

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інститут аерокосмічних технологій**

**Кафедра авіа- та ракетобудування**

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Володимир КАБАНЯЧИЙ

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**Дипломний проєкт  
на здобуття ступеня бакалавра  
за освітньо-професійною програмою «Літаки і вертольоти»  
спеціальності 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»  
на тему» «Панель відсіку транспортного літака»**

Виконав (ла):

студент (ка) IV курсу, групи \_\_\_\_\_

Худолій Максим Миколайович \_\_\_\_\_

Керівник:

асистент каф. АРБ

Толстой Сергій Анатолійович \_\_\_\_\_

Консультант з \_\_\_\_\_ назва розділу:

Посада, науковий ступінь, вчене звання, \_\_\_\_\_

Прізвище, ім'я, по-батькові \_\_\_\_\_

Рецензент:

Посада, науковий ступінь, вчене звання, \_\_\_\_\_

Прізвище, ім'я, по-батькові \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2021 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

**Інститут аерокосмічних технологій**

**Кафедра авіа- та ракетобудування**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»

Освітньо-професійна програма «Літаки і вертольоти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Володимир КАБАНЯЧИЙ

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ**

на дипломний проєкт студенту

Худолію Максиму Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема проєкту** «Панель відсіку транспортного літака», керівник проєкту **Толстой Сергій Анатолійович**, асистент кафедри АРБ, затверджені наказом по університету від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_

**2. Термін подання** студентом проєкту 07 червня 2021 р.

**3. Вихідні дані до проєкту:** \_\_\_\_\_

*3.1. повітряне судно-аналог – транспортний літак Ан-32;*

*3.2. переважне використання потужностей базового підприємства – ДП «АНТОНОВ»;*

*3.3. впровадження у технологію механізованих операцій;*

*3.4. річна програма випуску – до 400 шт.*

**4. Зміст пояснювальної записки:** \_\_\_\_\_

*4.1. Стан проблеми та напрямки її розвитку.*

*4.2. Розрахунково-аналітична частина.*

*4.3. Конструкторська частина*

*4.4. Технологічна частина.*

**5. Перелік графічного (ілюстраційного) матеріалу** (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо):

*5.1. Складальне креслення панелі.*

*5.2. Схема складання та ув'язки панелі.*

*5.3. Цикловий графік складання панелі.*

*5.4. Плакат «Порівняльний аналіз технологій складання панелі».*

## 6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: 1 лютого 2021 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1.	Пошук та систематизація вихідних даних для виконання проєкту, аналіз фірми-продуцента	до 12.02.2021 р.	
2.	Формування переліку основних напрямків вдосконалення (модернізації, модифікації) об'єкта	до 19.02.2021 р.	
3.	Укрупнений порівняльний аналіз основних конструкторсько-технологічних параметрів об'єкта і його аналогів	до 26.02.2021 р.	
4.	Обґрунтування та розробка пропозицій щодо вдосконалення основних конструкторсько-технологічних параметрів об'єкта	до 05.03.2021 р.	
5.	Оцінювання виробничої технологічності конструкції об'єкта за якісними критеріями	до 17.03.2021 р.	
6.	Розробка пропозицій щодо підвищення рівня виробничої технологічності конструкції та розробка уточненої конструкторської документації на об'єкт	до 26.03.2021 р.	
7.	Визначення і обґрунтування методів базування та забезпечення взаємозамінності	до 09.04.2021 р.	
8.	Розробка директивного та робочого технологічних процесів	до 23.04.2021 р.	
9.	Остаточна розробка технологічної частини	до 07.05.2021 р.	
10.	Оформлення пояснювальної записки та графічних матеріалів	до 28.05.2021 р.	
11.	Перевірка на плагіат	до 01.06.2021 р.	
12.	Захист	з 07.06.2021 р.	

Студент (ка) \_\_\_\_\_

Максим ХУДОЛІЙ

Керівник \_\_\_\_\_

Сергій ТОЛСТОЙ

## **Анотація**

Пояснювальна записка до ДП «Панель відсіку транспортного літака» містить 54 аркуші тексту, 10 ілюстрацій та 12 бібліографічних посилань.

Мета проєкту - розробка схема складання і ув'язки панелі, цикловий графік складання, план виробничої дільниці.

В результаті виконаний огляд даних прототипів літака Ан-32П по темі проєкту, сформульовано стан проблеми і напрямок її вирішення. Розглянуто особливості складання панелі фюзеляжу, детально викладені результати робочого проєктування. На підставі виконаного аналізу сформовано ТЗ до проєкту та визначено шляхи його реалізації.

В роботі широко використані методи комп'ютерного моделювання з урахуванням можливості серійного виробництва.

Результати роботи можуть бути використані при розробці технічної документації до проєкту масового виготовлення панелі фюзеляжу.

**Ключові слова:** літак Ан-32П, план виробничої дільниці складання панелі сила, схема складання і ув'язки панелі.

## **Abstract**

Explanatory Note to DP «Transport aircraft compartment panel» contains 54 pages of text, 10 illustrations, and 12 references.

The purpose of the project is to develop a scheme of assembly and binding of the panel, a cyclic schedule of assembly, a plan of the production site.

As a result, a review of these prototypes of the An-32P aircraft on the topic of the project, formulated the state of the problem and the direction of its solution. Features of assembly of the fuselage panel are considered, results of working designing are in detail stated. On the basis of the performed analysis the TOR to the project is formed and the ways of its realization are defined.

The methods of computer modeling taking into account the possibility of mass production are widely used in the work.

The results of the work can be used in the development of technical documentation for the project of mass production of fuselage panels.

**Keywords:** An-32P aircraft, plan of the production site of the panel assembly force, scheme of assembly and binding of the panel.

## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Пояснювальна записка	54	
3	A1	ВЛзп8108.10.03.00.01	Складальне креслення панелі	1	
4	A3	ВЛзп8108.10.03.00.02	Схема складання і ув'язки панелі	1	
5	A3	ВЛзп8108.10.03.00.03	Цикловий графік складання панелі	1	
6	A3	ВЛзп8108.10.03.00.04	План виробничої ділянки складання панелі	1	

				ВЛзп8108.10.03.00.00		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Худолій М.М			Відомість дипломного проєкту	Аркуш	Аркушів
Керівн.	Толстой С.А.				1	1
Консульт.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. АРБ гр. ВЛзп81	
Н/контр.	Поваров С.А.					
Зав.каф.	Кабанячий В.В.					

## З М І С Т

	Перелік умовних скорочень .....
	<b>ВСТУП</b> .....
<b>1</b>	<b>СТАН ПИТАННЯ</b> .....
<b>2</b>	<b>ОБ'ЄКТ ПРОЕКТУВАННЯ</b> .....
<b>3</b>	<b>КОНСТРУКТОРСЬКА СКЛАДОВА</b> .....
3.1	Пошук та систематизація вихідних даних для виконання розділу .....
3.2	Призначення, опис конструкції панелі .....
3.3	Аналіз конструктивно-технологічних параметрів панелі .....
3.4	Пошук, формування переліку та аналіз конструкцій аналогів панелі .....
3.5	Відпрацювання конструкції панелі на виробничу технологічність .....
3.6	Обґрунтування необхідності вдосконалення (модернізації, модифікації) панелі .....
3.7	Висновки до розділу .....
<b>4</b>	<b>ТЕХНОЛОГІЧНА СКЛАДОВА</b> .....
4.1	Пошук та систематизація вихідних даних для виконання розділу .....
4.2	Визначення річної програми випуску, вибір та обґрунтування типу виробництва панелі .....
4.3	Аналіз робочої технології складання панелі, що діяла на реальному підприємстві .....

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Худолій М.М.			Панель відсіку транспортного літака				
Перевірів		Толстой С.А.							
Рецензент									
Н. контр.		Поваров С.А.							
Затвердив		Кабанячий В.В.							
					Літ.	Арк.	Аркушів		
						1	54		
					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. АРБ				

4.4	Визначення і обґрунтування видів складальних, технологічних баз та методів базування складових частин при складанні панелі .....
4.5	Вибір, технічний опис та обґрунтування методу забезпечення взаємозамінності (ув'язки) панелі .....
4.6	Розробка схеми складання і ув'язки панелі .....
4.7	Розробка директивного технологічного процесу складання панелі в маршрутному описі. Оформлення на бланках .....
4.8	Розробка технічних умов постачання складових частин на складання панелі. Оформлення на бланку .....
4.9	Вибір, обґрунтування та технічний опис засобів технологічного оснащення для складання панелі .....
4.10	Розробка технічних умов та технічний опис конструкції технологічного оснащення для складання панелі. Оформлення на бланку .....
4.11	Визначення методів, вибір та обґрунтування засобів контролю точності конструктивних параметрів панелі .....
4.12	Розрахунок норм часу на виконання операцій директивного технологічного процесу складання панелі .....
4.13	Розробка циклового графіку складання панелі. Укрупнений аналіз та оформлення графіку .....
4.14	Розробка робочого технологічного процесу складання панелі в маршрутно-операційному описі. Оформлення на бланках .....
4.15	Висновки до розділу .....
<b>5</b>	<b>СПЕЦІАЛЬНА СКЛАДОВА .....</b>
5.1	Розрахунок фондів часу .....
5.2	Визначення необхідної кількості засобів технологічного оснащення на виробничій ділянці складання панелі .....

5.3	Визначення чисельності основних виробничих, допоміжних робочих і спеціалістів виробничої ділянки складання панелі ....
5.4	Визначення площі виробничої ділянки складання панелі .....
5.5	Розробка та обґрунтування компонування, планування і транспортної логістики виробничої ділянки складання панелі. Оформлення плану .....
5.6	Організація робочих місць виробничої ділянки складання панелі .....
5.7	Висновки до розділу .....
	<b>ВИСНОВКИ ДО ПРОЄКТУ</b> .....
	Список використаної літератури .....

### ДОДАТКИ

1	Директивний технологічний процес складання панелі.
2	Технічні умови постачання складових частин на складання панелі.
3	Технічні умови на проектування технологічного оснащення для складання панелі.
4	Робочий технологічний процес складання панелі.

### ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

1	Складальне креслення панелі.
2	Схема складання і ув'язки панелі.
3	Цикловий графік складання панелі.
4	План виробничої ділянки складання панелі.



## Перелік умовних скорочень

В даному проєкті використано наступні скорочення:

БО – базові отвори;

ДТМ – директивні технологічні матеріали;

ДТП – директивний технологічний процес;

ЕШМ – еталонно-шаблонний метод;

ЗТО – засоби технологічного оснащення;

КД – конструкторська документація;

КЕ – кріпильний елемент;

ЛА – літальний апарат;

МІ – механізований інструмент;

ОВР – основні виробничі робочі;

РІ – різальний інструмент;

СЗУ – свердлувально-зенкувальна установка;

СкО – складальна одиниця;

СО – складальні отвори;

СП – складальний пристрій;

СЧ – складова частина;

ТП – технологічний процес;

ТУ – технічні умови.

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Ан-32П – літак, призначений для гасіння лісових та інших пожеж вогнегасною рідиною, розміщеною на борту в двох зовнішніх баках. Загальна маса вогнегасної рідини - 8 т.

Розроблений в 1993 р. на базі Ан-32 (малюнок 1).



**Малюнок 1** – Літак Ан-32

Легкий військово-транспортний багатоцільовий літак Ан-32 може експлуатуватися в різних кліматичних умовах, в тому числі в умовах жаркого клімату (до 50° С) і на високогірних аеродромах (до 4500 м). Основне призначення літака перевезення вантажів на лініях малої і середньої протяжності. Крім того, його можна використати для перевезення військовослужбових, парашутного десантування військовослужбових і платформ з вантажами, а також в санітарному варіанті для військовослужбових або в рамках дій МНС.

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Літак має високу маневреність при польотах на гірські аеродроми із складними підходами. Літак Ан-32 має необхідні сучасні транспортні пристрої:

- великий вантажний люк в хвостовій частині фюзеляжу з рампою, що зрушується під фюзеляж або опускається на землю, що забезпечує швидке вивантаження і завантаження літака з борту автомашини, а також повітряне десантування (малюнок 2);
- верхній завантажувальний пристрій для завантаження і вивантаження вантажів масою до 3 т.;
- знімне роликове обладнання, що забезпечує перевезення вантажів, спакетованих на піддонах або платформах і механізоване завантаження/розвантаження літака (встановлюється за бажанням Замовника).

Завдяки наявності в роликовому устаткуванні напівавтоматичних замків кріплення піддонів значно скорочуються простоти літака на землі. При розміщенні вантажів на підлозі вантажної кабіни роликове обладнання забирається до бортів або знімається. Розміри вантажної кабіни і люки дозволяють перевозити великогабаритні вантажі, самохідну колісну техніку, легкові автомобілі. Вантажі і техніка закріплюються на підлозі до знімних швартовних вузлів за допомогою сіток і стяжних ременів.

Кабіна екіпажу і вантажна кабіна герметичні і обладнані системою кондиціонування повітря. Роздільне регулювання температури повітря в кабінах забезпечує підтримку у вантажній кабіні температури стосовно вантажу, що перевозиться, зберігаючи при цьому нормальні температурні умови для екіпажу.

Механізація завантажувально-розвантажувальних робіт і наявність силової установки турбогенератора для електроживлення і запуску двигунів забезпечують автономну експлуатацію літака з мало обладнаних аеродромів. Шасі з пневматиками низького тиску і високе розташування двигунів при

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зльоті і посадці дозволяють експлуатувати літак з ґрунтових аеродромів і майданчиків.

Комплекс пілотажно-навігаційного і радіозв'язного обладнання дозволяє виконувати польоти в складних метеорологічних умовах, вдень і вночі, на внутрішніх і міжнародних лініях.

Екіпаж літака складається з трьох чоловік: двох пілотів і штурмана. При необхідності може бути обладнано робоче місце для бортмеханіка.

Проведена модернізація літака Ан-32Б привела до створення модифікації літака Ан-32Б-100, який відрізняється:

а) збільшеною до 28,5 тони злітною масою і збільшеною до 7,5 тони комерційним навантаженням;

б) введенням оптимізованих режимів двигунів (АІ-20Д серії 5М) для використання літака в регіонах з помірним кліматом і невеликими висотами розташування аеродрому (злітний режим - 4200 л.с.; надзвичайний режим - 5180 л.с.) і збільшення дальності польоту з максимальним завантаженням. Літак в цьому випадку дозволяє підвищити економічний ефект за рахунок збільшення ресурсів двигуна.

Літак Ан-32П є модифікацією Ан-32 і призначений для гасіння лісових пожеж та інших стихійних лих. Літак оснащується двома зовнішніми баками з вогнегасною рідиною, загальною місткістю 8 тон.

Пожежний літак здатний:

- порівняно швидко прибути в зону, що підлягає гасінню пожежі (особливо це характерно для реактивних пожежників літаків), злетівши з найближчої авіабази;
- за декілька секунд вилити на зону пожежі тони води або іншої вогнегасної речовини;
- гасити пожежу на територіях, доступних тільки з повітря, при тому на досить великій площі.

На малюнку 2 зображений Ан-32П в процесі гасіння пожежі..

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



**Малюнок 2** – Літак Ан-32П в процесі гасіння пожежі

Аналогами Ан-32П являються:

- Бомбардье 415 (малюнок 3);
- Бе-200 (малюнок 4);
- Martin Mars (малюнок 5);
- Ил-76 (малюнок 6).

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



**Малюнок 3 – Літак Бомбардье 415**



**Малюнок 4 – Літак Бе-200**

					ВЛЗп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





**Малюнок 5 – Літак Martin Mars**



**Малюнок 6 – Літак Ил-76**

У справжньому проєкті розглядаються бічні панелі передні (шп. 11...17) відсіку Ф- 2 фюзеляжі літака Ан-32П (далі - панель).

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1 СТАН ПИТАННЯ

Ряд підприємств авіаційної промисловості України, у тому числі ДП «АНТОНОВ», ДП «Завод 410 Цивільної авіації» продовжують роботи по капітальному ремонту і модернізації легких транспортних літаків Ан-32 ВПС Індії. Вони виконуються відповідно до контракту, підписаним в червні 2009 року. Відповідно до досягнутої домовленості, будуть модернізовані 105 індійських Ан-32.

Нині більше 350 літаків Ан-32 успішно експлуатуються в країнах з різними кліматичними умовами, серед яких країни СНД, Індія, Шрі-Ланка, Колумбія, Перу, Мексика, Афганістан, країни Африки.

Станом на сьогоднішній день, випуск літаків сімейства Ан-32 на ДП «АНТОНОВ» призупинено, але технологічне оснащення на території зберіглося. За умови поновлення контрактів та – що не менш важливо – державного замовлення, вважаю можливість налагодження серійного виробництва цих літаків цілком реальним. Тим більше, що модифікація Ан-32П має перспективи по постачанню як всередині країни, так і за кордон.

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11



## 2 ОБ'ЄКТ ПРОЄКТУВАННЯ

В якості об'єкта проектування, в даному дипломному проєкті обрано панель бічну бокову передню (шп. 11...17) відсіку Ф-2 фюзеляжу літака Ан-32П. Вона являє собою «класичну» авіаційну конструкцію, виготовлену із металевих матеріалів. Є технологічно завершеною панеллю, а тому може виготовлятися окремо від відсіку, на який встановлюється. Після остаточного складання панелі може бути транспортована на підприємство, яке виготовляє відсіки та фюзеляж в цілому, будь-яким видом транспорту: автомобільним, залізничним, повітряним.

Бічна панель жорстка, може нести на собі певні складальні бази, за умови вибору відповідного методу складання. Рівень забезпечення взаємозамінності – повний (може бути встановлена при складанні відсіків фюзеляжу літака Ан-32П з будь-яким заводським номером).

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 3.1 Пошук та систематизація вихідних даних для виконання розділу

Усі вихідні дані для виконання проєкту систематизовані по видах джерел інформації, своїй приналежності до нормативного (учбовому) виду, а також по актуальності з точки зору року випуску.

Таким чином, в якості початкових даних були використані:

- методичні рекомендації по виконанню проєкту;
- нормативно-технічні документи (далі - НТД), список яких представлений в списку використаних джерел і які діють нині в авіаційній промисловості України;
- учбова література "класичних" авторів, в яких розглянуті основні аспекти вибору тих або інших технічних рішень;
- матеріали Internet-джерел (офіційні сайти "УкрОборонПром", ДП "АНТОНОВ", провідних авіаційних компаній і продуцентів оснащення для їх виготовлення).

Пріоритетними джерелами інформації є саме НТД, положення яких були актуалізовані з урахуванням найбільш сучасних тенденцій виробництва конкурентоздатної авіаційної техніки.

### 3.2 Призначення, опис конструкції панелі

Фюзеляж літака Ан-32 складається з каркасу, утвореного поперечним і подовжнім силовим наборами, підлоги, обшивки, ліхтаря кабіни екіпажу, вікон, дверей і люків.

У фюзеляжі розміщені кабіна екіпажу і вантажна кабіна. Кабіна екіпажу розташована між шпангоутами № 1.7 і відокремлена від іншої

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

частини фюзеляжу перегородкою по шпангоуту № 7. У перегородці є двері, що відкриваються у бік вантажної кабіни.

У фюзеляжі від шпангоута № 10 до шпангоута № 40 розміщена вантажна кабіна зі вбудованим транспортером. У правому борту між шпангоутами № 7.9 розташовані входні двері. У нижній частині фюзеляжу між шпангоутами № 7.10 - нижній аварійний люк 2 На ділянці вантажної кабіни в обох бортах фюзеляжу встановлено по чотири круглі вікна. Вікно в правому борту між шпангоутами № 23 і № 24 і вікно в лівому борту між шпангоутами № 14 і № 14 поєднані з аварійними люками. Між шпангоутами № 33.40 розташований вантажний люк. Отвір вантажного люка закриває рампа, що закінчується клиновидним наїздом. На стелі фюзеляжу в площині симетрії між шпангоутами № 29.39 встановлена монорейка, по якій рухається тельфер, призначений для виконання завантажувально-розвантажувальних робіт. Між шпангоутами № 11.33 в підлогу вбудовані дві направляючі рейки транспортера.

У верхній частині фюзеляжу до шпангоутів № 17 і № 20 кріпиться центроплан крила.

Обшивка фюзеляжу виконана у вигляді панелей з листів алюмінієвого сплаву завтовшки 0,8.1,8 мм і кріпиться до шпангоутів заклепками, а до стрингерів - точковим електрозварюванням і клеєм. Обшивка нижньої частини фюзеляжу між шпангоутами № 11.26 складається з внутрішнього алюмінієвого і зовнішнього титанового листів.

В якості основних початкових даних для виконання Проекту, використана КД на панель літака. Панель входить в конструкцію відсіку Ф- 2 фюзеляжу ЛА і виконує наступні основні функції: сприйняття навантажень, забезпечення аеродинамічного обводу. Розташована панель між шпангоутами 11 і 17.

Панель складається з таких СЧ:

— балка нижня;

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- балка верхня;
- обшивка;
- накладна стрічка;
- стрингера;
- профіля;
- кріпильні елементи (дале – КЕ).

Конструкційні матеріали, використовувані для виготовлення деталей, що входять в конструкцію панелі: алюмінієві сплави Д16Т.

Ці матеріали мають хороші механічні та властивостями міцності, а також високий коефіцієнт питомої міцності. Спеціально розроблені і виготовляються для різних деталей конструкції авіаційної техніки.

З'єднуються деталі панелі між собою за допомогою заклепок з потайними (для забезпечення аеродинамічного обводу) і виступаючими закладними голівками. Заклепки виготовляються відповідно до авіаційних нормалей 3501А, 3558А.

Крім того, є зварні з'єднання обшивок високоефективним і технологічним точковим зварюванням. Наявність зварних точок в конструкції значною мірою полегшує конструкцію. Метод відносно дешевий і простий в реалізації, за наявності відповідного обладнання.

### **3.3 Аналіз конструктивно-технологічних параметрів панелі**

Доцільно розглянути наступні конструктивно-технологічні параметри панелі:

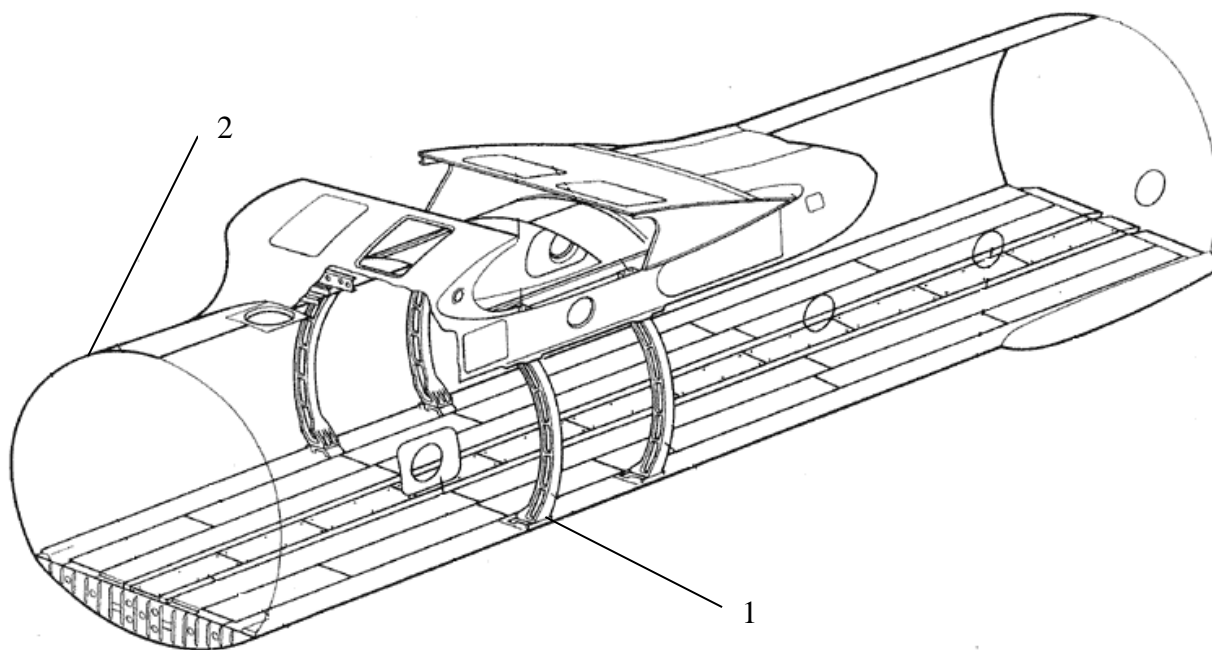
- поєднання різнорідних матеріалів в пакетах - ні (тільки алюмінієві сплави);
- можливість орієнтування конструкції на пресову клепку - так;

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

- товщина матеріалів в пакеті дозволяє використати механізований інструмент (далі - МІ) при виконанні з'єднань в складальному оснащенні;
- габарити панелі дозволяють виконувати складання у вертикальному режимі;
- тип панелі - класична зібрана суцільнометалева.

### 3.4 Пошук, формування переліку та аналіз конструкцій аналогів панелі

В якості аналога бічної панелі, використана панель, розташована в тому ж місці відсіку Ф- 2 фюзеляжу літака Ан-26 (див. малюнок 3.1).



**Малюнок 3.1** – Відсік Ф-2 фюзеляжу літаків типу Ан-26:

1 – шпангоут №17; 2 – шпангоут №11

Аналіз цієї панелі показав, що конструкції ідентичні і можуть розглядатися як аналогічні. А тому далі, при виконанні технологічних розробок, частково використовуватимуться матеріали, що стосуються саме літака Ан-26.

### **3.5 Відпрацювання конструкції панелі на виробничу технологічність**

Виробнича технологічність конструкції панелі (далі - технологічність) є сукупністю властивостей конструкції, що передбачаються в процесі проєктування, забезпечують мінімальні трудові і матеріальні витрати на освоєння складального виробництва, виготовлення у встановлені терміни і в заданій кількості конструкцій, в умовах відповідного підприємства.

Забезпечення технологічності конструкції панелі полягає в реалізації взаємозв'язаних технічних рішень як результатів проведення відповідних конструкторських, технологічних, організаційних і інших заходів, спрямованих на підвищення продуктивності праці, оптимізацію матеріальних і трудових витрат, скорочення часу на виробництво, технічне обслуговування і ремонт літака в цілому. Для реалізації таких заходів вирішуються декілька основних завдань:

- формування при проєктуванні конструкції панелі властивостей, що дозволяють використати найбільш ефективні технологічні процеси і ЗТО для виробництва на підприємстві-виготівнику панелі в заданих кількостях;
- забезпечення готовності підприємства-виготівника до виробництва панелі, в необхідній кількості і у встановлені терміни.

Оцінювання технологічності конструкції панелі є одним з етапів відробітку її на технологічність. Метою оцінювання технологічності є

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

визначення міри відповідності конструкції панелі критеріям технологічності. Оцінювання закінчується оцінкою рівня технологічності.

Мною обрано 15 критеріїв технологічності, які пов'язані з авіаційними конструкціями типу панелей фюзеляжу. Попередні результати оцінювання технологічності конструкції наведено нижче:

- 1) Форми поверхонь характерно прості згідно призначення (у основному одинарної кривизни).
- 2) Членування конструкції спеціалізоване, це обшивка, балки, стрингери, профілі.
- 3) Широко застосовуються деталі, виготовлені згідно з авіаційними стандартами (заклепки) і прокату ГОСТ (профілі для стрингерів і балок).
- 4) Ступінь уніфікації високий для складальних одиниць такого типу.
- 5) Виражена конструктивна застосовуваність виявляється у застосуванні деталей і вузлів з інших ЛА (наприклад, базовий виріб Ан-32 і його модифікації).
- 6) Кількість застосовуваних матеріалів при виготовленні деталей обмежено однією маркою - це алюмінієвий сплав Д16Т.
- 7) Застосовувані матеріали були спроектовані спеціально для відповідальних деталей.
- 8) До чистоти поверхонь, точності розмірів деталей та вузлів застосовуються закономірно достатні вимоги, адже панель має зовнішні аеродинамічні обвід.
- 9) Застосування компенсаторів передбачено у вигляді книць, в обмеженій кількості.
- 10) До місць з'єднань є достатні підходи, для промислового механізованого інструменту.

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

- 11) Конструкція орієнтована на характерний для її конструкції метод складання в СП з основним базуванням за зовнішньою поверхнею обшивки.
- 12) Взаємозамінність елементів можлива за рахунок методу ув'язки.
- 13) Пристосування для складання передбачено – це СП спеціальне (див. розділ 4).
- 14) Припуски на деталях і вузлах, що надходять на складання, відсутні.
- 15) Механізація і автоматизація складальних робіт можлива шляхом застосування механізованого і автоматичного ручного інструмента і стаціонарного обладнання, наприклад, клепальних автоматів.

За результатами оцінювання технологічності конструкції панелі, мною зроблено висновок щодо високого рівня технологічності.

### **3.6 Обґрунтування необхідності вдосконалення (модернізації, модифікації) панелі**

В цілому, за багатьма критеріями панель відповідає високому рівню технологічності. При цьому, враховуючи, що розробка літака проводилася в 1970-х років, багато технічних (і технологічних) рішень, закладених при проєктуванні, морально застаріли.

Виходячи з вищесказаного, можна говорити про підвищення рівня технологічності конструкції панелі в частині, що стосується орієнтування її на пресове автоматичне клепаання, а також застосування більше високопродуктивне МІ для виконання з'єднання. Крім того, доцільною буде також заміна заклепок згідно авіаційних нормалей (наприклад, 3501А) на виготовлені згідно ОСТ, що дозволить адаптувати технологію клепки до сучасніших умов.

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Вказані роботи і будуть шляхами модернізації панелі, які приведуть до її більш привабливому, з точки зору виробництва, технологічному вигляду.

### 3.7 Висновки до розділу

Розглянута конструкція панелі, детально проаналізований склад деталей. Підібрані аналоги. Виконано оцінювання технологічності конструкції панелі, виявлені деякі недоліки, по яких розроблений ряд пропозицій по підвищенню рівня.

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Пошук та систематизація вихідних даних для виконання розділу

Окрім переліку початкових даних, вказаних в розділі 3.1 проєкту, для виконання технологічної частини використовувалися типові технології виконання окремих складальних операцій, прототипи технологічних процесів складання-клепки панелей фюзеляжу і крила, а також архівні дані по складанню аналогічних панелей літаків Ан-26, надані керівником.

Систематизація показала, що ці дані служать прообразом техніко-технологічних рішень, що приймаються в проєкті, але окремі положення вказані вище за документи можна залишити без змін, оскільки вони не втратили свою актуальність і в умовах сучасного складального виробництва.

### 4.2 Визначення річної програми випуску, вибір та обґрунтування типу виробництва панелі

Враховуючи затребуваність літаків-пожежників у світі і дуже вдалу і конкурентоздатну конструкцію літака Ан-32П, можна говорити про можливість налагодження мало- і середньосерійного виробництва таких машин. Так, програма випуску на рік  $A$  може бути визначена за формулою:

$$A = B + B \cdot K : 100 + П, \text{ де:}$$

$A$  – річна програма випуску, шт. (комплектів);

$B$  – базова програма випуску, шт.;

$K$  – відсоток запасних частин (3...6%);

$П$  – кількість зведених виробів, призначених для статистичних

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ресурсних і інших видів випробувань (1...2 шт.).

Для середньосерійного виробництва маємо:

$$A = 370 + 370 \cdot 5 : 100 + 2 = 390 \text{ шт.}$$

### 4.3 Аналіз робочої технології складання панелі, що діяла на реальному підприємстві

Укрупнена технологічна послідовність складання є прототипом відповідного технологічного процесу (ТП) і розроблена відповідно до вибраного методу складання (див. п. 2.4 Проєкту).

В якості початкових даних для розробки даного розділу Проєкту, були використані робочі ТП складання панелі в маршрутному і операційному описі, що діяли раніше на ДП "АНТОНОВ».

Аналіз розробленої укрупненої технологічної послідовності складання панелі і відповідних робочих ТП проведений з урахуванням наступних критеріїв:

- складом операцій;
- складом і конструкцією відповідних ЗТО;
- трудомісткістю виконання окремих операцій і ТП в цілому;
- кількістю робітників, їх кваліфікацією;
- площами потрібних виробничих площ;
- термінами і вартістю технологічної підготовки виробництва;
- циклом виконання ТП;
- рівнем механізації (автоматизації) виконання окремих операцій ТП;
- техніко-економічними показниками.

За результатами виконання аналізу, можна сказати, що технологія підприємства нині "для реанімації" застаріла і має бути замінена (у разі можливого відновлення серійного випуску модифікацій літака Ан-32 і,

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

звичайно ж, Ан-132). В основному, плановані зміни повинні торкатися впровадження нових засобів технологічного оснащення (далі - ЗТО) і можливо максимального використання механізованих і автоматизованих технологій при складанні панелі.

#### **4.4 Визначення і обґрунтування видів складальних, технологічних баз та методів базування складових частин при складанні панелі**

Складанням (монтажем) є сукупністю операцій базування, закріплення в складальному положенні і виконання з'єднань СЧ при складанні вузлів, панелей, секцій, відсіків, агрегатів і ЛА в цілому. Метод складання є сукупністю взаємозв'язаних рішень, що регламентують способи базування, види складальних баз, послідовність установки СЧ при складанні авіаційних конструкцій.

Відомі методи складання авіаційних конструкцій характеризуються наступними особливостями:

- методами базування;
- мірою забезпечення взаємозамінюваності при складання;
- об'ємом оснащення;
- точносними характеристиками;
- економічними характеристиками.

Перелік відомих методів складання, що згадуються в технічній літературі і нормативних документах, включає по базовим поверхням деталей:

- по базовим поверхнях деталей;
- по розмітці;
- по складальним отворам (СО);

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- по базовим поверхнях оснащення;
- по базовим отворах (БО);
- по лазерним променям;
- по поверхні каркасу;
- по зовнішній поверхні обшивки;
- по внутрішній поверхні обшивки (по технологічному каркасу).

Вибір методу складання шпангоута робиться з урахуванням наступних конструктивно-технологічних параметрів:

- конструктивно-технологічне розчленовування конструкції;
- жорсткість конструкції в цілому і співвідношення жорсткостей що контактують між собою відповідних СЧ;
- геометричні розміри і форма;
- наявність компенсуючих елементів конструкції, що забезпечують отримання заданих геометричних параметрів;
- види і методи з'єднання СЧ між собою;
- наявність підходів до елементів конструкції, використовуваних як складальні бази.

При неможливості вибору тільки одного методу складання, застосовують комбінований метод, що полягає у використанні декількох видів складальних баз. При використанні декількох видів баз, тобто комбінованого способу базування СЧ, основним способом базування вважають той, при якому безпосередньо формується аеродинамічний обвід конструкції.

Вибір методу складання шпангоута здійснюється з урахуванням належності конструкції до тих, що відповідають класу і групі об'єктів складання (малюнок 4.1).

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



**Малюнок 4.1** – Класифікація об'єктів складання ЛА

З урахуванням малюнка 4.1, конструкція панелі, що розглядається в Проєкті, відноситься до 2 класу, 3 групи об'єктів складання.

Для складання панелі мною вибраний метод складання з комбінованими базами "від каркасу", БО і СО, оскільки є аеродинамічний обвід, а також досить жорсткий каркас, представлений у вигляді стрингерів, профілів і балок. Крім того, зона Ф-2 має на увазі досить високі вимоги до якості зовнішньої поверхні, а обшивка в цій зоні має невелику товщину. Зібраний по отворах каркас матиме достатню точність для можливості забезпечення точного зовнішнього аеродинамічного обводу фюзеляжу в цій зоні.

#### **4.5 Вибір, технічний опис та обґрунтування методу забезпечення взаємозамінності (ув'язки) панелі**

Під геометричною взаємозамінюваністю розуміється властивість незалежно виготовлених СЧ, що дозволяє встановлювати їх в процесі складання і замінювати в процесі ремонту без підгонки і використання селективного складання. У авіації для забезпечення взаємозамінюваності

застосовується ув'язка - узгодження відповідних геометричних параметрів СЧ конструкції і складального оснащення для її складання.

Для ув'язки геометричних параметрів СЧ конструкції застосовуються наступні першоджерела ув'язки : креслення (Ч), плаз (П), еталон (Е), програма (ПР). Для виготовлення першоджерел ув'язки застосовуються першоджерела інформації (креслення, технічні умови, системи допусків і посадок, математичні моделі та ін.).

Ув'язка реалізується за рахунок використання відповідних засобів, а саме:

- універсальних інструментальних засобів (І);
- спеціальних засобів: плоских - шаблонів (Ш) і об'ємних - макетів (М).

Метод ув'язки є методом узгодження геометричних параметрів базових поверхонь СЧ і технологічного оснащення для складання. Назви і позначення методів ув'язки визначаються на основі поєднання назв і позначень видів першоджерел і засобів ув'язки.

Для ув'язки панелі мною вибраний метод ЕШМ, що пояснюється наступними обставинами: наявність обводу зовнішнього, високі вимоги до точності забезпечення обводу.

Першоджерелами ув'язки для вибраного методу є еталони поверхонь. Засоби ув'язки: основні і виробничі шаблони.

Представлена в цьому розділі інформація є початковими даними для розробки схеми складання і взаємозамінюваності панелі (див. розділ 4.6 даного Проєкту).

## 4.6 Розробка схеми складання і ув'язки панелі

Схема складання і забезпечення взаємозамінюваності СкО є графічним зображенням (у вигляді умовних позначень) послідовності установки СЧ при

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

складанні СкО, з вказівкою першоджерел, засобів ув'язки і пов'язуваних геометричних параметрів базових поверхонь СЧ, що входять в конструкцію СкО. При цьому, схемою складання є ідеологія виконання операцій, яка полягає в порядку виконання окремих операцій ТП складання панелі.

Залежно від наявності різних способів розчленовування авіаційних конструкцій на окремі СЧ, можна виділити наступні основні схеми складання:

- а) послідовна;
- б) паралельна;
- в) паралельно-послідовна.

При послідовній схемі складання, операції виконуються одна за одною, після закінчення попередньої. Застосовується для складання відсіків і агрегатів, не розчленованих на секції і панелі, а також складання вузлів, панелей і секцій.

При паралельній схемі складання, операції виконуються одночасно. Застосовується для складання секцій і відсіків, що входять в конструкцію одного агрегату, наприклад, для складання секцій крила: ВЧК, СЧК, ЦЧК.

При паралельно-послідовній схемі складання, відповідні операції виконуються одночасно і одна за одною. Застосовується для складання відсіків і секцій фюзеляжу, крила, оперення та ін.

З урахуванням обставин, викладених в п.п. 4.1...4.5 Проєкту, для складання панелі мною вибрана послідовна схема складання.

Цей варіант схеми враховує її суцільнометалеву конструкцію, а також можливість складання за принципом "каркас-обшивка-з'єднання-контроль". Мною розроблена схема складання і ув'язки панелі (див. графічну частину).

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 4.7 Розробка директивного технологічного процесу складання панелі в маршрутному описі. Оформлення на бланках

Директивні технологічні матеріали (далі - ДТМ) є важливим документом складального процесу в сучасному авіабудуванні.

Розробка їх ведеться на етапі технологічної підготовки виробництва.

ДТМ визначають:

- основні напрями технології виготовлення, контролю ЛА і його СЧ, що передбачають максимально можливе використання його технологічних можливостей;
- технологічні методи зниження собівартості і скорочення циклу виробництва при забезпеченні заданої якості;
- основні напрями зниження витрат і скорочення термінів ТПВ;
- заходи по підвищенню технологічного рівня серійного виробництва;
- раціональну організацію виробництва, правила забезпечення пожежної безпеки, безпеки праці і методи охорони навколишнього світу.

ДТМ розробляються для дослідного і серійного виробництв. Основним, але не єдиним, наповненням ДТМ є директивні технологічні процеси (ДТП), які є основою для розробки робочих ТП.

Мною розроблений ДТП складання шпангоута (див. Додаток до проєкту).

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4.8 Розробка технічних умов постачання складових частин на складання панелі. Оформлення на бланку

Технічні умови (ТУ) постачання СЧ на складання панелі є основним технологічним документом, що встановлює вимоги до СЧ як елементам складальних одиниць (СкО). ТУ постачання СЧ на складання встановлюються з урахуванням наступних основних обставин:

- схеми конструктивно-технологічного розчленовування;
- вибраних складальних баз;
- схеми складання;
- максимальній виробничій завершеності СЧ, що поступають на складання панелі;
- наявності, розмірів і зон розташування в СЧ компенсаторів і оброблюваних припусків, призначених для забезпечення заданої точності геометричних параметрів;
- забезпечення складання конструкції панелі;
- конструктивно-технологічних характеристик і особливостей СЧ.

Розробляю ТУ постачання СЧ на складання панелі:

- 1) Витримка, в межах встановлених допусків, фактичних розмірів кожного елемента складальної одиниці, рівним креслярським, згідно ОСТУ 1 00022-80.
- 2) Правильність положення усіх геометричних контурів деталей відносно базових осей, єдності осей, симетричність..
- 3) Використання вказаних матеріалів, виконання операційних режимів обробки.
- 4) Забезпечення необхідних мас елементів.

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 5) Покупних агрегатів перед складанням повинні піддаватися вхідному контролю, що включає, у тому числі, перевірку наявності технічних паспортів і сертифікатів якості..
- 6) Відсутність на деталях і вузлах тріщин, забоїн, іржі, знятого покриття та ін. дефектів.
- 7) Подряпин, риски на поверхнях деталей не допускаються.
- 8) Виконання діаметрів отворів під КЕ в межах призначеного допуску.
- 9) Гнутаки і балки повинні приходити на складання з НО по обшивці і мати СО для спільного складання.
- 10) Компенсатори на складання подаються без НО.
- 11) Стрингера подаються на складання з НО і СО для установки на обшивку.
- 12) Балки подаються на складання з БО.
- 13) Обшивка подається на складання із СО по стрингерах і з обрізаними припусками по контуру зовнішньому.

Розроблені ТУ оформлені на спеціальному бланку і поміщені в додатки до данного Проєкту.

#### **4.9 Вибір, обґрунтування та технічний опис засобів технологічного оснащення для складання панелі**

Склад необхідних ЗТО для складання панелі визначається на підставі ДТП (див. п. 4.7). Стосовно авіаційних конструкцій, до складу ЗТО можуть входити наступні їх типи: технологічне оснащення, устаткування, механізований (МІ) і різальний (РІ) інструмент, різні пристрої та інші ЗТО.

Перелік ЗТО, необхідних для виконання ТП складання панелі, представлений в таблиці 4.1.

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Таблиця 4.1** – Перелік ЗТО, необхідних для виконання ТП складання панелі

№ п/п	Найменування ЗТО	Основні технічні характеристики ЗТО
1	2	3
<i>Технологічна оснастка</i>		
1	Стенд зварювання обшивок	Виконання операцій по точковому зварюванню обшивок, що підлягають цьому процесу.
2	Стенд складання	Виконання складання каркасу і попередньої установки обшивки.
3	Стенд контролю	Виконання контрольних операцій після остаточного складання панелі.
<i>Обладнання</i>		
4	Клепальний прес КП-503М	Клепка заклепок пресовим способом груповим або поодиноким способом.
5	СЗУ	Виконання отворів під заклепки в складальному оснащенні або поза нею, з можливістю точного орієнтування свердла відносно поверхні каркасу або панелі.
<i>Механізований інструмент (МІ)</i>		
6	Пневмодриль Atlas Copco	Виконання отворів під заклепки.
7	Пневмомолоток Atlas Copco	Клепка заклепок ударним способом.
<i>Ріжучий інструмент (РІ)</i>		
8	Свердло	Виконання отворів з точністю Н10...Н12.

## 4.10 Розробка технічних умов та технічний опис конструкції технологічного оснащення для складання панелі. Оформлення на бланку

Технічні умови до технологічного оснащення для складання реалізуються у вигляді комплексу загальних (універсальних) і специфічних технологічних вимог до оснащення.

Загальні вимоги до технологічного оснащення для складання панелі:

- 1) Забезпечення установки усіх СЧ конструкції в складальні (монтажні) положення один відносно одного і прийнятих складальних баз (див. п. 4.4 Проєкту).
- 2) Незмінність вибраних складальних баз в процесі складання.
- 3) Відсутність деформації СЧ під впливом власної маси в процесі складання.
- 4) Доступність робітників-складальників до усіх зон збираної конструкції в процесі її складання.
- 5) Можливість максимального використання для проєктування СП типових модулів (програм) і систем автоматизованого проєктування оснащення.
- 6) Можливість максимального використання для виготовлення елементів СП нормалізованих деталей і вузлів.
- 7) Компенсація:
  - розмірів СП під впливом зміни температури довкілля;
  - деформації конструкції СП під впливом маси конструкції;
  - зусиль, що виникають при фіксації в складальних (монтажних) положеннях СЧ;
  - навантажень, що виникають при роботі МІ і інших ЗТО, вбудовуваних в СП.

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

В якості технологічного оснащення для складання панелі, мною вибрано СП спеціальне, призначене для базування, закріплення і виконання попередніх з'єднань панелі переклепкою на пресі.

Виконую аналіз конструкції технологічного оснащення для складання панелі на підставі аналога - СП для складання аналогічної панелі відсіку Ф-2 фюзеляжі (див. малюнок 4.2).

ЗТО для монтажу СП для складання панелі вибрані з урахуванням наступних обставин:

- метода складання панелі (див. п. 4.4 проєкту);
- схеми складання і ув'язки (див. п. 4.6);
- ДТП складання панелі (див. п. 4.7);
- конструктивно-технологічних параметрів технологічного оснащення для складання панелі.

Монтаж технологічного оснащення для складання панелі виконується з використанням наступних ЗТО:

- універсальний координатно-монтажний стенд (УКМС);
- лазерні центруючі вимірювальні системи (ЛЦВС);
- теодоліт.

Контроль геометричних параметрів СП для складання панелі виконується з використанням ЛЦВС і електронних контрольно-вимірювальних машин (КВМ).

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 4.11 Визначення методів, вибір та обґрунтування засобів контролю точності конструктивних параметрів складання панелі

В процесі виконання ТП складання панелі використовуються наступні види технічного контролю:

1) Вхідний - контроль відповідності СЧ, що поступають на складання, вимогам конструкторської (КД) і технологічної документації.

Застосовується на початку робіт, після постачання СЧ з цехів-виготівників або від сторонніх організацій. ЗТО для контролю: лінійка, штангенциркуль, індикаторні прилади.

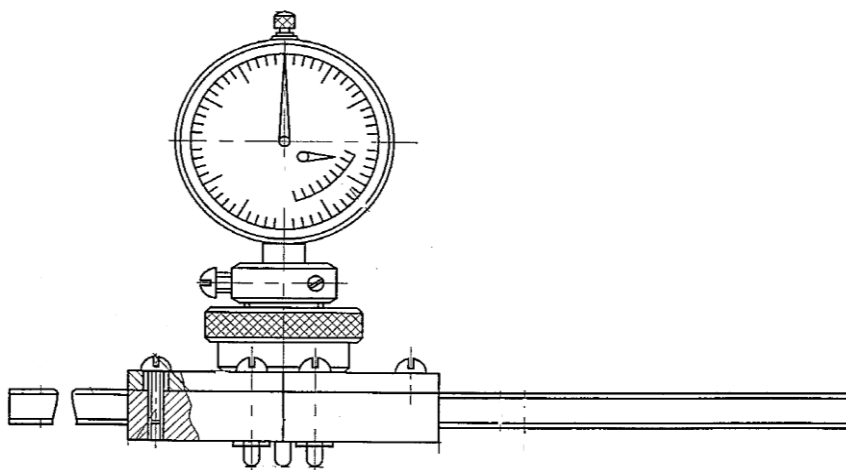
2) Післяопераційний - контроль виконання відповідних операцій ТП складання панелі. Вимоги до проведення післяопераційного контролю встановлюються технічним вимогами КД або і (чи) технологом-розробником ТП. ЗТО для контролю: мікрометричні і індикаторні прилади, сигналізатори, динамометри, секундоміри.

3) Приймальний - контроль відповідності готової конструкції усієї необхідній документації. В процесі приймального контролю може бути складена відомість дефектів (при необхідності) мікрометричні і індикаторні прилади, сигналізатори, динамометри, секундоміри.

Для контролю точності геометричних параметрів панелі використовуються універсальні способи і засоби контролю. Такі засоби вказані в НТД по виконанню з'єднань, наприклад, індикатор для контролю провалів і утяжок, згідно ПИ249-2000 (див. малюнок 2.3).

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





**Малюнок 4.3** – Індикатор для контролю провалів і утяжок

## **4.12 Розрахунок норм часу на виконання операцій директивного технологічного процесу складання панелі**

Норми часу на виконання операцій розробленого ДТП розраховані із міркувань застосування вибраних ЗТО, які передбачають механізацію робіт. За операціями ці дані наступні:

- 1) вхідний контроль комплектуючих – 11,5 н/год;
  - 2) установка деталей, виконання отворів – 23,6 н/год;
  - 3) клепання каркасу панелі ударне – 11,5 н/год;
  - 4) установка обшивок на каркас, виконання отворів механізоване – 23,2 н/год;
  - 5) герметизація, пресове клепання – 11,0 н/год;
  - 6) доопрацювання, контроль – 22,0 н/год.
- Всього по технології на 1 виріб – 102,8 н/год.

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

## 4.13 Розробка циклового графіку складання панелі.

### Укрупнений аналіз та оформлення графіку

Цикловий графік є технологічним документом, що регламентує процес виконання складання, монтажу, випробувань авіаційної конструкції, а саме:

- послідовність виконання технологічних операцій;
- завантаження відповідних ЗТО і робітників;
- режим складання (монтажу, випробувань);
- тривалість виконання операцій.

Початковими даними для розробки циклового графіку є: ТП; трудомісткість  $T_{вир}$ ; програма випуску  $A$ ; такт (ритм) випуску  $R$ .

Відповідно до вибраного типу виробництва панелі (див. Вступ), програма випуску панелі вибрана  $A = 390$  шт. Такт випуску  $R$  знаходиться по формулі і рівний:

$$R = \Phi_k / A = 2002 / 390 \approx 5 \text{ год.}$$

Мною розроблений цикловий графік складання панелі (див. Додаток до данного Проєкту).

Укрупнений аналіз циклового графіку:

- 1) загальний цикл складання  $L_{заг} = 10 R = 50$  год;
- 2) завантаження обладнання – 100%;
- 3) завантаження робітників – 100%.

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4.14 Розробка робочого технологічного процесу складання панелі в маршрутно-операційному описі. Оформлення на бланках

Робочий ТП складання панелі розробляється з урахуванням результатів робіт, виконаних вище. У даному Проєкті розробляється ТП складання в маршрутно-операційному описі.

Робочий ТП повинен містити наступну інформацію:

- а) Склад і послідовність виконання технологічних операцій;
- б) Необхідні ЗТО для виконання операцій, в т.ч контролю;
- в) Методи і засоби контролю;
- г) Транспортні і підйомні засоби;
- д) Розряди робіт, спеціальності робітників;
- ж) Норми часу по кожній операції;
- з) Організаційно-технічні вимоги.

Розробка ТП робиться з урахуванням наступних обставин:

- а) максимальна технологічна досконалість;
- б) найбільша по можливості продуктивність праці;
- в) найкращі умови праці робітників;
- г) забезпечення якості.

Нормування ТП фіксується у вигляді норм часу в технологічних картах по кожній операції. Нормування залежить від виду зв'язку його з організацією оплати праці, виробничих традицій, першоджерел процесу нормування. Останніми можуть виступати: укрупнені норми, типові техпроцеси, циклові графіки.

Трудомісткість ТП складається з суми норм часу за операціями і завданнями. На підставі значення загальної трудомісткості розраховується кількість робітників, що відповідають ЗТО. Мною розроблений ТП складання

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

панелі з підбором ЗТО, нормуванням робіт. ТП представлений на технологічних картах в Додатку до данного Проєкту.

#### 4.15 Висновки до розділу

Підготовлені матеріали для розробки ДТМ в об'ємі ДТП: способи базування при складанні, метод ув'язки і схема складання і ув'язки. Розроблений ДТП складання панелі і оформлений на бланках. Виконані роботи з підготовки початкових матеріалів для розробки робочої технологічної документації по складанню панелі. Враховані розроблені раніше ДТМ, а також сучасні тенденції до проєктування складальних процесів в області авіації. Виконаний аналіз технологічного оснащення для складання панелі на підставі аналога. Розроблений і оформлений робочий ТП складання в маршрутно-операційному описі (оформлений на бланках)

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 СПЕЦІАЛЬНА СКЛАДОВА

Спеціальна складова данного Проекту присвячена розрахунку вихідних даних та побудові концепції і самого планування виробничої ділянки складання розглядуваних панелей. Технологічна підготовка виробництва передбачає появу самого виробництва, адже тільки серійне виготовлення авіаційної конструкції може повернути асигнування, витрачені на сам проєкт і технологічну підготовку його виробництва.

### 5.1 Розрахунок фондів часу

Укрупнений ТП складання панелі (згідно із цикловим графіком, див. додаток) представлений у таблиці 5.1.

**Таблиця 5.1** – Укрупнений ТП складання панелі

N п/п	Найменування операції	Найменування ЗТО	Трудомісткість виконання і-тої операції ТП $T_{um\ i}$ , н/год.	Кількість одночасно працюючих ОВР на і-тій технологічній операції ТП $p_o$ , чол.	Розряд робіт
1	2	3	4	5	6
1	Вхідний контроль	-	11,5	2	3
2	Установка деталей в СП	пневмодриль Atlas Copco	30,68	2	4
3	Клепання каркасу	пневмомолоток Atlas Copco	9,2	2	4
4	Установка обшивок	СЗУ	23,2	2	5
5	Герметизація, клепання пресове	КП-503М	11,0	1	5
6	Доопрацювання	-	19,2	2	4
Всього:		—	$T_{вир} = 104,78$	—	—

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Ефективний фонд роботи ЗТО представлений у таблиці 5.2.

**Таблиця 5.2** – Ефективний фонд роботи ЗТО на 2021 рік

N п/п	Показники	Одиниці виміру	Величина показника на 2021 р.
1	2	3	4
1	Номінальний фонд робочого часу ( $\Phi_n$ ) підприємства (цеху, ділянки)	год.	1994
2	Зупинки і перерви, котрі плануються на ремонт ЗТО з технічних причин: 1,4% від $\Phi_n = 28$	год.	28
3	Ефективний фонд робочого часу обладнання ( $\Phi_d$ ) в одну зміну: $\Phi_d = 1994 - 28 = 1966$	год.	1966

Ефективний фонд роботи одного робітника  $\Phi_{dp}$  представлений у таблиці 5.3.

**Таблиця 5.3** – Розрахунок ефективного фонду робочого часу одного робітника на 2021 рік

N п/п	Показники	Одиниці виміру	Величина показника на 2021 р.
1	2	3	4
1	Кількість календарних днів за рік	дні	365
2	Кількість неробочих днів, всього, в тому числі: <ul style="list-style-type: none"> <li>• суботи;</li> <li>• неділі;</li> <li>• свята</li> </ul>	дні	115 52 52 11
3	Кількість робочих днів в кожному році: $365 - 115 = 250$	дні	250
4	Тривалість робочої зміни	год.	8
5	Години, на котрі скорочуються передсвяткові дні: 6 днів по 1 год.	год.	6
6	Номінальний фонд робочого часу ( $\Phi_n$ ): $\Phi_n = 250 \cdot 8 - 6 = 1994$	год.	1994
7	Неявка на роботу, всього (9,2%). В тому числі:	год.	184

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• чергові та додаткові відпустки (6,4%);</li> <li>• відсутність за хворобою (1,5%);</li> <li>• інші неявки, дозволені законом (1,3%);</li> <li>• неявки з дозволу адміністрації (похорон, весілля тощо) – тільки за фактом;</li> <li>• прогули – тільки за фактом</li> </ul>		128 30 26 - -
	Ефективний фонд робочого часу одного працюючого ( $\Phi_{др}$ ): $\Phi_{др} = 1994 - 184 = 1810$	год.	1810
	Коефіцієнт використання робочого часу: $\Phi_{др}/\Phi_n = 1810 / 1994 = 0,91$	коэф.	0,91

## 5.2 Визначення необхідної кількості засобів технологічного оснащення виробничої ділянки складання панелі

Визначення необхідної кількості ЗТО проводиться за формулою:

$$C_{pi} = A \cdot T_{umi} / (\Phi_d \cdot n_i \cdot K_{вн}),$$

де:  $T_{umi}$  – трудомісткість виконання  $i$ -тої технологічної операції, год. (див. таблицю 1);

$A$  – річна програма випуску панелей, шт;  $A = 390$  комплектів.

$\Phi_d$  – дійсний фонд часу роботи ЗТО, год. (див. таблицю 3.2);

$n_i$  – кількість одночасно працюючих ОВР на  $i$ -тій технологічній операції ТП, чол. (див. таблицю 1);

$K_{вн}$  – коефіцієнт виконання норм,  $K_{вн} = 1,2$ .

Розрахована величина  $C_p$  округлюється у більшу сторону до отримання прийнятої кількості ЗТО  $C_{np}$ . На основі отриманих даних розраховуються коефіцієнти завантаження ЗТО  $K_{зо}$  по кожній операції та середній коефіцієнт завантаження ЗТО  $K_{зо\ сер}$  за формулами:

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{30i} = C_{pi} / C_{npi} \rightarrow 1$$

$$K_{30\text{ сep}} = \Sigma C_p / \Sigma C_{np} \rightarrow 1$$

$$C_{p2} = 30,68 \cdot 390 / (1966 \cdot 2 \cdot 1,2) = 2,52. \text{ Приймаємо } C_{np2} = 3 \text{ шт.}$$

$$C_{p3} = 9,2 \cdot 390 / (1966 \cdot 2 \cdot 1,2) = 0,76. \text{ Приймаємо } C_{np3} = 1 \text{ шт.}$$

$$C_{p4} = 23,2 \cdot 390 / (1966 \cdot 2 \cdot 1,2) = 1,9. \text{ Приймаємо } C_{np4} = 2 \text{ шт.}$$

$$C_{p5} = 11,0 \cdot 390 / (1966 \cdot 1 \cdot 1,2) = 1,81. \text{ Приймаємо } C_{np5} = 2 \text{ шт.}$$

$$C_{np\Sigma} = 8 \text{ шт.}$$

$$K_{302} = 2,52 / 3 = 0,84.$$

$$K_{303} = 0,76 / 1 = 0,76.$$

$$K_{304} = 1,9 / 2 = 0,95.$$

$$K_{305} = 1,81 / 2 = 0,91.$$

$$K_{30\text{ сep}} = 0,87.$$

Основні технічні характеристики ЗТО представлені в таблиці 5.4.

**Таблиця 5.4** – Основні технічні характеристики ЗТО

№ п/п	Найменування ЗТО	Вартість ЗТО $O_c$ , грн.	Потужність електро- двигуна $W$ , кВт	Витрати стиснутого повітря $Q_n$ , м³/год.	Група ремонтної складності $\Gamma_{pc}$
	1	2	3	4	5
1	пневмодриль Atlas Corso	20000	-	60	5
2	пневмомолоток Atlas Corso	30000	-	25	5
3	СЗУ	240000	0,6	9	10
4	КП-503М	108000	5	40	18

Результати розрахунків виконані в таблиці 5.5.



**Таблиця 5.5** – Результати розрахунку необхідної кількості ЗТО

N оп. ЦГ	Найменування ЗТО	Трудомісткість виконання і-тої операції ТП, н/год.		Коефіцієнт виконання норм $K_{ви}$	Ефективний фонд роботи ЗТО $\Phi_0$ , год.	$p_0$ , чол.	Кількість ЗТО, шт.		Коефіцієнт завантаження ЗТО $K_{зо}$	Вартість ЗТО $O_c$ , грн.	
		на одиницю $T_{шт i}$	на річну програму $T_{річ}$				$C_p$	$C_{np}$		одиниці	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	пневмодриль Atlas Copco	30,68	11965,2	1,2	1966	2	2,52	3	0,84	20000	60000
3	пневмомолоток Atlas Copco	9,2	3588	1,2	1966	2	0,76	1	0,76	30000	30000
4	СЗУ	23,2	9048	1,2	1966	2	1,9	2	0,95	240000	480000
5	КП-503М	11,0	4290	1,2	1966	1	1,81	2	0,91	108000	216000
<b>Всього:</b>										<b>6,99</b> $\Sigma C_{np} = 8$	<b>-</b> $O_{c \Sigma} = 786000$

### 5.3 Визначення чисельності основних виробничих, допоміжних робочих і спеціалістів виробничої ділянки складання панелі

Розрахунок необхідної кількості ОВР для виконання і-тої технологічної операції ТП складання панелі  $P_{ОВР i}$  виконується за формулою:

$$P_{ОВР i} = T_{ит i} \cdot A / (\Phi_{др} \cdot K_{вн}),$$

де:  $T_{ит i}$  – трудомісткість виконання і-тої операції ТП, н.-год.;

$\Phi_{др}$  – дійсний ефективний фонд робочого часу одного робітника, год. (див. таблицю 3.2).

Розрахункову кількість ОВР по кожній професії та розряду округлюють у більшу або меншу сторону і отримують прийняту чисельність ОВР для виконання і-тої операції та ТП Циклового графіку) в цілому. Розряди встановлюють у відповідності до розрядів робіт.

Загальна прийнята кількість ОВР  $P_{ОВР}$  ділянки складає:

$$P_{ОВР} = T_{вир} \cdot A / (\Phi_{др} \cdot K_{вн}) = 104,78 \cdot 390 / (1810 \cdot 1,2) = 18,7 \text{ чол.}$$

Приймаємо  $P_{ОВР} = 19$  чол.

Розрахунок прийнятої кількості ОВР по операціях ТП (циклового графіку) складання панелі:

$$P_1 = 11,5 \cdot 390 / (1810 \cdot 1,2) = 2,1. \text{ Приймаємо 2 чол. – зварювальник 3 р.}$$

$$P_2 = 30,68 \cdot 390 / (1810 \cdot 1,2) = 5,5. \text{ Приймаємо 6 чол. – складальник-клепальник 4 р.}$$

$$P_3 = 9,2 \cdot 390 / (1810 \cdot 1,2) = 1,6. \text{ Приймаємо 2 чол. – складальник-клепальник 4 р.}$$

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$P_4 = 23,2 \cdot 390 / (1810 \cdot 1,2) = 4,1$ . Приймаємо 4 чол. – складальник-клепальник 5 р.

$P_5 = 11,0 \cdot 390 / (1810 \cdot 1,2) = 2,0$ . Приймаємо 2 чол. – складальник-клепальник 5 р.

$P_6 = 19,2 \cdot 390 / (1810 \cdot 1,2) = 3,4$ . Приймаємо 3 чол. – складальник-клепальник 4 р.

Результати розрахунків ОВР представлені в таблиці 5.6.

**Таблиця 5.6** – Відомість ОВР по ділянці складання панелі

№ оп. циклового графіку	Найменування професії	Розряд	Кількість ОВР $P_{ОВРi}$ , чол.	У т.ч. по розрядах					
				1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	зварювальник	3	2			2			
2	складальник-клепальник	4	6				6		
3	складальник-клепальник	4	2				2		
4	складальник-клепальник	5	4					4	
5	складальник-клепальник	5	2					2	
6	складальник-клепальник	4	3				3		
<b>Всього:</b>			<b>19</b>			<b>2</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	

Кількість допоміжних робочих  $P_{дон}$  ділянки складає 20% від чисельності ОВР  $P_{ОВР}$  та розраховується за формулою:

$$P_{дон} = 0,2 \cdot P_{ОВР}$$

Кількість допоміжних робочих  $P_{дон}$  діляниці складає:

$$P_{дон} = 0,2 \cdot 19 = 3,8. \text{ Приймаємо } P_{дон} = 4 \text{ чол.}$$

У якості допоміжних робочих діляниці прийнято:

- комірник 3 р. – 1 чол.;
- кранівник 4 р. – 1 чол.;
- прибиральник (-ця) виробничих приміщень 2 р. – 2 чол.

Кількість спеціалістів  $P_{спец}$  діляниці складає 6...12% від загальної чисельності ОВР  $P_{ОВР}$  і допоміжних робочих  $P_{дон}$  та розраховується за формулою:

$$P_{спец} = (0,06...0,12) \cdot (P_{ОВР} + P_{дон})$$

Кількість спеціалістів  $P_{спец}$  діляниці складає:

$$P_{спец} = 0,09 \cdot (19 + 4) = 2,1. \text{ Приймаємо } P_{спец} = 2 \text{ чол.}$$

У якості спеціалістів прийнято:

- майстер – 1 чол.;
- інженер-технолог 3 кат. – 1 чол.

## 5.4 Визначення площі виробничої діляниці складання панелі

Виробнича площа діляниці складання панелей розраховується за формулою:

$$S = Q_n \cdot S_{num},$$

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де:  $S_{уд}$  – питома площа одиниці стенда (стаціонарного обладнання, станції), м<sup>2</sup>;

$Q_n$  – кількість одиниць стендів (стаціонарного обладнання, станції) шт.

Результати розрахунків виробничих площ представлені в таблиці 5.7.

**Таблиця 5.7 – Производственные площади участка сборки панелей**

Найменування стенду (станції, стаціонарного обладнання, стаціонарної технологічної оснастки)	Кількість $Q_n$ , шт.	Питома площа $S_{nut}$ , м <sup>2</sup>	Загальна площа $S_i$ , м <sup>2</sup>
1	2	3	4
Стенд вхідного контролю	1	15	15
Стенд зварювання	1	20	20
СП	6	18	108
Стенд герметизації	1	22	22
Стенд пресового kleпання	1	14	14
Стенд доопрацювання і контролю	1	22	22
Верстаки, стелажі	7	7	49
<b>Всього:</b>			<b><math>S_{np} = 250</math></b>

Площі проїздів між стендами (стаціонарним обладнанням, станціями) – 60 м<sup>2</sup>.

Площа центрального проїзду (-ів) – 70 м<sup>2</sup>.

## 5.5 Розробка та обґрунтування компоновання, планування і транспортної логістики виробничої дільниці складання панелі. Оформлення плану

Планування виробничої дільниці складання панелей представляє собою схему, побудовану на основі комплексних розрахунків при плануванні виробничих приміщень. Розміщення обладнання в цеху по дільницях і стендах повинно задовольняти сучасні вимоги щодо раціонального розміщення основних фондів, з можливістю модуляції процесів і мобільності можливих змін за рахунок технічного переоснащення.

Кожна виробнича дільниця складається з сукупних робочих місць. Сукупне робоче місце складається з індивідуальних робочих місць. Робоче місце оснащується необхідними засобами праці відповідно до характеру його спеціалізації. Оснащення та розташування робочого місця на виробничій площі повинні забезпечувати високу продуктивність праці, гарантувати безпеку роботи, відповідати фізіологічним, естетичним та санітарно-гігієнічним нормам.

На підприємствах з цеховою структурою декілька дільниць входять до складу цеху. За умов безцехової структури управління виробництвом виробнича дільниця є адміністративно відокремленою одиницею підприємства. Очолює виробничу дільницю начальник або майстер, котрий відповідає за її виробничо-господарську діяльність.

На виробничій дільниці складання панелей пропонується застосувати предметно-технологічний принцип. Застосування ідеальної предметної структури на будь-якому машинобудівному заводі, не завжди є доцільним, бо веде до необхідності в кожному цеху монтувати всі комплекти технологічного устаткування. При цьому неможливо завантажити деякі верстати через невеликий обсяг робіт на дільниці. Тому на машинобудівних

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

підприємствах застосовується змішана структура, за якої заготівельні виробництва та цехи будуються за технологічним принципом (ковальсько-пресовий, чавуноливарний, сталеливарний та ін.), а оброблювальні та випускні об'єднуються в предметно-замкнуті ланцюги (цехи або дільниці).

Така змішана структура притаманна масовому та серійному типам машинобудівного виробництва, який і вибраний в данному Проекті.

Розроблено планування дільниці складання панелі (див. графічну частину).

## **5.6 Організація робочих місць виробничої дільниці складання панелі**

Важливим елементом організації праці на підприємстві є вдосконалення планування, організації і обслуговування робочих місць з метою створення на кожному з них необхідних умов для високопродуктивної праці. Робоче місце — це зона трудової діяльності робітника, або групи робітників, оснащена всім необхідним для успішного здійснення роботи. Водночас це первинна ланка виробничої структури підприємства, яка може функціонувати відносно самостійно.

Організація робочого місця — це система заходів щодо його планування, оснащення засобами і предметами праці, розміщення в певному порядку, обслуговування й атестації. Планування робочого місця передбачає раціональне розміщення у просторі матеріальних елементів виробництва, зокрема устаткування, технологічного та організаційного оснащення, а також робітника. Робоче місце має робочу, основну і допоміжну зони. В основній зоні, яка обмежена досяжністю рук людини в горизонтальній і вертикальній площинах, розміщуються засоби праці, що постійно використовуються в

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

роботі. У допоміжній зоні розміщуються предмети, котрі застосовуються рідко.

Велике значення має раціональне технологічне й організаційне оснащення робочих місць, що передбачає забезпечення їх основним технологічним устаткуванням, технологічним і організаційним оснащенням (інструментом, пристроями, допоміжними матеріалами, запасними частинами та устаткуванням для їх зберігання і розміщення, а також засобами сигналізації, освітлювальною апаратурою, робочими меблями, тарою тощо).

Оснащення робочих місць масових професій може здійснюватися за типовими проектами, в яких ураховані необхідні рекомендації щодо оснащення і планування робочих місць даного виду. Використання типових проектів сприяє впровадженню досягнень науки і передового досвіду в процесі організації робочих місць, знижує трудомісткість роботи, дозволяє підвищити рівень організації трудових процесів.

Робочі місця класифікують за такими параметрами, як професія та кількість виконавців, ступінь спеціалізації, рівень механізації, кількість устаткування, характер розміщення в просторі.

## 5.7 Висновки до розділу

Виконано підбір, систематизацію та розрахунок необхідних вихідних даних для розробки концепції та створення планування виробничої ділянки складання панелей. Так, розраховано фонди часу, кількість необхідних одиниць ЗТО, ОВР. Розглянуто теоретичні засади організації робочих місць на спроектованій ділянці.

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## Висновки до проекту

В даному дипломному проєкті були виконані роботи з розробки технології складання панелей відсіку транспортного літака. В якості аналогу конструкції, обрана панель бічна відсіку фюзеляжу літака Ан-32П. Так, розроблено повний комплект основних технологічних документів, у тому числі обрано необхідні засоби технологічного оснащення; розроблений директивний цикловий графік складання розглядуваних конструкцій, планування виробничої дільниці.

Розглянуто конструкцію виробу, зроблено конструктивно-технологічний аналіз. За результатами оцінювання технологічності конструкції, зроблено висновок щодо достатнього її рівня.

Виконано розрахунок річної програми випуску відсіків, обрано необхідні складальні бази (комбінований метод базування), обґрунтовано вибір еталонно-шаблонного методу забезпечення взаємозамінності. Обрано серійний тип виробництва, для якого запропоновано залишити на виробництві клепальний пресс КП-503М, але додатково забезпечити комплексну механізовану технологію шляхом придбання пневмодрилів і пневмомолотка. Крім того, застосовуватиметься СЗУ на базі робота або ручного приводу.

На спроектованій дільниці заплановано роботу 19 основних виробничих робочих. Завдяки впровадженню технології, зростання продуктивності праці склало 18%.

Проєкт виконано в повному обсязі; виконані роботи і запропоновані техніко-технологічні рішення показали, що впровадження комплексної механізації і широке використання засобів існуючого підприємства здатні організувати виробництво на найвищому рівні, використовуючи напрацювання минулих поколінь в обсязі, необхідному для реалізації відповідних програм випуску.

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Список використаної літератури

- 1 Александров В. Г. Справочник по авиационным материалам. – М.: Транспорт, 1979.
- 2 Бабушкин А. И. Метод сборки самолетных конструкций. – М.: Машиностроение, 1975.
- 3 Бойко А. П., Мамлюк О. В., Терещенко Ю. М., Цибенко Р.Т. Конструкція літальних апаратів. – К.: Вища освіта, 2001.
- 4 Бойцов В. В. И др. Сборка агрегатов самолета. – М.: Машиностроение, 1983.
- 5 Гриценко І.А., Животовська К.А., Король В.М., Мамлюк О.В., Терещенко Ю.М. Технологія виробництва ЛА, книга 1 – К.: Вища освіта, 2004.
- 6 Ершов В.И. и др. Нормирование труда в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1983.
- 7 Кононенко В. Г. Технология производства летательных аппаратов курсовые и дипломное проектирование. К.: Высшая школа, 1974.
- 8 Методические рекомендации по выполнению курсового проекта по предмету «Технология сборки и испытания авиационных ЛА», под редакцией Толстого С.А. – К.: КиАТ, 2015.
- 9 ОСТ 1.41711-77 Конструктивно-технологическая отработка агрегатов. Порядок проведения отработки.
- 10 ОСТ 1.42064-80 Сборка самолетов. Термины и определения.
- 11 ОСТ 1.42296-85 Система увязки геометрических параметров и обеспечения взаимозаменяемости узлов и агрегатов летательных аппаратов.
- 12 ОСТ 1.51695-83 Приспособления для сборки агрегатов. Детали и узлы каркасов приспособлений. Общие технические требования.

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

ДОДАТКИ

					ВЛзп8108.10.03.00.00ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**ВІДГУК**  
на дипломний проєкт на здобуття ступеня бакалавра  
студента(ки) **Худолія Максима Миколайовича**  
на тему: **«Панель відсіку транспортного літака»**

Дипломний проєкт (ДП) виконаний відповідно до завдання і відповідає затвердженій темі. Тема проєкту відповідає науковій тематиці кафедри АРБ ІАТ КПІ ім. Ігоря Сікорського і присвячена проблемі технологічного забезпечення виробництва панелей відсіків сучасних літаків. Тема є актуальною, оскільки технічне переоснащення авіаційних вітчизняних виробництв стає загальнонаціональною стратегією розвитку промисловості України. При виконанні ДП розглянуто особливості конструкції панелі-аналога, виконано оцінювання її технологічності, розроблено повний комплект директивної та робочої технологічної документації. Розроблено схему складання та забезпечення взаємозамінності, цикловий графік виробництва, планування виробничої ділянки з акцентом на серійне виробництво.

Проєкт виконаний самостійно на достатньому рівні теоретичної і практичної підготовки. Всі проведені розрахунки і конструкторсько-технологічні рішення ДП зроблені коректно. Студент володіє фаховою літературою, здатен застосовувати інформаційні технології та системний підхід у вирішенні питань. Під час проєктування студент застосовував комп'ютерне моделювання, сучасне програмне забезпечення, а саме: програми Microsoft Office, КОМПАС-3D-V13.

До недоліків та зауважень можна віднести відсутність оцінювання технологічності розглядуваних конструкцій за кількісними критеріями, а лише за якісними, що, однак, не знижує цінності проєкту.

**Представлена робота відповідає вимогам, що висуваються до дипломного проєкту бакалавра, а студент(ка) Худолій Максим Миколайович заслуговує присудження ступеня бакалавра за спеціальністю 134 Авіаційна і ракетно-космічна техніка і присвоєння кваліфікації бакалавра з авіаційної та ракетно-космічної техніки.**

Керівник дипломного проєкту

асистент кафедри АРБ

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

Сергій ТОЛСТОЙ

(підпис)

(власне ім'я, прізвище)

Ім'я користувача:  
Сергій Поваров

Дата перевірки:  
26.04.2021 10:30:09 EEST

Дата звіту:  
26.04.2021 11:39:24 EEST

ID перевірки:  
1007521070

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

ID користувача:  
81336

Назва документа: Худолій Максим

Кількість сторінок: 49 Кількість слів: 6979 Кількість символів: 52664 Розмір файлу: 1.14 MB ID файлу: 1007642575

## 25.2% Схожість

Найбільша схожість: 16.9% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1000050080)

Не знайдено джерел з Інтернету

25.2% Джерела з Бібліотеки 15 ..... Сторінка 51

## 0.54% Цитат

Цитати 5 ..... Сторінка 52

Посилання 1 ..... Сторінка 52

## 9.02% Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 10 слів та 5%)

8.09% Вилучення з Інтернету 92 ..... Сторінка 53

6.8% Вилученого тексту з Бібліотеки 162 ..... Сторінка 53

## Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи 13

Зі звітом ознайомлений. Виявлені в дипломній роботі збіги з іншими джерелами не є академічним плагіатом.  
Робота може бути допущеною до захисту.

Науковий керівник

Сергій ТОЛСТОЙ

## ВСТУП

Ан-32П – літак, призначений для гасіння лісових та інших пожеж вогнегасною рідиною, розміщеною на борту в двох зовнішніх баках. Загальна маса вогнегасної рідини - 8 т.

Розроблений в 1993 р. на базі Ан-32 (малюнок 1).



Малюнок 1 – Літак Ан-32

Легкий військово-транспортний багатоцільовий літак Ан-32 може експлуатуватися в різних кліматичних умовах, в тому числі в умовах жаркого клімату (до 50° С) і на високогірних аеродромах (до 4500 м). Основне призначення літака перевезення вантажів на лініях малої і середньої протяжності. Крім того, його можна використати для перевезення військовослужбових, парашутного десантування військовослужбових і платформ з вантажами, а також в санітарному варіанті для військовослужбових або в рамках дій МНС.

Літак має високу маневреність при польотах на гірські аеродроми із складними підходами. Літак Ан-32 має необхідні сучасні транспортні пристрої:

- великий вантажний люк в хвостовій частині фюзеляжу з рампою, що зрушується під фюзеляж або опускається на землю, що забезпечує швидке вивантаження і завантаження літака з борту автомашини, а також повітряне десантування (малюнок 2);
- верхній завантажувальний пристрій для завантаження і вивантаження вантажів масою до 3 т.;
- знімне роликове обладнання, що забезпечує перевезення вантажів, спакетованих на піддонах або платформах і механізоване завантаження/розвантаження літака (встановлюється за бажанням Замовника).

Завдяки наявності в роликовому устаткуванні напівавтоматичних замків кріплення піддонів значно скорочуються простоти літака на землі. При розміщенні вантажів на підлозі вантажної кабіни роликове обладнання забирається до бортів або знімається. Розміри вантажної кабіни і люки дозволяють перевозити великогабаритні вантажі, самохідну колісну техніку, легкові автомобілі. Вантажі і техніка закріплюються на підлозі до знімних швартовних вузлів за допомогою сіток і стяжних ременів.

Кабіна екіпажу і вантажна кабіна герметичні і обладнані системою кондиціонування повітря. Роздільне регулювання температури повітря в кабінах забезпечує підтримку у вантажній кабіні температури стосовно вантажу, що перевозиться, зберігаючи при цьому нормальні температурні умови для екіпажу.

Механізація завантажувально-розвантажувальних робіт і наявність силової установки турбогенератора для електроживлення і запуску двигунів забезпечують автономну експлуатацію літака з мало обладнаних аеродромів. Шасі з пневматиками низького тиску і високе розташування двигунів при

зльоті і посадці дозволяють експлуатувати літак з ґрунтових аеродромів і майданчиків.

Комплекс пілотажно-навігаційного і радіозв'язного обладнання дозволяє виконувати польоти в складних метеорологічних умовах, вдень і вночі, на внутрішніх і міжнародних лініях.

Екіпаж літака складається з трьох чоловік: двох пілотів і штурмана. При необхідності може бути обладнано робоче місце для бортмеханіка.

Проведена модернізація літака Ан-32Б привела до створення модифікації літака Ан-32Б-100, який відрізняється:

а) збільшеною до 28,5 тони злітною масою і збільшеною до 7,5 тони комерційним навантаженням;

б) введенням оптимізованих режимів двигунів (АИ-20Д серії 5М) для використання літака в регіонах з помірним кліматом і невеликими висотами розташування аеродрому (злітний режим - 4200 л.с.; надзвичайний режим - 5180 л.с.) і збільшення дальності польоту з максимальним завантаженням. Літак в цьому випадку дозволяє підвищити економічний ефект за рахунок збільшення ресурсів двигуна.

Літак Ан-32П є модифікацією Ан-32 і призначений для гасіння лісових пожеж та інших стихійних лих. Літак оснащується двома зовнішніми баками з вогнегасною рідиною, загальною місткістю 8 тон.

Пожежний літак здатний:

- порівняно швидко прибути в зону, що підлягає гасінню пожежі (особливо це характерно для реактивних пожежників літаків), злетівши з найближчої авіабази;
- за декілька секунд вилити на зону пожежі тони води або іншої вогнегасної речовини;
- гасити пожежу на територіях, доступних тільки з повітря, при тому на досить великій площі.

На малюнку 2 зображений Ан-32П в процесі гасіння пожежі..





**Малюнок 2** – Літак Ан-32П в процесі гасіння пожежі

Аналогами Ан-32П являються:

- Бомбардье 415 (малюнок 3);
- Бе-200 (малюнок 4);
- Martin Mars (малюнок 5);
- Ил-76 (малюнок 6).



Малюнок 3 – Літак Бомбардье 415



Малюнок 4 – Літак Бе-200



**Малюнок 5** – Літак Martin Mars



**Малюнок 6** – Літак Ил-76

У справжньому проєкті розглядаються бічні панелі передні (шп. 11...17) відсіку Ф- 2 фюзеляжі літака Ан-32П (далі - панель).

## 1 СТАН ПИТАННЯ

Ряд підприємств авіаційної промисловості України, у тому числі ДП «АНТОНОВ», ДП «Завод 410 Цивільної авіації» продовжують роботи по капітальному ремонту і модернізації легких транспортних літаків Ан-32 ВПС Індії. Вони виконуються відповідно до контракту, підписаним в червні 2009 року. Відповідно до досягнутої домовленості, будуть модернізовані 105 індійських Ан-32.

Нині більше 350 літаків Ан-32 успішно експлуатуються в країнах з різними кліматичними умовами, серед яких країни СНД, Індія, Шрі-Ланка, Колумбія, Перу, Мексика, Афганістан, країни Африки.

Станом на сьогоднішній день, випуск літаків сімейства Ан-32 на ДП «АНТОНОВ» призупинено, але технологічне оснащення на території зберіглося. За умови поновлення контрактів та – що не менш важливо – державного замовлення, вважаю можливість налагодження серійного виробництва цих літаків цілком реальним. Тим більше, що модифікація Ан-32П має перспективи по постачанню як всередині країни, так і за кордон.

## 2 ОБ'ЄКТ ПРОЄКТУВАННЯ

В якості об'єкта проектування, в даному дипломному проєкті обрано панель бічну бокову передню (шп. 11...17) відсіку Ф-2 фюзеляжу літака Ан-32П. Вона являє собою «класичну» авіаційну конструкцію, виготовлену із металевих матеріалів. Є технологічно завершеною панеллю, а тому може виготовлятися окремо від відсіку, на який встановлюється. Після остаточного складання панелі може бути транспортована на підприємство, яке виготовляє відсіки та фюзеляж в цілому, будь-яким видом транспорту: автомобільним, залізничним, повітряним.

Бічна панель жорстка, може нести на собі певні складальні бази, за умови вибору відповідного методу складання. Рівень забезпечення взаємозамінності – повний (може бути встановлена при складанні відсіків фюзеляжу літака Ан-32П з будь-яким заводським номером).

### 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1 Пошук та систематизація вихідних даних для виконання розділу

Усі вихідні дані для виконання проєкту систематизовані по видах джерел інформації, своїй приналежності до нормативного (учбовому) виду, а також по актуальності з точки зору року випуску.

Таким чином, в якості початкових даних були використані:

- методичні рекомендації по виконанню проєкту;
- нормативно-технічні документи (далі - НТД), список яких представлений в списку використаних джерел і які діють нині в авіаційній промисловості України;
- учбова література "класичних" авторів, в яких розглянуті основні аспекти вибору тих або інших технічних рішень;
- матеріали Internet-джерел (офіційні сайти "УкрОборонПром", ДП "АНТОНОВ", провідних авіаційних компаній і продуцентів оснащення для їх виготовлення).

Пріоритетними джерелами інформації є саме НТД, положення яких були актуалізовані з урахуванням найбільш сучасних тенденцій виробництва конкурентоздатної авіаційної техніки.

#### 3.2 Призначення, опис конструкції панелі

Фюзеляж літака Ан-32 складається з каркасу, утвореного поперечним і подовжнім силовим наборами, підлоги, обшивки, ліхтаря кабіни екіпажу, вікон, дверей і люків.

У фюзеляжі розміщені кабіна екіпажу і вантажна кабіна. Кабіна екіпажу розташована між шпангоутами № 1.7 і відокремлена від іншої

частини фюзеляжу перегородкою по шпангоуту № 7. У перегородці є двері, що відкриваються у бік вантажної кабіни.

У фюзеляжі від шпангоута № 10 до шпангоута № 40 розміщена вантажна кабіна зі вбудованим транспортером. У правому борту між шпангоутами № 7.9 розташовані входні двері. У нижній частині фюзеляжу між шпангоутами № 7.10 - нижній аварійний люк 2. На ділянці вантажної кабіни в обох бортах фюзеляжу встановлено по чотири круглі вікна. Вікно в правому борту між шпангоутами № 23 і № 24 і вікно в лівому борту між шпангоутами № 14 і № 14 поєднані з аварійними люками. Між шпангоутами № 33.40 розташований вантажний люк. Оtvір вантажного люка закриває рампа, що закінчується клиновидним наїздом. На стелі фюзеляжу в площині симетрії між шпангоутами № 29.39 встановлена монорейка, по якій рухається тельфер, призначений для виконання завантажувально-розвантажувальних робіт. Між шпангоутами № 11.33 в підлогу вбудовані дві направляючі рейки транспортера.

У верхній частині фюзеляжу до шпангоутів № 17 і № 20 кріпиться центроплан крила.

Обшивка фюзеляжу виконана у вигляді панелей з листів алюмінієвого сплаву завтовшки 0,8.1,8 мм і кріпиться до шпангоутів заклепками, а до стрингерів - точковим електрозварюванням і клеєм. Обшивка нижньої частини фюзеляжу між шпангоутами № 11.26 складається з внутрішнього алюмінієвого і зовнішнього титанового листів.

В якості основних початкових даних для виконання Проєкту, використана КД на панель літака. Панель входить в конструкцію відсіку Ф- 2 фюзеляжу ЛА і виконує наступні основні функції: сприйняття навантажень, забезпечення аеродинамічного обводу. Розташована панель між шпангоутами 11 і 17.

Панель складається з таких СЧ:

- балка нижня;

- балка верхня;
- обшивка;
- накладна стрічка;
- стрингера;
- профіля;
- кріпильні елементи (дале – КЕ).

Конструкційні матеріали, використовувані для виготовлення деталей, що входять в конструкцію панелі: алюмінієві сплави Д16Т.

Ці матеріали мають хороші механічні та властивостями міцності, а також високий коефіцієнт питомої міцності. Спеціально розроблені і виготовляються для різних деталей конструкції авіаційної техніки.

З'єднуються деталі панелі між собою за допомогою заклепок з потайними (для забезпечення аеродинамічного обводу) і виступаючими закладними голівками. Заклепки виготовляються відповідно до авіаційних нормалей 3501А, 3558А.

Крім того, є зварні з'єднання обшивок високоефективним і технологічним точковим зварюванням. Наявність зварних точок в конструкції значною мірою полегшує конструкцію. Метод відносно дешевий і простий в реалізації, за наявності відповідного обладнання.

### 3.3 Аналіз конструктивно-технологічних параметрів панелі

Доцільно розглянути наступні конструктивно-технологічні параметри панелі:

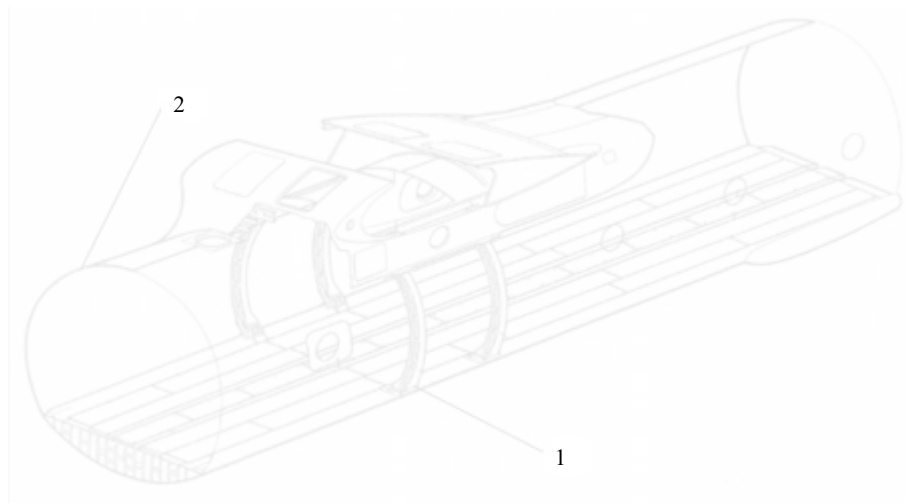
- поєднання різнорідних матеріалів в пакетах - ні (тільки алюмінієві сплави);
- можливість орієнтування конструкції на пресову клепку - так;



- товщина матеріалів в пакеті дозволяє використати механізований інструмент (далі - МІ) при виконанні з'єднань в складальному оснащенні;
- габарити панелі дозволяють виконувати складання у вертикальному режимі;
- тип панелі - класична зібрана суцільнометалева.

### 3.4 Пошук, формування переліку та аналіз конструкцій аналогів панелі

В якості аналога бічної панелі, використана панель, розташована в тому ж місці відсіку Ф- 2 фюзеляжу літака Ан-26 (див. малюнок 3.1).



**Малюнок 3.1** – ВідсікФ-2 фюзеляжу літаків типу Ан-26:

1 – шпангоут №17; 2 – шпангоут №11

Аналіз цієї панелі показав, що конструкції ідентичні і можуть розглядатися як аналогічні. А тому далі, при виконанні технологічних розробок, частково використовуватимуться матеріали, що стосуються саме літака Ан-26.

### 3.5 Відпрацювання конструкції панелі на виробничу технологічність

Виробнича технологічність конструкції панелі (далі - технологічність) є сукупністю властивостей конструкції, що передбачаються в процесі проектування, забезпечують мінімальні трудові і матеріальні витрати на освоєння складального виробництва, виготовлення у встановлені терміни і в заданій кількості конструкцій, в умовах відповідного підприємства.

Забезпечення технологічності конструкції панелі полягає в реалізації взаємозв'язаних технічних рішень як результатів проведення відповідних конструкторських, технологічних, організаційних і інших заходів, спрямованих на підвищення продуктивності праці, оптимізацію матеріальних і трудових витрат, скорочення часу на виробництво, технічне обслуговування і ремонт літака в цілому. Для реалізації таких заходів вирішуються декілька основних завдань:

- формування при проектуванні конструкції панелі властивостей, що дозволяють використати найбільш ефективні технологічні процеси і ЗТО для виробництва на підприємстві-виготівнику панелі в заданих кількостях;
- забезпечення готовності підприємства-виготівника до виробництва панелі, в необхідній кількості і у встановлені терміни.

Оцінювання технологічності конструкції панелі є одним з етапів відробітку її на технологічність. Метою оцінювання технологічності є

визначення міри відповідності конструкції панелі критеріям технологічності.

Оцінювання закінчується оцінкою рівня технологічності.

Мною обрано 15 критеріїв технологічності, які пов'язані з авіаційними конструкціями типу панелей фюзеляжу. Попередні результати оцінювання технологічності конструкції наведено нижче:

- 1) Форми поверхонь характерно прості згідно призначення (у основному одинарної кривизни).
- 2) Членування конструкції спеціалізоване, це обшивка, балки, стрингери, профілі.
- 3) Широко застосовуються деталі, виготовлені згідно з авіаційними стандартами (заклепки) і прокату ГОСТ (профілі для стрингерів і балок).
- 4) Ступінь уніфікації високий для складальних одиниць такого типу.
- 5) Виражена конструктивна застосовуваність виявляється у застосуванні деталей і вузлів з інших ЛА (наприклад, базовий виріб Ан-32 і його модифікації).
- 6) Кількість застосовуваних матеріалів при виготовленні деталей обмежено однією маркою - це алюмінієвий сплав Д16Т.
- 7) Застосовувані матеріали були спроектовані спеціально для відповідальних деталей.
- 8) До чистоти поверхонь, точності розмірів деталей та вузлів застосовуються закономірно достатні вимоги, адже панель має зовнішні аеродинамічні обвід.
- 9) Застосування компенсаторів передбачено у вигляді книць, в обмеженій кількості.
- 10) До місць з'єднань є достатні підходи, для промислового механізованого інструменту.

- 11) Конструкція орієнтована на характерний для її конструкції метод складання в СП з основним базуванням за зовнішньою поверхнею обшивки.
- 12) Взаємозамінність елементів можлива за рахунок методу ув'язки.
- 13) Пристосування для складання передбачено – це СП спеціальне (див. розділ 4).
- 14) Припуски на деталях і вузлах, що надходять на складання, відсутні.
- 15) Механізація і автоматизація складальних робіт можлива шляхом застосування механізованого і автоматичного ручного інструмента і стаціонарного обладнання, наприклад, клепальних автоматів.

За результатами оцінювання технологічності конструкції панелі, мною зроблено висновок щодо високого рівня технологічності.

### **3.6 Обґрунтування необхідності вдосконалення (модернізації, модифікації) панелі**

В цілому, за багатьма критеріями панель відповідає високому рівню технологічності. При цьому, враховуючи, що розробка літака проводилася в 1970-х років, багато технічних (і технологічних) рішень, закладених при проєктуванні, морально застаріли.

Виходячи з вищесказаного, можна говорити про підвищення рівня технологічності конструкції панелі в частині, що стосується орієнтування її на пресове автоматичне клепання, а також застосування більше високопродуктивне МІ для виконання з'єднання. Крім того, доцільною буде також заміна заклепок згідно авіаційних нормалей (наприклад, 3501А) на виготовлені згідно ОСТ, що дозволить адаптувати технологію клепки до сучасніших умов.

Вказані роботи і будуть шляхами модернізації панелі, які приведуть до її більш привабливому, з точки зору виробництва, технологічному вигляду.

### 3.7 Висновки до розділу

Розглянута конструкція панелі, детально проаналізований склад деталей. Підібрані аналоги. Виконано оцінювання технологічності конструкції панелі, виявлені деякі недоліки, по яких розроблений ряд пропозицій по підвищенню рівня.

## 4 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Пошук та систематизація вихідних даних для виконання розділу

Окрім переліку початкових даних, вказаних в розділі 3.1 проєкту, для виконання технологічної частини використовувалися типові технології виконання окремих складальних операцій, прототипи технологічних процесів складання-клепки панелей фюзеляжу і крила, а також архівні дані по складанню аналогічних панелей літаків Ан-26, надані керівником.

Систематизація показала, що ці дані служать прообразом техніко-технологічних рішень, що приймаються в проєкті, але окремі положення вказані вище за документи можна залишити без змін, оскільки вони не втратили свою актуальність і в умовах сучасного складального виробництва.

### 4.2 Визначення річної програми випуску, вибір та обґрунтування типу виробництва панелі

Враховуючи затребуваність літаків-пожежників у світі і дуже вдалу і конкурентоздатну конструкцію літака Ан-32П, можна говорити про можливість налагодження мало- і середньосерійного виробництва таких машин. Так, програма випуску на рік  $A$  може бути визначена за формулою:

$$A = B + B \cdot K : 100 + П, \text{ де:}$$

$A$  – річна програма випуску, шт. (комплектів);

$B$  – базова програма випуску, шт.;

$K$  – відсоток запасних частин (3...6%);

$П$  – кількість зведених виробів, призначених для статистичних

ресурсних і інших видів випробувань (1...2 шт.).

Для середньосерійного виробництва маємо:

$$A = 370 + 370 \cdot 5 : 100 + 2 = 390 \text{ шт.}$$

#### 4.3 Аналіз робочої технології складання панелі, що діяла на реальному підприємстві

Укрупнена технологічна послідовність складання є прототипом відповідного технологічного процесу (ТП) і розроблена відповідно до вибраного методу складання (див. п. 2.4 Проекту).

В якості початкових даних для розробки даного розділу Проекту, були використані робочі ТП складання панелі в маршрутному і операційному описі, що діяли раніше на ДП "АНТОНОВ».

Аналіз розробленої укрупненої технологічної послідовності складання панелі і відповідних робочих ТП проведений з урахуванням наступних критеріїв:

- складом операцій;
- складом і конструкцією відповідних ЗТО;
- трудомісткістю виконання окремих операцій і ТП в цілому;
- кількістю робітників, їх кваліфікацією;
- площами потрібних виробничих площ;
- термінами і вартістю технологічної підготовки виробництва;
- циклом виконання ТП;
- рівнем механізації (автоматизації) виконання окремих операцій ТП;
- техніко-економічними показниками.

За результатами виконання аналізу, можна сказати, що технологія підприємства нині "для реанімації" застаріла і має бути замінена (у разі можливого відновлення серійного випуску модифікацій літака Ан-32 і,

звичайно ж, Ан-132). В основному, плановані зміни повинні торкатися впровадження нових засобів технологічного оснащення (далі - ЗТО) і можливо максимального використання механізованих і автоматизованих технологій при складанні панелі.

#### 4.4 Визначення і обґрунтування видів складальних, технологічних баз та методів базування складових частин при складанні панелі

Складанням (монтажем) є сукупністю операцій базування, закріплення в складальному положенні і виконання з'єднань СЧ при складанні вузлів, панелей, секцій, відсіків, агрегатів і ЛА в цілому. Метод складання є сукупністю взаємозв'язаних рішень, що регламентують способи базування, види складальних баз, послідовність установки СЧ при складанні авіаційних конструкцій.

Відомі методи складання авіаційних конструкцій характеризуються наступними особливостями:

- методами базування;
- мірою забезпечення взаємозамінюваності при складання;
- об'ємом оснащення;
- точносними характеристиками;
- економічними характеристиками.

Перелік відомих методів складання, що згадуються в технічній літературі і нормативних документах, включає по базовим поверхням деталей:

- по базовим поверхнях деталей;
- по розмітці;
- по складальним отворам (СО);
- по базовим поверхнях оснащення;



- по базовим отворам (БО);
- по лазерним променям;
- по поверхні каркасу;
- по зовнішній поверхні обшивки;
- по внутрішній поверхні обшивки (по технологічному каркасу).

Вибір методу складання шпангоута робиться з урахуванням наступних конструктивно-технологічних параметрів:

- конструктивно-технологічне розчленовування конструкції;
- жорсткість конструкції в цілому і співвідношення жорсткостей що контактують між собою відповідних СЧ;
- геометричні розміри і форма;
- наявність компенсуючих елементів конструкції, що забезпечують отримання заданих геометричних параметрів;
- види і методи з'єднання СЧ між собою;
- наявність підходів до елементів конструкції, використовуваних як складальні бази.

При неможливості вибору тільки одного методу складання, застосовують комбінований метод, що полягає у використанні декількох видів складальних баз. При використанні декількох видів баз, тобто комбінованого способу базування СЧ, основним способом базування вважають той, при якому безпосередньо формується аеродинамічний обвід конструкції.

Вибір методу складання шпангоута здійснюється з урахуванням належності конструкції до тих, що відповідають класу і групі об'єктів складання (малюнок 4.1).



Малюнок 4.1 – Класифікація об'єктів складання ЛА

З урахуванням малюнка 4.1, конструкція панелі, що розглядається в Проекті, відноситься до 2 класу, 3 групи об'єктів складання.

Для складання панелі мною вибраний метод складання з комбінованими базами "від каркасу", БО і СО, оскільки є аеродинамічний обвід, а також досить жорсткий каркас, представлений у вигляді стрингерів, профілів і балок. Крім того, зона Ф-2 має на увазі досить високі вимоги до якості зовнішньої поверхні, а обшивка в цій зоні має невелику товщину. Зібраний по отворах каркас матиме достатню точність для можливості забезпечення точного зовнішнього аеродинамічного обводу фюзеляжу в цій зоні.

#### 4.5 Вибір, технічний опис та обґрунтування методу забезпечення взаємозамінності (ув'язки) панелі

Під геометричною взаємозамінюваністю розуміється властивість незалежно виготовлених СЧ, що дозволяє встановлювати їх в процесі складання і замінювати в процесі ремонту без підгонки і використання селективного складання. У авіації для забезпечення взаємозамінюваності

застосовується ув'язка - узгодження відповідних геометричних параметрів СЧ конструкції і складального оснащення для її складання.

Для ув'язки геометричних параметрів СЧ конструкції застосовуються наступні першоджерела ув'язки : креслення (Ч), плаз (П), еталон (Е), програма (ПР). Для виготовлення першоджерел ув'язки застосовуються першоджерела інформації (креслення, технічні умови, системи допусків і посадок, математичні моделі та ін.).

Ув'язка реалізується за рахунок використання відповідних засобів, а саме:

- універсальних інструментальних засобів (І);
- спеціальних засобів: плоских - шаблонів (Ш) і об'ємних - макетів (М).

Метод ув'язки є методом узгодження геометричних параметрів базових поверхонь СЧ і технологічного оснащення для складання. Назви і позначення методів ув'язки визначаються на основі поєднання назв і позначень видів першоджерел і засобів ув'язки.

Для ув'язки панелі мною вибраний метод ЕШМ, що пояснюється наступними обставинами: наявність обводу зовнішнього, високі вимоги до точності забезпечення обводу.

Першоджерелами ув'язки для вибраного методу є еталони поверхонь. Засоби ув'язки: основні і виробничі шаблони.

Представлена в цьому розділі інформація є початковими даними для розробки схеми складання і взаємозамінюваності панелі (див. розділ 4.6 даного Проекту).

## 4.6 Розробка схеми складання і ув'язки панелі

Схема складання і забезпечення взаємозамінюваності СкО є графічним зображенням (у вигляді умовних позначень) послідовності установки СЧ при

складанні СкО, з вказівкою першоджерел, засобів ув'язки і пов'язуваних геометричних параметрів базових поверхонь СЧ, що входять в конструкцію СкО. При цьому, схемою складання є ідеологія виконання операцій, яка полягає в порядку виконання окремих операцій ТП складання панелі.

Залежно від наявності різних способів розчленовування авіаційних конструкцій на окремі СЧ, можна виділити наступні основні схеми складання:

- а) послідовна;
- б) паралельна;
- в) паралельно-послідовна.

При послідовній схемі складання, операції виконуються одна за одною, після закінчення попередньої. Застосовується для складання відсіків і агрегатів, не розчленованих на секції і панелі, а також складання вузлів, панелей і секцій.

При паралельній схемі складання, операції виконуються одночасно. Застосовується для складання секцій і відсіків, що входять в конструкцію одного агрегату, наприклад, для складання секцій крила: ВЧК, СЧК, ЦЧК.

При паралельно-послідовній схемі складання, відповідні операції виконуються одночасно і одна за одною. Застосовується для складання відсіків і секцій фюзеляжу, крила, оперення та ін.

З урахуванням обставин, викладених в п.п. 4.1...4.5 Проекту, для складання панелі мною вибрана послідовна схема складання.

Цей варіант схеми враховує її суцільнометалеву конструкцію, а також можливість складання за принципом "каркас-обшивка-з'єднання-контроль". Мною розроблена схема складання і ув'язки панелі (див. графічну частину).

#### **4.7 Розробка директивного технологічного процесу складання панелі в маршрутному описі. Оформлення на бланках**

Директивні технологічні матеріали (далі - ДТМ) є важливим документом складального процесу в сучасному авіабудуванні.

Розробка їх ведеться на етапі технологічної підготовки виробництва.

ДТМ визначають:

- основні напрями технології виготовлення, контролю ЛА і його СЧ, що передбачають максимально можливе використання його технологічних можливостей;
- технологічні методи зниження собівартості і скорочення циклу виробництва при забезпеченні заданої якості;
- основні напрями зниження витрат і скорочення термінів ТПВ;
- заходи по підвищенню технологічного рівня серійного виробництва;
- раціональну організацію виробництва, правила забезпечення пожежної безпеки, безпеки праці і методи охорони навколишнього світу.

ДТМ розробляються для дослідного і серійного виробництв. Основним, але не єдиним, наповненням ДТМ є директивні технологічні процеси (ДТП), які є основою для розробки робочих ТП.

Мною розроблений ДТП складання шпангоута (див. Додаток до проєкту).

#### 4.8 Розробка технічних умов постачання складових частин на складання панелі. Оформлення на бланку

Технічні умови (ТУ) постачання СЧ на складання панелі є основним технологічним документом, що встановлює вимоги до СЧ як елементам

складальних одиниць (СкО). ТУ постачання СЧ на складання встановлюються з урахуванням наступних основних обставин:

- схеми конструктивно-технологічного розчленовування;
- вибраних складальних баз;
- схеми складання;
- максимальній виробничій завершеності СЧ, що поступають на складання панелі;
- наявності, розмірів і зон розташування в СЧ компенсаторів і оброблюваних припусків, призначених для забезпечення заданої точності геометричних параметрів;
- забезпечення складання конструкції панелі;
- конструктивно-технологічних характеристик і особливостей СЧ.

Розробляю ТУ постачання СЧ на складання панелі:

- 1) Витримка, в межах встановлених допусків, фактичних розмірів кожного елемента складальної одиниці, рівним креслярським, згідно ОСТУ 1 00022-80.
- 2) Правильність положення усіх геометричних контурів деталей відносно базових осей, єдності осей, симетричність..
- 3) Використання вказаних матеріалів, виконання операційних режимів обробки.
- 4) Забезпечення необхідних мас елементів.
- 5) Покупних агрегатів перед складанням повинні піддаватися вхідному контролю, що включає, у тому числі, перевірку наявності технічних паспортів і сертифікатів якості..
- 6) Відсутність на деталях і вузлах тріщин, забоїв, іржі, знятого покриття та ін. дефектів.
- 7) Подряпин, риски на поверхнях деталей не допускаються.
- 8) Виконання діаметрів отворів під КЕ в межах призначеного допуску.

- 9) Гнутики і балки повинні приходити на складання з НО по обшивці і мати СО для спільного складання.
- 10) Компенсатори на складання подаються без НО.
- 11) Стрингера подаються на складання з НО і СО для установки на обшивку.
- 12) Балки подаються на складання з БО.
- 13) Обшивка подається на складання із СО по стрингерах і з обрізаними припусками по контуру зовнішньому.

Розроблені ТУ оформлені на спеціальному бланку і поміщені в додатки до данного Проєкту.

#### 4.9 Вибір, обґрунтування та технічний опис засобів технологічного оснащення для складання панелі

Склад необхідних ЗТО для складання панелі визначається на підставі ДТП (див. п. 4.7). Стосовно авіаційних конструкцій, до складу ЗТО можуть входити наступні їх типи: технологічне оснащення, устаткування, механізований (МІ) і різальний (РІ) інструмент, різні пристрої та інші ЗТО.

Перелік ЗТО, необхідних для виконання ТП складання панелі, представлений в таблиці 4.1.

**Таблиця 4.1** – Перелік ЗТО, необхідних для виконання ТП складання панелі

№ п/п	Найменування ЗТО	Основні технічні характеристики ЗТО
1	2	3
<i>Технологічна оснастка</i>		
1	Стенд зварювання обшивок	Виконання операцій по точковому зварюванню обшивок, що підлягають цьому процесу.

2	Стенд складання	Виконання складання каркасу і попередньої установки обшивки.
3	Стенд контролю	Виконання контрольних операцій після остаточного складання панелі.
Обладнання		
4	Клепальний прес КП-503М	Клепка заклепок пресовим способом груповим або поодиноким способом.
5	СЗУ	Виконання отворів під заклепки в складальному оснащенні або поза нею, з можливістю точного орієнтування свердла відносно поверхні каркасу або панелі.
Механізований інструмент (MI)		
6	Пневмодриль Atlas Copco	Виконання отворів під заклепки.
7	Пневмомолоток Atlas Copco	Клепка заклепок ударним способом.
Ріжучий інструмент (PI)		
8	Свердло	Виконання отворів з точністю H10...H12.

#### 4.10 Розробка технічних умов та технічний опис конструкції технологічного оснащення для складання панелі. Оформлення на бланку

Технічні умови до технологічного оснащення для складання реалізуються у вигляді комплексу загальних (універсальних) і специфічних технологічних вимог до оснащення.

Загальні вимоги до технологічного оснащення для складання панелі:



- 1) Забезпечення установки усіх СЧ конструкції в складальні (монтажні) положення один відносно одного і прийнятих складальних баз (див. п. 4.4 Проекту).
- 2) Незмінність вибраних складальних баз в процесі складання.
- 3) Відсутність деформації СЧ під впливом власної маси в процесі складання.
- 4) Доступність робітників-складальників до усіх зон збираної конструкції в процесі її складання.
- 5) Можливість максимального використання для проектування СП типових модулів (програм) і систем автоматизованого проектування оснащення.
- 6) Можливість максимального використання для виготовлення елементів СП нормалізованих деталей і вузлів.
- 7) Компенсація:
  - розмірів СП під впливом зміни температури довкілля;
  - деформації конструкції СП під впливом маси конструкції;
  - зусиль, що виникають при фіксації в складальних (монтажних) положеннях СЧ;
  - навантажень, що виникають при роботі МІ і інших ЗТО, вбудовуваних в СП.

В якості технологічного оснащення для складання панелі, мною вибрано СП спеціальне, призначене для базування, закріплення і виконання попередніх з'єднань панелі переклепою на пресі.

Виконую аналіз конструкції технологічного оснащення для складання панелі на підставі аналога - СП для складання аналогічної панелі відсіку Ф-2 фюзеляжі (див. малюнок 4.2).

ЗТО для монтажу СП для складання панелі вибрані з урахуванням наступних обставин:

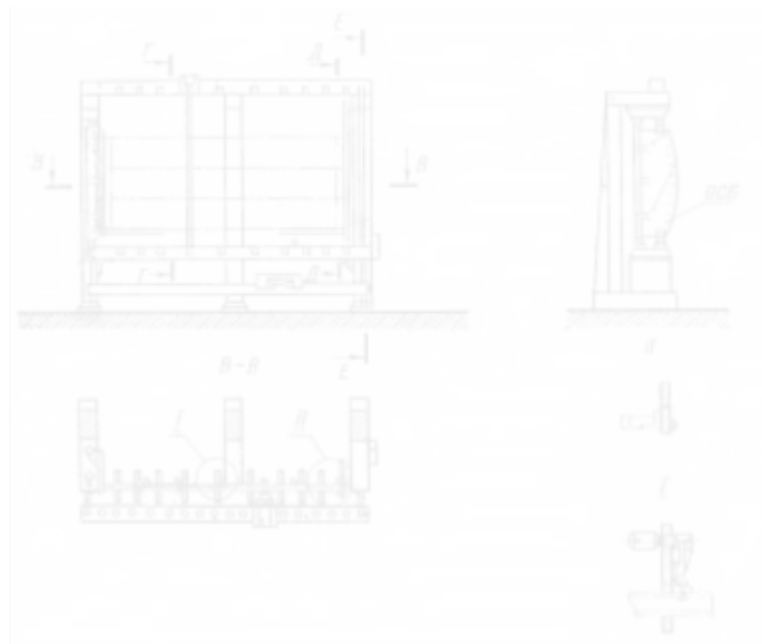
- метода складання панелі (див. п. 4.4 проєкту);

- схеми складання і ув'язки (див. п. 4.6);
- ДТП складання панелі (див. п. 4.7);
- конструктивно-технологічних параметрів технологічного оснащення для складання панелі.

Монтаж технологічного оснащення для складання панелі виконується з використанням наступних ЗТО:

- універсальний координатно-монтажний стенд (УКМС);
- лазерні центруючі вимірювальні системи (ЛЦВС);
- теодоліт.

Контроль геометричних параметрів СП для складання панелі виконується з використанням ЛЦВС і електронних контрольно-вимірювальних машин (КВМ).





Малюнок 4.2 – Ескіз аналога СП спеціального для складання панелі

#### 4.11 Визначення методів, вибір та обґрунтування засобів контролю точності конструктивних параметрів складання панелі

В процесі виконання ТП складання панелі використовуються наступні види технічного контролю:

1) Вхідний - контроль відповідності СЧ, що поступають на складання, вимогам конструкторської (КД) і технологічної документації.

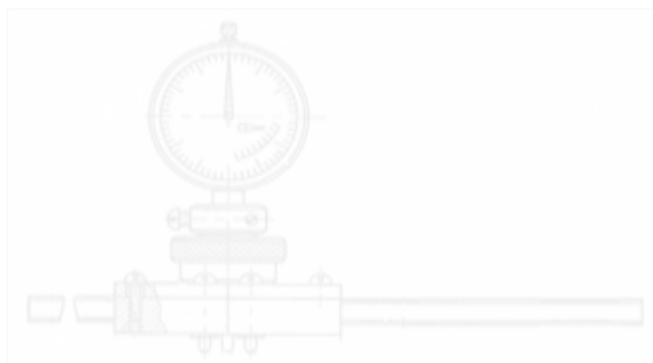
Застосовується на початку робіт, після постачання СЧ з цехів-виготівників або від сторонніх організацій. ЗТО для контролю: лінійка, штангенциркуль, індикаторні прилади.

2) Післяопераційний - контроль виконання відповідних операцій ТП складання панелі. Вимоги до проведення післяопераційного контролю встановлюються технічним вимогами КД або і (чи) технологом-розробником

ТП. ЗТО для контролю: мікрометричні і індикаторні прилади, сигналізатори, динамометри, секундоміри.

3) Приймальний - контроль відповідності готової конструкції усій необхідній документації. В процесі приймального контролю може бути складена відомість дефектів (при необхідності) мікрометричні і індикаторні прилади, сигналізатори, динамометри, секундоміри.

Для контролю точності геометричних параметрів панелі використовуються універсальні способи і засоби контролю. Такі засоби вказані в НТД по виконанню з'єднань, наприклад, індикатор для контролю провалів і утяжок, згідно ПИ249-2000 (див. малюнок 2.3).



Малюнок 4.3 – Індикатор для контролю провалів і утяжок

#### 4.12 Розрахунок норм часу на виконання операцій директивного технологічного процесу складання панелі

Норми часу на виконання операцій розробленого ДТП розраховані із міркувань застосування вибраних ЗТО, які передбачають механізацію робіт. За операціями ці дані наступні:

- 1) вхідний контроль комплектуючих – 11,5 н/год;

- 2) установка деталей, виконання отворів – 23,6 н/год;
  - 3) клепа́ння каркасу панелі ударне – 11,5 н/год;
  - 4) установка обшивок на каркас, виконання отворів механізоване – 23,2 н/год;
  - 5) герметизація, пресове клепа́ння – 11,0 н/год;
  - 6) доопрацювання, контроль – 22,0 н/год.
- Всього по технології на 1 виріб – 102,8 н/год.

#### 4.13 Розробка циклового графіку складання панелі. Укрупнений аналіз та оформлення графіку

Цикловий графік є технологічним документом, що регламентує процес виконання складання, монтажу, випробувань авіаційної конструкції, а саме:

- послідовність виконання технологічних операцій;
- завантаження відповідних ЗТО і робітників;
- режим складання (монтажу, випробувань);
- тривалість виконання операцій.

Початковими даними для розробки циклового графіку є: ТП; трудомісткість  $T_{\text{вир}}$ ; програма випуску  $A$ ; такт (ритм) випуску  $R$ .

Відповідно до вибраного типу виробництва панелі (див. Вступ), програма випуску панелі вибрана  $A = 390$  шт. Такт випуску  $R$  знаходиться по формулі і рівний:

$$R = \Phi_k / A = 2002 / 390 \approx 5 \text{ год.}$$

Мною розроблений цикловий графік складання панелі (див. Додаток до данного Проекту).

Укрупнений аналіз циклового графіку:

- 1) загальний цикл складання  $\Sigma_{\text{заг}} = 10 R = 50$  год;
- 2) завантаження обладнання – 100%;
- 3) завантаження робітників – 100%.

#### 4.14 Розробка робочого технологічного процесу складання панелі в маршрутно-операційному описі. Оформлення на бланках

Робочий ТП складання панелі розробляється з урахуванням результатів робіт, виконаних вище. У даному Проєкті розробляється ТП складання в маршрутно-операційному описі.

Робочий ТП повинен містити наступну інформацію:

- а) Склад і послідовність виконання технологічних операцій;
- б) Необхідні ЗТО для виконання операцій, в т.ч контролю;
- в) Методи і засоби контролю;
- г) Транспортні і підйомні засоби;
- д) Розряди робіт, спеціальності робітників;
- ж) Норми часу по кожній операції;
- з) Організаційно-технічні вимоги.

Розробка ТП робиться з урахуванням наступних обставин:

- а) максимальна технологічна досконалість;
- б) найбільша по можливості продуктивність праці;
- в) найкращі умови праці робітників;
- г) забезпечення якості.

Нормування ТП фіксується у вигляді норм часу в технологічних картах по кожній операції. Нормування залежить від виду зв'язку його з організацією оплати праці, виробничих традицій, першоджерел процесу нормування.

Останніми можуть виступати: укрупнені норми, типові техпроцеси, циклові графіки.

Трудомісткість ТП складається з суми норм часу за операціями і завданнями. На підставі значення загальної трудомісткості розраховується кількість робітників, що відповідають ЗТО. Мною розроблений ТП складання панелі з підбором ЗТО, нормуванням робіт. ТП представлений на технологічних картах в Додатку до данного Проекту.

#### 4.15 Висновки до розділу

Підготовлені матеріали для розробки ДТМ в об'ємі ДТП: способи базування при складанні, метод ув'язки і схема складання і ув'язки. Розроблений ДТП складання панелі і оформлений на бланках. Виконані роботи з підготовки початкових матеріалів для розробки робочої технологічної документації по складанню панелі. Враховані розроблені раніше ДТМ, а також сучасні тенденції до проектування складальних процесів в області авіації. Виконаний аналіз технологічного оснащення для складання панелі на підставі аналога. Розроблений і оформлений робочий ТП складання в маршрутно-операційному описі (оформлений на бланках)

## 5 СПЕЦІАЛЬНА СКЛАДОВА

Спеціальна складова данного Проекту присвячена розрахунку вихідних даних та побудові концепції і самого планування виробничої ділянки складання розглядуваних панелей. Технологічна підготовка виробництва передбачає появу самого виробництва, адже тільки серійне виготовлення авіаційної конструкції може повернути асигнування, витрачені на сам проєкт і технологічну підготовку його виробництва.

### 5.1 Розрахунок фондів часу

Укрупнений ТП складання панелі (згідно із цикловим графіком, див. додаток) представлений у таблиці 5.1.

**Таблиця 5.1** – Укрупнений ТП складання панелі

N п/ п	Найменування операції	Найменування ЗТО	Трудомісткість виконання і-тої операції ТП $T_{\text{шт } i}$ , в/год.	Кількість одночасно працюючих ОВР на і-тій технологічній операції ТП $P_o$ , чол.	Розряд робіт
1	2	3	4	5	6
1	Вхідний контроль	-	11,5	2	3
2	Установка деталей в СП	пневмодриль Atlas Copco	30,68	2	4
3	Клепання каркасу	пневмомолоток Atlas Copco	9,2	2	4
4	Установка обшивок	СЗУ	23,2	2	5
5	Герметизація, клепаання пресове	КП-503М	11,0	1	5
6	Доопрацювання	-	19,2	2	4
Всього:		—	$T_{\text{вир}} = 104,78$	—	—

Ефективний фонд роботи ЗТО представлений у таблиці 5.2.



Таблиця 5.2 – Ефективний фонд роботи ЗТО на 2021 рік

N п/п	Показники	Одиниці виміру	Величина показника на 2021 р.
1	2	3	4
1	Номінальний фонд робочого часу ( $\Phi_n$ ) підприємства (цеху, ділянки)	год.	1994
2	Зупинки і перерви, котрі плануються на ремонт ЗТО з технічних причин: 1,4% від $\Phi_n = 28$	год.	28
3	Ефективний фонд робочого часу обладнання ( $\Phi_d$ ) в одну зміну: $\Phi_d = 1994 - 28 = 1966$	год.	1966

Ефективний фонд роботи одного робітника  $\Phi_{др}$  представлений у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок ефективного фонду робочого часу одного робітника на 2021 рік

N п/п	Показники	Одиниці виміру	Величина показника на 2021 р.
1	2	3	4
1	Кількість календарних днів за рік	дні	365
2	Кількість неробочих днів, всього, в тому числі: • суботи; • неділі; • свята	дні	115 52 52 11
3	Кількість робочих днів в кожному році: $365 - 115 = 250$	дні	250
4	Тривалість робочої зміни	год.	8
5	Години, на котрі скорочуються передсвяткові дні: 6 днів по 1 год.	год.	6
6	Номінальний фонд робочого часу ( $\Phi_n$ ): $\Phi_n = 250 \cdot 8 - 6 = 1994$	год.	1994
7	Неявка на роботу, всього (9,2%). В тому числі: • чергові та додаткові відпустки (6,4%); • відсутність за хворобою (1,5%); • інші неявки, дозволені законом (1,3%);	год.	184 128 30 26

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• неявки з дозволу адміністрації (похорон, весілля тощо) – тільки за фактом;</li> <li>• прогули – тільки за фактом</li> </ul>		-
8	Ефективний фонд робочого часу одного працюючого ( $\Phi_{др}$ ): $\Phi_{др} = 1994 - 184 = 1810$	год.	1810
9	Коефіцієнт використання робочого часу: $\Phi_{др}/\Phi_n = 1810 / 1994 = 0,91$	коєф.	0,91

## 5.2 Визначення необхідної кількості засобів технологічного оснащення виробничої ділянки складання панелі

Визначення необхідної кількості ЗТО проводиться за формулою:

$$C_{pi} = A \cdot T_{umi} / (\Phi_d \cdot n_i \cdot K_{вн}),$$

де:  $T_{umi}$  – трудомісткість виконання і-тої технологічної операції, год. (див. таблицю 1);

$A$  – річна програма випуску панелей, шт;  $A = 390$  комплектів.

$\Phi_d$  – дійсний фонд часу роботи ЗТО, год. (див. таблицю 3.2);

$n_i$  – кількість одночасно працюючих ОВР на і-тій технологічній операції ТП, чол. (див. таблицю 1);

$K_{вн}$  – коефіцієнт виконання норм,  $K_{вн} = 1,2$ .

Розрахована величина  $C_p$  округлюється у більшу сторону до отримання прийнятої кількості ЗТО  $C_{пр}$ . На основі отриманих даних розраховуються коефіцієнти завантаження ЗТО  $K_{зо}$  по кожній операції та середній коефіцієнт завантаження ЗТО  $K_{зо\text{ сер}}$  за формулами:

$$K_{зо i} = C_{pi} / C_{пр i} \rightarrow I$$

$$K_{зо\text{ сер}} = \Sigma C_p / \Sigma C_{пр} \rightarrow I$$

$C_{p2} = 30,68 \cdot 390 / (1966 \cdot 2 \cdot 1,2) = 2,52$ . Приймаємо  $C_{p2} = 3$  шт.

$C_{p3} = 9,2 \cdot 390 / (1966 \cdot 2 \cdot 1,2) = 0,76$ . Приймаємо  $C_{p3} = 1$  шт.

$C_{p4} = 23,2 \cdot 390 / (1966 \cdot 2 \cdot 1,2) = 1,9$ . Приймаємо  $C_{p4} = 2$  шт.

$C_{p5} = 11,0 \cdot 390 / (1966 \cdot 1 \cdot 1,2) = 1,81$ . Приймаємо  $C_{p5} = 2$  шт.

$C_{пр\Sigma} = 8$  шт.

$K_{302} = 2,52 / 3 = 0,84$ .

$K_{303} = 0,76 / 1 = 0,76$ .

$K_{304} = 1,9 / 2 = 0,95$ .

$K_{305} = 1,81 / 2 = 0,91$ .

$K_{30\text{ сер}} = 0,87$ .

Основні технічні характеристики ЗТО представлені в таблиці 5.4.

**Таблиця 5.4** – Основні технічні характеристики ЗТО

№ п/п	Найменування ЗТО	Вартість ЗТО Ос, грн.	Потужність електро- двигуна $W$ , кВт	Витрати стиснутого повітря $Q_{п.}$ , м³/год.	Група ремонтної складності $G_{рс}$
	1	2	3	4	5
1	пневмодриль Atlas Corso	20000	-	60	5
2	пневмомолоток Atlas Corso	30000	-	25	5
3	СЗУ	240000	0,6	9	10
4	КП-503М	108000	5	40	18

Результати розрахунків виконані в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Результати розрахунку необхідної кількості ЗТО

Трудомісткість виконання і-тої операції ТП, н/год.	Кое-фіці-єнт вико-но-няЗТО на річн <sub>н</sub> норм програму	Ефектив-ний фонд роботи ЗТО $\phi_{дн}$ , год.	Р <sub>о</sub> , чол.	Кількість ЗТО, шт.		Коефі-цієнт заван-таження ЗТО $K_{зв}$	Вартість ЗТО О <sub>с</sub> , грн.	
				$C_p$	$C_{пр}$		одиниці	всього
4	5	6	7	8	9	10	11	12
11965,2	1,2	1966	2	2,52	3	0,84	20000	60000
3588	1,2	1966	2	0,76	1	0,76	30000	30000
9048	1,2	1966	2	1,9	2	0,95	240000	480000
4290	1,2	1966	1	1,81	2	0,91	108000	216000
Всього:				6,99	$\Sigma C_{пр} = 8$	0,87 $K_{зв,ср} =$	-	0,2 = 786000

N оп. ЦГ	Найменування ЗТО	
	1	2
	2	пневмодриль Atlas Copco
	3	Сорсопневмомолоток Atlas
	4	СЗУ
	5	КП-503М

### 5.3 Визначення чисельності основних виробничих, допоміжних робочих і спеціалістів виробничої дільниці складання панелі

Розрахунок необхідної кількості ОВР для виконання і-тої технологічної операції ТП складання панелі  $P_{ОВР i}$  виконується за формулою:

$$P_{ОВР i} = T_{ум i} \cdot A / (\Phi_{др} \cdot K_{вн}),$$

де:  $T_{ум i}$  — трудомісткість виконання і-тої операції ТП, н.-год.;

$\Phi_{др}$  — дійсний ефективний фонд робочого часу одного робітника, год. (див. таблицю 3.2).

Розрахункову кількість ОВР по кожній професії та розряду округлюють у більшу або меншу сторону і отримують прийняту чисельність ОВР для виконання і-тої операції та ТП Циклового графіку) в цілому. Розряди встановлюють у відповідності до розрядів робіт.

Загальна прийнята кількість ОВР  $P_{ОВР}$  дільниці складає:

$$P_{ОВР} = T_{вир} \cdot A / (\Phi_{др} \cdot K_{вн}) = 104,78 \cdot 390 / (1810 \cdot 1,2) = 18,7 \text{ чол.}$$

Приймаємо  $P_{ОВР} = 19$  чол.

Розрахунок прийнятої кількості ОВР по операціях ТП (циклового графіку) складання панелі:

$$P_1 = 11,5 \cdot 390 / (1810 \cdot 1,2) = 2,1. \text{ Приймаємо 2 чол. — зварювальник 3 р.}$$

$P_2 = 30,68 \cdot 390 / (1810 \cdot 1,2) = 5,5. \text{ Приймаємо 6 чол. — складальник-клепальник 4 р.}$

$P_3 = 9,2 \cdot 390 / (1810 \cdot 1,2) = 1,6. \text{ Приймаємо 2 чол. — складальник-клепальник 4 р.}$

$P_4 = 23,2 \cdot 390 / (1810 \cdot 1,2) = 4,1$ . Приймаємо 4 чол. – складальник-клепальник 5 р.

$P_5 = 11,0 \cdot 390 / (1810 \cdot 1,2) = 2,0$ . Приймаємо 2 чол. – складальник-клепальник 5 р.

$P_6 = 19,2 \cdot 390 / (1810 \cdot 1,2) = 3,4$ . Приймаємо 3 чол. – складальник-клепальник 4 р.

Результати розрахунків ОВР представлені в таблиці 5.6.

**Таблиця 5.6** – Відомість ОВР по дільниці складання панелі

№ оп. циклового графіку	Найменування професії	Розряд	Кількість ОВР $P_{ОВРi}$ , чол.	У т.ч. по розрядах					
				1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	зварювальник	3	2			2			
2	складальник-клепальник	4	6				6		
3	складальник-клепальник	4	2				2		
4	складальник-клепальник	5	4					4	
5	складальник-клепальник	5	2					2	
6	складальник-клепальник	4	3				3		
Всього:			19			2	11	6	

Кількість допоміжних робочих  $P_{\text{доп}}$  дільниці складає 20% від чисельності ОВР  $P_{\text{ОВР}}$  та розраховується за формулою:

$$P_{\text{доп}} = 0,2 \cdot P_{\text{ОВР}}$$

Кількість допоміжних робочих  $P_{\text{доп}}$  дільниці складає:

$$P_{\text{доп}} = 0,2 \cdot 19 = 3,8. \text{ Приймаємо } P_{\text{доп}} = 4 \text{ чол.}$$

У якості допоміжних робочих дільниці прийнято:

- комірник 3 р. – 1 чол.;
- кранівник 4 р. – 1 чол.;
- прибиральник (-ця) виробничих приміщень 2 р. – 2 чол.

Кількість спеціалістів  $P_{\text{спец}}$  дільниці складає 6...12% від загальної чисельності ОВР  $P_{\text{ОВР}}$  і допоміжних робочих  $P_{\text{доп}}$  та розраховується за формулою:

$$P_{\text{спец}} = (0,06 \dots 0,12) \cdot (P_{\text{ОВР}} + P_{\text{доп}})$$

Кількість спеціалістів  $P_{\text{спец}}$  дільниці складає:

$$P_{\text{спец}} = 0,09 \cdot (19 + 4) = 2,1. \text{ Приймаємо } P_{\text{спец}} = 2 \text{ чол.}$$

У якості спеціалістів прийнято:

- майстер – 1 чол.;
- інженер-технолог 3 кат. – 1 чол.

#### 5.4 Визначення площі виробничої дільниці складання панелі

Виробнича площа дільниці складання панелей розраховується за формулою:

$$S = Q_{\text{д}} \cdot S_{\text{пит}}$$

де:  $S_{\text{уд}}$  – питома площа одиниці стенда (стаціонарного обладнання, станції),  $\text{м}^2$ ;



$Q_n$  – кількість одиниць стендів (стаціонарного обладнання, станції) шт.

Результати розрахунків виробничих площ представлені в таблиці 5.7.

**Таблиця 5.7 – Производственные площади участка сборки панелей**

Найменування стенду (станції, стаціонарного обладнання, стаціонарної технологічної оснастки)	Кількість $Q_n$ , шт.	Питома площа $S_{\text{пит.}}$ , м <sup>2</sup>	Загальна площа $S_{\text{з.}}$ , м <sup>2</sup>
1	2	3	4
Стенд вхідного контролю	1	15	15
Стенд зварювання	1	20	20
СП	6	18	108
Стенд герметизації	1	22	22
Стенд пресового клепаання	1	14	14
Стенд доопрацювання і контролю	1	22	22
Верстаки, стелажі	7	7	49
Всього:			$S_{\text{вир.}} = 250$

Площі проїздів між стендами (стаціонарним обладнанням, станціями) – 60 м<sup>2</sup>.

Площа центрального проїзду (-ів) – 70 м<sup>2</sup>.

### 5.5 Розробка та обґрунтування компонування, планування і транспортної логістики виробничої ділянки складання панелі. Оформлення плану

Планування виробничої ділянки складання панелей представляє собою схему, побудовану на основі комплексних розрахунків при плануванні виробничих приміщень. Розміщення обладнання в цеху по ділянках і стендах повинно задовольняти сучасні вимоги щодо раціонального розміщення основних фондів, з можливістю модуляції процесів і мобільності можливих змін за рахунок технічного переоснащення.

Кожна виробнича ділянка складається з сукупних робочих місць. Сукупне робоче місце складається з індивідуальних робочих місць. Робоче місце оснащується необхідними засобами праці відповідно до характеру його спеціалізації. Оснащення та розташування робочого місця на виробничій площі повинні забезпечувати високу продуктивність праці, гарантувати безпеку роботи, відповідати фізіологічним, естетичним та санітарно-гігієнічним нормам.

На підприємствах з цеховою структурою декілька ділянок входять до складу цеху. За умов безцехової структури управління виробництвом виробнича ділянка є адміністративно відокремленою одиницею підприємства. Очолює виробничу ділянку начальник або майстер, котрий відповідає за її виробничо-господарську діяльність.

На виробничій ділянці складання панелей пропонується застосувати предметно-технологічний принцип. Застосування ідеальної предметної структури на будь-якому машинобудівному заводі, не завжди є доцільним, бо веде до необхідності в кожному цеху монтувати всі комплекти технологічного устаткування. При цьому неможливо завантажити деякі верстати через невеликий обсяг робіт на ділянці. Тому на машинобудівних підприємствах застосовується змішана структура, за якої заготівельні виробництва та цехи будуються за технологічним принципом (ковальсько-пресовий, чавуноливарний, сталеливарний та ін.), а оброблювальні та випускні об'єднуються в предметно-замкнуті ланцюги (цехи або ділянки).

Така змішана структура притаманна масовому та серійному типам машинобудівного виробництва, який і вибраний в данному Проекті.

Розроблено планування дільниці складання панелі (див. графічну частину).

## **5.6 Організація робочих місць виробничої дільниці складання панелі**

Важливим елементом організації праці на підприємстві є вдосконалення планування, організації і обслуговування робочих місць з метою створення на кожному з них необхідних умов для високопродуктивної праці. Робоче місце — це зона трудової діяльності робітника, або групи робітників, оснащена всім необхідним для успішного здійснення роботи. Водночас це первинна ланка виробничої структури підприємства, яка може функціонувати відносно самостійно.

Організація робочого місця — це система заходів щодо його планування, оснащення засобами і предметами праці, розміщення в певному порядку, обслуговування й атестації. Планування робочого місця передбачає раціональне розміщення у просторі матеріальних елементів виробництва, зокрема устаткування, технологічного та організаційного оснащення, а також робітника. Робоче місце має робочу, основну і допоміжну зони. В основній зоні, яка обмежена досяжністю рук людини в горизонтальній і вертикальній площинах, розміщуються засоби праці, що постійно використовуються в роботі. У допоміжній зоні розміщуються предмети, котрі застосовуються рідко.

Велике значення має раціональне технологічне й організаційне оснащення робочих місць, що передбачає забезпечення їх основним технологічним устаткуванням, технологічним і організаційним оснащенням (інструментом, пристроями, допоміжними матеріалами, запасними частинами

та устаткуванням для їх зберігання і розміщення, а також засобами сигналізації, освітлювальною апаратурою, робочими меблями, тарою тощо).

Оснащення робочих місць масових професій може здійснюватися за типовими проектами, в яких ураховані необхідні рекомендації щодо оснащення і планування робочих місць даного виду. Використання типових проектів сприяє впровадженню досягнень науки і передового досвіду в процесі організації робочих місць, знижує трудомісткість роботи, дозволяє підвищити рівень організації трудових процесів.

Робочі місця класифікують за такими параметрами, як професія та кількість виконавців, ступінь спеціалізації, рівень механізації, кількість устаткування, характер розміщення в просторі.

## 5.7 Висновки до розділу

Виконано підбір, систематизацію та розрахунок необхідних вихідних даних для розробки концепції та створення планування виробничої ділянки складання панелей. Так, розраховано фонди часу, кількість необхідних одиниць ЗТО, ОВР. Розглянуто теоретичні засади організації робочих місць на спроектованій ділянці.

## Висновки до проекту

В даному дипломному проєкті були виконані роботи з розробки технології складання панелей відсіку транспортного літака. В якості аналогу конструкції, обрана панель бічна відсіку фюзеляжу літака Ан-32П. Так, розроблено повний комплект основних технологічних документів, у тому числі обрано необхідні засоби технологічного оснащення; розроблений директивний цикловий графік складання розглядуваних конструкцій, планування виробничої ділянки.

Розглянуто конструкцію виробу, зроблено конструктивно-технологічний аналіз. За результатами оцінювання технологічності конструкції, зроблено висновок щодо достатнього її рівня.

Виконано розрахунок річної програми випуску відсіків, обрано необхідні складальні бази (комбінований метод базування), обґрунтовано вибір еталонно-шаблонного методу забезпечення взаємозамінності. Обрано серійний тип виробництва, для якого запропоновано залишити на виробництві клепальний прес КП-503М, але додатково забезпечити комплексну механізовану технологію шляхом придбання пневмодрилів і пневмомолотка. Крім того, застосовуватиметься СЗУ на базі робота або ручного приводу.

На спроектованій ділянці заплановано роботу 19 основних виробничих робочих. Завдяки впровадженню технології, зростання продуктивності праці склало 18%.

Проєкт виконано в повному обсязі; виконані роботи і запропоновані техніко-технологічні рішення показали, що впровадження комплексної механізації і широке використання засобів існуючого підприємства здатні організувати виробництво на найвищому рівні, використовуючи напрацювання минулих поколінь в обсязі, необхідному для реалізації відповідних програм випуску.

## Список використаної літератури

- 1 Александров В. Г. Справочник по авиационным материалам. – М.: Транспорт, 1979.
- 2 Бабушкин А. И. Метод сборки самолетных конструкций. – М.: Машиностроение, 1975.
- 3 Бойко А. П., Мамлюк О. В., Терещенко Ю. М., Цибенко Р.Т. Конструкція літальних апаратів. – К.: Вища освіта, 2001.
- 4 Бойцов В. В. и др. Сборка агрегатов самолета. – М.: Машиностроение, 1983.
- 5 Гриценко І.А., Животовська К.А., Король В.М., Мамлюк О.В., Терещенко Ю.М. Технологія виробництва ЛА, книга 1 – К.: Вища освіта, 2004.
- 6 Ершов В.И. и др. Нормирование труда в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1983.
- 7 Кононенко В. Г. Технология производства летательных аппаратов курсовые и дипломное проектирование. К.: Высшая школа, 1974.
- 8 Методические рекомендации по выполнению курсового проекта по предмету «Технология сборки и испытания авиационных ЛА», под редакцией Толстого С.А. – К.: КиАТ, 2015.
- 9 ОСТ 1.41711-77 Конструктивно-технологическая отработка агрегатов. Порядок проведения отработки.
- 10 ОСТ 1.42064-80 Сборка самолетов. Термины и определения.
- 11 ОСТ 1.42296-85 Система увязки геометрических параметров и обеспечения взаимозаменяемости узлов и агрегатов летательных аппаратов.
- 12 ОСТ 1.51695-83 Приспособления для сборки агрегатов. Детали и узлы каркасов приспособлений. Общие технические требования.

## Схожість

Джерела з Бібліотеки

15

1	Козловський Ігор	ID файлу: 1000050080	Навчальний заклад: National Technical University of Ukraine "Kyiv Po...	16.9%
2	Герасименко Олексій	ID файлу: 1000050082	Навчальний заклад: National Technical University of Ukraine "Ky...	15.5%
3	Віцан Максим	ID файлу: 6014415	Навчальний заклад: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechn...	14.3%
4	Хенченко Дмитро	ID файлу: 6014413	Навчальний заклад: National Technical University of Ukraine "Kyiv Poly...	14.2%
5	Иванив	ID файлу: 6023379	Навчальний заклад: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Insti...	14.7%
6	Яровой	ID файлу: 5984661	Навчальний заклад: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Insti...	14%
7	Корнейчук Богдан	ID файлу: 6014422	Навчальний заклад: National Technical University of Ukraine "Kyiv Poly...	10.7%
8	Полонський Олександр	ID файлу: 1003698440	Навчальний заклад: National Technical University of Ukraine ...	11.9%
9	Царкозенко Олег	ID файлу: 1003869973	Навчальний заклад: National Technical University of Ukraine "Kyiv P...	11.1%
10	Вихор Артем	ID файлу: 1000050084	Навчальний заклад: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytec...	8.62%
11	Кісельов Владислав	ID файлу: 6014412	Навчальний заклад: National Technical University of Ukraine "Kyiv Po...	8.45%
12	Забродський Антон	ID файлу: 1000050087	Навчальний заклад: National Technical University of Ukraine "Kyiv...	7.15%
13	Олександр Зезюлько	ID файлу: 1000068556	Навчальний заклад: National Technical University of Ukraine "Ky...	6.75%
14	Герасименко Олексій	ID файлу: 1005698215	Навчальний заклад: National Technical University of Ukraine "Ky...	6.9%
16	Окунева Катерина	ID файлу: 1000050090	Навчальний заклад: National Technical University of Ukraine "Kyiv P...	5.16%

## Цитати

Цитати

5

1  $Ср4 = 23,2 \cdot 390 / (1966 \cdot 2 \cdot 1,2) = 1,9.$

2  $Ср5 = 11,0 \cdot 390 / (1966 \cdot 1 \cdot 1,2) = 1,81.$

3  $Р2 = 30,68 \cdot 390 / (1810 \cdot 1,2) = 5,5.$

4  $Р4 = 23,2 \cdot 390 / (1810 \cdot 1,2) = 4,1.$

5  $Р5 = 11,0 \cdot 390 / (1810 \cdot 1,2) = 2,0.$

Посилання

1

1 1 Александров В. Г. Справочник по авиационным материалам. – М.: Транспорт, 1979. 2 Бабушкин А. И. Метод сборки самолетных конструкций. – М.: Машиностроение, 1975. 3 Бойко А. П., Мамлюк О. В., Терещенко Ю. М., Цибенко Р.Т. Конструкція літальних апаратів. – К.: Вища освіта, 2001. 4 Бойцов В. В. И др. Сборка агрегатов самолета. – М.: Машиностроение, 1983. 5 Гриценко І.А., Животовська К.А., Король В.М., Мамлюк О.В., Терещенко Ю.М. Технологія виробництва ЛА, книга 1 – К.: Вища освіта, 2004. 6 Ершов В.И. и др. Нормирование труда в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1983. 7 Кононенко В. Г. Технология производства летательных аппаратов курсовые и дипломное проектирование. К.: Высшая школа, 1974. 8 Методические рекомендации по выполнению курсового проекта по предмету «Технология сборки и испытания авиационных ЛА», под редакцией Толстого С.А. – К.: КиАТ, 2015. 9 ОСТ 1.41711-77 Конструктивно-технологическая отработка агрегатов. Порядок проведения отработки. 10 ОСТ 1.42064-80 Сборка самолетов. Термины и определения. 11 ОСТ 1.42296-85 Система увязки геометрических параметров и обеспечения взаимозаменяемости узлов и агрегатов летательных аппаратов. 12 ОСТ 1.51695-83 Приспособления для сборки агрегатов. Детали и узлы каркасов приспособлений. Общие технические требования.



## Вилучення

Вилучення

92

<a href="http://libr.org.ua/book/80/2416.html">http://libr.org.ua/book/80/2416.html</a>	3.61%
<a href="https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B0_%D0%B4%D1%96...">https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B0_%D0%B4%D1%96...</a>	2.41%
<a href="https://studopedia.ru/28_45481_viznachennya-neobhldnovi-klkostl-zasoblv-tehnologlchnogo-osnashchennya.html">https://studopedia.ru/28_45481_viznachennya-neobhldnovi-klkostl-zasoblv-tehnologlchnogo-osnashchennya.html</a>	1.99%
<a href="https://pdr.ru/a8380.html">https://pdr.ru/a8380.html</a>	1.16%
<a href="https://studopedia.ru/28_45482_viznachennya-chiselnostl-osnovnih-virobnichih-l-dopomlzhnih-robocih.html">https://studopedia.ru/28_45482_viznachennya-chiselnostl-osnovnih-virobnichih-l-dopomlzhnih-robocih.html</a>	1.12%
<a href="https://eprints.kname.edu.ua/16941/1/%D0%96%D0%B2%D0%B0%D0%BD_%D0%9A%D0%9B_%D0%9E%D0%A0%D0%93%D0%...">https://eprints.kname.edu.ua/16941/1/%D0%96%D0%B2%D0%B0%D0%BD_%D0%9A%D0%9B_%D0%9E%D0%A0%D0%93%D0%...</a>	1.07%
<a href="https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD-32">https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD-32</a>	0.31%
<a href="http://interactive.ranok.com.ua/upload/file/!!!!!!!!!!!!!!ukr2/metodyka%20navchann%D1%96a%20matematyky%20u%201%">http://interactive.ranok.com.ua/upload/file/!!!!!!!!!!!!!!ukr2/metodyka%20navchann%D1%96a%20matematyky%20u%201%</a> 84 джерело	0.25%
<a href="https://www.antonov.com/upgrade">https://www.antonov.com/upgrade</a>	0.18%

Вилучення по Бібліотеці акаунту

162

Каштан Ярослав	ID файлу: 1000050083	Навчальний заклад: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytec...	4.62%
Ярослав Корляков	ID файлу: 1003734635	Навчальний заклад: National Technical University of Ukraine "Kyiv Poly...	4.64%
Вихор Артем	ID файлу: 1005698218	Навчальний заклад: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic...	4.22%
Соколовский	ID файлу: 5975616	Навчальний заклад: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic In...	3.88%
Нечас Дмитро	ID файлу: 1000062951	Навчальний заклад: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechn...	3.63%
Ломанов Олександр	ID файлу: 1000050091	Навчальний заклад: National Technical University of Ukraine 7 Джерело	2.85%
Студентська робота	ID файлу: 8488885	Навчальний заклад: V.I. Vernadsky Taurida National University 2 Джерело	3.3%
Студентська робота	ID файлу: 3650486	Навчальний заклад: Lviv Polytechnic National University 50 Джерело	2.6%
Студентська робота	ID файлу: 1001167605	Навчальний заклад: National Aviation University	1.09%
Тугарев І.Ю	ID файлу: 8350952	Навчальний заклад: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Inst...	1.04%

Рачицький М.С.	ID файлу: 8498356	Навчальний заклад: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"	8 Джерело	0.74%
Данилець Олексій	ID файлу: 5994101	Навчальний заклад: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"		0.71%
Ломанов Олександр	ID файлу: 1005701336	Навчальний заклад: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"		0.26%
Студентська робота	ID файлу: 1001012667	Навчальний заклад: National Aviation University	2 Джерело	0.26%
Студентська робота	ID файлу: 1000413577	Навчальний заклад: National University of Water Management and Environmental Engineering	76 Джерело	0.25%
+Записка_Олейник	ID файлу: 1005704294	Навчальний заклад: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"		0.24%
Дворецька О	ID файлу: 1003684580	Навчальний заклад: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"		0.18%
Студентська робота	ID файлу: 1002498499	Навчальний заклад: National University of Life and Environmental Sciences		0.13%
Студентська робота	ID файлу: 1003965299	Навчальний заклад: National University of Water Management and Environmental Engineering	2 Джерело	0.13%
Студентська робота	ID файлу: 1000060059	Навчальний заклад: National University of Life and Environmental Sciences		0.13%
Студентська робота	ID файлу: 1000074561	Навчальний заклад: Lviv Polytechnic National University	2 Джерело	0.12%