

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

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

Факультет літакобудування

Кафедра технології виробництва літальних апаратів

## Пояснювальна записка

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

на тему «Удосконалення технології та оснащення для складання  
центроплану транспортного літака»

XAI.104.163.23O.134.1801044 ПЗ

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

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

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

Горбань Владислав Павлович

(прізвище та ініціали здобувача (ки))

Керівник: Олександр ЗАСТЕЛА  
(ім'я та прізвище)

Рецензент: Юрій ЧОРНИЙ  
(ім'я та прізвище)

Харків – 2024

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

Факультет \_\_\_\_\_ літакобудування \_\_\_\_\_

Кафедра \_\_\_\_\_ технології виробництва літальних апаратів \_\_\_\_\_

Рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ другий (магістерський) \_\_\_\_\_

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

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

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

\_\_\_\_\_ Катерина МАЙОРОВА \_\_\_\_\_  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

\_\_\_\_\_ Горбань Владислав Павлович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи «Удосконалення технології та оснащення для складання центроплану транспортного літака»

керівник кваліфікаційної роботи Застела Олександр Миколайович, к.т.н., професор

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

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

2. Термін подання здобувачем кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ 15 січня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи матеріали переддипломної практики, креслення складальної одиниці – центроплану транспортного літака-прототипу, операційні карти технологічного процесу складання, креслення стапелю складання.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати) конструкторський розділ: конструктивно-технологічний аналіз, технічні умови на виготовлення, аналіз технологічності центроплану транспортного літака; технологічний розділ: розробка і обґрунтування схеми конструктивно-технологічного членування, схеми складання та ув'язування центроплану транспортного літака, розрахунок похибок складання по обводам, розробка маршрутного (директивного) технологічного процесу складання центроплану транспортного літака, розробка технічних умов на проектування та конструкції стапелю складання центроплану транспортного літака, технологічні розрахунки цеху складання центроплану транспортного літака; економічний розділ:

визначення основних техніко-економічних показників цеху складання центроплану транспортного літака.

5. Перелік графічного матеріалу складальне креслення центроплану транспортного літака, схема членування, схема складання та ув'язування центроплану транспортного літака, стапель складання центроплану транспортного літака, креслення майстер-плити, циклової графік складання центроплану транспортного літака, планування цеху складання центроплану транспортного літака.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Конструкторський розділ	Трубаєв С.В., завідувач каф.103	20.11.2023	11.01.2024
Технологічний розділ	Застела О.М., професор каф.104	20.11.2023	11.01.2024
Економічний розділ	Застела О.М., професор каф.104	20.11.2023	11.01.2024
Спеціальний розділ	Застела О.М., професор каф.104	20.11.2023	11.01.2024

Нормоконтроль \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
(підпис) (ім'я та прізвище)

7. Дата видачі завдання « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Конструкторський розділ	11.01.2024	
2	Технологічний розділ	11.01.2024	
3	Економічний розділ	11.01.2024	
4	Спеціальний розділ	11.01.2024	

**Здобувач**

\_\_\_\_\_ (підпис)

Горбань В.П.  
(прізвище та ініціали)

**Керівник кваліфікаційної роботи**

\_\_\_\_\_ (підпис)

Олександр ЗАСТЕЛА  
(ім'я та прізвище)

## ЗМІСТ

Вступ.....	8
1 Конструкторський розділ .....	9
1.1 Конструктивно-технологічний аналіз центроплану крила транспортного літака та визначення шляхів її модернізації .....	10
1.1.1 Технічний опис центроплану крила транспортного літака .....	10
1.2 Конструктивно-технологічна характеристика кесону центроплана .....	18
1.3 Варіантне проектування конструктивно-силової схеми центроплану.....	21
1.3.1 Визначення навантажень, що діють на центроплан.....	22
1.3.2 Проектувальний розрахунок варіантів конструкції центроплана	25
1.3.3 Обґрунтування вибору КСС.....	31
1.4 Технічні умови виготовлення центроплана.....	32
1.5 Аналіз технологічності конструкції центроплану .....	33
Висновки по розділу 1.....	34
2 Технологічний розділ.....	35
2.1 Аналіз існуючого виробництва .....	36
2.2 Схема конструктивно-технологічного членування центроплану крила.....	37
2.3 Розробка схеми складання і маршрутного (директивного) технологічного процесу складання носового відсіку фюзеляжу. Обґрунтування методів складання та необхідної номенклатури складальних пристроїв для відсіку та підзбірок .....	38
2.4 Розробка схеми ув'язування заготівельного і складального оснащення для виготовлення центроплану крила .....	41
2.5 Нормування операції маршрутно-операційного технологічного процесу.....	46
2.6 Методи ведення складального процесу, його механізація та автоматизація.....	47
2.7 Розробка технологічного процесу складання центроплану .....	48

	5
2.8 Схема базування при складанні носової частини фюзеляжу .....	50
2.9 Розробка ТУ на постачання підбірок центроплана крила .....	52
2.10 Розробка ТУ на проектування і конструкції стапеля складання центроплана крила .....	53
2.11 Проектування стапеля складання центроплана крила .....	55
Монтаж стапеля .....	57
Розробка укрупненого технологічного процесу монтажу стапеля.....	57
2.12 Розробка оснащення другого порядку – майстер-плити .....	58
2.13 Уточнення типу виробництва.....	58
2.14 Вибір організаційної форми складання центроплану крила .....	59
2.15 Розробка циклового графіка складання центроплану крила.....	60
2.16 Технологічні розрахунки цеху, обґрунтування структурного складу цеху складання центроплану крила .....	61
Розрахунок кількості обладнання .....	62
Розрахунок площ і обсягу цеху .....	66
2.16 Компонування цеху в корпусі складальних цехів.....	67
2.17 Планування цеху складання центроплану крила .....	68
2.18 Розробка методів по організації робочих місць, механізації і автоматизації робіт .....	69
2.19 Організаційна структура і система управління виробництвом в цеху.....	70
Організаційна структура цеху .....	70
Система управління якістю продукції.....	73
<i>Висновки по розділу 2.....</i>	<i>75</i>
3 Економічний розділ.....	76
3.1 Визначення основних техніко-економічних показників цеха.....	77
3.1.1 Визначення фонду оплати праці в цілому.....	77
Розрахунок заробітної плати виробничих робітників .....	77
Розрахунок заробітної плати допоміжних працівників .....	78
Розрахунок заробітної плати керівників, фахівців, працівників та МОП .....	79

Розрахунок заробітної плати для компенсації зносу інструменту і ЗТО .....	80
Розрахунки вартості основних фондів підприємства .....	81
Розрахунок вартості обслуговування та експлуатації обладнання .....	81
Визначення загальногосподарських витрат .....	84
Розрахунок кошторису витрат на виробництво і собівартості одиниці виробу .....	85
3.1.2. Техніко-економічні показники підприємства .....	87
3.1.3. Визначення точки беззбитковості .....	88
3.2. Оцінка ринку збуту .....	89
3.3. Стратегія маркетингу .....	90
<i>Висновки по розділу 3</i> .....	91
4 Спеціальний розділ .....	92
Загальні положення .....	93
Методика розрахунку геометричних параметрів типових Скл.Од., що складаються по складальним отворам .....	94
Методика розрахунку геометричних параметрів типових Скл.Од., що складаються за базовими отворами .....	95
Порядок проведення розрахунку точності геометричних параметрів Скл.Од., що складаються за отворами .....	97
Розрахунок точності зовнішнього контуру центроплану крила, який складається за отворами .....	100
<i>Висновки по розділу 4</i> .....	103
<i>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</i> .....	104
Додатки .....	106
Додаток А – Складальне креслення центроплану крила .....	107
Додаток Б – Схема конструктивно-технологічного членування центроплану крила .....	110
Додаток В – Схема складання та ув'язування ЗТО та СЧ центроплану крила .....	111
Додаток Г – Нормований маршрутно-операційний ТП складання центроплану .....	112

Додаток Д – Креслення стапелю складання центроплану .....	115
Додаток Е – Креслення майстер-плити .....	116
Додаток Ж – Циклової графік складання центроплану крила .....	117
Додаток З – Планування цеху складання центроплану .....	118

## ВСТУП

Авіаційна техніка є однією з передової галузі промислового виробництва, що споживає і дає імпульс самим прогресивним методам отримання деталей і виробів.

На даний момент на ринку зростає попит на регіональні пасажирські та транспортні літаки, які повинні відповідати наступним вимогам: надійності, технологічності, економічності, безпеки і т.д. Для забезпечення відповідності літака вище перерахованим вимогам необхідна розробка безлічі конструкторської, технологічної та дослідницької документації

Складальні роботи займають особливе місце в літакобудуванні. Підвищення якості складальних робіт істотно впливає на ефективність всього авіаційного виробництва, оскільки трудомісткість складання становить 45...50 % загальної трудомісткості виготовлення літака. Складання відрізняється від інших технологічних процесів тим, що її складовими частинами є різноманітні, фізично різноманітні процеси установки, клепаання, зварювання, склеювання і т.п.

Одним з основних конструктивних елементів планера літака є крило, яке складається з центроплану та від'ємної частини крила. Форма обводів центроплану визначається аеродинамічними вимогами, тому вимагає достатньо високої точності виготовлення, високої чистоти поверхні, а сама конструкція центроплану повинна бути технологічна, за рахунок чого скорочуються терміни та витрати на підготовку виробництва та складання.

Розробка технології виготовлення центроплану дозволяє домогтися заданого об'єму виробництва і якості складання центроплану. У той же час вона враховує і економічні аспекти – витрати на виготовлення центроплану та підготовку виробництва. Завдяки технології можна домогтися оптимальної вартості виробу, що в свою чергу робить його конкурентоспроможним.

В даному проекті опрацьована конструкція центроплану транспортного літака, технологія складання центроплану, спроектовані засоби технологічного оснащення процесу складання, спланована організація процесу складання, спроектовано цех складання центроплану крила і опрацьовані заходи з техніки безпеки в цеху складання центроплану, проведено економічний розрахунок собівартості центроплану транспортного літака.



## **1 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ**

## 1.1 Конструктивно-технологічний аналіз центроплану крила транспортного літака та визначення шляхів її модернізації

### 1.1.1 Технічний опис центроплану крила транспортного літака

Літак – це система яка включає в себе різні підсистеми, такі як планер, системи керування, двигун, які складаються з окремих функціональних елементів зі складними зв'язками та взаємозв'язками. Конструкцію літака розрізняють складальні одиниці: панелі, вузли, відсіки, агрегати, секції. В цій роботі розглядаємо центроплан крила який є відсіком.

Відсік – конструкційна частина планера, утворена поперечним перерізом площини, перпендикулярно або під кутом, до головних конструкторських баз агрегату планера, і має замкнутий аеродинамічний контур.

Розглянемо основні технічні характеристики транспортного літака Ан-178, конструкція якого прийнята за базову.

Ан-178 український близькомагістральний транспортний літак з турбореактивними двигунами (рисунок 1.1). Розроблений київським ДП «Антонов» на базі пасажирського Ан-158 (Ан-148-200).



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд базової конструкції літака типу Ан-178 [1]

Створення літака почалося в 2010 році, перший політ літак здійснив 7 травня 2015 року.

Ан-178 має прийти на заміну військово-транспортних літаків попереднього покоління Ан-12, Ан-26 та Ан-32. Нова машина обладнана аналогічною, як і в сім'ї Ан-148, авіонікою та двигунами Д-436-148ФМ.

Ан-178 – середній транспортний літак вантажопідйомністю 15-18 тонн, (два стандартних морських контейнери). Його швидкість становить 825 км/год, висота польоту – 12 км, дальність польоту – 5,5 тис. км. Літак може сідати і злітати з будь-яких аеродромів, у тому числі з ґрунтовим покриттям, що робить його придатним і для оборони. Станом на 7 червня 2016 тривало випробування літака, він уже виконав 77 приземлень. Станом на 2020 рік почалося серійне виробництво літака серійному заводі «Антонов», також розглядаються варіанти ліцензійного виробництва за кордоном.

Станом на 2021 р. у виробництві 4 одиниці, 1 проходить модернізацію для сертифікації (без російських комплектуючих) [1].

Ан-178 вже не є настільки подібним до інших моделей сім'ї, як, наприклад, Ан-148 та Ан-158.

Машина створена за аеродинамічною схемою високоплан, оснащена задніми вантажними дверима та рампою.

Якщо порівнювати переріз Ан-178 і Ан-12, то видно, що вантажна кабіна нового літака більша за об'ємом. Вона герметична, на відміну від кабіни Ан-12. Паливна ефективність у реактивного Ан-178 краща, ніж у турбогвинтового Ан-12. Двигун Д-436-148ФМ конструктивно практично ідентичний до двигуна базової моделі, але має на 15 % збільшену тягу. Фюзеляж позаду кабіни пілотів розширений і з більшим центропланом.

Конструкція літака передбачала створення нових фюзеляжу, шасі, рампи, центроплану та встановлення потужнішого варіанту Д-436-148ФМ. Втім, збереглися кабіна екіпажу, консолі крила від Ан-158, хвостове оперення, бортове обладнання, авіоніка, БРЕО, гідравліка. Ці системи на ДП «Антонов» здебільшого були вже готові та сертифіковані, що в значній мірі зменшило вартість і час розробки, і, у випадку масштабної експлуатації всієї сім'ї, – здешевлює в рази впровадження та експлуатацію (підготовку кадрів, єдиний сервіс, наявність широкого спектра кадрів, наявність бази єдиних запчастин, використання одного уніфікованого аеродромного обладнання тощо).

Унікальна особливість літака Ан-178 – можливість перевезення всіх існуючих у світі типів пакетованих вантажів (у контейнерах і на піддонах), включаючи великовантажні контейнери 1С (морський контейнер) з поперечними габаритами 2,44×2,44 м (рисунок 1.2), що робить його дуже ефективним транспортним засобом для логістичної підтримки як у комерційній експлуатації, так і у збройних силах, а також для застосування в умовах надзвичайних ситуацій. Як і всі «антонівські» літаки, військовий варіант Ан-178 успадковує такі необхідні для військово-транспортного літака якості, як можливість

базування на малопідготовлених аеродромах, автономність, високу надійність та бойову живучість.

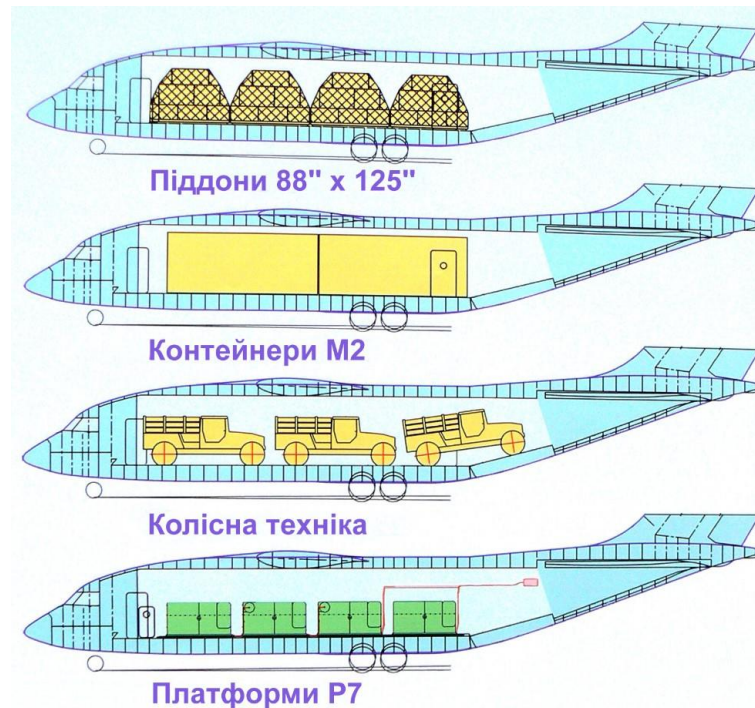


Рисунок 1.2 – Варіанти можливого завантаження літака типу Ан-178 [1]

Серйозною конкурентною перевагою проекту Ан-178 є невисока вартість. Вона оцінюється у 40 млн. доларів за одиницю. Це можна порівняти з аналогічним російським проектом Ил-214 (35-40 млн. доларів за одиницю) і набагато менше від бразильського конкурента Embraer KC-390 (85 млн. доларів за одиницю) [2].

Літак виконано за схемою високоплану з двигунами Д-436-148ФМ, розміщеними на пілонах під крилом. Це дозволяє підвищити рівень експлуатаційної технологічності літака. Наявність допоміжної силової установки, бортової системи реєстрації стану літака, а також високий рівень надійності систем дозволяють використовувати літак на технічно слабо оснащених аеродромах.

Літак має крило кесонної конструкції, силовий набір складається з кесонів центроплана та відокремленої частини крила. Центроплан прямокутної форми в плані розмахом 3,2 м. Відстань між лонжеронами 2,3 м. Центроплан розташований між нервюрами № 3 (лівою та правою) та утворює один бак-кесон. Кесон складається з поперечного та поздовжнього силового наборів (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Центроплан літака типу Ан-178

Поздовжній силовий набір центроплана утворений двома лонжеронами, переднім та заднім, та силовими панелями. Лонжерони центроплана клепаної конструкції, кожен з яких складається з верхнього та нижнього поясів та стінки, з'єднаних між собою заклепувальним швом та набору стійок із пресованих профілів. Між нервюрою № 2 та площиною стику з від'ємною частиною крила (далі – ВЧК) на лонжеронах встановлені кронштейни для здійснення фланцевого стику по силових шпангоутах фюзеляжу.

На розвинених вертикальних полицях цих кронштейнів є отвори для стикування з лонжеронами ВЧК.

Між лівою та правою нервюрами № 2 на стінках I та II лонжеронів встановлені кронштейни дугової форми (дуги) для перестиккування силового набору фюзеляжу (обшивка та стрингери) у зоні вирізу під центроплан. Складання центроплану здійснюється із застосуванням заповнювача ВЗ-27.

Верхні панелі виконані із набору трьох пресованих панелей. На верхній панелі № 2 є чотири люки для доступу до систем та стику центроплану та ВЧК. Нижня панель складається із п'яти пресованих панелей. Знизу по нервюрі № 2 на нижній поверхні центроплана встановлено профіль для кріплення поздовжньої балки фюзеляжу. Склад верхніх та нижніх панелей наведено відповідно у таблиці 1.1 і рисунку 1.4.

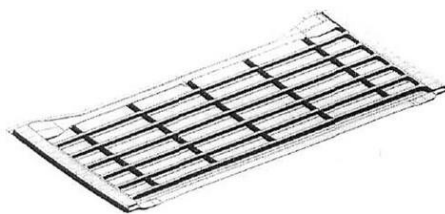


Таблиця 1.1 – Склад верхніх та нижніх панелей центроплану

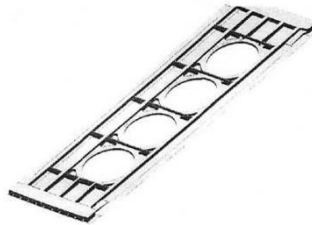
Найменування	Кількість	Маса, кг	Матеріал
Панель центроплану верхня № 1	1	52,00	Плита 1973Т2 45×990×3100 мм ТУ 1-92-118-87
Панель центроплану верхня № 2	1	55,40	Плита 1973Т2 45×670×3100 мм ТУ 1-92-118-87
Панель центроплану верхня № 3	1	65,86	Плита 1973Т2 45×1000×3100 мм ТУ 1-92-118-87
Панель центроплану нижня № 1	1	24,00	400919 1161.Т ТУ 1-805-150-90
Панель центроплану нижня № 2	1	44,00	ПФ102 1161.Т ТУ 1-805-150-84
Панель центроплану нижня № 3	1	46,07	ПФ102 1161.Т ТУ 1-805-150-84
Панель центроплану нижня № 4	1	50,25	ПФ102 1161.Т ТУ 1-805-150-84
Панель центроплану нижня № 5	1	31,65	400893 1161.Т ТУ 1-805-150-90

Бортовий фланцевий поперечний стик панелей центроплану та консолей крила виконаний за допомогою стикових болтів, встановлених у колодязях закінцівок панелей центроплану та у колодязях спеціальних профілів роз'єму консолей.

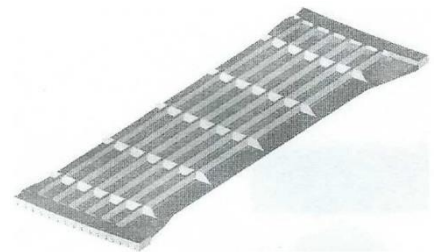
Поперечний силовий набір складається з нервюр балкової конструкції. По нервюрах № 0 і № 1 є кронштейни, до яких кріпляться дуги лонжеронів. Кожна нервюра складається з поясів, стінок та стійок. Стінки виконані з дюралюмінієвого листа, пояса та стійки – з пресованих профілів різних перерізів. Нервюри кріпляться поясами до поперечних ребрів панелей.



а



б



в

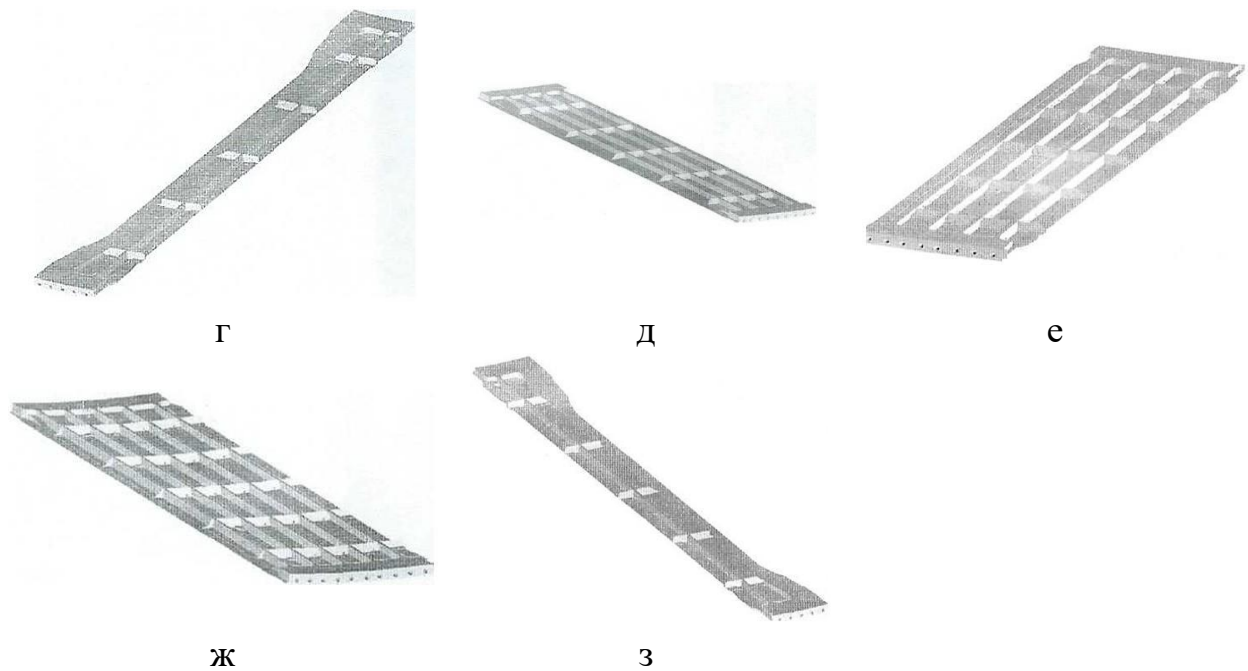


Рисунок 1.3 – Верхні панелі центроплану: а – верхня № 1; б – верхня (люкова) № 2; в – верхня № 3; г – нижня № 1; д – нижня № 2; е – нижня № 3; ж – нижня № 4; з – нижня № 5

Склад нервюр № 0 і № 2 представлені в таблицях 1.2, 1.3 відповідно та рисунку 1.4.

Таблиця 1.2 – Склад нервюр № 0 центроплану

Найменування	Кількість	Маса	Матеріал
Стінка	1	4,346	Лист Д16ЧАМВХ 18×1000×2300 мм ОСТ1 90070-92
Пояс верхній	1	1,126	420236 Д16Т ОСТ1 90113-86 L=2300 мм
Пояс нижній	1	1,086	420236 Д16Т ОСТ 90113-86 L=2300 мм
Пояс середній	1	3,397	420419 Д16ЧТ ОСТ 90113-86 L=2300 мм
Стійка	1	0,192	720014 Д16Т ОСТ 90113-86 L=530 мм

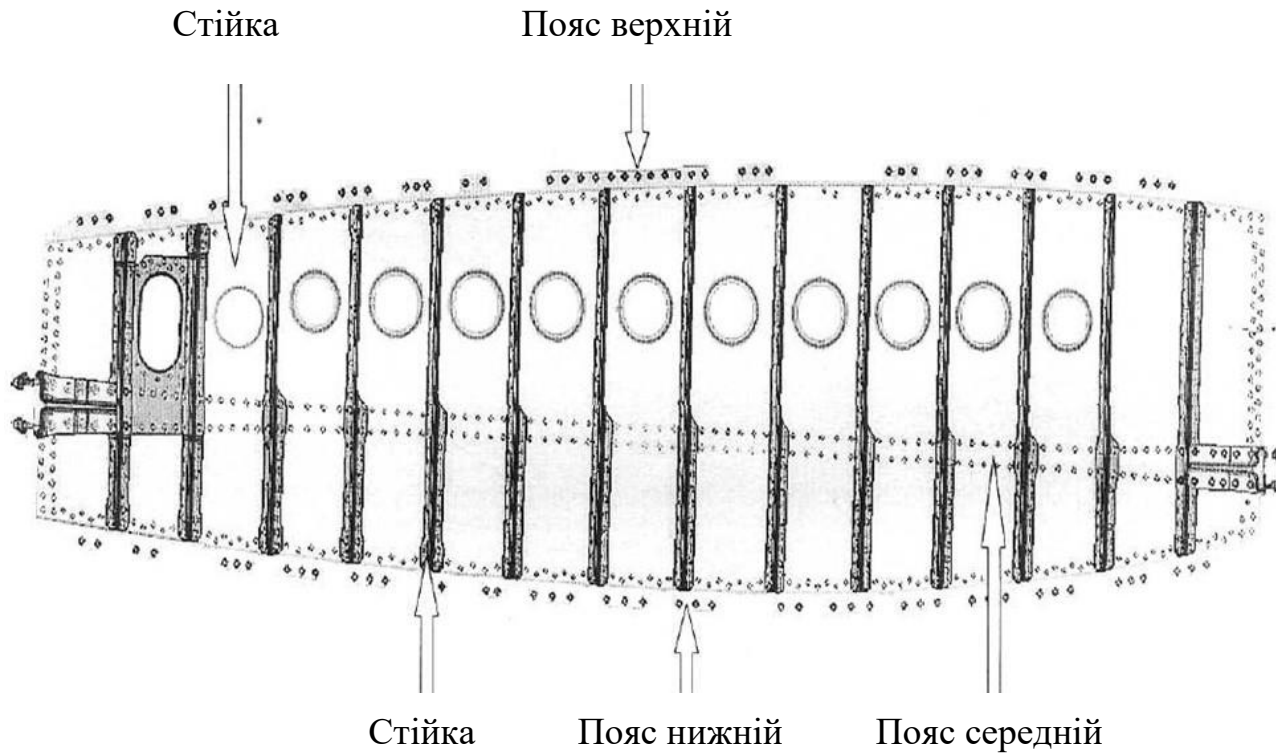


Рисунок 1.4 – Схема нервюри № 0

Таблиця 1.3 – Склад нервюр № 2 центроплану

Найменування	Кількість	Маса	Матеріал
Стінка	1	3,542	Лист Д16ЧАМВХ ОСТ1 90070-92 0,8×620×2300 мм
Пояс верхній	1	1,063	420359 Д16Т ОСТ1 90113-86 L=2300 мм
Пояс нижній	1	1,241	420359 Д16Т ОСТ1 90113-86 L=2300 мм
Стійка	1	0,309	720014 Д16Т ОСТ1 90113-86 L=612 мм

Стійки на нервюрах подібні одна до однієї, лише трохи відрізняються конструкцією і розмірами.

Нервюра № 1 схожа за своїми характеристиками на нервюру № 0, лише трохи відрізняється розмірами деяких елементів та його масами.

Склад лонжеронів центроплану представлені в таблицях 1.4 і 1.5.



Таблиця 1.4 – Склад лонжерону № 1 центроплану

Найменування	Кількість	Маса	Матеріал
Пояс верхній	1	5,028	511094 В95ПЧ.Т2 ОСТ1 90113-86 L=2800 мм
Пояс нижній	1	6,261	511094 1163Т ОСТ1 90113-86 L=2550 мм
Кронштейн	1	7,306	Штамповка 1933Т3 550×395×130 мм ОСТ 1 90297-85
Дуга	1	5,640	Штамповка 1933Т3 140×220×1700 мм ОСТ1 90297-85
Стінка лонжерону	1	10,612	Лист Д16ЧАТ 4,5×550×2550 мм ОСТ1 90246-77
Стійки силової нервюри	14	0,415	420453 Д16Т ОСТ1 90113-86 L=533 мм
Стійки	42	0,310	430244 Д16Т ОСТ1 90113-86 L=533 мм

Склад лонжерону № 2 подібний до лонжерону № 1, є лише невеликі відмінності в конструкції, масі та розмірах деяких вхідних деталей.

Основні схеми і види центроплану і вузлів, що входять до нього, зображені на рисунках 1.5, 1.6.

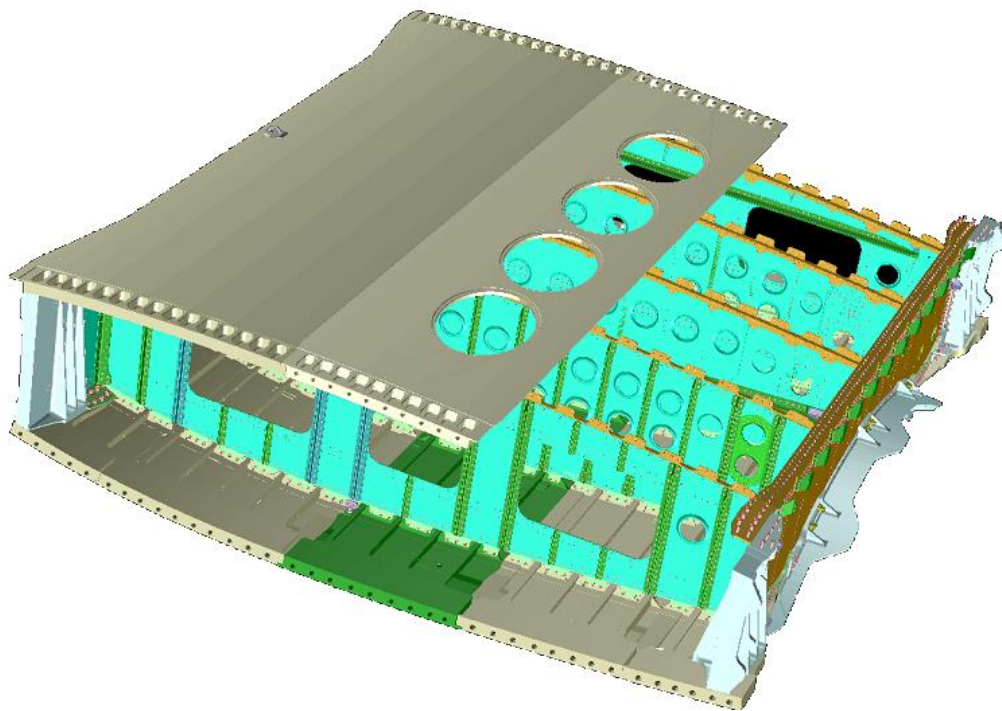


Рисунок 1.5 – Центроплан літака

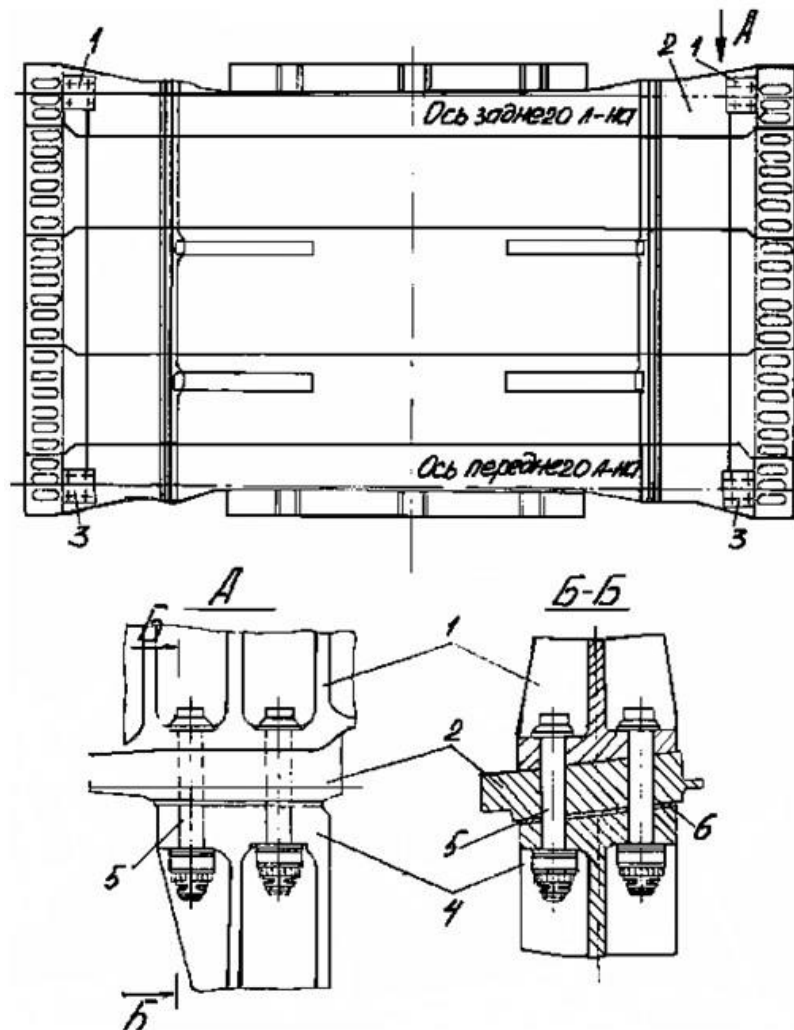


Рисунок 1.6 – Стик центроплана із фюзеляжем: 1 – кронштейн, 2 – полиця лонжерону, 3 – кронштейн, 4 – стояк шпангоуту, 5 – болт, 6 – прокладка

Приєднувальні фітинги служать для з'єднання крила з фюзеляжем. Вони кріпляться до силових нервюр. Приєднувальні фітинги є монолітними вузлами, виготовленими з високоміцних сплавів.

Центроплан стикується з фюзеляжем у чотирьох точках. Кронштейни кріплення центроплану до фюзеляжу встановлені на нижніх поясах переднього та заднього лонжеронів між нервюрами № 2 та № 3. Кронштейни стикуються чотирма болтами з натягом зі стійками шпангоутів діаметрами 14 мм та 16 мм на ґрунті ЕП-0215.

## 1.2 Конструктивно-технологічна характеристика кесону центроплана

Центроплан крила – дволонжеронна збірно-монолітна конструкція з габаритними розмірами 3200×2570×570 мм.

Поздовжні та поперечні шви кесона виконані на внутрішньошовному полімерному заповнювачі ВЗ-27М. Полімерний компенсуючий заповнювач ВЗ-

27М є пастоподібною епоксиполіамідною композицією, пластифікованою каучуком композицією, наповненою польовим шпатом і скляним волокном. Заповнювач ВЗ-27М призначений для компенсації зазорів у стиках деталей та агрегатів виробів, що працюють при температурах від  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $+80^{\circ}\text{C}$  в повітряному середовищі та в середовищі реактивних палив типу ТС-1, з метою виключення підгоночних робіт і монтажних напружень у силових елементах конструкцій.

Поздовжній силовий набір складається з лонжеронів збірно-клепаної конструкції та монолітних панелей. Поперечний набір виконано з п'яти нервюр (№№ 0-2 правих та лівих).

Перший та другий лонжерони – збірно-клепаної конструкції складаються з верхнього (В95пчТ2), нижнього (1163Т) поясів, стінки (Д16ЧАТ) та монолітних кронштейнів стику з від'ємною частиною крила (далі – ВЧК) (1933Т3).

Зібрані між собою пояси та стінки лонжеронів підкріплені вертикальними стійками (1933Т3) із внутрішньої та зовнішньої сторони.

З зовнішнього боку першого та другого лонжеронів встановлені дуги для кріплення центроплану з панелями фюзеляжу. Матеріал дуг – алюмінієвий сплав 1933Т3, габарити  $1700 \times 220 \times 140$  мм та  $2000 \times 450 \times 160$  мм. Перший і другий лонжерони розташовані перпендикулярно до будівельної площини центроплану. Панелі центроплану монолітні. Верхні з плит матеріалу 1973Т2, габарити  $3100 \times 900 \times 45$  мм,  $3100 \times 670 \times 45$  мм,  $3100 \times 1000 \times 45$  мм, нижні – пресовані профілі типу ПФ102 та 400919 ( $L=3150$  мм) із матеріалу 1161Т.

Верхня панель складається із трьох окремих панелей. Максимальні габарити  $3100 \times 1000 \times 45$  мм, середня з яких замикаюча.

Верхні та нижні панелі мають поперечні ребра для кріплення з поясами нервюр.

Нервюри збірно-клепаної конструкції, балкового типу, складаються зі стінок, верхнього та нижнього поясів, стійок та кронштейнів у стику з дугою.

Стінки нервюр з листів ( $\delta=0,8$  мм,  $\delta=1,8$  мм,  $\delta=2,0$  мм) матеріалу Д16ЧАМВХ.

Пояси нервюр – пресовані профілі типу 420236, 420281, 420359, 420419, 720015 ( $L=2300$  мм; ОСТ190113-86) з матеріалу Д16Т.

Кріплення ВЧК і центроплану здійснюється однорядним болтовим з'єднанням по верхній та нижній панелях, а також по першому та другому лонжеронах.

Стик центроплану з фюзеляжем по першому та другому лонжеронах – фланцевий.

Кріплення вузлів та секцій при складанні виконується наступними з'єднаннями: нервюри зі стійками лонжеронів – високоресурсними заклепками та болтами з натягом; секції панелей з лонжеронами та ребрами панелей – болтами з натягом.

Основними базами при складанні центроплану є

- будівельна площа крила (далі – БПК);
- осі лонжеронів, нервюр;
- зовнішня поверхня панелей;
- стикові отвори по фланцевих роз'ємах;
- площини лонжеронів.

Кесон центроплана технологічно розчленований на 16 складальних одиниць (далі – Скл.Од.) та деталей:

- нервюри 0-2;
- 1-й лонжерон;
- 2-й лонжерон;
- секція з верхніх панелей;
- секція з нижніх панелей;
- профілі по 2-й нервюрі.

Складання нервюр, лонжеронів, секцій панелей та відсіку центроплану можливе у серійному виробництві у складальному оснащенні з використанням механізованих засобів.

Транспортувальні операції виконуються верхніми транспортно-підйомними засобами та транспортними візками.

У таблиці 1.5 представлені зведені дані щодо застосовуваних матеріалів у силових елементах конструкції кесона крила. Наведено механічні характеристики цих матеріалів для кожного конструктивного елемента та вказано тип напівфабрикатів.

Сплав 1973 T2, застосований у верхніх панелях центроплана – це алюмінієвий сплав з покращеними характеристиками довговічності та корозійної стійкості. Це покращення досягається за рахунок пом'якшуючого (T2) режиму термообробки, але при цьому трохи зменшується межа міцності матеріалу. Застосування такого матеріалу пояснюється тим, що верхні панелі знаходяться в стислій зоні і вони піддаються впливу агресивного зовнішнього середовища.

Сплав 1161 T, що застосовується в нижніх панелях центроплана – це алюмінієвий сплав з покращеними характеристиками ресурсу. Режим термообробки – гартування та природне старіння. Нижнім панелям необхідно забезпечити необхідну пластичність, тому що вони знаходяться у зоні, де діють

високі навантаження на розтяг.

Таблиця 1.5 – Властивості застосовуваних матеріалів конструкції центроплана

№ п/п	Напівфабрикат, умови постачання	Марка матеріалу	Механічні характеристики, МПа		Елементи конструкції
			$\sigma_b$	$\sigma_{0,2}$	
1	Плита ТУ1-92-118-87	1973 Т2	519,8	451,0	Верхні панелі центроплану
2	Пресований профіль (смуга) ТУ1-805-105-90	1161Т	441,3	333,4	Нижні панелі центроплану
3	Пресований профіль ОСТ190113-86	В95пч Т2	509,9	441,3	Пояси лонжеронів верхні
4	Пресований профіль ОСТ190113-86	1163Т	421,7	323,6	Пояси лонжеронів нижні
5	Лист ОСТ1 90246-77	Д16чАТ	426,6	274,6	Стінки лонжеронів
6	Лист ОСТ1 90070-92	Д16ЧАМВХ	426,6	274,6	Стінки нервюр
7	Штампуння ОСТ 90073-85	1933 Т3	441,3	382,5	Кронштейни стику з фюзеляжем
8	Пресований профіль ОСТ 90113-86	Д16Т	402,1	304,0	Пояси нервюр, стійки нервюр, стійки лонжеронів

Примітка: У цій таблиці механічні властивості пресованих напівфабрикатів наведені для поздовжнього напрямку волокон.

Сплав В95пч Т2, що застосовується у верхніх поясах лонжеронів центроплану – це алюмінієвий сплав, з поліпшеними характеристиками довговічності та корозійної стійкості. Це покращення досягається за рахунок пом'якшуючого (Т2) режиму термообробки.

Сплав Д16чАТ – алюмінієвий сплав, що випускається у вигляді листового матеріалу, плакований, що підвищує його корозійну стійкість.

Сплав 1933Т3 – алюмінієвий сплав з пом'якшуючим режимом термообробки (Т3), що робить його більш твердим, корозійностійким та довговічним, але при цьому у нього зменшується межа міцності.

### 1.3 Варіантне проектування конструктивно-силової схеми центроплану

Основною вимогою до проектуваного літака є забезпечення високого рівня його ефективності за певних витрат на розробку, високими рівнями досконалості аеродинаміки літака, його силової установки, авіаційного та радіоелектронного обладнання, високою надійністю, живучістю та безпекою польотів, хорошими експлуатаційними якостями, а також високим рівнем ремонтпридатності та

технологічності конструкції. Задоволення всіх перелічених вище вимог має здійснюватися за можливо меншої маси конструкції. Зниження маси конструкції дозволяє покращити льотно-технічні характеристики (далі – ЛТХ) літака та знизити його вартість.

Вагова досконалість конструкції визначається багатьма факторами: вибором матеріалу, конструктивно-силової схеми (далі – КСС), культурою виробництва, точністю розрахунків на міцність тощо. У конструкторській частині цього дипломного проекту розглядається вплив на вагову досконалість конструкції обраної для неї КСС та способів передачі сил. Після виявлення оптимальної КСС центроплана літака Ан-178 будуть оцінені напруження, що сприймаються панелями центроплана.

Силова схема конструкції будь-якого агрегату (крила, оперення, центроплана, фюзеляжу та ін.) складається з основної КСС та елементів, що служать для передачі місцевого навантаження на елементи основної КСС. Основна КСС сприймає всі основні силові фактори (поперечні та поздовжні сили  $Q$  і  $N$ , згинальні та крутні моменти  $M_{зг}$  та  $M_{кр}$ ) і складається з лонжеронів, стінок, стрингерів, обшивки, силових панелей тощо. Для передачі місцевого навантаження використовуються нервюри, шпангоути, стійки, книці тощо.

На основну КСС агрегату доводиться до 50...60 % від основних вимог, визначаючих вагову досконалість конструкції: забезпечення достатньої міцності і жорсткості конструкції при найменшій масі.

Виходячи із всього вище сказаного, з метою виявлення оптимальної КСС з погляду вагової досконалості переходимо до варіантного проектування центроплана літака Ан-178.

### **1.3.1 Визначення навантажень, що діють на центроплан**

У проектувальному розрахунку центроплана підбирають силові елементи поперечного перерізу (лонжерони, стрингери) та обшивку. Вихідними даними є такі параметри: зовнішні навантаження у перерізі – згинальний момент  $M_{зг}$  та поперечна сила  $Q$ ; величина хорди центроплана та становище лонжеронів. Центроплан передбачається дволонжеронним.

На цьому етапі проектування центроплана нам невідомі навантаження, що діють на конструкцію. Для вирішення цього завдання необхідно побудувати епюри зовнішніх навантажень, що діють на крило. Поперечна сила та згинальний момент, отримані в перерізі стикування крила з центропланом, будуть розрахунковими навантаженнями для центроплана. З трьох навантажень  $M_{зг}$ ,  $Q$ ,  $M_{кр}$ , що діють у поперечному перерізі крила, згинальний момент є основними

зусиллям, так як маса силових елементів сприймають  $M_{зг}$ , становить близько 50 % загальної маси крила [3].

При побудові епюр крило розглядається як двохопорна балка (з опорами на фюзеляж) з консолями, яка навантажена розподіленим аеродинамічним навантаженням  $q_B$ , масовим навантаженням  $q_{кр}$  та зосередженими силами від двигунів  $P_{дв}$ . Врівноважуються ці сили реакціями фюзеляжу  $R_\phi$ . Для вирішення поставленої задачі достатньо подати епюри навантажень для однієї частини крила (інша буде симетрична). Епюри  $Q$  та  $M_{зг}$  будують від різниці розподілених навантажень ( $q_B - q_{кр}$ ):

$$q = q_B - q_{кр} = \frac{G - G_{кр}}{l} n \cdot \Gamma_{пл}, \quad (1.1)$$

де  $G$  – вага літака;

$G_{кр}$  – вага крила;

$l$  – розмах крила;

$n = n^э \cdot f$  – розрахункове навантаження;

$\Gamma_{пл} = \frac{C_{y_{січ}} \cdot B}{C_{y_{кр}} \cdot B_{ср}}$  – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподіленого

повітряного навантаження по розмаху плоского крила. У розрахунках вважають скіс потоку постійним за розмахом крила ( $C_{y_{січ}} = C_{y_{кр}}$ ).

Або приблизно

$$q = \frac{G - G_{кр}}{S} n \cdot B = \frac{n \cdot G}{S} \cdot (1 - \bar{m}) \cdot B, \quad (1.2)$$

де  $n^э = 4,5$  – експлуатаційне навантаження з [3];

$f = 1,5$  – коефіцієнт безпеки;

$B$  – хорда у перерізі крила;

$S$  – площа крила.

Приймаємо відносну масу крила стосовно маси всього літака  $\bar{m}_{кр} = 0,12$  [4].

$$n = 4,5 \cdot 1,5 = 6,75.$$

Вага крила  $G = m \cdot g = 19150 \cdot 9,8 = 187,7$  кН.

Площа крила  $S = (B_{корн} + B_{конц}) \frac{l}{2} = (650 + 260) 12160 = 11065600$  мм<sup>2</sup> = 11,07 м<sup>2</sup>.

Таким чином

$$q_i = \frac{6,75 \cdot 187,7}{11,07} (1 - 0,12) \cdot B_i = 100,7 \cdot B_i.$$

Після визначення складових можна знайти сумарне погонне навантаження на крило, що діє в напрямку осі  $Y$  в швидкісній системі координат. Обчислення заносимо в таблицю 1.6. При цьому початок координат помістимо наприкінці

крила, перерізу нумеруємо від кінця у бік кореня крила починаючи з  $i=0$ . Літерою  $\bar{z}$  позначають відносну координату  $z = \frac{2z}{l}$ .

При визначенні закону розподілу поперечних сил і згинальних моментів по довжині спочатку знаходять функції  $Q(z)$ ,  $M(z)$  від впливу розподіленого навантаження  $q(z)$ . Для цього табличним способом обчислюють інтеграли:

$$Q = \int_{\frac{1}{2}}^z q(z)dz + P_{\text{агр}}, \quad (1.3)$$

де  $P_{\text{агр}}$  – вага двигуна.

Враховуючи, що маса двигуна дорівнює 480 кг, отримаємо

$$P_{\text{агр}} = m_{\text{дв}} \cdot g = 480 \cdot 9,81 = 4\,768 \text{ Н.}$$

Величина  $Q$  від розподіленого навантаження визначається підсумовуванням навантаження, розташованого по одну сторону від перетину.

Згинальний момент

$$M = \int_{\frac{1}{2}}^z Q(z)dz. \quad (1.4)$$

Схема рахунку наведена в таблиці 1.6, в якій введені такі позначення:

$$\begin{aligned} \Delta z_i &= (\bar{z}_i - \bar{z}_{i-1}) \cdot \frac{l}{2}; \\ \Delta Q_i &= (q_i + q_{i-1}) \cdot \frac{\Delta z_i}{2}; \\ Q &= \Delta Q_{i+1} + Q_{i+1}; \\ \Delta M_i &= (Q_i + Q_{i-1}) \cdot \frac{\Delta z_i}{2}; \\ M_i &= \Delta M_{i+1} + M_{i+1}. \end{aligned} \quad (1.5)$$

Таблиця 1.6 побудована з припущенням, що інтегрування здійснюється методом трапецій. Початок координат вміщено в кінці крила, перерізи пронумеровані від кінця крила, починаючи з  $i=0$ .

Як вже було зазначено раніше, основним зусиллям, що діє в поперечному перерізі центроплана, як і у відокремлених частинах крила (далі – ВЧК), є згинальний момент. Всю величину згинального моменту, що прийшов від ВЧК, сприймає конструкція центроплана. За табл. 1.6 можна чітко бачити, навіть без побудови епюр, значення згинального моменту, що прийшов на центроплан від ВЧК. Враховуючи, що хорда центроплану стала, епюра згинального моменту  $M_{зг. ц-на}$  має вигляд, представлений рисунку 1.7.



Таблиця 1.6 – Сумарне погонне навантаження на крило

$i$	$\bar{z}_i$	$\Delta\bar{z}_i$ , м	$q_i$ , кН/м	$\Delta Q_i$ , кН	$Q_i$ , кН	$\Delta M_i$ , кН·м	$M_i$ , кН·м
0	0	0	45,9	57,4	0	31,0	0
1	0,1	1,08	60,4	69,6	57,4	99,6	31,0
2	0,2	1,08	68,5	76,1	127,0	178,3	130,6
3	0,3	1,08	72,5	84,3	203,1	264,9	308,9
4	0,4	1,08	83,6	94,1	287,4	361,2	573,8
5	0,5	1,08	90,6	102,2	381,5	467,2	935,0
6	0,6	1,08	98,7	109,8	483,7	581,7	1402,2
7	0,7	1,08	104,7	117,5	593,5	699,7	1983,9
8	0,8	1,08	112,8	126,1	711,0	831,2	2683,6
9	0,9	1,08	120,8	135,9	837,1	972,7	3514,8
10	1,0	1,08	130,9	–	973,0	–	4487,5

Еюра изгибающего момента, действующего на центроплан

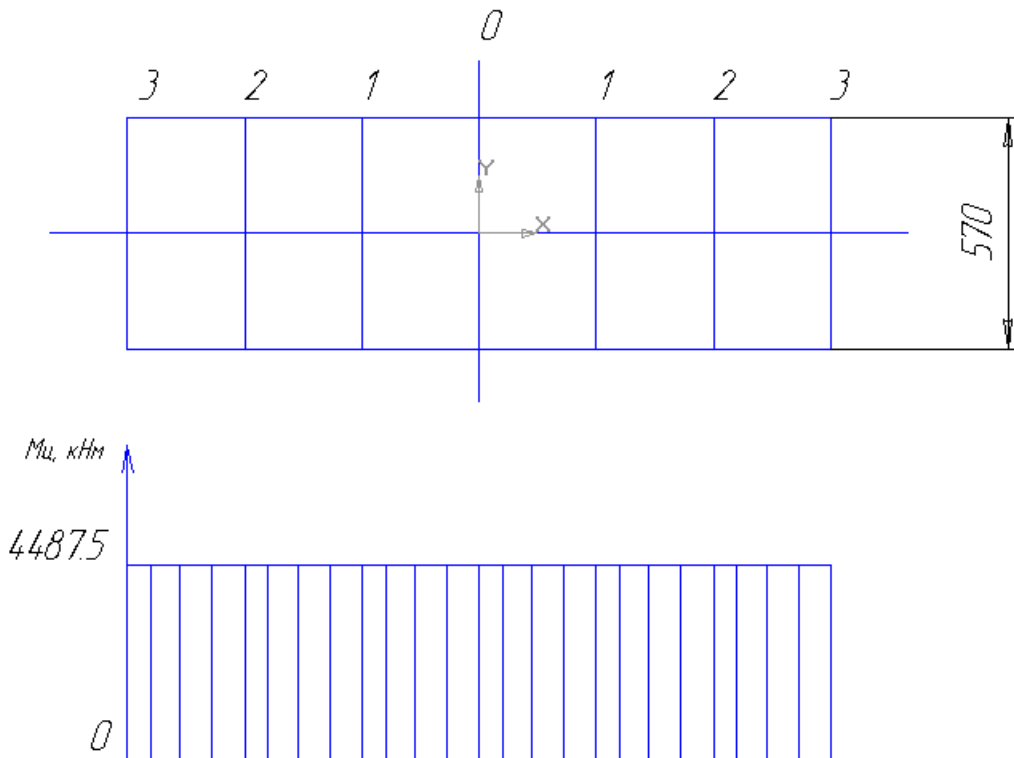


Рисунок 1.7 – Еюра згинального моменту, діючого на центроплан

### 1.3.2 Проектувальний розрахунок варіантів конструкції центроплана

Залежно від того, якими силовими елементами в основному сприймається згинальний момент, силові схеми поділяються на лонжеронні, кесонні та моноблочні.

Силова схема називається лонжеронною, якщо основна частина згинального моменту (а саме 80 %) сприймається поясами лонжеронів, все інше

сприймає панель.

У моноблочній конструкції взагалі немає лонжеронів, всі 100 % згинального моменту сприймає панель.

Кесонна конструкція характеризується потужним стрингерним набором, товстою обшивкою та слабкими поясами лонжеронів.

Отже, почергово розглянемо кожну вище описану схему.

### ***Лонжеронна конструкція***

При підборі поздовжніх силових елементів спочатку знаходять зусилля, що сприймаються верхньою та нижньою половинками поперечного перерізу центроплана.

Приймаємо  $H=1350 \text{ мм}=1,35 \text{ м}$  – висота перерізу центроплана.

Сила стиснення верхньої частини перерізу центроплана і розтягування нижньої частини визначають за формулою

$$P_{\text{пан}} = \frac{M_{\text{зг}}}{H} = \frac{4487,5}{1,35} = 3323,4 \text{ кН.}$$

$P_{\text{пан}}$  можна представити у вигляді суми зусилля  $P_{\text{стр. обш}}$ , що сприймається стрингерами та обшивкою:

$$P_{\text{стр. обш}} = 0,4 \cdot P_{\text{пан}} = 0,4 \cdot 3323,4 = 1329,4 \text{ кН;}$$

$$P_{\text{л}} = P_{\text{пан}} - P_{\text{стр. обш}} = 3323,4 - 1329,4 = 1994 \text{ кН.}$$

Підбір поздовжнього силового набору у розтягнутій зоні здійснюють за формулою

$$P_{\text{стр. обш}}^p = n \cdot \sigma_{\text{стр}}^p \cdot (K_2 \cdot F_{\text{стр}}^p + K_3 \cdot \xi^p \cdot \delta_n \cdot t_n), \quad (1.6)$$

де  $n$  – кількість стрингерів у розтягнутій зоні;

$\sigma_{\text{стр}}^p$  – розрахункове руйнівне напруження;

$F_{\text{стр}}^p$  – площа поперечного перерізу одного стрингера;

$\delta_n, t_n$  – товщина обшивки та відстань між стрингерами у розтягнутій зоні,  
 $\delta_n = 2 \text{ мм}, t_n = 110 \text{ мм}.$

Коефіцієнт  $K_2$  враховує ослаблення поперечного перерізу стрингера отворами під заклепки та має значення  $K_2=0,9$ .

Коефіцієнт  $\xi$  враховує різницю в діаграмах  $\sigma$  і  $\varepsilon$ , у нашому випадку  $\xi^p=1$ .

Коефіцієнт  $K_1$  враховує вплив концентрації напружень у силових елементах за наявності отворів та стрибків жорсткості. Для високоміцних алюмінієвих сплавів  $K_1=0,9$ .

Розрахункове руйнівне напруження находимо за формулою

$$\sigma_{\text{стр}}^p = K_1 \cdot \sigma_{\text{встр}}. \quad (1.7)$$

Матеріал нижньої панелі 1161Т зі  $\sigma_{\text{в}} = 350$  МПа.

Так як у вихідному рівнянні всі величини, крім  $F_{\text{стр}}$  відомі, то звідси можна знайти потрібну площу поперечного перерізу стрингера, яка забезпечить сприйняття стрингерами та обшивкою зусилля  $P_{\text{стр. обш}}$ :

$$F_{\text{стр}}^p = \left( \frac{P_{\text{со}}^p}{n \cdot \sigma_{\text{стр}}^p} - K_3 \cdot \xi^p \cdot \delta_{\text{н}} \cdot t_{\text{н}} \right) \frac{1}{K_2} = \left( \frac{1329,4 \cdot 10^3}{9 \cdot 332,5} - 0,7 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 110 \right) \frac{1}{0,9} = 322,5 \text{ мм}^2;$$

Сумарну площу полиць лонжеронів  $F_{\text{л}}^p$  у розтягнутій зоні отримуємо з рівняння

$$P_{\text{л}}^p = \sigma_{\text{л}}^p \cdot F_{\text{л}}^p \cdot K_2, \quad (1.8)$$

де  $\sigma_{\text{л}}^p$  – розрахункове руйнівне напруження розтягнутої полиці

$$\sigma_{\text{л}}^p = K_1 \cdot \sigma_{\text{вл}};$$

Оскільки  $\sigma_{\text{вл}} = 350$  МПа,  $K_1 = 0,9$ , то

$$\sigma_{\text{л}}^p = 332,5 \text{ МПа};$$

$K_2$  – коефіцієнт, що враховує ослаблення поперечного перерізу полиці отворами під болти та заклепки, і приймає значення  $K_2=0,9$ .

$$F_{\text{л}}^p = \frac{P_{\text{л}}^p}{\sigma_{\text{л}}^p \cdot K_2} = \frac{1994 \cdot 10^3}{332,5 \cdot 0,9} = 6663,3 \text{ мм}^2.$$

Оскільки хорда центроплана стала ( $H=\text{const}$ ), то

$$F_{\text{л}}^p = F_{\text{пер. л}} + F_{\text{зад. л}} \text{ і } F_{\text{пер. л}} = F_{\text{зад. л}} = 33,32 \text{ см}^2.$$

Підбір поздовжнього силового набору у стиснутій зоні

Зусилля  $P_{\text{со}}^c$  у стиснутій зоні знаходять за формулою:

$$P_{\text{стр. обш}}^c = n \cdot \sigma_{\text{стр}}^c (F_{\text{стр}}^c + F_{\text{обш}}), \quad (1.9)$$

де  $n$  – кількість стрингерів,  $n=9$ ;

$\sigma_{\text{стр}}^c$  – розрахункове руйнівне напруження стрингера у стиснутій зоні;

$F_{\text{стр}}^c$  – площа стрингера у стиснутій зоні;

$F_{\text{обш}}$  – приєднувальна площа обшивки, що працює разом із стрингером, за наближеною формулою

$$F_{\text{обш}} = 30 \cdot \delta_{\text{в}}^2 = 30 \cdot 2^2 = 120 \text{ мм}^2.$$

Конструкція вважається добре спроектованою, якщо критичне напруження стрингера близьке до межі міцності матеріалу стрингера. Припускаючи, що стрингер буде підібраний вдало, величина  $\sigma_{\text{стр}}^c = 0,9\sigma_{\text{встр}}$ .

Тоді 
$$F_{\text{стр}}^c = \frac{P_{\text{co}}^c}{n \cdot \sigma_{\text{стр}}^c} - F_{\text{обш}}. \quad (1.10)$$

Верхня панель виготовлена з матеріалу 1973Т3, у якого  $\sigma_{\text{в}} = 540$  МПа.  
Верхні пояси лонжеронів – В95ПЧТ2 з  $\sigma_{\text{в}} = 540$  МПа.

Тоді 
$$\sigma_{\text{стр}}^c = 0,9 \cdot 540 = 486 \text{ МПа.}$$

Таким чином, площа стрингера в стиснутій зоні дорівнює

$$F_{\text{стр}}^c = \frac{1329,4 \cdot 10^3}{9 \cdot 486} - 120 = 183,9 \text{ мм}^2.$$

Сумарна площа полиць лонжеронів у стиснутій зоні отримуємо з рівняння

$$P_{\text{л}}^c = \sigma_{\text{л}}^c \cdot F_{\text{л}}^c, \quad (1.11)$$

де  $\sigma_{\text{л}}^c$  – розрахункові руйнівні напруження в стиснутої полиці, причому

$$\sigma_{\text{л}}^c = \sigma_{\text{в,л}} = 540 \text{ МПа.}$$

Отже, 
$$F_{\text{л}}^c = \frac{1994 \cdot 10^3}{540} = 3692,6 \text{ мм}^2.$$

Як і в розтягнутій зоні  $F_{\text{пер. л}}^c = F_{\text{зад. л}}^c = 1846,6 \text{ мм}^2.$

Згідно з поставленим завданням, необхідно визначити масу лонжеронної конструкції, що складається з мас вхідних силових елементів:

$$m_{\text{л}} = m_{\text{пан}}^c + m_{\text{пан}}^p + m_{\text{пер. л}}^p + m_{\text{зад. л}}^p + m_{\text{пер. л}}^c + m_{\text{зад. л}}^c. \quad (1.12)$$

Масу конструкції можна обчислити за такою формулою

$$m = l \cdot F \cdot \rho,$$

де  $\rho$  – щільність матеріалу ( $\rho_{\text{В95ПЧТ}} = 2, \frac{85 \text{ г}}{\text{см}^3}, \rho_{\text{1163Т}} = 2,8 \text{ г/см}^3$ ).

$l$  – довжина центроплана, рівна  $l=2620$  мм.

Тобто 
$$m_{\text{стр}}^c = 262 \cdot 1,84 \cdot 2,85 = 1373,9 \text{ г;}$$

$$m_{\text{стр}}^p = 262 \cdot 3,23 \cdot 2,8 = 2369,5 \text{ г;}$$

$$m_{\text{пер. л}}^p = 262 \cdot 33,32 \cdot 2,8 = 24443,6 \text{ г;}$$

$$m_{\text{зад. л}}^p = 262 \cdot 33,32 \cdot 2,8 = 24443,6 \text{ г;}$$

$$m_{\text{пер. л}}^c = 262 \cdot 18,47 \cdot 2,85 = 13791,6 \text{ г;}$$

$$m_{\text{зад. л}}^c = 262 \cdot 18,47 \cdot 2,85 = 13791,6 \text{ г;}$$

$$m_{\text{обш}}^c = 262 \cdot 1,2 \cdot 2,85 = 896,1 \text{ г;}$$

$$m_{\text{обш}}^p = 262 \cdot 2,2 \cdot 2,8 = 1613,9 \text{ г.}$$

Таким чином, маса лонжеронної конструкції складає

$$m_{л.к} = 82723,8 \text{ г.}$$

### **Кесонна конструкція**

Аналогічно розрахунку лонжеронної конструкції, проведемо проектувальні розрахунки кесонної та моноблочної конструкції.

Як згадувалося раніше, при кесонній схемі 80 % згинального моменту сприймають панелі центроплана, і лише 20 % згинального моменту – пояси лонжеронів.

$$M_{зг} = 4487,5 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{зг}^{пан} = 0,8 \cdot 4487,5 = 3589,3 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{зг}^л = 4487,5 - 3589,3 = 897,2 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$H = 1,35 \text{ м};$$

$$P_{пан} = \frac{M_{зг}^{пан}}{H} = \frac{3589,3}{1,35} = 2658,7 \text{ кН};$$

$$P_{л} = \frac{M_{зг}^л}{H} = \frac{897,2}{1,35} = 664,7 \text{ кН.}$$

Підбір поздовжнього силового набору у розтягнутій зоні.

Зусилля у розтягнутій зоні:

$$P_{пан} = n \cdot \sigma_{стр}^p (K_2 \cdot F_{стр}^p + K_3 \cdot \zeta^p \cdot \delta_n \cdot t_n), \quad (1.13)$$

де  $n=9$  – кількість стрингерів;

$$\sigma_{стр}^p = K_1 \cdot \sigma_{встр} = 0,9 \cdot 350 = 332,5 \text{ МПа}; \delta_n = 5 \text{ мм}; t_n = 110 \text{ мм};$$

Для цільнефрезерованих панелей коефіцієнти приймають такі значення:

$$K_2 = K_3 = 1; \zeta^p = 1.$$

Таким чином, площа стрингера у розтягнутій зоні дорівнює

$$F_{стр}^p = \frac{P_{пан}^p}{n \cdot \sigma_{стр}^p} - \delta_n \cdot t_n = \frac{2658,7 \cdot 10^3}{9 \cdot 332,5} - 5 \cdot 110 = 338,5 \text{ мм}^2.$$

Сумарна площа полиць лонжеронів у розтягнутій зоні

$$P_{л}^p = \sigma_{л}^p \cdot F_{л}^p \cdot K_2, \quad (1.14)$$

де  $\sigma_{л}^p = K_1 \cdot \sigma_{вл} = 0,9 \cdot 350 = 332,5 \text{ МПа}; K_2 = 0,9.$

$$\text{Звідси, } F_{л}^p = \frac{P_{л}^p}{\sigma_{л}^p \cdot K_2} = \frac{664,7 \cdot 10^3}{332,5 \cdot 0,9} = 2221,2 \text{ мм}^2; F_{пер.л}^p = F_{зад.л}^p = 1112 \text{ мм}^2.$$

Підбір поздовжнього силового набору у стислій зоні.

Зусилля у стиснутій зоні знаходять за формулою

$$R_{\text{пан}}^c = \pi \cdot \sigma_{\text{стр}}^c (F_{\text{стр}}^c + F_{\text{обш}}), \quad (1.15)$$

де  $n=9$  – число стрингерів;  $\sigma_{\text{стр}}^c = 0,9 \cdot 540 = 486$  МПа;

$$F_{\text{обш}} = 30 \cdot \delta_{\text{в}}^2 = 30 \cdot 5^2 = 750 \text{ мм}^2.$$

$$\text{Тоді } F_{\text{стр}}^c = \frac{R_{\text{пан}}^c}{\pi \cdot \sigma_{\text{стр}}^c} - F_{\text{обш}} = \frac{2658,7 \cdot 10^3}{9 \cdot 486} - 750 = -142 \text{ мм}^2.$$

Негативна величина потрібної площі стрингера свідчить у тому, що обшивка сприймає значну частину розрахункового моменту. Так як практично стрингер не може бути негативною товщиною, призначаємо за сортаментом профіль з мінімальною площею:  $F_{\text{стр}}^c = 117,8 \text{ мм}^2$ .

Сумарну площу полиць лонжеронів отримуємо з рівняння

$$R_{\text{л}}^c = \sigma_{\text{л}}^c \cdot F_{\text{л}}^c. \quad (1.16)$$

Тут також  $\sigma_{\text{л}}^c = \sigma_{\text{в,л}} = 540$  МПа.

$$\text{Тоді } F_{\text{л}}^c = \frac{R_{\text{л}}^c}{\sigma_{\text{л}}^c} = \frac{664,7 \cdot 10^3}{540} = 1230,9 \text{ мм}^2; F_{\text{пер. л}}^c = F_{\text{зад. л}}^c = 616 \text{ мм}^2.$$

Аналогічно, лонжеронної схеми знайдемо масу конструкції при застосуванні кесонної схеми:

$$m_{\text{кес.к}} = m_{\text{стр}}^p + m_{\text{стр}}^c + m_{\text{пер. л}}^p + m_{\text{зад. л}}^p + m_{\text{пер. л}}^c + m_{\text{зад. л}}^c + m_{\text{обш}}^p + m_{\text{обш}}^c. \quad (1.17)$$

Матеріали конструкції такі ж, як у лонжеронній конструкції:

$$m_{\text{стр}}^p = 262 \cdot 3,38 \cdot 2,8 = 2479,6 \text{ г};$$

$$m_{\text{стр}}^c = 262 \cdot 1,178 \cdot 2,85 = 879,6 \text{ г};$$

$$m_{\text{пер. л}}^p = 262 \cdot 11,12 \cdot 2,8 = 8157,6 \text{ г};$$

$$m_{\text{зад. л}}^p = 262 \cdot 11,12 \cdot 2,8 = 8157,6 \text{ г};$$

$$m_{\text{пер. л}}^c = 262 \cdot 6,16 \cdot 2,85 = 4599,7 \text{ г};$$

$$m_{\text{зад. л}}^c = 262 \cdot 6,16 \cdot 2,85 = 4599,7 \text{ г};$$

$$m_{\text{обш}}^p = 262 \cdot 5,5 \cdot 2,8 = 4034,8 \text{ г};$$

$$m_{\text{обш}}^c = 262 \cdot 7,5 \cdot 2,85 = 5600,3 \text{ г}.$$

Таким чином, маса кесонної конструкції складає  $m_{\text{кес.к}} = 38508,9$  г.

### **Моноблочна конструкція**

Весь згинальний момент сприймають панелі центроплана.

$$M_{\text{зг}} = 4487,5 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$P_{\text{пан}} = \frac{M_{\text{зг}}}{H} = \frac{4487,5}{1,35} = 3323,4 \text{ кН.}$$

Підбір поздовжніх силового набору у розтягнутій зоні.

$$P_{\text{пан}} = n \cdot \sigma_{\text{стр}}^p (K_2 \cdot F_{\text{стр}}^p + K_3 \cdot \zeta^p \cdot \delta_n \cdot t_n),$$

де  $n=9$ ;  $\sigma_{\text{стр}}^p = 0,9 \cdot 350 = 332,5$  МПа;  $\delta_n = 12$  мм;  $t_n = 110$  мм.

Для цільнофрезерованої конструкції  $K_2=K_3=1$ ,  $\zeta^p=1$ .

Таким чином, площа стрингерів, визначиться

$$F_{\text{стр}}^p = \frac{P_{\text{пан}}}{n \cdot \sigma_{\text{стр}}^p} - \delta_n \cdot t_n = \frac{3323,4 \cdot 10^3}{9 \cdot 332,5} - 10 \cdot 110 = 106 \text{ мм}^2.$$

Так як практичного профілю з такою площею не існує, підбираємо за сортаментом, вибираємо профіль із найменшою площею  $F_{\text{min}} = 117,8$  мм<sup>2</sup>.

Підбір поздовжнього силового набору у стиснутій зоні.

$$P_{\text{пан}} = n \cdot \sigma_{\text{стр}}^c (F_{\text{стр}}^c + F_{\text{обш}}), \quad (1.18)$$

де  $n=9$ ;  $\sigma_{\text{стр}}^c = 0,9 \cdot 540 = 486$  МПа;  $F_{\text{обш}} = 30 \cdot \delta^2 = 30 \cdot 10^2 = 3000$  мм<sup>2</sup>.

$$F_{\text{стр}}^c = \frac{P_{\text{пан}}}{n \cdot \sigma_{\text{стр}}^c} - F_{\text{обш}} = \frac{3323,4 \cdot 10^3}{9 \cdot 486} - 3000 = -2240 \text{ мм}^2.$$

За описаними вище обставинами, вибираємо профіль із мінімальною площею, а саме  $F_{\text{min}}=117,8$  мм<sup>2</sup>.

Знайдемо масу моноблочної конструкції центроплану

$$m_{\text{монобл. к}} = m_{\text{стр}}^c + m_{\text{стр}}^p + m_{\text{обш}}^c + m_{\text{обш}}^p, \quad (1.19)$$

Матеріали конструкції ті самі. Тоді

$$m_{\text{стр}}^c = 262 \cdot 1,178 \cdot 2,85 = 879,6 \text{ г;}$$

$$m_{\text{стр}}^p = 262 \cdot 1,178 \cdot 2,8 = 864,2 \text{ г;}$$

$$m_{\text{обш}}^c = 262 \cdot 43 \cdot 2,85 = 32108,1 \text{ г;}$$

$$m_{\text{обш}}^p = 262 \cdot 13,2 \cdot 2,8 = 9683,5 \text{ г.}$$

Таким чином, маса моноблочної конструкції складає

$$T_{\text{монобл. к}} = 43535,4 \text{ г.}$$

Отже, вибираємо кесонну конструкцію центроплану, виходячи з її мінімальної маси стосовно інших КСС.

### 1.3.3 Обґрунтування вибору КСС

Порівняння мас конструкції центроплану з різними КСС дає можливість

сказати, що кесонна схема центроплана є найбільш раціональною з точки зору витрат маси, а так як у цьому дипломному проекті розглядається пасажирський літак, то ця умова є привабливою, оскільки зменшення маси конструкції планера дозволяє збільшити корисне навантаження.

Для кесонної конструкції матеріал обшивки використовується раціональніше, що зменшує масу конструкції всього центроплану.

Крім того, кесонні та моноблочні схеми дають велику жорсткість на вигин та кручення. При цьому вихід із ладу частини силових елементів через втомні руйнування чи пошкодження не призводить до негайного руйнування всієї конструкції. І, навпаки, у лонжеронній схемі вихід з ладу хоча б однієї з полиць лонжеронів, як правило, призводить до швидкого руйнування всієї конструкції.

При використанні кесонної конструкції економія в масі складає 11,5 % по відношенню до моноблочної конструкції та 53,4 % по відношенню до лонжеронної конструкції.

#### **1.4 Технічні умови виготовлення центроплана**

Складання технічних умов (далі – ТУ) виготовлення проектного виробу – важлива і одна з завершальних стадій проектування.

Сформулюємо ТУ виготовлення центроплана:

1. Невказані граничні відхилення розмірів, форми та розташування поверхонь за ОСТ1 00022-80.
2. Поглиблення цековок в площину кронштейнів і стояки шпангоутів під технологічні болти не більше 0,8 мм.
3. Встановлення прокладок поз. 16, 17 на заповнювачі ВЗ-27М при допустимому проміжку не більше 0,5 мм.
4. Після фрезерування прокладок поз. 16, 17 по поверхні Д поверхню фрезерування місцево оксидувати за ТП16-543-85.
5. Шайби поз. 23 встановлювати при виході гладкої та різьбової частини болта з пакета понад 3,0 мм. Кількість шайб, що встановлюються, визначається виходом різьбової частини болта з гайки не менше 1,5 мм при заданій стяжці.
6. Покриття головок болтів, гайок, шайб і різьбових частин, що виступають емаллю ЕП-140 темно-зелений 473 ОСТ1 90055-85.
7. Стикування центроплана зі стояками шпангоутів проводити за технічним паспортом на агрегат.
8. Встановлення заклепок ОСТ1 34045-79 за ТП36-21-86.
9. Покриття головок заклепок після клепаання емаллю ЕП-140 темно-зелений 471 ОСТ1 90055-85.



10. Покриття дет. поз. 16, 17 - Ан.Окс.нхр.

11. Покриття місць цекування під болти поз. 18, 19, 20, 25 Гр. ЕП-0214416  
ОСТ1 90055-85.

\* – розміри для довідок.

### **1.5 Аналіз технологічності конструкції центроплану**

Технологічність – властивість конструкції, закладена в ній при проектуванні, що дозволяє при збереженні заданого рівня якості виготовляти конструкцію з високими техніко-економічними показниками у виробництві. Технологічність авіаційних конструкцій оцінюють якісними та кількісними показниками, де кількісні показники включають наступні коефіцієнти: коефіцієнти трудомісткості; коефіцієнти собівартості; додаткові коефіцієнти. Оцінку технологічності за кількісними показниками проводять після детальної розробки технології складання того чи іншого базового варіанта конструкції агрегату. Дотримуючись вище сказаного, здійснимо оцінку технологічності центроплану за якісними показниками.

До якісних показників технологічності можна віднести такі:

1. Простота форм конструкції. Конструкція центроплану крила двохлонжеронна, збірно-монолітна, розташована між нервюрами № 3 крила (лівою і правою) і утворює один кесон. Центроплан має досить прості форми, всі деталі та Скл.Од. мають плоскі поверхні, а також поверхні одинарної кривизни.

2. Раціональне членування. Центроплан включає наступні Скл.Од.: панель верхня № 1; панель верхня № 2 люкова; панель верхня № 3; секція нижніх панелей; 1-й лонжерон; 2-й лонжерон; нервюри № 0-2 (лев/прав). Кожен лонжерон, як Скл.Од., є клепаною конструкцією, що складається з верхнього і нижнього поясів і стінки, з'єднаних між собою заклепочним швом, і набором стійок з пресованих профілів. Панелі збірно-монолітної конструкції, кожна з трьох верхніх та п'яти нижніх панелей пресована. Членування нижньої панелі обґрунтовано у конструкторській частині проекту. Верхня панель № 2 виконана люковою. Така конструкція дозволяє покращити доступ до місць з'єднань та монтажу, забезпечуючи можливість зручного виконання ручних робіт при гарному освітленні, дає можливість частково механізувати процес складання центроплану. На складання надходять описані вище Скл.Од. та деякі деталі, таке членування цілком задовольняє технолога і робить конструкцію за цим показником технологічною.

3. Можливість ширшого застосування у конструкції стандартних вузлів – визначає високу якість та знижує собівартість конструкції.

4. У конструкції центроплана застосовані легкообробні алюмінієві сплави. Максимальне використання в конструкції матеріалів з хорошими технологічними властивостями дозволяє інтенсифікувати процеси обробки деталей і складання підбірок, а, отже, знизити трудомісткість.

5. Обмеження кількості застосовуваних марок матеріалів та їх уніфікація – сприяє зменшенню обсягу робіт з визначення раціональних режимів та освоєння процесу обробки та складання. У конструкції центроплана застосовуються алюмінієві сплави наступних марок: Д16Т, В95пчТ2, 1161Т, 1933Т3 та інші.

6. Відсутність надмірно високих вимог до точності розмірів та чистоти поверхонь елементів конструкції – сприяє зниженню витрат. Високі вимоги до зовнішньої поверхні верхньої панелі обумовлюється необхідністю створення досить добре обтічної аеродинамічної поверхні.

Складальне креслення центроплану крила надано у Додатку А.

### **Висновки по розділу 1**

В результаті проведених розрахунків і прийняття конструктивних рішень обрано кесонна конструкція. Економія у вазі пропонованої конструкції в першому наближенні складає 11,5 % по відношенню до моноблочної конструкції та 53,4 % по відношенню до лонжеронної конструкції.

При проектуванні конструкції центроплану була проведена робота по забезпеченню її технологічності і, як показав аналіз, вона задовольняє практично всім основним вимогам, що говорить про її високу технологічність.

## **2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ**

## 2.1 Аналіз існуючого виробництва

Склад та характер роботи цехів авіаційного заводу багато в чому залежить від конструкції ЛА. Літак базової конструкції є складаний и багатодетальний об'єкт виробництва.

Нижче приведено типовий склад цехів (ділянок):

1. Механоскладальний.
2. Слюсарно-зварювальний чорних металів.
3. Механічний для середньогабаритних деталей з ділянкою слюсарно-складальних робіт.
4. Слюсарно-зварювальний.
5. Агрегатно-складальний.
6. Цех покриттів.
7. Заготівельно-штампувальний цех розкрою і виготовлення плоских деталей з алюмінієвих сплавів.
8. Агрегатно-складальний. Складання фюзеляжу.
9. Попереднього складання виробу.
10. Остаточного складання виробу.
11. Ковальсько-термічний.
12. Плазовий.
13. Ливарний.
17. Заготівельно-штампувальний виготовлення деталей з пресованих профілів.
18. Агрегатно-складальний. Складання крила.
19. Експедиція.
21. Механічний цех з оброблення деталей силового каркасу із алюмінієвих сплавів.
22. Неметалічних матеріалів.
23. Механоскладальний цех гідравлічних агрегатів.
24. Механоскладальний.
25. Льотно-випробувальний.
26. Остаточного забарвлення виробів і агрегатів.
27. Заготівельно-штампувальний. Штамповки на падаючих молотах і обтяжних пресах.
28. Деревообробний. Складання-склейки неметалічних матеріалів. Пошивна майстерня.
29. Механоскладальний.
30. Заготівельно-штампувальний.

31. Електро-, радіоскладальний.

32. ОЭРСО.

## 2.2 Схема конструктивно-технологічного членування центроплану крила

Схема членування враховує конструктивно-технологічні роз'єми, габарити стапельного оснащення та обладнання цехів, можливість підходів до місць з'єднання частин літака і оцінки техніко-економічних показників. Ступінь членування залежить від особливостей конструкції, від габаритів агрегату і секцій, матеріалів конструкції і способів з'єднання, від об'єму випуску.

Конструктивно-технологічне членування центроплану визначено необхідністю вирішення наступних виробничих завдань:

1) забезпечення високої якості складання та зменшення кількості ручних клепальних робіт за рахунок застосування засобів механізації та конструктивних рішень окремих підбірок;

2) скорочення циклу складання за рахунок паралельного виготовлення підбірок;

3) мінімум витрат на виготовлення складального оснащення за рахунок застосування складання відсіків у спрощених стапелях із базуванням по КФО;

4) можливість виконання в центроплані частини монтажних робіт.

Ступінь членування відсіку встановлюють виходячи з техніко-економічних показників виробництва та конструктивних особливостей об'єкта виробництва.

Існують загальні технологічні правила членування конструкції літака:

1) з'єднання двох Скл.Од. слід проводити безпосередньо одну з однією, не допускаючи з'єднання третьої Скл.Од.;

2) поверхні з'єднання Скл.Од. повинні мати просту форму;

3) поздовжні з'єднання між панелями повинні бути компенсуючими (ковзаючими), а з'єднання по торцях панелі – нежорсткими;

4) будь-який стрингерний відсік повинен бути після складання настільки жорстким, щоб його з'єднання з іншим відсіком можна було проводити без усякого стапеля;

5) з'єднання Скл.Од. повинно проводитися без великих натисків.

Враховуючи все вищесказане, центроплан розчленований на такі підбірки:

1) перший лонжерон;

2) другий лонжерон;

3) нервюра № 0;

4) нервюра № 1 лів./прав.;

- 5) нервюра № 2 лів./прав.;
- 6) панель верхня № 1;
- 7) панель верхня № 2;
- 8) панель верхня № 3;
- 9) секція нижніх панелей (№ 1-5);

Схема членування центроплану крила надано на рисунку 2.1.

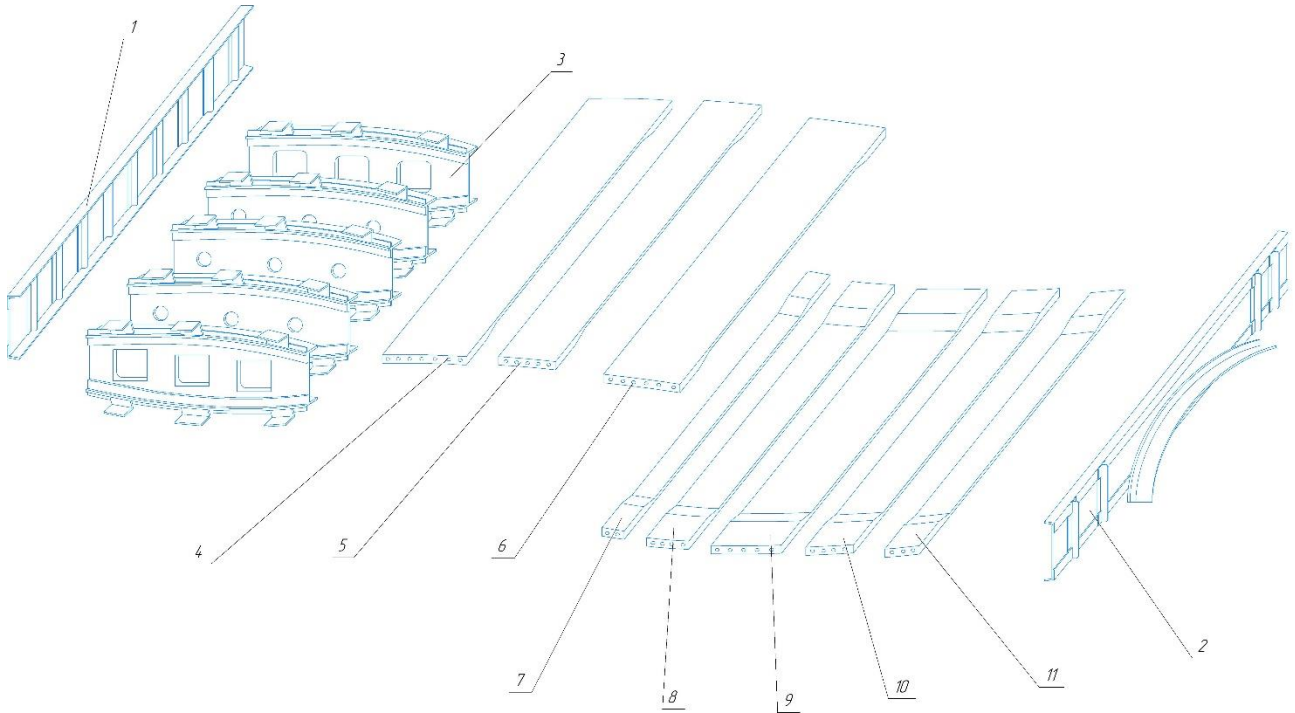


Рисунок 2.1 – Схема членування центроплану крила

Рішення про вибір схеми членування приймається на етапі ескізного проектування та забезпечує

- розподіл праці;
- зниження трудомісткості та тривалості циклу виготовлення Скл.Од.;
- поліпшення умов праці.

Схема конструктивно-технологічного членування центроплану крила представлено в Додатку Б.

### **2.3 Розробка схеми складання і маршрутного (директивного) технологічного процесу складання носового відсіку фюзеляжу. Обґрунтування методів складання та необхідної номенклатури складальних пристроїв для відсіку та підбірок**

Складання – технологічний процес, який представляє собою сукупність операцій, що виконуються вручну або автоматом по установці (базування) складових частин (СЧ) (деталей і підбірок) в заданий кресленням

(електронними моделями) і технічними вимогами положення, фіксація в цьому положенні і з'єднання.

Схема складання – графічне відображення у вигляді умовних позначень, що відображає склад і послідовність надходження на складання СЧ і засобів технологічного оснащення (далі – ЗТО).

Існує три типових схеми складання:

1. послідовна схема;
2. паралельна схема;
3. паралельно-послідовна схема.

Послідовну схему застосовують при складанні конструкцій агрегатів літака, не розчленованих на панелі, в умовах одиничного або дрібносерійного виробництва: на початку безпосередньо з вузлів і деталей збирається конструкція відсіку, після чого, в зібраному відсіку виконуються монтажні роботи. Складання і монтаж при цій схемі доводиться виконувати в незручних умовах, застосування механізації вкрай утруднено, кількість одночасно зайнятих виконавців обмежена. В результаті при такій схемі складання трудомісткість нерозчленованої конструкції відсіку виявляється найбільшою, а виробничий цикл – найтривалішим з усіх схем складання. Перевагами є обмежена кількість робочих і мала кількість ЗТО.

Паралельна схема складання використовується для відсіків, розчленованих на панелі і вузли, що збираються незалежно один від одного. Основний обсяг монтажних робіт виконується паралельно на всіх вузлах і панелях. У стапелі загального складання відсіку проводиться стиківка панелей і вузлів, з'єднання монтажів, раніше виконаних на вузлах і панелях, і монтується обладнання, яке не можна було раніше встановити.

Перевагами цієї схеми є найменша трудомісткість; мінімальний цикл складання; вузька спеціалізація виконавців; висока диференціація складальних робіт, що дозволяє широко використовувати засоби механізації і автоматизації операцій установки кріплення; вільний доступ для виконання з'єднань на панелях, вузлах, секціях; висока якість робіт.

Загальний цикл складання розчленованої конструкції найбільш короткий, трудомісткість найменша, а якість робіт висока. Це пояснюється можливістю механізації і розширенням фронту робіт, а також зручними умовами праці збирачів і монтажників.

Але так як панелі і вузли збираються окремо один від одного, то на кожен з них необхідно свій складальний пристрій, що веде при незначних обсягах випуску до подорожчання виробу.

Паралельно-последовна схема складання також відповідає складанню конструкції відсіків і агрегатів, розчленованих на вузли і панелі, які збираються паралельно, після чого стикуються в відсік або агрегат. Монтажні роботи при цьому на панелі не виносять, а виконуються в зібраному з панелей відсіку або агрегату. Загальний цикл і трудомісткість при паралельно-последовній схемі складання займають середнє місце між последовної і паралельної схемою.

Варіюючи схему членування і последовність складання і монтажу виробу, можна значно скоротити виробничий цикл і загальну трудомісткість складально-монтажних робіт.

Виходячи зі схеми членування і об'єму випуску, приймаємо паралельно-последовну схему складання.

Маршрутний (директивний) ТП складання центроплану крила:

1. Базувати в стапелі другий лонжерон по отворах під стикові болти (далі – ОСБ) в лонжероні і отворах у відповідних фіксаторах стапеля. Фіксувати.

2. Базувати в стапелі перший лонжерон по ОСБ в лонжеронах і отворах у відповідних фіксаторах стапеля. Фіксувати.

3. Базувати секцію нижніх панелей, фіксувати за ОСБ у відповідних фіксаторах стапеля.

4. Базувати нервюри № 0 і № 1 лів./прав., № 2 лів./прав., фіксувати за координатно-фіксуючим отворами (далі – КФО).

5. Базувати секцію верхніх панелей аналогічно секції нижніх панелей.

6. Встановити фітинги, кронштейни, компенсатори, кінці, профілі лів./прав., балки, кронштейн по нервюрі № 3 крила.

7. Контролювати: базування, фіксацію, відсутність механічних пошкоджень складових частин центроплану (далі – СЧ), якість виконання з'єднань і зовнішню поверхню відсіку.

При розробці літакових конструкцій ставиться завдання зменшення трудомісткості і циклу складання при мінімальних витратах і скорочення ручних підгінних праць. Визначається ступінь членування агрегату на конструктивно-технологічні частини і характер сполучення між ними, точність виконання розмірів і форм, функціональне призначення окремих елементів конструкції.

Важливим етапом є вибір методу складання Скл.Од. Метод складання – це прийом установки СЧ в задане кресленням положення. Від вибору методу складання залежить структура ТП і конструкція складального оснащення.

Методи складання класифікують за ступенем взаємозамінності і характером використання баз.

За ступенем взаємозамінності розрізняють наступні методи складання:



- 1) з повною взаємозамінністю;
- 2) з обмеженою взаємозамінністю;
- 3) селективне складання;
- 4) з підгонкою.

За характером використання баз:

1. СЧ встановлюються по базах, розташованих на основній (базовій) СЧ. До цієї групи належать такі методи складання: по складальним отворах (далі – СО); з базування по базових отворах (далі – БО); по розмітці на базовій деталі; по привалочних поверхнях.

2. СЧ встановлюються по базах, розташованих на спеціальному носії розмірів – складальному пристрою (стапелі). Так само як складання в пристрою з компенсацією похибок вхідних деталей, наприклад, відоме «складання від поверхні обшивки», «складання від каркаса без компенсації похибок», «складання від каркасу з використанням системи фіксуючих отворів (КФО або БФО).

Вибираємо метод складання центроплану крила в складальному пристрої (стапелі) з базуванням по зовнішній поверхні обшивки. Для складання підзбірок (панелей, плоских вузлів) використовуємо метод складання за СО і метод складання в складальних пристроях спрощеної конструкції з базуванням за КФО.

#### **2.4 Розробка схеми ув'язування заготівельного і складального оснащення для виготовлення центроплану крила**

Трудомісткість вузлового, агрегатного і загального складання від виробу до виробу зростає, а засобів механізації, що застосовуються при складанні, значно менше, ніж на інших етапах виготовлення. Це багато в чому залежить від недосконалості чинної системи технологічної підготовки виробництва (далі – ТПВ). Великі недоліки є в області забезпечення дедалі більшою точністю виготовлення обводообразующих елементів виробу і взаємозамінності СЧ. Особливо гостро стоїть питання забезпечення високої точності виготовлення технологічних роз'ємів літака.

В даний час є кілька найбільш поширених методів забезпечення ув'язування. Кожен з методів має свої переваги і недоліки, по-різному забезпечує точність виготовлення і ув'язування, визначає свої терміни ТПВ і собівартість виробу.

1. Еталонно-шаблонний метод (далі – ЕШМ).

При використанні ЕШМ першоджерелом ув'язування є еталон поверхні, за допомогою якого отримують обводи робочої технологічної та контрольної

оснастки для копіювання форм і розмірів при складанні пристрою. За зразком поверхні виготовляють методом копіювання (зліпка) виготовляють контретапон, монтажний еталон поверхні в базових перетинах агрегату, а по піскозліпкам окремих зон поверхні виготовляють копіюванням робочу заготівельну оснастку (обтяжні пуансони та пуансони для гнуття) для обвідних деталей планера літака.

ЕШМ забезпечує найвищу точність ув'язування оснащення по стиках і обводах. Однак, цикл підготовки виробництва і витрати при цьому виявляються найбільшими. Цей метод можна застосовувати, головним чином для машин малого тоннажу, що характеризуються високими швидкісними характеристиками.

2. Плазово-інструментальний метод (далі – ПІМ) з використання плазмоконтуратора (далі – ПК) і інструментального стенду (далі – ІС).

В цьому випадку ув'язування оснащення виконують за допомогою інструментальних координатних стендів – ПК і ІС.

Першоджерелом ув'язування в цьому випадку є конструкторський плаз.

Цей метод забезпечує високу точність ув'язування по обводах, але менш точний при ув'язуванні ЗТО по стиках. Цикл підготовки виробництва займає проміжне положення між ЕШМ і ПШМ. Метод знаходить застосування у виробництві машин великого і середнього тоннажу, середніх швидкостей польоту.

3. Програмно-інструментальний метод ув'язування (далі – ПІМ).

Цей метод є найбільш новим і прогресивним методом ув'язування. Тут на основі математичної моделі (далі – ММ) і аналітичного еталона (далі – АЕ) створюються керуючі програми на верстаті з числовим програмним керуванням (далі – ВЧПК) для виготовлення як деталей виробу, так і шаблонів та елементів складальної оснастки (рубильників, фіксаторів, калібрів стиків). Керуючі програми є першоджерело ув'язування. ПІМ дозволяє скоротити в кілька разів терміни підготовки виробництва і витрати у виробництві, забезпечує широкі можливості для кооперації виробництва.

Основною ознакою ПІМ є наявність числових моделей форми виробу і його частин, необхідних і достатніх для відтворення та контролю деталей, вузлів і агрегатів.

Основні етапи реалізації даного методу наступні.

1. На основі теоретичного креслення, з використанням сучасних програмних систем розробляється математична модель поверхні планера; здійснюються розрахунки еквідистантних перетинів і поверхонь для основних обвідоутворюючих деталей каркаса і обшивок; розраховується просторова

координатна схема БО і розробляються робочі креслення деталей каркаса і оснащення з прив'язкою положення обвідної частини щодо відповідної групи БО.

2. У програмній системі розраховуються програми обробки контурів на верстатах з ЧПК для базових обвідоутворюючих елементів, до яких відносяться елементи складального оснащення, еталони і макети силових деталей каркаса планера.

3. Виконується обробка базових елементів на верстатах з ЧПК за програмами з базуванням на відповідні БО.

4. Проводиться монтаж пристроїв за допомогою координатних схем монтажу.

Вибираємо PRIM, так як в ньому закладено подальший розвиток методів ув'язування ЗТО і при даному рівні розвитку обробного устаткування цей метод забезпечує досить високу точність ув'язування.

З математичних моделей (далі – ММ) деталей і агрегатів знімається інформація для проектування і виготовлення складальної і заготівельної оснастки в електронному вигляді, що зменшує витрати часу на необхідні креслення. За ММ оснащення генеруються керуючі програми на верстати з ЧПК, на яких виготовляються елементи оснащення. Оснащення збирається методами, необхідними для даного виду оснащення, і починається виготовлення деталей. Деталі, що виготовляються обробкою різанням, виготовляються по керуючим програмами, написаним з ММ деталей. Елементи складального оснащення монтуються з використанням ІС і оптико-лазерних систем, після чого в змонтованих пристроях проводять складальні роботи.

Точність виконання об'єктів складання характеризується відхиленням від номінальних розмірів певної величини. Величину відхилень обмовляють у ТУ та задають допусками.

Через похибки, що виникають на різних етапах складання, розміри Скл.Од. відрізняються від розмірів, передбачених кресленням.

Відхилення контурів Скл.Од. характеризується похибкою виконання контурів щодо теоретично заданих. Ця величина називається похибкою.

У процесі перенесення розмірів та контурів на оснащення з першоджерел ув'язування відбувається накопичення похибок на окремих етапах. Сума цих похибок дозволяє отримати похибку виготовлення ЗТО. Визначення похибок складання агрегату в стапелі здійснюється за допомогою структурних схем ув'язування – схем утворення розмірів ЗТО і Скл.Од. Причому, похибка ув'язування визначається лише на незв'язаних етапах перенесення розмірів.

Визначити можливість застосування того чи іншого методу складання центроплана можна, порівнюючи похибку складання з допуском на відсік.

Визначити можливість застосування того чи іншого методу складання, можна порівнюючи похибку складання з допуском. У ТУ на складання допуски на контур передбачені лише для агрегату. На контур допуски не наводяться, тому що передбачається, що можливе застосування різних методів складання в залежності від умов виробництва. Остаточне розроблення ТП вимагає обчислення допуску на відсік при заданому допуску на агрегат за умов виробництва. Зокрема, на точність складання впливають прийняті методи складання агрегату і схема ув'язування ЗТО.

Розрахуємо величину допуску на обводообразуючий вузол – нервюру центроплана крила для двох методів ув'язування: ПРІМ і ПІМ. Саме цей вузол утворює обведення центроплану. Величина допуску на вузол  $[\delta_{н-ра}]$  визначають за виразом

$$[\delta_{н-ра}] = [\delta_{агр. ТУ}] - C_{ЗТО (агр.-н-ра)}, \quad (2.1)$$

де  $C_{ЗТО (агр.-н-ри)}$  – похибка ув'язування ЗТО для складання вузла та агрегату, що визначають за схемою ув'язування.

Тоді для ПРІМ з використанням ПК/ІС і ВЧПК (рисунок 2.2) отримаємо

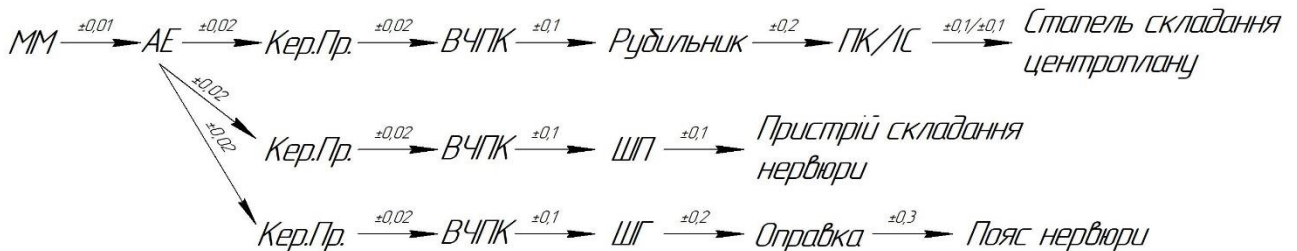


Рисунок 2.2 – Схема ув'язування при ПРІМ

$$[\delta_{агр. ТУ}] = \pm 1,5 \text{ мм [5].}$$

Тоді

$$C_{ЗТО (агр.-н-ра)} =$$

$$\pm \sqrt{0,02^2 + 0,02^2 + 0,1^2 + 0,2^2 + 0,1^2 + 0,02^2 + 0,02^2 + 0,1^2 + 0,1^2} =$$

$$\pm 0,286 \text{ мм; } [\delta_{н-ра}] = \pm (1,5 - 0,286) = \pm 1,214 \text{ мм.}$$

При ув'язуванні ПІМ з використанням ПК/ІС (рисунок 2.3) отримаємо



Рисунок 2.3 – Схема ув'язування при ПІМ

$$C_{ЗТО (агр.-н-ра)} = \pm\sqrt{0,2^2 + 0,2^2 + 0,2^2 + 0,1^2 + 0,2^2 + 0,1^2} = \pm 0,42 \text{ мм};$$

$$[\delta_{н-ра}] = \pm(1,5 - 0,42) = \pm 1,8 \text{ мм}.$$

З отриманими величинами допусків на нервюру надалі порівняємо похибки складання нервюри при обраних методах ув'язування.

Похибка складання нервюри у СП визначається такими складовими:

- похибкою  $\delta_{СП}$  носія розмірів, тобто СП;
- похибкою  $\delta_{баз}$  базування деталі, що встановлюється;
- похибками  $\delta_{інш}$  від повідки і зсувів, прогинів та іншими, незалежними від способу складання, причинами.

Отже, похибка складання обчислюється за формулою:

$$\delta_{скл} = \delta_{СП} + \delta_{баз} + \delta_{інш}.$$

Тут інші похибки становлять 40 % від загальної похибки, тобто

$$\delta_{інш} = 0,4\delta_{скл},$$

а похибка базування визначається формулою

$$\delta_{баз} = C_{незв.ет} \cdot k_{пр}, \quad (2.2)$$

де  $C_{незв.ет}$  – похибка на незв'язаних етапах;

$k_{пр}$  – коефіцієнт притискання.

Для ПРИМ

$$C_{контр(СП-дет)} = \sqrt{4 \cdot \left(\frac{0,02}{2}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{0,1}{2}\right)^2 + \left(\frac{0,2}{2}\right)^2 + \left(\frac{0,3}{2}\right)^2} = \pm 0,2 \text{ мм};$$

$$\Delta_{баз1} = C_{контур(СП-дет)} = \pm 0,2 \text{ мм};$$

$$\left(\frac{\delta_{СП}}{2}\right)_{СП} = \pm\sqrt{\sum\left(\frac{\delta_{АБ-СП}}{2}\right)^2} = \pm\sqrt{0,01^2 + 0,02^2 \cdot 2 + 0,1^2 \cdot 2} = \pm 0,145 \text{ мм};$$

$$\delta_{скл} = 0,29 + 0,2 + 0,4 \cdot \delta_{скл}$$

Враховуючи що  $\delta_{інш} = 0,4 \cdot \delta_{скл} / 2$  отримаємо  $\delta_{скл} = 0,817 \text{ мм}$ .

Оскільки виконується умова  $\delta_{\text{скл}} < [\delta_{\text{н-ра}}]$ , точність складання дозволяє використовувати ПРИМ в СП без додаткових притискачей.

Для ПІМ:

$$C_{\text{контр(СП-дет)}} = \sqrt{3 \cdot \left(\frac{0,2}{2}\right)^2 + 2 \cdot \left(\frac{0,1}{2}\right)^2 + \left(\frac{0,3}{2}\right)^2} = \pm 0,24 \text{ мм};$$

$$\left(\frac{\delta_{\text{СП}}}{2}\right)_{\Sigma \text{СП}} = \pm \sqrt{\sum \left(\frac{\delta_{\text{АЕ-СП}}}{2}\right)^2} = \pm \sqrt{3 \cdot \left(\frac{0,2}{2}\right)^2 + 2 \cdot \left(\frac{0,1}{2}\right)^2} = \pm 0,18 \text{ мм};$$

$$\delta_{\text{скл}} = 0,36 + 0,24 + 0,4 \cdot \delta_{\text{скл}}; \delta_{\text{скл}} = 1,01 \text{ мм}.$$

Оскільки виконується умова  $\delta_{\text{скл}} < [\delta_{\text{н-ра}}]$ , точність складання дозволяє використовувати ПІМ в СП без додаткових притискачей.

Було проведено точніший розрахунок для двох варіантів складання та ув'язування – ув'язування по ПРИМ та ПІМ. За результатами розрахунків можна зробити такі висновки.

В обох випадках похибка складання деталей не вийшла за межі отриманого допуску на вузол, складання в СП без компенсацій похибок виготовлення деталей прийнятна як для складання деталей ПІМ, так і для складання деталей ПРИМ.

При цьому ПРИМ забезпечує максимальну механізацію та автоматизацію ТП виготовлення ЗТО та СЧ об'єкту складання із застосуванням обладнання з ЧПК, що дає можливість паралельно виготовити весь комплект необхідного технологічного оснащення та деталей. Враховуючи перелічені вище факти, вибираємо схему складання та ув'язування ЗТО на основі ПРИМ.

Схема складання та ув'язування надана у Додатку В.

## 2.5 Нормування операції маршрутно-операційного технологічного процесу

Розрахуємо час, який потрібно витратити на виконання операції певною кількістю працівників. Для нормування вибираємо операції зі свердлення за направляючими отворами (далі – НО) та зенкування отворів.

Свердлими 28 отв. Ø5 мм

Норма часу на свердління визначається за формулою

$$T_1 = 0,015 \times D^{0,68} \times t^{0,66} + 0,04 \text{ – перший отвір}; \quad (2.3)$$

$$T_2 = 0,015 \times D^{0,68} \times t^{0,66} \times n \text{ – кожне наступне свердління}, \quad (2.4)$$

де  $D$  – діаметр свердла,

$t$  – глибина свердління,

$n$  – кількість отворів.

$$\text{Тобто } T_1 = 0,015 \cdot 5^{0,68} \cdot 20^{0,66} + 0,04 = 0,365 \text{ хв.},$$

$$T_2 = 0,015 \cdot 5^{0,68} \cdot 20^{0,66} \cdot 27 = 2,925 \text{ хв.}$$

Загальна сума норми часу на цю операцію дорівнює

$$T = T_1 + T_2 = 0,365 + 2,925 = 3,29 \text{ хв.}$$

Зенкувати 28 отв. Ø5 мм

$$T_1 = 0,034 \times D^{0,42} + 0,04 \text{ – перший отвір};$$

$$T_n = 0,034 \times D^{0,42} \times n \text{ – кожне наступне зенкування.}$$

Тобто

$$T_1 = 0,034 \times 5^{0,42} + 0,04 = 0,107 \text{ хв.};$$

$$T_{2-27} = 0,034 \cdot 5^{0,42} \cdot 27 = 1,805 \text{ хв.};$$

$$T = 0,107 + 1,805 = 1,912 \text{ хв.}$$

Загальний час буде включати:

- розмітку: 0,15 хв. – один отв., тобто  $0,15 \cdot 28 = 4,2$  хв.;
- прибирання стружки: 0,051 хв. – один отв., тобто  $0,051 \cdot 28 = 1,428$  хв.

$$\Sigma T = 3,29 + 1,912 + 4,2 + 1,428 = 10,83 \text{ хв.}$$

Заводські норми часу будуть відрізнятися від отриманих норм на деякий коефіцієнт  $K_{\text{пос. норм}}$ , який знаходиться в такий спосіб:

$$K_{\text{пос. норм}} = \frac{T_{\text{шт. завод}}}{T_{\text{шт. табл}}} = \frac{12,02}{10,83} = 1,11.$$

Висновок: норми часу справжнього ТП будуть менше в 1,11 рази заводських норм.

## **2.6 Методи ведення складального процесу, його механізація та автоматизація**

У сучасному літакобудуванні розчленування конструкції на секції і панелі набуло широкого поширення. Такий спосіб декомпозиції підвищує трудомісткість механічної обробки і складання (за рахунок додаткової обробки поверхонь і складання стику), але значно полегшує умови праці збирачів і монтажників, скорочує цикл складання і потрібні виробничі площі. З огляду на те, що у виробництві агрегату і всього літака складальні роботи складають значну частину, слід оцінювати варіант розчленування конструкції з

урахуванням трудомісткості, продуктивності праці і масштабу виробництва. Завдяки автоматизації та механізації можна скоротити час і трудомісткість процесу. Отже, автоматизація складальних процесів конструктивних елементів є важливим завданням.

Механізація – заміна ручної праці працею, яка здійснюється за допомогою машин. У механізованому ТП необхідні дії по обробці заготовок або по складанню СЧ виконуються машиною, безпосередньо керованою робочим.

У виробництві ТП складання засновані на принципі рухомо-поточної організації складання, яка передбачає:

1) поділ всього ТП складання на ряд послідовно розташованих по часу і простору складальних операцій, що виконуються операторами-збирачами, які на робочому місці виконують певний комплекс складальних робіт;

2) застосування спеціальних транспортних пристроїв для переміщення СЧ, між складальними пристроями і забезпечення заданого темпу складання;

3) застосування спеціальних транспортних пристроїв для подачі СЧ до головного складального конвеєру для складання;

4) використання спеціального і уніфікованого інструменту і пристроїв для механізації і автоматизації ТП складання;

5) механічну обробку деталей підбірок в механоскладальних цехах.

## **2.7 Розробка технологічного процесу складання центроплану**

Технологічний процес складання – це послідовність установки в складальне положення деталей, вузлів, панелей, їх фіксації та з'єднання між собою способами, передбаченими кресленням, визначення спеціальностей, розряду і кількості робочих, а також норм часу, вибір інструменту та обладнання. Розробку ТП складання здійснюють відповідно до креслення і схеми складання.

Робоча технологія містить такі відомості про процес складання:

1. Суть операцій і переходів ТП. Послідовність їх повинна відповідати певним планам. У загальному випадку процес складання виконується в наступному порядку:

- а) підготовка деталей до складання;
- б) установка деталей в заданий кресленням становище;
- в) фіксація деталей в установленому положенні;
- г) підготовка деталей до з'єднання;
- д) з'єднання деталей;
- е) контроль точності і якості з'єднань;
- ж) заключні роботи.



2. Інструмент та обладнання, необхідне для кожної операції.
3. Норми часу на виконання операцій.
4. Спеціальність, кількість робітників і розряд робіт.
5. Операції контролю.

Маршрутний ТП складання центроплану передбачає наступні операції:

1. Підготовка стапеля до роботи.
2. Установка на ложементи стапеля лонжерону № 2, фіксація по ОСБ та КФО у фітингах.
3. Установка на ложементи стапеля лонжерону № 1, фіксація по ОСБ та КФО у фітингах.
4. Навішування та підведення до лонжеронів секції нижніх панелей, фіксація по ОСБ.
5. Почергове встановлення нервюр № 0, № 1, № 2 між лонжеронами, стикування з ребрами панелей.
6. Відведення секції нижніх панелей від стапеля.
7. Навішування та підведення секції верхніх панелей, фіксація по ОСБ.
8. Перевірка поєднання ребер панелей з язиками поясів нервюр.
9. Кріплення нервюр зі стійками лонжеронів.
10. Свердління попередніх отворів під кріплення верхньої панелі з лонжеронами та нервюрами.
11. Установка фітингів, кронштейнів, компенсаторів, книць по нервюрах та лонжеронах, кріплення штатним кріпленням.
12. Відведення верхньої панелі.
13. Підведення секції нижніх панелей, фіксація по ОСБ, свердління попередніх отворів під кріплення нижньої панелі до лонжеронів та нервюр.
14. Установка профілів та балок, фіксація згідно креслення.
15. Відведення секції нижніх панелей.
16. Підведення секції верхніх панелей, установка кронштейна, кріплення.
17. Обробка отворів під болти кріплення верхньої панелі до лонжеронів і нервюр.
18. Кріплення штатним кріпленням.
19. Контроль БТК.
20. Свердління попередніх отворів під болти кріплення знімної панелі № 2 з панелями № 1 та № 3 з поясами нервюр.
21. Виймання знімної панелі.
22. Підведення секції нижніх панелей, фіксація.

23. Обробка отворів під кріплення секції нижніх панелей до лонжеронів і нервюр.
  24. Кріплення секції нижніх панелей штатним кріпленням.
  25. Свердління, зенкування попередніх отворів під стикувальні болти центроплану з фюзеляжем.
  26. Установка знімної панелі № 2, фіксація технологічним кріпленням з одностороннім підходом.
  27. Обробка отворів під болти кріплення знімної панелі № 2 з панелями № 1 і № 3 і поясами нервюр.
  28. Кліпання верхньої панелі № 2.
  29. Контроль БТК.
  30. Установка кронштейна по 3 нервюри крила (далі – н.к.), кріплення штатним кріпленням згідно креслення.
  31. Установка на площину роз'єму 3 н.к., технологічних нервюр (плит, кріплення через отвори стику технологічним кріпленням).
  32. Закріплення технологічних нервюр тросами траверси за отворами, звільнення кесона центроплану крила від елементів стапеля.
  33. Вийняття зі стапеля, транспортування в стенд-кантувач.
  34. Кантування кесона центроплану крила з вертикального в горизонтальне положення.
  35. Відправлення на позастапельне доопрацювання.
- Нормований маршрутно-операційний ТП складання центроплану оформлено на технологічних картах та представлено у Додатку Г.

## **2.8 Схема базування при складанні носової частини фюзеляжу**

Складання – це сукупність технологічних операцій щодо базування СЧ, фіксація і з'єднання їх між собою Скл.Од. Деталі в складальне положення встановлюють по базах – поверхням на деталях і елементах складального пристрою. У літако- і вертольотобудуванні методи базування прийнято називати по базових поверхнях деталей, що збираються у виробі.

У літако- і вертольотобудування деталі, вузли, відсіки і агрегати при складанні базують по

- складальним отворами – СО;
- координатно-фіксуючим отворами – КФО;
- розмітці на базовій деталі;
- поверхні каркаса – ПК;
- зовнішній поверхні обшивки – ЗП;
- внутрішній поверхні обшивки – ВП;

– отворах під стикові болти – ОСБ.

1. Складання з базуванням по СО – процес, при якому взаємне положення СЧ визначається положенням наявних на них СО, в які на період з'єднання СЧ вставляють фіксатори.

Базування по СО застосовують в двох випадках: при утворенні зовнішніх обводів виробу і при установці елементів каркасу в складальне положення.

2. Складання з базуванням по КФО – процес, при якому деталі поперечного набору каркаса встановлюють в складальне положення по КФО в деталях виробу і елементах складального пристрою. На період з'єднання в КФО вставляють фіксатори або технологічні болти.

3. Складання по розмітці на базовій деталі – при такому методі деталі встановлюють в складальне положення по лініях розмітки, нанесених на базову деталь. У порівнянні зі складанням по СО даний метод більш трудомісткий і менш точний.

4. Складання з базою на «поверхню каркаса» (ПК) – при такому методі базування обшивку (або панель) встановлюють на поверхню каркаса і притискають рубильником на період з'єднання обшивки з елементами каркаса.

5. Складання з базуванням по зовнішній поверхні обшивки (ЗП) – при цьому методі базування панель (обшивка) притискається зовнішньою поверхнею до робочої поверхні рубильників на період з'єднання її з каркасом. З'єднання панелі з каркасом проводиться через проміжну деталь – компенсатор.

6. Складання з базуванням по внутрішній поверхні обшивки (ВП) – при цьому методі базування панель (обшивка) притискається внутрішньою поверхнею до опорних поверхонь пристрою (спеціальним макетним нервюрам або шпангоутам) на період її з'єднання з каркасом через компенсатор.

7. Базування по ОСБ – процес, при якому вузли стику, стикові профілі і кронштейни встановлюють в складальне становище за наявними в них ОСБ і відповідні їм отвори в елементах складального пристрою. В ОСБ на період з'єднання деталей вставляють технологічні болти.

Відповідно до вимог до точності зовнішніх обводів, конструкції і видами сполучення деталей агрегату планера вибирають метод базування, що задовольняє вимогам точності з мінімальною вартістю виготовлення агрегату.

Базування підбірок центроплана в стапель здійснюється в наступному порядку за нижче перерахованими технологічними базами (рисунок 2.4):

- 1) лонжерони встановлюють на ложементи з ОСБ та КФО у фітингах;
- 2) панелі центроплана в стапель встановлюють і стикують по отворах 3 н.к.

3) нервюри центроплана № 0, № 2 (лів./прав.) базують на рубильниках поверхніми поясів; нервюра № 1 (лів./прав.) встановлюється поверхніми своїх поясів безпосередньо на ребра панелей центроплана і фіксується по КФО.

4) деталі каркаса центроплана, такі як кронштейни, профілі, книці встановлюють та фіксують за БФО. Кронштейн з 3 н.к. встановлюють по ОСБ роз'єму з 3 н.к.

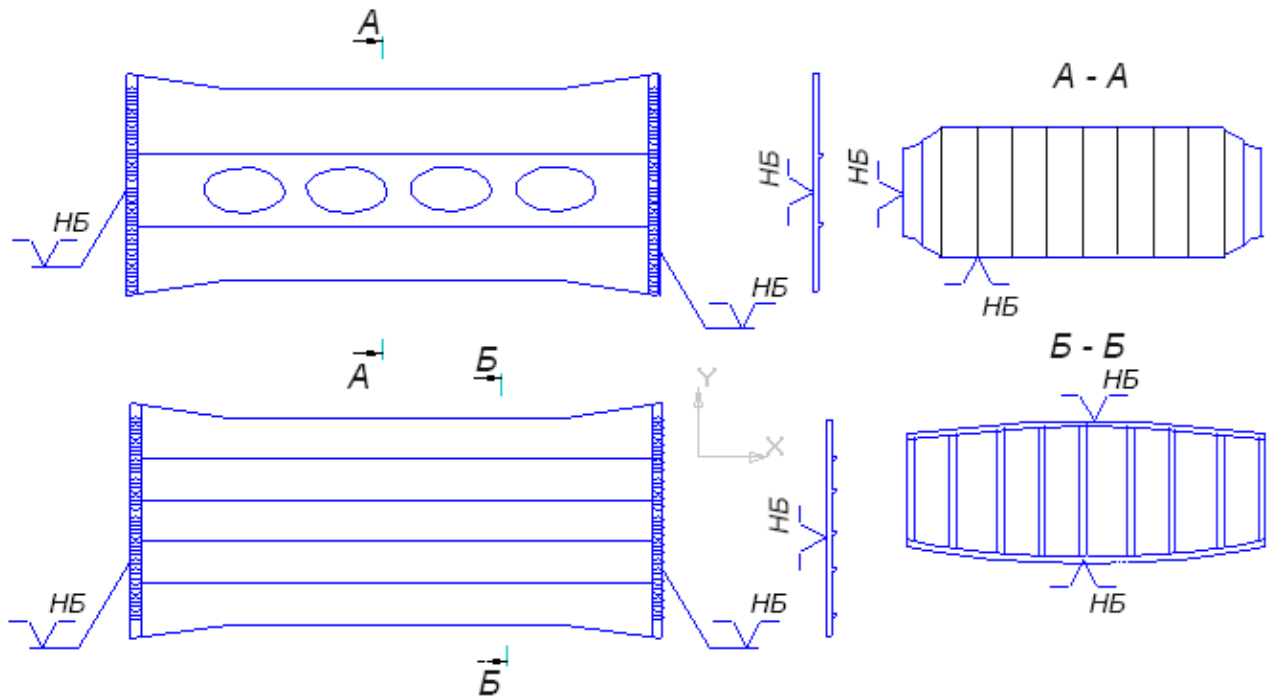


Рисунок 2.4 – Схема базування СЧ центроплану крила

## 2.9 Розробка ТУ на постачання підбірок центроплана крила

Після розробки маршрутно-операційного ТП складання центроплана крила передбачається розробка похідної технологічної документації, яка включає в себе ТУ на поставку підбірок та ТУ на проектування ЗТО для агрегатного складання.

На складання в стапель надходять:

1. Лонжерон № 2, зібраний згідно з кресленням, ТІ після контрольно-довідкових операцій, зміцнення та покриття у стані поставки: фітинги з роз'єму 3 н.к. мають попередні стикувальні отвори  $\text{Ø}5\text{Н}11$ ,  $\text{Ø}6\text{Н}11$  замість  $\text{Ø}8\text{Н}9$  і  $\text{Ø}10\text{Н}9$  припуск 3 мм на площині роз'єму 2 БО  $\text{Ø}8\text{Н}12$  і НО під кріплення.

2. Лонжерон № 1, зібраний згідно з кресленням, ТІ після контрольно-довідкових операцій, зміцнення та покриття в стані поставки: фітинги з роз'єму 3 н.к. мають попередні стикувальні отвори  $\text{Ø}5\text{Н}11$ ,  $\text{Ø}6\text{Н}11$  замість  $\text{Ø}8\text{Н}9$  і  $\text{Ø}10\text{Н}9$  припуск 3 мм на площині роз'єму 2 БО  $\text{Ø}8\text{Н}12$  і НО під кріплення;

3. Секція верхніх панелей, що складається з трьох панелей № 1, 2, 3 (друга люкова), зібраних між собою по поздовжнім стикам на технологічне кріплення. Анкерні гайки на панель не встановлені.

Панелі підігнані по поверхнях, що сполучаються, з фітингами, поясами лонжеронів, по поздовжніх стиках панелей.

У панелях виконані стикувальні отвори по роз'єму 3 н.к. Ø10Н12 замість Ø17Н12; колодязі без посадкових місць під циліндричні шайби; НО під кріплення (в панелях № 1 та № 3).

У панелях передбачено припуск 3 мм по роз'єму 3 н.к.

4. Секція нижніх панелей, що складається з п'яти панелей № 1, 2, 3, 4, 5 та зібраних між собою по поздовжнім стикам на штатне кріплення. Панелі підігнані по поверхні з фітингами, поясами лонжеронів, по поздовжніх стиках панелей.

У панелях виконані стикувальні отвори з роз'єму 3 н.к. Ø8Н12 замість Ø15Н12; колодязі без посадкових місць під циліндричні шайби; НО під кріплення (в панелях № 1, 2, 4 та 5).

У панелях передбачено припуск 3 мм по розніманням 3 н.к. та зовнішня поверхня виконана плоскою при виготовленні панелей № 1 та № 5.

5. Нервюра № 0 у зборі, згідно з кресленням, ТІ. На нервюрі встановлено фітинги у стику з дугами 1 та 2 лонжеронів, компенсатори.

6. Нервюра № 1 у зборі згідно з кресленням, ТІ. На нервюрі не встановлено книці, фітинги, компенсатори.

7. Нервюра № 2 у зборі згідно з кресленням, ТІ. На нервюрі не встановлені кронштейни, профілі.

8. Кронштейни виготовлені згідно креслення, ТІ, НО під кріплення

9. Профіль правий/лівий по 2 нервюри з боку нижньої панелі виготовлені згідно з кресленням, ТІ.

10. Фітинги, книці, кронштейни, компенсатори згідно креслень, ТІ з НО під кріпильні елементи.

## **2.10 Розробка ТУ на проектування і конструкції стапеля складання центроплана крила**

ТУ на проектування ЗТО розробляються технологами виходячи з креслень і ТП складання Скл.Од.

ТУ включають таку інформацію:

1. Стапель призначений для загального складання центроплана крила.
2. Стапель стаціонарний, каркасно-балкового типу; кесон центроплану розташований у ньому вертикально, другий лонжерон знизу.

3. На складання кесона центроплану в порядку технологічної послідовності надходять такі підбірки: лонжерон № 2, лонжерон № 2, секція нижніх панелей, нервюри № 0, № 1 прав./лів., № 2 прав./лів., секція верхніх панелей, профіль лів./прав., балки та ін. вхідні деталі.

4. За точність виконання обводів кесону центроплана відповідає точність виконання зовнішньої поверхні секцій панелей, а також точність складання поясів нервюр.

5. Для встановлення в єдине правильне положення фіксаторів стиків, передбачених у стапелі, використовується калібр стику, а стик по роз'єму 3 н.к. несе на собі монтажну та стапельну плити.

6. Стапель оснащений:

- знімними (відкатними) панелями по роз'єму 3 н.к.;
  - ложементами для установки лонжерону № 1 по 0-ій та 2-ій нервюрам центроплана;
  - ложементами (знімними) для установки лонжерону № 2 по 0-ій та 2-ій нервюрам центроплану;
  - механізмами з каретками для забезпечення відведення та підведення секцій верхніх та нижніх панелей;
  - відкатними настилами з боку верхніх та нижніх панелей;
  - кондуктори для виконання отворів під болти кріплення зі стійками фюзеляжу;
  - упорами-фіксаторами балок, кріплення шпангоутів № 20 та № 21 фюзеляжу між 1-ою та 2-ою нервюрами центроплану;
  - гвинтовими пристроями (розпорами), що встановлюються в зоні 3 н.к. для збільшення жорсткості між верхньою та нижньою дужками панелей;
  - фіксаторами кронштейна по 0 нервюрі центроплана, лонжерону № 2, верхньої панелі.
  - фіксаторами фітингів лонжеронів № 1 і № 2 по КФО.
7. Стапель обладнано:
- стаціонарними настилами;
  - пересувними настилами;
  - системою припливно-витяжної вентиляції;
  - системою трубопроводів стисненого повітря із колодязями для підключення шлангів;
  - електроживленням 24В або 36В.
8. Стапель фарбувати у колір забарвлення ділянки складання центроплану.

## 2.11 Проектування стапеля складання центроплана крила

Конструктивна схема складального оснащення визначається габаритами, конструкцією і способами базування виробу, що збирається.

Розробка ведеться на підставі дотримання принципів базування: єдності, постійності та суміщення баз.

З метою дотримання принципу єдності баз слід за базові осі складального оснащення приймати осі симетрії і будівельні горизонталі агрегатів літака. В якості основної базової горизонталі приймається будівельна горизонталь літака.

Розробка конструктивної схеми складального оснащення на стадії ескізного проекту полягає в наступному:

1. Після детального ознайомлення з кресленням об'єкту викреслюють його контури в тому масштабі, який буде прийнятий для проектування загального вигляду складального оснащення.

На контурний креслення об'єкту складання наносять базові осі і базисні поверхні (площини).

2. Відповідно до ТУ на проектування складального оснащення, намічають місця розташування фіксуючих і затискних пристроїв і визначають їх положення щодо базових осей.

3. Розробляють конструкцію фіксаторів і затискачів, які забезпечують необхідну жорсткість і однозначність положення всіх фіксованих деталей і стикових вузлів об'єкта складання.

4. Опрацьовують вузли кріплення фіксаторів і затискачів до каркасу пристрою. При цьому враховують методи і засоби, призначені основою монтажу складального оснащення і забезпечення взаємозамінності.

5. Виходячи з вимог зручності роботи, а також з конструкції фіксаторів, проектують каркас складального оснащення. При цьому передбачають використання максимально можливої кількості нормалізованих елементів.

6. Відповідно до встановлених в ТУ засобами монтажу та контролю складального оснащення призначають нівелювальні точки, і опрацьовують кріплення їх на каркасі складального оснащення.

7. Розробляють конструкцію засобів механізації закладки та виймання виробу та засобів механізації окремих елементів складального оснащення.

8. Проводять опрацювання допоміжних пристроїв і їх прив'язку до каркасу складального оснащення.

9. Проводять перевірочний розрахунок на жорсткість елементів каркаса складального оснащення і остаточно підбирають перетини.

10. Розраховують фундамент під складальне оснащення.

11. Складають матеріальну специфікацію і відомість на комплектуючі вироби, необхідні для складального оснащення.

Літакові конструкції складають з деталей та підбірок, що характеризуються порівняно великими габаритами, невеликою жорсткістю та змінюваністю форм та розмірів під дією власної ваги. Після складання в складальному оснащенні вони стають досить жорсткими і повинні відповідати заданій точності. Отже, одне з основних призначень складального оснащення – забезпечити необхідну точність і взаємозамінність виробу, що збирається. Точність складання у складальному оснащенні забезпечують фіксаторами та притискачами, що встановлюються у певному положенні щодо конструктивних осей на жорстких елементах каркасу оснащення. Правильний вибір розташування та кількості фіксаторів та притискачів визначають якість оснащення. Система «каркас-фіксатори» повинна мати достатню жорсткість, витримувати навантаження, що виникають у процесі складання, і вагу виробів, що збираються.

Каркас складального оснащення пов'язує всі елементи конструкції в єдине ціле. Від його жорсткості залежить точність установки всіх СЧ оснащення, проте, при цьому він не повинен закривати собою робочі зони.

Каркас складається з наступних основних елементів: основ, колон, стійок, балок.

Фіксатори та притискачі визначають і закріплюють у необхідному положенні деталі та підбірки виробу, що збирається. Фіксатори забезпечують взаємне розташування деталей і вузлів об'єкта, що збирається. Оскільки вони визначають правильність виробу, що збирається, то до жорсткості, їх і точності монтажу на каркасі пред'являють підвищені вимоги.

При складанні в складальному оснащенні головними елементами фіксації зовнішніх форм є рубильники. Робочі поверхні рубильників, що стикаються зі СЧ, що збираються, виготовляють по контуру і малці фіксованого перерізу, і є найбільш складними. Рубильники встановлені в проєктованому стапелі по нервюрами № 0, № 2 (лів./прав.).

Методом складання, як описано раніше, обрано метод складання за КФО. Фіксатори КФО виконані нерухомими.

Для фіксації СЧ центроплана по площинах гнізда фланцевого типу вводиться стапельна плита. Стапельна плита стаціонарна. Пливу для фіксації стикових елементів агрегату (фітингів, кронштейнів та ін.) роблять по майстер-плиті. Крім стикових отворів, стапельні плити мають базові отвори для



встановлення плит у стапелі за монтажною плитою та стиковими отворами для установки СЧ.

Остаточню, стапель для складання центроплана виконано за наступною схемою: каркас стапелю утворюють дві пари колон, пов'язаних між собою поперечними балками, і поздовжні балки, що несуть на собі вузли кріплення рубильників. Виймати готовий агрегат зі стапеля можна убік, для цього нижня частина кріплення рубильників виконана швидкокороз'ємною.

Центроплан у стапелі розташовують вертикально для виключення «стельових» робіт і більш раціонального положення інструменту, яким робітник виконує ту чи іншу операцію.

Щоб скоротити час закріплення та розфіксування деталей та підзбірок, в стапелі передбачені швидкокодуючі механічні затискачі.

Креслення стапеля надано у Додатку Д.

### **Монтаж стапеля**

Стапель складання центроплану крила є великогабаритною збірною конструкцією, яка встановлюють на фундаменти, які заздалегідь виконані в цеху.

Виделки встановлюють у стаканах, приварені на балках в ІС, плоскі елементи оснащення виготовляють на ПК. Конструкцію в цілому збирають із застосуванням лазерно-центруючої вимірювальної системи (далі – ЛЦВС).

#### **Розробка укрупненого технологічного процесу монтажу стапеля**

1. Встановлення колон стапеля на фундаменти за допомогою рівня та схилу. Заливка зазору між фундаментом та колонами, цементним розчином. Кріплення на болти.

2. Встановлення верхньої балки в горизонтальне положення згідно з кресленням із застосуванням ЛЦВС. Заливання зазорів цементом НІАТ-МЦ.

3. Навішування майстер-плити (далі – МП) на вилки верхньої балки у вертикальне положення згідно з кресленням із застосуванням ЛЦВС, кріплення МП до колон.

4. Базування стапельних плит на МП за БО та фіксація класними болтами. Встановлення нижньої балки, встановлення вилок кріплення стапельних плит в стакани балок, фіксація за вилками стапельних плит класними болтами. Заливання зазорів цементом НІАТ-МЦ.

5. Базування калібрів стиків за відповідними реперними вилками, фіксування класними штирями.

6. Базування фіксаторів стиків по калібрах стиків, фіксування класними болтами. Заливка установочно-фіксуючих елементів фіксаторів у відповідних елементах каркасу згідно з кресленням.

7. Базування рубильників по вилках балок відповідно до креслення, фіксування класними штирями.

8. Витримування 2-3 діб.

9. Контроль БТК.

10. Демонтаж МП.

## **2.12 Розробка оснащення другого порядку – майстер-плити**

Також спроектовано оснащення другого порядку – МП стику центроплану з консольною частиною крила (далі – КЧК). Стик центроплану та КЧК – плоский, що визначає конструкцію МП.

МП є плоскою металевою плитою, виготовленою відповідно до розмірів зі сталі 05кп. Для базування МП має шість базових отворів (далі – БО), що задають положення площини стику щодо будівельної площини крила та осі переднього лонжерону. Відповідно до профілю крила в даному перерізі (по третій нервюрі), МП має ряд отворів під стикові болти. Для запобігання зношування всі отвори мають втулки зі сталі 30ХГСА. Для транспортування МП на її торцевих поверхнях (вгорі та внизу) є по одному отвору. По МП робиться виготовлення стапельних та монтажних плит, також відстикування плит стапеля складання консолі та центроплану.

Конструкція майстер-плити надано в Додатку Е.

## **2.13 Уточнення типу виробництва**

Залежно від об'єкту виробництва і програми випуску розрізняють три основних типи виробництва: масове, серійне і одиничне.

Тип виробництва на робочому місці визначається коефіцієнтом закріплення операцій (далі – КЗО), тобто кількістю операцій, закріплених за робочим місцем. При стапельному складанні тип виробництва визначається завантаженням робочих-збирачів і характером їх переміщення від одного робочого місця до іншого. Розроблюване виробництво є серійним і забезпечує випуск однорідних виробів з певним тактом, тобто через певні проміжки часу, і має такі особливості:

1. Робоче місце спеціалізується на виконанні кількох закріплених за ним деталей-операцій, що чергуються в певній послідовності.

2. Обладнання на виробничій ділянці розташовано згідно з послідовністю виконання етапів технологічного процесу по групах операцій.

На підставі вище викладеного робимо висновок, що виробництво – серійне. У серійному виробництві зазвичай використовують операційну або потокову форми складання. Для середньої серії випуску виробів (65 виробів у рік) використовуємо операційну форму, яка характеризується тим, що весь ТП розбивається на операції, що виконуються певними робочими на всій кількості зібраних об'єктів. Спеціалізація робочих досягається за рахунок закріплення робіт за працівниками відповідної кваліфікації. Така розбивка доцільна при достатній трудомісткості і програмою, що забезпечують повне завантаження робочих.

## **2.14 Вибір організаційної форми складання центроплану крила**

Проектований цех є ланкою в потокової лінії стендового складання, що проходить в цеху складання крила. Для забезпечення ритмічного виконання програми і чіткої організації праці приймемо поточковий метод складання.

Найважливішими ознаками складання при поточковому методі є:

1. Закріплення за кожним виконавцем (або групою робітників), які працюють на одному робочому місці, постійного завдання з певним обсягом робіт.
2. Розташування робочих місць в порядку послідовності виконання ТП.
3. Малі обсяги міжопераційного незавершеного виробництва.
4. Певний ритм в роботі, загальний для всіх робочих місць, що досягається рівністю або кратністю часу всіх операцій, встановлених складальним завданням.

Метод поточкового складання створює такі переваги:

1. Спеціалізація і розподіл праці виконавців, що створює умови для збільшення продуктивності праці і механізації ручних операцій.
2. Стабільність ТП і ритмічність випуску виробу, що дає можливість поліпшити якість виробів і ліквідувати авральні роботи в цеху.
3. Максимальна насиченість робочого дня виконавців, скорочення циклу складання, зменшення трудомісткості і кількості виконавців на одиницю виробу продукції.

В результаті застосування потокової складання забезпечується ритмічний випуск продукції, при якому поліпшується її якість і зниження собівартості.

У цьому дипломному проєкті прийнято метод, заснований на принципі потокового складання з нерухомим виробом, при якому виріб передається з одного робочого місця на інше, а виконавці виконують виробничі завдання на постійно встановленому для них робочій ділянці.

## 2.15 Розробка циклового графіка складання центроплану крила

Циклової графік – основний технічний документ потокової лінії складання центроплану крила. У ньому зазначаються такі відомості:

- зміст укрупнених операцій;
- послідовність їх виконання;
- тривалість виконання кожної укрупненої операції;
- кількість одночасно працюючих при виконанні кожної укрупненої операції;
- трудомісткість виконання завдання.

Вихідними даними для розробки циклового графіка служать ТП і загальна трудомісткість складання, об'єм випуску, такт і встановлена кількість робочих місць.

Трудомісткість складання центроплану крила становить 567 чол.·год.

Об'єм випуску –  $N=24$  вироб./рік

Такт випуску виробів (інтервал часу між послідовним випуском з лінії наступних один за одним виробів) визначається за формулою:

$$\tau = \frac{\Phi_p}{N_{\text{вип}}}, \quad (2.5)$$

де  $\Phi_p$  – розрахунковий фонд робочого часу, год.;

$N_{\text{вип}}$  – об'єм випуску виробів, шт.

Фонд робочого часу розраховується за формулою

$$\Phi_p = m \cdot t_{\text{зм}} \cdot s, \quad (2.6)$$

де  $m$  – кількість робочих днів в році;

$t_{\text{зм}}$  – тривалість зміни, ч;

$s$  – кількість робочих змін на добу.

Фонд робочого часу дорівнює

$$\Phi_p = 260 \cdot 8 \cdot 2 = 4160 \text{ чол.} \cdot \text{год.}$$

Тоді

$$\tau = \frac{4160}{24} = 173,3 \text{ год.}$$

Циклової графік характеризується також тривалістю циклу складання центроплану крила.

Технологічним циклом називають робочий час, протягом якого виріб виготовляється від початку до кінця. Величина циклу залежить від фронту робіт і «щільності» робочого місця і визначається за формулою:

$$Ц = \frac{T}{n} = \frac{567}{4} = 142 \text{ год.}, \quad (2.7)$$

де  $Ц$  – цикл складання центроплану;

$T$  – трудомісткість виготовлення центроплану;

$n$  – кількість одночасно працюючих на складанні центроплана.

Величину циклу розраховують за цією формулою в тому випадку, коли працює однакова кількість робочих на кожній операції. У нашому випадку цикл дорівнює сумі циклових робіт по кожній операції.

Знаючи трудомісткості виконання кожної укрупненої операції і визначивши цикл можна побудувати циклової графік складання.

Циклової графік складання центроплану крила представлений в Додатку Ж.

## **2.16 Технологічні розрахунки цеху, обґрунтування структурного складу цеху складання центроплану крила**

Проектування цехів авіабудівних заводів – складний і трудомісткий процес знаходження раціональних рішень щодо компоновки і планування. На етапах проектування визначають необхідні для виробництва матеріальні і технічні ресурси: тип і кількість обладнання, виробничі площі, площі допоміжних та побутових приміщень цеху, ступінь автоматизації, склад цеху.

До складу агрегатно-складальних цехів входять виробничі відділення, допоміжні служби, склади, контори, побутові приміщення.

Вихідними даними для проектування агрегатно-складальних цехів є

- виробнича програма випуску агрегатів;
- програма випуску запасних частин;
- креслення конструкцій об'єктів агрегатного складання;
- директивні технології складання агрегатів;
- схеми членування і складання агрегатів;
- ТУ на складання агрегатів і схема розташування на них такелажних точок;
- маса агрегатів;
- креслення складальних пристроїв і трудомісткість складально-монтажних робіт за окремими видами.

Виробнича програма цеху включає наступні показники:

- номенклатура виробів;

- програма випуску;
- програма запуску.

Програма випуску задана в комплектах готових виробів і дорівнює 24 комплектів на рік.

Програма запуску відрізняється від програми випуску на величину зміни заділів незавершеного виробництва і технічно неминучих виробничих втрат (при випробуваннях, накладки обладнання та ін.):

$$N_{\text{зап}} = N_{\text{вип}} \cdot \left(1 + \frac{(\delta + \beta)}{100}\right), \quad (2.8)$$

де  $N_{\text{зап}}$  – програма запуску в комплектах;

$\delta$  – відсоток технічно неминучих втрат (приймаємо  $\delta = 4\%$  [12]);

$\beta$  – відсоток зміни заділів незавершеного виробництва (приймаємо  $\beta = 0$  [12]).

Тобто

$$N_{\text{зап}} = 24 \cdot \left(1 + \frac{4}{100}\right) = 25 \text{ шт.}$$

Режимний фонд часу роботи підприємства і обладнання складає

$$\Phi_p = 4160 \text{ год.}$$

Дійсний річний фонд обмежуємо за формулою:

$$\Phi_o = \Phi_p \cdot \left(1 - \frac{a}{100}\right), \quad (2.9)$$

де  $a$  – відсоток планових втрат часу (по статистичним даними для працівників можна прийняти: при 24-денному відпустці на рік  $a=13\%$  [11]).

Таким чином, річний дійсний фонд роботи робочих

$$\Phi_{\text{др}} = 2080 \cdot \left(1 - \frac{13}{100}\right) = 1810 \text{ год.}$$

Річний фонд часу роботи обладнання розраховуємо аналогічно з урахуванням того, що відсотки планових втрат в цьому випадку включають в себе час знаходження в плановому ремонті (для стапелів  $a=2\%$ ).

$$\Phi_{\text{д обл}} = 4160 \cdot \left(1 - \frac{2}{100}\right) = 4077 \text{ год.}$$

Основними вихідними даними для технологічних розрахунків є трудомісткість складання центроплану крила з розбивкою за видами робіт, за видами ЗТО.

### Розрахунок кількості обладнання

Для проектування цеху необхідно поряд з характеристикою і номенклатурою деталей знати трудомісткість їх виготовлення.

Трудомісткість – час, використаний на виготовлення однієї деталі.  
Розрахунок річної трудомісткості

$$T_{\text{річн.}i} = t_i \cdot N_{\text{вип.}i}, \quad (2.8)$$

де  $t_i$  –  $i$ -е робоче місце (трудомісткість).

Розрахунок кількості основного виробничого обладнання цеху залежить від форми організації виробництва. Крім того, в агрегатно-складальному цеху при розрахунку кількості обладнання необхідно прийняте кількість по даному виду робіт вказувати з комплектом агрегату на машину.

Загальна кількість основного обладнання цеху визначається як сума одиниць окремих видів обладнання, необхідних для виготовлення всієї номенклатури виробів цеху.

Розрахункова кількість обладнання по  $i$ -ого ТП:

$$C_{\text{розр.}i} = \frac{T_{\text{річ.}i}}{\Phi_{\text{д}} \cdot K_{\text{одн}} \cdot K_{\text{в.н}}}, \quad (2.9)$$

де  $T_{\text{річ.}i}$  – річна трудомісткість  $i$ -ого ТП;

$\Phi_{\text{д}}$  – дійсний фонд оснастки ( $\Phi_{\text{д}}=4077$  год.);

$K_{\text{одн}}$  – кількість одночасно працюючих;

$K_{\text{в.н}}$  – коефіцієнт виконання норми часу,  $K_{\text{в.н}}=1$ .

Розрахунок кількості обладнання та виробничих площ представлений в таблиці 2.1.

Отримане в результаті розрахунку дробове кількість обладнання округляється до цілого значення, як правило, у бік збільшення і це ціле кількість обладнання приймається до установки.

Ставлення  $C_{\text{розр}}$  до  $C_{\text{пр}}$  визначає ступінь використання обладнання в часі і називається коефіцієнтом завантаження устаткування.

$$K_{zi} = C_{\text{розр.}i} / C_{\text{пр.}i}, \quad K_{zi} \leq 1. \quad (2.10)$$

Дані розрахунку занесені в таблицю 2.1.

Обліковий склад основних робочих розраховується за формулою

$$r_{\text{обл}} = r_{\text{пр}} \left( 1 + \frac{a}{100} \right), \quad (2.11)$$

де  $a=13\%$  – відсоток планових втрат часу, який залежить від тривалості тарифного відпустки (приймаємо тривалість відпустки 24 дня).

$$r_{обл} = 49 \text{ люд.}$$

Штат основних робочих наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.1 – Розрахунок кількості обладнання та виробничих площ

№ раб. місця	Найменування обладнання (Найменування робочих місць)	Трудо-місткість, чол.×год.	Річна трудо-місткість робіт, чол.×год.	$K_{одн}$ , чол.	$C_{розр}$	$C_{пр}$	Коефіцієнт завантаження, $K_3$	Питома площа, м <sup>2</sup>	Загальна площа, м <sup>2</sup>
1	Стапель складання центроплану крила	184	4 416	4	0,27	1	0,27	20	497
2	Стенд позастапельного складання центроплану крила	122	2 928	4	0,18	1	0,18	20	326
3	Пристрій для складання лонжерона № 1	170	4 080	2	0,24	1	0,24	25	222
4	Пристрій для складання лонжерона № 2	88	2 112	2	0,26	1	0,26	15	238
5	Пристрій для складання секції нижніх панелей	86	2 064	2	0,25	1	0,25	20	233
6	Пристрій для складання секції верхніх панелей	86	2 064	2	0,25	1	0,25	20	233
7	Універсальний пристрій для складання нервюр	76	1 824	2	0,22	1	0,22	12	206
	<b>Разом:</b>	<b>726</b>	<b>17 424</b>	<b>18</b>				<b>838</b>	<b>5311</b>

Таблиця 2.2 – Розрахунок кількості основних робочих

Професія	Річна трудомісткість $T_{рч.і}$ , люд.×год.	$\Phi_d$ , год.	Кількість робочих, люд.	
			$r_{обл}$	$r_{пр}$
Слюсар-складальник (свердловщик, клепальник, герметизаторщик)	17 424	1 810	190,7	191

Штат допоміжних робітників наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Штат допоміжних робочих

Найменування професії	Чисельність, люд.
Слюсар з обслуговування устаткування	6
електромонтер	4
Комплектувальник виробничих складів	4
Комірник ІРК і роздавальник креслень	4
Транспортні робочі	6
прибиральники цеху	4
Контролери	4
<b>Разом</b>	<b>32</b>



Штат керівників наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Штат керівників

Посада	Чисельність, люд.
Начальник цеху	1
Заст. начальника цеху	1
Начальник тех. бюро	1
Начальник ПДБ	1
Начальник БПЗ	1
Начальник БТК	1
Разом	6

Штат фахівців наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Штат фахівців

Посада	Чисельність, люд.
Технолог	5
Інженер з інструменту	2
Програміст-електронник	2
Плановик	2
Майстер	10
Диспетчер	2
Технік з матеріалів	1
Нормувальник	2
Економіст	2
Контрольний майстер	1
Разом	29

Штат службовців наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Штат службовців

Посада	Чисельність, люд.
Нарядчик	1
Обліковець	1
Архіваріус	1
Завгосп	1
Разом	4

Штат МОП наведено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Штат МОП

Посада	Чисельність, люд.
Прибиральник конторських приміщень	2
Гардеробник	1
Разом	3

За результатами розрахунку штат цеху складається з 108 осіб.

### Розрахунок площ і обсягу цеху

Площа цеху по призначенню ділиться на:

- виробничу;
- допоміжну;
- складську;
- конторських-побутову;
- іншу.

Площі виробничих ділянок визначається потребами площами обладнання, шириною проходів та проїздів для пересування робітників і транспорту, а також площею розвантажувальних площ.

Виробнича площа складає 2640 м<sup>2</sup>.

Допоміжна площа ділянок – це площа, призначена для ремонту пристроїв, оснастки, заточування інструменту і ін.

Складська площа – це площа всіх цехових складів, комор, призначених для зберігання і видачі матеріалів, напівфабрикатів, інструменту тощо.

Допоміжна і складська площі визначаються за таблицею 2 [12] і занесені в таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 – Допоміжна і складська площі

Найменування ділянки	Площа, м <sup>2</sup>
Ділянка слюсарів по обслуговуванню обладнання і електриків	12
Майстерня ПРИМ	48
Інструментально-роздавальна комора (ІРК)	10
Архів креслень	12
Комора господарських матеріалів	14
Матеріальні комори (МАСК, ПРОСК, СГД)	170
Разом	266

Конторська площа – це приміщення для розміщення адміністративних і технічних служб цеху (кабінету начальника цеху, БПЗ, ПДБ, БТК, табельний і ін.).

Побутова площа – гардероби, вбиральні, душові та умивальники.

Конторських-побутова площа береться з таблиць 3-4 [12] і заноситься в таблицю 2.9.

Таблиця 2.9 – Площі конторських-побутових приміщень

Назва приміщення	Площа, м <sup>2</sup>
Кабінет начальника цеху	24
Кабінет заст. начальника цеху	16
Приміщення БТК	12
Кімната секретаря	11
Табельна	11
Технологічне бюро	36
Планово-диспетчерське бюро і економіст	24
Бюро праці та зарплати	16
Гардероб чоловічий	32
Гардероб жіночий	19
Душова чоловіча	28
Душова жіноча	16
Вбиральня чоловіча	22
Вбиральня жіноча	14
Разом	281

Інша площа – це площі розташування тамбурів, корпусних проїздів, сходових клітин, вентиляційних камер і т.д. Вона становить 26 % від загальної площі цеху і дорівнює 510 м<sup>2</sup>.

### 2.16 Компонування цеху в корпусі складальних цехів

Компонуванням називається креслення, на який в плані показано взаємне і ув'язане розташування основних і допоміжних площ, а також площ інших приміщень цеху без вказівки обладнання і оснастки.

Основними принципами проектування компоновок є наступні положення:

1. Компонування повинна передбачати найкоротші шляхи руху деталей вузлів, агрегатів при здійсненні технологічних процесів.

2. Рух виробів повинно бути послідовним, поворотні рухи повинні бути виключені.

3. Путі рухів виробів не повинні перетинатися на одному рівні.

Цех складання центроплану крила розташований в одному будівельному комплексі агрегатно-складальних цехів: складання фюзеляжу, крила і оперення,

остаточного складання (далі – ЦОС) (рисунок 2.5).

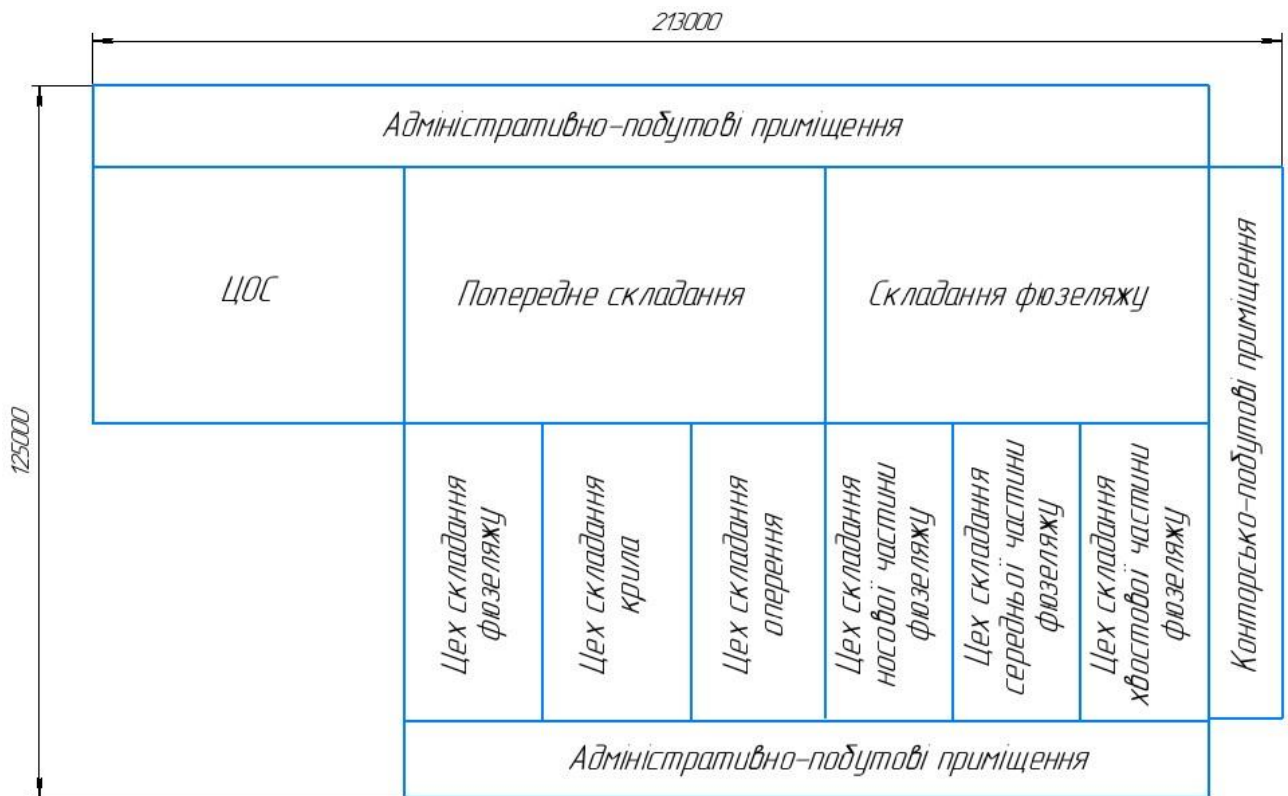


Рисунок 2.5 – Компонування комплексу агрегатно-складальних цехів

Таке архітектурне рішення найбільш раціонально з наступних причин:

- сталість температурних режимів значно зменшує невиробничі втрати площі і часу для «відстою агрегатів»;

- примикання агрегатно-складального цеху до цеху остаточного складання вирішує друге питання, а саме транспортування агрегатів на остаточне складання. В цьому випадку кранові кошти агрегатно-складальних цехів повинні входити в зону кранів обслуговування ЦОС, що виключає застосування будь-якого роду візків.

- побутові та конторські приміщення агрегатно-складальних цехів розміщуються з протилежного від ЦОС сторони. Це забезпечує для кожного цеху свій склад конторських-побутових приміщень і скорочує протяжність людських потоків.

- окремі цехи пов'язані між собою багаторівневою транспортною системою, що неможливо при компонуванні окремими блоками.

### 2.17 Планування цеху складання центроплану крила

Планування цеху – графічне зображення в плані і на розрізах за все обладнання, стапелів, підйомно-транспортних пристроїв і інженерних мереж,

призначених для обслуговування ТП.

Планування цеху відноситься до другого типу планувань, яка є основною для сучасного машинобудування. Цей тип планування передбачає здійснення виробничого процесу при стаціонарному положенні обладнання та переміщенні виробу, що збирається від одного робочого місця до іншого у відповідність до вимог ТП складання.

Виходячи з вимог до планування про можливість реконструкції цеху, переходу на інший вид виробу без значних витрат. Виїмка агрегатів і транспортування проводиться над стапелями «верхом». Використання висоти для виїмки і транспортування агрегатів здешевлює вартість, так як вартість висоти значно менше вартості площі.

Оснащення в цеху розташована по ділянках виходячи з характерних особливостей і специфіки складальних робіт.

Для ділянок вузлового і панельного складання характерною особливістю є виготовлення підзбірок з передачею їх на ділянку стапельної складання. Такий шлях підходить перш за все для тих вузлів і панелей, трудомісткість виготовлення яких значно нижче, ніж трудомісткість робіт в стапелі.

Підйомно-транспортні пристрої цеху представлені двома кран-балками, вантажопідйомністю  $Q=3,2$  кН. Вони забезпечують переміщення всередині цеху вузлів, панелей і готового агрегату.

Комунікації стисненого повітря для пневмоінструменту покладені в закритих жолобах нижче рівня підлоги і безпосередньо на робочих місцях мають крани (точки) приєднання споживачів.

Планування і компоновка цеху складання центроплану крила представлено в Додатку 3.

## **2.18 Розробка методів по організації робочих місць, механізації і автоматизації робіт**

Робоче місце – частина виробничої площі з розташованим на ній обладнанням і відносяться до нього оснащенням, яка використовується робочим або групою робітників для виконання певної роботи.

Раціональна організація робочого місця спрямована на створення максимальних зручностей, що дозволяють виконувати операції з найменшою витратою робочого часу. Це раціональне оснащення, планомірне постачання деталями і інструментом, зручне планування робочого місця, створення нормальних санітарно-технічних умов на робочому місці.

За характером виконуваного трудового процесу робочі місця агрегатно-складальних цехів відносяться до частково механізованих із застосуванням пневматичного та електрифікованого інструменту.

Місце складання повинно бути оснащене таким обладнанням:

- пристроєм для складання вузла, секції або агрегату; верстаками для підготовчих і позастапельних робіт;
- допоміжним обладнанням, яке використовується при складанні (козелками, підставками);
- стелажми для зберігання деталей;
- повітро- і електропроводкою для підключення механізованого інструменту;
- підйомно-транспортними пристроями для закладання і виймання деталей.

Складальні пристрою повинні забезпечувати зручність роботи. Місця розташування розеток для запуску електричного інструменту і ламп підсвітки, забірних клапанів повітряної мережі для підключення пневмоінструменту повинні знаходитися якомога ближче до робочих зон, щоб електрошнури і шланги були оптимальної довжини (5...7 м) і не захаращували майданчика.

Робочий інструмент повинен бути скомплектована за видами виконуваної роботи і зберігатися в інструментальному ящику, який робітник отримує з інструментальної комори перед роботою і здає туди після закінчення роботи. Що видається з комори інструмент повинен бути справним.

Транспортування важких деталей і вузлів при закладці їх в однобалочними кранами вантажопідйомністю 32 кН кожен.

Стелажі для готових деталей і вузлів повинні бути розташовані на відстані 0,5...2 м від складального пристрою.

Верстати для підготовчих операцій і позастапельних доробок повинні мати відділення для зберігання інструменту, нормалей.

## **2.19 Організаційна структура і система управління виробництвом в цеху**

### **Організаційна структура цеху**

Цех є самостійним структурним виробничо-господарським підрозділом підприємства, які забезпечують виконання виробничого плану за всіма техніко-економічними показниками. Відповідно до характеру виробничого процесу і призначенням робіт цех є основним (виробничим) і підпорядковується директору департаменту з виробництва.

Цех очолює начальник цеху, який призначається, переміщується і

звільняється з посади наказом генерального директора підприємства за поданням директора департаменту з виробництва.

Цех має в своєму складі виробничі дільниці та інші підрозділи відповідно до затвердженої генеральним директором підприємства структурною схемою і укомплектовується кадрами відповідно до штатного розкладу, затвердженого генеральним директором підприємства.

Цех має в постійному користуванні виробничі та побутові приміщення, споруди, технологічне і підйомно-транспортне обладнання, технологічну і організаційну оснастку, господарський інвентар.

Цех виконує певні виробничі функції і не бере участі самостійно в реалізації на сторону своєї продукції.

Цех створюється і ліквідується наказом генерального директора підприємства за поданням директора департаменту з виробництва.

Цех керується в роботі наказами та розпорядчими документами генерального директора підприємства, головного інженера, заступників генерального директора підприємства, головних спеціалістів і цим положенням.

Начальник цеху, підлеглий директорові, здійснює адміністративне, технічне і господарське керівництво роботою цеху і несе адміністративну відповідальність за виконання цехом програми, за якість продукції, за збереження матеріальних цінностей, стан трудової дисципліни і техніки безпеки, за кваліфіковану роботу співробітників колективу, його організованість і згуртованість.

Начальник цеху з допомогою громадських організацій спрямовує роботу апарату цеху на підвищення рівня виробництва, більш повне використання внутрішніх резервів, вдосконалення рівня організації рівня виробництва і праці, дотримання режиму економії і закріплення госпрозрахунку. Він підтримує передові починання новаторів виробництва, створює умови швидкого і ефективного впровадження їх пропозицій в цеху. Розпорядження начальника цеху обов'язкові для всіх його працівників.

Заступник начальника цеху з виробництва керує роботами щодо виконання виробничої програми та її матеріально-технічного забезпечення.

У цій області розпорядження заступника начальника цеху з виробництва обов'язкові для майстрів і всіх служб цеху.

Планово-диспетчерське бюро (далі – ПДБ) веде розрахунки пропускнуої власності обладнання цеху і становить календарні графіки запуску і випуску продукції ділянками по днях і змінах місяці, керує роботами по забезпеченню ділянок і робочих місць всім необхідним, веде облік виконання програми і

наявності незавершеного виробництва. У ведення ПДБ знаходяться матеріальні комори (далі – МАСК), склад готових деталей (далі – СГД) і транспортна група.

Заступник начальника цеху з підготовки виробництва відає організацією технологічної служби та інструментального господарства, підтримує запаси інструменту і пристроїв на заданому рівні, планує ремонт оснастки, організує її зберігання та облік, контролює правильність експлуатації оснащення по змінно-добовим завданням, керує роботою механіка цеху, господарської групою.

Технологічне бюро розробляє ТП, ЗТО, стежить за впровадженням її у виробництво, здійснює контроль за дотриманням технологічних процесів, веде їх коригування та вдосконалення.

Служби механіка цеху складає річний і місячні плани ремонту обладнання цеху, розповідає середнім і малим ремонтами обладнання, стежить за його станом і організовує догляд за ним.

Бюро праці та заробітної плати (далі – БПЗ) відає питаннями наукової організації, нормування, тарифікації та оплати праці.

Економічне бюро здійснює в цеху техніко-економічне планування, становить для учасників квартальні та місячні плани з найважливішими техніко-економічними показниками, організовує розрахунок в цехах, веде облік і аналіз виконання плану цехом і його продуктивними підрозділами.

При централізації функціонального апарату і служб обслуговування в цехах залишаються тільки лінійні керівники – начальники цехів і майстри.

Система управління виробництвом в цеху

Організація управління виробництвом повинна забезпечувати:

1. В області виробничо-технічної діяльності.

Участь в розробці та погодженні розрахунків виробничих потужностей, технологічних планувань і технологічних процесів, підборі та комплектації обладнання цеху, організаційно-технічних заходів і модернізації устаткування.

Забезпечення ефективної експлуатації та збереження обладнання, інструменту, технологічного оснащення, енергетичного господарства, будівель і споруд цеху.

Виконання всіх робіт в суворій відповідності з кресленнями, технічними умовами, технологічними процесами, вимогами надійності виробів.

Впровадження прогресивної технології виробництва і прогресивних норм матеріальних і трудових витрат, контроль за дотриманням технологічної дисципліни.

Участь в розробці і здійсненні комплексних планів з наукової організації праці і виробництва.



Створення безпечних умов праці, дотримання правила норм з техніки безпеки, промислової санітарії, а також правил пожежної безпеки на всіх роботах, виконуваних цехом.

Повсякденне регулювання ходу виробництва, вжиття заходів для взаємної ув'язки робіт всіх ділянок діяльності цеху, забезпечення їх рівномірної роботи і ритмічного випуску, продукції відповідно до затверджених планів.

2. В області економіки, планування, обліку і звітності.

Систематичний аналіз, виявлення і мобілізація внутрішніх резервів для зростання продуктивності праці, зниження собівартості і поліпшення якості продукції, розробка та впровадження заходів щодо поліпшення використання виробничих фондів цеху.

Організація оперативно-виробничого планування. Встановлення ділянок, змінах і окремим робочим кількісних і якісних показників плану, що забезпечують виконання затверджених цеху планових завдань з найбільшою економічною ефективністю.

Ведення оперативного статистичного та бухгалтерського обліку, що забезпечує своєчасність, достовірність показників діяльності цеху, впровадження нормативного методу урахування витрат виробництва, організація і ведення табельного обліку, облік ходу виробництва.

3. В області підбору, розстановки і використання кадрів, організації праці і заробітної плати.

Комплектування, правильний підбір, розстановка керівних, інженерно-технічних та робітничих кадрів.

Забезпечення працівників цеху спецодягом, захисними пристроями і необхідними побутовими умовами згідно з діючими нормами.

Забезпечення трудової дисципліни в цеху, боротьба з прогулами та плинністю кадрів.

Організація праці і розстановка працівників цеху відповідно до спеціальності та кваліфікації.

Організація суміщення професій і функцій працюючих цехи.

### **Система управління якістю продукції**

Від якості виготовлення машини залежить її надійність і довговічність. Підприємство ставить собі за мету випускати продукцію тільки високої якості.

Боротьба за якість – це боротьба за ліквідацію шлюбу, за здачу продукції з першого пред'явлення. Для недопущення випуску браку організована служба технічного контролю, на яку покладені такі завдання:

- забезпечувати випуск готової продукції повністю укомплектованою і строго відповідає кресленням, стандартам, ТУ;
- розробити і впровадити у виробництво профілактичний контроль, застережливий випуск браку на всіх стадіях виготовлення продукції;
- контроль за дотриманням технології в процесі виробництва і перевірки якості продукції.

Основні принципи організації контролю:

- здійснення остаточної перевірки та випробування готової продукції;
- контроль проміжних операцій робочими виконавцями і майстрами;
- контроль за дотриманням технологічної дисципліни начальниками цехів і майстрами.

Всі види контролю здійснюються за типовими технологічними картами контролю. Для виконання операцій контролю застосовуються такі пристрої і інструменти:

- універсальний інструмент, розрахований для визначення багатьох параметрів: індикатори, лінійки, штангенциркулі, щупи, мікрометри;
- граничний інструмент, розрахований на визначення наступних параметрів: діаметра, контуру, малки і т.д.;
- спеціальні контрольні пристрою і стенди.

Система контролю передбачає:

1. Безпосередній виконавець несе повну відповідальність за якість продукції, що виготовляється.
2. Робочим забороняється самовільний відступ від заданих параметрів і вимог.
3. Кожен виконавець контролює самого себе.
4. Працівники бюро технічного контролю перевіряють якість продукції. При виявленні дефектів, вироби повертається робітникові на доопрацювання.
5. Діє система морального і матеріального стимулювання за здачу продукції з першого пред'явлення.
6. Роботу апарату технічного контролю в цеху організує бюро цехового контролю.

Начальнику підзвітні контролери та контрольні майстри, які ведуть контроль вхідної та продукції, що випускається.

Завдання технічного контролю – запобігти випуск бракованої продукції, виявляти брак і аналізувати причини його появи, стежити за виконанням технічної дисципліни, розробка та підвищенні їх ефективності.

У цеху передбачається триступеневий контроль:

1. Контроль робочого.
2. Контроль майстра.
3. Контроль БТК.

Всі служби цеху організують свою роботу так, щоб надати допомогу учасникам у виконанні ними виробничого плану по термінах, номенклатурі і якості.

### **Висновки по розділу 2**

В результаті проведених розрахунків и прийнятих конструктивно-технологічних рішень розроблено й обґрунтовано схеми конструктивно-технологічного членування, схеми складання та ув'язування центроплану транспортного літака, розраховано похибки складання по обводах, розроблено маршрутний (директивний) технологічний процес складання центроплану транспортного літака, розроблено технічні умови на проектування та конструкції стапелю складання центроплану транспортного літака, виконано технологічні розрахунки цеху складання центроплану транспортного літака.

## **3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ**

### 3.1 Визначення основних техніко-економічних показників цеха

#### 3.1.1 Визначення фонду оплати праці в цілому

##### Розрахунок заробітної плати виробничих робітників

Розрахунки штатів основних виробничих робочих, середніх розрядів та середніх часових ставок, внесених до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунки штатів основних виробничих робочих

Розряд робочих $R_i$	Кількість робітників даного розряду $n_{R_i}$ , люд.	Часова ставка $l_i$ , грн/год.	$R_i \cdot n_{R_i}$	$l_{R_i} \cdot n_{R_i}$
2	5	59,53	10	297,65
3	20	73,08	60	1 461,60
4	60	81,17	240	4 870,20
5	18	92,02	90	1 656,36
6	5	108,24	30	541,20
Всього	108		430	8 827,01

Середній розряд розраховується за наступною формулою

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^5 R_i \cdot n_{R_i}}{\sum_{i=1}^5 n_{R_i}}, \quad (3.1)$$

де  $n_{R_i}$  – кількість робочих  $R_i$  розряду;

$\bar{R}$  – численне значення розряду.

$$\bar{R} = \frac{430}{108} = 3,981.$$

Середню часову ставку розраховуємо за формулою

$$\bar{l} = \frac{\sum_{i=1}^5 l_{R_i} \cdot n_{R_i}}{\sum_{i=1}^5 n_{R_i}}, \quad (3.2)$$

де  $l_{R_i}$  – часова тарифна ставка робочих  $R_i$  розряду.

Маємо

$$\bar{l} = \frac{8827,01}{108} = 81,73 \text{ грн/год.}$$

Розподіл річного фонду прямої заробітної плати виробничих робочих підприємств виконується за наступною формулою:

$$\text{ПЗП}_{\text{вир. роб}} = T_{\text{щорі}} \cdot \bar{l} \cdot \left(1 + \frac{\overline{K_{\text{ут}}} + \overline{K_{\text{іт}}}}{100}\right), \quad (3.3)$$

де  $T_{\text{щорі}}$  – щорічний трудомісткий час роботи працівника

$$T_{\text{щорі}} = 1820 \cdot 108 = 196\,560 \text{ люд.} \cdot \text{год.}$$

де  $\bar{l}$  – середній погодинний тариф, грн/год.;

$\overline{K_{\text{ут}}}$ ,  $\overline{K_{\text{іт}}}$  – середні співплати компанії за умовами та інтенсивність праці, %;

$$\overline{K_{\text{ут}}} = 4\%, \overline{K_{\text{іт}}} = 6\% [13].$$

$$\text{ПЗП}_{\text{вир. роб}} = 196560 \cdot 81,73 \cdot \left(1 + \frac{4+6}{100}\right) = 17\,671\,333,68 \text{ грн.}$$

Фонд додаткової заробітної плати основних працівників без урахування результатів роботи розраховується за формулою

$$\text{ДЗП}_{\text{вир. роб}} = \text{ПЗП}_{\text{вир. роб}} \left(1 + \frac{K_{\text{пр}} + K_{\text{погод}} + K_{\text{ден}} + K_{\text{міс}}}{100}\right), \quad (3.4)$$

де  $K_{\text{пр}}$ ,  $K_{\text{погод}}$ ,  $K_{\text{ден}}$ ,  $K_{\text{міс}}$  – приймаються стандарти премій, погодинних, денних і щомісячних доплат,  $K_{\text{пр}} = 0\%$ ,  $K_{\text{погод}} = 10\%$ ,  $K_{\text{ден}} = 12\%$ ,  $K_{\text{міс}} = 12\%$  (з відпусткою 18 робочих днів) [13].

$$\text{ДЗП}_{\text{вир. роб}} = 17\,671\,333,68 \cdot \left(1 + \frac{10+12+12}{100}\right) = 23\,679\,587,13 \text{ грн.}$$

Таким чином, запланована річна заробітна плата основних працівників

$$\begin{aligned} \text{ФОП}_{\text{вир. роб}} &= \text{ПЗП}_{\text{вир. роб}} + \text{ДЗП}_{\text{вир. роб}} = \\ &= 17\,671\,333,68 + 23\,679\,587,13 = 41\,350\,920,81 \text{ грн.} \end{aligned}$$

### Розрахунок заробітної плати допоміжних працівників

Кількість допоміжних працівників визначається відповідно до стандартів обслуговування, а фонд оплати праці визначається відповідно до прийнятої системи оплати праці (часової або за ставкою) та фонду операційного часу.

Пряма заробітна плата допоміжних працівників професії (часова система оплати праці) визначається за формулою

$$\text{ПЗП}_{\text{доп. роб}} = n_{\text{доп. роб}} \cdot \Phi_{\text{дi}} \cdot l_i \cdot \left(1 + \frac{K_{\text{утi}} + K_{\text{ітi}}}{100}\right), \quad (3.5)$$

де  $n_{\text{доп. роб}}$  – кількість допоміжних працівників;

$\Phi_{\text{дi}}$  – щорічний фонд робочого часу для професії допоміжних працівників;

$l_i$  – погодинна ставка допоміжних працівників

Додаткова заробітна плата допоміжних працівників професії визначена також як для основних працівників. Розрахунок кількості та заробітної плати допоміжних працівників надано у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунки штатів допоміжних працівників

Професія	Кількість допоміжних працівників	Часова ставка, грн	Пряма заробітна плата, грн	Додаткова заробітна плата, грн	Повна заробітна плата, грн
Слюсар	3	73,08	399 016,80	534 682,51	933 699,31
Електромонтер	3	81,17	443 188,20	593 872,19	1 037 060,39
Слюсар ПРІН	3	73,08	399 016,80	534 682,51	933 699,31
Станочник ПРІН	3	92,02	502 429,20	673 255,13	1 175 684,33
Комірник ІРК	2	59,53	216 689,20	290 363,53	507 052,73
Роздатчик креслень	2	59,53	216 689,20	290 363,53	507 052,73
Комірник	2	59,53	216 689,20	290 363,53	507 052,73
Комплектувальник	3	59,53	325 033,80	435 545,29	760 579,09
Транспортні працівники	2	73,08	266 011,20	356 455,01	622 466,21
Прибиральник	2	73,08	266 011,20	356 455,01	622 466,21
Контролер	3	81,17	443 188,20	593 872,19	1 037 060,39
Всього	28	-	3 693 963,00	4 949 910,42	8 643 873,42

### Розрахунок заробітної плати керівників, фахівців, працівників та МОП

Розрахунок стану та нарахування заробітної плати ІТР, УП та МОП наведений у таблиці 3.3, при цьому кількість вищезазначених працівників визначається відповідно до штатного розкладу, а заробітна плата – системою оплати праці.

Таблиця 3.3 – Стан та нарахування заробітної плати ІТР

Посада	Кількість працівників, чол	Місячний оклад, грн	Пряма заробітна плата, грн	Додаткова заробітна плата, грн	Повна заробітна плата, грн
Начальник цеха	1	29 800,00	345 680,00	463 211,20	808 891,20
Заст. нач. цеха з виробництва	1	26 200,00	303 920,00	407 252,80	711 172,80
Заст. нач. цеха з підготовки виробництва	1	26 200,00	303 920,00	407 252,80	711 172,80
Старший майстер	2	26 200,00	607 840,00	814 505,60	1 422 345,60
Змінний майстер	3	23 200,00	807 360,00	1 081 862,40	1 889 222,40
Начальник тех. бюро	1	26 200,00	303 920,00	407 252,80	711 172,80
Технолог	3	23 000,00	800 400,00	1 072 536,00	1 872 936,00
Завідуючий ІРК	1	21 200,00	245 920,00	329 532,80	575 452,80
Начальник ПДБ	1	26 200,00	303 920,00	407 252,80	711 172,80
Плановик	2	23 200,00	538 240,00	721 241,60	1 259 481,60
Диспетчер	1	23 200,00	269 120,00	360 620,80	629 740,80
Технолог по матеріалам	2	22 800,00	528 960,00	708 806,40	1 237 766,40
Начальник БПЗ	1	22 800,00	264 480,00	354 403,20	618 883,20
Нормувальник	2	22 800,00	528 960,00	708 806,40	1 237 766,40

## Продовження табл. 3.3

Посада	Кількість працівників, чол	Місячний оклад, грн	Пряма заробітна плата, грн	Додаткова заробітна плата, грн	Повна заробітна плата, грн
Економіст	2	21 200,00	491 840,00	659 065,60	1 150 905,60
Механік цеха	2	21 200,00	491 840,00	659 065,60	1 150 905,60
Майстер по обладнанню	2	21 200,00	491 840,00	659 065,60	1 150 905,60
Начальник БТК	1	22 800,00	264 480,00	354 403,20	618 883,20
Старший контролер	1	21 200,00	245 920,00	329 532,80	575 452,80
Контрольний майстер	2	23 200,00	538 240,00	721 241,60	1 259 481,60
Нарядчик	2	20 600,00	477 920,00	640 412,80	1 118 332,80
Обліковець	2	20 600,00	477 920,00	640 412,80	1 118 332,80
Комірник	2	20 600,00	477 920,00	640 412,80	1 118 332,80
Бухгалтер	2	20 600,00	477 920,00	640 412,80	1 118 332,80
Секретар-машиніст	2	20 600,00	477 920,00	640 412,80	1 118 332,80
Завгосп	2	20 600,00	477 920,00	640 412,80	1 118 332,80
Табельник	2	20 600,00	477 920,00	640 412,80	1 118 332,80
Прибиральник конторських приміщень	2	20 600,00	477 920,00	640 412,80	1 118 332,80
Гардеробник	2	20 600,00	477 920,00	640 412,80	1 118 332,80
Всього	49		12 978 080,00	17 390 627,20	30 368 707,20

Річний фонд оплати праці промислового персоналу

$$\text{ФОП}_{\text{ПП}} = \text{ФОП}_{\text{вир. роб}} + \text{ФОП}_{\text{доп. роб}} + \text{ФОП}_{\text{ІТР}} + \text{ФОП}_{\text{скл}} + \text{ФОП}_{\text{МОП}}. \quad (3.6)$$

Загальний штатний склад цеху складає

$$n_{\text{ПП}} = n_{\text{вир. роб}} + n_{\text{доп. роб}} + n_{\text{ІТР}} + n_{\text{скл}} + n_{\text{МОП}}, \quad (3.7)$$

де  $n_{\text{вир. роб}}$ ,  $n_{\text{доп. роб}}$ ,  $n_{\text{ІТР}}$ ,  $n_{\text{скл}}$ ,  $n_{\text{МОП}}$  – кількість виробничих, допоміжних працівників, інженерно-технічних працівників, бухгалтерського та офісного персоналу та молодшого обслугованого персоналу.

Тобто  $n_{\text{ПП}} = 108 + 28 + 49 = 185$  люд.

### Розрахунок заробітної плати для компенсації зносу інструменту і ЗТО

Витрати на спеціальне обладнання визначаються за формулою

$$Z_{\text{спец. обл}} = C_{\text{ППВ}}/n, \quad (3.8)$$

де  $C_{\text{ППВ}}$  – повна початкова вартість спецтехніки в магазині, грн;

$n$  – кількість років, на які списається вартість спеціальної установки ( $n=1-2$  рока).

Тобто  $Z_{\text{спец. обл}} = \frac{C_{\text{ППВ}}}{n} = \frac{449\,430}{1} = 449\,430$  грн.



## Розрахунки вартості основних фондів підприємства

До основних фондів підприємства відносяться: будівлі та споруди, робоча техніка та підйомники, вимірювальні та нормативні пристрої, цінні універсальні прилади та прилади, цінне виробниче та господарське обладнання.

Повне початкове значення основних фондів підприємства надано в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Повне початкове значення основних фондів підприємства

Основні фонди	Повна початкова вартість, грн	Ставка амортизації, %	Ставка амортизації, грн
Приміщення та споруди	2 270 350,00	5	113 517,50
Робочі машини та обладнання	542 700,00	15	81 405,00
Вимірювальні та регулюючі пристрої	16 281,00	15	4 070,25
Цінний універсальний інструмент і світильники	81 405,00	15	20 351,25
Цінне виробниче та побутове обладнання	16 281,00	25	4 070,25
Всього	2 927 017,00		223 414,25

Початкова вартість будівель і споруд складає

$$C_{\text{буд}} = 5180 \cdot 350 + 829 \cdot 550 = 2\,270\,350 \text{ грн.}$$

Початкова вартість обладнання та підйомників розраховуємо за формулою

$$C_{\text{обл}} = 1,1 \cdot \sum_{j=1}^m n_i \cdot C_i \cdot (1 + K_{\text{тр}}), \quad (3.9)$$

де 1,1 – коефіцієнт з урахуванням базової вартості підйомних транспортних засобів, додаткового та допоміжного обладнання;

$n_i$  – прийнята кількість обладнання  $i$ -го виду;

$C_i$  – оптова ціна обладнання;

$K_{\text{тр}}$  – коефіцієнт з урахуванням вартості транспортування та встановлення обладнання, в нашому випадку  $K_{\text{тр}} = 0$ ;

$m$  – кількість видів основного обладнання, встановленого в цеху.

### Розрахунок вартості обслуговування та експлуатації обладнання

Стаття перша враховує амортизаційні відрахування на робоче обладнання та цех транспортних засобів, вимірювальних приладів, інструментів та приладів.

Стаття друга враховує вартість експлуатації обладнання. Матеріали для обслуговування обладнання приймаються в розмірі 20 000 грн за роботу на рік.

Заробітна плата та внески до фондів у розмірі 37,5 % від заробітної плати допоміжних працівників, які займаються поточним обслуговуванням обладнання. За рахунок взята вартість електроенергії 1682,80 грн за 1 МВт·год для 2-го класу напруги [14].

Інші витрати приймаються з у розмірі 2 % від вищевказаної вартості за статтею.

Стаття третя враховує витрати цеху на поточний ремонт виробничого обладнання, цеху транспортних засобів та інструментів.

Матеріали, напівфабрикати, запчастини, витрачені на поточний ремонт, взяті з тарифом 3 % від початкової вартості робіт, обладнання.

Вартість послуг інших цехів з поточного ремонту приймається з у розмірі 3 % від початкової вартості робочої техніки, транспортних засобів, інструментів.

Стаття четверта враховує витрати цеху на внутрішньо заводський рух товарів: доставку матеріалів з заводських складів, доставку на робочі місця матеріалів, інструменти, вивезення готової продукції, відходи. Заробітна плата та відрахування розраховуються для працівників транспорту. На інші послуги припадає 50 % від загальної заробітної плати працівників транспорту.

Стаття п'ята враховує витрати на ремонт амортизації та відновлення недорогих і швидко відновлюючи інструментів. Ці витрати приймаються з у розмірі 100 грн. 1000 нормо-годин. Вартість оплати послуг сторонніх організацій з заточування, ремонту та відновлення ІБП приймається з тарифом 20 грн/1000 год.

Стаття шоста враховує інші витрати цеху на утримання та експлуатацію обладнання і приймається з урахуванням 5% вартості за попередніми статтями.

Вартість обслуговування та експлуатації обладнання представлена в таблиці 3.6.

Після розрахунку всіх статей і заповнення таблиці 3.5 необхідно визначити стандарт обслуговування і експлуатації обладнання за формулою

$$N_{PCEO} = \left( \frac{P_{CEO}}{PЗП_{\text{вир. роб}}} \right) \cdot 100 \%, \quad (3.10)$$

де  $P_{CEO}$  – загальні витрати на технічне обслуговування та експлуатацію обладнання;

$PЗП_{\text{вир. роб}}$  – пряма заробітна плата основних робочих.

$$N_{PCEO} = \left( \frac{845\,671,2}{17\,671\,333,68} \right) \cdot 100 \% = 47,8 \%$$

Таблиця 3.5 – Вартість обслуговування та експлуатації обладнання

№ статті	Витрати	Вартість елементів витрат, грн						Загальна сума
		Допоміжні матеріали	Заробітна плата	Відрахування до фонду	Паливо, енергія	Амортизаційні відрахування	Послуги інших цехів	
1	Амортизація обладнання, транспортних засобів, вимірювальних пристроїв	–	–	–	–	109 896,8	–	109 896,8
2	Утримання та експлуатація обладнання	8 640,0	41 389,92	19 660,2	36 000,0	–	2113,8	207 803,92
3	Поточний ремонт обладнання	74 892,6	20 694,96	9 835,8	–	–	74 892,82	180 315,96
4	Внутрішньо-заводське переміщення вантажів	–	19 103,04	9 073,8	–	–	9 551,52	37 728,36
5	Відшкодування внеску на відновлення інструменту	7 862,4	20 694,96	9 835,8	–	–	1 572,48	39 965,64
6	Інші витрати	–	–	–	–	–	40 270,0	40 270,0
ВСЬОГО		91 365,0	101 882,88	48 405,6	36 000,0	109 896,8	128 400,48	845 671,2

Стаття перша враховує витрати на утримання управлінського персоналу цеху: заробітну плату відрахування до фондів керівників, (за винятком працівників технологічного бюро).

Стаття друга враховує на заробітну плату відрахування фонди робітників технологічного бюро і допоміжних робітників не пов'язаних з виробництвом.

Стаття третя враховує амортизаційні відрахування по будівлях.

Стаття четверта враховує витрати цеху на утримання будівель, споруд, плату і відрахування прибиральників.

Стаття п'ята враховує витрати на поточний ремонт будівель і споруд, вони прийняті в розмірі 3 % від вартості будівлі цеху.

Стаття шоста враховує витрати на випробування, досліди і дослідження, раціоналізацію і винахідництво, прийняті в розмірі 500 грн. в рік на одного працівника цеху.

Стаття сьома враховує витрати на охорону праці та промислову санітарію, прийняті в розмірі 150 грн. в рік на одного працюючого.

Стаття восьма враховує витрати на відшкодування зносу, прийняті в розмірі 100 грн. в рік на одного працівника цеху.

Стаття дев'ята враховує інші витрати загального призначення (канцелярські і т.д.), прийняті в розмірі 5 % від суми попередніх статей.

Розрахунок непрямих витрат наведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Розрахунок непрямих витрат

№ статі	Витрати	Елементи затрат, грн						Загальна сума, грн
		Допоміжні матеріали	Заробітна плата	Відрахування до фонду	Паливо, енергія	Амортизаційні відрахування	Послуги інших цехів	
1	Утримання апарату управління	–	305 727,45	166 595,55	–	–	–	517 323,0
2	Утримання іншого	–	100 377,4	47 679,2	–	–	–	148 056,6
3	Амортизація споруд	–	–	–	–	11 3517,5	–	113 517,5
4	Утримання споруд та інвентар	38 400,0	19 103,04	9 073,8	–	–	–	162 577,2
5	Поточний ремонт споруд	–	–	–	–	–	57 600,0	57 600,0
6	Випробування	–	–	–	–	–	219 778,8	219 778,8
7	ОБЖ	–	–	–	–	–	14 400,0	14 400,0
8	Відшкодування зносу малоцінного інвентарю	–	–	–	–	–	9 600,0	9 600,0
9	Інші витрати	–	–	–	96 000,0	–	183 967,8	183 967,8
	Всього	38 400,0	470 208,05	223 348,75	96 000,0	113 517,5	485 346,6	1 405 688,0

### Визначення загальногосподарських витрат

Стаття перша враховує витрати на утримання працівників заводууправління: заробітну плату і відрахування на соціальне страхування керівників, фахівців (за винятком працівників технологічного бюро цеху), службовців і МОП.

Стаття друга враховує амортизаційні відрахування по будівлях (будинок заводууправління, будівлі заводських складів і заводських лабораторій) і інвентарю заводууправління.

Стаття третя враховує витрати цеху на утримання будинків та інвентарю заводууправління:

- 1) витрати на матеріали – 1 % вартості відповідної будівлі;
- 2) каналізацію – 10 % вартості відповідної будівлі.

Стаття четверта враховує витрати на поточний ремонт і споруд; вони можуть бути прийняті в розмірі 3% вартості відповідної будівлі.

Стаття п'ята враховує витрати підприємства на відрядження працівників – вони можуть бути прийняті в розмірі 200 грн. в рік на одного працівника підприємства.

Стаття шоста враховує витрати на зв'язок (телефонний, телеграфний, комп'ютерну) – вони можуть бути прийняті в розмірі 100 грн. у рік на одного працівника підприємства.

Стаття сьома враховує інші витрати загальнозаводського призначення (канцелярські, поштові та ін.); можуть бути прийняті в розмірі 5 % суми попередніх семи статей.

Розрахунок загальногосподарських витрат представлений в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Розрахунок загальногосподарських витрат

№ статті	Витрати	Елементи затрат, грн						Загальна сума
		Допоміжні матеріали	Заробітна плата	Відрахування до фонду	Паливо, енергія	Амортизаційні відрахування	Послуги інших цехів	
1	Утримання працівників	–	350 727,45	166 595,55	–	–	–	571 323,0
2	Амортизація споруд	–	–	–	–	22 341,25	–	223 414,25
3	Утримання споруд	9 600,0	–	–	9 600,0	–	–	105 600,0
4	Поточний ремонт споруд	–	–	–	–	–	–	115 200,0
7	Інші витрати	–	–	–	–	–	142 198,68	142 198,68
	Всього	124 800,0	350 727,45	166 595,55	96 000,0	223 414,25	170 998,68	1 132 535,9

### **Розрахунок кошторису витрат на виробництво і собівартості одиниці виробу**

Кошторис витрат на виробництво відображає витрати цеху на річну програму випуску і складається за економічними елементами і за статтям калькуляції.

Відрахування на соціальні заходи становлять 37,5 % від річного фонду плати праці виробничих робітників.

Витрати на підготовку і освоєння виробництва становлять 1 % матеріальних витрат.

Інші витрати складають 15 % від вартості матеріальних витрат.

Витрати на страхування майна становлять 8 % від річного фонду плати праці виробничих робітників.

Витрати на медичне страхування складають 2,5 % від річного фонду оплати праці виробничих робітників.

Відсоток загальногосподарських витрат становить 90 %. Відсоток позавиробничих витрат – 3 %.

Прибуток становить 25 % від повної собівартості.

Податок на додану вартість – 20 %.

Розрахунок кошторису витрат надано в таблиці 3.8. Розрахунок собівартості виробу представлений в таблиці 3.9.

Таблиця 3.8 – Розрахунок кошторису витрат

Статі затрат	Основні матеріали	Допоміжні матеріали	Паливо та енергія	ФОП	ОСС	Амортизаційні відрахування	Інші витрати	Затрати по статям
Основні матеріали	2282900.28	–	–	–	–	–	–	2 282 900,3
Покупні вироби та напівфабрикати	1100736	–	–	–	–	–	–	1 100 736,0
ПЗП <sub>вир. роб</sub>	–	–	–	825 728,9	–	–	–	825 728,9
ДЗП <sub>вир. роб</sub>	-	-	-	280 747,8	–	–	–	280 747,8
Витрати на освоєння та підготовку виробництва	–	–	–	–	–	–	234 622,8	234 622,8
Відрахування до соцстраху	–	–	–	-	134 525,01	–	–	134 525,0
Відшкодування зносу	–	–	–	–	–	–	271080	271 080,0
Затрати на експлуатацію обладнання	-	91 395,0	101 882,88	48 405,6	36 000,0	109 896,75	128 400,3	84 567,2
Цехові витрати	-	38 400,0	470 208,05	223 348,8	96 000,0	11 351,5	6485346,6	1 405 688,0

Таблиця 3.9 – Розрахунок собівартості виробу

№	Найменування статей калькуляції	Витрати	Примітки
1	Сировини та основні матеріали	56 393,94	$C_M = C_{MH_p} * 1.5$
2	Придбана продукція та напівфабрикати	4 243,25	$C_{II} = C_{IIH_p}$
3	ПЗП <sub>вир. роб</sub>	13 762,15	
4	ДЗП <sub>вир. роб</sub>	4 679,13	
5	Відрахування до фондів	7 447,14	37,5 % від ФОТ <sub>вир. роб</sub>
6	РСЕО	15 380,1	
7	РУЦ	3 618,0	
8	Відшкодування цільових інструментів та пристроїв	14 094,52	5% C <sub>ОБ</sub>
9	Загально виробничі витрати	18 875,4	
10	Підготовка та освоєння виробництва	977,6	
11	Страховання майна	2 289,6	65 % від ПЗП
12	Виробнича собівартість	141 761,24	
13	Позавиробничі витрати	4 252,84	3 % від загальної собівартості
14	Повна собівартість	146 014,08	
15	Запланований дохід	36 503,52	25 % від повної собівартості
16	Оптова ціна виробництва	182 517,6	
17	НДС	36 503,52	20 % від оптової ціни
18	НДС + оптова ціна	219 021,12	

### 3.1.2. Техніко-економічні показники підприємства

Основні техніко-економічні показники підприємства розраховуються наступним чином:

1. Річний дохід від реалізації продукції визначають множенням річної програми випуску виробу на відпускну ціну виробу. Отримані таким чином по кожному виробу величини потім підсумовують.

2. Кошторис витрат на виробництво беруть на підставі результатів відповідних розрахунків.

3. Балансовий прибуток розраховують як різницю між річним доходом від реалізації продукції і повною собівартістю річного випуску продукції. Повна собівартість складається з виробничої собівартості і позавиробничих витрат. Величина позавиробничих витрат складає 1...5 % виробничої собівартості в залежності від виду виробів.

4. Вироблення на одного працівника характеризує рівень продуктивності праці і визначають діленням річного доходу від реалізації продукції на кількість працівників підприємства.

5. Фондовіддачу обчислюють діленням річного випуску продукції на вартість основних фондів підприємства. Укрупнено вважаємо рівними річний випуск продукції і річний дохід від реалізації продукції.

6. Рентабельність обороту розраховують діленням балансового прибутку на річний дохід від реалізації продукції.

7. Оборотність капіталу обчислюють діленням річного доходу від реалізації продукції на суму вартості основних фондів і величини нормованих оборотних коштів.

8. Прибутковість розраховують діленням річного доходу від реалізації продукції на повну собівартість річного випуску продукції

Техніко-економічні показники підприємства зведені в таблицю 3.10.

Таблиця 3.10 – Техніко-економічні показники підприємства

№	Показники	Одиниця виміру	Величина
1	Річний дохід від реалізації продукції	грн	13 141 267,2
2	Рента затрат на виробництво	грн	8 151 678,33
3	Балансовий дохід	грн	4 989 588,87
4	Вартість основних фондів	грн	223 414,25
5	Кількість працівників	грн	185,0
6	Річний фонд оплати праці	грн	1 617 281,48
7	Площа споруд		
	Загальна площа	м <sup>2</sup>	5 184
	Виробнича	м <sup>2</sup>	4 384
	допоміжна	м <sup>2</sup>	800
	Конторська	м <sup>2</sup>	829
8	Відшкодування цільових інструментів та пристроїв	грн/люд.	71 033,87
9	Загально виробничі витрати	грн/люд.	5 882,01
10	Підготовка та освоєння виробництва	%	16,6
11	Страхування майна	грн/люд.	1,54

### 3.1.3 Визначення точки беззбитковості

Точка беззбитковості – розмір партії продукції, що випускається, при якій забезпечується «нульовий прибуток», тобто дохід від продажу дорівнює витратам виробництва.

Аналітично точку беззбитковості можна визначити за формулою

$$N_B = \frac{P_1}{C - C_{зм. витр}}, \quad (3.11)$$

де  $P_1$  – постійні витрати;

$C$  – постійна ціна виробу;

$C_{зм. витр}$  – змінні витрати.

Тобто

$$N_B = \frac{9\,613\,016,4}{10\,951\,056 - 7\,235\,762,4} \approx 4.$$

Постійні витрати визначають за кошторисом витрат на виробництво на річний обсяг робіт, а змінні – за статтями калькуляції собівартості.



Графічно визначимо точку беззбитковості як перетин ліній витрат і валового доходу (див. рисунок 3.1).

Виходячи з проведених розрахунків і графічних побудов можна зробити висновок, що розмір партії продукції, що випускається, при якій забезпечується «нульовий прибуток» виробів, тобто при реалізації цієї партії товару виробництво почне окупатися.

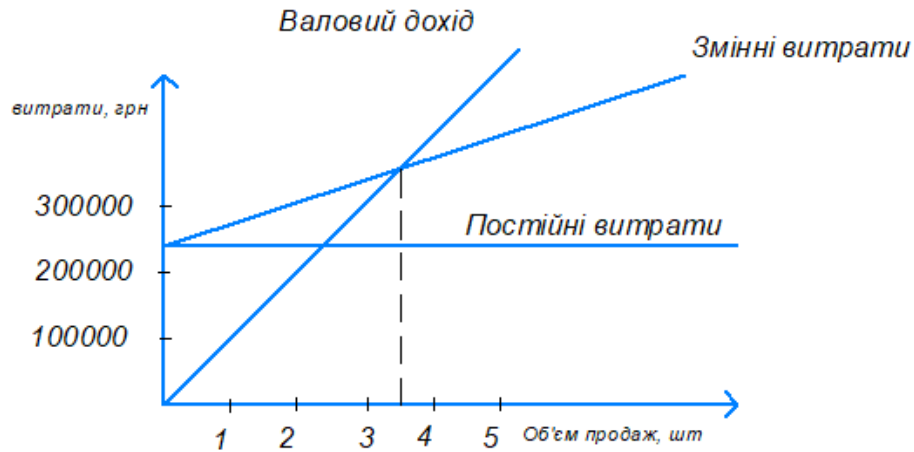


Рисунок 3.1 – Точка беззбитковості

### 3.2 Оцінка ринку збуту

Існують наступні типи ринків збуту продукції:

1. Ринок чистої конкуренції – складається з безлічі продавців і покупців. Жоден окремий продавець чи покупець не надає великого впливу на рівень поточних ринкових цін товару.

2. Ринок монополістичної конкуренції – складається з безлічі покупців і продавців, що робить угоди не по єдиній ринковій ціні, а в широкому діапазоні цін. Наявність діапазону цін пояснюється здатністю з продавців запропонувати покупцям різні варіанти авіаційної техніки. Різні варіанти літаків можуть відрізнятися один від одного комфортом, льотно-технічними характеристиками, наявністю міжнародної сертифікації та іншим. Покупці бачать різницю і готові платити по-різному. В даному випадку роль маркетингових досліджень по висуненню товару на ринок мінімальна.

3. Омегаполітичний ринок – складається з невеликого числа продавців, дуже чутливих до політики ціноутворення і стратегіям маркетингу один одного. Обмежена кількість продавців пояснюється тим, що новим продавцям важко пробитися на ринок.

Такий стан можна спостерігати зараз на авіаційному ринку розвинених країн. Весь ринок поділений між кількома великими компаніями - виробниками

літаків. Новачкові важко проникнути на ринок, так як кожна з авіаційних компаній за краще вже налагоджені зв'язки з лідерами світового літакобудування. Тим більше що у них налагоджена інфраструктура обслуговування і ремонту літаків. Тому з кількох рівних варіантів перевага віддається більш знайомій фірмі.

### 3.3 Стратегія маркетингу

Для успішної реалізації продукції необхідно вибрати оптимальний метод просування товару на ринку, з огляду на економічну, політичну ситуації на ринку в цілому і по відношенню до товару, так і до підприємства зокрема.

Що стосується ринку України через важку економічну ситуацію нова техніка практично не купується, авіаційні компанії купують два старих літака замість одного нового, і експлуатують їх в режимі порушення льотних норм.

Щоб закріпитися на подібному ринку, необхідно розробити правильну стратегію співпраці з авіаційними компаніями, методи стимулювання продажів. Необхідно визначити, чи буде підприємство самостійно займатися просуванням і збутом свого товару на ринку, визначити сегменти ринку і обсяги продажів на них.

Сегментація ринку в літакобудуванні проводиться відповідно до географічної, соціально-економічного, психографічного, і поведінкового принципам. При поведінці сегментації ринку за групами споживачів потрібно пов'язати потреби покупців з проектованим способом, а потім визначити ємності сегментів ринку.

Крім поведінці сегментації ринку за групами споживачів, можна проводити сегментацію ринку по продукту. При цьому аналізуються також параметри того чи іншого виробу, які можуть бути привабливі для споживача і наскільки наші конкуренти подбали про це. Сегментація ринку по продукту має особливо важливе значення при висуванні нового товару на ринку. Необхідно визначити наступні фактори:

- для яких груп споживачів призначена виріб;
- для яких цілей воно використовується;
- які параметри виробу мають ключові значення для підвищення його конкурентоспроможності.

Відносно Ан-178 можна відзначити, що сегментація за географічною ознакою виглядає наступним чином:

- ЄС – 35 %;
- Україна – 8 %;

- Прибалтика – 5 %;
- Кавказький регіон – 9 %;
- Середня Азія – 4 %;
- Далеке зарубіжжя – 38 %.

Відносно зовнішнього ринку стратегія маркетингу двоякого роду. У тих країнах, в яких були налагоджені відносини раніше, підприємство укладає договори напряму, а на знову освоєваних ринках доцільно і скористатися послугами добре зарекомендували себе посередників.

### **Висновки по розділу 3**

В результаті проведених розрахунків визначено основні техніко-економічні показники цеху складання центроплану транспортного літака, визначено точка беззбитковості виробництва центроплану транспортного літака, розроблено стратегія маркетингу літака Ан-178.

## **4 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ**

## Загальні положення

Розрахунок виконано згідно до методики галузевого стандарту [5].

Розрахунок точності геометричних параметрів Скл.Од. проводиться з використанням теорії розмірних ланцюгів відповідно:

- з методичними вказівками РД 50-635-87;
- обраним методом складання;
- схемою складання Скл.Од.;
- обраним методом ув'язування геометричних параметрів та забезпечення взаємозамінності деталей та підзбірок;
- конструкцією складального оснащення.

Для розрахунку точності геометричних параметрів Скл.Од. вирішуються пряме і зворотне завдання.

1. У разі вирішення прямого завдання визначаються необхідні (допустимі) значення номінальних розмірів, допусків, координат середин полів допусків та граничних відхилень всіх складових ланок, виходячи із встановлених ТУ вимог до геометричної точності замикаючої ланки.

Проведення розрахунків має на меті обґрунтувати вибір методу складання та визначити вимоги до точності виготовлення деталей та підзбірок з умови забезпечення точності Скл.Од.

2. У разі вирішення зворотної задачі проводиться розрахунок геометричної точності замикаючої ланки, виходячи із заданих значень номінальних розмірів, допусків, координат середин полів допусків, граничних відхилень складових ланок.

За результатами розрахунків перевіряється можливість використання методу складання Скл.Од., а у разі призначення методу складання – правильність вибору методу ув'язування, послідовності складання, схеми базування, конструкції складального оснащення.

Для складання Скл.Од. планера літака застосовуються такі умови досягнення необхідної точності геометричних параметрів: умова повної взаємозамінності та умова неповної взаємозамінності.

Розрахунок розмірних ланцюгів провадиться з використанням наступних методик:

а) методики максимуму-мінімуму, що враховує лише граничні відхилення складових ланок – за умови повної взаємозамінності;

б) імовірнісної методики, що враховує явище розсіювання та ймовірність різних поєднань відхилень складових ланок розмірного ланцюга – за умови неповної взаємозамінності.

Для розрахунків точності з використанням умов повної та неповної взаємозамінності застосовуються такі варіанти призначення допусків складових ланок:

а) однакові (рівні) допуски – допуск замикаючої ланки рівномірно розподіляється між складовими ланками розмірного ланцюга;

б) однакові (рівні) квалітети точності – попри всі складові ланки розмірної ланцюга призначаються допуски одного квалітету;

в) селективні допуски (варіант спроб чи пробних рішень) – допуски на вхідні ланки призначаються виходячи з конструктивних і технологічних чинників.

Розрахунок точності геометричних параметрів Скл.Од. виконується фахівцями підприємства-розробника на етапі розробки ДТМ на серійне виробництво відповідних Скл.Од.

Методика розрахунку точності геометричних параметрів типових Скл.Од., що збираються по отворах, наступна.

#### Методика розрахунку геометричних параметрів типових Скл.Од., що складаються по складальним отворах

Схема утворення відхилення дійсного положення контуру від теоретичного для Скл.Од., що виходить на обвід літака (класифікаційні групи III-IX [5]), при складанні по складальним отворах (далі – СО) представлена на рисунку 4.1.

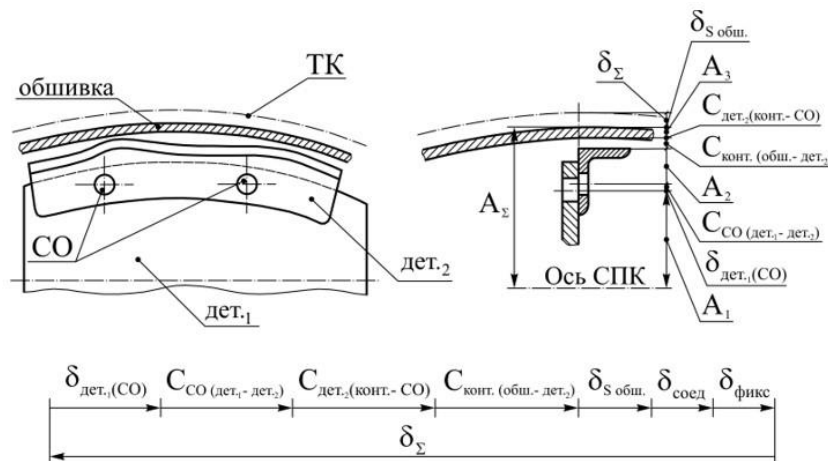


Рисунок 4.1 – Схема утворення відхилення дійсного положення контуру від теоретичного для Скл.Од. класифікаційних груп III-IX

Складовими ланками основного розмірного ланцюга будуть: відстань між віссю будівельної площини крила (далі – БПК) літака і віссю в деталі 1 ( $A_1$ ), відстань між контуром деталі 2 і віссю в цій деталі ( $A_2$ ), товщина обшивки  $S$  ( $A_3$ ).

Величина відхилення дійсного положення контуру від теоретичного дорівнює похибки замикаючої ланки  $A_\Sigma$  основного розмірного ланцюга, що визначається за формулою:

$$\delta_\Sigma = \delta_{\text{дет.1(СО)}} + C_{\text{СО(дет.1-дет.2)}} + C_{\text{дет.2(конт.-СО)}} + C_{\text{конт.(обш.-дет.2)}} C_\phi + \delta_{S \text{ обш}} + \delta_{\text{соед}} + \delta_{\text{фикс}}, \quad (4.1)$$

де  $\delta_{\text{дет.1(СО)}}$  – похибка розміру  $A_1$  при отриманні СО в деталі 1;

$C_{\text{СО(дет.1-дет.2)}}$  – похибка розміру  $A_2$ , що виникає за рахунок неточності суміщення осей СО деталі 1 і деталі 2;

$C_{\text{дет.2(конт.-СО)}}$  – похибка розміру  $A_2$ , що виникає за рахунок неточності виготовлення контуру встановлюваної деталі 2 щодо її СО;

$C_{\text{конт.(обш.-дет.2)}}$  – похибка, що виникає за рахунок неточності збігу контурів в деталі 2 та обшивці;

$C_\phi$  – коефіцієнт фіксації, що враховує можливість пружної компенсації похибки базування обшивки за рахунок технологічних зусиль, що прикладаються за допомогою фіксаторів;

$\delta_{S \text{ обш}}$  – похибка товщини обшивки;

$\delta_{z' \text{ едн}}$  – похибка контуру Скл.Од., спричинена деформацією після виконання з'єднання, яка при складанні Скл.Од. класифікаційних груп III-V становить  $\delta_{z' \text{ едн}} = (0,3 \dots 0,4) \delta_\Sigma$ , а при складанні Скл.Од. класифікаційних груп VI-IX –  $\delta_{z' \text{ едн}} = (0,1 \dots 0,2) \delta_\Sigma$ ;

Коефіцієнт фіксації при складанні СО, якій визначається за формулою:

$$C_\phi = 1,5 \cdot \left( \frac{L}{L_\phi} \right)^{-1,05}, \quad (4.2)$$

де  $L$  – максимальний габаритний розмір Скл.Од.;

$L_\phi$  – відстань між фіксаторами.

### **Методика розрахунку геометричних параметрів типових Скл.Од., що складаються за базовими отворами**

Схема утворення відхилення дійсного положення контуру від теоретичного для Скл.Од., що складається за базовими отворами (далі – БО), представлена на рисунку 4.2.

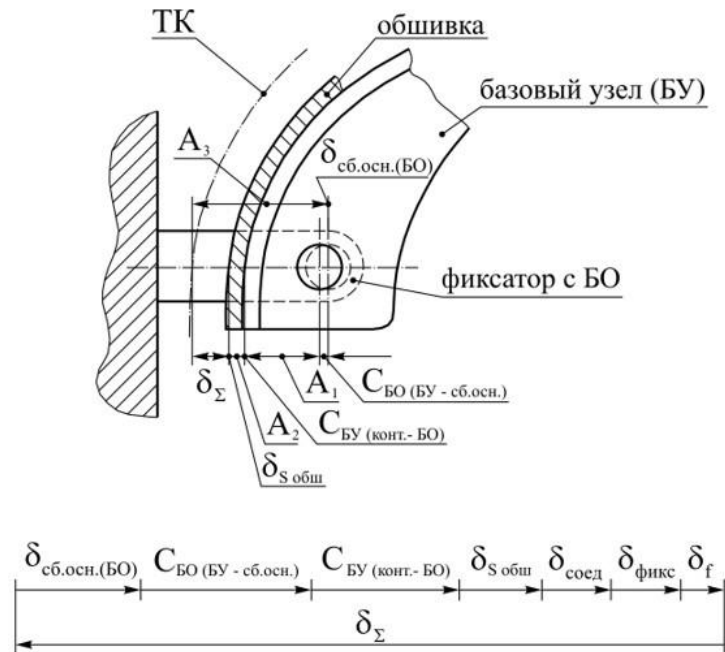


Рисунок 4.2 – Схема утворення відхилення дійсного положення контуру від теоретичного для Скл.Од. при складанні за БО

Складовими ланками основного розмірного ланцюга будуть: відстань між віссю БО у базовому вузлу та контуром базової поверхні ( $A_1$ ), товщина обшивки  $S$  ( $A_2$ ), відстань між віссю БО у фіксаторі складального оснащення та ТК ( $A_3$ ).

Величина відхилення дійсного положення контуру від теоретичного дорівнює похибці замикаючої ланки основного розмірного ланцюга, що визначається за формулою:

$$\delta_{\Sigma} = \delta_{\text{скл.осн. (БО)}} + C_{\text{БО (БУ-скл.осн)}} + C_{\text{БУ (конт.- БО)}} + \delta_{\text{з'єдн}} + \delta_{\text{фікс}} + \delta_{S \text{ общ}} + \delta_f \quad (4.3)$$

де  $\delta_{\text{скл.осн. (БО)}}$  – похибка розміру  $A_3$ , що виникає при встановленні фіксатора з БО в каркасі складального оснащення;

$C_{\text{БО(БУ-скл.осн)}}$  – похибка, що виникає за рахунок неточності суміщення осей БО в базовому вузлу та фіксаторі складального оснащення;

$C_{\text{БУ(конт.-БО)}}$  – похибка розміру  $A_1$ , викликана неточністю виготовлення контуру базового вузла щодо БО;

$\delta_f$  – похибка, викликана прогином Скл.Од. від власної ваги та технологічних навантажень, що визначається в результаті оцінки жорсткості каркаса складальної оснастки. Максимальний прогин відповідно до РТМ-1223.



## Порядок проведення розрахунку точності геометричних параметрів Скл.Од., що складаються за отворами

Вихідними даними для розрахунку точності геометричних параметрів Скл.Од., що складаються за отворами, є:

- ЕМД, ЕМ складання, креслення деталей та Скл.Од., виконані на електронних або паперових носіях;
- величини граничних відхилень форм та розмірів Скл.Од., які встановлені в ТУ;
- схеми складання Скл.Од.;
- ЕМ, ескізи або робочі креслення технологічного оснащення, виконані на електронних чи паперових носіях;
- схеми ув'язування геометричних параметрів базових поверхонь технологічного оснащення, деталей та підзбірок планера;
- статистичні дані щодо похибок перенесення розмірів та усереднених значень коефіцієнтів відносної асиметрії  $\alpha_i$  та коефіцієнтів відносного розсіювання  $\lambda_i$ , що характеризують відповідні етапи ТП виготовлення деталей та технологічного оснащення (Додаток В [5]).

Порядок проведення розрахунку точності геометричних параметрів деталей і підзбірок, що входять до Скл.Од., виходячи із встановлених у ТУ вимог до точності геометричних параметрів Скл.Од. (пряме завдання) наступний:

- 1) визначення номінального розміру, координати середини поля допуску  $\Delta_{o\Delta}$ , допуску  $\delta_{\Delta}$  (або граничних відхилень  $\Delta_{в\Delta}$  і  $\Delta_{н\Delta}$ ) геометричних параметрів Скл.Од., виходячи з вимог ТУ;
- 2) складання на основі розроблених ЕМ складання, ЕМ технологічного оснащення, електронних креслень ескізів перерізів Скл.Од., вибраних для розрахунку точності, або суміщених ескізів перерізів Скл.Од. та складального оснащення спрощеної конструкції за умови використання останньої;
- 3) складання схеми основного розмірного ланцюга для кожного перерізу;
- 4) складання загального рівняння основного розмірного ланцюга;
- 5) складання ескізів перерізів, схем похідних розмірних ланцюгів та їх рівнянь на окремі етапи виготовлення деталей та Скл.Од. планера літака та ЗТО;
- 6) вибір методу виготовлення деталей та Скл.Од. планера літака та ЗТО, виходячи з наявного на підприємстві-виробнику технологічного обладнання та економічної доцільності його використання в даних виробничих умовах, з урахуванням середньої величини допуску;
- 7) розрахунок допусків  $\delta_i$  координат середин полів допусків  $\Delta_{o_i}$  та граничних відхилень  $\Delta_{в_i}$  і  $\Delta_{н_i}$  складових ланок:

а) за умови повної взаємозамінності:

- визначення, виходячи з техніко-економічних міркувань, допуску кожної зі складових ланок  $\delta_i$ ;
- перевірка правильності встановлених допусків розв'язанням зворотного завдання;
- визначення координат середин полів допусків складових ланок  $\Delta_{O_i}$ ,  
За винятком одного, для якого координату середини поля допуску слід розраховувати рішенням рівняння з одним невідомим;
- розрахунок верхніх та нижніх граничних відхилень  $\Delta_{V_i}$  і  $\Delta_{H_i}$  складових ланок;

б) за умови неповної взаємозамінності:

- визначення, виходячи з техніко-економічних міркувань, допустимого відсотка ризику  $P$ ;
- вибір передбачуваного закону розподілу допуску кожної з ланок, виходячи з особливостей ТП обробки даної деталі та відповідних їм усереднених значень коефіцієнтів відносної асиметрії  $\alpha_i$  та коефіцієнтів відносного розсіювання  $\lambda_i$ ;
- визначення, виходячи з техніко-економічних міркувань, допуску  $\delta_i$  кожної зі складових ланок;
- перевірка правильності встановлених допусків розв'язанням зворотного завдання;
- визначення координат середин полів допусків складових ланок  $\Delta_{O_i}$ ,  
За винятком одного, для якого координата середини поля допуску розраховується рішенням рівняння з одним невідомим;
- розрахунок верхніх та нижніх граничних відхилень  $\Delta_{V_i}$  і  $\Delta_{H_i}$  складових ланок.

Перетини Скл.Од. для розрахунку точності геометричних параметрів задаються підприємством-розробником та вказуються у конструкторській документації.

Обов'язковим є проведення розрахунків точності геометричних параметрів для перерізів по стиках та роз'ємах Скл.Од. В інших місцях – на розсуд підприємства-розробника.

Порядок проведення розрахунку точності геометричних параметрів Скл.Од., виходячи із заданих значень точності геометричних параметрів деталей, що входять до Скл.Од., та підзірок (зворотне завдання) наступний:

1) складання на основі розроблених ЕМ складання, ЕМ технологічного оснащення, електронних креслень ескізів перерізів Скл.Од., обраних для

розрахунку точності, або суміщених ескізів перерізів Скл.Од. та складального оснащення спрощеної конструкції при використанні останньої;

- 2) складання схеми основного розмірного ланцюга для кожного перерізу;
- 3) складання загального рівняння основного розмірного ланцюга;
- 4) складання ескізів перерізів, схем похідних розмірних ланцюгів та їх рівнянь на окремі етапи виготовлення деталей і підбірок планера та ЗТО;

5) призначення величин допусків  $\delta_i$  складових ланок розмірних ланцюгів, виходячи з параметрів точності вибраних методів виготовлення та технологічного обладнання;

7) визначення координат середин полів допусків  $\Delta_{o_i}$  та половини величин допусків  $\delta_i/2$  складових ланок розмірних ланцюгів;

8) визначення розрахунковим шляхом за методикою, викладеною в РД 50-635-80, або вибір за довідковими таблицями (Додаток Г [5]) значень коефіцієнта відносної асиметрії  $\alpha_i$  та коефіцієнта відносного розсіювання  $\lambda_i$  похибок складових ланок розмірних ланцюгів;

9) розрахунок координати середини поля допуску  $\Delta_{o_\Delta}$  та половини величини допуску  $\delta_\Delta/2$  замикаючої ланки основного розмірного ланцюга за такими залежностями:

- при розрахунку за методом максимуму-мінімуму:

$$\Delta_{o_\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i \Delta_{o_i}, \quad (4.4)$$

$$\frac{\delta_\Delta}{2} = \sum_{i=1}^{m-1} |\xi_i| \cdot \frac{\delta_i}{2}, \quad (4.5)$$

- при розрахунку за імовірнісним методом:

$$\Delta_{o_\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i (\Delta_{o_i} + \alpha_i \frac{\delta_i}{2}), \quad (4.6)$$

$$\frac{\delta_\Delta}{2} = t_\Delta \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \xi_i^2 \cdot \lambda_i^2 \cdot \left(\frac{\delta_i}{2}\right)^2}, \quad (4.7)$$

де  $\xi_i$  – передатне відношення, що характеризує вплив даного етапу перенесення розміру на кінцеве значення розміру (розрізняють ланки, що збільшують, з  $\xi_i > 0$  і ланки, що зменшують, з  $\xi_i < 0$ ; для лінійних ланцюгів  $\xi_{збіл} = 1$  і  $\xi_{змени} = -1$ ;

$m - 1$  – кількість етапів перенесення розмірів ( $m$  – кількість носіїв розміру);

$t_\Delta$  – коефіцієнт ризику, що вибирається з таблиць значень функції Лапласа  $\Phi(t)$  залежно від прийнятої величини ризику  $P$  або за таблицею 4.1.

Таблиця 4.1 – Значення коефіцієнта ризику  $t_{\Delta}$ 

Ризик $P$ , %	32,00	10,00	4,50	1,00	0,27	0,10	0,01
Коефіцієнт ризику $t_{\Delta}$	1,00	1,65	2,00	2,57	3,00	3,29	3,89

10) розрахунок очікуваних граничних відхилень замикаючої ланки основного розмірного ланцюга здійснюється за формулами

$$\Delta_{в\Delta} = \Delta_{о\Delta} + \frac{\delta_{\Delta}}{2}, \Delta_{н\Delta} = \Delta_{о\Delta} - \frac{\delta_{\Delta}}{2}, \quad (4.8)$$

де  $\Delta_{в\Delta}$  і  $\Delta_{н\Delta}$  – верхнє та нижнє граничні відхилення замикаючої ланки.

11) порівняння отриманих розрахунковим шляхом значень граничних відхилень замикаючої ланки із заданими за кресленням або в ТУ допусками на Скл.Од. При цьому має виконуватися така нерівність:

$$(\Delta_{о\Delta})_{розр} \leq [\Delta_{о\Delta}]_{ТУ}. \quad (4.9)$$

12) якщо нерівність (4.9) виконується, то складання Скл.Од. по отворах здійсненна з необхідною точністю при вибраних методах виготовлення деталей і Скл.Од., конструкції складального оснащення, схемах ув'язування.

Якщо нерівність (4.9) не виконується, слід зробити коригування вибраних методів виготовлення деталей та Скл.Од., конструкції складального оснащення, схем ув'язування з подальшим проведенням розрахунку точності геометричних параметрів Скл.Од. у порядку, передбаченому цим пунктом.

### **Розрахунок точності зовнішнього контуру центроплану крила, який складається за отворами**

За ТУ на аеродинамічні граничні відхилення, форму і якість зовнішньої поверхні пасажирських дозвукових літаків допустимі граничні відхилення дійсного положення зовнішнього контуру центроплану від теоретичного складають  $[\Delta_{о\Delta \phi}] = \pm 1,0$  мм.

Для конструкції центроплану, що розглядається, і обраної технологічної послідовності складання кінцевий розмір зовнішнього контуру центроплану утворюється каркасом кесона центроплану.

Замикаючою ланкою  $B_{\Sigma}$  основний розмірний ланцюг (рисунок 4.3) буде відстань від точки на зовнішньому контурі центроплану до будівельної площини крила.

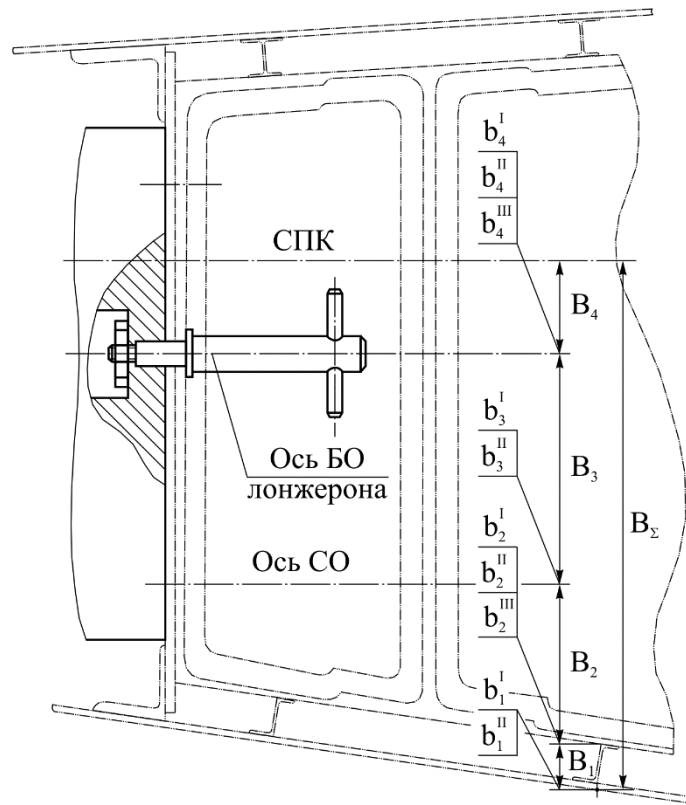


Рисунок 4.3 – Розмірний ланцюг, що визначає відхилення зовнішнього контуру центроплану під час складання по отворах

Складовими ланками основного розмірного ланцюга є: товщина панелі ( $B_1$ ); розмір між точкою зовнішнього контуру та віссю СО нервюри ( $B_2$ ); розмір між осями СО та БО в стінці лонжерону ( $B_3$ ); розмір між вісь фіксатора БО та СПК ( $B_4$ ).

Похибки, що відносяться до центроплану і до ланок розмірного ланцюга, будуть рівні:

$\delta_{з'єдн}$  – похибка зовнішнього контуру панелі, що виникає внаслідок деформації деталей після виконання клепок ( $\delta_{з'єдн} = 0,4 \delta_{\Sigma}$ );

$b_1^I$  – похибка товщини листа обшивки, що виникає при його виготовленні ( $b_1^I = -0,24$  мм);

$b_1^{II}$  – похибка виготовлення стрингерів ( $b_1^{II} = \pm 0,15$  мм);

$b_2^I$  – похибка виготовлення зовнішнього контуру нервюри ( $b_2^I = \pm 0,15$  мм);

$b_2^{II}$  – похибка взаємного ув'язування зовнішнього контуру і СО в нервюрі ( $b_2^{II} = \pm 0,16$  мм), що визначається за схемою ув'язування (рисунок 4.2);

$b_2^{III}$  – похибка розміру  $B_2$ , викликана зазором між СО та технологічним болтом ( $b_2^{III} = \pm 0,12$  мм);

$b_3^I$  – похибка взаємного ув'язування СО і БО в стінці лонжерону ( $b_3^I = \pm 0,07$  мм), що визначається за схемою ув'язування (рисунок 4.3);

$b_3^{\text{II}}$  – похибка взаємного ув'язування СО в лонжероні та нервюрі ( $b_3^{\text{II}} = \pm 0,07$  мм), що визначається за схемою ув'язування (рисунок 4.4);  
 $b_4^{\text{I}}$  – похибка виготовлення фіксатора БО ( $b_4^{\text{I}} = \pm 0,05$  мм);  
 $b_4^{\text{II}}$  – похибка, що виникає при монтажі фіксатора БО ( $b_4^{\text{II}} = \pm 0,1$  мм);  
 $b_4^{\text{III}}$  – похибка, викликана зазором між БО у фіксаторі стапеля і штирьовим фіксатором ( $b_4^{\text{III}} = \pm 0,03$  мм).

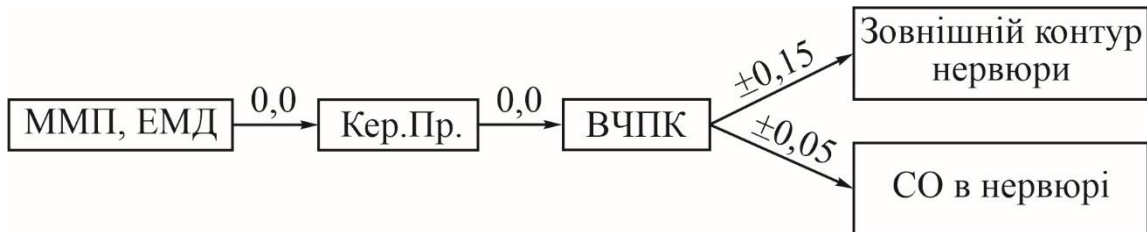


Рисунок 4.4 – Схема ув'язування зовнішнього контуру та СО в нервюрі

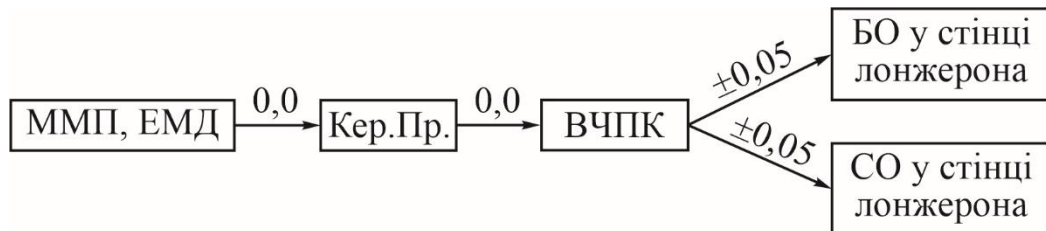


Рисунок 4.5 – Схема ув'язування СО та БО у стінці лонжерону

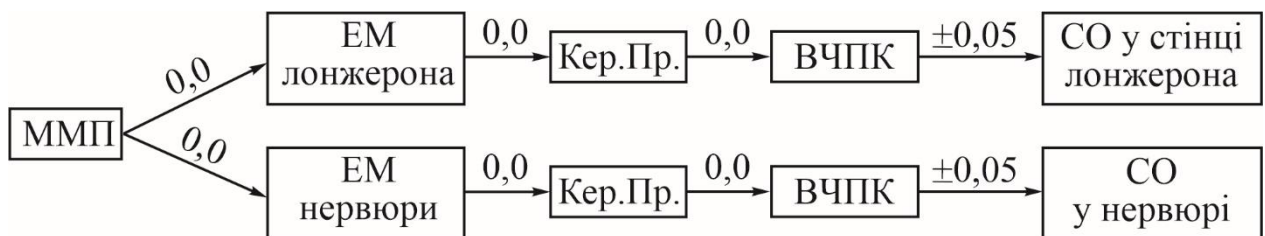


Рисунок 4.6 – Схема ув'язування СО у лонжероні та нервюрі

Рівняння похибок, що визначають відхилення зовнішнього контуру ОЧК при складанні по отворах, матиме такий вигляд:

$$\delta_{\Sigma} = \delta_{з'єдн} + b_1^{\text{I}} + b_1^{\text{II}} + b_2^{\text{I}} + b_2^{\text{II}} + b_2^{\text{III}} + b_3^{\text{I}} + b_3^{\text{II}} + b_4^{\text{I}} + b_4^{\text{II}} + b_4^{\text{III}}. \quad (4.10)$$

Дані, необхідні розрахунку граничних відхилень зовнішнього контуру ОЧК, наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.2 – Дані для розрахунку граничних відхилень зовнішнього контуру центроплану

Ланка	$\Delta_{B_i}$	$\Delta_{H_i}$	$\Delta_{O_i}$	$\frac{\delta_i}{2}$	$\left(\frac{\delta_i}{2}\right)^2$	$\xi_i$	$\alpha_i$	$\lambda_i$	$\lambda_i^2$	$\lambda_i \cdot \frac{\delta_i}{2}$	$\xi_i^2 \cdot \lambda_i^2 \cdot \left(\frac{\delta_i}{2}\right)^2$
$b_1^I$	0	-0,24	-0,12	0,12	0,0144	+1	0	1,0	1,0	0,12	0,0144
$b_1^{II}$	+0,15	-0,15	0	0,15	0,0225	+1	0	1,0	1,0	0,15	0,0225
$b_2^I$	+0,15	-0,15	0	0,15	0,0225	+1	0	1,0	1,0	0,15	0,0225
$b_2^{II}$	+0,16	-0,16	0	0,16	0,025	+1	0	1,0	1,0	0,2	0,025
$b_2^{III}$	+0,12	-0,12	0	0,12	0,0144	+1	0	1,0	1,0	0,12	0,0144
	+0,07	-0,07	0	0,07	0,0049	+1	0	1,0	1,0	0,1	0,0049
$b_3^{II}$	+0,07	-0,07	0	0,07	0,0049	+1	0	1,0	1,0	0,1	0,0049
$b_4^I$	+0,05	-0,05	0	0,05	0,0025	+1	0	1,0	1,0	0,05	0,0025
$b_4^{II}$	+0,1	-0,1	0	0,1	0,01	+1	0	1,0	1,0	0,1	0,01
$b_4^{III}$	+0,03	-0,03	0	0,03	0,0009	+1	0	1,0	1,0	0,03	0,0009
$\delta_\Sigma$			-0,12								0,122

Координата середини поля допуску замикаючої ланки дорівнює

$$\Delta_{O_{\Delta \text{ц-н}}} = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i (\Delta_{O_i} + \alpha_i \frac{\delta_i}{2}) = -0,12 \text{ мм.}$$

Величина допуску замикаючої ланки з урахуванням того, що  $\delta_{з'єдн} = 0,4 \delta_\Sigma$ , дорівнює

$$\frac{\delta_{\Delta \text{ц-на}}}{2} = t_{\Delta} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \xi_i^2 \cdot \lambda_i^2 \cdot \left(\frac{\delta_i}{2}\right)^2} = 0,58 \text{ мм.}$$

Граничні відхилення зовнішнього обведення центроплану дорівнюватимуть:

$$\Delta_{B_{\Delta \text{ц-н}}} = \Delta_{O_{\Delta \text{ц-н}}} + \frac{\delta_{\Delta \text{ц-н}}}{2} = 0,46 \text{ мм; } \Delta_{H_{\Delta \text{ц-н}}} = \Delta_{O_{\Delta \text{ц-н}}} - \frac{\delta_{\Delta \text{ц-н}}}{2} = -0,7 \text{ мм.}$$

#### Висновки по розділу 4

Очікувана (розрахункова) геометрична точність дійсного становища зовнішнього контуру центроплану не перевищує у значеннях допуску на зовнішній контур, тобто складання центроплану крила за отворами забезпечує задану геометричну точність.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гордість Антонова: Ан-178 – вантажний перевізник [електронний ресурс] // <https://www.slovoidilo.ua/2016/10/05/infografika/ekonomika/hordist-antonova-an-178-vantazhnyj-pereviznyk> (дата звернення: 30.11.2023).
2. Украинский «Антонов» получил шанс обогнать мирового лидера военно-транспортной авиации Lockheed Martin [електронний ресурс] // <https://root-nation.com/ru/news/it-news/antonov-an-178/> (дата звернення: 30.11.2023).
3. Рябченко В.М. Розрахунок навантажень на літальний апарат: навч. посіб. / В. М. Рябченко, А. О. Кирпикін – Х.: Харківський авіаційний інститут, 2009. – 55 с.
4. Розрахунок на міцність крила великого подовження: навчальний посібник / Л. А. Евсеев. – Х.: Харківський авіаційний інститут, 1985 – 106 с.
5. Технология сборки узлов и агрегатов планера самолета с использованием отверстий в качестве сборочных баз : СОУ МПП 49.035-90:2007 / Г. А. Кривов, В. А. Матвиенко, Ю. А. Воробьев – Киев, 2007 – 156 с.
6. Основы технологической подготовки производства в авиастроении : учеб. пособие по диплом. проектированию / В. Е. Зайцев, Ю. М. Букин, Ю. А. Воробьев, А. П. Мельничук. – Харьков : ХАИ, 2012. – 184 с.
7. Технология производства самолетов и вертолетов : учеб. пособие по курсовому и диплом. проектированию. Раздел «Сборочно-монтажные работы». Ч. 1 / В. С. Кривцов, Ю. М. Букин, Ю. А. Боборыкин, Ю. А. Воробьев. – Харьков : ХАИ, 2006. – 258 с.
8. Технология производства самолетов и вертолетов : учеб. пособие по курсовому и диплом. проектированию. Раздел «Сборочно-монтажные работы». Ч. 2 / В. С. Кривцов, Ю. М. Букин, Ю. А. Боборыкин, Ю. А. Воробьев. – Харьков : ХАИ, 2006. – 221 с.
9. Технология производства летательных аппаратов (курсовое проектирование. Учеб. пособие по курсовому и дипломному проектированию / Под общ. ред. В. Г. Кононенко – Киев: Вища школа, 1974. – 224 с.
10. Набатов А. С. Проектирования технологических процессов в производстве летательных аппаратов и двигателей. – Харьков: ХАИ, 1987.– 96 с.
11. Глебов Т. Н., Щербина В. А., Шестаков Г. А. Технологическое проектирование цехов. Учебное пособие. – Харьков: ХАИ, 1985.– 93 с.
12. Константинов Ю. С. Техничко-економическое проектирование цехов. Учебное пособие.– Харьков: ХАИ, 1988.– 67 с.
13. Гавва В. Н., Голованова М. А. Экономическая оценка инженерных решений: Учеб. пособие. – Харьков: Гос. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 1999.– 135 с.
14. Тарифи на електроенергію в 2023 році [електронний ресурс] // <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/electric/> (дата звернення: 27.12.2023).



15. Воробйов, Ю. А. Правила оформлення навчальних і науково-дослідних документів [Текст] : навч. посіб. / Ю. А. Воробйов, Ю. О. Сисоєв. – 4-те вид., випр. і доп. - Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2019. – 88 с.

## **ДОДАТКИ**



Формат Зона Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
Перв. примен.						
				Документація		
Справ. №	A1	104.ДП.163.02.02.000 СБ		Складальне креслення		
Підп. і дата	1	104.ДП.163.02.02.001 СБ		Кріплення панелі верхньої до л-ну №1	1	
	2	104.ДП.163.02.02.002 СБ		Кріплення панелі нижньої до л-ну №1	1	
	3	104.ДП.163.02.02.003 СБ		Кріплення панелі верхньої до л-ну №2	1	
	4	104.ДП.163.02.02.004 СБ		Кріплення панелі нижньої до л-ну №2	1	
	5	104.ДП.163.02.02.005 СБ		Лонжерон №1	1	
	6	104.ДП.163.02.02.006 СБ		Лонжерон №2	1	
	7	104.ДП.163.02.02.007 СБ		Панель верхня	1	
	8	104.ДП.163.02.02.008 СБ		Панель нижня	1	
	9	104.ДП.163.02.02.009 СБ		Нервюра №0	1	
	10	104.ДП.163.02.02.010 СБ		Нервюра №1 (права)	1	
Інв. № додл.	11	104.ДП.163.02.02.011 СБ		Нервюра №1 (ліва)	1	
	12	104.ДП.163.02.02.012 СБ		Нервюра №2 (права)	1	
	13	104.ДП.163.02.02.013 СБ		Нервюра №2 (ліва)	1	
Взам. інв. №						
Підп. і дата						
Підп. і дата	14	104.ДП.163.02.02.014		Прокладка	2	
	15	104.ДП.163.02.02.015		Прокладка	2	
Інв. № подл.	104.ДП.163.02.02.000 СБ					
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
	Разраб.		Горбань В.П.			
	Пров.		Застела О.М.			
	И.контр.					
Утв.						
Центроплан		(складальне креслення)		Лист	Лист	Листов
						1
				ХАІ, 163 гр.		













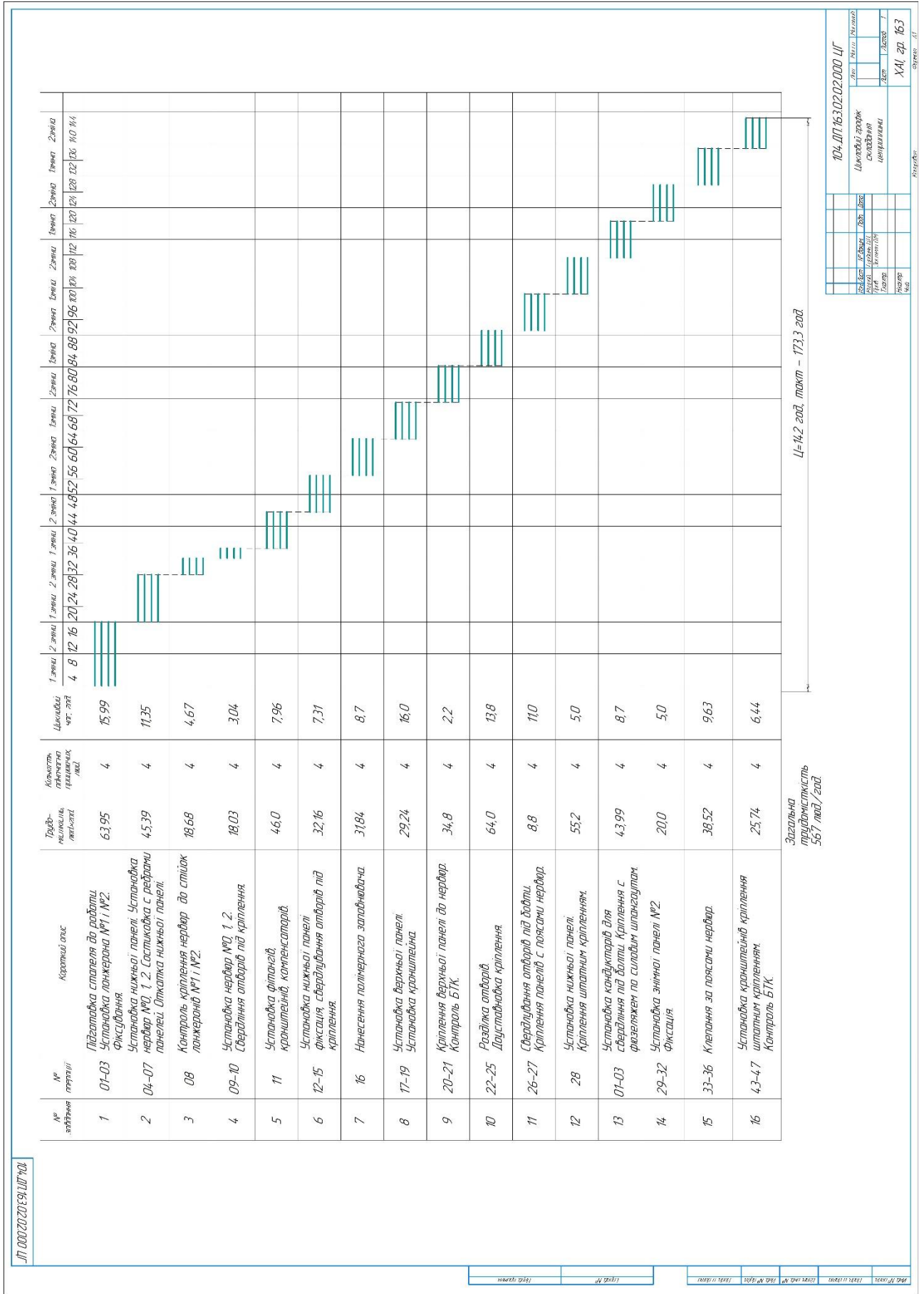
Виріб Транспортний літак	Технологічний процес на складання центроплана крила	Найменування агрегату, вузла		Позначення	
		Центроплан	Устаткування, оснащення, інструмент	T <sub>пр</sub>	Примітки
	Зміст	Позначення РТМ, ТУ, ТП			
01	Встановити елементи стапеля в робоче положення		стапель	30	
02	Встановити в стапель лонжерони 1 і 2 на опори, фіксувати по стиком отворам		стапель	339	
03.	Встановити на ложементи стапеля перший лонжерон			339	
04	Навісити секції нижніх панелей підкотити до лонжеронів. Фіксувати		стапель	600	
05.	Одна за одною встановити нервюри № 0, 1, 2 між лонжеронами, стікувати с ребрами панелей			408	
06	Розфіксувати, зняти технологічне кріплення		СМ-21-9-300 свердло Ø5 мм	86,84	
07.	Виконати кріплення нервюр до стійок 1 і 2 лонжеронів			48,3	
08.	Свердлувати отвори під кріплення верхньої панелі с лонжеронами 1 та 2			53,1	
09.	Встановити фітинги, кронштейни, компенсатори, кінці по нервюрам 0, 1, 2 та лонжеронам		СМ-21-9-300 свердло Ø5 мм	36,9	
10.	Розфіксувати по стиковим отворам		зенкер	7,6	
11.	Свердлити отвори під кріплення нижньої панелі			26,3	
12.	Встановити профілі лівий та правий зі сторони ТК			68.5	
13.	Контроль БТК	ПШ 249-2000 ТП 36-21-89		96,2	
14.	Встановити в стапель нижню панель, кріпити технічними гвинтами.	ПШ 249-2000	ПШБН-2.2 КМП-14	106	
15.	Встановити в стапель верхню панель, кріпити технічними гвинтами.	ТП 36-21-89	ПШБН-2.2 КМП-14	162	
				Лист 2	Листів 3



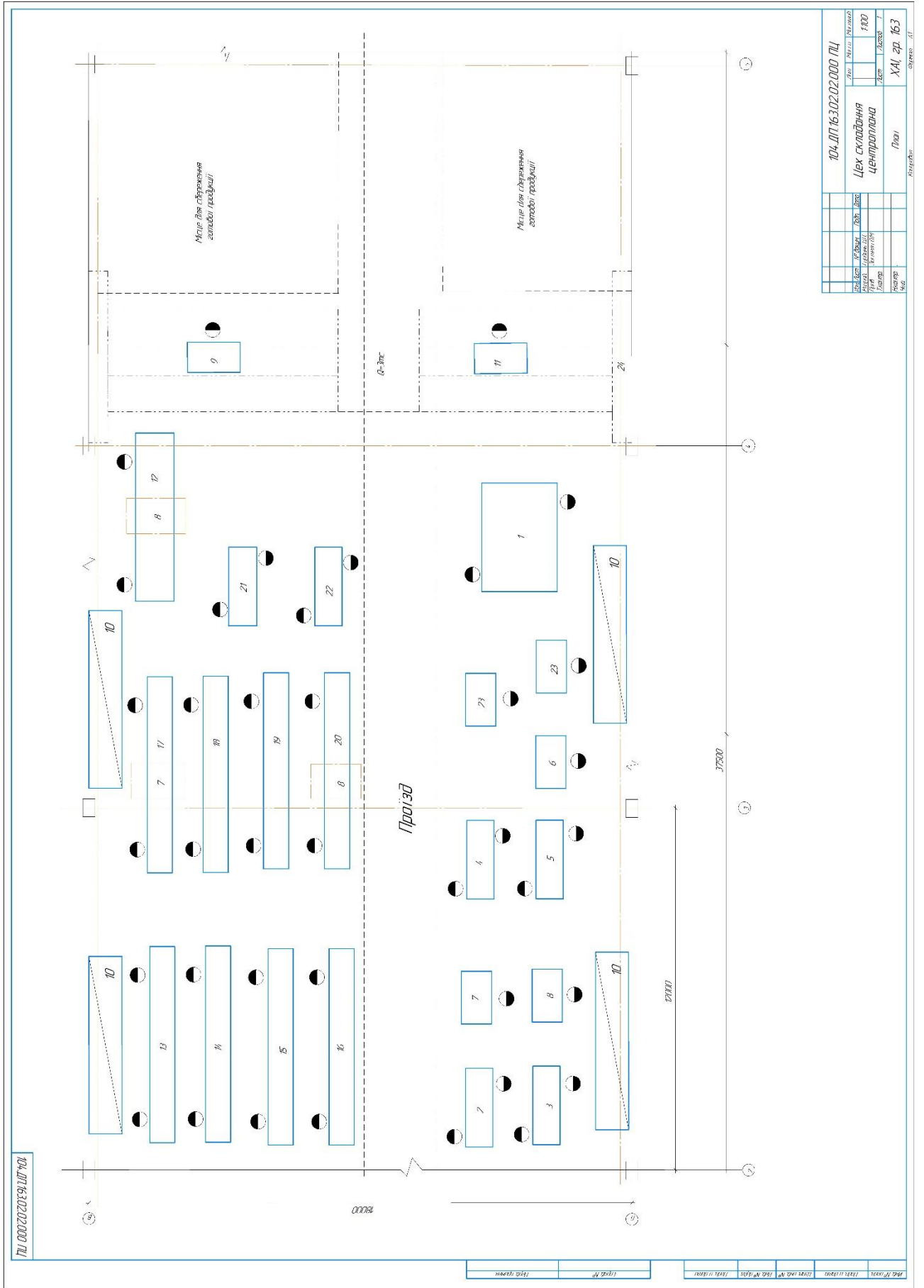




Додаток Ж – Циклової графік складання центроплану крила



Додаток 3 – Планування цеху складання центроплану





Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.		
							Справ. №	Подп. и дата	
				Документація					
			104.ДП.163.02.02.000ПЦ	Компоновочна схема					
				Позиції					
		1		Стелаж с деталями	3				
		2		Приспособування складання нервюри	1				
		3		Внестапельне робоче місце	2				
		4		Верстак с інструментами	2				
		5		Пресс клепальний КП-503	2				
		6		Плита розміточна	1				
		7		Точило нождачне	3				
		8		Стелаж готових виробів	2				
		9		Пристрій скаладання л-на №1	2				
		10		Пристрій скаладання л-на №2	2				
		11		Внестапельне робоче місце	2				
		12		Свердлувальний верстат	3				
		13		Токароно-звинторізний верстат	1				
		14		Стелаж складаних вузлів	2				
		15		Стапель складання кесона	5				
		16		Внестапельне робоче місце	2				
		17		Стенд оброблення стикових отворів	3				
		18		Стелаж готових виробів	2				
		19		Стенд контування	2				
		20		Фрезерувальний верстат	1				
			104.ДП.163.02.02.000 ПЦ						
			Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
			Разр.д.		Горбань В.П.				
			Проб.		Застела О.М.				
			Н.контр.						
			Утв.						
			Цех складання центроплана			Лит.	Лист	Листов	
								1	
						ХАІ, гр. 163			