангоуту № 32 (рисунок 1.5), має об'єм 0,00023684 м^3.

Обчислимо масу, яку він матиме при виготовленні його з двох різних матеріалів: для сплаву Д16Т - $m_{\text{п.низ}_1} = \rho_1 \cdot V = 2800 \cdot 0{,}00023684 = 0{,}663$ кг, для сплаву 1420 - $m_{\text{п.низ}_2} = \rho_2 \cdot V = 2470 \cdot 0{,}00023684 = 0{,}585$ кг.

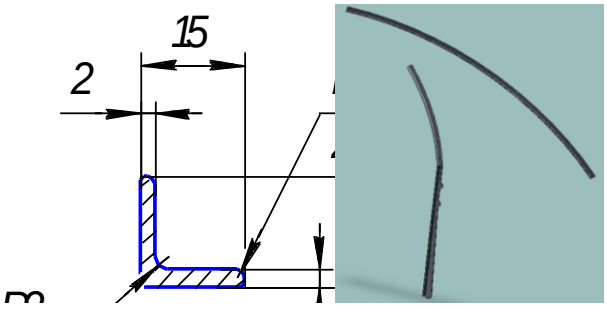


Рисунок 1.5 – Профіль 410040 та комп'ютерна модель пояса нижнього

Обчислимо різницю у масах деталей при заміні матеріалу:

$$\Delta m_{\text{п.низ}} = m_{\text{п.низ}_1} - m_{\text{п.низ}_2} = 0{,}663 - 0{,}585 = 0{,}078 \text{ кг}.$$

Також розглянемо пресований профіль 410049 [3], з якого виготовлений верхній пояс (рисунок 1.6). Об'єм даного поясу дорівнює 0,00024956 м^3.

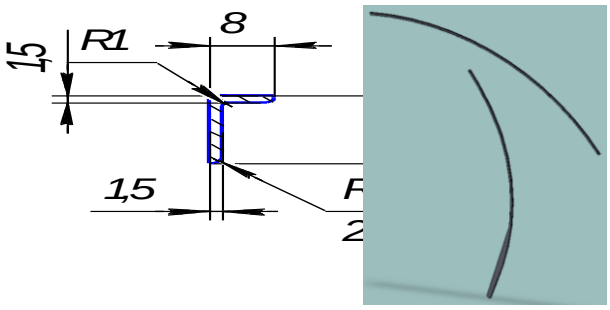


Рисунок 1.6 – Профіль 410049 та комп'ютерна модель пояса верхнього

Для сплаву Д16Т маса $m_{\text{п.верх}_1} = \rho_1 V = 2800 \cdot 0{,}00024856 = 0{,}6988$ кг.

Для сплаву 1420 маса $m_{\text{п.верх}_2} = \rho_2 V = 2470 \cdot 0{,}00024856 = 0{,}6139$ кг.

Обчислимо різницю у масах деталей при заміні матеріалу:

$$\Delta m_{\text{п.верх}} = m_{\text{п.верх}_1} - m_{\text{п.верх}_2} = 0{,}6988 - 0{,}6139 = 0{,}0849 \text{ кг}.$$

Розглянемо верхню частину стінки шпангоуту № 32 літака Ан-72, показану на рисунку 1.7. Її об'єм дорівнює 0,000490738 м^3.

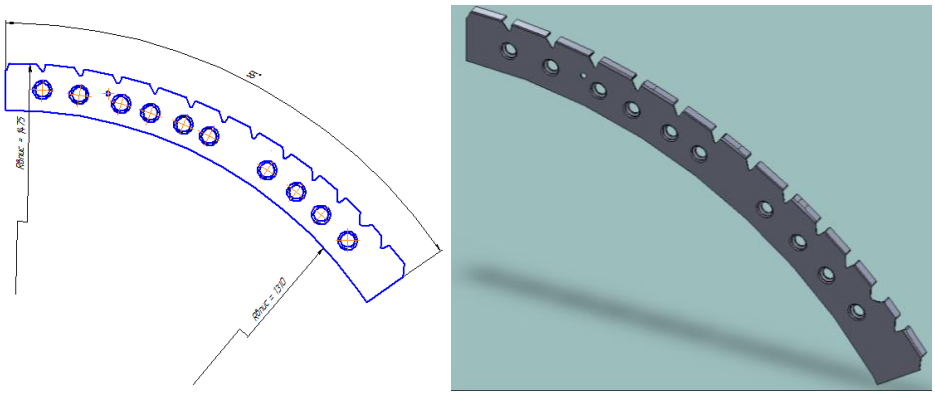


Рисунок 1.7 – Схема та комп'ютерна модель стінки шпангоуту № 32

Для сплаву Д16Т маса $m_{\text{ст.верх}_1} = \rho_1 \cdot V = 2800 \cdot 0{,}000490738 = 1{,}374$ кг.

Для сплаву 1420 маса $m_{\text{ст.верх}_2} = \rho_2 \cdot V = 2470 \cdot 0{,}000490738 = 1{,}212$ кг.

Обчислимо різницю у масах деталей при заміні матеріалу:

$$\Delta m_{\text{ст.верх}} = m_{\text{ст.верх}_1} - m_{\text{ст.верх}_2} = 1{,}374 - 1{,}212 = 0{,}162 \text{ кг}.$$

Розглянемо нижню частину стінки, показану на рисунку 1.8. Її об'єм дорівнює 0,00086756 м^3.

Для сплаву Д16Т маса $m_{\text{ст.низ}_1} = \rho_1 \cdot V = 2800 \cdot 0{,}00086756 = 2{,}4292$ кг.

Для сплаву 1420 маса $m_{\text{ст.низ}_2} = \rho_2 \cdot V = 2470 \cdot 0{,}00086756 = 2{,}14287$ кг.

Обчислимо різницю у масах деталей при заміні матеріалу:

$$\Delta m_{\text{ст.низ}} = m_{\text{ст.низ}_1} - m_{\text{ст.низ}_2} = 2{,}4292 - 2{,}14287 = 0{,}286 \text{ кг}.$$

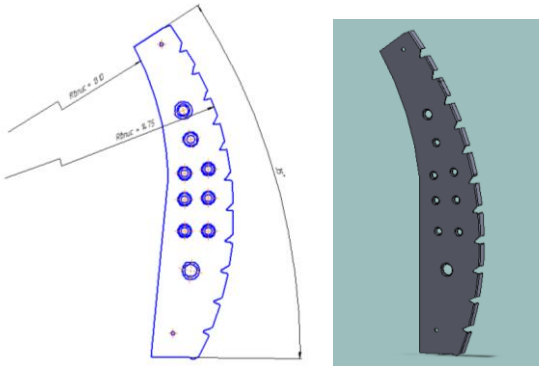


Рисунок 1.8 – Схема та комп'ютерна модель нижньої частини стінки шпангоуту

Підрахуємо сумарну масу, необхідну для виготовлення профілів та стінки шпангоуту № 32 із алюмінієвого сплаву марки Д16Т:

$\Sigma m_1 = 0{,}699 + 0{,}663 + 2 \cdot 2{,}429 + 2 \cdot 1{,}374 = 8{,}968$ кг.

Підрахуємо сумарну масу, необхідну для виготовлення профілів та стінки шпангоуту № 32 із алюмінієвого сплаву марки 1420:

$\Sigma m_2 = 0{,}614 + 0{,}585 + 2 \cdot 2{,}143 + 2 \cdot 1{,}212 = 7{,}909$ кг.

Сумарна різниця в масах$\Delta\Sigma m = \Sigma m_1 - \Sigma m_2 = 8{,}968\text{-}7{,}909 = 1{,}059$ кг.

Виходячи з рівності (1.7), при заміні матеріалу відбувається зменшення товщини стінки та полиць, але їх додаткова доробка є нетехнологічною і спричиняє значне підвищення собівартості виробу [3]. Тому геометричні характеристики профілю шпангоуту № 32 залишаємо без змін.

1.4 Технічні умови на складання шпангоуту №32 літака Ан-72

1. Невказані граничні відхилення розмірів, форми та розташування поверхонь по ОСТ100022-80.

2. Клепка за інструкцією ВІ 249-78.

3. Покриття замикаючих головок заклепок - грунт, емаль ЕП-0215,469, ОСТ 190055-85. Покриття гайок, що виступають різьбових частин та головок болтів емаллю ЕП-140, 473 ОСТ 190055-85.

4. Таврувати та маркувати за ВІ 63-90Х шрифт ПО-3, ГОСТ2930-62.

5. Обробка отворів Н7 та встановлення болтів за інструкцією ВІ 12-83Х.

6. Тарована затяжка болтів за РТМ.1.4.1941-89: для діаметрів болтів 6 мм Мкр = (4,8 ± 0,5) Н·м, для діаметрів болтів 8 мм Мкр = (10,6 ± 1,0) Н·м

7. Болти ставити на сирому ґрунті ФЛ-086 ГОСТ16302-79.

8. Деталі із сплаву 1420Т виготовляти за ТІ-16-516-83Х, термообробка за режимом ТГ1. Група контролю 2а.

9. Металізація за ТІ-36-8-91.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Директивні технологічні матеріали на складання шпангоута № 32

Технологічними називають конструкції, які, забезпечуючи експлуатаційні якості виробу, у процесі виготовлення дозволяють досягти простоти обробки та складання, зниження вартості продукції, меншої трудомісткості.

Технічна підготовка авіаційного виробництва [4] передбачає взаємозалежне рішення конструкторських і технологічних завдань, спрямованих на підвищення продуктивності праці, досягнення оптимальних трудових і матеріальних витрат і скорочення часу на виробництво та ремонт виробу.

2.1.1 Оцінка технологічності конструкції шпангоута № 32

При оцінці технологічності конструкції за допомогою якісних показників аналізують різні етапи технологічного процесу, оцінюють технологічність деталей конструкції з точки зору придатності до виробництва і економічного способу отримання заготованок [4, 5].

Проведемо якісну оцінку технологічності шпангоуту № 32:

1. Нормальний шпангоут № 32 можна вважати плоским конструктивним вузлом фюзеляжу, а плоскі форми є найбільш технологічними.

2. Шпангоут № 32 як складальний вузол поділяється на раціональну кількість складових деталей (стінки, стояки, ободи, нижні пояси, верхні пояси), що дає змогу виготовляти ці деталі незалежно одна від одної.

3. У конструкції шпангоуту № 32 застосовані деталі (стояки, пояси) зі стандартних профілів.

4. Компонування конструкції шпангоуту № 32 забезпечує зручний доступ до місць, які потребують виконання складальних операцій і контролю.

5. Усі деталі, що входять до конструкції шпангоуту № 32, виготовляють із легкооброблюваних алюмінієвих сплавів.

6. Конструкція шпангоуту № 32 забезпечує можливість візуального контролю якості болтових і заклепкових з’єднань.

Якісна оцінка технологічності шпангоуту № 32 літака Ан-72 дозволяє зробити висновок, що технологічність його конструкції має досить високий рівень.

2.1.2 Варіанти методів, схем та ув'язування для складання шпангоуту № 32

Складання - це процес установки деталей виробів авіаційної техніки, що складаються, в положення, яке передбачено складальним кресленикм, фіксація в цьому положенні і утворення роз'ємних або нероз'ємних з'єднань способом, зазначеним на складальному кресленнику [3]. Настановні роботи значною мірою впливають на точність обводів та міцність виробу, визначають величину витрат та визначаються базуванням та методом складання. Залежно від способу базування авіаційних деталей у процесі складання можливі дві різні групи ме-

тодів складання[3, 6]:

1. Деталі встановлюють за базами, розташованими на основній (базовій) деталі. До цієї групи належать такі методи:

- складання за складальними отворами (СО);
- складання за розміткою на базовій деталі;
- складання за привалювальними поверхнями.

2. Деталі або вузли встановлюються за базами, розташованими на спеціальному носії розмірів - складальном пристрою. Сюди належить:

- складання в пристрої з компенсацією похибок вхідних деталей: складання «від обшивки», складання «від каркаса» без компенсації, складання «від каркаса» з використанням систем координатно-фіксуючих отворів (КФО) або базово-фіксуючих отворів (БФО).

Складання із застосуванням складального пристрою. За цим технологічним методом базові поверхні деталей складальних одиниць поєднують з опорними поверхнями складального пристрою і фіксують у цьому положенні на період з'єднувально-стикових операцій. Деталі та складальні одиниці надходять на складання в закінченому вигляді за формою і розмірами згідно з ТУ.

При виготовленні шпангоуту № 32 літака Ан-72 найбільш доцільним є метод вузлового складання із застосуванням складального пристрою.

Згідно зі стандартним визначенням[3, 6] *схема складання* – це графічне зображення послідовності подачі деталей та одиниць на складання.

В авіабудуванні існують такі схеми вузлового та агрегатного складання виробів авіаційної техніки:

- послідовна;
- паралельна;
- послідовно-паралельна.

Ув'язування в літакобудуванні - це процес узгодження геометричних параметрів деталей, вузлів, агрегатів та технологічного оснащення для забезпечення їх точного складання та взаємозамінності [3]. Вона гарантує, що компоненти, виготовлені окремо, будуть точно спрягатися в цілісну конструкцію планера, запобігаючи появі зазорів і напружень.

У таблиці 2.1 [3] показано основні різновиди методів досягнення взаємозамінності на основі поєднання назв і позначень видів першоджерел та засобів ув’язування.

Кресленні методи перенесення геометрії (ув'язування) (ЧІМ, ЧШМ, ЧММ) мають обмежену сферу застосування у виробництві літаків у зв'язку з обмеженою номенклатурою жорстких деталей простої геометричної форми, що застосовуються в їх конструкціях [3].

Таблиця 2.1 – Назви та позначення методів ув'язування

Назва методу ув'язування	Позначення методу ув'язування
Креслювально-інструментальний	КІМ
Креслювально-шаблонний	КШМ
Креслювально-макетний	КММ
Плазово-інструментальний	ПІМ
Плазово-шаблонний	ПШМ
Плазово-макетний	ПММ
Еталонно-інструментальний	ЕІМ
Еталонно-макетний	ЕММ
Еталонно-шаблонний	ЕШМ
Програмно-інструментальний	ПРІМ
Програмно-шаблонний	ПРШМ
Програмно-макетний	ПРММ

Плазові методи перенесення геометрії (ув'язування):

- КІМ застосовують для виготовлення та монтажу складального оснащення з використанням плаз-кондуктора, інструментального стенда, високоточних оптичних і лазерних пристроїв, а також під час виготовлення об’ємного заготівельного оснащення типу обтискних пуансонів;

- КШМ застосовують для виготовлення плоского й об’ємного заготівельного оснащення, для складання плоских каркасних вузлів типу шпангоутів, нервюр, лонжеронів, балок, підлог, стінок;

- КММ застосовують для виготовлення обводоутворювальних деталей.

Еталонні методи перенесення геометрії (ув’язування):

- ЕІМ застосовують для виготовлення технологічного оснащення обводоутворювальних деталей і складальних частин літальних апаратів, що мають найбільш складну геометричну форму;

- ЕММ дозволяє виготовляти поверхню еталона або його окремих частин на устаткуванні з ЧПК;

- ЕШМ застосовують для ув’язування геометричних параметрів на плоских ділянках поверхні еталона, наприклад елементах скління кабіни екіпажу, а також для відпрацювання оснащення за окремими перерізами складних обводоутворювальних деталей і вузлів..

Програмні методи перенесення геометрії (ув'язування):

- ПрІМ застосовують для ув’язування елементів оснащення та номенклатури деталей, що обробляються на обладнанні з ЧПК;

- ПрШМ застосовують у тих випадках, коли безпосереднє виготовлення оснащення та деталей на обладнанні з ЧПК є недоцільним;

- ПрММ застосовують для обробки великогабаритних макетів на промисловому устаткуванні з ЧПК.

Кінцевим результатом застосування всіх методів перенесення геометрії (ув’язування) є:

- взаємоув’язане заготівельно-штампувальне, верстатне та складальне технологічне оснащення;

- взаємоув’язані спряжувані елементи конструкції планера літального апарата в зоні їх прилягання.

Для виготовлення шпангоуту № 32 літака Ан-72 використовуємо метод ПРІМ, а для порівняння точності ув'язуванн я- використовуємо иметод ПІМ.

2.1.3 Розрахунок допуску на шпангоут для двох варіантів схем складання та ув'язування

У технічних умовах на складання ЛА допуски на контур передбачені лише для агрегату. На контур вузлів допуски не призначають, оскільки передбачається, що можливе застосування різних методів складання в залежності від умов виробництва [3]. Останнє при розробці технологічного процесу вимагає обчислення величини допуску на вузол при заданому допуску на агрегат ЛА.

Тому величина допуску на вузол $\delta_{узл}$ визначається за виразом як

$$\delta_{узл} = \delta_{агр.ТУ} - C_{пр.агр.-узл}, \qquad (2.1)$$

де $C_{пр.агр-узл}$ − похибка ув'язування складального оснащення для вузла та агрегату ЛА, яка визначається за структурною схемою ув'язування оснащення.

Допуск на фюзеляж літака Ан-72 за технічними умовами (ТУ) становить $\delta_{агр.ТУ} = \pm 3мм$. Розрахуємо допуск на шпангоут № 32 літака Ан-72 для двох варіантів методів складання та ув'язування оснащення.

Плазово-інструментальний метод ПІМ має наступну [3] схему ув'язування оснащення, яка показана на рисунку 2.1.

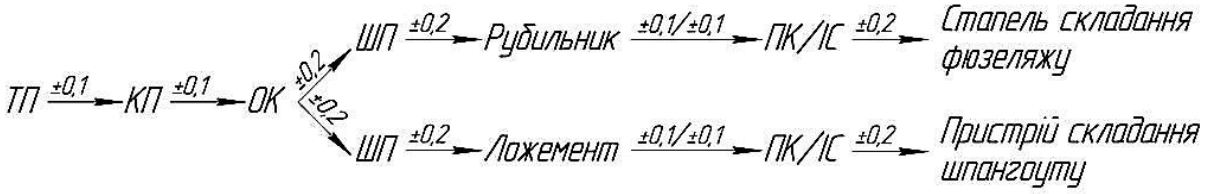


Рисунок 2.1 – Структурна схема ув'язування стапелю фюзеляжу та пристрою складання шпангоуту № 32 літака Ан-72 методом ПІМ

При методі ПІМ похибка ув'язування оснащення дорівнюватиме:

$C_{пр.агр-уз} = \pm\sqrt{0{,}2^2 \cdot 6 + 0{,}1^2 \cdot 6} = \pm 0{,}547$ мм. Величина допуску на складання шпангоуту № 32 при ПІМ матиме величину $\delta_{узл}$ = ±(3-0,547) = ±2,453 мм.

Програмно-інструментальному методу ПРІМ відповідає наступна [3] схема ув'язування оснащення (рисунок 2.2).

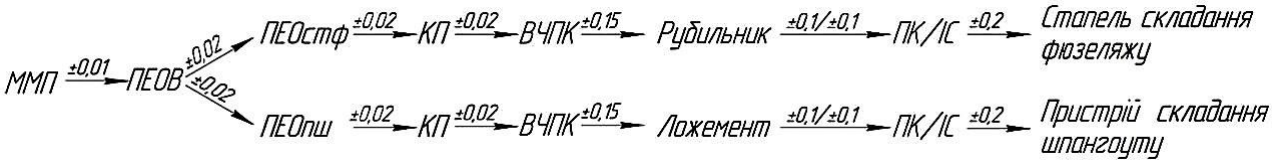


Рисунок 2.2 – Структурна схема ув'язування стапелю фюзеляжу та пристрою складання шпангоуту № 32 для ув'язування ПРІМ

Для методу ув'язування ПРІМ похибка ув'язування оснащення дорівнює $С_{пр.агр\text{-}узт} = \pm\sqrt{0{,}01^2 + 0{,}02^2 \cdot 6 + 0{,}1^2 \cdot 4 + 0{,}15^2 \cdot 2 + 0{,}2^2 \cdot 2} = \pm 0{,}409$ мм.

Тоді величина допуску на складання нормального шпангоуту №32 літака Ан-72 становитиме $\delta_{узл} = \pm(3\text{-}0{,}409) = \pm 2{,}591$мм.

2.1.4 Розрахунок точності складання шпангоуту з обводів, порівняння з допуском на вузол

Похибка складання шпангоуту № 32 літака Ан-72 в пристрої згідно за галузевою методикою [3] має такі наступні точнісні складові:

- похибка $\delta_{пр}$ носія розмірів, тобто складального пристрою;
- похибка $\delta_{баз}$ базування деталі шпангоуту № 32 у пристрою;
- похибки $\delta_{проч}$ від зсувів, викликаних утворенням з'єднань, прогинами конструкції пристрою в процесі складання шпангоуту № 32.

Похибку складання шпангоуту № 32 визначаємо за формулою [3]

$$\delta_{сб} = \delta_{пр} + \delta_{баз} + \delta_{проч}, \qquad (2.2)$$

де $\delta_{проч} = 0{,}4\delta_{сб}$ відповідно до рекомендацій [3].

Зазор між лекалом пристрою та поясом шпангоуту № 32 дорівнює похибки ув'язування пристрою та деталі $С_{контур\ пр-дет}$, тоді похибка становитиме

$$\delta_{баз} = k_{приж} \cdot С_{контур\ пр-дет}, \qquad (2.3)$$

де $k_{приж}$ приймають залежно від кроку притисків. При розрахунку допусків на складання шпангоуту № 32 в пристрої без компенсації похибок $k_{приж} = 1$.

Допуск на складання шпангоуту № 32 літака Ан-72 в пристрої визначають за формулою [3] як

$$\delta_{сб} = \delta_{пр} + k_{приж} \cdot С_{контур\ пр-дет} + \delta_{проч}. \qquad (2.4)$$

Структурна схема ув'язування складального пристрою та обода шпангоуту № 32 літака Ан-72 при використанні плазово-інструментального методу ПІМ забезпечення взаємозамінності показана на рисунку 2.3 [3].

Похибка складального пристрою у загальному вигляді визначається таким аналітичним співвідношенням

$$\frac{\delta_{пр}}{2} = \pm\sqrt{\sum\left(\frac{\delta_{ТП-присп}}{2}\right)^2}. \qquad (2.5)$$

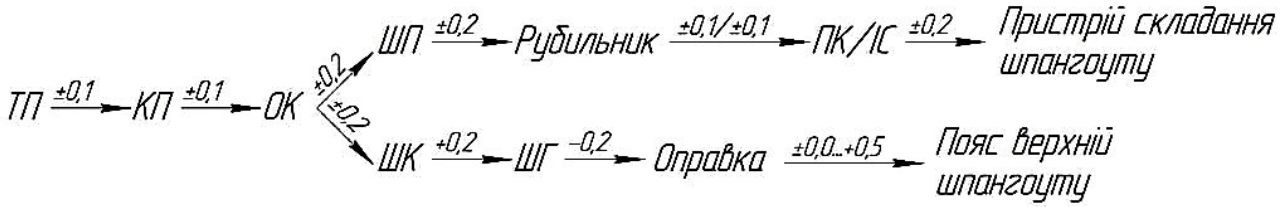


Рисунок 2.3 – Структурна схема ув'язування стінки та обода шпангоуту № 32 для розрахунку точності при складанні в пристрої при ПІМ [3]

На підставі аналізу структурної схеми (див. рисунок 2.3) можна розрахувати похибку складального пристрою $\frac{\delta_{\text{пр}}}{2} = \pm\sqrt{0{,}1^2 \cdot 5 + 0{,}2^2 \cdot 3} = \pm 0{,}412$ мм.

Похибка ув'язування складального пристрою та деталі вузла літака на незв'язаних етапах складання в пристрої визначається співвідношенням

$$\text{С}_{\text{контур пр–дет}} = \pm\sqrt{\sum\left(\frac{\delta_{\text{несвязан.этапов}}}{2}\right)^2}, \qquad (2.6)$$

тоді $\text{С}_{\text{контур пр–дет}} = \pm\sqrt{0{,}1^2 \cdot 5 + 0{,}2^2 + 0{,}25^2} = \pm 0{,}391$ мм. Враховуючи, що величина $\delta_{проч} = 0{,}4 \cdot \frac{\delta_{сб}}{2}$, отримаємо похибку ув'язування пристрою та деталі як

$\frac{\delta_{\text{сб}}}{2} = 0{,}412 + k_{\text{приж}} \cdot 0{,}391 + 0{,}4 \cdot \frac{\delta_{\text{сб}}}{2}$, тоді $\frac{\delta_{\text{сб}}}{2} = \pm\left(0{,}687 + 0{,}652 \cdot k_{\text{приж}}\right)$.

При використанні складального пристрою без компенсації погрішності отримаємо таку величину похибки $\delta_{\text{сб}} = \pm(0{,}687 + 0{,}652 \cdot 1) = \pm 1{,}34$ мм.

Складання шпангоуту № 32 літака Ан-72 в пристрої без компенсації похибки не є прийнятним, оскільки технологічний допуск на складання шпангоуту $\delta_{\text{узл}} = \pm 2{,}453$мм більше похибки складання $\delta_{\text{сб}} = \pm 1{,}34$ мм.

Розрахунок точності складання шпангоуту № 32 за СО при ПІМ

Точність складання шпангоуту № 32 літака Ан-72 за СО при методі ПІМ за методикою [3] визначається такими видами похибок:

- $\Delta_{ст.СО}$ - виконання контурів шпангоуту № 32 літака Ан-72 що визначають розміри та форми спряжень;
- $\Delta_{заз}$- величини зазору до спряжень;
- $\Delta_{ст}$ - величини приступків між деталями, що сполучаються шпангоуту № 32 літака Ан-72;
- $\Delta_{пер}$ - величини перемичок між контурами деталей шпангоуту № 32 та отворами під заклепки.

Похибка $\Delta_{сб.СО}$ виконання контурів шпангоуту № 32 літака Ан-72 може бути визначена за методикою [3] як сума таких похибок:

$\Delta_{баз.со}$ - похибка виготовлення базової деталі шпангоуту № 32;

$C_{со(баз-дет)}$ - похибка ув'язування складальних отворів базової та встановлюваної деталей шпангоуту № 32 відносно СО;

$C_{дет.(контр.СО)}$ - похибка ув'язування контуру вхідної деталі відносно розташування СО;

$\Delta_{кл}$ - похибка від деформацій, спричинених клепанням і зварюванням;

$\Delta_{фікс}$ - похибка фіксації деталей шпангоуту № 32.

У зв'язку з наведеною вище структурою похибок отримуємо суму

$$\Delta_{сб.СО} = \Delta_{баз.СО} + C_{СО(баз-дет)} + C_{дет.(конр-СО)} + \Delta_{кл} + \Delta_{фікс.} \qquad (2.7)$$

Величиною $\Delta_{фікс}$ у більшості випадків можна знехтувати.

Величина сходинки між спряжуваними деталями під час складання за СО визначається на підставі даних [3] похибкою ув'язування контурів

$$\Delta_{ст.СО} = C_{конт.(баз-дет)} + C_{СО(баз-дет)}, \qquad (2.8)$$

де $C_{конт.(баз-дет)}$ - похибка ув'язування контурів деталей шпангоуту № 32.

Структурну схему ув'язування для розрахунку точності складання шпангоуту № 32 по СО при використанні ПІМ забезпечення взаємозамінності наведено на рисунку 2.4. Допуски на виконання розмірів подано зверху над стрілкою, що зображує перенесення розмірів, а на міжцентрові відстані — знизу.

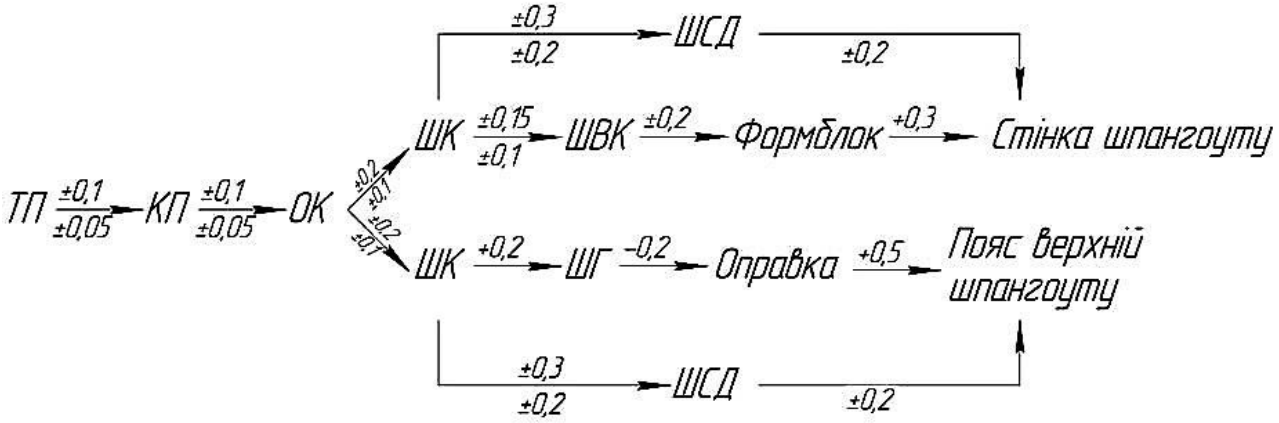


Рисунок 2.4 – Структурна схема ув'язування стінки та обода шпангоуту № 32 для розрахунку точності при складанні по СО при ПІМ

Визначаємо необхідні величини допусків для розрахунку точності складання шпангоуту № 32: $\frac{\delta_{баз.СО}}{2} = \pm\sqrt{0{,}05^2 \cdot 2 + 0{,}1^2 \cdot 2 + 0{,}2^2 \cdot 2} = \pm 0{,}324 (мм)$,

$C_{СО(баз-дет)} = \sqrt{0{,}1^2 \cdot 4 + 0{,}2^2 \cdot 4} = \pm 0{,}447 (мм)$,

$$C_{дет.(конт-СО)} = \pm\sqrt{0{,}05^2 \cdot 2 + 0{,}1^2 \cdot 4 + 0{,}2^2 \cdot 4 + 0{,}15^2 + 0{,}3^2 \cdot 2} = \pm 0{,}536(мм),$$

$$C_{конт.(баз-дет)} = \pm\sqrt{0{,}2^2 \cdot 3 + 0{,}15^2 + 0{,}3^2 \cdot 3 + 0{,}1^2 + 0{,}25^2} = \pm 0{,}696(мм).$$

Відповідно до знайдених величин допусків маємо таку залежність

$$\delta_{сб.СО} = \delta_{баз.СО} + C_{СО(баз-дет)} + C_{дет.(конт-СО)} + 0{,}4\delta_{сб.СО},$$

тоді $0{,}6\delta_{сб.СО} = \pm(0{,}324 + 0{,}447 + 0{,}536) = \pm 1{,}307(мм)$, $\delta_{сб.СО} = \pm 2{,}18 мм$,

$$\delta_{ст.СО} = C_{СО(баз-дет)} + C_{конт.(баз-дет)} = \pm(0{,}447 + 0{,}696) = \pm 1{,}143(мм),$$

тоді $\delta_{пер.} = C_{дет.(конт-СО)} = 0{,}696 мм.$

При складанні по СО шпангоуту № 32 необхідна точність складання та ув'язування буде виконана, оскільки допуск на вузол $\delta_{узл}$ = ±2,453 мм більше, ніж розрахована похибка складання шпангоуту № 32 $\delta_{сб} = \pm 2{,}18$ мм.

2.1.5 Розрахунок точності складання шпангоуту № 32 у пристрої при використанні ПРІМ

Структурна схема ув'язування пристрою складання шпангоуту № 32 та обода шпангоуту № 32 при використанні програмно-інструментального методу ПРІМ показано на рисунку 2.5.

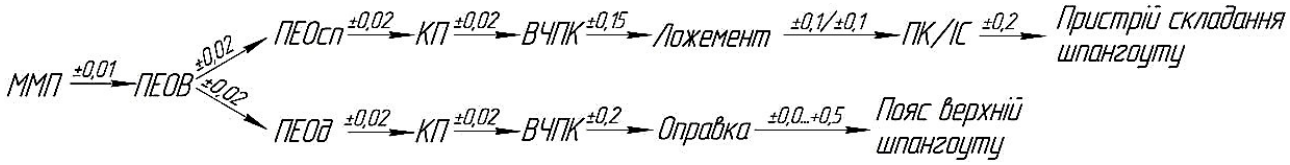


Рисунок 2.5 – Структурна схема ув'язування стінки та обода шпангоуту № 32 для розрахунку точності при складанні в пристрою при ПРІМ

Похибка пристрою складання шпангоуту № 32 літака Ан-72 дорівнює

$$\frac{\delta_{пр}}{2} = \pm\sqrt{0{,}01^2 + 0{,}02^2 \cdot 3 + 0{,}1^2 \cdot 2 + 0{,}15^2 + 0{,}2^2} = \pm 0{,}290 \text{ мм}.$$

Похибка ув'язування пристрою та деталі шпангоуту № 32 дорівнює

$$C_{контур\ пр-дет} = \pm\sqrt{0{,}02^2 \cdot 4 + 0{,}1^2 \cdot 2 + 0{,}2^2 \cdot 2 + 0{,}15^2 + 0{,}25^2} = \pm 0{,}432 \text{ мм}.$$

З урахуванням співвідношення $\delta_{проч} = 0{,}4 \cdot \frac{\delta_{сб}}{2}$ отримаємо таку величину

$$\frac{\delta_{сб}}{2} = 0{,}290 + k_{приж} \cdot 0{,}432 + 0{,}4 \cdot \frac{\delta_{сб}}{2}, \text{ или } \frac{\delta_{сб}}{2} = \pm(0{,}484 + 0{,}720 \cdot k_{приж}).$$

При використанні пристрою складання шпангоуту № 32 без компенсації похибки отримаємо таку величину $\delta_{сб} = \pm(0{,}484 + 0{,}720 \cdot 1) = \pm 1{,}204$ мм.

При використанні програмно-інструментального методу ПРІМ складання в пристрої шпангоуту № 32 без компенсації похибки є прийнятним, оскільки

допуск на складання шпангоуту № 32 літака Ан-72 $\delta_{узл} = \pm 2{,}590$ мм більше значення величини похибки складання $\delta_{сб} = \pm 1{,}204$ мм.

Розрахунок точності складання шпангоуту № 32 за СО при ПРІМ

Структурна схема ув'язування для розрахунку точності складання шпангоуту № 32 літака Ан-72 за СО при використанні програмно-інструментального методу забезпечення взаємозамінності ПРІМ [3] показано на рисунку 2.6.

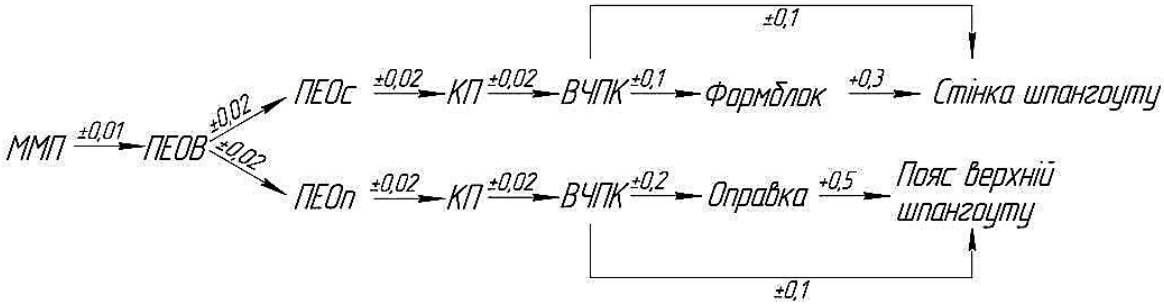


Рисунок 2.6 – Структурна схема ув'язування стінки та обода шпангоуту № 32 для розрахунку точності при складанні по СО при ПРІМ

Визначаємо необхідні для розрахунку точності складання величини допусків: $\frac{\delta_{баз.СО}}{2} = \pm\sqrt{0{,}1^2} = \pm 0{,}1(мм)$, $C_{СО(баз-дет)} = \sqrt{0{,}1^2 \cdot 2} = \pm 0{,}141(мм)$,

$$C_{дет.(конт-СО)} = \pm\sqrt{0{,}01^2 + 0{,}1^2 \cdot 2 + 0{,}2^2 \cdot 3 + 0{,}3^2} = \pm 0{,}479(мм),$$

$$C_{конт.(баз-дет)} = \pm\sqrt{0{,}02^2 \cdot 6 + 0{,}1^2 \cdot 3 + 0{,}2^2 + 0{,}15^2 + 0{,}25^2} = \pm 0{,}396(мм).$$

Відповідно до знайдених значень допусків маємо:

$$\delta_{сб.СО} = \delta_{баз.СО} + C_{СО(баз-дет)} + C_{дет.(конт-СО)} + 0{,}4\delta_{сб.СО},$$

$$0{,}6\delta_{сб.СО} = \pm(0{,}1 + 0{,}141 + 0{,}479) = \pm 0{,}72(мм),\ \delta_{сб.СО} = \pm 1{,}2мм,$$

$$\delta_{ст.СО} = C_{СО(баз-дет)} + C_{конт.(баз-дет)} = \pm(0{,}141 + 0{,}396) = \pm 0{,}537(мм),$$

$$\delta_{пер.} = C_{дет.(конт-СО)} = 0{,}479мм.$$

При складанні шпангоуту № 32 літака Ан-72 по СО необхідна точність складання та ув'язування виконується. Допуск на вузол $\delta_{узл} = \pm 2{,}590$ мм більше, ніж розрахована похибка складання $\delta_{сб} = \pm 1{,}2$ мм.

Було проведено точнісний розрахунок для двох варіантів складання та ув'язування шпангоуту № 32 літака Ан-72 за методами ПІМ та ПРІМ. В обох випадках допуск наскладання шпангоуту № 32 літака Ан-72 не вийшов за межі отриманого допуску на вузол. Складання в пристрої без компенсації похибок прийнятне як для складання шпангоуту № 32 за ПРІМ, так і за ПІМ. Складання шпангоуту № 32 по СО може бути застосовним для обох методів ув'язування.

ПРІМ порівняно з ПІМ [3] має більш високу точність виготовлення скла-

дального оснащення та деталей самого шпангоуту № 32 загалом, менший за термін технологічної підготовки виробництва, але є дорожчим. Також при використанні ПРІМ зменшується кількість спеціальних засобів ув'язування.

Враховуючи все вищеперелічене, вибираємо метод ув'язування заготівельної та складальної оснастки на основі ПРІМ, метод складання комбінований - у пристрої з базуванням з СО. Схема складання та ув'язування шпангоуту № 32 літака Ан-72 - послідовна, представлена в Додатку.

2.1.6 Методика розроблення схеми базування деталей шпангоуту № 32

Відповідно до стандартної термінології [6] *схема базування* – це сукупність настановних баз, необхідних та достатніх для однозначного базування деталей з позбавленням їх необхідної кількості ступенів свободи.

На перших стадіях проектування технологічних процесів складання розглядають можливі варіанти комплектів баз, потім оформляють схему базування у вигляді ескізу виробу з нанесеною сукупністю (комплектом) вибраних технологічних баз (застосовують знак ▽).

Складання – це установка й з'єднання складових частин, а також супутні операції [3]. Прийоми й засоби реалізації схеми базування, тобто встановлення деталей у задане положення, називають *методом складання* [3]. За ознакою базування можна виділити два класи методів складання (рисунок 2.7).

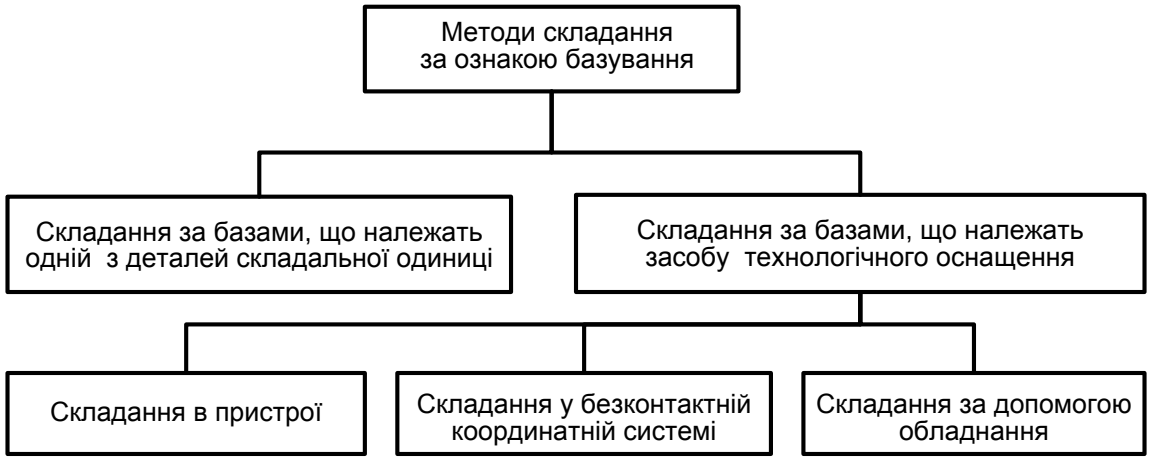


Рисунок 2.7 - Класифікація методів складання за ознакою базування [3]

Складальні процеси є багатоваріантними, тому що зазвичай ви-ріб можна скласти відповідно до креслення й ТУ, користуючись різними методами складання або їх комбінаціями. Вибираючи конкретний варіант, виходять із умови забезпечення необхідної якості виробу з найменшими витратами на підготовку й ведення виробництва.

З метою забезпечення точності складання необхідно дотримуватися трьох основних принципів базування: єдності баз, сталості баз, суміщення баз (вибір

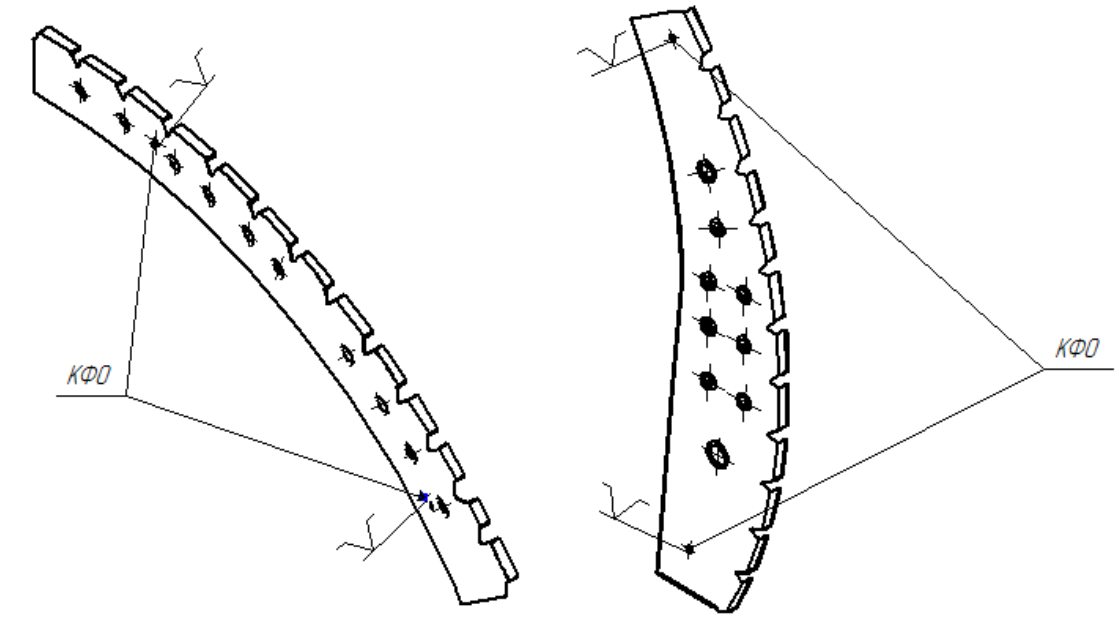
складальних баз як настановних) [6].

Принцип сталості баз полягає в необхідності сполучати технологічні бази на даному етапі складання з технологічними базами на подальших і попередніх етапах складання й оброблення. Проектування ведеться «від цілого до частки», тобто спочатку вводяться до розгляду технологічні бази для складання планера літака, а потім – агрегатів і складальних одиниць більш низьких рівнів.

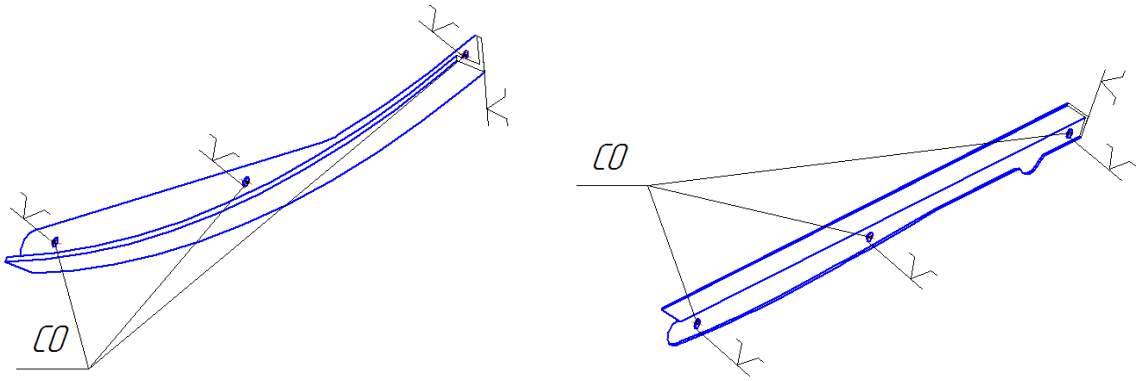
Базування деталей шпангоуту № 32 літака Ан-72 у складальному пристрої відбувається в наступній технологічній послідовності:

1. Стінки встановлюють у складальний пристрій і базують по фіксаторах КФО (рисунок 2.8, а), кріплять технологічними гвинтами.

2. Верхні пояси базують у складальному пристрої по СО та привалочним поверхням стінок (рисунок 2.8, б), фіксують технологічними гвинтами.



а

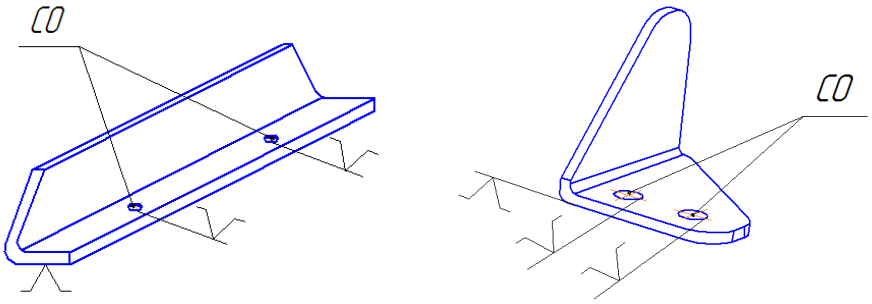


б в

Рисунок 2.8 – Схема базування у складальному пристрої:
а - стінок; б - пояса верхнього; в - пояса нижнього

3. Нижні пояси базують у складальному пристрої по СО та привалочним поверхням стінок (рисунок 2.8, в), фіксують технологічними гвинтами.

4. Стійки базують по СО стінок (рисунок 2.9, а), фіксують технологічними гвинтами.



а б

Рисунок 2.9 – Схема базування стійок (а) та книць (б)

5. Книці базують у пристрою по СО та привалочним поверхням стінок (рисунок 2.9, б), фіксують пружинними фіксаторами.

2.1.7 Розробка укрупненого технологічного процесу складання шпангоуту

Для розробки технологічного процесу складання шпангоуту № 32 літака Ан-72 використовують наступні вихідні дані:

-конструкторське креслення та технічні умови на складання;

-програма та обсяг випуску літака Ан-72;

-директивні технологічні матеріали та схеми членування, складання й ув’язування літака Ан-72, що входять до їх складу.

Відповідно до стандартної термінології [6, 7] *технологічний процес складання* – це послідовність установки в складальне положення деталей та вузлів, їх фіксації та з'єднання між собою способами, передбаченими кресленником.

Робоча технологія містить такі відомості про процес складання:

- сутність операцій і переходів технологічного процесу;

- інструмент та обладнання, необхідні для кожної операції;

- норми часу на виконання операцій;

- спеціальність, кількість працівників і розряд робіт, операції контролю;

Порядок процесу складання шпангоуту № 32 літака Ан-72 має такі технологічні етапи:

-підготовка деталей до складання;

-встановлення деталей у положення, задане кресленнями;

-фіксація деталей у встановленому положенні;

-підготовка деталей до скріплення; скріплення деталей; контроль якості та точності з’єднань, завершальні роботи (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Укрупнений технологічний процес складання шпангоуту № 32 літака Ан-72

Номер та зміст операції		Обладнання, інструмент	Деталі
1		2	3
01	Перевірка повноти комплекту деталей, відсутність механічних пошкоджень та наявність бирок та клейм БТК цехів-виробників.	Візуально, комплектувальний стіл.	
02	Установка стінки по фіксаторам КФО в пристрої та перевірка обрізів стінок у пристрої, фіксація гвинтовими притисками.	Пристрій.	Стінка (4).
03	Встановлення за СО верхніх поясів, кріплення т/гвинтами зі стінками.	(12) т/гвинт 3166А-14; (12) т/гайка 3301А-3; (12) т/шайба 1730А1-3-6, ключ 7812-0163 ОСТ 52496-8, викрутка 7810-0300	Пояс верхній (4), стінка (4). Пояс нижній(4), стінка (4).
04	Встановлення за СО нижніх поясів, кріплення т/гвинтами зі стінкою.		
05	Свердління за НО у поясах 92 отв. Ø4,05.	Свердло Ø4, 05 2300-065 ГОСТ 4010-74; п/дриль СМ21-9-12000.	
06	Свердління 14 отв. за НО у кожній накладці Ø3,1, кріплення 4 т/гвинта.	Свердло Ø3,1 2300-065 ГОСТ 4010-74; п/дриль СМ21-9-12000, т/гвинт 3166А-14; (12) т/гайка 3301А-3;(12) т/шайба 1730А1-3-6, ключ 7812-0163 ОСТ 52496-8, викрутка 7810-0300	Стінка (4), накладка (3).
07	Свердління 10 отв. за НО у кожному кутнику Ø3,1, кріплення т/гвинтами.	Свердло Ø3,1 2300-065 ГОСТ 4010-74; п/дриль СМ21-9-12000, насадка 999.6239-700124; (16) т/гайка 3301А-3; (16) т/гвинт 3166А-14; (16) т/шайба 1730А1-3-6, ключ 7812-0163 ОСТ 52496-8, викрутка 7810-0300 ГОСТ 1771199-71	Стінка (4), пояс верхній(4), пояс нижній(4), стикувальний кутник (4).
08	Встановлення за СО на стінки 40 стояків, кріплення т/гвинтами.	(80) т/гвинт 3166А-14; (80) т/гайка 3301А-3; (80) т/шайба 1730А1-3-6, ключ 7812-0163 ОСТ 52496-8, викрутка 7810-0300 ГОСТ 1771199-71	Стінка (4), стояк (40), пояс верхній(4), пояс нижній(4).
09	Свердління за НО 216 отв. під заклепки у стояках Ø3,55, у поясах 342 отв. Ø 4,05.	Свердло Ø3,55, Ø 4,05 2300-065 ГОСТ 4010-74; п/дрель СМ21-9-12000.	
10	Контроль БТК. Перевірка якості свердління, правильність установки стійок.	Калібр-пробка 602-7148/3, лінійка, олівець, щуп ТУ-2-034-0221197-01-91, лупа 4-х крат.	Комплект деталей
11	Розбирання шпангоуту №32, видалення задирок, складання шпангоуту №32 на т/гвинти в пристрої.	Ключ 7812-0163 ОСТ 52496-8, викрутка 7810-001 ГОСТ 177199, щітка волосяна, (104) т/гвинт 3166А-14; (104) т/гайка 3301А-3; (104) т/шайба 1730А1-3-6.	
12	Установка згідно кресленика по СО на стінки 50 книць, кріплення пружинними фіксаторами.	(100) фіксатор пружинний Ø3 ФП-1.	Стінка (4), книця(50).

Закінчення таблиці 2.2

1		2	3
13	Установка заклепок та клепка шпангоуту № 32, в процесі клепки зняття т/гвинтів, досвердлювання отворів до Ø3,55 у місцях зняття т/гвинтів, встановлення заклепок під металізацію.	(708) заклепка, п/молоток, обжимка, ключ 7812-0163 ОСТ 52496-8, викрутка 7810-0300 ГОСТ 177199-71, п/дриль СМ21-9-12000, свердло Ø3,55 2300-065 ГОСТ 4010-74	Комплект деталей
14	Контроль БТК. Перевірка якості клепки шпангоуту № 32.	Калібр для замикаючої головки Ø3,55, Ø 4,55 9998701-7001	
15	Маркування складання. На бирці вказівка: № кресленика, № літака, дата виготовлення, тавро ВТК.	Молоток слюсарний, плита слюсарна, пломбір 9801-360	

2.1.8 Розробка технічних умов на постачання деталей шпангоуту № 32

Деталі шпангоуту №32, що надходять на складання, повинні відповідати даним складального кресленика та технічним умовам на поставку (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Технічні умови постачання деталей шпангоуту №32

Найменування	Кількість	Ступінь закінченості деталі
Стінка поз. 1, 2	2	Подавати без припуску. СО Ø2,6 мм (24 отв. у кожній), КФО Ø8 Н9 (2 отв. у кожній).
Стінка поз. 3, 4	2	Подавати без припуску. СО Ø2,6 мм (32 отв. у кожній, КФО Ø8 Н9 (2 отв. у кожній).
Стояк поз. 5, 6	2	Подавати без припуску. НО Ø2,6 мм (4 отв. у кожній), СО Ø2,6 мм (4 отв. у кожному).
Стояк поз. 7, 8	2	
Стояк поз. 9, 8	2	
Стояк поз. 10, 11	2	
Стояк поз. 12, 13	2	
Стояк поз. 14, 15	4	Подавати без припуску. НО Ø2,6 мм (10 отв. у кожній), СО Ø2,6 мм (10 отв. у кожному).
Стояк поз. 16, 17	4	
Стояк поз. 18	18	Подавати без припуску. НО Ø2,6 мм (36 отв.), СО Ø2,6 мм (36 отв.).
Пояс нижній зовнішній поз. 28, 29	2	Подавати без припуску. НО Ø2,6 мм (45 отв. у кожному), СО Ø2,6 мм (3 отв. в каждом).
Пояс нижній внутрішній поз. 30, 31	2	
Пояс верхній зовнішній поз. 26	1	Подавати без припуску. НО Ø2,6 мм (45 отв.), СО Ø2,6 мм (6 отв.).
Пояс верхній внутрішній поз. 27	1	
Накладка стикувальна поз. 19, 20, 23	3	Подавати без припуску. НО Ø2,6 мм (14 отв. у кожній).
Профіль стикувальний поз. 21, 22, 24, 25	4	Подавати без припуску. НО Ø2,6 мм (10 отв. у кожному).
Книця поз. 32...37	50	Подавати без припуску. СО Ø3 мм (2 отв. у кожній).

2.1.9 Призначення ТУ на проектування складального пристрою

1. Пристрій призначений для складання шпангоуту № 32 літака Ан-72.

2. Положення складального шпангоуту № 32 – вертикальне.

3. Деталі, що входять до складу шпангоуту № 32: стінка, внутрішній пояс, зовнішній пояс, стояки, накладки, стикувальні кутники.

4. Основні технологічні бази складального шпангоуту № 32 відповідно до схеми базування (див. рисунок 2.9).

5. Порядок складання шпангоута № 32 згідно з укрупненим технологічним процесом (див. таблицю 2.2).

6. При монтажі складального пристрою необхідний шаблон пристрою (ШП).

7. Установлення деталей шпангоуту № 32 в пристрою виконується вручну. Закладання здійснюється від себе, виймання - на себе.

8. Засобами механізації в складальному пристрою шпангоуту № 32 є пневматичний дриль і клепальний молоток.

2.1.10 Проектування схеми пристрою для складання шпангоуту №32

Конструктивні схеми складальних пристроїв обумовлені конструктивно-технологічними особливостями планера літакаУ кожному конкретному випадку їх вибирають з врахуванням основних вимог, які пред'являються до пристроїв.

Одна з основних вимог для функціонального призначення пристрою – забезпечити необхідну точність та взаємозамінність виробу, що складається [6].

Точність складання в складальному пристрої забезпечують фіксатори та затискачі, що встановлюються у певному положенні щодо конструктивних осей на жорстких елементах каркасу пристрою. Правильний вибір розташування та кількості фіксаторів та затискачів визначає точність застосування пристрою.

Складання в пристрої забезпечує вищу, порівняно зі збиранням за СО, точність виробу завдяки компенсації похибок розмірів деталей під час суміщення їх баз із фіксаторами пристосування, які й визначають необхідні кінцеві форми та розміри вузла. Складальний пристрій дозволяє встановлювати деталі згідно з кресленням, надавати їм жорсткість і утримувати під час з’єднання.

У загальному випадку складальний пристрій складається з таких складових частин:

а) каркаса, на якому монтують усі елементи пристрою;

б) фіксаторів і затискачів для встановлення та закріплення деталей і вузлів у положенні для складання;

в) вузлів і механізмів для закладання та виймання готових виробів;

г) засобів механізації пристрою і збиральних процесів;

д) допоміжних засобів оснащення;

е) джерел енергії.

Каркас пристрою для складання об’єднує всі елементи конструкції в єдине ціле. Від його жорсткості залежить точність положення всіх вузлів пристрою, однак при цьому він не повинен перекривати робочі зони.

Фіксатори та затискачі визначають і закріплюють у необхідному положенні деталі та вузли виробу, що складається. Їх розташування, кількість і конструкція визначають точність і взаємозамінність складальної одиниці.

Схема пристрою для вузлового складання шпангоуту № 32 літака Ан-72 представлена на рисунку 2.10.

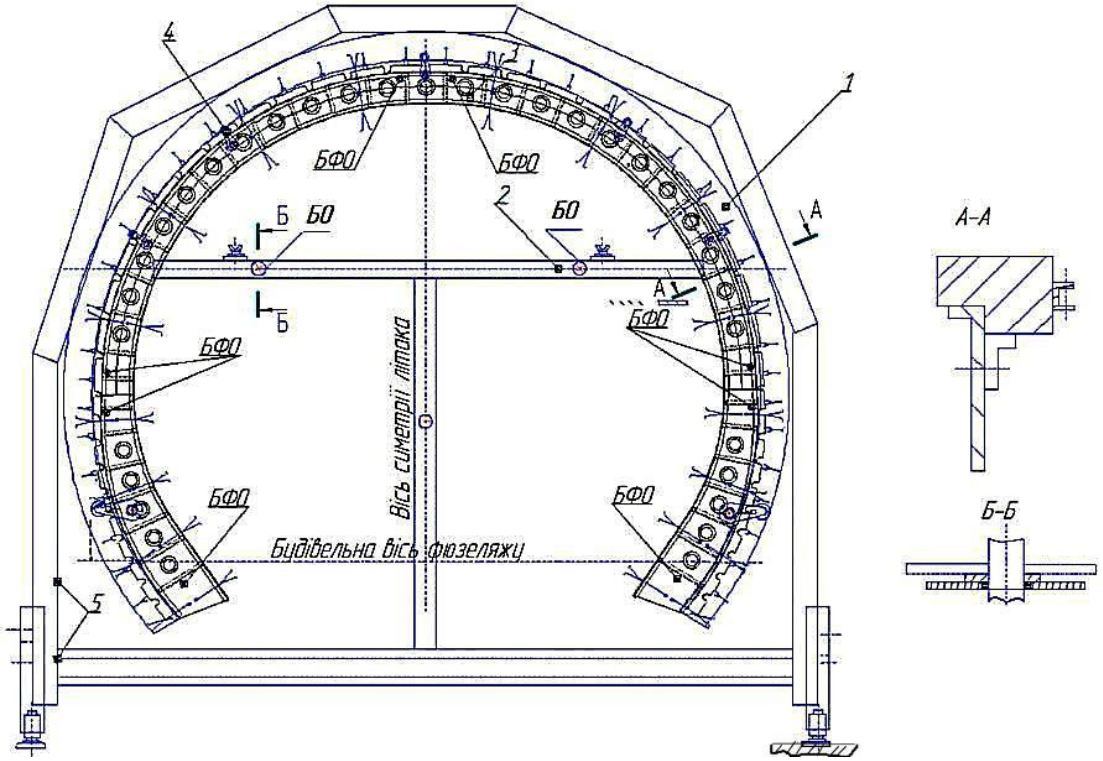


Рисунок 2.10 – Схема пристрою для складання шпангоуту № 32 літака Ан-72: 1 – ложемент; 2 – рама; 3 – фіксатор; 4 – кронштейн; 5 – каркас

Пристрій призначений для свердління всіх отворів під заклепки, попереднього складання-з'єднання деталей шпангоуту № 32 літака Ан-72між собою з подальшою передачею на клепальний прес.

2.2 Технологія механічної обробки деталі «Щока»

Деталь на робочому кресленику має назву «Щока» (кресленик деталі наведено в Додатках). Комп'ютерна модель деталі показана на рисунку 2.11.

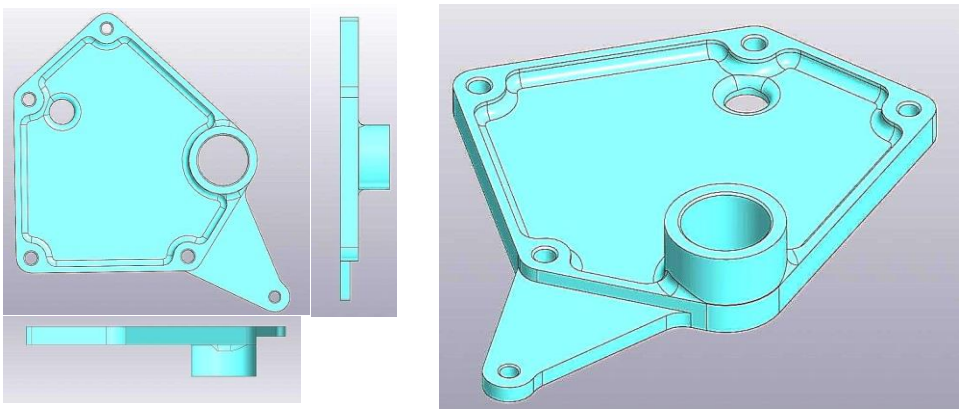


Рисунок 2.11 – Комп'ютерна об'ємна модель деталі «Щока»

Позначення поверхонь деталі «Щока», призначених для механічної обробки, наведено на комп'ютерній моделі деталі (рисунок 2.12).

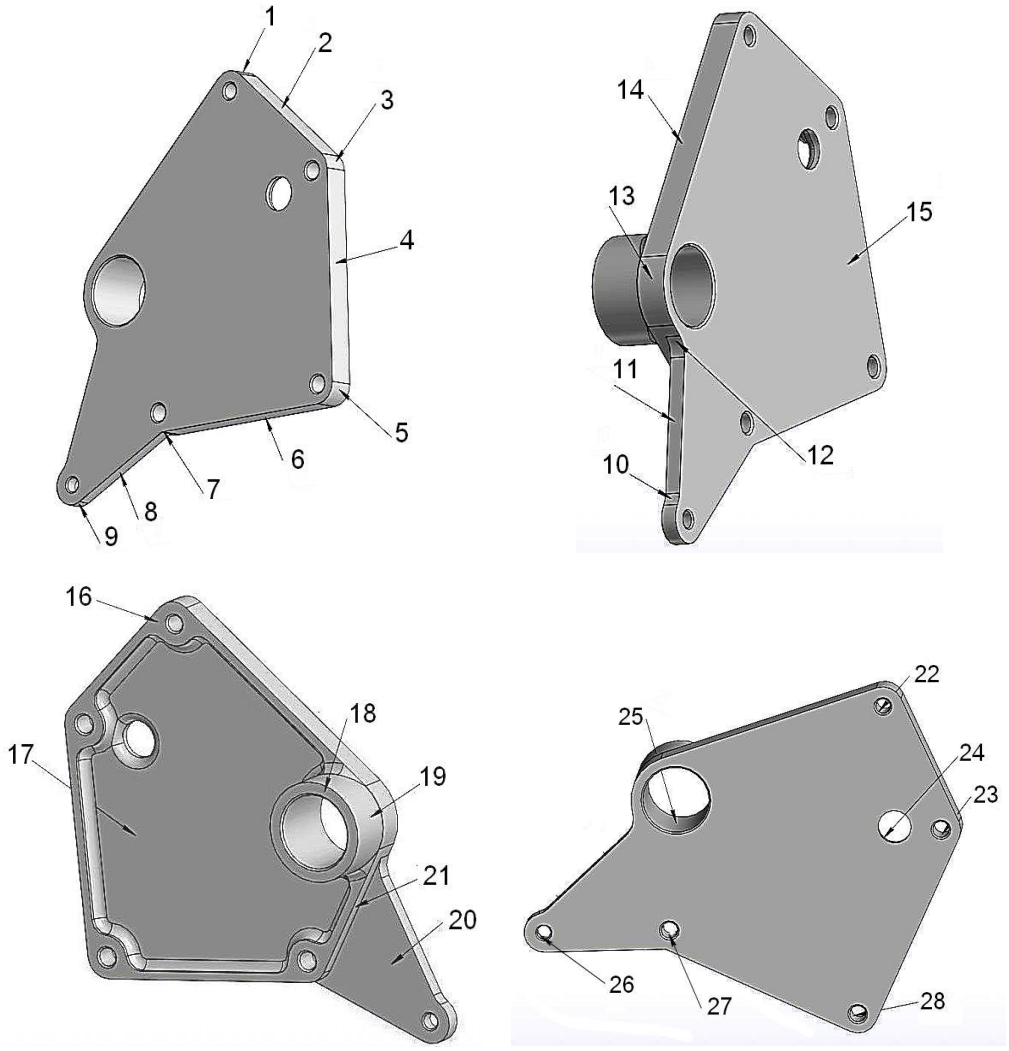


Рисунок 2.12 – Поверхні деталі «Щока» для механічної обробки

Проведемо аналіз усіх механічно оброблених поверхонь, для чого запишемо всі геометричні параметри деталі «Щока» в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Параметри оброблюваних поверхонь деталі «Щока»

Оброблювана поверхня	Тип поверхні	Форма поверхні	Квалитет точності	Параметри шорсткості
1	Зовнішня	Циліндрична	h14	Ra3,2
2	Зовнішня	Плоска	±IT14/2	Ra12,5
3	Зовнішня	Циліндрична	h14	Ra3,2
4	Зовнішня	Плоска	±IT14/2	Ra12,5
5	Зовнішня	Циліндрична	h14	Ra3,2
6	Зовнішня	Плоска	±IT14/2	Ra12,5
7	Внутрішня	Циліндрична	H14	Ra3,2
8	Зовнішня	Плоска	±IT14/2	Ra12,5
9	Зовнішня	Циліндрична	h14	Ra3,2
10	Внутрішня	Циліндрична	H14	Ra3,2
11	Зовнішня	Плоска	±IT14/2	Ra12,5
12	Внутрішня	Циліндрична	H14	Ra3,2
13	Зовнішня	Циліндрична	h14	Ra3,2
14	Зовнішня	Плоска	±IT14/2	Ra12,5
15	Зовнішня	Плоска	±IT14/2	Ra12,5
16	Зовнішня	Плоска	±IT14/2	Ra3,2
17	Внутрішня	Плоска	±IT14/2	Ra3,2
18	Зовнішня	Плоска	±IT14/2	Ra3,2
19	Зовнішня	Циліндрична	h14	Ra3,2
20	Зовнішня	Плоска	±IT14/2	Ra3,2
21	Зовнішня	Плоска	±IT14/2	Ra3,2
22	Внутрішня	Циліндрична	H9	Ra3,2
23	Внутрішня	Циліндрична	H9	Ra3,2
24	Внутрішня	Циліндрична	H7	Ra3,2
25	Внутрішня	Циліндрична	h14	Ra3,2
26	Внутрішня	Циліндрична	h14	Ra3,2
27	Внутрішня	Циліндрична	h14	Ra3,2
28	Внутрішня	Циліндрична	h14	Ra3,2

Деталь «Щока» виготовлена з матеріалу АК6 (ГОСТ 4784-97), який добре механічно обробляється. Сплав АК6 відноситься до класу алюмінііїв для кування та штамповки, застосовується для виготовлення відповідальних і механічно оброблених деталей авіаційній і космічній промисловості [5].

Деталь «Щока» вимагає механічної обробки радіусних поверхонь, отворів різного діаметру, торці та внутрішнє поглиблення. Необхідна шорсткість поверхонь деталі «Щока» лежить в діапазоні Ra = 12,5...1,6. Отвори в деталі «Щока» свердлять на кондукторі. Отвори більш точні по квалітету H7 та шорс-

ткості *Ra* = 3,2мкм, що вимагає крім свердління ще зенкерування та розгортання. Це ускладнює процес обробки деталі «Щока», збільшуючи при цьому час обробки ,а отже, і собівартість деталі. Але тим не менш зручне розташування отворів дозволяє застосовувати прості за конструкцією, а отже, більш точні пристрої для свердління та фрезерування [5].

Технологічний аналіз показує, що оброблювані поверхні деталі «Щока» мають квалітет *H14* для отворів і квалітет ± *IT14/2, h14* для інших поверхонь, що дозволяє виготовити деталь простими технологічними методами обробки отворів і плоских поверхонь на універсальному обладнанні. Складні за формою зовнішні циліндричні поверхні вимагають механічної обробки на фрезерному верстаті з ЧПК.

Деталь «Щока» в цілому можна назвати технологічною, оскільки простота її геометричних форм дозволяє отримати заготованку для даної деталі методом гарячого штампування [5].

2.2.1 Методика вибору виду заготованки та методу її виготовлення

Матеріал деталі «Щока» - це дюралюмінієвий сплав марки АК6 (ГОСТ 4784-97). Даний матеріал використовується для виготовлення силових деталей авіаційної і ракетно-космічної техніки, до яких пред'являють вимоги високої міцності при мінімальній масі [5].

У кваліфікаційній роботі бакалавра пропонуємо заготованку деталі «Щока» виготовити методом об'ємної штампування.

Об'ємне штампування заготованок застосовується для деталей авіаційної і ракетно-космічної техніки, які піддаються при експлуатації значним постійним, змінним і ударних навантажень. Об'ємне штампування аготованок дозволяє зберігати напрямок волокон в металі, що допомагає конструктору раціонально врахувати напружено-деформований стан деталі в експлуатації [5].

Основне завдання процесів обробки матеріалів тиском полягає в максимальному наближенні форми і розмірів аготованок до форми і розміри готових деталей при забезпеченні необхідних фізико-механічних властивостей і заданої точності. Це дозволяє різко скоротити обсяг механічної обробки і забезпечити економію матеріальних ресурсів.

Застосовувані для об'ємного штампування матеріали забезпечують не тільки необхідні міцнісні властивості деталей, але і володіють задовільною пластичною деформуємістю.

Конфігурація штампованих аготованок повинна проектуватися так, щоб лінія роз'єму штампа лежала в одній площині або максимально до цього наближалася. При виконанні цієї умови штампове оснащення має більш просту конструкцію і меншу собівартість.

Залежно від ступеня відповідальності деталей присвоюється група контролю. До першої групи відносять особливо відповідальні деталі. Кожна деталь першої групи піддається повній перевірці. До другої групи відносять відповідальні деталі, які піддаються вибіркової перевірки (одна або кілька деталей у виробничій партії). До третьої групи відносять деталі, які не беруть для спеціальних перевірок і випробувань, особливо обумовленим в конструкторській та технологічній документації.

На всі поверхні заготованок, перпендикулярні площині роз'єму, призначають штампувальні ухили. Штампувальні ухили призначені для полегшення вилучення аготованок з порожнини штампа. В штампуванні розрізняють зовнішні і внутрішні ухили. На поверхні аготованок, які перпендикулярні площині роз'єму штампа, призначаємо штампувальні ухили зовнішні 3 °, внутрішні 5 °. Значення радіусів сполучень, заокруглень заготованки наведені в технічних умовах на кресленику деталі. У разі відсутності в технічних умовах на кресленику деталі приймаємо невказані радіуси заокруглень заготованки 2 мм.

2.2.2 Розрахунок операційних припусків і створення 3D-моделі заготованки

Вибравши вид заготованки деталі «Щока», необхідно за методикою [8] розрахувати припуск на обробку шляхом його підсумовування по всіх технологічних операціях для кожної оброблюваної різанням поверхні деталі.

Припуск на обробку різанням поверхонь деталі «Щока» призначаємо на основі розрахунково-аналітичного методу визначення припусків [8].

Операційний припуск - це шар матеріалу, що видаляється з заготованки при виконанні однієї технологічної операції.

Односторонній проміжний припуск обчислюють за формулою, мкм [5]

$$Z = [R_z + h + (\bar{\rho}_a + \bar{\varepsilon}_\delta)] + \delta, \tag{2.9}$$

де Z – номінальний проміжний припуск;

R_z - висота мікронерівностей (величина параметрів шорсткості R_a та R_z для відповідного класу шорсткості поверхні);

h - глибина дефектного поверхневого шару, отриманого на попередньому технологічному переході;

$\bar{\rho}_a$ - векторна сума просторових відхилень взаємопов'язаних поверхонь оброблюваної заготованки, що вийшла на попередньому переході. Величина $\bar{\rho}_a$ виключається з формул в разі обробки отворів плаваючим інструментом;

$\bar{\varepsilon}_\delta$ - похибка базування при виконуваній обробці різанням. При збігу настановної і конструктивної баз $\bar{\varepsilon}_\delta = 0$.

δ - допуск на операційний розмір попередньої обробки.

Призначення операційних припусків на механічну обробку починають з

вибору остаточної операції або технологічного переходу обробки відповідно до економічної точності даної технологічної операції [5]. Розмір заготовки-штамповки складається з номінального розміру деталі за кресленням і припуску на обробку. Розрахунок одностороннього операційного припуску для штампованих заготовок наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Односторонній операційний припуск для штамповок

Технологічний перехід обробки	Елементи припуску, мкм			Односторонній операційний припуск, мкм
	R_z	h	δ	
штампування	160	500	650	1310
чорнове фрезерування	60	50	135	245
чистове фрезерування	25	35	65	125

З технологічних міркувань приймаємо односторонній припуск для штампованої заготовки деталі «Щока» рівним 1,7 мм. Лінія роз'єму штампа для гарячого об'ємного штампування заготовки деталі «Щока» лежить в одній площині. З урахуванням виконання всіх технічних умов робочого кресленика і вимог до проектування можна вважати штамповану заготовку для деталі «Щока» технологічною. Комп'ютерна модель штампованої заготовки деталі «Щока» представлена на рисунку 2.13.

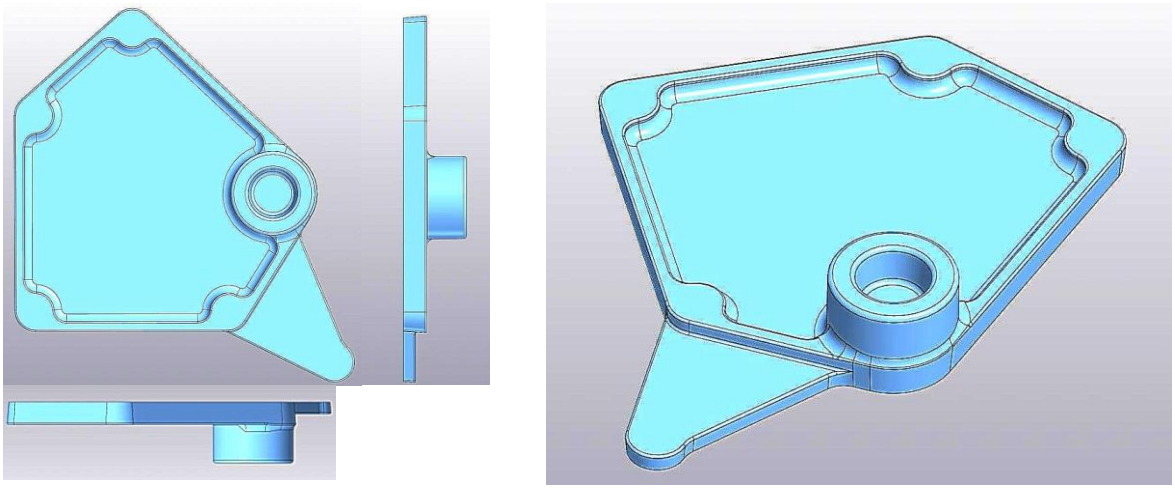


Рисунок 2.13 – Комп'ютерна 3D-модель заготовки деталі «Щока»

Робочий кресленик штампованої заготовки деталі «Щока» із аюмінієвого сплаву марки АК6 наведено в Додатках.

2.2.3 Технологічний маршрут виготовлення деталі «Щока»

Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі «Щока» за рекомендаціями [7] передбачає вирішення двох завдань:

- вибір методів обробки для кожної поверхні деталі;
- вибір послідовності виконання технологічних операцій для виготовлення деталі.

Вибір методів механічної обробки деталі «Щока» визначається конфігурацією деталі, її габаритами, видом обраної заготованки, вимогами до точності і якості оброблюваних поверхонь [5].

Послідовність виконання операцій (маршрут обробки) деталі «Щока» складають з урахуванням того, що кожен вид робочого процесу забезпечує відповідний ступінь точності і шорсткості лише в тому випадку, якщо проведена попередня обробка.

Впершу чергу обробляються поверхні деталі «Щока», які будуть використовуватися в якості технологічних баз для наступних операцій. Закінчується процес виготовлення деталі чистової обробкою отворів. Для реалізації принципу суміщення технологічних і конструкторських баз і принципу сталості технологічності [6] отвори деталі «Щока» свердлять попередньо як чорнові.

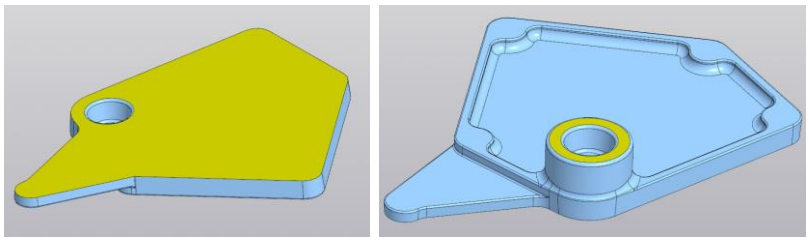
У таблиці 2.6 представлений укрупнений технологічний маршрут виготовлення деталі «Щока».

Таблиця 2.6 - Технологічний маршрут виготовлення деталі «Щока»

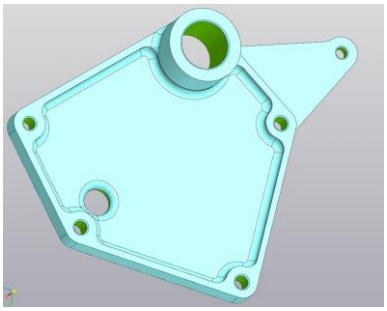
Номер, шифр, найменування і зміст технологічної операції		Пристрою, інструмент	Оснащення
005	4262 Горизонтально-фрезерна. Фрезерувати поверхні 15, 18	Фрезерний станок Р9К5, фреза торцева Ø125 мм	Лещата
010	4214 Вертикально-свердлильна. Свердлити технологічні отвори поверхні 22...28	Сверлильний станок 2Н125; свердло Ø8, Ø18, Ø28, Ø35 ГОСТ 886-77, зенкер Ø19,5Н9 ГОСТ 866-77, розгортка Ø20Н7 ГОСТ 866-77	Кондуктор
015	4234 Фрезерна з ЧПК. Фрезерувати поверхні 1...14, витримуючи виконавчі розміри відповідно до карти ескізів та РТК	Верстат фрезерний з ЧПК МА-655А, фреза кінцева Ø16 ГОСТ 26595- 85	УСП
020	4214 Вертикально-свердлильна. Свердлити отвори 22...28, зенкерувати фаски на отворах 22...28 з двох сторін	Сверлильний станок 2Н125; свердло Ø8,5, Ø9, Ø39 ГОСТ 886-77, зенкер Ø9Н9, Ø10Н9, Ø40Н9 ГОСТ 866-77 зенківка конічна 2353-0109, 2353-0137, 2353-0146	Кондуктор

2.2.4 Розробка карти ескізів для операцій обробки деталі «Щока»

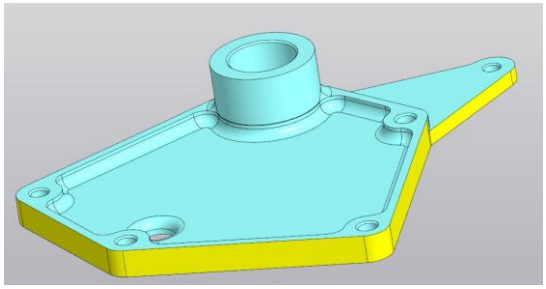
Відповідно до стандартної термінології [7] *технологічна операція* - це закінчена частина технологічного процесу, виконувана на одному робочому місці. Технологічний маршрут виготовлення деталі «Щока» представлено на рисунку 2.14 у вигляді ескізів оброблюваних поверхонь заготованки деталі.



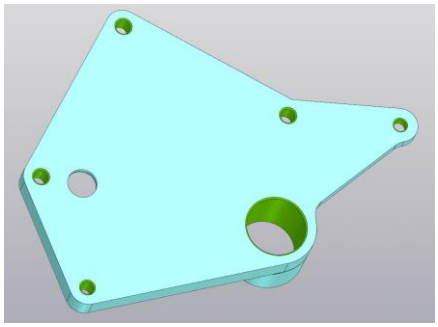
Операція 005 - 4261 Вертикально-фрезерна (два установи)



Операція 010 - 4214 Вертикально-свердлильна



Операція 015 - 4234 Фрезерна з ЧПК



Операція 020 - 4214 Вертикально-свердлильна

Рисунок 2.14 – Моделювання пооперaційної обробки деталі «Щока»

Установ є закінченою частина технологічної операції, виконувану при незмінному базування і закріплення заготованки. *Карта ескізів* - це основний графічний документ системи стандартів Единої системи технологічної документації (ЕСТД), який дає інформацію про виконувану технологічну операцію.

На операційній карті ескізів обробки необхідно показати [7, 8]:

1. Заготованку деталі в робочому положенні щодо розташування ріжучого інструменту на верстаті. Контур заготованки деталі зображують в такому вигляді, який заготованка отримає в кінці виконання даної операції або установа.

Якщо технологічна операція виконується за кілька установ, то операційний ескіз оформляють для кожного установа заготованки деталі окремо.

2. Поверхні заготованки деталі, які обробляються на даній технологічній операції, виділяються потовщеними лініями. У навчальних цілях допускається виділяти оброблювані поверхні червоним кольором.

3. Умовне позначення опор, затискачів, установочних пристроїв на операційній карті ескізів виконують згідно з ГОСТ 3.1197-81 «Опори, затискачі та установчі пристрої. Графічні позначення».

4. Нумерацію розмірів обробки заготованки деталі проставляють в кружках, починається з цифри 1. Послідовність проставляння номерів в кружках ведуть по ходу годинникової стрілки. Нумерація відноситься тільки до даної технологічної операції (установу). На наступних операціях (установах) нумерацію знову починають з цифри 1.

Карта ескізів для операцій механічної обробки різанням заготованки деталі «Щока» представлена в Додатках.

2.2.5 Призначення технологічних баз для операцій обробки деталі «Щока»

При розробці кожної операції обробки на металорізальних верстатах необхідно забезпечити базування і закріплення заготованки. Базування при механічній обробці задає необхідне положення заготованки на верстаті щодо різального інструменту. Закріплення заготованки в верстатному пристрою забезпечує нерухомість положення заготованки деталі, досягнутого при базуванні [6].

Геометричне положення заготованки щодо різального інструменту і фіксацію заготованки при механічній обробці за вимогами [6] показують на схемі базування і закріплення. Схему базування і закріплення на кожну технологічну операцію і кожен установ в складі операції розробляють у вигляді операційного ескізу. На операційному ескізі заготованку деталі показують в тому стані, яке вона набуває в результаті виконання заданої операції.

В якості технологічних баз для операцій необхідно вибирати конструкторські бази деталі або поверхні, щодо яких задано положення найбільшої кількості оброблюваних поверхонь. При виборі технологічних баз для операцій виготовлення деталі необхідно керуватися принципами суміщення і сталості баз.

Принцип суміщення баз - в якості технологічних баз слід приймати конструкторські бази деталі у виробі.

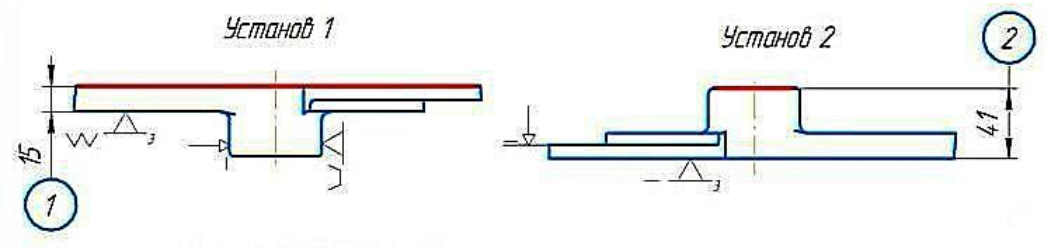
Принцип постійності баз - на всіх основних операціях використовують одні і ті ж технологічно бази. В цьому випадку відсутні можливі зсуви заготованки при кожній перестановці на нових операціях за рахунок зміни баз. Точність обробки заготованки при виконанні цього принципу буде найбільшою.

Технологічні бази для виконання кожної операції механічної обробки за-

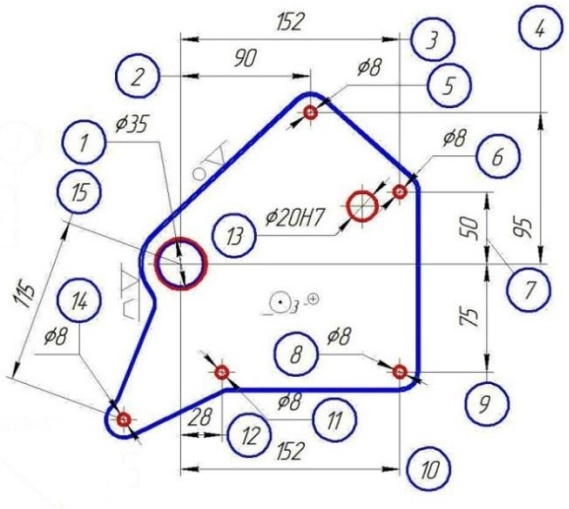
готованки за вимогами [6] призначають в два етапи. На першому етапі призначають технологічні бази, які необхідні для отримання найбільш відповідальних розмірів деталі або які можна використовувати при обробці більшості поверхонь заготованки деталі. На другому етапі вирішують питання про вибір поверхонь для базування заготованки на першій технологічній операції обробки [6].

На першій операції виготовлення деталі повинні бути оброблені ті поверхні заготованки деталі, які в подальшому будуть служити технологічною базою при чистової обробки. Для деталей з литих або штампованих заготованок в якості чорнових баз слід приймати поверхні, які в готовій деталі залишаться необробленими.

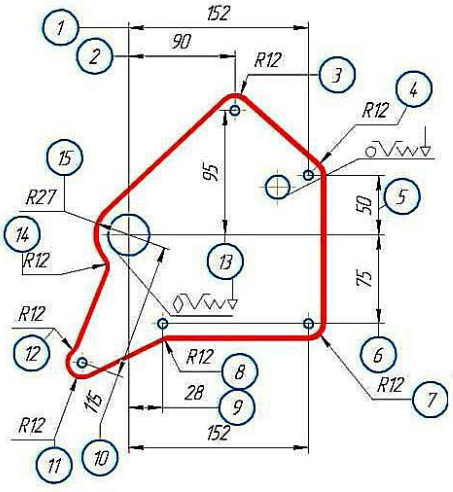
На основі вищевикладених принципів і рекомендацій призначимо технологічні бази для всіх операцій механічної обробки поверхонь штампованої заготованки деталі «Щока» (рисунок 2.15).



005 4262 «Горизонтально фрезерна» (два установа)

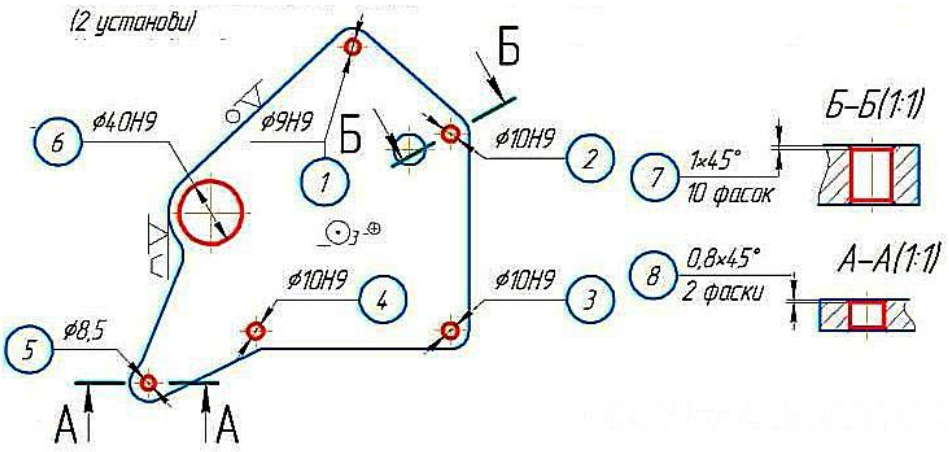


010 4214 «Вертикально-свердлильна»



015 4234 «Фрезерна з ЧПК»

Закінчення рисунку 2.15



020 4214 «Вертикально-свердлильна» (два установи)

Рисунок 2.15 - Схема базування та закріплення заготованки для операцій механічної обробки деталі «Щока»

Провівши аналіз схеми базування і закріплення заготованки для операцій механічної обробки деталі «Щока» можна зробити висновки:

- на першій операції в якості чорновий бази заготованки прийнята поверхню, яка в готової деталі залишається необробленою;

- на всіх операціях для зменшення похибки базування як чистових баз використовуються вже оброблені поверхні заготованки;

- для всіх операцій обробки різанням дотримується принцип суміщення технологічних і конструкторські баз;

- для операцій 010 і 020 дотримується принцип постійності баз.

2.2.6 Розрахунок режимів різання для операції «4234 Фрезерна з ЧПК»

Режим різання при фрезеруванні за рекомендаціями [9] визначають такі технологічні параметри:

– швидкість руху різання ***V,*** м/хв;

– швидкість руху подачі S , в тому числі S_z - подача на зуб, мм / зуб;

S_o - подача на оборот, мм / об; S_m - хвилинна подача, мм / хв;

– глибина різання t , мм;

– ширина фрезерування ***B,*** мм.

Призначення режимів різання при механічній обробці заготованки фрезеруванням виконують в такій послідовності [5]:

1. Вибір різновиду конструкції, геометричних розмірів та марки інструментального матеріалу кінцевої фрезі.

2. Призначення глибини різання ***t.***

3. Розрахунок подачі на зуб S_z .

4. Призначення періоду стійкості T кінцевої фрезі.

5. Розрахунок допустимої швидкості різання V кінцевої фрезі.

6. Розрахунок частоти обертання n кінцевої фрези.

7. Коригування значень n і S_m за паспортними даними фрезерного верстата з ЧПК моделі МА-655А (таблиця 2.7*)* в сторону зменшення.

8. Розрахунок сили P_z і потужності різання N_p та порівняння з паспортною потужністю верстата з ЧПК моделі МА-655А (див. таблицю 2.7*)*.

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики верстата з ЧПК моделі МА-655А [10]

Клас точності за ГОСТ 8-82	Н
Розміри робочої поверхні, мм	1250х500
Найбільше вертикальне переміщення каретки Z, мм	630
Межа частот обертання шпинделя, 1/хв	20-2500
Потужність привода головного руху, кВт	17
Швидкості робочих переміщень X, Y мм/хв	1-10000
Швидкості робочих переміщень Z мм/хв	1-7000
Прискорене переміщення за координатами X, Y, мм/хв	10000
Прискорене переміщення по координаті Z, мм/хв	7000
Кількість інструментів у магазині, шт.	8
Точність позиціонування X (стола) , мм	0,02
Точність позиціонування Y (повзуна) , мм	0,02
Точність позиціонування Z (вертикальна) , мм	0,02
Маса верстату, кг	10000

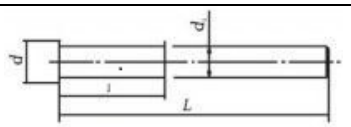
Призначення режимів різання для операції 4234 «Фрезерна з ЧПК» обробки заготованки деталі «Щока» виконуємо в рекомендованої [5] технологічної послідовності:

1. Як ріжучий інструмент для фрезерування по периметру заготованки деталі «Щока» на верстаті з ЧПК вибираємо фрезу кінцеву ГОСТ 17025-81.

З урахуванням ширини фрезерування B = 6 мм поверхонь заготованки, що обробляються на даній операції, з каталогу вибираємо кінцеву фрезу з циліндричним хвостовиком нормальної серії діаметром 16 мм (таблиця 2.8).

Таблиця 2.8 – Зовнішній вигляд і геометричні параметри кінцевої фрези





Геометричні параметри кінцевої фрези по ГОСТ 17025-81				
d	L	l	z	d_1
16	92	32	5	16

Матеріал ріжучої частини кінцевої фрези - твердий сплав марки Т15К6, який має високу твердість і червоностійкість та забезпечують високі показники при механічній обробці сплаву АК6, з якого виготовлена деталь «Щока».

2. Глибину різання t для чистового фрезерування заготованки призначаємо t = 0,5 мм з 1,7 мм прийнятого одностороннього операційного припуску згідно з проведеними раніше розрахунками (див. таблицю 2.5).

3. Подачу на зуб *Sz* при фрезеруванні кінцевими фрезами з інструментального матеріалу у вигляді твердого сплаву можна знайти [10] емпірично

$$S_z = 0{,}0432\frac{D^{0,45}}{t^{0,22}B^{0,1}}K_m,\ \text{мм/зуб} \qquad (2.10)$$

де коефіцієнт K_m береться для значень шорсткості *Ra25, Ra12,5; Ra6,3; Ra3,25* відповідно K_m = 1,5; 1,0; 0,65; 0,4. Приймаємо для шорсткості *Ra1,6* контурної обробки заготованки деталі «Щока» значення коефіцієнта *Km* = 0,4, тоді $S_z = 0{,}0432\frac{16^{0,45}}{0{,}5^{0,22}\cdot 6^{0,1}}0{,}4 = \ 0{,}059$ мм/зуб.

4. Період стійкості *T* фрезерного інструменту - кінцевої фрези призначають по нормативним даним [10] в залежності від оброблюваного матеріалу, виду, розмірів і матеріалу ріжучого інструменту

$$T = CD^X, \text{хв} \qquad (2.11)$$

де С, х – табличні значення для твердих сплавів, наведені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Дані для розрахунку періоду стійкості кінцевої фрези

Інструментальний матеріал	Значення	
	С	х
Твердий сплав	0,81	1,10

Тоді на підставі отриманих даних отримаємо $T = 0{,}81 \cdot 16^{1,1} = \ 17{,}1$ хв.

5. Розрахунок допустимої швидкості різання фрезерного інструменту визначаємо за емпіричною формулою [10]

$$V = \frac{37{,}3D^{0,45}}{t^{0,3}S_z^{0,2}B^{0,1}z^{0,1}}K_v, \text{м/хв}, \qquad (2.12)$$

де поправочний коефіцієнт *Kv* залежить [10] від виду і марки оброблюваного матеріалу заготованки деталі «Щока»і вибирається з таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Значення поправочного коефіцієнта *Kv*

Оброблюваний матеріал	АК6
Значення коефіцієнта *Kv*	1,0

На підставі отриманих даних допустима швидкість різання заготованки деталі «Щока» має величину $V = \frac{37{,}3\cdot 16^{0,45}}{0{,}5^{0,3}\cdot 0{,}047^{0,2}\cdot 6^{0,1}\cdot 5^{0,1}}1{,}0 = 175{,}68\ $ м/хв.

6. Визначимо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата по співвідношенню $n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000\cdot 151{,}68}{3{,}14\cdot 16} = 3495\ 1/\text{хв}.$

7. Технічні характеристики фрезерного верстата з ЧПК моделі МА-655А (див. таблицю 2.7) не забезпечують розрахункову частоту обертання шпинделя.

Тому приймаємо частоту обертання шпинделя верстата $n_{\text{прин}} = 2500$ 1/хв. Тоді фактична швидкість різання $V_{\text{ф}} = \frac{\pi D n_{\text{прин}}}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 16 \cdot 2500}{1000} = 125{,}66$ м/хв.

Розрахуємо хвилинну подачу для чистового фрезерування заготованки деталі «Щока» $S_{\text{хв}} = S_z z n_{\text{прин}} = 0{,}059 \cdot 5 \cdot 2500 = 732$ мм/хв. Технічні характеристики верстата з ЧПК моделі МА-655А (див. таблицю 2.7) забезпечують дану хвилинну подачу робочих переміщень кінцевої фрези по траєкторії програмної обробки заготованки деталі «Щока».

8. Силу різання для фрезерування кінцевою фрезою заготованки деталі «Щока» розраховуємо за формулою [10]

$$P = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^u z K}{D^q n^w}, H \qquad (2.13)$$

де C_p – коефіцієнт пропорційності. Для твердого сплаву значення $C_p = 34{,}5$;

K – поправочний коефіцієнт , що враховує конкретні умови роботи;

x, y, u, q, w – показники ступеня, які наведені в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Значення коефіцієнтів для розрахунку сили різання [10]

Інструментальний матеріал	Коефіцієнт і показники степеню у формулі сили різання				
	x	y	u	q	w
Твердий сплав	0,85	0,75	1,00	0,73	0,13

Поправочний коефіцієнт K враховує вплив на силу різання міцностних характеристик оброблюваного матеріалу, матеріалу ріжучої частини фрези, головного φ и переднього кута γ зуба фрези [10]. Коефіцієнт K дорівнює добутку ряду поправочних коефіцієнтів $K = K_{M_p} K_{V_p} K_{\varphi_p} K_{\gamma_p}$.

Коефіцієнт K_{M_p} при фрезеруванні алюмінієвих сплавів дорівнює 0,25. Далі визначаємо значення переднього кута зуба кінцевої фрези дlя обробки алюмінієвих сплавів $\gamma = 15^{\text{o}}$.

Коефіцієнт K_{V_p} для позитивних передніх кутів зуба кінцевої фрези розраховується за емпіричними формулою $K_{V_p} = \frac{1{,}92}{V^{0.14}} = \frac{1{,}92}{78{,}54^{0{,}14}} = 1{,}04$. Для головного кута фрези в плані φ=90$^{\text{o}}$ приймаємо величину коефіцієнта $K_{\varphi_p} = 0{,}87$. Коефіцієнт K_{γ_p} для позитивних передніх кутів зуба кінцевої фрези розраховується за емпіричними формулою [10] як $K_{\gamma_p} = \frac{1{,}36}{\gamma^{0.15}} = \frac{1{,}36}{15^{0{,}15}} = 0{,}91$. Тоді поправочний коефіцієнт $K = 0{,}25 \cdot 1{,}04 \cdot 0{,}87 \cdot 0{,}91 = 0{,}21$.

На підставі формули (2.13) розраховуємо силу різання кінцевої фрези при фрезеруванні $P = \frac{10 \cdot 34{,}5 \cdot 0{,}5^{0{,}85} \cdot 0{,}059^{0{,}75} \cdot 6^{1{,}0} \cdot 5 \cdot 0{,}21}{16^{0{,}73} \cdot 2500^{0{,}13}} = 250$ Н. Визначимо потужність різання кінцевої фрези як $N = \frac{PV_{\text{ф}}}{61200} = \frac{250 \cdot 125{,}66}{61200} = 0{,}5$ кВт.

Технічні характеристики вертикально-фрезерного верстата з ЧПК моделі МА-655А (див. таблицю 2.7) забезпечують необхідну потужність різання при контурному фрезеруванні кінцевою фрезою заготованки деталі «Щока».

2.2.7 Методика розробки РТК для програмної обробки деталі «Щока»

Конструктивно-технологічний аналіз оброблюваних поверхонь деталі «Щока» (див. рисунок 2.12 та таблицю 2.4) показує, що зовнішні циліндричні та плоскі поверхні 1...15 можуть бути виготовлені тільки фрезеруванням на верстаті з ЧПК. Фрезерні верстати з ЧПК і автоматичною зміною інструменту призначені для обробки по керуючій програмі деталей складної криволінійної форми. На верстатах з ЧПК можна виробляти фрезерування площин, пазів, зовнішніх і внутрішніх фасонних контурів з високою точністю [11]. Для виконання операції 015 4234 «Фрезерна з ЧПК» був обраний фрезерний верстат з ЧПК моделі МА-655А, технічні характеристики якого наведені в таблиці 2. 7.

Крім операційного ескізу, обов'язковим елементом операційної технології обробки на верстатах з ЧПК є кінематична схема переміщення інструменту для кожного технологічного переходу - розрахунково-технологічна карта (РТК).

Відповідно до стандартних вимог [4] РТК повинна містити наступні дані:

– прямокутну систему координат ***XMY*** фрезерного верстата з ЧПК з початком відліку в нульовій точці верстата ***M***;

– прямокутну систему координат деталі $\boldsymbol{X_0MY_0}$ з початком відліку в нульовій точці деталі ***W***;

– координати вихідної точки інструменту ***O***, визначеної щодо нульової точки верстата для початку роботи інструменту по керуючій програмі;

– контур деталі, що підлягає обробці, із зазначенням схеми базування і закріплення заготованки;

– траєкторію руху вихідної точки інструменту ***O*** в системі координат верстата ***XMY***.

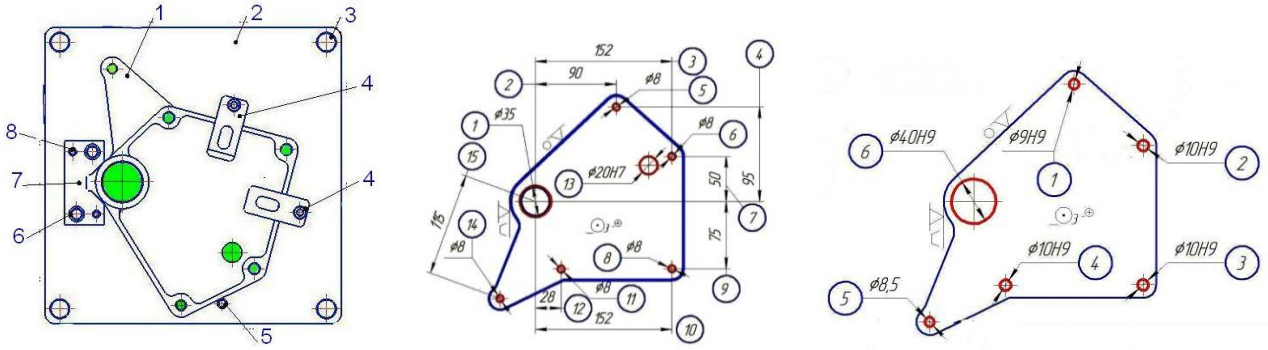
На лінії руху інструменту позначають опорні точки - геометричні та технологічні, в яких відбувається зміна геометрії траєкторії або умов обробки.

Опорна геометрична точка - точка розрахункової траєкторії, в якій змінюється закон, за яким описана траєкторія. *Опорна технологічна точка* - точка розрахункової траєкторії, в якій відбувається зміна умов протікання технологічного процесу. Основною лінією позначають ділянки робочого ходу, пунктирною - допоміжного. Напрямок обходу задають стрілками на кожній ділянці траєкторії руху вершини інструменту. *Центр інстру-менту* - нерухома щодо державки точка інструменту, по якій ведеться розрахунок траєкторії.

РТК для операції 015 4234 «Фрезерна з ЧПК» оброблення заготованки деталі «Щока» представлена у Додатках.

2.2.8 Комп'ютерне проектування верстатного пристрою

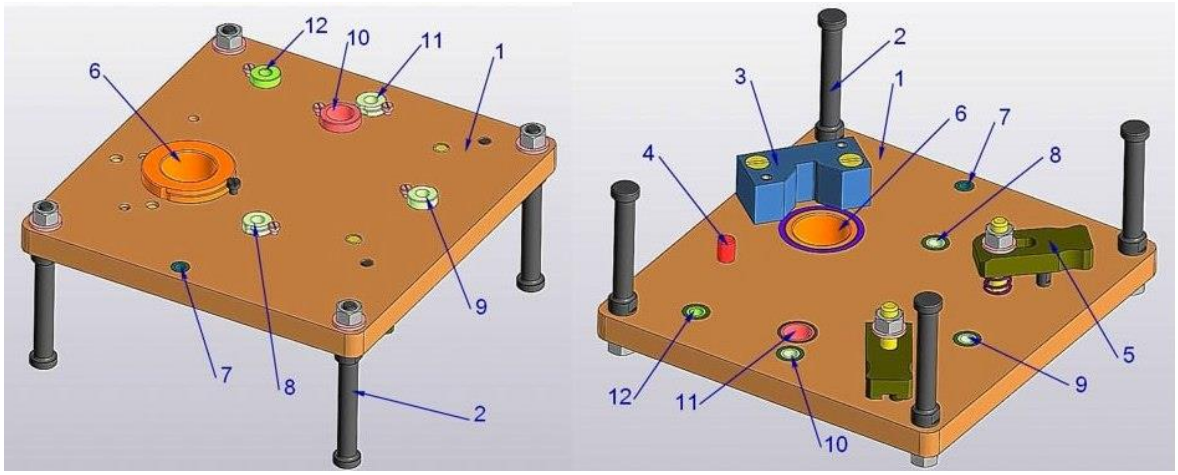
На етапі проектування верстатного пристрою для двох операцій обробки деталі «Щока» був обраний одномісний кондуктор із швидкозмінними кондукторними втулками та ручним закріпленням заготованки (рисунок 2.16).



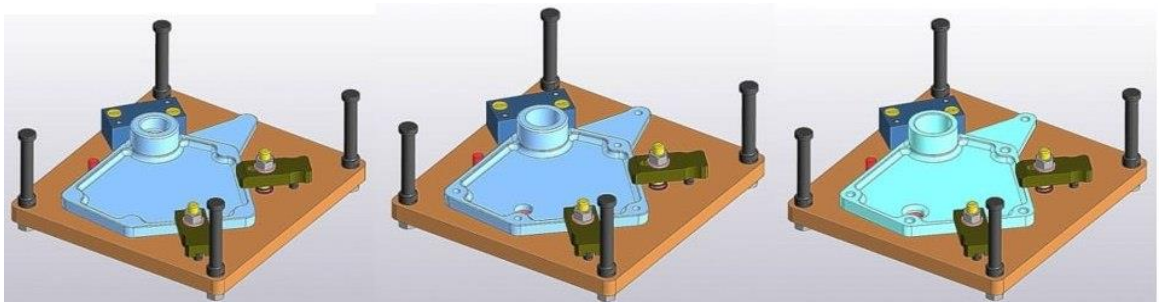
а б в

Рисунок 2.16 - Схема кондуктора (а) та операційні ескізи (б, в) для виготовлення семи отворів деталі «Щока»: 1 – заготованка; 2 – плита; 3 – стояк; 4 – прихоплювач; 5 – упор; 6 - гвинт; 7 - призма; 8 - штифт

Кондуктор (рисунок 2.17, а, б) призначений для базування і закріплення заготованки деталі «Щока» при обробці семи отворів діаметрами 8,5H14, 9H9, 10H9, 20H7 та 40H9 на вертикально-свердлильному верстаті моделі 2H125.



а б



в г д

Рисунок 2.17 - Комп'ютерні моделі етапів функціонування кондуктора

На рисунку 2.17 наведено основні технологічні етапи функціонування кондуктора: а - у робочому положенні; б - у відкритому положенні; в - після базування та закріплення заготованки деталі «Щока»; г - після попередньої обробки комплекту отворів; д - після остаточної обробки комплекту отворів.

Проектування кондуктора полягає у створенні 3D моделей всіх деталей пристрою. Як приклад опишемо створення однієї з деталей – плити. Вибираємо площину, на якій створюємо ескіз деталі по зовнішньому контуру. За допомогою операції «Витягнута бобишка/основа» витягуємо цей контур. По черзі створюємо ескізи отворів і за допомогою операції «Витягнутий виріз» вирізаємо отвори в зовнішньому контурі. В результаті виконаних операцій отримуємо плиту кондуктора (рисунок 2.18, а).

Далі за допомогою САПР Compas 3D окремо створюємо всі деталі, що входять до пристрою. Для проектування складання пристрою відкриваємо новий документ Compas 3D - складання. Як базову деталь використовуємо плиту, яку фіксуємо на початку координат (рисунок 2.18, б).

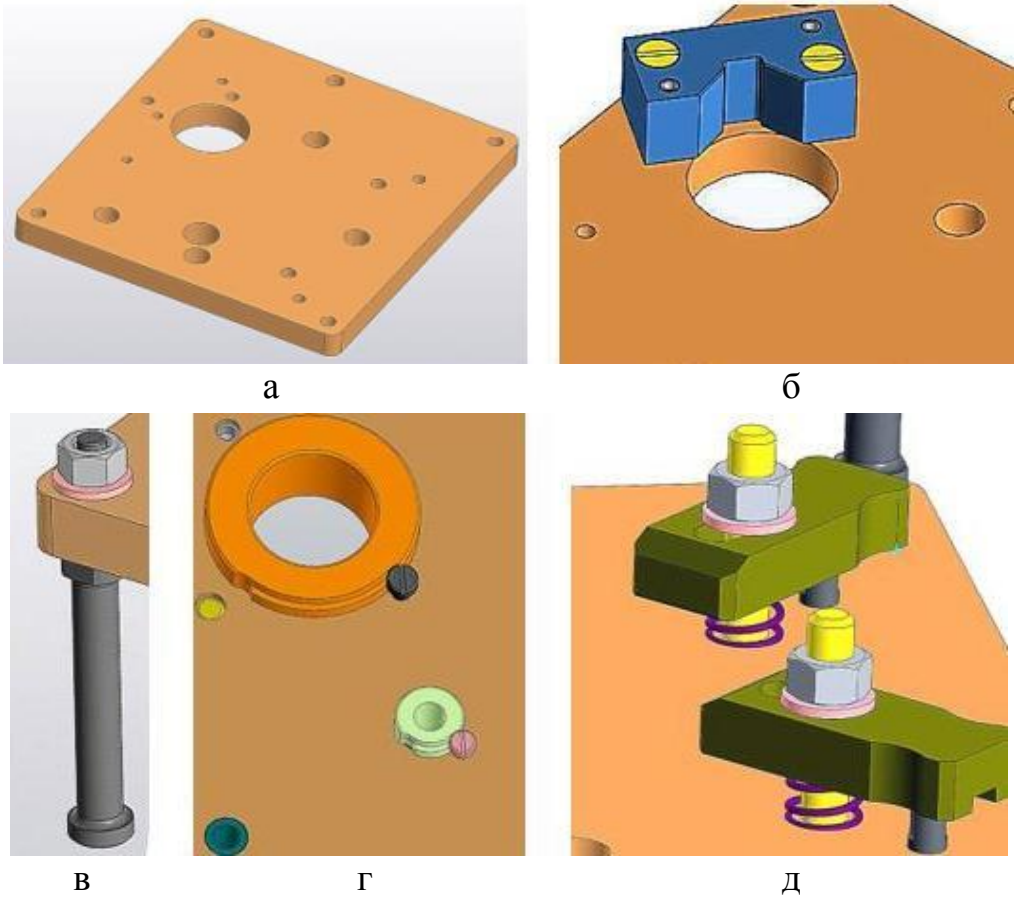


Рисунок 2.18 - Комп'ютерні твердотільні моделі елементів кондутора:
а - плита; б - призма, гвинти та штифти на плиті; в - ніжка, гайка
та шайба у зборі на плиті; г - дви втулки швидкозмінні з гвинтами
та одна втулка постійна на плиті; д - два прихоплювача

У кутові отвори плити кондуктора встановлюємо та за допомогою гайок та шайб прикріпляємо чотири ніжки (рисунок 2.18, в). У отвори в плиті з зовнішньої сторони встановлюємо постійні та швидкозмінні втулки, які у робочому положенні фіксуються гвинтами (рисунок 2.18, г).

Далі за допомогою САПР Compas-3D встановлюємо у вигляді стандартної комплектації двох прихоплювачів (рисунок 2.18, д) такі конструктивні елементи - шпильки, регульовані штирі, рухливі планки, гайки, пружини, шайби.

Складальний кресленик кондуктора для виготовлення семи отворів заготованки деталі «Щока» технологічними методами свердління, розсвердлювання, зенкерування та розгортання знаходиться у Додатку.

2.2.9 Розрахунок похибки обробки отворів технологічними методами

Для виконання точнісних розрахунків спеціального верстатного пристрою - кондуктора складемо схему, на якій показано сполучення двох кондукторних втулок - швидкозмінної та постійної (рисунок 2.19, а).

Втулки - це високоточні елементи кондуктора, які визначають положення та напрямок руху осьових інструментів для попередньої та чистової обробки отворів. Для розгортки - інструмента, що завершує чистову обробку отвору, вибираємо стандартну швидкозмінну кондукторну втулку [10].



а б

Рисунок 2.19 - Схемі сполучення двох кондукторних втулок (а) та розташування полів допусків (б) деталі, втулки та розгортки; 1 - плита; 2 - втулка постійна; 3 - втулка швидкозмінна

Номінальний діаметр найточнішого із семи отворів деталі «Щока» розміром 20H7 (див. рисунок 2.16, б) складає 20 мм. Відхилення для квалітету отвору H7 лежать у діапазоні від 0 до +21 мкм. Фактичний діаметр готового отвору може лежать в діапазоні від 20,000 до 20,021 мм (рисунок 2.19, б).

Щоб у процесі обробки отримати отвір з допуском H7, розгортку виготовляють із більш жорстким плюсовим допуском. Її фактичний діаметр знаходиться в діапазоні від 20,009 мм до 20,017 мм (див. рисунок 2.19, б).

Допуски на діаметри отворів кондукторних втулок для проходження свердла та зенкера встановлюють по посадці f7, а для розгортки - по посадці g7 системи

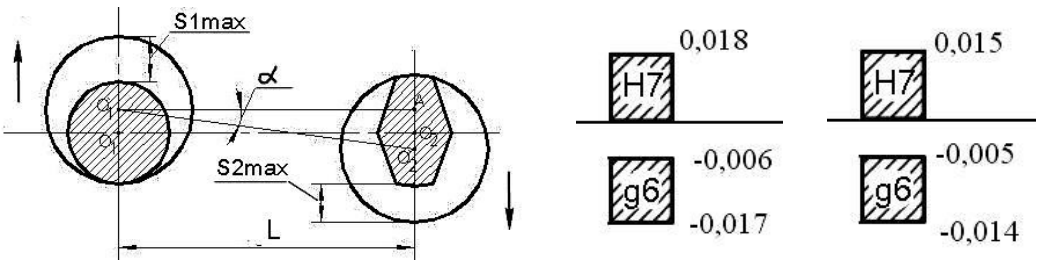
валу [10]. У нашому випадку допуск на отвір швидкозмінної втулки для розгортання складе діапазон від (+9) до (+17) мкм (див. рисунок 2.19, б).

Невказані граничні відхилення розмірів деталі «Щока» задані на кресленике за квалитетом точності ± IT14/2, що для лінійних розмірів до 60 мм становить величину ±0,1 мм.

Визначимо допустиму похибку виготовлення кондуктора, що забезпечує отримання міжцентрового розміру 50 мм (див. рисунок 2.16, б) за квалитетом точності ± IT14/2 у вигляді суми зазорів S_1 та S_2, де S_1 = 0,028 мм - максимальний зазор між швидкозмінною та постійною втулками; S_2 = 0,017 мм - максимальний зазор між швидкозмінною втулкою та розгорткою. Сумарна похибка виготовлення кондуктора становить 0,045 мм, це забезпечує високу точність взаємного розташування отворів у деталі «Щока».

Кондуктор відповідно до технологічного маршруту обробки заготіванки деталі «Щока» (див. таблицю 2.6) застосовують повторно після фрезерування контуру на верстаті з ППК. Базування заготованки на операції фрезерування проводять за посадкою з гарантованим зазором 30H7/g6 на циліндричний палець і зрізаний (ромбічний) палець з гарантованим зазором 20H7/g6.

Схема для визначення зміщення та повороту заготованки деталі при встановленні на циліндричний та зрізаний пальці показана на рисунку 2.20, а. Схема допусків щодо посадки 30H7/g6 показана на рисунку 2.20, б, щодо посадки 20H7/g6 - на рисунку2.20, в.



а б в

Рисунок 2.20 - Схема розрахунку похибки базування при встановлення заготованки на циліндричний та зрізаний пальці

Найбільший кут повороту α заготованки (див. рисунок 2.20, а) з урахуванням максимального зміщення отворів заготованки деталі «Щока» на циліндричному та зрізаному пальцях дорівнюватиме

$$\alpha = \text{arctg}\ \{(S_{1\ max1} + S_{2max})/2L\}, \qquad (2.14)$$

де α – кутове зміщення заготованки у градусах;

S_{1max} , S_{2max} – найбільші зазори в парних з'єднаннях «отвір – циліндричний та зрізаний пальці», мм;

L – номінальна відстань між центрами отворів та пальців, мм.

Тоді для величини зазорів S_{1max} = 0,035 мм, S_{2max} = 0,029 мм та міжцентро-

вої відстані L = 120 мм найбільший кут повороту α заготованки деталі «Щока» складе величину α=arctg {(0,035 +0,029)/2·120} = arctg 0,00128=0,07°.

Величина кутового зміщення на циліндричному та зрізаному пальцях з таким значенням при контурному фрезеруванні матиме незначний вплив на точність повторного базування заготованки деталі «Щока» в кондукторі.

2.2.10 Розрахунок зусилля закріплення заготованки у кондукторі

Сила різання, що виникає в процесі свердління заготованки деталі, прагне розгорнути заготованку деталі на опорі плити кондуктора. Зсуву заготованки 1 на опорі 2 плити кондуктора перешкоджатимуть сили тертя, що виникають між опорою плити кондуктора та заготованкою, а також між притискною планкою 3 прихоплювача та заготованкою (рисунок 2.21).

Розрахункова формула для визначення зусилля $P_з$ ручного затискання гвинта прихоплювача кондуктора за допомогою гайкового ключа має вигляд

$$P_з = \frac{P_и \cdot L}{d_{ср} \cdot tg(\alpha+\varphi)+k}, \qquad (2.15)$$

де $P_и$ – зусилля, прикладене рукою станочника до гайкового ключа;

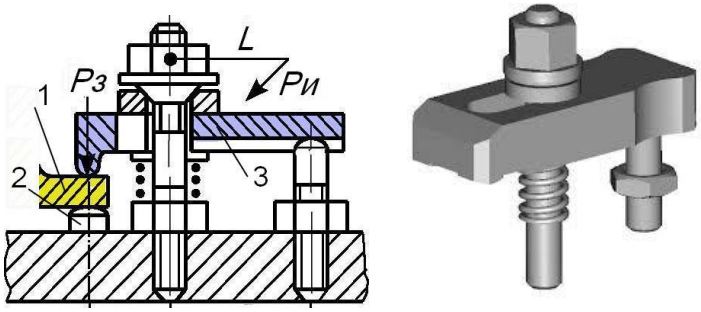
$d_{ср} = 12$ мм – середній діаметр різьби гвинта прихоплювача;

L = 240 мм – приблизна довжина стандартного гайкового ключа;

$\alpha = 2°30'$ – кут підйому метричного різьблення гвинта прихоплювача;

$\varphi = 6°30'$ – кут тертя у різьбовому з'єднанні прихоплювача;

$k = 0{,}8$ – коефіцієнт сумарних зусиль тертя між плитою кондуктора та заготованкою, а також між затискним пристроєм та заготованкою.



а б

Рисунок 2.21 - Схема забезпечення нерухомості заготованки (а) стандартним прихоплювачем (б)

Тоді ручного затискання гвинта прихоплювача кондуктора за допомогою гайкового ключа складе $P_з = \frac{P_и \cdot 240}{12 \cdot tg(2°30'+6°30')+0{,}8} = 89{,}02P_и$.

Для попереднього свердління отворів у заготованке деталі «Щока» обираємо свердло діаметром D = 20 мм з інструментального матеріалу марки Р6М5. За рекомендаціями [10] та характеристиками свердлильного верстата обираємо

величину оборотної подачі свердла S = 0,56 мм/об.

Швидкість різання при свердлінні визначають аналітично [10] як

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_V, \quad (2.16)$$

де C_V– коефіцієнт, що враховує умови оброблення, $C_V = 40{,}7$;

$m = 0{,}125;\ q = 0{,}25;\ y = 0{,}4$ – показники ступеня;

T – період стійкості інструменту, приймаємо для свердління $T = 60$ хв.

K_V – узагальнений поправочний коефіцієнт, що враховує зміни фактичних умов оброблення стосовно табличних данных: $K_V = K_{M_V} K_{u_V} K_{l_V}$,

де K_{M_V} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготованки, $K_{M_V} = 1$;

K_{u_V} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу інструменту, $K_{u_V} = 1$;

K_{l_V} – коефіцієнт, що враховує вплив довжини отвору, $K_{l_V} = 1$.

Тоді швидкість різання при свердлінні $V = \frac{40{,}7 \cdot 20^{0{,}25}}{60^{0{,}125} \cdot 0{,}56^{0{,}4}} = 65{,}1$ м/хв.

Під час налаштування свердлувального верстату необхідно встановити частоту обертання шпинделя, яка забезпечує розрахункову швидкість різання. Розрахункова частота обертання шпинделя $\mathrm{n} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 65{,}1}{\pi \cdot 20} = 1035$ 1/хв. За паспортом свердлувального верстата приймаємо $\mathrm{n} = 1000$ 1/хв. Тоді фактична швидкість різання $V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 20 \cdot 710}{1000} = 62{,}8$ м/хв.

Крутний момент під час свердління визначають аналітично [10] як

$$M_{\text{кр}} = 10 C_M D^q S^y K_p\ , \quad (2.17)$$

де $C_M = 0{,}005;\ q = 2;\ y = 0{,}8;\ K_p = 2{,}75$.

Тоді величина $M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0{,}005 \cdot 20^2 \cdot 0{,}56^{0{,}8} \cdot 2{,}75 = 34{,}6$ Н · м.

Осьова сила під час свердління визначається співвідношенням [10] як

$$P_0 = 10 C_P D^q S^y K_p, , \quad (2.18)$$

де $C_P = 9{,}8;\ q = 1;\ y = 0{,}7;\ K_p = 2{,}75$.

Тоді величина $P_0 = 10 \cdot 9{,}8 \cdot 20^1 \cdot 0{,}56^{0{,}7} \cdot 2{,}75 = 3592$ Н.

Зусилля $P_з$ ручного затискання гвинта прихоплювача кондуктора за допомогою гайкового ключа визначають за співвідношенням

$$P_{\text{з}} = \frac{K M_{\text{кр}}}{f d}, \quad (2.19)$$

де K – коефіцієнт запасу, приймаємо K = 1,5;

f – коефіцієнт, враховуючий умови контактного тертя, приймаємо f = 0,25;

d – відстань між віссю свердління та точкою притиску, приймаємо згідно кресленика деталі «Щока» d = 0,05 м.

Тоді зусилля ручного затискання $P_{\text{з}} = \frac{K \cdot M_{\text{кр}}}{f \cdot d} = \frac{1{,}5 \cdot 34{,}6}{0{,}25 \cdot 0{,}05} = 4152$ Н.

При виборі силового механізму кондуктора з ручним гвинтовим при-

хоплювачем необхідно враховувати, що робітник може прикладати до гайкового ключа допустиме за фізіологічними вимогами зусилля не більше P_u = 150 Н.

З отриманого згідно з формулою (2.15) співвідношення $P_з = 89{,}02P_u$ та розрахованої величини $P_з = 4152$ Н можно определить зусилля, прикладене рукою станочника до гайкового ключа P_u = 46,64 Н, яке менше допустимого за фізіологічними вимогами.

3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Вихідні дані для розрахунку собівартості складання шпангоуту № 32

В економіці будь-якої країни незалежно від галузевої приналежності підприємств *собівартість продукції* [12] - це грошовий вираз витрат підприємства на виробництво та реалізацію товарів чи послуг, що включає сировину, матеріали, енергію, зарплату персоналу та амортизацію.

На основании рекомендаций [12] приймаємо такі вихідні дані для розрахунку собівартості складання шпангоуту № 32 літака Ан-72:

1. Маса шпангоуту № 32 згідно складального кресленика – 6,49 кг.

2. Обладнання, що використовується: клепальний прес КП-204 – 1 шт.;

3. Площа складального пристрою або слюсарного верстака з урахуванням виробничих проходів – 3,5 м^2.

4. Слюсарі-складальники IV розряду – 1 люд.; III розряду – 1 люд.;

5. Річна програма складання шпангоуту № 32 № = 16 шт.

Собівартість С та капітальні витрати К, які необхідні для проведення економічної оцінки [12] складання шпангоуту № 32, визначають в гривнях за питомими показниками на один кілограм маси G складальної конструкції:

- питомої трудомісткості $k_{уд}$, (люд·год)⁄кг;
- питомої вартості оснащення $С_{со}$, грн/кг.

3.2 Розрахунок собівартості складання шпангоуту № 32 за укрупненими показниками

Технологічна собівартість складальної одиниці визначається [12] як

$$С=З+О+Е+А\ , \qquad (3.1)$$

де З – заробітна плата слюсарів-складальників;

О – витрати на технологічне оснащення;

Е– експлуатаційні витрати;

А– амортизаційні відрахування на спеціальне обладнання. Для складання шпангоуту № 32 амортизаційні відрахування не враховуємо, тому що клепальний прес моделі КП-204 є універсальним технологічним цеховим обладнанням.

Заробітну плату слюсарів-складальників визначаємо за формулою [12]

$$З = К_{уд}Ga, \qquad (3.2)$$

де $К_{уд}$ - питомна трудомісткость складання вузла, люд · год/кг;

G - маса шпангоуту № 32 літака Ан-72, G = 6,49 кг;

а - годинна тарифна ставка слюсаря-складальника, грн/год.

Розрахунок часової тарифної ставки слюсаря-складальника IV розряду

$$l_{IV} = l_I k_{IV} = 125 \cdot 1{,}65 = 206{,}25 \text{ грн/год}, \qquad (3.3)$$

де $k_{IV} = 1{,}65$ - тарифний коефіцієнт слюсаря-складальника IV розряду [12];

l_1 - мінімальна годинна тарифна ставка слюсаря-складальника, на сьогодні

для підприємств авіаційної галузі прийнята величина l_1 = 125 грн [12].

Розрахунок часової тарифної ставки слюсаря-складальника III розряду:

$$l_{III} = l_I k_{III} = 125 \cdot 1{,}40 = 175 \text{ грн/год}, \quad (3.4)$$

де $k_{III} = 1{,}40$ - тарифний коефіцієнт слюсаря-складальника III розряду [12].

Середня годинна ставка слюсарів-складальників обчислюється як

$$L=0{,}5l_1(k_{III}+k_{IV}), \quad (3.5)$$

де k_{III} = 1,4 - коефіцієнт для слюсаря-складальника III розряду;

k_{IV} =1,65 – коефіцієнт для слюсаря-складальника IV розряду;

l_1 = 125 грн/год – мінімальна галузева годинна тарифна ставка слюсаря-складальника.

Тоді середня годинна ставка слюсарів-складальників шпангоуту № 32 літака Ан-72 складе таку величину: $L = 0{,}5 \cdot 125 \cdot (1{,}40 + 1{,}65) = 190{,}63$ грн/год.

Величини галузевий питомої трудомісткості складання шпангоуту № 32 літака Ан-72 по складальним отворам $К_{уд.о}$ і у складальному пристрої $К_{уд.ст}$ визначають з графіка (рисунок 3.1) за рекомендаціями [3].

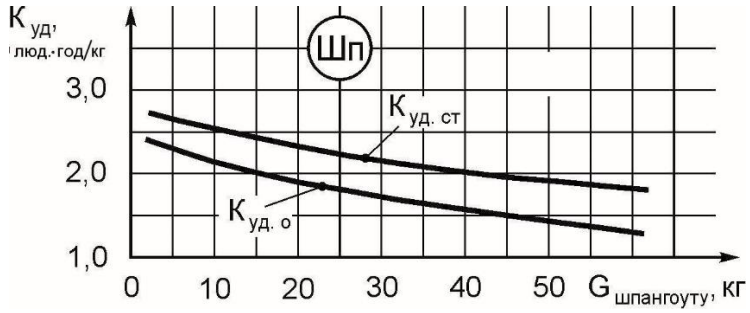


Рисунок 3.1-Графік залежності питомої трудомісткості складальної одиниці «Шпангоут» від ваги складальної одиниці [3]

Для шпангоуту № 32 масою 6,49 кг питомна трудомісткість складання по СО имеет значение $К_{уд.о} = 2{,}3$ люд · год/кг. Аналогічно питомна трудомісткість складання у складальному пристрої $К_{уд.ст} = К_{уд.ПР} = 2{,}6$ люд · год/кг.

Питома трудоємність при складанні шпангоуту № 32 літака Ан-72 за СО згідно з рекомендаціями [3] має поправочний коефіцієнт К до $К_{уд.о}$

$$К_{уд.СО} = КК_{уд.О} \text{ люд} \cdot \text{год/кг}, \quad (3.6)$$

де $К = 0{,}7 \ldots 0{,}9$. У навчальних цілях приймемо значення $К = 0{,}8$.

Тоді величина питомої трудомісткості складання шпангоуту № 32 літака Ан-72 за СО буде мати значення $К_{уд.СО} = 0{,}8 \cdot 2{,}6 = 2{,}08$ люд · год/кг.

Складання шпангоуту № 32 літака Ан-72 за СО не вимагає високих професійних навичок, тому може виконуватися слюсарем-складальником III розряду. При цьому складання шпангоуту № 32 літака Ан-72 у спеціальному пристрої вимагає високих професійних навичок на рівні IV розряду одного слюса-

ря-складальника та III розряду другого слюсаря-складальника.

Виходячи з залежностей (3.3)...(3.6), заробітна плата слюсарів-складальників для двох методів складання шпангоуту № 32 літака Ан-72 дорівнює:

$З_{СО} = 2{,}08 \cdot 6{,}49 \cdot 175 = 2362$ грн. $З_{ПР} = 2{,}6 \cdot 6{,}49 \cdot 190{,}63 = 3217$ грн.

Витрати на технологічне оснащення при складанні шпангоуту № 32 літака Ан-72залежать від річної програми випуску, методу складання та може бути визначени за формулою [12] як

$$О = \frac{GC_{ос}}{2N} m_{пр}, \quad (3.7)$$

де G - маса об'єкта, що складається (шпангоуту №32), G = 6,49 кг;

$с_{ос}$- питома вартість оснащення на один кілограм маси об'єкта, що складається (шпангоут № 32 літака Ан-72), грн/кг;

2 - кількість років списання витрат на технологічне оснащення;

N - річна програма випуску літака Ан-72, для складання шпангоуту № 32 річна програма буде рівна № = 16 вир/рік;

$m_{пр}$- прийнята кількість однакових складальних пристроїв для виконання заданої річної програми виготовлення шпангоуту № 32 літака Ан-72.

Питомну вартість оснащення на один кг маси об'єкта, що складається (шпангоуту № 32), виходячи з вартості швелера для каркаса складального пристрою та каркаса слюсарного верстака [3], приймаємо в навчальних цілях:

- при складанні шпангоуту № 32 за СО приймаємо $с_{ос\,СО}$ = 150 грн/кг;
- при складанні шпангоуту № 32 у пристрою приймаємо $с_{ос\,ПР}$ = 200 грн/кг.

Для використання у формулі (3.7) величину $m_р$ знайдемо за формулою [3] як

$$m_р = \frac{TN}{Ф_д P}, \quad (3.8)$$

де Т- трудомісткість складання шпангоуту № 32 в пристрою визначається як

$$Т = К_{уд.с} G. \quad (3.9)$$

Підставляючи формулу (3.9) в формулу (3.8), отримаємо наступни аналітичні співвідношення при складанні шпангоуту № 32 по СО та у пристрою

$$m_Р = \frac{К_{уд.СО} GN}{Ф_Д P}, \; m_Р = \frac{К_{уд.ПР} GN}{Ф_Д P}, \quad (3.10)$$

де $Ф_Д$- дійсний річний фонд віддачі оснащення, приймаємо $Ф_Д = 2030$ год;

Р- кількість працюючих на одному пристрою (два слюсаря-складальника).

Тоді $m_{Р.СО} = \frac{2{,}08 \cdot 6{,}49 \cdot 16}{2030 \cdot 2} = 0{,}05$; $m_{Р.ПР} = \frac{2{,}6 \cdot 6{,}49 \cdot 16}{2030 \cdot 2} = 0{,}06$. Приймаємо необхідну кількість пристроїв для складання шпангоуту № 32 як $m_{ПР} = 1$.

Тоді $О_{СО} = \frac{6{,}49 \cdot 150}{2 \cdot 16} \cdot 1 = 30{,}4$ грн/шт; $О_{ПР} = \frac{6{,}49 \cdot 200}{2 \cdot 16} \cdot 1 = 40{,}6$ грн/шт.

Експлуатаційні витрати складання шпангоуту № 32 включають витрати на амортизацію виробничих будівель та визначаються за виразом [3] як

$$E = 0{,}625V/N, \quad (3.11)$$

де V – об’єм складального цеху, який знаходиться за формулою:

$$V = h\sum \omega_i \cdot m_i \quad (3.12)$$

де ω_i- площа одного робочого місця слюсаря-складальника, м^2;

h - висота цеху (h = 10...14 м), приймаємо h = 12 м. Для площі пристрою та слюсарного верстака з урахуванням виробничих проходів V = 12·2·3,5 = 84 м^3.

Після об'єднання формул (3.12) та (3.11) знайдемо загальну величину експлуатаційних витрат для складання шпангоуту № 32 літака Ан-72за СО та у пристрою $E_{CO} = 0{,}625 \cdot \frac{84}{16} = 5{,}25$ грн.

Маючи в своєму розпорядженні величину $m_{ПР}$ для складання шпангоуту № 32 літака Ан-72, можна розрахувати капітальні вкладення за формулою

$$K = c_{co}Gm_{ПР}. \quad (3.13)$$

Тоді капітальні вкладення для складання шпангоуту №32 літака Ан-72 за СО складуть таку величину $K_{C.O} = 150 \cdot 6{,}49 \cdot 1 = 974$ грн.

Аналогично капітальні вкладення для складання шпангоуту №32 літака Ан-72 у пристрою складуть таку величину $K_{ПР} = 200 \cdot 6{,}49 \cdot 1 = 1298$ грн.

Відповідно до формули (3.1) знайдемо технологічну собівартість складання шпангоуту № 32 літака Ан-72 двома методами складання:

- для складання за СО

$$C_{CO} = 2362 + 30{,}4 + 5{,}25 = 2397{,}65 \text{ грн/шт};$$

- для складання за допомогою пристрою

$$C_{ПР} = 3217 + 40{,}6 + 5{,}25 = 3262{,}85 \text{ грн/шт}.$$

Висновки:

1.Виходячи з отриманих значень технологічної собівартості складання шпангоуту №32 літака Ан-72, видно, що собівартість складання у пристрою більша, ніж при складанні за СО.

2.Метод складання авіаційних обводоутворювальних конструкцій типу шпангоутів з СО не забезпечує заданої точності та взаємозамінності.

3. Складність форм, великі розміри й висока точність обводоутворювальних поверхонь сучасних літаків та вертольотів вимагають застосування складальних пристроїв для вузлового складання та стапелів для складання агрегатів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 2974-95. Технологічне підготовлення виробництва. Основні терміни та визначення. – Чинний з 01.07.1996. – Київ : УкрНДНЦ, 1995. – 37 с.

2. Конструкція конкретного типу повітряного судна. Літак Ан-72 : навч. посіб. / С. С. Юцкевич. - Київ : НАУ, 2013. - 140 с.

3. Проектування деталей, вузлів і агрегатів літака: навч. посіб. / Л. А. Малашенко, В. І. Рябков, А. А. Кобилянський, О. Г. Лебединський. Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 1998. - 86 с.

4. Технологія виробництва літальних апаратів : підручник. У 2 кн. Кн. 2. Технологія складання літальних апаратів / І. А. Гриценко, К. А. Животовська, О. В. Мамлюк, Ю. М. Терещенко. – Київ : Вища освіта, 2004. – 448 с.

5. Технологія, устаткування і оснащення для виготовлення деталей літальних апаратів з видаленням припуску : підручник / Ю. В. Д'яченко, В. Т. Сікульський, І. О. Воронько, О. К. Горлов, К. В. Майорова, О. В. Шипуль. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2024. – 177 с.

6. ДСТУ 2232-93. Базування та бази в машинобудуванні. Терміни та визначення. – Введ. 01.07.94. – Київ : Держстандарт України, 1994. – 35 с.

7. ДСТУ 2391-94. Система технологічної документації. Терміни та визначення. – Введ. 22.10.94. – Київ : Держстандарт України, 1994. – 47 с.

8. ДСТУ 2233-93. Інструменти різальні. Терміни та визначення. – Введ. 01.07.94. – Київ : Держстандарт України, 1994. – 43 с.

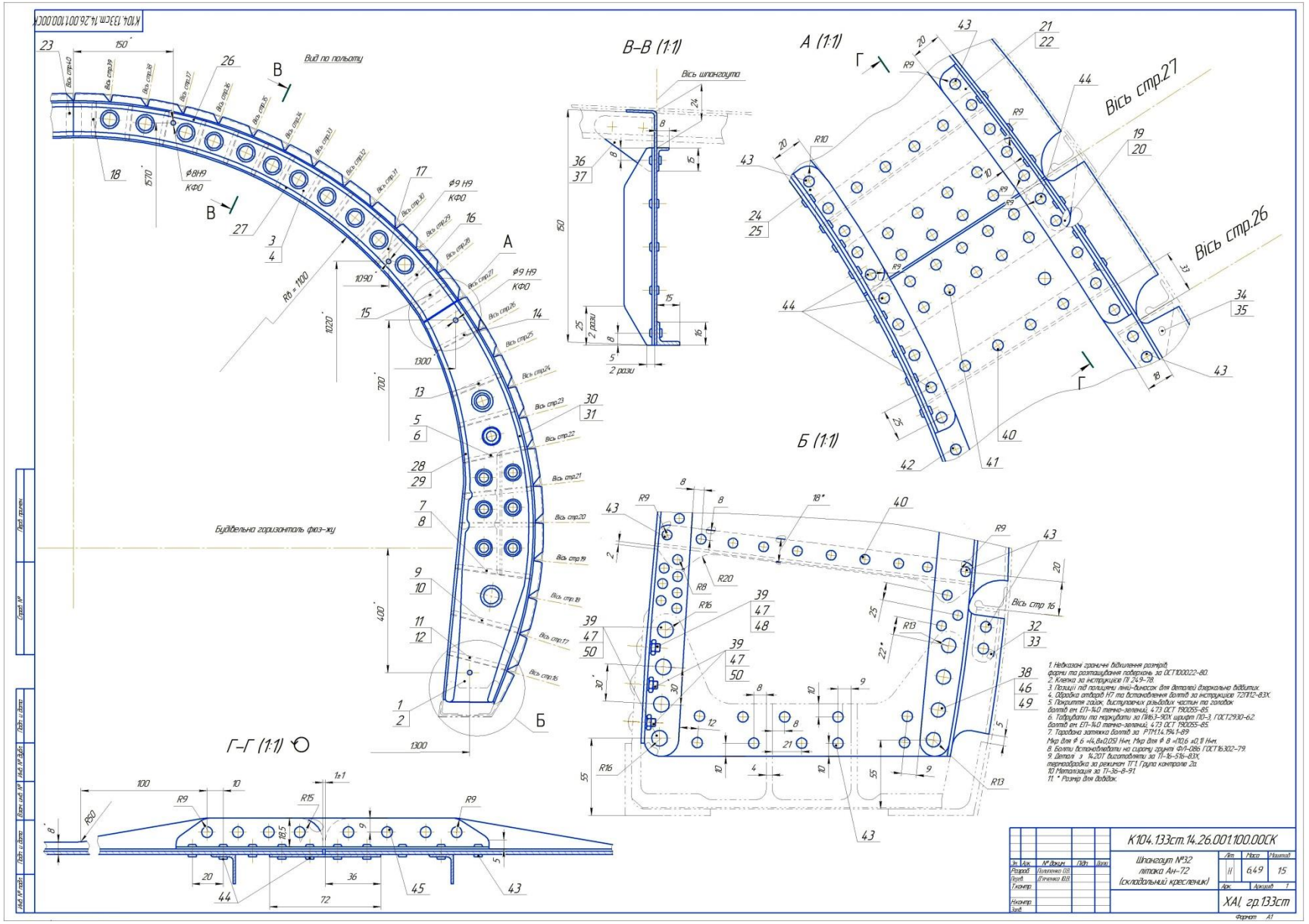
9. ДСТУ 2249-93. Оброблення різанням. Терміни, визначення та позначення. – Введ. 01.01.95. – Київ : Держстандарт України, 1994. – 63 с.

10. Вибір режимів різання при обробці деталей ЛА на верстатах із ЧПК : навч. посіб. до курс. і дипл. проектування / В. В. Воронько, Ю. В. Д'яченко, С. Д. Проскурін та ін. – Х. : Нац. аерокосм. ун-т ім. М.Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2011. – 72 с.

11. ДСТУ 2298-93. Верстати металорізальні. Терміни та визначення. – Введ. 01.01.95. – Київ : Держстандарт України, 1994. – 32 с.

12. Розрахунок економічних показників машинобудівного підприємства : навч. посіб/ Т. Ю. Павленко, Я. В. Сафронов, В. С. Купріянова та ін. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т». 2019. - 32с.

ДОДАТКИ


К104.133Ст.14.26.001.100.00СК
Вид по польоту
Будівельна горизонталь фюз-жу
В–В (1:1)
А (1:1)
Б (1:1)
Г–Г (1:1)
Вісь шпангоута
Вісь стр.27
Вісь стр.26
Вісь стр. 16
2 рази
R0 = 1100
1090
1020
700
400
1300
150
К104.133Ст.14.26.001.100.00СК
Шпангоут №32
літака Ан-72
(складальний кресленик)
ХАІ гр.133ст
Маса 6.49
Масштаб 15
Аркуш 1
Аркушів 1
Формат А1

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				Документація		
А1			К104.133ст.14.26.001.100.00СК	Складальний кресленик		
				Деталі		
		1	К104.133ст.14.26.001.100.01	Стінка	1	
		2	К104.133ст.14.26.001.100.02	Стінка	1	
		3	К104.133ст.14.26.001.100.03	Стінка	1	
		4	К104.133ст.14.26.001.100.04	Стінка	1	
		5	К104.133ст.14.26.001.100.05	Стояк	1	
		6	К104.133ст.14.26.001.100.06	Стояк	1	
		7	К104.133ст.14.26.001.100.07	Стояк	1	
		8	К104.133ст.14.26.001.100.08	Стояк	1	
		9	К104.133ст.14.26.001.100.09	Стояк	2	
		10	К104.133ст.14.26.001.100.10	Стояк	1	
		11	К104.133ст.14.26.001.100.11	Стояк	1	
		12	К104.133ст.14.26.001.100.12	Стояк	1	
		13	К104.133ст.14.26.001.100.13	Стояк	2	
		14	К104.133ст.14.26.001.100.14	Стояк	2	
		15	К104.133ст.14.26.001.100.15	Стояк	2	
		16	К104.133ст.14.26.001.100.16	Стояк	2	
		17	К104.133ст.14.26.001.100.17	Стояк	2	
		18	К104.133ст.14.26.001.100.18	Стояк	18	
		19	К104.133ст.14.26.001.100.19	Накладка стикова	1	
		20	К104.133ст.14.26.001.100.20	Накладка стикова	1	

Підп. і дата | Інв. № дубл. | Взам. інв. № | Підп. і дата | Інв. № подл.

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата	К104.133ст.14.26.001.100.00СК		
Розроб.		Пилипенко О.В.			Шпангоут №32 літака Ан-72	Літ.	Аркуш 1 / Аркушів 3
Перев.		Дяченко Ю.В.				Н	
Н.контр.						ХАІ гр. 133ст	
Затв.							

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
		21	К104.133ст.14.26.001.100.21	Профіль стикувальний	1	
		22	К104.133ст.14.26.001.100.22	Профіль стикувальний	1	
		23	К104.133ст.14.26.001.100.23	Профіль стикувальний	1	
		24	К104.133ст.14.26.001.100.24	Профіль стикувальний	1	
		25	К104.133ст.14.26.001.100.25	Профіль стикувальний	1	
		26	К104.133ст.14.26.001.100.26	Пояс верхній зовнішній	1	
		27	К104.133ст.14.26.001.100.27	Пояс верхній внутрішній	1	
		28	К104.133ст.14.26.001.100.28	Пояс нижній зовнішній	1	
		29	К104.133ст.14.26.001.100.29	Пояс нижній зовнішній	1	
		30	К104.133ст.14.26.001.100.30	Пояс нижній внутрішній	1	
		31	К104.133ст.14.26.001.100.31	Пояс нижній внутрішній	1	
		32	К104.133ст.14.26.001.100.32	Книця	1	
		33	К104.133ст.14.26.001.100.33	Книця	1	
		34	К104.133ст.14.26.001.100.34	Книця	21	
		35	К104.133ст.14.26.001.100.35	Книця	21	
		36	К104.133ст.14.26.001.100.36	Книця	3	
		37	К104.133ст.14.26.001.100.37	Книця	3	
				Стандартні вироби		
		38		Болт	8	
				6-16-Ан.Окс-ОСТ131040-79		
		39		Болт	14	
				8-20-Ан.Окс-ОСТ131040-79		
		40		Заклепка	320	
				3,5-6,5-Ан.Окс.-ОСТ34045-79		
		41		Заклепка	36	
				4-7-Ан.Окс-ОСТ134040-79		
		42		Заклепка	104	
				4-8-Ан.Окс-ОСТ134045-79		

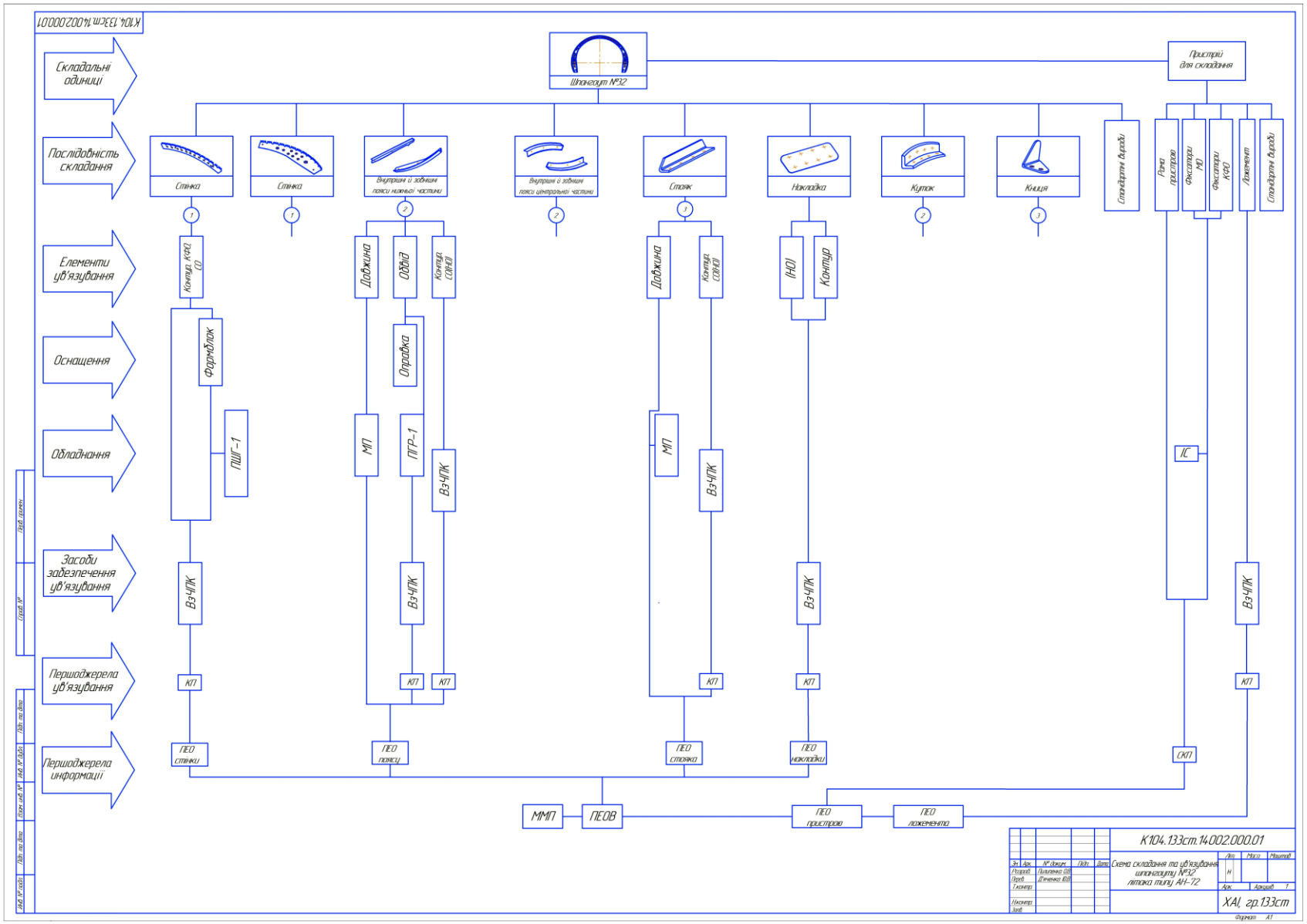
Підп. і дата | Інв. № дубл. | Взам. інв. № | Підп. і дата | Інв. № подл.

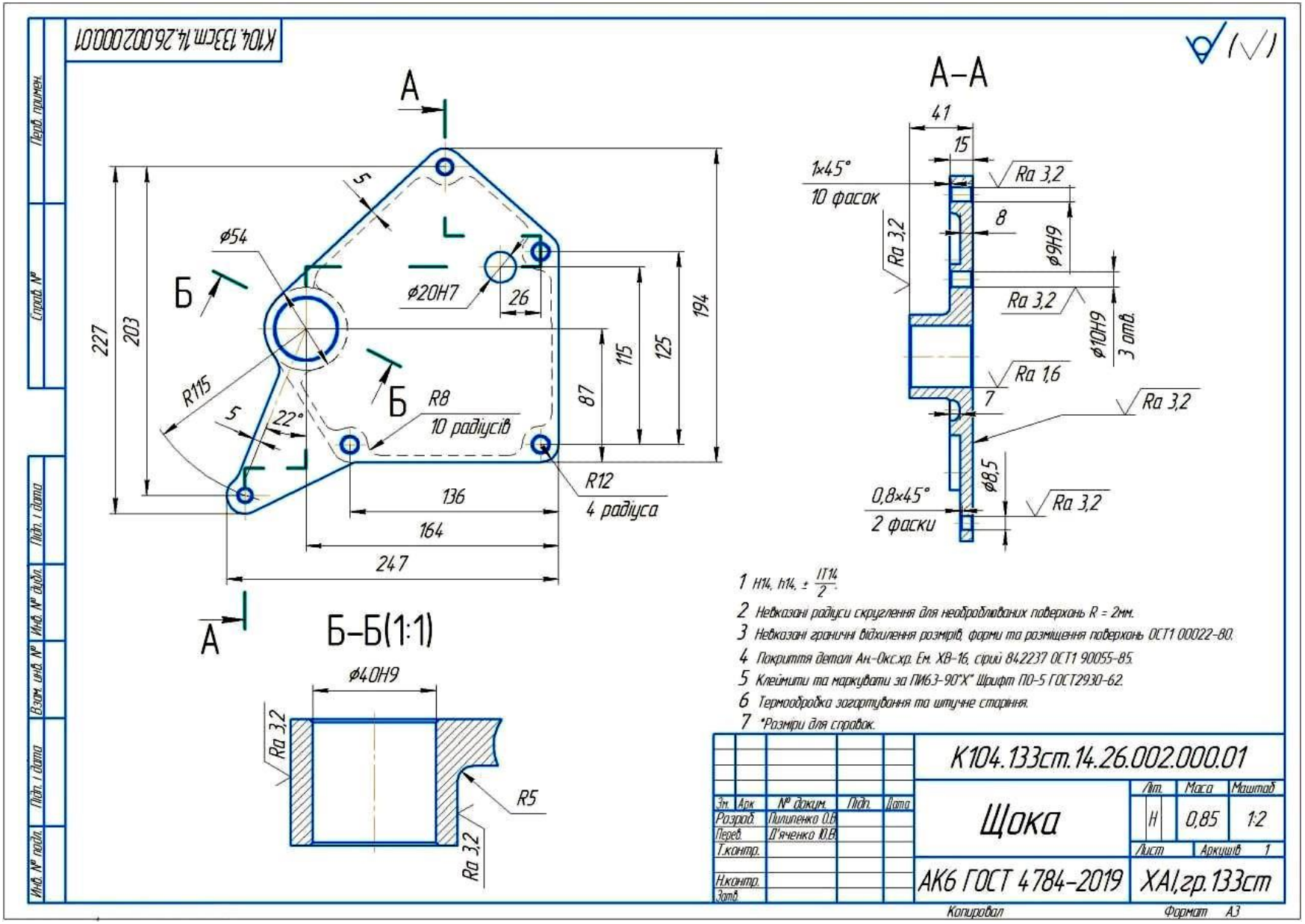
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата	К104.133ст.14.26.001.100.00СК	Аркуш 2

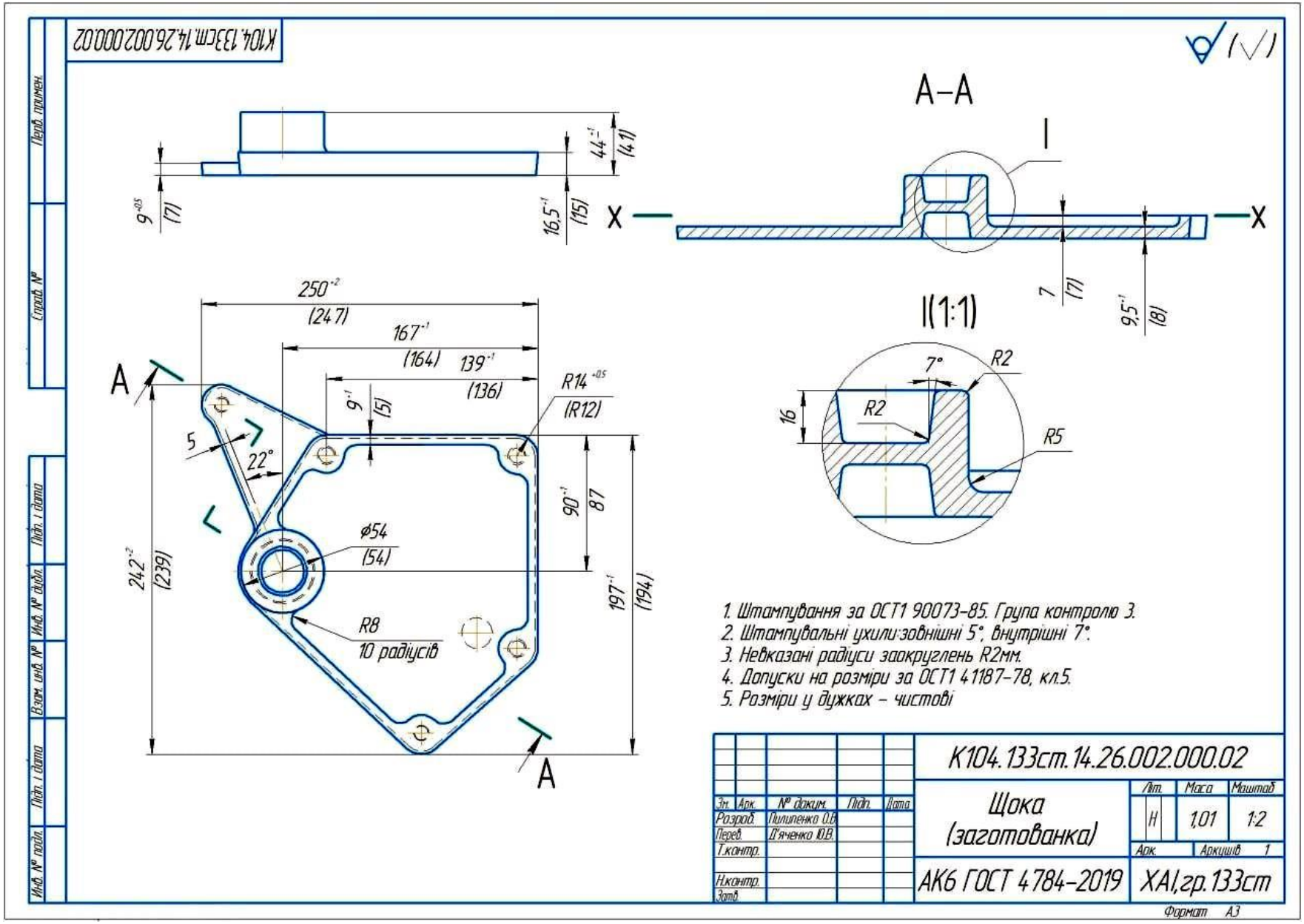
Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
		43		Заклепка	138	
				4-8-Ан.Окс-ОСТ134040-79		
		44		Заклепка	20	
				4-12-Ан.Окс-ОСТ134040-79		
		45		Заклепка	190	
				4-9-Ан.Окс-ОСТ134040-79		
		46		Гайка	8	
				6 хім. пас. ОСТ133060-80		
		47		Гайка	14	
				8 хім. пас ОСТ133060-80		
		48		Шайба	12	
				2,5-8-16 хім. пас. ОСТ133060-80		
		49		Шайба	8	
				1,5-8-12 хім. пас. ОСТ133060-80		
		50		Шайба	14	
				1-8-16 хім. пас. ОСТ133060-80		

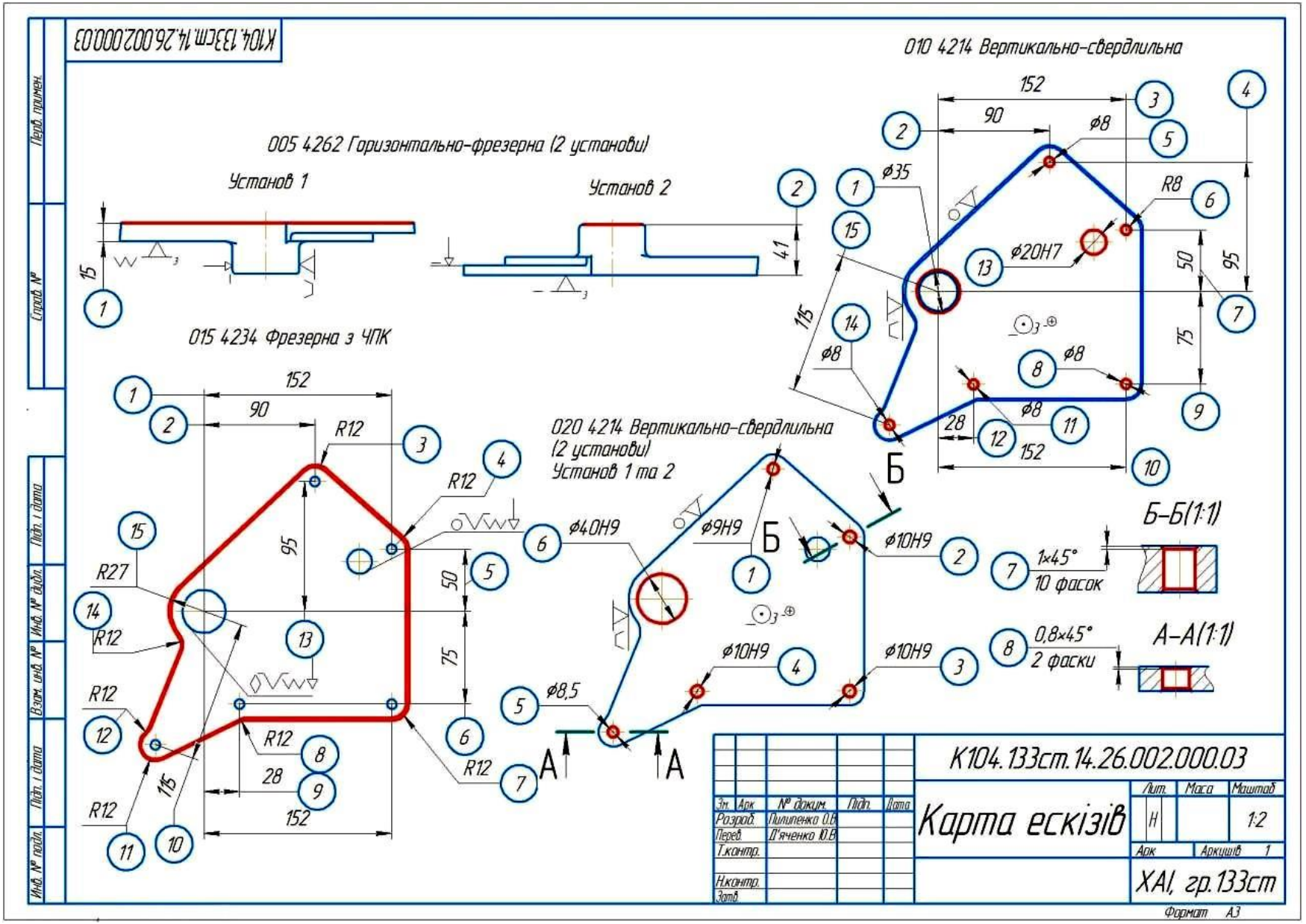
Підп. і дата | Інв. № дубл. | Взам. инв. № | Підп. і дата | Инв. № подл.

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата	К104.133ст.14.26.001.100.00СК	Аркуш 3

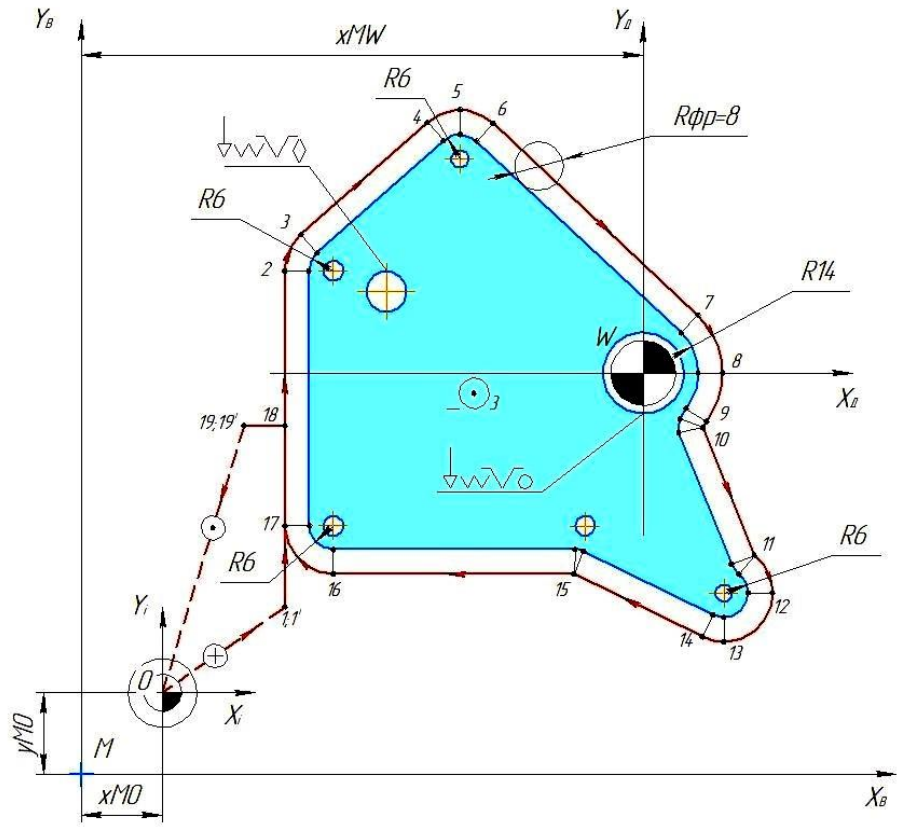

К104.133ст.14002.00001
Складальні одиниці
Послідовність складання
Елементи ув'язування
Оснащення
Обладнання
Засоби забезпечення ув'язування
Першоджерела ув'язування
Першоджерела інформації
Шпангоут №32
Пристрій для складання
Стінка
Стінка
Внутрішні і зовнішні пояси нижньої частини
Внутрішні і зовнішні пояси центральної частини
Стояк
Накладка
Кутик
Кнація
Стандартні вироби
Рама пристрою
Фіксатори МЗ
Фіксатори КФО
Ложемент
Стандартні вироби
Контур КФО, СО
Довжина
ОВВД
Контур СОНВД
Довжина
Контур СОНВД
(НО)
Контур
Фармблок
Оправка
ПШГ-1
ПГР-1
МП
МП
ВЗ-ЧПК
ВЗ-ЧПК
ВЗ-ЧПК
ВЗ-ЧПК
ВЗ-ЧПК
ІС
КП
КП
КП
КП
КП
КП
ПЕО стінки
ПЕО пояси
ПЕО стояка
ПЕО накладки
СКП
ММП
ПЕОВ
ПЕО пристрою
ПЕО ложемента
К104.133ст.14002.000.01
Схема складання та ув'язування шпангоуту №32 літака типу АН-72
ХАІ, гр.133ст


К104.133ст.14.26.002.000.01
А
Б
Б
А
А–А
Б–Б(1:1)
ϕ54
ϕ20Н7
ϕ40Н9
R115
R8
10 радіусів
R12
4 радіуса
1×45°
10 фасок
0,8×45°
2 фаски
ϕ9Н9
ϕ10Н9
3 отв.
ϕ8,5
Ra 3,2
Ra 1,6
1 H14, h14, ± IT14/2.
2 Невказані радіуси скруглення для необроблюваних поверхонь R = 2мм.
3 Невказані граничні відхилення розмірів, форми та розміщення поверхонь ОСТ1 00022-80.
4 Покриття деталі Ан.-Окс.хр. Ем. ХВ-16, сірий 842237 ОСТ1 90055-85.
5 Клеймити та маркувати за ПИ63-90°Х" Шрифт ПО-5 ГОСТ2930-62.
6 Термообробка загартування та штучне старіння.
7 *Розміри для справок.
К104.133ст.14.26.002.000.01
Щока
АК6 ГОСТ 4784-2019
ХАІ,гр.133ст
Літ. Маса Масштаб
Н 0,85 1:2
Лист Аркушів 1
Копіровал
Формат А3


К104.133ст.14.26.002.000.02
(√)
А–А
I
X
X
I(1:1)
250
(247)
167
(164)
139
(136)
R14
(R12)
9
(5)
5
22°
А
А
ф54
(54)
R8
10 радіусів
90
87
197
(194)
242
(239)
7°
R2
R2
R5
16
7
(7)
9,5
(8)
44
(41)
9
(7)
16,5
(15)
1. Штампування за ОСТ1 90073-85. Група контролю 3.
2. Штампувальні ухили:зовнішні 5°, внутрішні 7°.
3. Невказані радіуси заокруглень R2мм.
4. Допуски на розміри за ОСТ1 41187-78, кл.5.
5. Розміри у дужках – чистові
К104.133ст.14.26.002.000.02
Щока
(заготованка)
Лит.
Маса
Масштаб
Н
1,01
1:2
Арк.
Аркушів 1
АК6 ГОСТ 4784-2019
ХА1,гр.133ст
Розроб. Пилипенко О.В.
Перев. Д'яченко Ю.В.
Формат А3


005 4262 Горизонтально-фрезерна (2 установи)
Установ 1
Установ 2
010 4214 Вертикально-свердлильна
015 4234 Фрезерна з ЧПК
020 4214 Вертикально-свердлильна
(2 установи)
Установ 1 та 2
Б–Б(1:1)
А–А(1:1)
1×45°
10 фасок
0,8×45°
2 фаски
К104.133ст.14.26.002.000.03
Карта ескізів
Розроб. Пилипенко О.В.
Перев. Д'яченко Ю.В.
Т.контр.
Н.контр.
Затв.
Лит. Маса Масштаб
1:2
Арк Аркушів 1
ХАІ, гр.133ст
Формат А3

К104.133СТ.14.26.002.000.04



Номер опорної точки	Координати опорних точок, мм		
	x	y	z
0	0	0	50
1;1'	30	20	20
2	30	102,5	20
3	33,9	111,5	20
4	65	139	20
5	73	14.2	20
6	81,1	138,8	20
7	131,2	91,7	20
8	137.4	78,5	20
9	133,5	65,6	20
10	132,5	64	20
11	145,2	32,8	20
12	149,6	23,4	20
13	137,7	12,5	20
14	132,4	12,7	20
15	101	28	20
16	42	28	20
17	30	40	20
18	30	65	20
19;19'	20	65	20
0	0	0	50

Умовні позначення

– траєкторія робочого ходу;
– траєкторія допоміжного ходу;
– переміщення з опусканням одночасно;
– переміщення з підйомом одночасно.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.		Пилипенко О.В.		
Перев.		Д'яченко Ю.В.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Затв.				

К104.133СТ.14.26.002.000.04

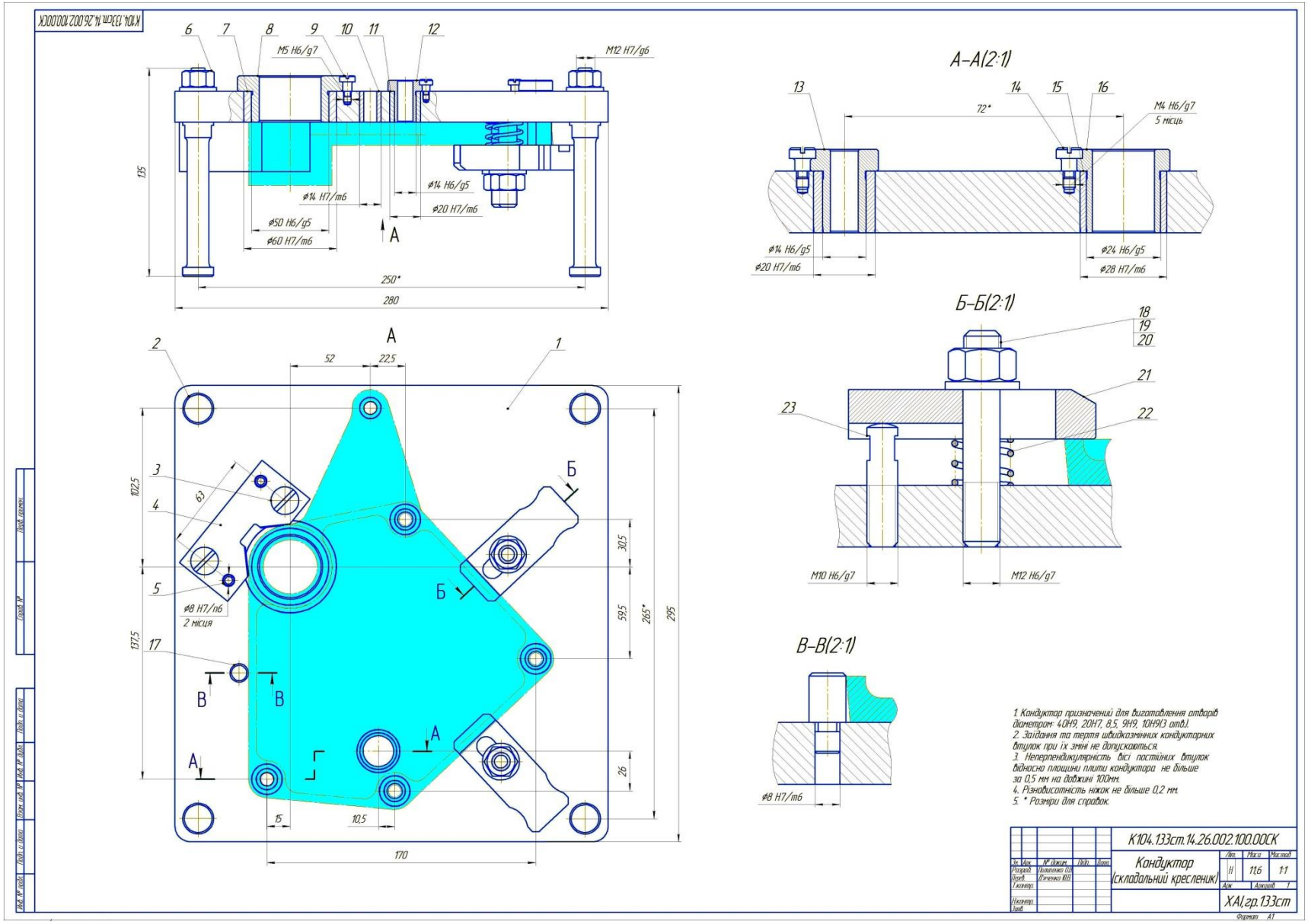
Розрахункова-технологічна карта

Літ.	Маса	Масштаб
Н		1:1
Арк.	Аркушів 1	

ХАІ,гр.133СТ

Формат А3

Перед. примен.
Справ. №
Підп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.


А–А(2:1)
Б–Б(2:1)
В–В(2:1)
M5 H6/g7
M12 H7/g6
ø14 H7/m6
ø14 H6/g5
ø20 H7/m6
ø50 H6/g5
ø60 H7/m6
250*
280
135
72*
M4 H6/g7
5 місць
ø24 H6/g5
ø28 H7/m6
M10 H6/g7
M12 H6/g7
ø8 H7/n6
2 місця
52
22,5
63
122,5
137,5
30,5
59,5
265*
295
26
15
10,5
170
1. Кондуктор призначений для виготовлення отворів діаметром: 4(H9, 2(H7, 8,5, 9H9, 10H9(3 отв.).
2. Загартування та тертя швидкозмінних кондукторних втулок при їх зміні не допускаються.
3. Неперпендикулярність вісі постійних втулок відносно площини плити кондуктора не більше за 0,5 мм на довжині 100мм.
4. Різновисотність ніжок не більше 0,2 мм.
5. * Розміри для справок.
К104.133ст.14.26.002.100.00СК
Кондуктор (складальний креслення)
Літ. | Маса | Масштаб
Арк. | Аркушів
ХАІ,гр.133ст
Формат А1

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				Документація		
A1			К104.133ст.14.26.002.100.00СК	Складальний кресленик		
				Деталі		
		1	К104.133ст.14.26.002.100.01	Плита	1	
				Стандартні вироби		
		2		Ніжка 7034-0601 ГОСТ 12204-72	4	
		3		Гвинт А.М10х1-6gх50 ГОСТ 17475-80	2	
		4		Призма 7033-0106 ГОСТ 12197-66	1	
		5		Штифт 8х50 Хим. Окс. прм. ГОСТ 10774-80	2	
		6		Гайка М12х1,75-6Н ГОСТ 15521-70	4	
		7		Втулка 7051-0161 ГОСТ 18429-73	1	
		8		Втулка швидкозмінна 7051-4875	1	
				ГОСТ 18432-73		
		9		Гвинт 7006-1212 ГОСТ 9052-69	1	
		10		Втулка 7051-1225 ГОСТ 18429-73	1	
		11		Втулка 7051-0104 ГОСТ 18429-73	4	
		12		Втулка швидкозмінна 7051-4721	3	
				ГОСТ 18432-73		

Підп. і дата | Інв. № дубл. | Взам. інв. № | Підп. і дата | Інв. № подл.

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.		Пилипенко О.В.		
Перев.		Д'яченко Ю.В.		
Н.контр.				
Затв.				

К104.133ст.14.26.002.100.00СК

Кондуктор

Літ.	Аркуш	Аркушів
Н	1	2

ХАІ гр. 133ст

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
		13		Втулка швидкозмінна 7051-4711	1	
				ГОСТ 18432-73		
		14		Гвинт 7006-1202 ГОСТ 9052-69	5	
		15		Втулка 7051-0129 ГОСТ 18429-73	1	
		16		Втулка швидкозмінна 7051-4791	1	
				ГОСТ 18432-73		
		17		Опора 7034-0275 ГОСТ 13440-68	1	
		18		Шпилька М12х1,25-6дх55 ГОСТ 22037-76	2	
		19		Гайка М12х1,25-6Н ГОСТ 15521-70	2	
		20		Шайба А.12 ГОСТ 11371-78	6	
		21		Прихват 7011-0516 В ГОСТ 4735-69	2	
		22		Пружина 1086-0808 ГОСТ 18793-90	2	
		23		Штир 7035-0259 ГОСТ 4084-68	2	

Інв. № подл. | Підп. і дата | Взам. инв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата

Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	К104.133ст.14.26.002.100.00СК	Аркуш 2

ГОСТ 3.1105-84 форма 2

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

						7	1
ХАІ, К104	К104.133ст.14.26.002.000.01		-		-		
Щока					КРБ	-	-

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
"ХАІ"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник КРБ

_____ *Д'яченко Ю.В.*
(підпис) *(П.І.Б)*
" __ " _____ *2026 р.*

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ

на одиничний технологічний процес
виготовлення деталі "Щока"

Розробив студент 133ст гр.

_____ *Пилипенко О.В.*
(підпис) *(П.І.Б)*
" __ " _____ *2026 р.*

ТЛ

ГОСТ 3.1118-82 форма 1

| | | |

ГОСТ 3.1118-82 форма 1б

| | | |

ГОСТ 3.1404-86 форма 3

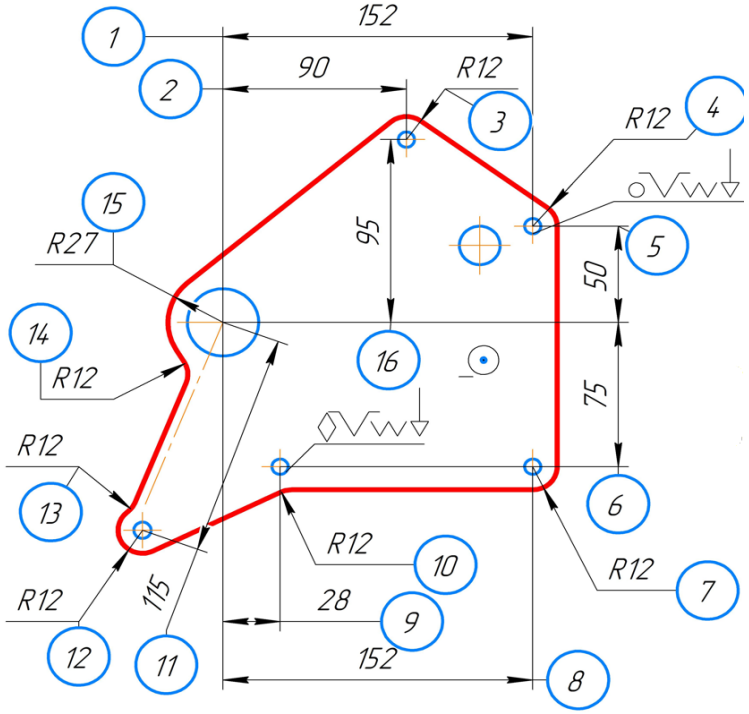
Дубл.															
Взам.															
Подл.															
														2	1
Розроб.	Пилипенко О.В.														
Затверд.	Дьяченко Ю.В.														
Н.контр.															

ГОСТ 3.1404-86 форма 2а

| | | |

ГОСТ 3.1105-84 , форма 7

Дубл.						1	1
Взам.							
Подл.							
Разраб.	Пилипенко О.В.			XAI, K104	K104.133cm.14.26.002.000.01	-	104.20142.00001
Утверд.	Дьяченко Ю.В.			Щока			015
Н.контр.							



КЕ		6

ГОСТ 3.1502-85 форма 2

Дубл.											
Взам.											
Подл.											
										1	1
Разраб.	Пилипенко О.В.			XAI, K104	K104.133ст.14.26.002.000.01		104.60102.00006				
Утверд.	Д'яченко Ю.В.			Щока							030
Н.контр.											

Найменування операції	Найменування, марка матеріала	МД
Контроль	АК6 ГОСТ 3487-97	0,85

Найменування обладнання	То	Тв
Плита контрольна		

Р	Параметри, що контролюються	Код засобів ТО	Найменування засобів ТО	Об'єм і ПК	То/Тв
О01	1. 41H14; 15h14; 7h14		ШЦ II-160-0,05 ГОСТ 166-80	50	
О02	2. Ø9H9; Ø10H9; Ø40H9		Пробка ГОСТ 14810-69	100	
О03	3. Ø20H7		Пробка ГОСТ 14810-69	100	
О04	4. Шорсткість оброб.поверхн.		Зразки шорст. поверхн. ГОСТ 9378-75	50	
О05	5. Відхилення від співвіс.		Пристрій контрольний	100	
06	вісей отворів 75±0,1; 115±0,1; 124 ±0,1; 152±0,1; 170±0,1; 203±0,1				
07					
08					
09					
10					
11					
12					

ОК	Технічний контроль	7