

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 дипломного проекту  
(тип кваліфікаційної роботи)

магістра  
(освітній ступінь)

на тему «Розробка технології та оснащення для складання кіля важкого транспортного літака»

ХАІ.104.163.21О.134.161022 ПЗ

Виконав: студент(ка) б курсу групи №163

Спеціальність

134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка  
(код та найменування)

Освітня програма

Технології виробництва літальних апаратів  
(найменування)

Пономаренко П.О.

(прізвище та ініціали студента (ки))

Керівник: Горлов О.К.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: Лисих М.О.

(прізвище та ініціали)

Харків – 2021

## Реферат

Розрахунково-пояснювальна записка містить:

Сторінок – 120, рисунків – 29, таблиць – 23, додатків – 7.

Темою даної дипломної роботи є «Розробка технології та оснащення для складання кіля важкого транспортного літака».

В конструкторському розділі дипломного проекту розроблена модифікація конструкції лонжерона.

В технологічному розділі розроблено варіант технології виготовлення кіля літака типу Ан-124 і складальної оснастки.

В економічному розділі проведені економічні розрахунки щодо визначення витрат на основні матеріали, покупні вироби і зворотні відходи. Розраховані витрати на заробітну плату працівників, витрати на управління цехом і техніко-економічні показники цеху.

В спеціальному розділі було розглянуто переваги гібридного лазерно-плазмового методу зварювання.

## Зміст

1. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ .....	6
1.1 Конструктивно-технологічний аналіз конструкції і шляхи її модернізації.....	7
1.2 Обґрунтування прийнятих рішень розрахунками .....	13
1.3 Складання технічних умов на виготовлення кіля.....	26
1.4 Аналіз технологічності об'єкта складання .....	27
Висновок .....	29
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	30
2.1 Аналіз існуючого виробництва, інженерні заходи щодо підвищення якості виробу й ефективності виробництва .....	31
2.2 Схема конструктивно-технологічного членування кіля .....	33
2.3 Схема складання кіля і маршрутний (укрупнений) технологічний процес складання. Обґрунтування методу складання та необхідної номенклатури складальних пристосувань для кіля і вхідних складальних одиниць.....	34
2.4 Розробка схеми ув'язування заготівельного і складального оснащення.....	37
2.4.1 Розрахунок точності складання .....	40
2.5 Розробка і нормування маршрутно-операційного технологічного процесу складання кіля літака типу Ан-124.....	44
2.6 Засоби ведення складального процесу .....	46
2.7 Розробка схеми базування частин кіля в стапелі загального складання .....	47
2.8 Розробка ТУ на проектування і конструкцію складального пристрою.....	49
2.9 Конструкція калібру фіксаторів вузлів навішування керма напрямку.....	52
2.10 Технічний проект обладнання для механізації процесу сборки.....	53
2.11 Уточнення типу виробництва .....	54
2.12 Вибрати організаційну форму збирання агрегату .....	56
2.13 Розробка циклового графіка складання кіля .....	56
2.14 Технологічні розрахунки цеху, обґрунтування структурного складу цеху	58
2.14.1 Розрахунок необхідної кількості робітників, кількості оснащення та обладнання .....	60
2.14.2 Розрахунок потрібних площ .....	66
2.14.3 Склад цеху.....	71
2.15 Розробка заходів щодо організації робочих місць, механізації й автоматизації робіт.....	72
2.16 Організаційна структура і система управління виробництвом у цеху .....	73

2.17 Система управління якості продукції .....	73
Висновки.....	75
<b>3.ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ .....</b>	<b>76</b>
3.1. Маркетингові дослідження ринку збуту продукції для визначення програми випуску виробів .....	77
3.1.1. Характеристика виробу як товару.....	77
3.1.2 Аналіз ринку.....	78
3.1.3 Маркетинг .....	79
3.2 Формування ринку попиту .....	80
3.3 Техніко-економічні показники цеху, що проектується.....	81
3.3.1 Розрахунок заробітної плати основних робітників .....	81
3.3.2 Розрахунок фондів заробітної плати допоміжних робітників.....	83
3.3.3 Заробітна плата інженерно-технічним робітникам .....	85
3.3.4 Визначення вартості основних фондів цеху та річних амортизаційних відрахувань .....	87
3.3.5 Розрахунок нормативів непрямих витрат на утримання обладнання та управління цехом підприємства .....	91
3.3.6 Розрахунок витрат на управління цехом .....	94
3.3.7 Розрахунки кошторису витрат на виробництво та визначення техніко-економічних показників цеху .....	96
3.3.8 Графік досягнення беззбитковості .....	100
Висновки .....	101
<b>СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>102</b>
Вступ.....	103
4.1 Гібридне лазерно-плазмове зварювання.....	104
4.2 Технологічні особливості лазерного зварювання.....	104
4.3 Технологічні особливості плазмового зварювання .....	106
4.4 Техніко-економічна ефективність лазерно-плазмового зварювання .....	114
Заключення.....	117
Список використаної літератури .....	118
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>120</b>

## Вступ

Темою даного дипломного проекту є розробка технології та оснащення для складання кіля важкого транспортного літака. Прототипом літака було обрано важкий військово-транспортний літак Ан-124 «Руслан» розроблений ОКБ ім. О.К. Антонова на початку 1980-х років.

Проект включає такі частини: конструкторська, технологічна, економічна та спеціальна.

В першому розділі представлено модифікацію конструкції кіля з метою підвищення ресурсу або зменшення маси. Але оскільки підвищення ресурсу вимагає проведення трудомістких розрахунків та випробувань, то модифікація буде виконана за рахунок зменшення маси.

В другому розділі представлена розробка технології виробництва кіля важкого транспортного літака. Розділ включає розробку і обґрунтування схеми конструктивно-технологічного членування, вибір схеми та методу складання та ув'язування, обґрунтування обраного методу складання розрахунками точності, розробку технологічного процесу для вхідної складальної одиниці, розробку схеми базування, та ТУ на проектування і конструкцію складального пристосування, оснастки другого порядку, складання циклового графіку, а також проектування цеху складання кіля.

Третій розділ передбачає розрахунок техніко-економічних показників цеху: розрахунок фонду зарплат працівників цеху, розрахунок вартості основних фондів цеху, розрахунок витрат на виробництво та визначення точки беззбитковості.

В спеціальній частині представлено гібридний лазерно-плазмовий спосіб зварювання. Наведені переваги та недоліки, а також його техніко-економічна ефективність в порівнянні з іншими методами зварювання.

# **1.КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ**

## 1.1 Конструктивно-технологічний аналіз конструкції і шляхи її модернізації

Прототипом для проектування кіля є літак типу Ан-124 (рис.1.1) - виконаний за звичайною для важких військово-транспортних літаків схемою високоплана зі стрілоподібним крилом порівняно великого подовження, одно-кільовим хвостовим оперенням і багатоколесним шасі, що забирається в польоті.

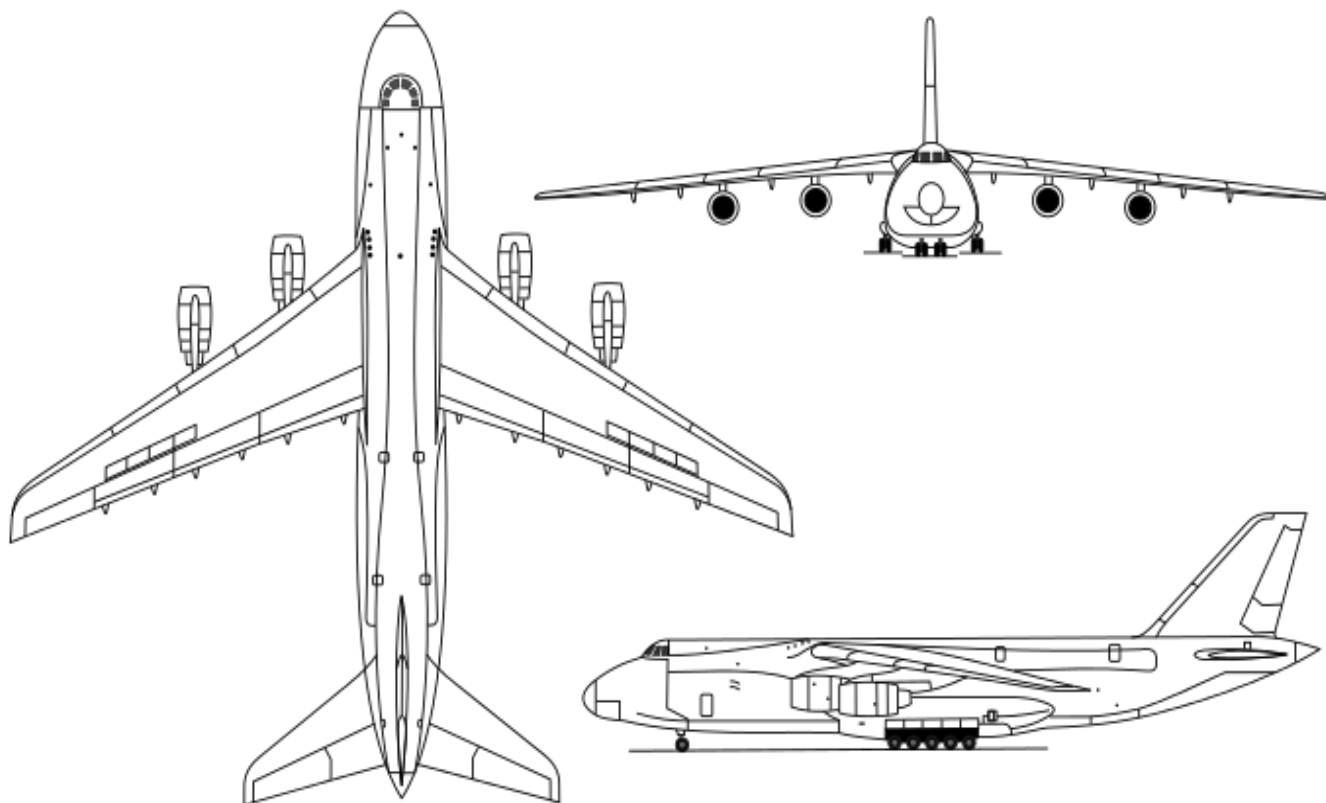


Рисунок 1.1 – Літак Ан-124

Кіль літака (рис. 1.2) - суцільнометалевий, має симетричний профіль. Складається з носової 32, кесонної 33 (міжлонжеронної) та хвостової частини 39, розділених переднім та заднім лонжеронами. Зверху встановлена закінцівка. На задньому лонжероні кіля навішений кермо напрямку. Кесон кіля утворений двома лонжеронами - переднім 21 і заднім 15, набором нервюр 18 і панелями. Лонжерони кіля складаються з двох поясів та стінки зі стійками. На задньому лонжероні між нервюрами №7-8 і 13-14 є нижній і верхній відсіки приводів, на яких кріпляться кермові приводи. Відсік приводів складається з кронштейнів, стінки зі стійками та

балками. По нервюрах № 5, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 16, 18 та 21 встановлені кронштейни навішування керма напрямку.[8]

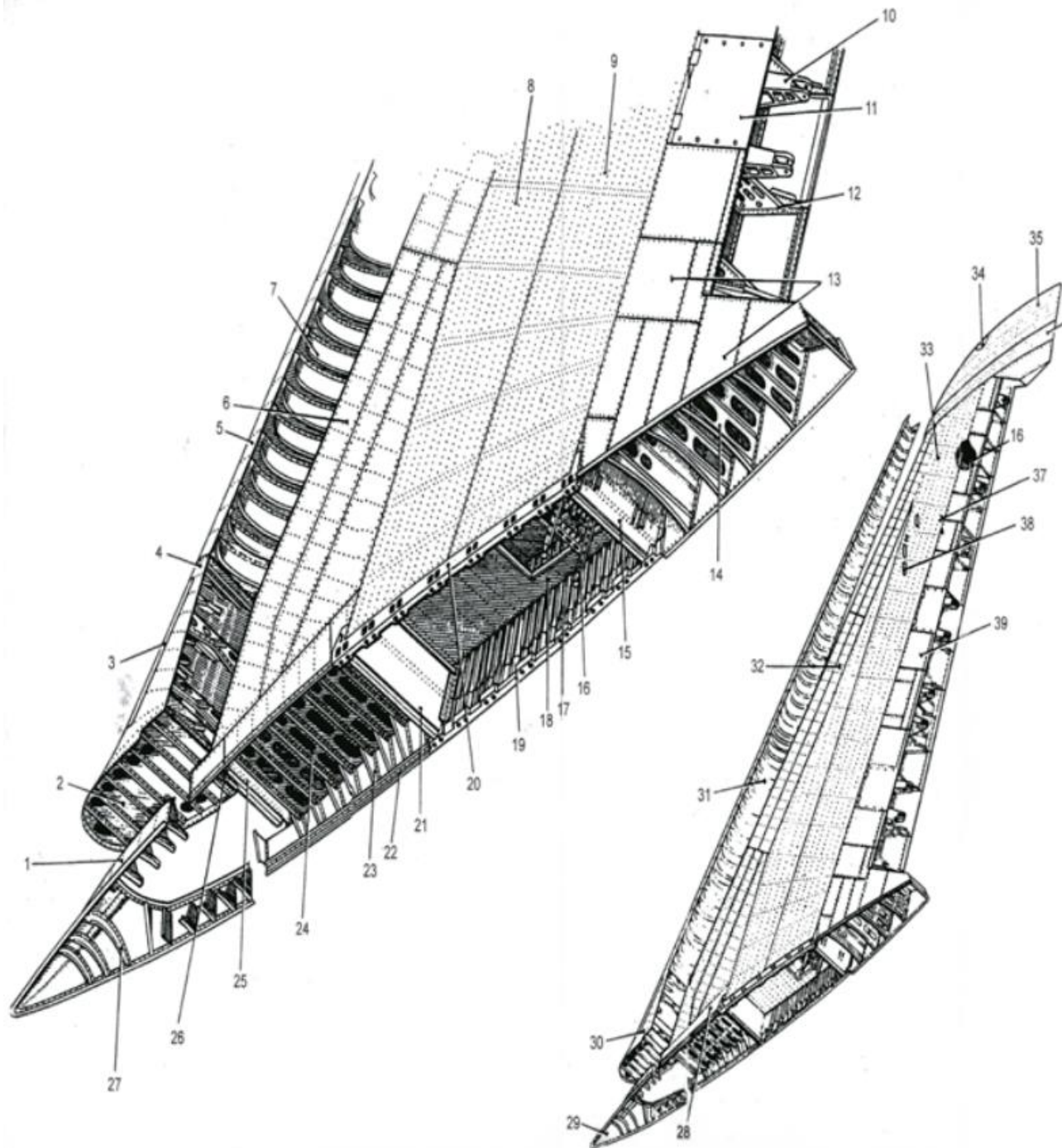


Рис. 1.2 – Конструкція кіля

Кронштейн 10 навіски керма напрямку складається з поясів, стінок зі стійками та двох щок.



Нервюри кіля складаються з поясів, стінки зі стійками і компенсаторів, через які нервюри кріпляться до панелей кіля. У стінці нервюр виконаний люк, через який проходять сходи 16, встановлені в кілі постійно та призначена для огляду внутрішнього каркасу кіля.[8]

По вузлах навішування керма напрямку встановлені силові нервюри, решта нервюр – типові, їх стінки мають отвори полегшення. Права та ліва панелі кіля складаються з хімфрезерованих обшивок та стрінгерів. На них є по три лючки, в які встановлені антени 38. До панелей кріпляться стикувальні профілі 19 і 22 для стикування з фюзеляжем.

Носова частина кіля кріпиться до переднього лонжерону і складається з передньої стінки 25, нервюр 24 та обшивок. Передня стінка складається з таврових поясів, стінки зі стійками та кронштейни. Стінка має відбиті отвори полегшення. На передній стінці встановлений кронштейн 26, виконаний у вигляді вилки, до якого кріпиться тандер, з'єднаний зі шпангоутом №98 фюзеляжу.

Нервюри 24 носку складаються з поясів та стінок зі стійками. У стінках виконані отвори полегшення. Обшивка склеєна з листів обшивки та підкладних листів або стрічок. До носової частини кіля кріпляться носок 30 радіовідсіку, знімний носок 31 і нижня частина 28 носку. [8]

Носок радіовідсіку встановлений між нервюрами №1-8 носку кіля і складається з діафрагм 2, обшивки 4, кришок 3 і балок по контуру кришок.

Діафрагми виконані з поясів та стінок зі склотканини та стійок.

Обшивки – з листів дуралюміну. Кришки (ліва і права) – трьох шарових конструкцій, виконані зі склотканини та скло-стільникового наповнювача.

Знімний носок складається з трьох секцій, а кожна секція – з діафрагм 7 та обшивки 5, склеєної з листів обшивки та підкладних листів. Діафрагми виконані з листів дуралюміну. Знімний носок кріпиться до носової частини болтами з анкерними гайками. [8]

Нижня частина носку кіля складається з діафрагм, стійок, поясів та обшивок. Діафрагми 23 виконані з листів дуралюміну. Обшивки склеєні з листів обшивок та підкладних стрічок. До пояса болтами з анкерними гайками кріпиться стрічка з гумовим профілем 22, що прилягає до обшивки фюзеляжу 19. У обшивці є люки, закриті кришками на болтах з анкерними гайками.

Хвостова частина кіля кріпиться до заднього лонжерону і складається з балок 14, діафрагм 12, панелей обшивок, відкидних 11 та знімних 13 панелей. У хвостовій частині розташовані кронштейни 10 навішування керма на правління та рульові приводи. Діафрагми виготовлені з листів дуралюміну. Відкидні та знімні панелі – тришарової конструкції, виконані з композиційних матеріалів з стільниковим заповнювачем.[8]

Відкидні панелі в закритому положенні фіксуються гвинтовими замками, у відкритому положенні – упорами. Закінцівка складається з діелектричної вставки 36 і антени 35. Вставка виконана зі скло-тканинної обшивки та діафрагм, пінопластових вкладишів. Антена складається з діелектричної вставки 34, обшивки, нервюри, діафрагм, стрінгерів і закінцівок.

Обшивка склеєна з листів обшивки та підкладних листів. Вставка виконана зі склотканини. До кесона кіля закінцівка кріпиться болтами з анкерними гайками. Заліз 29 кіля розташований на верхній частині фюзеляжу між шпангоутами № 93-97 і утворює схожий на вус обтічний профіль у носовій частині кіля. Конструкція заліза складається з діафрагм 27, обшивки 1, стикувальних стрічок і профілів. Заліз кріпиться заклепками до фюзеляжу. [8]

На базовій конструкції лонжерони мають конструкцію двотаврових балок із підкріпленою стінкою. Передній лонжерон виконаний із зламом по 5 нервюрі кіля. Злам лонжерону має недоліки як конструктивні, і технологічні.

З погляду конструкції злам силового елемента тягне у себе збільшення маси. Це відбувається через застосування накладок та перемичок, збільшених розмірів

товщин полиць та стінок в області стику. При цьому відбувається і збільшення кількості та розмірів кріпильних деталей, що теж збільшує масу.

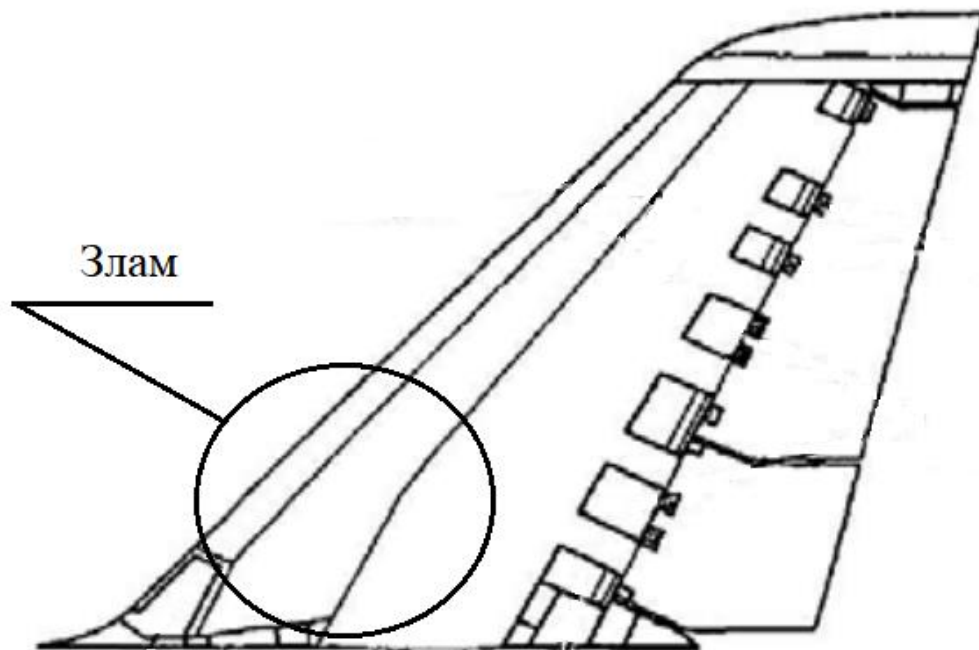


Рисунок 1.3 – Злам лонжерону

Так само при зламі елемента конструкції, що передає згинальний момент, відбувається поділ моменту на складові. В даному випадку момент розподіляється між кореневою частиною лонжерону і нервюрою, що підходить до місця зламу, як показано на рис. 1.4.

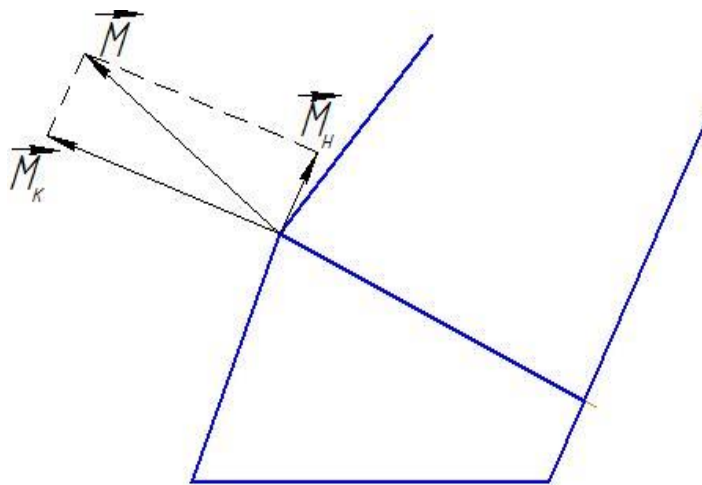


Рисунок 1.4 Розподіл моментів у зламі

$$\dot{M} = \dot{M}_K + \dot{M}_H \quad (1.1)$$

де:  $\vec{M}$  - згинальний момент лонжерону;

$\vec{M}_K$  - складова моменту у продовженні переднього лонжерону;

$\vec{M}_H$  - складова моменту, що сприймається нервюрою.

Як видно з малюнка, нервюра, що підходить до зламу, сприймає згинальний момент  $M_H$ , тому вона повинна бути посилена, що призведе до збільшення маси. Коренева частина лонжерона і нервюра в області зламу навантажені ще й додатковими обертаючими моментами. А це небажано для балок, що працюють на вигин та мають відкритий профіль.

З погляду технології злам лонжерону знижує технологічність конструкції. Це виявляється у підвищенні складності контурів та зовнішніх обводів агрегату. Ускладнюється конструкція складального пристосування лонжерону, або замість одного пристосування для складання з'явиться два: для складання кореневої та кінцевої частин лонжерону. Технологічність погіршиться і за рахунок збільшення кількості деталей: додаткові силові накладки на стінку та пояси лонжерону, посилення нервюри, зміни довжини та збільшення номенклатури кріпильних деталей.

Злам лонжерона має і недоліки, пов'язані з ресурсом: стик разом з усіма отворами під кріплення є концентраторами напруги.[3]

З вищесказаного прийнято рішення модифікації переднього лонжерона. Модифікація полягає в тому, щоб усунути злам переднього лонжерона і спроектувати прямий лонжерон. Так як зміниться конструкція переднього лонжерона, то зміниться і його жорсткість, що спричинить перерозподіл навантажень на лонжерони. Тому необхідно виконати проектувальний розрахунок обох лонжеронів з урахуванням нових навантажень.

## 1.2 Обґрунтування прийнятих рішень розрахунками

Особливістю кіля та стабілізатора є значне навантаження заднього лонжерону (або стінки) зосередженими силами у вузлах підвіски рулів. Відповідно до розподілу тисків по хорді, що задаються нормами міцності при навантаженнях, що виникають при маневрах, задня частина навантажена більше, ніж передня.

Кіль працює аналогічно до крила. Згинальний момент, що діє на кіль, так само як і в крилі, сприймається центропланом і передається на фюзеляж. Стикові вузли лонжеронів кіля повністю ідентичні вузлам крила. По силовій ув'язці з фюзеляжем кіль трохи відрізняється від крила та стабілізатора. Згинальний момент, що діє на кіль, передається на фюзеляж, викликаючи в ньому крутіння та вигин. Наявність додаткових нижніх кілів дещо зменшує сумарний обертаючий момент, що діє на фюзеляж.[3]

На вертикальне оперення діють три основні види навантажень: врівноважують навантаження при односторонній зупинці двигунів; маневрені навантаження внаслідок відхилення керма напряду та навантаження при польоті в неспокійному повітрі. При односторонній зупинці двигунів на крилі або хвостовій частині фюзеляжу у багатомоторних літаків виникає навантаження вертикальне оперення. Для того, щоб літак міг здійснювати прямолінійний вертикальний політ, момент обертання від зовнішніх сил повинен бути врівноважений іншим моментом, який створюється силою, що врівноважує, що діє на вертикальне оперення (рисунок 1.4).

Врівноважуючу силу можна визначити з умови рівноваги двох моментів:

$$Y_{ур.во}^э = \frac{M_Z}{L_{во}} = \frac{P(a + 2b)}{L_{во}}, \quad (1.2)$$

де  $P = 229\text{кН}$ ; - відстань від центру мас літака, при даному центруванні, до центру тиску аеродинамічного навантаження на оперення;  $a = 6,95\text{ м}$  - відстань між двигунами літака;  $b = 10,43\text{ м}$  – відстань від осі симетрії літака до найближчого двигуна (рис. 1.5).

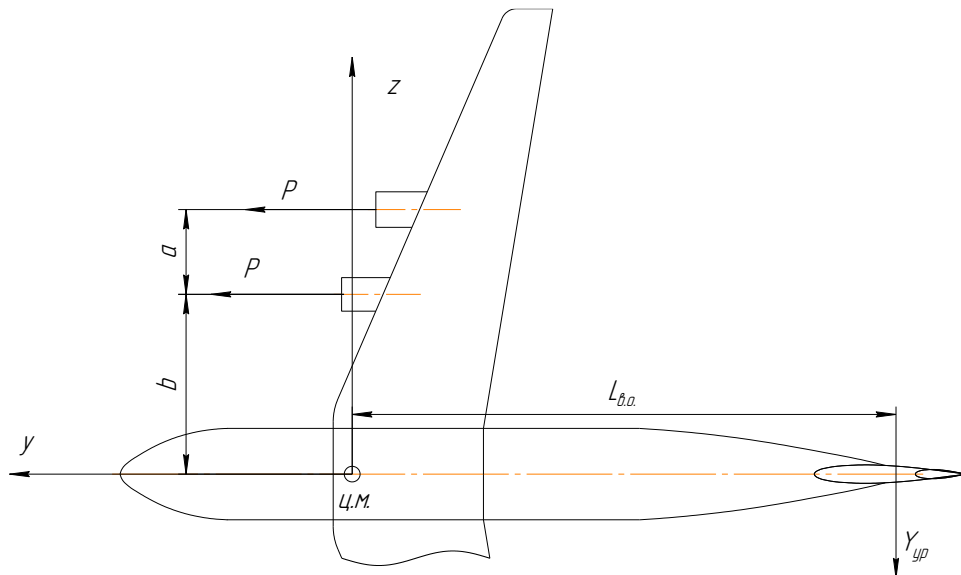


Рисунок 1.5 - Навантаження у разі односторонньої зупинки двигунів

Розподіл врівноважуючого навантаження по хорді кіля здійснюється згідно з рисунком 1.5.

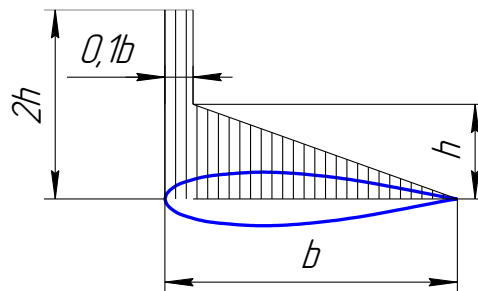


Рисунок 1.6 - Розподіл врівноважує навантаження по хорді

Визначимо врівноважуючу силу:

$$Y_{ур.во}^э = \frac{2 \cdot 229 \cdot 10^3 (6,95 + 2 \cdot 10,43)}{35} = 366,4 \text{ кН.} \quad (1.3)$$

Основним максимальним навантаженням на вертикальне оперення є маневрене навантаження, створюване льотчиком при миттєвому відхиленні керма напрямку. Це маневрене навантаження залежить від величини швидкісного натиску і визначається за наближеними формулами:

$$Y_M^{\text{э}} = \pm 0.37 q_{\text{max}} S_{\text{в.о.}}; Y_M^{\text{р}} = f \cdot Y_M^{\text{э}}; \quad (1.4)$$

де  $f = 2.0$  – коефіцієнт безпеки.  $q_{\text{max}}$  - максимальний швидкісний напір;  $S_{\text{в.о.}}$  - площа кіля.

Тоді розрахункова маневрена сила при вертикальному польоті:

$$Y_M^{\text{р}} = \left( \pm 0.37 \frac{0,5898 \cdot 240,3^2}{2} 93 \right) \cdot 2.0 = 585,96 \text{ кН}. \quad (1.5)$$

При польоті у неспокійному повітрі на вертикальному оперенні, як і крилі, виникає додаткове навантаження з допомогою впливу вертикальних повітряних поривів. Приріст підйомної сили на вертикальному оперенні за рахунок зміни напрямку набігаючого потоку на кут можна написати в такому вигляді:

$$Y_{\text{Н.В}}^{\text{э}} = \pm 1.6 c V_{0\text{max}} S_{\text{в.о.}} \cdot f, \quad (1.6)$$

де  $V_{0\text{max}}$  - максимальна швидкість вертикального польоту,  $c = 1,3$ .

Тоді:

$$Y_{\text{Н.В}}^{\text{р}} = 1,6 \cdot 240,3 \cdot 1,3 \cdot 93 \cdot 2 = 69,73 \text{ кН}. \quad (1.7)$$

Зі всіх отриманих значень найбільшим є значення другого маневреного навантаження  $Y_M^{\text{р}} = \pm 585,96 \text{ Н}$ , яке буде прийнято для подальших розрахунків в даному розділі.

#### *Поворот вертикального оперення з метою використання балочної моделі*

Оскільки вихідне вертикальне оперення стрілоподібне та кут стріловидності по передній кромці більше  $15^\circ$ , необхідно ввести еквівалентне пряме крило і всі подальші розрахунки проводити для цього еквівалентного крила. Пряме крило вводимо шляхом повороту стрілоподібного напівкрила так, щоб лінія центрів жорсткості, розташована від носка крила, де - хорда крила, була перпендикулярна осі літака.

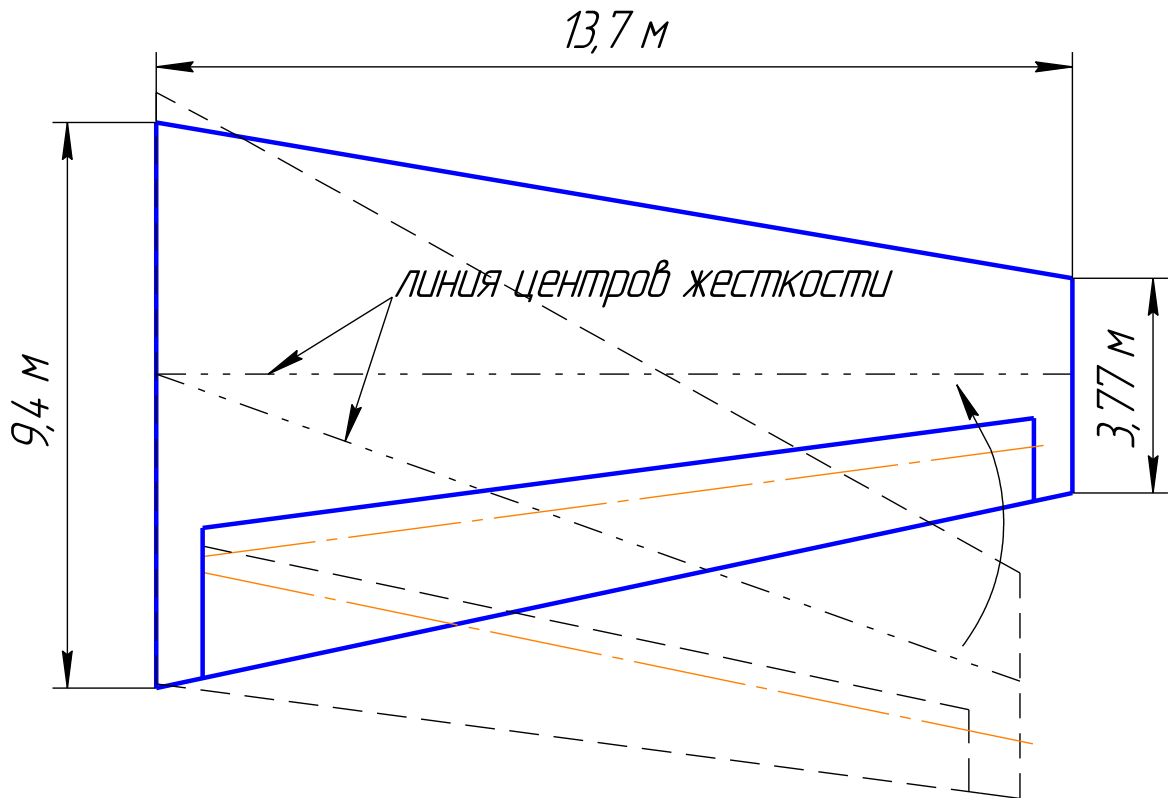


Рисунок 1.7 - Поворот вихідного крила вертикального оперення

При цьому розміри бортової  $b_{\text{корн.}}$  і кінцевої  $b_{\text{конц.}}$  хорд зменшуються, а величина напіврозмаху  $l_{\text{во}}/2$  збільшується. Розміри  $l_{\text{во}}/2$ ,  $b_{\text{конц.}}$ , потрібні для подальших розрахунків, знімаємо безпосередньо з креслення:  $l_{\text{во}}/2 = 11,56\text{м}$ ,  $b_{\text{корн.}} = 11,56\text{м}$ ,  $b_{\text{конц.}} = 3,77\text{м}$ .

Тоді площу вертикального оперення визначаємо за формулою:

$$S_{\text{во}} = (b_{\text{корн.}} + b_{\text{конц.}}) \cdot l_{\text{во}}/2 = (1,53 + 0,581) \cdot 2,488 = 5,252\text{м}^2. \quad (1.8)$$

#### *Розподіл повітряного навантаження по вертикальному оперенню*

По довжині вертикального оперення навантаження  $Y_{\text{сум.во}}^P$  розподілено за таким законом:

$$q_Y^B = \frac{Y_{\text{сум.во}}^P}{S_{\text{во}}} b; \quad (1.9)$$



Необхідно також навести епюри поперечних сил та згинальних моментів від впливу зосередженої сили (ці епюри протилежні за знаком). У нашому випадку зосередженими силами є реакції в опорах кріплення керма напрямку. Оскільки зазвичай навантаження на стабілізатор спрямована вниз, тоді навантаження на кермо напрямку спрямована вгору і прикладена до осі обертання керма напрямку. Для визначення цих реакцій необхідно знайти погонне навантаження на кермо напрямку за формулою:

$$q_{P.B.}^B = \frac{Y_{P.B.}^P \cdot b_{\text{сеч.рв}}}{S_{P.B.}}, \quad (1.10)$$

де -  $S_{P.B.} = 25,3 \text{ м}^2$  - площа спрямленого керма напрямку;  $Y_{P.B.}^P$  - розрахункове навантаження на кермо напрямку, пропорційна площам:

$$Y_{P.B.}^P = Y_{\text{сум.го}}^P \frac{S_{P.B.}}{S_{\text{го}}} = 585,96 \frac{25,3}{93} = 159,39 \text{ кН}; \quad (1.11)$$

Тоді навантаження, що діє на кіль:

$$Y_{\text{кіль}}^P = Y_{BO}^P - Y_{PH}^P = 585,96 - 159,39 = 426,5 \text{ кН}; \quad (1.12)$$

$$q_{Y1}^{\text{кіль}} = \frac{Y_{\text{кіль}}^P}{S_{\text{кіль}}} b_{\text{н}} = \frac{426,5 \cdot 11,56}{67,7} = 72,8 \text{ кН}; \quad (1.13)$$

$$q_{Y1}^{\text{кіль}} = \frac{Y_{\text{кіль}}^P}{S_{\text{кіль}}} b_{\text{к}} = \frac{426,5 \cdot 3,77}{67,7} = 23,75 \text{ кН}. \quad (1.14)$$

Погонне навантаження по довжині керма напрямку в даному випадку має лінійний вигляд. Отже, достатньо порахувати значення погонного навантаження на кінцях:

$$q_{P.H.H}^B = \frac{Y_{P.H.}^P \cdot B_{\text{сеч.н.}}}{S_{P.H.}} = 159,39 \frac{3,2}{25,3} = 20,16 \frac{\text{кН}}{\text{М}}; \quad (1.15)$$

$$q_{P.H.k}^B = \frac{Y_{P.H.}^P \cdot b_{\text{сеч.к}}}{S_{P.H.}} = 159.3 \frac{3.2}{25.3} = 8.064 \frac{\text{кН}}{\text{м}}. \quad (1.16)$$

*Побудова епюр поперечних сил та згинальних моментів*

Кермо напрямку зазвичай є нерозрізними балками на декількох пружних опорах. Пружність опор обумовлена прогином і закручуванням стабілізатора та кіля від повітряного навантаження та від реакцій у шарнірах. Тому для точного визначення реакцій необхідно знати величину переміщень у шарнірах кіля та керма напрямку. У нашому випадку застосуємо наближений спосіб визначення реакцій у шарнірах, а саме вважатимемо кермо як балку на жорстких опорах. І тут завдання зводиться до розрахунку статично невизначеної балки.[3]

Визначення реакцій в опорах будемо вести за готовою програмою Mor.3.0, результати розрахунку представлені у вигляді епюр (рис.1.9) та значень реакцій в опорах:  $R_1 = 68800\text{Н}$ ,  $R_2 = -28980\text{Н}$ ,  $R_3 = 32660\text{Н}$ ,  $R_4 = 11660\text{Н}$ ,  $R_5 = 13400\text{Н}$ ,  $R_6 = 11970\text{Н}$ ,  $R_7 = 11000\text{Н}$ ,  $R_8 = 12200\text{Н}$ ,  $R_9 = 17600\text{Н}$ ,  $R_{10} = 8560\text{Н}$ .

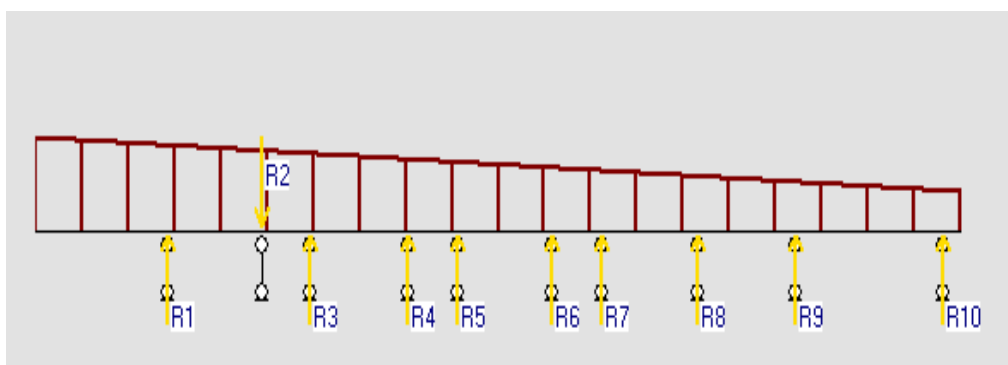


Рисунок 1.8 – Розрахункова схема керма напрямку

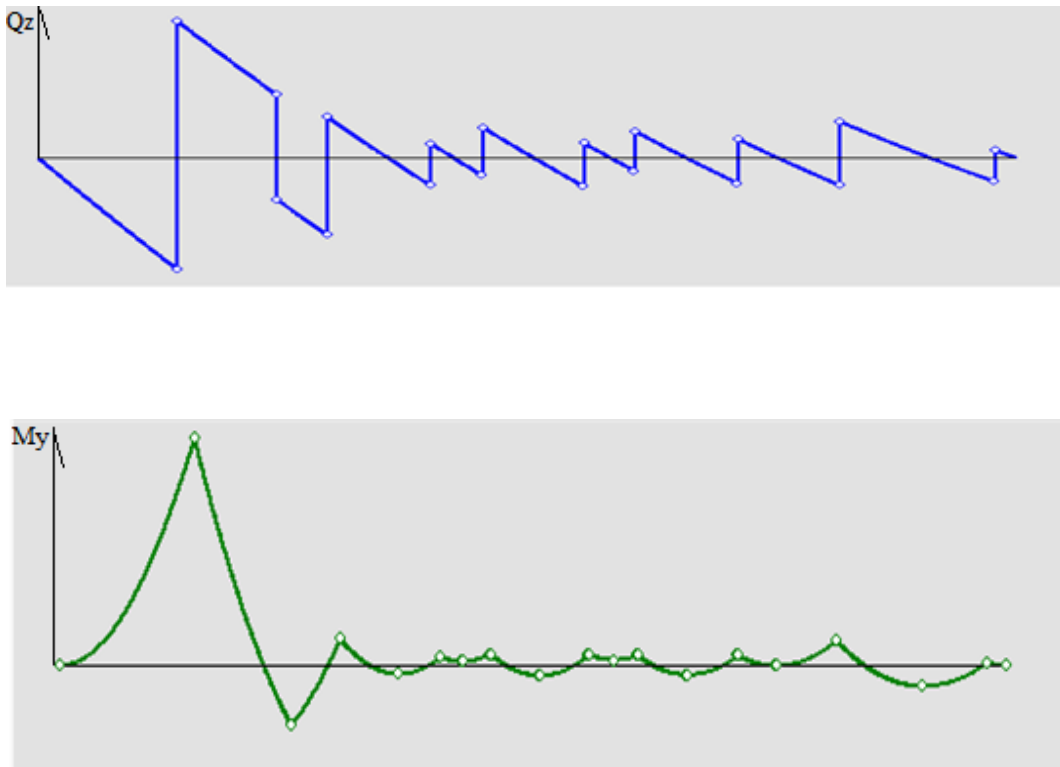


Рисунок 1.9 – Побудова епюр

Визначивши реакції в опорах стабілізатора переносимо їх на розрахункову схему кіля, прикладаючи їх у відповідних точках вузлів навішування. Напрямок реакцій змінюємо на протилежне. Таким чином розрахункова схема складається з консольно зацементованої балки та навантажень: розподілених та зосереджених сил у місцях вузлів навішування керма напрямку.

Для визначення закону розподілу поперечних сил та згинальних моментів по довжині кіля знайдемо функції та від впливу розподіленого навантаження. Епюри поперечних сил та згинальних моментів показані на рисунку 1.10.

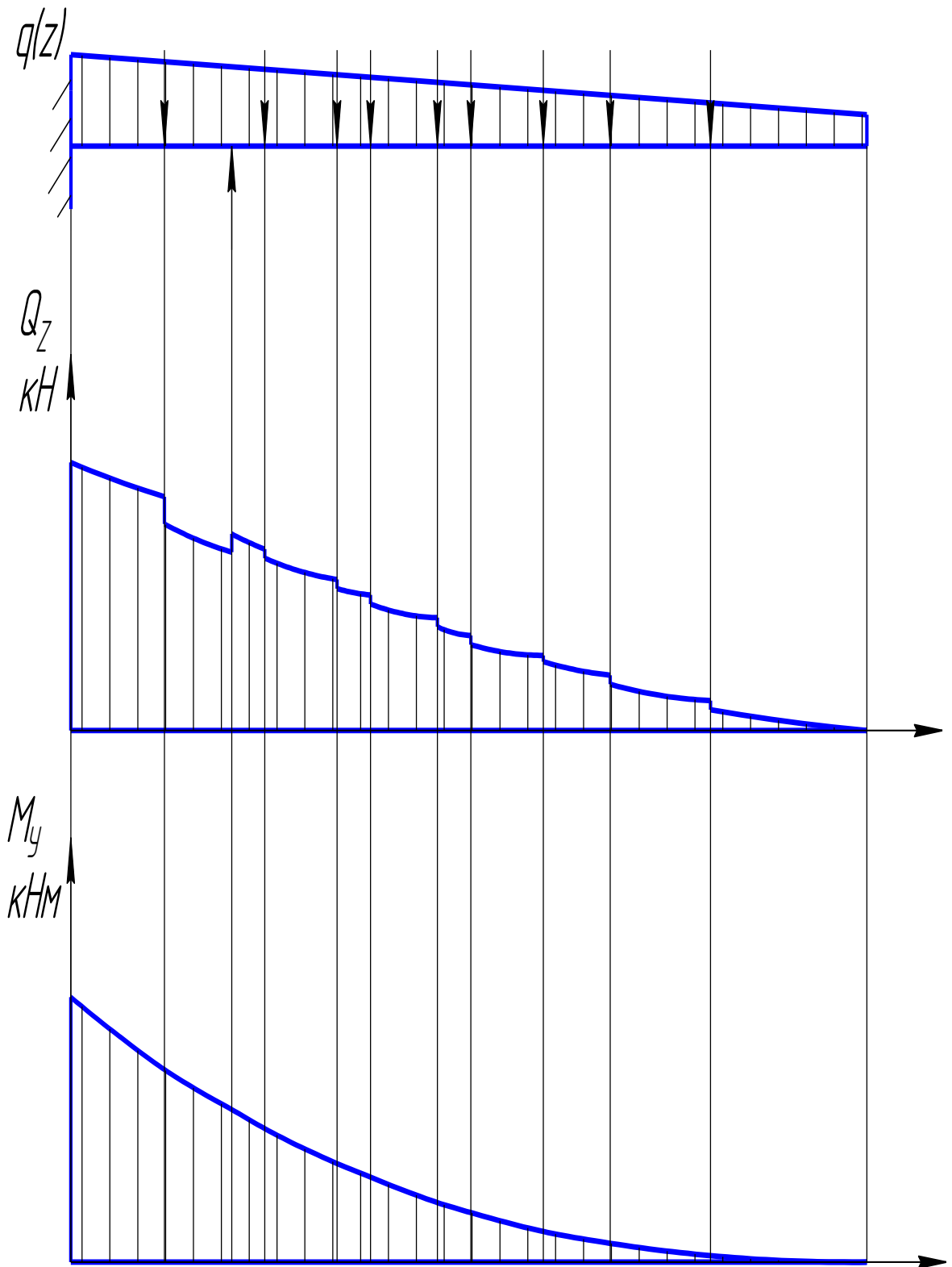


Рисунок 1.10 – Епюри поперечних сил та згинальних моментів

*Проектувальний розрахунок геометричних параметрів лонжеронів з умови мінімуму маси*

Мета проектування: визначення геометричних характеристик перерізу вертикального оперення, при цьому необхідно використовувати нормалі авіаційних профілів і товщин обшивки. Проектувальний розрахунок виконується з використанням спрощеної моделі, а саме:

- Лонжерони - плоскі балки (сприймають навантаження тільки у своїй площині);
- обшивка та стінки лонжеронів працюють тільки на зсув;
- участь обшивки у сприйнятті нормальних напруг враховується шляхом приєднання ділянок обшивки до поздовжніх силових елементів.

*Вибір матеріалу лонжеронів*

Перший етап розрахунку - вибір силової схеми вертикального оперення та матеріалів елементів поперечного перерізу. Силу схему вибирають в залежності від розрахункового навантаження, від виду вертикального оперення в плані, способу заповнення внутрішнього обсягу та інших параметрів літака, що проектується. При цьому враховують вимоги оптимальності за вагою, надійністю, технологічністю у виготовленні та експлуатації.

З трьох зусиль, що діють у поперечному перерізі вертикального оперення, згинальний момент є основним зусиллям, так як маса силових елементів, що сприймають вигин, становить близько 50% загальної маси. Залежно від того, якими силовими елементами в основному сприймається згинальний момент, силові схеми поділяють на: лонжеронні, кесонні та моноблочні.[4]

Для цього кіля була обрана схема кесонного типу із двома лонжеронами. Приймаємо за статистикою, що передній лонжерон розташований на відстані 17,5% від носіння, а задній – на 60%. Матеріалом лонжеронів було обрано Д16Т.

Механічні характеристики Д16Т для лонжеронів, стрингерів та обшивки наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – механічні характеристики Д16Т

$\sigma_B, \text{МПа}$	$E, \text{МПа}$	$\sigma_p, \text{МПа}$	$\sigma_T, \text{МПа}$	$\delta$
440	$7.2 \cdot 10^5$	270	300	0.1

*Визначення товщини полиці переднього та заднього лонжеронів*

Згинальний момент, який сприймають лонжерони розподіляється між лонжеронами пропорційно їх згинальній жорсткості та у двох лонжеронному крилі може бути визначений як:

$$M_1 = M_t(1 - \eta) \frac{H_1^2}{H_1^2 + H_2^2}, \quad (1.17)$$

$$M_2 = M_t(1 - \eta) \frac{H_2^2}{H_1^2 + H_2^2}, \quad (1.18)$$

де:  $\eta = 0,4$ ;  $H_1 = 1,54 \text{ м}$ ;  $H_2 = 1,34 \text{ м}$ ;

Момент  $M_t = 4.524 \cdot 10^6 \text{ Нм}$  – згинальний момент в кореневої частині кіля.

$$M_1 = 4,524 \cdot 10^6 \cdot (1 - 0,4) \cdot \frac{1,54}{1,54^2 + 1,34^2} = 1,445 \cdot 10^6 \text{ Нм}, \quad (1.19)$$

$$M_2 = 4,524 \cdot 10^6 \cdot (1 - 0,4) \cdot \frac{1,34^2}{1,54^2 + 1,34^2} = 1,27 \cdot 10^6 \text{ Нм}. \quad (1.20)$$

Для розрахунку площі поясів мінімальної маси, для переднього та заднього лонжеронів двотаврового перерізу скористаємося залежністю:

$$\frac{\delta^3}{H^3} - \frac{\delta^2}{H^2} = - \frac{M}{H^3} \frac{1}{\sigma_B} \frac{1}{\sigma_p/\sigma_B} \frac{1}{2(b/\delta)} \quad (1.21)$$

З допомогою системи Excel знайдемо значення  $(b/\delta)_i$  (рис.1.11) при яких маси лонжеронів будуть мінімальними:  $(b/\delta)_1 \approx 6,5$  - для поясів переднього і  $(b/\delta)_2 \approx 6,5$  - для поясів заднього лонжерона.

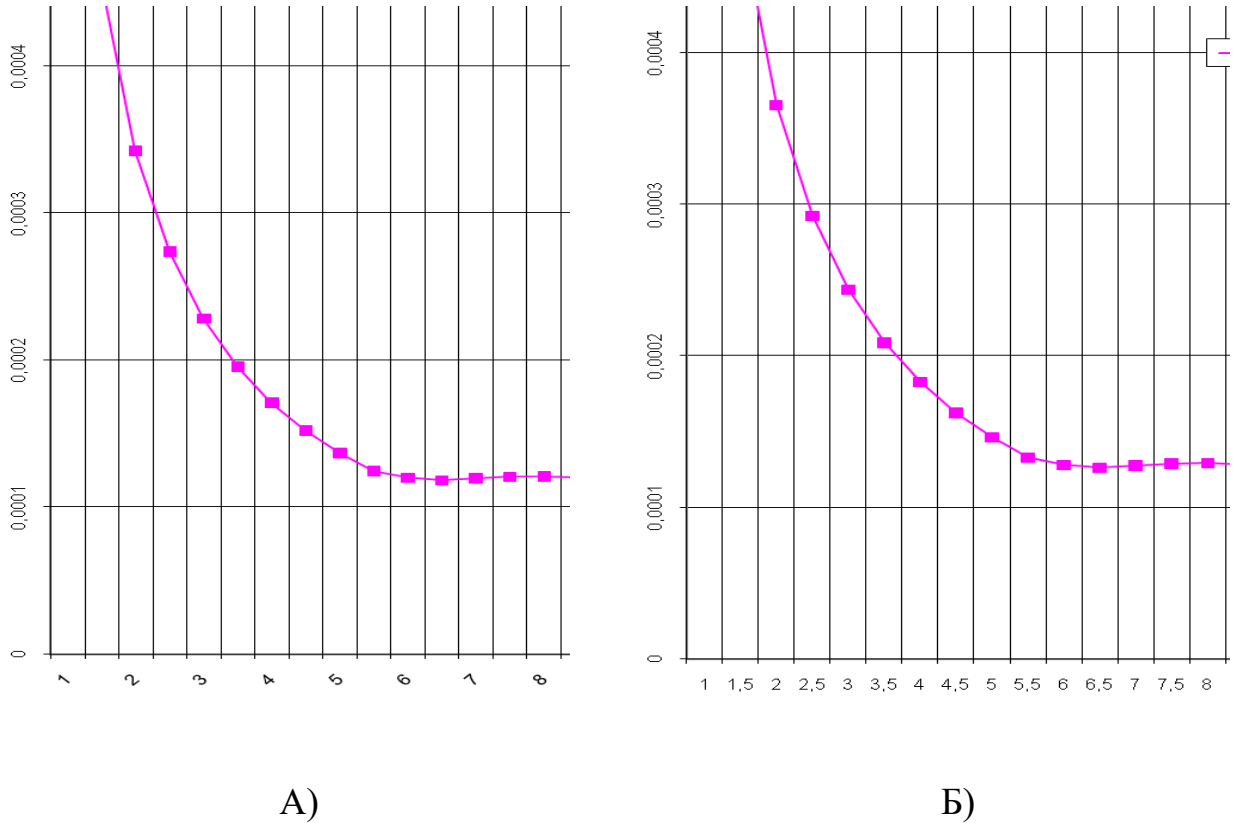


Рисунок 1.11 – залежність  $\frac{\delta^3}{H^3} - \frac{\delta^2}{H^2}$  від  $(b/\delta)_i$ : А) для переднього лонжерона; Б) для заднього лонжерона.

Виходячи з отриманих результатів, знайдемо площі полиць лонжеронів:

- для переднього лонжерона:  $\delta/H = 0,0095 \Rightarrow \delta = 16\text{мм}; B/\delta = 6,5 \Rightarrow b = 104\text{мм}; F_1^p = 1514\text{мм}^2$
- для заднього лонжерона:  $\delta/H = 0,0109 \Rightarrow \delta = 15\text{мм}; B/\delta = 6,5 \Rightarrow b = 97,5\text{мм}; F_2^p = 1462\text{мм}^2$

Отримані геометричні параметри відповідають кореневому перерізу кіля. Величина згинального моменту по довжині вертикального оперення не постійна (зміншується). Тому якщо отримані значення товщини і ширини полиці застосувати до всієї довжини лонжерону, конструкція вийде перетяженою. Щоб уникнути

переобважніння та отримання рівномірної конструкції необхідно отримати геометричні параметри поясів у кількох перерізах.

Визначимо розміри поясу у районах нервюр №№ 6, 12, 18 аналогічно кореневому перерізу. Результати розрахунків наведено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Переріз по:	Коренев. н.к.	6 н.к.	12 н.к.	18 н.к.
$M_{\text{передн}}$ , кНм	1544	431	185	86
$M_{\text{задн}}$ , кНм	1169	327	141	74
$\delta_{\text{п}}$ , мм	16	9	7	5
$\delta_{\text{з}}$ , мм	15	8	6	5
$b_{\text{п}}$ , мм	104	59	45,5	32,5
$b_{\text{з}}$ , мм	97,5	52	39	32,5

#### Визначення товщини стінки

Знаходимо положення центрів ваги верхнього та нижнього поясів лонжеронів. Відстань між ними визначає ефективні висоти переднього та заднього лонжеронів:  $H_{\text{эфп}}=1,52$  м;  $H_{\text{эфз}}=1,52$  м (рис. 1.12).

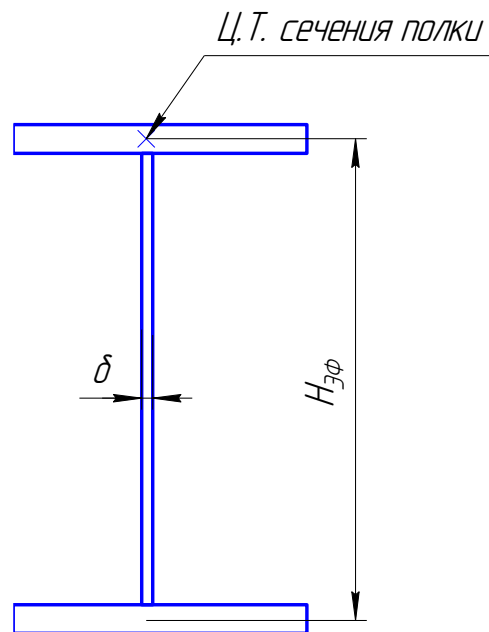


Рисунок 1.12 – Визначення  $H_{\text{эф}}$



Визначаємо параметр навантаження на балку:

$$\frac{\sqrt{Q_{\Pi}}}{H_{\text{эфП}}}=495 \frac{\sqrt{H}}{\text{м}}; \quad (1.22)$$

$$\frac{\sqrt{Q_3}}{H_{\text{эфЗ}}}=460 \frac{\sqrt{H}}{\text{м}}. \quad (1.23)$$

Знайдемо  $\tau_n$  – максимальна корисна напруга зсуву, яке можна отримати при даному параметрі навантаження у разі рівномірної конструкції (стінка та стійки руйнуються одночасно).  $\tau_{\text{нП}}=115 \text{ МПа}; =110 \text{ Мпа}$ .

Визначаємо відношення  $H_{\text{эф}}/\delta_{\text{факт}}$ , на основі якого визначаємо мінімально потрібну товщину стінки:

$$\frac{H_{\text{эфП}}}{\delta_{\text{фактП}}} = 600; \delta_{\text{фактП}} = 0,0028 \text{ м}; \quad (1.24)$$

$$\frac{H_{\text{эфЗ}}}{\delta_{\text{фактЗ}}} = 650; \delta_{\text{фактЗ}} = 0,0027 \text{ м}. \quad (1.25)$$

Слід звернути особливу увагу, що листи з матеріалу Д16Т, використовувані виготовлення стін, випускають з мінусовими допусками. Так, за номінальної товщини листа 3,0 фактична товщина листа може бути 2,83 мм. Такі витрати товщини не компенсуються підвищенням по відношенню до номіналу значенням межі міцності у листів. Випробування показують, що листи Д16Т мають межу міцності  $\sigma_{\text{в}} = 440 \dots 450 \text{ МПа}$ , що становить у середньому +3,5% від номінального значення, що дорівнює 435 МПа, а програв на товщині листа досягає 9%. Тому, визначивши мінімально потрібну товщину стінки слід вибрати за нормальми лист з урахуванням мінусового допуску. Остаточню приймаємо:  $\delta_{\text{фактП}}=0,003 \text{ м}$ ;

Знаходимо відношення  $t/H_{\text{эф}}$ , а по ньому - оптимальний крок стійок. Приймаємо однаковий крок стійок для обох лонжеронів:  $t_{\text{эф}}=0,36 \text{ м}$ .

Визначаємо оптимальне значення відносно витрати матеріалу стійки на стінку  $\alpha = F_{\text{СТ}}/t\delta_{\text{с}}$ , а за нею - потрібну мінімальну площу перерізу стійки  $F_{\text{СТ}} = \alpha t\delta_{\text{с}}$ :

$$F_{\text{СТ}} = 0,5 \cdot 0,36 \cdot 0,003 = 0,00054 \text{ м}^2 \quad (1.26)$$

Знаходимо оптимальне значення відношення товщини лапки стійки до товщини стінки та визначаємо потрібне значення товщини лапки,  $\delta_{л}/\delta_{ст}=1.5$  прикріпленої до стінки. Товщина полиці стійки, перпендикулярної до стінки, має бути  $\delta'_{ст} \geq 0.67\delta_{ст}$ .

Знаючи потрібну площу стійки  $F_{ст}$  і товщини її полиць вибираємо нормаль профілю. Зауважимо, що на вибір типу профілю впливають також технологічні, конструктивні та інші вимоги. Обираємо остаточно профіль ПР102 №20 (рис.1.13)

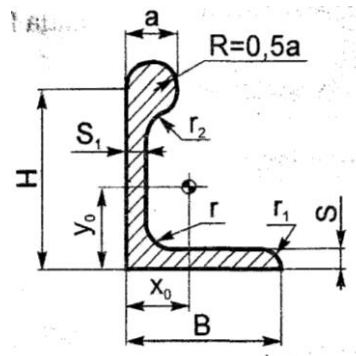


Рисунок 1.13 – Профіль ПР102 №20

Основні параметри профілю:  $H=65\text{мм}$ ;  $B=40\text{мм}$ ;  $S=5\text{мм}$ ;  $S_1=5\text{мм}$ ;  $a=12\text{мм}$ ;  $r=5\text{мм}$ ;  $r_1=2.5\text{мм}$ ;  $r_2=6\text{мм}$ .

### 1.3 Складання технічних умов на виготовлення кіля

Технічні умови(ТУ) назначають з метою отримання високоякісної складальної одиниці або об'єкту монтажу. За звичай їх складає конструктор. Вони регламентують параметри точності розмірів, ваги, покриття поверхні, термообробку, використання жорстких калібрів, шаблонів. ТУ, це один із важливіших етапів необхідних для розробки технології складально-монтажних робіт(ЗМР) заданого об'єкта конструкції літака. [1]

Складемо технічні умови на виготовлення к кіля літака типу Ан-124 :

- 1) Граничні відхилення від теоретичного контуру 1,5 мм;
- 2) Обробка отворів і постановка болтів по РТМ 1438 на сирому ґрунті ФО-086, отвори обробляти по Н9;

- 3) Клепати за ПІ-249-78;
- 4) Металізація по ПІ-12-75;
- 5) Зовнішні поздовжні стики панелей герметизувати герметиком У30МЕС-5ш за інструкцією 400ПІ-2;
- 6) Покриття зовнішньої поверхні кіля - відповідно до загальної схеми фарбування літака;
- 7) Деталі БЧ виготовити за кресленням з мат. моделі.

#### **1.4 Аналіз технологічності об'єкта складання**

Технологічність конструкції - сукупність властивостей конструкції виробу, що виявляються у можливості оптимізації витрат праці, засобів, матеріалів та часу при ТБО (технологічної підготовкою виробництва), виготовленні, експлуатації та ремонті виробів при забезпеченні встановлених значень показників якості та прийнятих умов виготовлення, експлуатації та ремонту. Технологічними називають конструкції, які дозволяють досягти меншої трудомісткості, простоти обробки та збирання, зниження вартості продукції забезпечуючи експлуатаційні якості виробу, у процесі виготовлення, експлуатації та ремонту.[1]

Проведемо оцінку технологічності кіля:

- 1) Простота форм поверхні.

Кіль має достатньо просту форму поверхні. Переважне застосування поверхонь одинарної кривизни, що забезпечує: простоту і точність ув'язки; збільшує кількість однотипних деталей (нервюр, книць, компенсаторів); знижує трудомісткість виготовлення технологічного оснащення та її номенклатури.

- 2) Раціональне членування конструкції.

Доцільне членування агрегату суттєво впливає на трудомісткість та собівартість виробництва. Раціональне членування повинне обумовлювати мінімальний

цикл складально-монтажних робіт, малу трудомісткість робіт, мінімальну кількість робочих та виробничих площ.

3) Використання в конструкції стандартних вузлів та деталей.

В даній конструкції використовується багато стандартних деталей кріплення: шайби, болти, гайки, заклепки. Також використовуються стандартні пресовані профіля для виготовлення різних деталей.

4) Уніфікація елементів конструкції.

Однотипність деталей у складі конструкції зменшує різновид техпроцесів, оснастки, при цьому скорочуються витрати на ТПВ і в основному виробництві ла.[1]

5) Використання в конструкції матеріалів з високими технологічними властивостями.

Майже всі матеріали, які використовуються для виготовлення кіля є легко оброблюваними алюмінієвими металами.

6) Відсутність надмірно високих вимог до точності розмірів та чистоти обробки поверхонь елементів конструкції.

7) Наявність достатніх підходів до місць з'єднань, що забезпечують зручність виконання та застосування компенсаторів.

8) Для покращення доступності зон ведення складально-монтажних робіт у конструкції кіля передбачена знімна панель, що надає нам вільний підхід для встановлення і клепки всіх елементів конструкції кіля.

## **Висновок**

В цьому розділі був проведений конструктивно-технологічний аналіз конструкції кіля літака типу Ан-124. В наслідку чого були виявлені її переваги і недоліки та запропоновані міри для оптимізації конструкції шляхом її модифікації. В результаті розрахунків було визначено навантаження на кіль важкого транспортного літака та побудовано епюри внутрішніх силових факторів (зусиль, що перерізують, і згинальних моментів) по висоті кіля. Було визначено навантаження на лонжерони та розраховано геометричні параметри лонжеронів для нової, модифікованої конструкції.

## **2.ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА**

## 2.1 Аналіз існуючого виробництва, інженерні заходи щодо підвищення якості виробу й ефективності виробництва

Розробляючи конструкцію виробу, конструктор пристосовує її до виготовлення найекономічнішими технологічними процесами. Велике значення при відпрацюванні технологічності виробу має тип виробництва та обсяг випуску, і навіть виробничі умови конкретного підприємства, у якому планується виробництво виробу.

Залежно від об'єкта виробництва та програми випуску, розрізняють три основні типи виробництва, такі як:

- масове;
- серійне;
- одиничне.

Існуюче виробництво дрібносерійне і забезпечує випуск однорідних виробів серіями, що повторюються через певний проміжок часу.

Тут використовується операційна форма складання, що характеризується тим, що бригада в складі двох-трьох чоловік повністю складає вузол (панель) або виконує групу операцій.

Будь-яке складання піддається технологічному контролю відповідно до креслення і технологічного процесу. Відсоток монтажів без зауважень, що пред'являються, повинен становити не менше 70%; 20% – брак деталей, оснастки, а також технологічні і конструктивні недоречності, які ведуть за собою зниження якості.

Управління якістю будується на принципах:

1. Оптимальність, яка вимагає, щоб система в цілому і кожен її елемент забезпечував (з мінімальними витратами) оптимальний рівень якості продукції.
2. Системність, де процеси планування, розробки, виробництва і експлуатації виробу розглядаються у взаємозв'язку.

3. Стандартизація, яка полягає в тому, що всі основні функції і вимоги системи якості продукції регламентуються державними галузевими стандартами, а також стандартами підприємства.

4. Динамічність – система повинна передбачати своє вдосконалення і розвиток з урахуванням вимог техпроцесу.

5. Наслідування, яке передбачає використання передового досвіду розробки і впровадження системи управління якістю та досвіду роботи інших підприємств.

6. Автоматизація, де передбачалася б механізація і автоматизація функцій і процесів системи з застосуванням математичних методів і ЕОМ.

Розвиток сучасного авіабудування характеризується посиленням конкуренції на світових ринках, що змушує підприємства вирішувати завдання забезпечення високої якості продукції та економію ресурсів конкретних проектів, що залучаються для реалізації або програм, на всіх стадіях життєвого циклу виробу.

Ситуація на світовому ринку наукомісткої продукції розвивається у бік повного переходу на безпаперову технологію проектування, виготовлення та збуту продукції, а також забезпечення якісного виготовлення виробів за мінімальних витрат праці та коштів у задані терміни та у необхідних кількостях.

Заходи, пов'язані із скороченням термінів технологічної підготовки виробництва:

- використання стандартних програм для системи автоматизованого проектування технологічних процесів (САПР ТП);
- розробка та впровадження більш продуктивних процесів проектування, виготовлення та монтажу технологічної оснастки (включаючи САПР оснащення та застосування пристроїв з ЧПК);
- спрощення конструкції складального оснащення за рахунок використання методів складання установчо-фіксуєчими отворами та використання раціональних схем збирання на етапи позастапельних робіт;
- впровадження безплазових методів забезпечення взаємозамінності (на основі математичного моделювання геометричних форм агрегатів літака);



- розробка стандартів на типові літакові складові частини, елементи заготовельної та складальної оснастки;
- розробка типових переналагоджуваних складальних та випробувальних пристроїв.

## 2.2 Схема конструктивно-технологічного членування кіля

Під членуванням конструкції розуміють її поділ конструктивними, технологічними та експлуатаційними роз'ємами на агрегати, відсіки секції, панелі, вузли та деталі. Раціональне членування конструкції дозволяє отримати ряд переваг, при проектуванні, виготовленні та експлуатації літаків. [1]

Членування дає наступні переваги:

- 1) Скорочення циклу виробництва;
- 2) Зниження собівартості продукції;
- 3) Значне підвищення продуктивності та покращення умов праці.

Схема конструктивно-технологічного членування кіля зображена на рис.2.1.

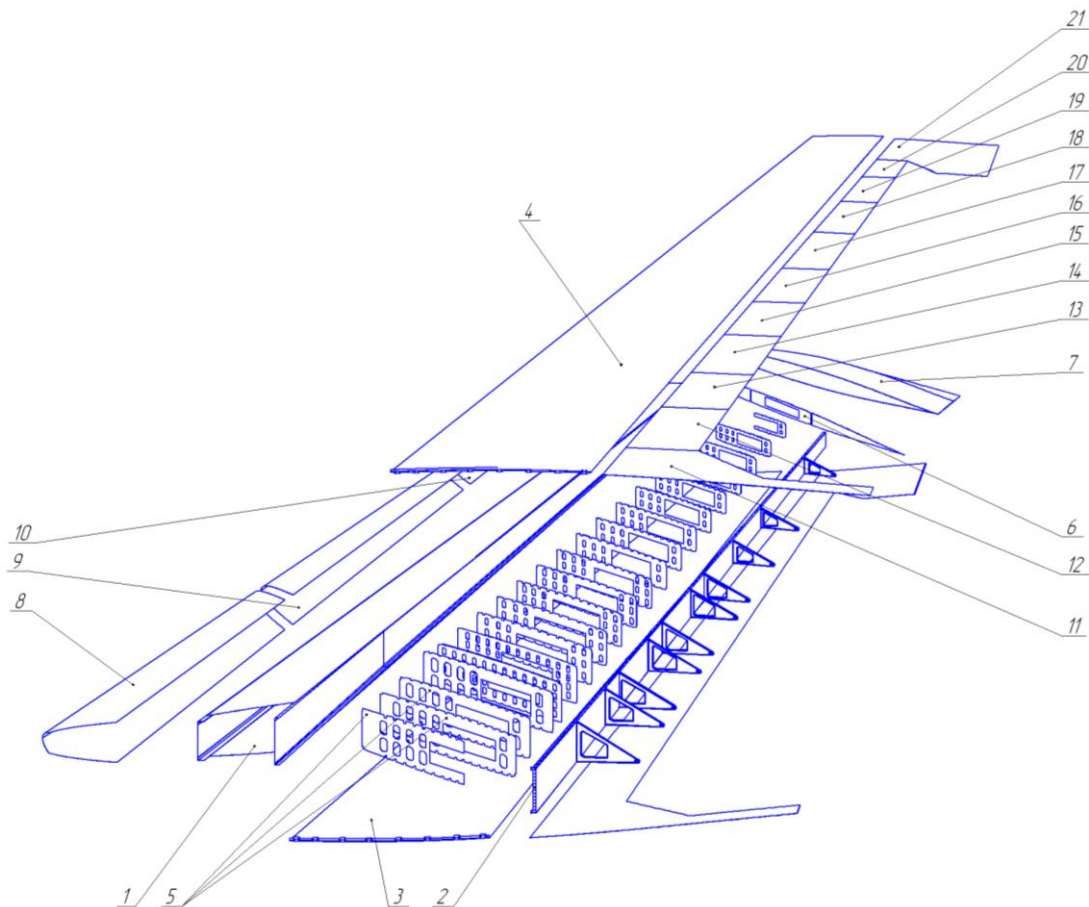


Рисунок 2.1 – Конструктивно-технологічне членування кіля

1. Носова частина кіля;
2. Задній лонжерон;
3. Права панель;
4. Ліва панель;
5. Нервюри;
6. Кінцева нервюра;
7. Закінцівка;
8. Коренева частина носку;
9. Середня частина носку;
10. Кінцева частина носка;
11. Хвостова панель;
12. Знімна хвостова панель №1;
13. Знімна хвостова панель №2;
14. Знімна хвостова панель №3;
15. Знімна хвостова панель №4;
16. Знімна хвостова панель №5;
17. Знімна хвостова панель №6;
18. Знімна хвостова панель №7;
19. Знімна хвостова панель №8;
20. Знімна хвостова панель №9;
21. Хвостова панель.

### **2.3 Схема складання кіля і маршрутний (укрупнений) технологічний процес складання. Обґрунтування методу складання та необхідної номенклатури складальних пристосувань для кіля і вхідних складальних одиниць**

Схема, що показує послідовність в якій здійснюється складання називається схемою складання. Цикл складально-монтажних робіт можна виконувати по схемах:

1) Послідовна схема складання. Застосовують для збирання конструкцій агрегатів літака в умовах дрібносерійного виробництва, коли у схемі членування не виділено панелі; деталі та дрібні складальні одиниці послідовно базують на базову деталь або базовий вузол. Потім послідовно збирають секції, відсіки, агрегати, які стикують в єдиний планер, а потім на ньому послідовно виконують всі монтажні, стикують їх і на закінчення проводять їх відпрацювання та випробування. Роботи виконуються в обмежених для збирача умовах де важко застосувати механізацію для утворення з'єднань, що розтягує цикл робіт та збільшує трудомісткість. Таку схему часто приймають для складання невеликих технологічних вузлів.

2) Паралельна схема складання. Використовується для складання відсіків та агрегатів, розчленованих на деталі, вузли й панелі. Складання окремих панелей та вузлів виконуються незалежно одна від одної – паралельно в час загального циклу складання відсіку або агрегату у своїх складальних пристроях. Монтажні роботи винесені на панелі або вузли. При цьому на їх складання в заданій послідовності подають деталі та підвузли та закріплюють між собою, встановлюють та випробують на контрольних стендах. Потім панелі та вузли стикують в відсіки та агрегати із яких збирають планер.

При цій схемі збільшується фронт складально-монтажних робіт, складання клепанних та зварних панелей ведуть високопродуктивними механізмами та автоматами, покращуються умови праці та якість робіт, значно скорочується загальний цикл складання і трудомісткість.

3) Послідовно-паралельна схема складання. Найпоширеніша схема складання. Відповідає складанню відсіків та агрегатів розчленованих на панелі, які складаються паралельно, потім стикують у відсік/агрегат, послідовно подаючи на стиковку деякі вузли. Монтажні роботи проводять в зібраному агрегаті. Ця схема має перевагу перед послідовною за рахунок трудомісткості складально-монтажних робіт та тривалістю їх циклу.

Для складання кіля обрано паралельно-послідовну схему, тому що вона дозволяє зменшити цикл складання та трудомісткість, а також забезпечити необхідну якість виробу.

Порядок збирання агрегатів визначається такими факторами:

- базування – в першу чергу ставляться підскладання та деталі, що несуть на собі технологічні бази;
- жорсткістю (як базові деталі приймаються найбільш жорсткі вузли та деталі);
- геометричним шаром, тобто встановлення наступних деталей не повинні заважати попередні;
- економічною доцільністю прийнятої схеми.

Виходячи з вищесказаного, приймаємо наступну послідовність складання:

1. Установка 2-го лонжерону з кронштейнами навішування керма напряму.
2. Встановлення передньої частини кіля.
3. Встановлення нервюр.
4. Встановлення правої панелі.
5. Встановіть ліву панель.
6. Установка знімних носків.
7. Встановлення панелей хвостової частини.
8. Встановлення закінчення.

На базі вищезгаданої послідовності розробляємо директивний технологічний процес складання кіля (Технологічний процес складання кіля представлений у додатку).

В сучасному літакобудуванні найпоширенішими методами складання є наступні методи:

- По розмітці на базовій деталі;
- По базовим (БО) або складальним (СО) отворам;
- По привалочним поверхням;
- Складання в пристосуванні з базуванням по спеціальним отворам КФВ, БФО;
- Складання в пристосуванні з базуванням на контури.

Методи складання по розмітці та по БО,СО характеризуються невеликими витратами на оснащення, порівняно невеликим циклом підготовки виробництва. Використовуються, як правило, для малогабаритних виробів великої жорсткості. Головний недолік цих методів – низька точність та велика трудомісткість збирання.

Методи складання в пристосуванні відрізняються більш високою точністю та продуктивністю, проте з'являється необхідність у складних складальних пристроях, що призводить до збільшення витрат та циклу підготовки виробництва.

Таким чином, використовуємо метод складання в пристосуванні з базою «від обшивки».

Як бази прийнято:

- зовнішня поверхня обшивки;
- отвори стикових болтів;
- базові отвори;
- стапельна плита по стику консолей кіля центральною частиною.

#### **2.4 Розробка схеми ув'язування заготівельного і складального оснащення**

При виготовленні кіля можливе використання наступних варіантів схем ув'язування оснастки: ПШМ, КШМ, ЕШМ, ПрІМ.

### Еталонно-шаблонний метод (ЕШМ)

При використанні еталонно-шаблонного методу ув'язування вихідним елементом (першоджерелом ув'язування) є еталон поверхні, за допомогою якого отримують обводи робочої технологічної та контрольної оснастки для копіювання форм та розмірів на складальному пристрої. За еталоном поверхні методом копіювання виготовляють контр еталон поверхні у базових перерізах агрегату, а по пескосліпкам окремих зон поверхні виготовляють копіюванням робочу заготівельну оснастку для обвідних деталей планеру літального апарату. Цей метод забезпечує високу точність ув'язування оснастки по стиках і обводах але збільшується цикл підготовки виробництва та витрати.

### Координатно-шаблонний метод (КШМ)

В цьому випадку ув'язування оснастки виконується за допомогою інструментальних координатних стендів – плаз кондуктора та інструментального стенду. Першоджерелом ув'язування в цьому випадку є основні шаблони, шаблон контрольно-контурний та конструкторське креслення оснащення, що містять координати центрів монтажних, базових та стикових отворів, щодо конструкторських баз виробу. Цей метод забезпечує високу точність по обводам та займає середнє становище між ЕШМ і ПрІМ по циклу підготовки виробництва.

### Плазово-шаблонний метод (ПШМ)

Першоджерелами розмірів є плази суміщених перерізів агрегатів та взаємно відстиковані колібри роз'ємів. При цьому ув'язані на плазі кондукторі окремих плоских перетинів копіюють на конструктивні плази, на які наноситься в графічному вигляді вся інформація про конструкцію агрегату в цих перетинах. Цей метод простий та дешевий, проте, найменш точний при ув'язуванні пристрою для складання агрегатів.

### Програмно-інструментальний метод ув'язування (ПрІМ)

ПШМ та його різні варіанти мають велике значення при виготовленні взаємозамінних об'єктів у літакобудуванні. Це так звана структура «залежної» системи

ув'язування оснащення та об'єктів конструкції. ПрІМ передбачає «незалежне» виготовлення елементів оснащення та самих деталей з забезпеченням їх герметичного ув'язування.

Розвиток обчислювальної техніки, з'явлення досконалого обладнання з числовими системами програмного управління, досягнення у області прикладної математики винайшли умови для появи нових методів ув'язування виробів складних форм та великих розмірів. З іншої сторони, виростили вимоги до точності обводів підготовки виробництва при запуску нових виробів. У зв'язку з цим все більше використання найшли безплазові методи ув'язування, засновані на принципі незалежного утворення форм та розмірів сполучених елементів конструкції.

Таким чином, при ПрІМ контури зовнішніх обводів ЛА задають у вигляді математичних рівнянь, які за допомогою універсальних програм перетворюють у форму (у вигляді крапок поверхні), зручну для обробки за допомогою ЕВМ.

Потім цю цифрову інформацію записують на програмо носій, за сигналами з якої виконується механічна обробка об'єктів на СЧПУ.

При обробці деталей на обладнанні з ЧПУ побудова поверхонь здійснюється безпосередньо при виготовленні елементів конструкції без попереднього створення спеціальних носіїв форм та розмірів у вигляді еталонів, шаблонів, копіїв і т.д.

Система ПрІМ дозволяє на 50 % скоротити цикл підготовки виробництва та істотно знизити трудомісткість виконаних робіт.

Види першоджерел ув'язування:

- Креслення (ув'язка забезпечується на основі системи допусків і посадок. Використовується для ув'язки геометричних параметрів складових частин, жорсткості і простої форми.)
- Еталон (ув'язка здійснюється за рахунок контактного копіювання поверхонь еталону або його частини.)
- Плаз (першоджерело ув'язки при якому ув'язку здійснюють на основі графічних побудов на площині (розкреслювання плазів). До цього першоджерела ув'язки відносять також (ВК) – відбиток контрольний і

(ШКК) – шаблон контурний, що виконує функції конструктивних плазів.)

- Програма (ув'язка здійснюється на основі розроблених ММП – математичної моделі поверхні і створення керуючої програми для обладнання з ЧПК.)

### 2.4.1 Розрахунок точності складання

Для досягнення заданих точнісних та економічних показників при складально-монтажних роботах проектують об'єднані схеми збирання та ув'язування. До складу таких схем входить блок структури послідовності складання агрегату з елементів прийнятого членування об'єкта та блок структури геометричної ув'язки цих елементів.

Для визначення того чи іншого методу збирання вузла треба порівняти похибку збирання з допуском на агрегат за ТУ.

Похибка складання агрегату в пристрої визначається такими складовими:

1. Похибка  $\delta_{\text{пр}}$  носія розмірів, тобто пристосування.
2. Похибкою  $\delta_{\text{баз}}$  базування деталі, що встановлюється.

Величина похибки базування характеризується зазором між рубильником пристосування та поверхнею деталі (нервюри, стрінгери, обшивки тощо). Цей зазор можна зменшити, притиснувши деталь до рубильника. При цьому деталь фіксується заклепками чи болтами.

3. Похибками  $\delta_{\text{проч}}$  від повідок і зсувів, викликаних утворенням з'єднань, прогинами пристосування у процесі складання та іншими не залежать від методу складання причин.

$$\delta_{\text{ск}} = \delta_{\text{пр}} + \delta_{\text{баз}} + \delta_{\text{інш}}, \quad (2.1)$$

де  $\delta_{\text{інш}}$  складає приблизно 40% загальної похибки ( $\delta_{\text{інш}} = 0.4\delta_{\text{ск}}$ )



Оскільки зазор між лекалом і деталлю дорівнює похибки ув'язки пристосування та деталі  $C_{\text{конт.пр-дет}}$ , то без притиску.

$$\delta_{\text{баз}_1} = C_{\text{контур.пр.-дет}}; \quad (2.2)$$

Фактичний же зазор (за наявності притиску) буде меншим, тому:

$$\delta_{\text{ск}_2} = K_{\text{прит}} C_{\text{конт.пр-дет}}; \quad (2.3)$$

Величину  $K_{\text{прит}}$  приймають залежно від кроку притискань.

Отже, допуск на складання у пристрої з компенсацією визначається за формулою:

$$\delta_{\text{сб}} = \delta_{\text{пр}} + K_{\text{прит}} C_{\text{контур пр-дет}} + \delta_{\text{інш.}} \quad (2.4)$$

1. Координатно-шаблонний метод відповідає схемі зображеної на рисунку 2.2:

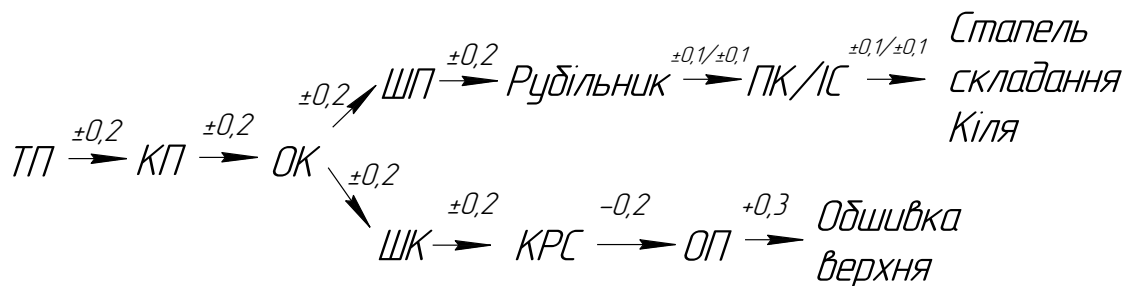


Рисунок 2.2 – Схема ув'язки пристосування для складання кіля при КШМ

$$\frac{\delta_{\text{пр}}}{2} = \sqrt{\sum \left( \frac{\delta_{\text{ТП-прис.}}}{2} \right)^2} = \sqrt{0,1^2 \cdot 3 + 0,2^2 \cdot 4} = \pm 0,436 \text{мм}; \quad (2.5)$$

$$C_{\text{конт.пр-дет}} = \pm \sqrt{\sum \left( \frac{\delta_{\text{неп.етапів}}}{2} \right)^2} = \pm \sqrt{0,2^2 \cdot 4 + 0,1^2 \cdot 4 + 0,15^2} = \pm 0,471 \text{мм}; \quad (2.6)$$

Так як  $\delta_{\text{проч}} = 0,4 \frac{\delta_{\text{сб}}}{2}$ , а  $K_{\text{прит}}=1$  отримаємо :

$$\frac{\delta_{сб}}{2} = 0,436 + 0,471k_{приж} + 0,4 \frac{\delta_{сб}}{2} \rightarrow \delta_{ск} = \pm 1,51 \text{ мм.} \quad (2.7)$$

Визначимо координату середини поля допуску за формулою:

$$\Delta_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n A_i \Delta_i + \sum_{i=1}^n \alpha_i \frac{\delta_i}{2} A_i, \quad (2.8)$$

Потім обчислимо верхнє та нижнє відхилення:

$$\frac{ВВ_{\Sigma}}{НВ_{\Sigma}} = \pm \frac{\delta_{\Sigma}}{2} + \Delta_{\Sigma}, \quad (2.9)$$

$\Delta_i, \Delta_{\Sigma}$  – координати середин полів допусків  $i$ -го етапу перенесення розмірів та об'єкта, що збирається в цілому відповідно;

$n$  – кількість етапів перенесення розмірів;

$A_i$  – коефіцієнт передачі (оскільки зв'язок окремих етапів перенесення розмірів послідовна (див. рис. 2. 2 – 2. 5), то  $A_i=1$ );

$\alpha_i, k_i$  – параметри кривих розподілу (якщо криві підпорядковані нормальному закону розподілу, то  $k_i=1, \alpha_i =0$ );

$\delta_i, \delta_{\Sigma}$  – допуски на  $i$ -й етап перенесення розмірів та на об'єкт, що збирається відповідно;

$$\Delta_{\Sigma} = -0,1 + 0,15 = 0,05; \quad (2.10)$$

$$ВВ=0,05+1,51=1,56 \text{ мм}; \quad (2.11)$$

$$НВ=0,05-1,51= -1,46 \text{ мм}; \quad (2.12)$$

Порівняємо дані значення допуску з допуском на вузол, має виконуватися умова  $\delta_{сб} < \delta_{узл}, (1,56 > 1,5)$ . Як видно, умова не виконується, отже, цей метод не може бути застосований для складання кіля в пристосуванні без компенсації похибки.

2. Програмно-інструментальний метод ув'язки

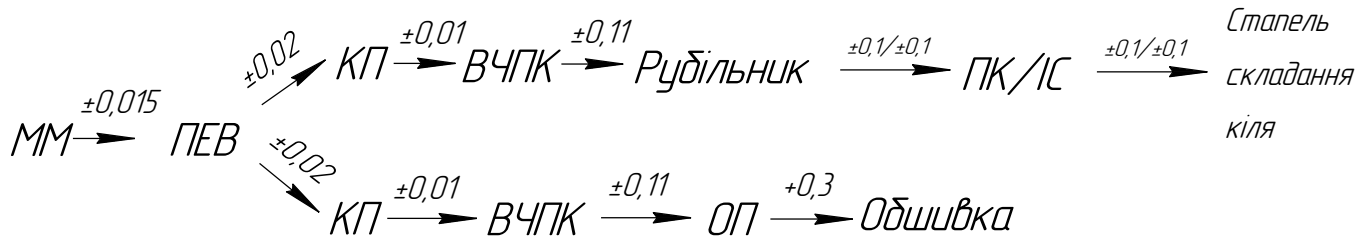


Рисунок 2.3 Схема ув'язки при ПрІМ

$$\frac{\delta_{\text{пр}}}{2} = \pm \sqrt{\sum \left( \frac{\delta_{\text{ТП-прис}}}{2} \right)^2} = \pm \sqrt{0,02^2 + 0,01^2 + 0,11^2 + 0,015^2 + 0,1^2 \cdot 4} = \pm 0,3 \text{ мм}; \quad (2.13)$$

$$C_{\text{к.пр-дет}} = \pm \sqrt{\sum \left( \frac{\delta_{\text{несв.етапів}}}{2} \right)^2} = \pm \sqrt{0,02^2 \cdot 2 + 0,01^2 \cdot 2 + 0,11^2 \cdot 2 + 0,15^2 + 0,1^2 \cdot 4} = \pm 0,296 \text{ мм}; \quad (2.14)$$

Враховуючи, що  $\delta_{\text{проч}} = 0,4 \frac{\delta_{\text{сб}}}{2}$ , отримаємо:

$$\frac{\delta_{\text{сб}}}{2} = 0,3 + 0,296 k_{\text{приж}} + 0,4 \frac{\delta_{\text{сб}}}{2}, \quad (2.15)$$

де:  $k_{\text{приж}}=1$ , а  $\delta_{\text{ск}} = \pm 0,993$  мм.

Визначимо координату середини поля допуску за такою формулою:

$$\Delta_{\text{с}} = 0,15 \text{ мм.}$$

Обчислимо верхнє та нижнє граничні відхилення:

$$\text{ВО} = 0,15 + 0,993 = 1,143 \text{ мм}; \quad (2.16)$$

$$\text{НО} = 0,15 - 0,993 = -0,843 \text{ мм}; \quad (2.17)$$

$$\delta_{\text{узлату}} = \pm 1,5 \text{ (мм)}.$$

Умова  $\delta_{\text{сб}} < \delta_{\text{узлату}}$  виконується отже можна використовувати ПрІМ, який забезпечить необхідну точність ув'язки.

## 2.5 Розробка і нормування маршрутно-операційного технологічного процесу складання кіля літака типу Ан-124

Технологічний процес складання кіля – певна послідовність встановлення в складальне пристосування складальних одиниць, вузлів, деталей і панелей, з подальшою фіксацією і з'єднанням між собою способами передбаченими кресленням, визначення спеціальності, розряду і кількості робочих, а також норм часу, вибір інструменту та обладнання. Розробка ТП здійснюється відповідно до схеми складання та креслень конструкції.

Для розробки технологічного процесу складання користуються такими даними:

- конструкторське креслення та технічні умови на складання;
- програма випуску виробів;
- директивні технологічні матеріали та входять до них схеми членування, складання та ув'язування.

Робоча технологія містить такі відомості про процес складання:

- суть операції та переходів технологічного процесу;
- інструмент та обладнання, необхідне для кожної операції;
- норми часу виконання операцій;
- спеціальність, кількість робітників та розряд робіт;
- Операції контролю;

Порядок процесу складання:

- підготовка деталей та пристосування до складання;
- встановлення деталей у задане положення;
- фіксація деталей у настановному положенні;
- підготовка до з'єднання деталей;
- Утворення з'єднань;

- контроль якості та точності з'єднань;
- Заключні роботи.

Нормування операцій здійснюється відповідно до довідкової документації. Норма часу – необхідний на виконання операції час мінімальною кількістю працівників. Потім норми часу за операціями порівнюються з нормами часу у базовому техпроцесі.

Дані нормування операцій свердління, клепки та фіксації технічними болтами надані в таблиці 2.1:

Таблиця 2.1 – нормування операцій : свердлення, клепки та фіксації

Операція	Норма часу $T_0$ , мин норма часу проектowanego техпроцесу	Норма часу $T_6$ , мин Норма часу базового техпроцесу	$K = \frac{T_6}{T_0}$
Свердління отвору	0,092	0,075	0,82
Клепка заклепок	0,26	0,21	0,81
Фіксація тех. болтами	0,21	0,19	0,91

$T_0$  - норма часу проекowanego техпроцесу,  $T_6$  - норма часу базового техпроцесу.

$$K_{\text{уж.н.ср.}} = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3} = \frac{0.82 + 0.81 + 0.91}{3} = 0.85. \quad (2.18)$$

Отже, якщо ми перемножимо норму часу для кожної операції заводського техпроцесу складання кіля на величину  $K_{\text{уж.н.ср.}} = 0,85$ , то отримаємо виграш в часі необхідного для складання, а також зменшиться собівартість складання.

Маршрутно-операційний технологічний процес складання кіля представлено в додатку до дипломного проекту.

## 2.6 Засоби ведення складального процесу

У сучасному машинобудівному виробництві рівень механізації складальних процесів (ставлення трудомісткості робіт, що виконуються механічними засобами, до загальної трудомісткості збирання) коливається у дуже широкому діапазоні:

- Часткова механізація – основна частина робіт виконується вручну, а механізовані приладдя використовуються лише в деяких складальних операціях;
- Комплексна механізація – основна частина робіт виконується за допомогою механізованих інструментів та пристроїв;
- Часткова автоматизація – частина процесу складання використовується за допомогою механізованих засобів, а друга частина за допомогою автоматизованих;
- Комплексна автоматизація – операції складання цілком виконуються машинами-автоматами під наглядом наладчиків.

Якісна механізація та автоматизація процесу складання може значно ефектiveness праці.

Найчастіше механізації та автоматизації підлягають операції та переходи складально-монтажного процесу, що носять масовий характер: свердління та обробка отворів; постановка кріпильних елементів (клепка заклепок, встановлення болт-заклепок, звинчування болтів, гвинтів, гайок); операції зварювання, склеювання (напр., стільникових конструкцій), запресування, розвальцювання.

Для механізації основних елементів складальних робіт застосовують електрифіковані, пневматичні та пневмогідролічні одно- та багатошпиндельні механізовані інструменти. Для механізації допоміжних робіт, і насамперед для горизонтального та вертикального переміщення об'єктів, інструментів і пристроїв, що збираються, застосовують рольганги, візки, інші конвеєри, електричні та пневматичні підйомники.

## 2.7 Розробка схеми базування частин кіля в стапелі загального складання

У зібраному виробі кожен елемент повинен займати щодо інших елементів строго певне положення. Для виконання цієї умови необхідно однозначне базування кожного встановлюваного елемента виробу, що забезпечує необхідну якість геометричних контурів конструкції та складальної одиниці загалом.

Для розробки схеми базування дотримуватимемося трьох основних принципів базування: єдності, сталості та збігу баз. Потрібно вибрати на деталях і вузлах базові поверхні, якими буде відбуватися установка і фіксація деталей, а також встановити послідовність подачі деталей і вузлів на складання. Базові поверхні використовуються як складальні та настановні бази.

Складальні бази визначають взаємне положення елементів, що збираються, а настановні – положення деталей і вузлів щодо пристосування. Вибравши метод складання та ув'язування складального оснащення, переходимо до розробки схеми базування для конкретних деталей.

Задній лонжерон базується за фіксаторами вузлів навішування керма на пряму та фіксаторами кронштейнів навішування кермових агрегатів. Схема базування лонжерону представлена на рисунку 2.2.

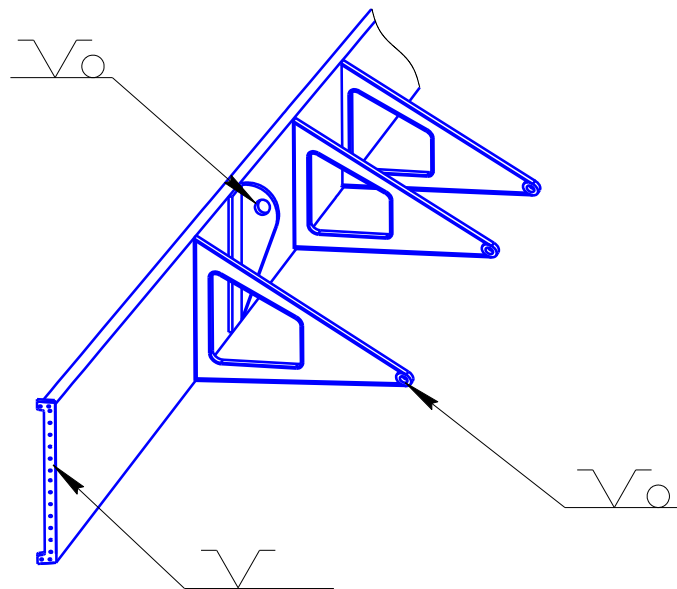


Рисунок 2.2 – схема базування заднього лонжерона

Передня частина кіля встановлюється в стапель на відкидні ложементи стінкою переднього лонжерона і фіксується штирями по РО кореневої накладки і стапельної плити. Схема базування передньої частини кіля представлена на рисунку 2.3.

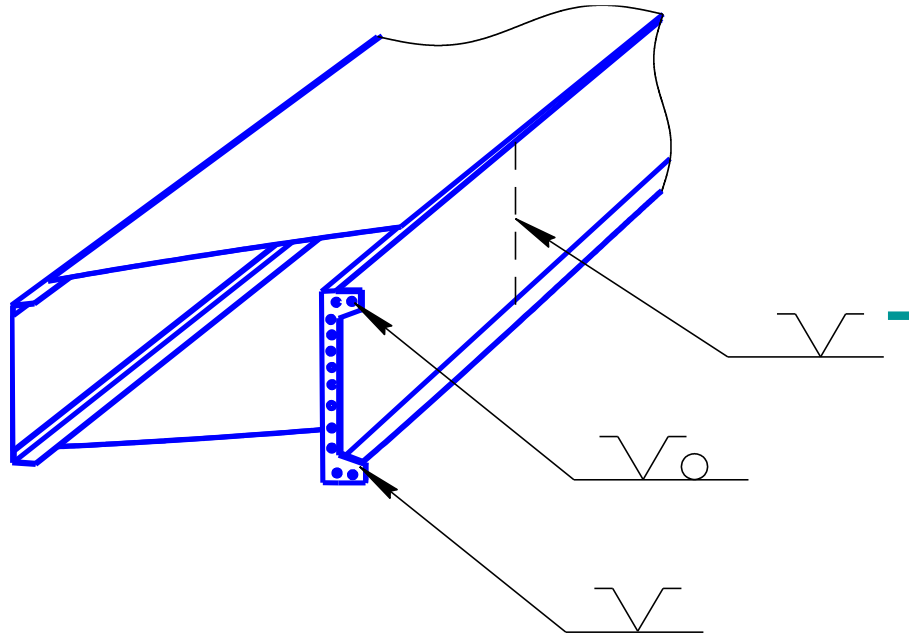


Рисунок 2.3 – Схема базування передньої частини кіля

Стіни рядових нервюр у зборі зі стійками встановлюються по СО у стінках на СО у стійках переднього лонжерону. фіксація стінки нервюри виконується технологічними гвинтами. Схема базування нервюри представлена на малюнку 2.4.

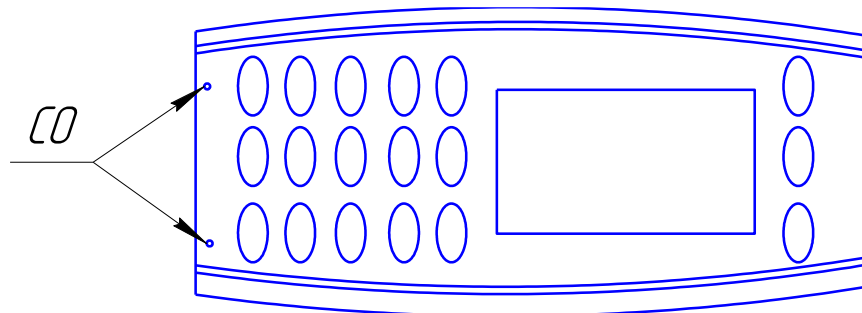


Рисунок 2.4 – Схема базування нервюри

Панелі встановлюються в стапель, базуючись на зовнішню поверхню обшивки рубильниками і фіксуються штирями по РО накладок. Схема базування панелей представлена на малюнку 2.5.



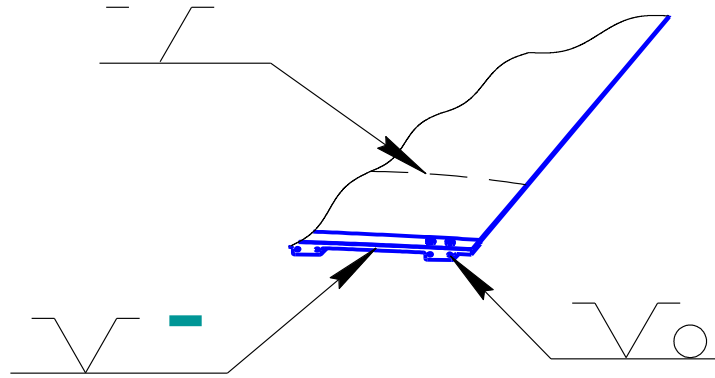


Рисунок 2.5 – Схема базування панелі

Знімні носки, панелі хвостової частини та закінчування базуються в стапелі по зовнішній поверхні за допомогою рубильників (рисунок 2.6).

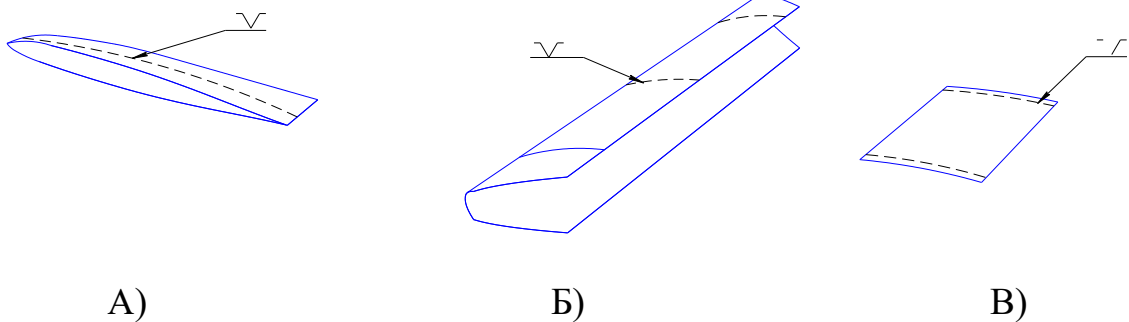


Рисунок 2.6 – Схема базування: а) – закінцівки; б) – з'ємного носку; в) панелі хвостової частини.

## 2.8 Розробка ТУ на проектування і конструкцію складального пристрою

Стапель загального складання є оснащенням першого порядку, куди на остаточне складання надходять підскладання зібрані в окремих стапелях.

Стапель стаціонарний, положення агрегату в стапелі вертикальне, хвостовою частиною вниз. Стапель призначений для базування, фіксації та складання деталей, вузлів, секцій та їх скріплення.

Технічні умови на проектування стапеля загального складання кіля наступні:

а) Стапель призначений для збирання кіля;

б) Положення кіля у стапелі – вертикальне, носовою частиною нагору.

в) до стапеля загального складання надходять:

- 2-й лонжерон;
- передня частина кіля;
- права та ліва панелі;
- нервюри;
- знімні носки;
- закінчення;
- панелі;
- елементи каркасу.

г) у стапелі загального складання передбачені:

- фіксатори передньої частини кіля та 2-го лонжерона;
- рубильники обведення хвостової частини;
- рубильники кріплення панелей;
- фіксатори по вузлам навішування руля напрямку рульових агрегатів;
- можливість виймання агрегату вгору;
- фіксація всіх вузлів за допомогою: класних штирів.

д) для зручності виконання робіт передбачено три рівні помістів з відкидними майданчиками;

е) кіль у стапелі збирається у вертикальному положенні.

Технічні вимоги до стапеля складання кіля:

1. монтаж стапеля проводити по монтажних плитах;
2. рубильники обробляти на верстатах із ЧПК з відхиленням від ТК не більше 0,11 мм;
3. стапельну плиту виготовляти по майстер-плиті;
4. стапель повинен забезпечувати складання кіля відповідно до вимог ТУ на виготовлення агрегату.

ж) закладка лонжеронів та панелей проводиться зверху кран-балкою.

з) виїмка зі стапеля зібраного кіля здійснюється нагору.

і) Максимальна похибка пристосування  $\pm 0,3$  мм.

Конструкція складального пристосування залежить від застосовуваного методу ув'язування оснастки, а також конструкцією та розмірами виробу, що збирається. Як було сказано вище, для ув'язування оснащення складання кіля ПрІМ.

Стапель збирання кіля складається з наступних основних елементів:

1) нижній та верхній поздовжніх балок, виготовлених із зварених швелерів та листів. На балках встановлені залиті НІАТ-НЦ вилки для встановлення обвідних та точкових фіксаторів, а також для встановлення монтажних плит та калібрів під час монтажу стапеля;

2) підставок зварної конструкції під нижню поздовжню балку, забетонованих у фундамент;

3) перекладин для встановлення стапельної плити;

4) вертикальних колон;

5) рубильників, виготовлених із плит Д16Т за програмою на верстаті з ЧПУ.

б) стапельної плити з роз'єму ОЧК з центропланом, виготовленої із сталеві плити, що обробляється за товщиною, за шаблоном роз'єму. Обробка отворів проводиться по кондукторній плиті, виконаній з матер-плити. Монтаж стапельної плити проводиться за допомогою монтажної плити. На стапельну плиту переноситься інформація з майстер-плити:

- а) вісь 1-го лонжерону;
- б) вісь 2-го лонжерону;
- в) теоретичний контур кіля;
- г) стики панелей;
- д) осі стрінгерів.
- 7) фіксаторів вузлів навішування керма напрямку;
- 8) фіксаторів вузлів навішування рульових агрегатів;
- 9) ложементів по передній частині кіля, встановлених на реперних майданчиках верхньої балки стапеля;
- 10) монтажних реперів, що встановлюються безпосередньо при монтажі каркаса стапеля, та призначені для кріплення елементів каркасу між собою.

## **2.9 Конструкція калібру фіксаторів вузлів навішування керма напрямку**

Калібр вузлів навішування керма напрямку є представником оснащення другого порядку та призначений для монтажу фіксаторів вузлів навішування керма напрямку (рис 2.7).

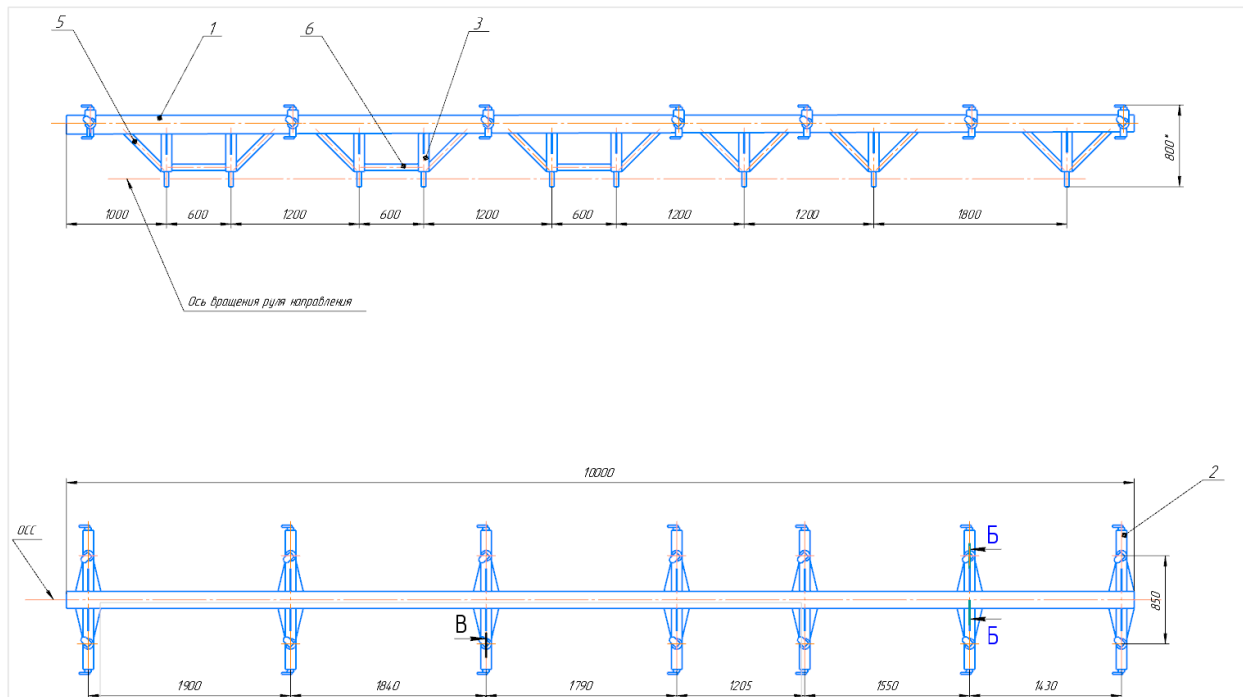


Рисунок 2.7 – Оснастка 2-го порядку

В основі конструкції лежить балка (поз.1). Балка зварена із двох швелерів. Фіксатори поз. 3 виготовляються шляхом приварювання вуха до стрижня фіксатора. У вусі виконано отвір  $\text{Ø}50\text{H}8$  для проштирування під час монтажу фіксаторів вузлів навішування. Репера поз. 7 монтується на каркас інструментального стенді. Вони призначені для встановлення калібру у стапелі.

## 2.10 Технический проект оборудования для механизации процесса сборки

Як обладнання для механізації збирання виберемо різьбозавертаючу машину для тарованої затяжки болтів (рис.2.8). Пропонований проект обладнання являє собою модернізацію різьбозавертаючої машини МРЗ-8, розробленої НДАТ УРСР у 1982 році.

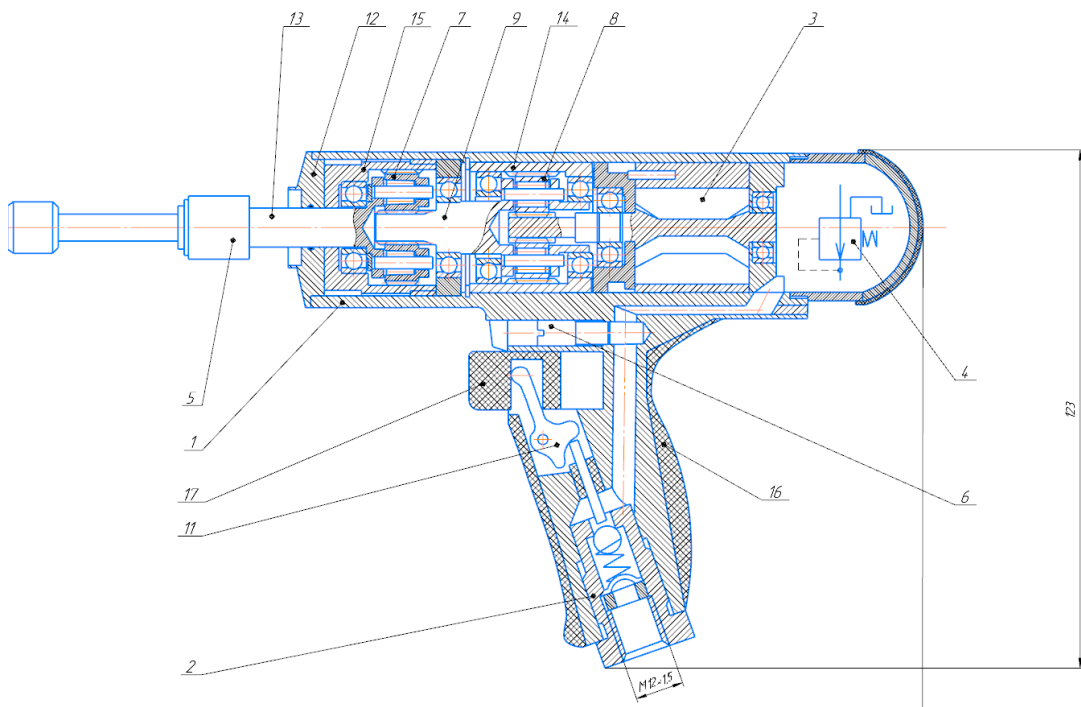


Рисунок 2.8 - різьбозавертаюча машина MP3-8

Після проведення модифікації обладнання придбало покращені експлуатаційні характеристики, що виявилось у зниженні ваги та підвищенні рівня ергономічності машини. Ергономічність вдалося покращити за рахунок зміни форми рукоятки, введення у її конструкцію неметалів. Рукоятка виконана гумовою, що зменшує кількість металу в її конструкції і, в холодну пору року, підвищує комфортність робіт.

Пневмо-редуктор був перенесений з передньої нижньої частини машини в задню частину, а рукоятка зміщена вперед на 45 мм. В результаті цього центр тяжіння машини опинився над рукояткою по горизонталі і ще ближче до рукоятки по вертикалі, що дозволило зменшити момент, що нахилиє, що діє на руку робітника.

### 2.11 Уточнення типу виробництва

Тип виробництва як загальна організаційно-технічна характеристика виробництва визначається головним чином ступенем спеціалізації робочих місць,

величиною та сталістю деталей та складальних одиниць, а також формою руху деталей по робочих місцях.

Залежно від обсягу виробництва та програми випуску продукції розрізняють три основні типи виробництва: масове, серійне та одиничне.

Масове виробництво – характеризується вузькою номенклатурою та великим обсягом випуску виробів, які безперервно виготовляються або ремонтуються протягом тривалого часу.

Серійне виробництво – характеризується обмеженою номенклатурою виробів, що виготовляються або ремонтуються партіями, що періодично повторюються, і порівняно, великим обсягом випуску виробів.

Одиничне виробництво - характеризується широкою номенклатурою виробів, що виготовляються або ремонтуються, і малим обсягом випуску.

Таким чином, для збирання кіля з програмою випуску 32 вироби на рік найбільш підходящим є серійне виробництво.

Для нього характерно:

- поопераційна розробка технологічних процесів;
- на кожному робочому місці виконується кілька операцій, що періодично повторюються;
- обладнання на виробничій ділянці розташовується відповідно до послідовності виконання етапів технологічного процесу за групами операцій.

У серійному виробництві використовуються робітники переважно середньої кваліфікації та застосовується переважно універсальне обладнання.

## 2.12 Вибрати організаційну форму збирання агрегату

Організація технологічного процесу може бути реалізована у вигляді трьох основних форм:

- Бригадна, де весь комплекс технологічних операцій виконується одним робітником або бригадою робітників (застосовується в основному в дослідному виробництві);

- Операційна форма передбачає виконання робітниками закріплених за ними операцій технологічного процесу складання;

- Поточна форма полягає в переміщенні агрегату, що збирається по потоковій лінії, під час чого виконується складання агрегату.

Для цього дипломного проекту доцільно обрати операційну форму організації виробництва.

## 2.13 Розробка циклового графіка складання кіля

Цикловий графік є основним технічним та організаційним документами потокової при складанні. У межах номенклатури на кожну складальну одиницю цеху складається цикловий графік виробничої ділянки, а потім для всього цеху.

У цикловому графіку виготовлення складальної одиниці вказуються такі відомості: зміст укрупнених операцій у послідовності їх виконання, норма часу виконання кожного завдання, кількість одночасно працюючих робітників за завданням, тривалість виконання завдання залежно кількості виконавців і трудомісткість виконання кожного завдання.

Складальне завдання - група операцій, що виконуються одним робітником або декількома (бригадою) на одному робочому місці за період часу, кратний такту. Якщо цикловий графік складається задля потоку, то тривалість завдання може бути будь-який залежно кількості операцій, об'єднаних у ньому.



Складальне об'єднання - група складальних завдань, що виконуються декількома робітниками або бригадами на одному стенді потокової лінії за час, кратне такту.

Його призначення – регламентувати порядок виконання завдань та об'єднань у часі та просторі, нести інформацію про необхідні ресурси та їх якість при реалізації технології; встановлювати розрахунковий такт роботи потоку та задавати постійний технологічний цикл складально-монтажних робіт на лінії.

Побудуємо цикловий графік складання стабілізатора на основі раніше спроектованого технологічного процесу складання.

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

$$\tau = \frac{\Phi_p}{N}, \quad (2.19)$$

де  $\Phi_p$  - расчетный фонд рабочего времени в году ;

$N$  - программа выпуска изделий за год (65 изделий за год).

$$\Phi_p = s \cdot t \cdot m, \quad (2.20)$$

де  $m$  – кількість робочих днів на рік;

$s$  – кількість робочих змін на добу;

$t$  – тривалість однієї зміни.

Приймаємо:  $s=1$ ,  $t=8$  (ч),  $m=365-105=260$ , де 105 – кількість вихідних днів.

Тоді:  $\Phi_p = 1 \cdot 8 \cdot 260 = 2080$ (ч);

Такт випуску:  $\tau = \frac{2080}{32} = 65$ (ч/шт) або 8,125 робочих змін.

Цикловий графік характеризується тривалістю циклу збирання виробу.

Технологічний цикл – робочий час, протягом якого виріб виготовляється від початку до кінця (приватний від розподілу трудомісткості виготовлення об'єкта на кількість одночасно працюючих). Результати розрахунків відобразимо у цикловому графіку.

$$Ц = \frac{T}{n}; \quad (2.21)$$

Виконання заданої програми випуску виробу має бути забезпечене необхідною кількістю пристроїв та робітників. Для виконання заданої програми необхідно 4 пристосування .

Цикловий графік складання стабілізатора представлений на кресленні в графічній частині проекту.

Відповідно до даних циклового графіка технологічний цикл складання стабілізатора становить  $Ц = 252,5$  год.

## **2.14 Технологічні розрахунки цеху, обґрунтування структурного складу цеху**

Проектування цехів авіабудівних заводів є складним творчим процесом, у якому слід шукати раціональні рішення різноманітних технічних питань. Воно базується на сучасних науково-технічних досягненнях, потребує комплексу знань із різних галузей науки та техніки. На основі цих знань мають бути знайдені раціональні вирішення питань, необхідних для практичних цілей проектування.

Проектувальнику-технологу доводиться вирішувати широке коло питань, пов'язаних із розрахунком виробничої потужності та влаштуванням цеху. У процесі проектування визначають необхідні для виробництва матеріальні та технічні ресурси – тип та кількість обладнання, кількість виробничих робітників, розміри площ, енергетичні потужності, ступінь автоматизації виробничих процесів, а також створюють технології переміщення основних вантажопотоків – матеріалів, напівфабрикатів, деталей, вузлів, панелей, агрегатів – всіх етапах виробничого процесу.

Основними вихідними даними для проектування агрегатно-складального цеху є:

- Виробнича програма випуску агрегатів;
- креслення загального виду агрегату;
- директивна технологія виготовлення агрегату;



## Продовження таблиці 2.2

Вузлове складання керма напрямку								
Складання лонжерону	205	4	0,5	1	4	0,5	30	30
Складання кришек	34	1	0,59	1	1	0,55	18	18
Складання нервюр и діафрагм	124	3			3	0,78	12	12
Складання носку	97	2	0,7	1	2	0,7	25	25
Стапельне складання керма напрямку	965	9	1,4	2	18	0,98	45	90
Сумарні показники	1552			9	12	0,806		
Всього	11676,9			86	272	0,785		1817

Згідно зі статистичними даними трудомісткості за видами робіт, що виконуються в агрегатно-складальному цеху, розподіляються у відсотковому співвідношенні від загальної трудомісткості.

У таблиці 2.3 наведено розподіл трудомісткості за видами робіт у цеху збирання кіля.

Таблиця 2.3 - Розподіл трудомісткості за видами робіт

ВИДИ РОБІТ	ТРУДОЕМКОСТЬ, н/ч.
слюсарно-складальні	3450,2
Клепально-складальні	4512,8
Клепка на пресах	1257,2
Свердлильно-зенкувальні	1737,8
Інші	460,9
Всього	11676,9

### 2.14.1 Розрахунок необхідної кількості робітників, кількості оснащення та обладнання

До складу працюючих в агрегатно-складальному цеху входять: виробничі робітники-складальники, допоміжні робітники, молодший обслуговуючий персонал, інженерно-технічні працівники, лічильно-конторський персонал.

Кількість виробничих робітників залежить від трудомісткості складальних робіт та дійсного річного фонду часу роботи робітника, та визначається за формулою:

$$n = \frac{T \cdot N}{\Phi_{д.р}} \quad (2.22)$$

Розрахунок кількості стапелів визначається по кожному стапелю окремо відповідно до номенклатури, прийнятої для проектного цеху.

де  $T$  - цикловий час збирання год;

$N$  - річна програма випуску агрегатів чи вузлів у комплекті;

$\Phi_{д.р}$  - дійсний (розрахунковий) річний фонд часу роботи стапеля, год;

Коефіцієнт завантаження пристроїв за часом може бути визначений як відношення розрахункової кількості пристроїв до прийнятого:

$$\eta_{пр} = \frac{C_p}{C_{пр}} \quad (2.23)$$

Механізований інструмент в агрегатно-складальних цехах розраховується у відсотковому відношенні від кількості виробничих робітників (табл. 2.4)

Таблиця 2.4 Розрахунок механізованого інструменту

Найменування інструменту	Кількість інструменту у % від кількості виробничих робітників	Розрахункова кількість інструменту, шт.	Прийнята кількість інструментів, шт.
Пневмодрилі	27	73,4	74
Пневмомолотки	24	65,3	66
Пневмовикрутки	9	24,5	25
Пневмогайковерти	6	16,3	17

В агрегатно-складальних цехах крім основного технологічного обладнання, що визначається розрахунком, приймаються додаткові нерозрахункові верстати, преси та верстати, необхідні для доробкових операцій.

До категорії допоміжного обладнання в агрегатно-складальних цехах відносяться верстати, що комплектують групу цехового механіка з ремонту обладнання та пристроїв.

Склад додаткового нерозрахункового та допоміжного обладнання приймається відповідно до статистичних даних залежно від кількості виробничих робітників у цеху:

Таблиця 2.5 - Нерозрахункове обладнання:

Обладнання	Кількість
Настільно-свердлильний верстат	3 шт.
Клепальний прес	2 шт.
Точило наждачне	1 шт.
Верстат з ящиками для інструментів до стапелів, до позастапельних місць доопрацювання та монтажу великих агрегатів	6 шт.
Свердлильно-зенкувальна установка	1 шт.

Таблиця 2.6 - Допоміжне обладнання для майстерні цехового механіка та ремонту пристроїв:

Обладнання	Кількість
Токарно-гвинторізний верстат	1 шт.
Вертикально-свердлильний верстат	1 шт.
Універсально-фрезерний верстат	1 шт.
Точило наждачне	2 шт.
Плита розмічувальна	1 шт.
Верстат слюсарний	10 шт.

За даними таблиці 2.2 можна визначити загальну кількість виробничих робітників у цеху складання хвостового оперення

Помноживши число робітників на кількість пристосувань по кожному виду робіт та підсумувавши, отримуємо кількість виробничих робітників у цеху  $P=272$  роб.

Зазвичай кількість допоміжних робітників, ІТР, КСХ та МОП приймається за штатним розкладом. На основі досвіду, що склався, приймати цю групу працюючих можна у відсотковому відношенні від числа виробничих робочих. Причому відсоток залежно від рівня механізації та автоматизації виробничих процесів має коригуватися.

У нашому випадку приймаємо, що за чисельності виробничих робітників у цеху:

Допоміжні робітники:

$$P_{\text{вс}} = P \cdot 20\% = \frac{272}{100} \cdot 20 = 54,5; \quad (2.24)$$

Приймаємо  $P_{\text{вс}} = 55$  роб.

Уточнимо кількість допоміжних робітників цеху за посадами залежно від норми обслуговування (таблиця 2.7).

Таблиця 2.7 - Розрахунок допоміжних робітників за посадами

№ п/п	Посада	Норма обслуговування	Кол-во робочих, чел	Разряд
1	Слюсар з обсл. обладнання-ван.	120	8	4
2	Електромонтер	100	8	3
3	Слюсар ПРИН	80	8	4
4	Верстатник ПРИН	200	4	4
5	Комірник ИРК	120	4	4
6	Роздатчик креслень	20	1	4
7	КомірникПРОСК	30	4	4
8	Транспортні робітники	25	5	4

9	Кранівник	15	1	4
10	Контролер	18	6	4
11	Комплектувальник	15	4	4
12	Прибиральник цеху	10	2	2
	Всього		55	

Кількість ІТП, службовців та МОП може визначатися по-різному:

- за нормами чисельності;
- за нормами керованості та обслуговування;
- за емпіричними залежностями або укрупнено у відсотках кількості виробничих робочих.

Розрахуємо кількість ІТП, службовців та МОП у відсотковому відношенні до виробничих працівників.

ІТР:

$$P_{\text{ИТР}} = P \cdot 20\% = \frac{272}{100} \cdot 20\% = 54,5; \quad (2.25)$$

Приймаємо  $P_{\text{ИТР}} = 55$  роб.

КСХ:

$$P_{\text{КСХ}} = P \cdot 3\% = \frac{272}{100} \cdot 3\% = 8,9; \quad (2.26)$$

Приймаємо  $P_{\text{КСХ}} = 9$  роб.

МОП:

$$P_{\text{МОП}} = P \cdot 1,5\% = \frac{132}{100} \cdot 1,5\% = 4,5; \quad (2.27)$$

Приймаємо  $P_{\text{МОП}} = 5$  роб.

Отримані розрахункові дані кількості працівників ІТП, службовців та МОП відкоригуємо розрахувавши їх за посадами (див. таблиці 2.8)



Таблиця 2.8 - Чисельність ІТП, службовців та МОП у цеху

	Посада	п, чол
<b>Керівники</b>	Начальник цеху	1
	Зам. начальника цеху з виробництва	1
	Зам. нач. цеху з підготовці виробництва	1
<b>Фахівці</b>	Старший змінний майстер	2
	Начальник техбюро	1
	Технолог	12
	Інженер з інструменту	2
	Майстер ПРИН	2
	Зав. ІРК	1
	Начальник ПДБ	1
	Плановик	3
	Диспетчер	5
	Технолог з матеріалів	2
	Начальник БТиЗ	1
	Нормувальник	3
	Економіст	2
	Механік цеху	2
	Майстер з обладнання	2
	Начальник БТК	1
	Старший контрольний мастер	1
	Контрольний мастер	3
	Змінний майстер	10
<b>Службовці</b>	Нарядник	1
	Обліковець	2
	Бухгалтер	2
	Архіваріус	1
	Секретар-машиніст	1
	Завхоз	1
	Табельник	1
<b>МОП</b>	Прибиральник конторських приміщень	5

Тоді загальна кількість робітників у цеху дорівнює:  $P_{\Sigma} = 272 + 73 + 55 = 400$  (роб).

### 2.14.2 Розрахунок потрібних площ

Після того як ми визначили необхідну кількість обладнання та робітників можна перейти до визначення площ ділянок цеху.

Розрізняють виробничі та допоміжні площі, відповідно до їх функціонального призначення.

#### Розрахунок виробничих площ:

Виробнича площа – це площа, що займається складальним обладнанням, стендами, верстатами, майданчиками для зберігання вузлів та деталей, робочими місцями для майстрів та контролерів з урахуванням проходів та головного проїзду. У виробничу площу включаються також площі зайняті лабораторним обладнанням, місцями для приготування розчинів, лаків, фарб, клеїв.

Так як у нашому цеху використовується велика кількість різноманітних складальних пристосувань, щоб порахувати повну виробничу площу цеху, ми вважаємо площі, що припадають на конкретні види пристосувань, враховуючи їхню кількість.

Сумарна площа по кожному виду пристосувань і обладнання розраховується так:

$$F_{\Sigma\text{уд}} = F_{\text{уд}} \cdot C_{\text{пр}}; \quad (2.28)$$

Потім підсумовуємо отримані величини площ, враховуючи площі нерозрахункового та допоміжного обладнання, та отримуємо сумарну виробничу площу цеху:

$$F_{\Sigma} = \Sigma F_{\Sigma\text{уд}} = 1817(\text{м}^2) \quad (2.29)$$

Цей показник визначається габаритами застосовуваних приладів та транспортними засобами, останні визначають ширину проїзду між приладами.

Використовуючи графіки [7, 254-256] можна визначити норми питомих виробничих площ на одне робоче місце або одиницю обладнання в агрегатно-складальному цеху.

Виробнича площа, яка необхідна для встановлення обладнання та пристосувань становить 1817 м<sup>2</sup>. Для обліку проходів та проїзду між пристроями отриману площу потрібно перемножити на 1,2, отримаємо:

$$F_{\text{произв}} = F \cdot 2,2 = 1817 \cdot 1,2 \approx 2180(\text{м}^2); \quad (2.30)$$

Після планування обладнання робочих місць і транспортних засобів, можна визначити остаточний розмір площі, з урахуванням відстаней між пристосуваннями та шириною проходів та проїздів, а також після розміщення всіх допоміжних служб відповідно до техніки безпеки та норм проектування.

#### Розрахунок допоміжних площ:

Після того як ми розрахували загальну та виробничу площі можна приступати до розподілу площ, які необхідні для складських та допоміжних служб.

Допоміжні площі - площі до яких відносять ділянки для ремонту обладнання та оснащення, майстерні з ремонту пристосувань та інструменту, приміщення для контролю, цехові енергетичні та санітарно-технічні установки, приміщення для чергових слюсарів, електромонтерів тощо.

Як правило, допоміжні площі становлять 25-27% від виробничої площі:

Допоміжну площу можна розрахувати так:

$$F_{\text{вспом}} = F_{\text{произв}} \cdot 25\% = \frac{2180}{100} \cdot 25 = 545(\text{м}^2); \quad (2.31)$$

Тоді загальна площа цеху дорівнюватиме:

$$F_{\text{общ}} = F_{\text{вспом}} + F_{\text{произв}} = 2180 + 545 = 2725(\text{м}^2) \quad (2.32)$$

- Майстерня цехового механіка: 60м<sup>2</sup>;

- Матеріальні склади:  $92\text{м}^2$ ;

- ІРК:  $0,25\text{м}^2$  на одного виробничого робітника.

$$F_{\text{ІРК}} = 0,25 \cdot 272 = 68(\text{м}^2); \quad (2.33)$$

Всі ці площі складаються і суму віднімають із допоміжних та складських площ.

$$F_{\text{ІРК}} + F_{\text{МЦМ}} + F_{\text{МС}} = 60 + 92 + 68 = 228 (\text{м}^2); \quad (2.34)$$

$$F = 545 - 222 = 323(\text{м}^2); \quad (2.35)$$

Отриману різницю розподіляють у наступних пропорціях:

- Склад нормалей – 5% :

$$F_{\text{скл.норм}} = \frac{323}{100} \cdot 5\% = 17 (\text{м}^2); \quad (2.36)$$

- Виробничий склад деталей (ПРОСК) – 65% :

$$F_{\text{ПРОСК}} = \frac{323}{100} \cdot 65\% = 210 (\text{м}^2) \quad (2.37)$$

- Комора дрібного технологічного оснащення – 10% :

$$F_{\text{ком.д.техн.осн}} = \frac{323}{100} \cdot 10\% = 33(\text{м}^2); \quad (2.38)$$

- Місця підскладань – 20% :

$$F_{\text{м.подсб.}} = \frac{323}{100} \cdot 20\% = 65(\text{м}^2); \quad (2.39)$$

#### Розрахунок площ адміністративно-технічних приміщень:

Адміністративно-технічні приміщення - складаються з приміщень технологічного, конструкторського, планово-диспетчерського бюро, цехової лабораторії, приміщень для змінних майстрів, табельної. Також до складу входять кабінети начальника, його заступників, представника замовника та ін.

Площі адміністративно-технічних приміщень приймаються залежно від кількості працівників найбільш численну зміну.

Таблиця 2.9 – Склад адміністративно-технічних приміщень

Склад приміщень	Площа, м <sup>2</sup>
Кабінет начальника цеху	30
Кабінет заступника начальника цеху з виробництва	17
Кабінет заступника начальника цеху з підготовки виробництва	17
Кімната секретаря	10
Табельна	10
Приміщення БТК	12
Технологічне бюро	48
Бюро праці та зарплати	12
Бюро цехового механіка	10
Архів технічної документації	14
Диспетчерський пульт	16

Усі приміщення повинні мати природне освітлення та висоту не менше 3,3 м.

Розрахунок площ побутових приміщень:

При розрахунку площі для побутових приміщень, перед проектувальниками ставиться завдання як створення нормальних умов праці, так і нормальних побутових умов з виробництва. Побутові приміщення цеху необхідні для санітарно-гігієнічного, медичного, культурного та іншого обслуговування, а також служб харчування.

Склад, розміри та обладнання побутових приміщень встановлюються санітарними нормами. До складу сходять санітарно-гігієнічних служб входять умивальники, вбиральні, душові, кімнати гігієни жінок, приміщення для сушіння, знешкодження та знепилення одягу, пральні, курильні приміщення тощо.

На першому поверсі ,зазвичай, розміщують вбиральні, умивальні, медпункти та душові. На другому та третьому поверсі розміщують адміністративно-технічні приміщення, кімнати для їжі, гардеробні. Враховуючи всі вимоги та норми, що пред'являються до розрахунку побутових приміщень, виконуємо розрахунок площі побутових приміщень (див. таблицю 2.10).

Таблиця 2.10 – Розрахунок площ побутових приміщень

Назва приміщення		Питома площа	Застосовувана норма	Розрахункова кількість людей	Р, роб.	Площа приміщення, м <sup>2</sup>
Гардеробні із закритим способом зберігання		0,6	На одного робітника	Загальна кількість робітників	217	131
Умивальні		1,2	На один кран	Кількість працюючих у найбільш численній зміні – 15 осіб на 1 кран	217	18
Вбиральні:	жіночі	2,8	на один унітаз	один унітаз на 15 жін., кількість жінок у найбільш численній зміні	17	16
	чоловічі	3,3	на один унітаз	один унітаз та один пісуар на 30 чол., кількість чоловіків у найбільш численній зміні.	29	27
Душові		2,5	на один душ (з урахуванням тамбуру)	15 людей на один душ. Кількість працюючих у найбільш численну зміну	217	37
Курильні кімнати		0,02	на одного працюючого	Кількість працюючих у найбільш численній зміні	217	8
Сумарна площа, м <sup>2</sup>						240

### 2.14.3 Склад цеху

До складу цеху збирання кіля входять виробничі відділення, допоміжні служби, склади, контори, побутові приміщення.

До складу цеху входять:

а) виробничі ділянки:

- ділянка складання лонжеронів та передньої стінки;
- Ділянка складання передньої частини кіля;
- Ділянка складання нервюр кіля;
- Ділянка складання панелей;
- -Ділянка складання знімних носків і закінчування кіля;
- Ділянка стапельного складання кіля;
- Ділянка позастапельного складання кіля;
- Ділянка складання керма напряду;

б) виробничо-диспетчерське бюро;

в) технологічне бюро;

г) бюро організації праці та зарплати;

д) бюро технічного контролю;

е) група ПРІН;

ж) склади.

Головними завданнями цеху є:

- отримання у техвідділу заводу розцихування та доведення її до майстрів;
- складання та розробка технології виготовлення кіля;
- розробка нескладних пристроїв та інструментів;
- впровадження оснащення, розробка циклових графіків та відомостей завантаження обладнання;
- вдосконалення технологічних процесів;
- складання технічних умов на проектування оснащення.

Виробнича частина апарату цеху керує діяльністю кожної виробничої ділянки через технологічне бюро та старших майстрів.

ВДБ проводить роботу з урахуванням програми, розробленої планово-виробничим відділом заводу. ВДБ становить календарний план роботи цеху по

виробничих дільницях, контролює своєчасність постачання цеху матеріалами, веде облік виконання програми цехом, попереджає та ліквідує всі заборгованості у процесі виконання програм.

БТК проводить роботу з виявлення шлюбу та його профілактики, бере безпосередню участь у заходах щодо підвищення якості продукції.

## **2.15 Розробка заходів щодо організації робочих місць, механізації й автоматизації робіт**

Робоче місце – частина виробничої площі з розташованому на ній устаткуванням та обладнанням, що використовується групою робітників для виконання певної роботи. Раціональна організація робочого місця спрямована на створення максимальних зручностей, що дозволяють виконувати операції з найменшою витратою робочого часу (раціональне оснащення, зручне планування робочого місця, створення нормальних санітарно-технічних умов на робочому місці). Визначимо конкретні вимоги до оснащення місця складання.

Місце для складання має бути оснащене:

- монтажним столом для підготовчих робіт і робіт поза пристроєм, стелажем для зберігання деталей;
- повітропроводом і електропроводкою для підключення механізованого інструменту,
- комплектом інструменту для складальних робіт (молотками слюсарними ключами, викрутками, лінійками, свердлами, зенкерами, молотками і дрелями пневматичними).

Складальний пристрій повинно бути зручним в роботі. Для цього: місце розташування забірних клапанів повітряної мережі повинно знаходитися на відстані не більше ніж 1,5 м від пристрою; стелаж і верстак повинні знаходитися на відстані не менше 0,5 м від пристрою, але при цьому компонування робочого місця повинне



бути компактним (тобто робоче місце повинно займати якомога менші виробничі площі).

## 2.16 Організаційна структура і система управління виробництвом у цеху

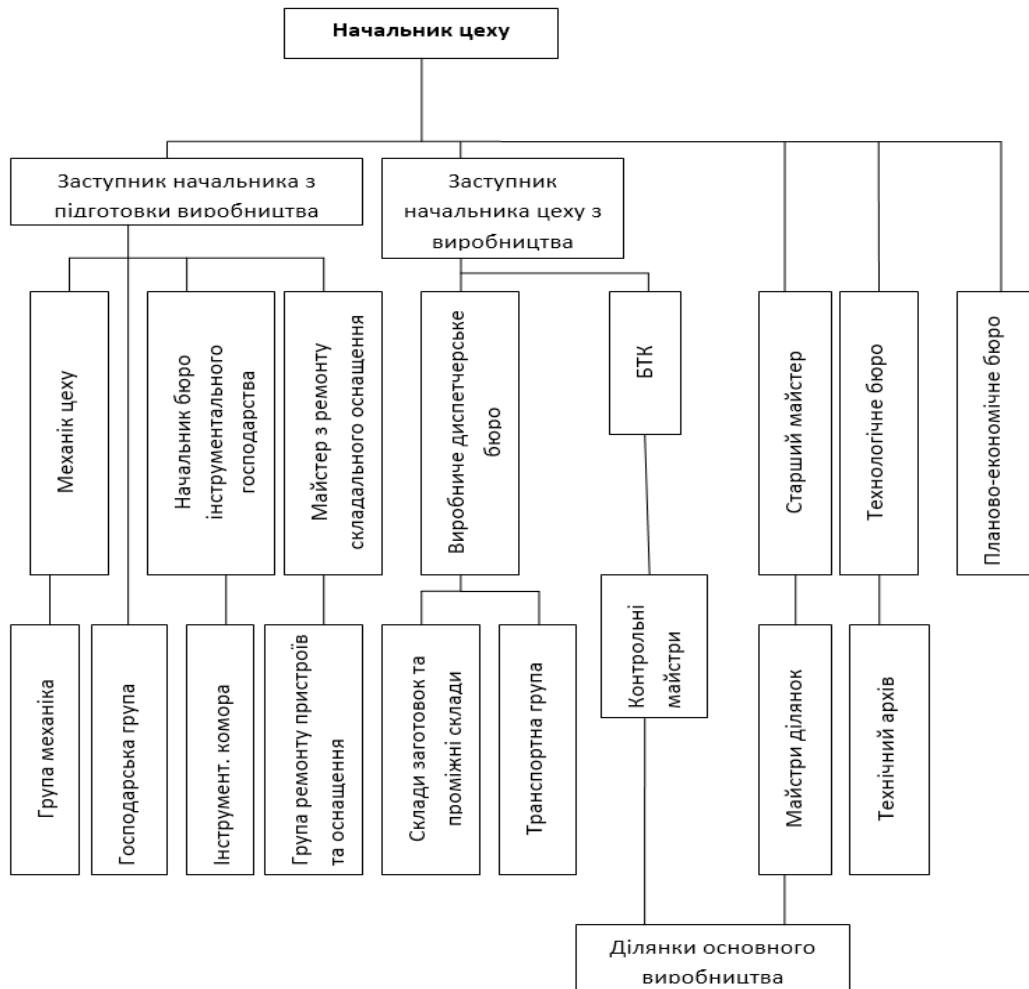


Рисунок 2.11 - Організаційна структура управління цехом

## 2.17 Система управління якістю продукції

Якість як вирішальний чинник конкурентоздатності визначається рівнем організації виробництва, досконалістю технологічних процесів, відповідальністю та кваліфікацією керівників, співробітників, робочих. Якість має забезпечуватися на всіх етапах розробки, виробництва та використання виробів. При забезпеченні якості слід задовольняти вимогам ринку, замовника, здійснювати правильну стратегію діяльності підприємства. Особливо важливе значення надається вимогам

замовника, так як споживач порівнює виробника з конкурентами та оцінює якість продукції, очікуючи, що постачальник виконає супровід та підтримку своїх виробів у процесі експлуатації. [2]

Якість складальних одиниць ЛА визначається рівнем забезпечення геометричної взаємозамінності, методом складання, відсутністю внутрішніх напруг при складанні, якістю виконання заклепувальних швів, рівнем застосування засобів механізації та автоматизації у складальних процесах.

В даний час у сферу системи забезпечення якості включено фазу розробки виробу та з'явилося поняття "інтегроване управління забезпеченням якості". Воно охоплює і сферу планування, і сферу управління пов'язане з якістю діяльності всього підприємства. Система забезпечення якості повинна використовувати єдині норми, сформульовані у стандартах ISO. За цими стандартами система забезпечення якості визначається як сукупність організаційної структури, відповідальності, процедур, процесів і ресурсів, що забезпечує здійснення загального керівництва якістю.[2]

Розрізняють автоматизоване управління систем забезпечення якості, побудоване на використанні комп'ютерів та баз даних, та управління систем забезпечення якості за рахунок реалізації процедур, регламентованих нормативно-технічними документами підприємства та контролем їх дотримання.

Як основу розробки систем забезпечення якості розглядають конструкторську, технологічну і нормативно-технічну документацію. Контроль креслень, зберігання, видачу, обіг креслень та екземплярів конструкторської документації здійснюють відповідно до вимог стандартів підприємства. [2]

При управлінні систем забезпечення якості враховується вплив метрологічного та інструментального виробництва, а також технологічного обладнання та оснащення. Метрологічного забезпечення виробництва дозволяє проводити контроль за засобами вимірювань, що використовуються у виробничих процесах, за

достовірністю самих вимірів. Інструментальне виробництво виготовляє для цехів підприємства інструмент заданої якості відповідно до вимог технічної документації. Планування, проектування, придбання інструменту, його зберігання, транспортування та видача на робочі місця здійснюються відповідно до стандартів та інструкцій заводу. Технологічне обладнання та оснащення, що використовуються в технічних процесах виготовлення, піддається перевіркам, ремонту та атестації придатності відповідно до вимог стандартів підприємства. Вимоги до якості готових виробів і матеріалів, що закуповуються, і до системи якості постачальників, встановлюються в договорах на поставку.[2]

Для розробки конкретних заходів, спрямованих на поліпшення якості, надійності, довговічності, безпеки авіа-виробів на авіаційних заводах існують постійно діюча комісія з якості, що складається з головних фахівців, представника замовника та директора з виробництва. Рішення, що приймаються постійно діючою комісією з якості, оформляються протоколом, та їх виконання контролює відділ технічного контролю.[2]

## **Висновки**

В технічному розділі була розроблена схема конструктивно-технічного членування, розроблена схема складання та схема ув'язування заготівельного і складального оснащення для кіля літака типу Ан-124 та зроблені розрахунки точності, на основі чого було складено маршрутно-операційний технологічний процес.

Також було розроблено цикловий графік складання, проведено технологічні розрахунки цеху та обґрунтування його структурного складу, після чого було виконано планування цеху складання кіля.

## **3.ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ**

### **3.1. Маркетингові дослідження ринку збуту продукції для визначення програми випуску виробів**

#### **3.1.1. Характеристика виробу як товару**

Темою даної дипломної роботи є розробка технології та оснащення для складання кіля важкого транспортного літака, а саме літака типу Ан-124 «Руслан». Ан-124 – радянський, після 1991 року російський та український важкий далекий транспортний літак 4-го покоління розробки ОКБ імені О. К. Антонова. У виробництві компонентів йому у СРСР брали участь понад сотню підприємств у Росії, Україні, Узбекистані та інших радянських республіках.

Літак Ан-124 «Руслан» створювався насамперед для повітряного транспортування мобільних пускових установок міжконтинентальних балістичних ракет, таких як тягач МЗКТ-79221, а також для проведення великомасштабних десантних повітряних перевезень особового складу та важкої бойової техніки. Також літак призначався і для великотоннажних перевезень на користь народного господарства. Цивільний варіант літака може виконувати польоти на всіх географічних широтах та призначений для перевезення вантажів, у тому числі нестандартних великогабаритних. Герметична вантажна кабіна загальним обсягом 1050 м<sup>3</sup> забезпечує широкі можливості для транспортування різних видів вантажів, у тому числі нестандартних та великогабаритних, а також спеціальних умов перевезення. Багатостійкове шасі, забезпечене 24 колесами, дозволяє експлуатувати літак з ґрунтових злітно-посадкових смуг, а також змінювати кут нахилу фюзеляжу, що полегшує проведення вантажно-розвантажувальних робіт.

Для навантаження нестандартних вантажів у вантажній кабіні встановлено дві електролебідки тягою до 3 тонн кожна та 4 електротельфери загальною вантажопідйомністю до 30 тонн. Транспортний літак Руслан належить до класу важких далекомагістральних транспортних літаків. Він здатний взяти на борт 150

т вантажу, хоча за 30 років його існування відомі випадки перевищення дозволеного тоннажу.

Вантажний відсік оснащений двома електролебідками з тягою до 3 т та чотирма електротельферами з вантажопідйомністю кожного до 8 т. Управління здійснюється екіпажем до 9 осіб. У відділенні для супроводу можна розмістити до 28 осіб. Дальність польоту залежить від завантаження. Без вантажу він може без посадок пролетіти понад 14 000 км. Конструкція шасі дозволяє сідати на ґрунтові злітно-посадкові смуги.

Незважаючи на те, що перший літак Ан-124 було випущено приблизно 30 років назад, його все ще активно використовують для транспортування вантажів, про що й свідчить велика кількість різних модифікацій. Ан-124 досі є одним з найбільш вантажопідйомних літаків у світі, а сучасний розвиток технологій дозволяє скоротити процес виробництва. Тому виробництво кіля для літака цього типу є досить актуальним.

### 3.1.2 Аналіз ринку

У процесі виробництва вироби стикаються з проблемою різних вимог покупців. Тому виділяють певну частину споживачів, які пред'являють однорідні вимоги до виробу.

Вибір стратегії сегментації залежить від наступних факторів:

- від виду продукції, що випускається;
- від положення підприємства на ринку;
- від фінансового становища підприємства.

На ринку країн СНД основними перевагами буде відомість ДП «АНТОНОВ» та налагодженість зв'язку між потенційними клієнтами та постачаликами. З недоліків варто відзначити загальну економічну кризу, введення прикордонних бар'єрів та нинішнє епідеміологічне становище пов'язане з COVID-19.

На ринку країн далекого зарубіжжя основними перевагами буде великі розміри ринку збуту, та переважно не велика конкуренція для цього типу літаків. З недоліків варто відзначити труднощі налагодження контактів, в наслідок політичної та економічної нестабільності регіону СНД в цілому, а також складність з після продажним обслуговуванням та пандемія COVID-19.

### 3.1.3 Маркетинг

Маркетинг – це процес планування та управління розробкою виробів і послуг, ціною продукту, просування товарів до споживачів і ринків збуту, щоб досягнуте у такий спосіб різноманітність призводило до задоволення потреб як окремих осіб, і організацій.

Удосконалюючи технологію і знижуючи собівартість виготовлення продукції, необхідно прагнути розширювати ринок збуту і, перш за все, у країнах світу, що не мають своєї авіаційної промисловості. Такий товар як киль літака, в нашому випадку Ан-124, слід прагнути поширювати підписуючи контракти на обслуговування і постачання з фірмами та компаніями, які вже експлуатують даний літак, або знаходяться на етапі його покупки.

Зазвичай літак продається за прямими поставками. На підприємстві для цих цілей існує відділ збуту і зовнішньо-економічних зв'язків. Тут проводиться дослідження ринку, опрацьовуються варіанти можливих партнерів. В результаті переговорів укладається договір про поставку товару до певного терміну, в певній кількості і за певною ціною.

Для стимулювання збуту необхідно використовувати такі методи як реклама: реклама продукції в різних друкованих виданнях, на телебаченні, участь підприємства у різноманітних виставках, що дозволяють великій кількості покупців ознайомитися з виробами, показати їх з кращого боку, а також організація післяпродажного обслуговування клієнтів.

### 3.2 Формування ринку попиту

Формування попиту – дії підприємства, метою яких є повна інформованість потенційних покупців про товар, його особливості, економічні, цінові та споживчі характеристики, додаткові послуги, які можна отримати при придбанні товару, про сервіс, а також про фінансову надійність самої фірми-продавця, її репутацію.

Так, для отримання великого прибутку необхідно нарощувати обсяги виробництва, тобто необхідно отримувати нові замовлення. Велику роль на формування попиту надає реклама товару.

Тут рекламна діяльність йде за двома напрямками:

1) Придбання нових замовлень на вже вироблену продукцію. Звичайно, що кількість замовлень на нашу продукцію залежить від підприємств, які виробляють літак типу Ан-124. Отже, реклама повинна бути спрямована на сам літак. Але самостійно таку діяльність розвинути підприємство не може. Основну діяльність по рекламі беруть на себе завод-виготовлювач і організація - розробник Ан-124 ДП «Антонов».

В рамках рекламної діяльності виробник може здійснювати такі види реклами:

- розсилання реклами на електронні пошти потенційних клієнтів;
- публікація реклами на спеціалізованих виданнях, сайтах розрахованих на авіа-ринок;
- реклама на спеціальних виставках посвячених авіації, де підприємство буде здійснювати тісну співпрацю з іншими авіа-будівельними фірмами.

2) Інший напрямок рекламної діяльності підприємства – це придбання замовлень на виробництво принципово нових виробів – наприклад, крила на нові літаки Ан-124. Об'єктом цієї реклами є безпосередньо наше підприємство. Таким чином, здійснюючи рекламну діяльність, підприємство розраховує на замовлення в



майбутньому. При виході підприємства на повну потужність роботи передбачають застосування різного роду знижок.

### 3.3 Техніко-економічні показники цеху, що проектується

Об'єктом виробництва цеху, що проектується, є кіль для важкого транспортного літака типу Ан-124 з програмою випуску – 32 комплекти на рік. Всі необхідні дані для розрахунку техніко-економічних показників цеху складання кіля розраховані в «Технологічній частині» даного дипломного проекту.

#### 3.3.1 Розрахунок заробітної плати основних робітників

Пряма заробітна плата основних виробничих робітників (ПрЗП) розраховується за формулою:

$$\text{ПрЗП} = T \cdot \bar{e} \left( 1 + \frac{\bar{K}_{\text{ут}} + \bar{K}_{\text{ип}}}{100} \right), \quad (3.1)$$

Де  $T$  – сумарна трудомісткість робіт в цеху на річну програму випуску;  $T=373660,8$  годин.

$\bar{e}$  – середня часова тарифна ставка по цеху;

$\bar{K}_{\text{ут}}, \bar{K}_{\text{ип}}$  - середні за цехом нормативи доплат за умови та інтенсивність праці,  
 $\bar{K}_{\text{ут}} + \bar{K}_{\text{ип}} = 12\%$ .

Середню часову ставку  $\bar{e}$  розраховують так:

$$\bar{e} = \frac{\sum_{k=1}^8 e_R n_R}{\sum_{k=k+1}^8 n_R}, \quad (3.2)$$

Де  $e_R$  – часова ставка  $R$ -го розряду;

$n_R$  – кількість робочих  $R$ -го розряду.

Мінімальна ставка робітника складає:

$$(6500/20,5)/8 = 39,6 \text{ (грн/час)}. \quad (3.3)$$

Вихідні дані та обчислення зведені в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Вхідні данні

Розряд робочих	Кількість робочих, роб	Годинна ставка $e$ , грн/год	Розрахункові дані $e_R \times n_R$
3	169	51,625	8724,625
4	78	59	4602
5	25	68,45	1711,25
Всього	272	–	15037,875

Тоді:  $\bar{e} = 55,28$ .

$$\text{ПрЗП} = 373660,8 \times 55,28 \times 1,12 = 23134685,3 \text{ (грн)}.$$

Для розрахунку повного фонду заробітної плати крім прямої заробітної плати необхідно розрахувати додаткову заробітну плату виробничих робітників (ДЗП).

$$\text{ДЗП} = \text{ПрЗП} \cdot \frac{K_{\text{год}} + K_{\text{дн}} + K_{\text{міс}}}{100}; \quad (3.4)$$

де  $K_{\text{год}}$ ,  $K_{\text{дн}}$ ,  $K_{\text{міс}}$  – прийняті нормативи годинних, денних та місячних доплат, %

$$K_{\text{час}} = 10\%, K_{\text{дн}} = 12\%, K_{\text{мес}} = 16\%.$$

$$\text{ДЗП} = 23134685,3 \times 0,38 = 8791180,41 \text{ (грн)}.$$

Повна заробітна плата виробничих робітників є сумою прямої та додаткової заробітної плати. Повна заробітна плата складає:

$$\text{ПЗП} = 23134685,3 + 8791180,41 = 31925865,71 \text{ (грн)}.$$

### 3.3.2 Розрахунок фондів заробітної плати допоміжних робітників

Пряма заробітна плата допоміжних робітників професії (ПЗВРi) при годинній оплаті розраховують за формулою:

$$\text{ПрЗП}_i = \Phi_{\text{дi}} \cdot \bar{e}_i \cdot n_i \left( 1 + \frac{K_{\text{утi}} + K_{\text{итi}}}{100} \right); \quad (3.5)$$

де  $\Phi_{\text{дi}}$  - дійсний фонд часу допоміжних робітників;  $\Phi_{\text{дi}} = 1760$  годин;

$\bar{e}_i$  – середня годинна ставка допоміжних робітників, грн/година;

$n_i$  – кількість допоміжних робітників професії;

$K_{\text{упi}} + K_{\text{итi}} = 12\%$  - норматив доплат за умови та інтенсивність праці.

Додаткова заробітна плата робітникам визначається за формулою:

$$\text{ДЗП}_i = \text{ПрЗП}_i \cdot \frac{K_{\text{годi}} + K_{\text{днi}} + K_{\text{місi}}}{100}, \quad (3.6)$$

де  $K_{\text{год}}$ ,  $K_{\text{дн}}$ ,  $K_{\text{міс}}$  – прийняті нормативи годинних, денних та місячних доплат,  
%

$K_{\text{час}} = 10\%$ ,  $K_{\text{дн}} = 12\%$ ,  $K_{\text{мес}} = 16\%$ .

Фонд оплати праці допоміжних робітників:

$$\text{ФОП}_{\text{вр}} = \text{ПрЗП}_i + \text{ДЗП}_i, \quad (3.7)$$

де ПрЗП - пряма заробітна плата допоміжних робітників, ДЗП - додаткова заробітна плата робітникам.

Результати розрахунку заробітної плати допоміжних робітників зведемо до таблиці 3.2

Таблиця 3.2 Заробітна плата допоміжним робітникам

Професія	п, ро б	оклад, грн	е, грн/г од	Ф <sub>ді</sub> , г	Зарплата за один рік		
					ПЗП	ДЗП	Річний фонд
Слюсар з обслугову- вання об- ладн.	8	11020, 45	67,2	1840	1107886,08	420996,7	1528882,76
Електромо- нтер	8	9500	57,9	1840	954562,56	362733,8	1317296,36
Слюсар ПРИН	8	11020, 45	67,2	1840	1107886,08	420996,7	1528882,76
Верстатник ПРИН	4	11020, 45	67,2	1840	553943,04	210498,3 5	764441,4
Комірник ИРК	4	6700	40,85	1840	336734,7	127959,1	464693,8
Роздавач креслень	1	6500	39,6	1840	80371,2	30541	110912,2
Комірник ПРОСК	4	6700	40,85	1840	336734,7	127959,1	464693,8
Транспор- тні робіт- ники	5	12650	77,1	1840	794438,4	301886,6	1096325
Кранівник	1	12650	77,1	1840	158887,68	60377,3	219265
Контролер	6	9500	57,9	1840	715921,92	272050,3	987972,22
Комплекту- вальник	4	6700	40,85	1840	336734,7	127959,1	464693,8
Прибираль- ник	2	6500	39,6	1840	163215,36	62021,8	225237,16
Всього					6810531,78	2525979, 88	9173296,22

### 3.3.3 Заробітна плата інженерно-технічним робітникам

Пряма заробітна плата розраховується за формулою 3.7:

$$\text{ПЗП} = n_i \cdot \Phi_{\text{ді}} \cdot \bar{O}_i \cdot \left(1 + \frac{K_{\text{упі}}}{100}\right); \quad (3.8)$$

де  $n_i$  - чисельність робітників;

$\Phi_{\text{ді}}$  – річний дійсний фонд часу, місяць;

$\bar{O}_i$  – середній оклад працівника;

$K_{\text{упі}}=12\%$  – норматив доплат за умови праці.

Додаткова заробітна плата керівникам, спеціалістам та МОП визначається за формулою 3.8:

$$\text{ДПЗ} = \text{ПЗП} \cdot \frac{K_{\text{годі}} + K_{\text{дні}} + K_{\text{місі}}}{100}; \quad (3.9)$$

де  $K_{\text{годі}} = 10$ ;  $K_{\text{дні}} = 12$ ;  $K_{\text{місі}} = 16$  - прийняті нормативи премій, вартових, денних та місячних доплат.

Результати розрахунків наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Заробітна плата інженерно-технічних працівників

Професія	п, роб	оклад, грн	е, грн/го д	$\Phi_{\text{ді}}$ , г	Зарплата за один рік		
					ПЗП	ДЗП	Річний фонд
<b>Керівники</b>							
Начальник цеху	1	27500	167,7	1840	345596,16	131326,5	476922,66
Заступник начальника цеху з виробництва	1	24100	146,95	1840	302834,56	115077,1	417911,66
заступник начальника цеху з підготовки виробництва	1	23850	145,4	1840	299640,32	113863,3	413503,62

Продовження таблиці 3.3

Фахівці							
Старший змінний майстер	2	20625	125,76	1840	518332,41	196966,3	715298,71
Начальник <u>техбюро</u>	1	24100	146,95	1840	302834,56	115077,1	417911,1
Технолог	12	16071	98	1840	2423500,8	920930,3	2521388,8
Інженер з інструменту	2	10250	62,5	1840	257600	97888	355488
Майстер ПРИН	2	14209	86,64	1840	367095,42	139496,25	506591,67
Завідувач ІРК	1	9500	57,9	1840	119320,32	45341,72	164662,04
Начальник ЦДБ	1	16953	103,37	1840	213024,9	80949,4	293974,3
Плановик	3	14705	89,66	1840	554313,98	210639,3	764953,28
Диспетчер	5	14209	86,64	1840	892738,56	339240,6	1231979,16
Технолог з матеріалів	2	10250	62,5	1840	257600	97888	355488
Начальник БТЗ	1	24900	151,82	1840	312870,65	118890,8	431761,45
Нормувальник	3	12650	77,13	1840	476848,5	181202,43	658050,93
Економіст	2	13800	84,14	1840	346791,42	131780,7	478572,12
Механік цеху	1	22700	138,4	1840	285214,72	108381,6	406016,32
Майстер з обладнання	2	12650	77,13	1840	317899	120801,6	438700,6
Начальник БТК	1	21230	129,45	1840	266700,56	101346,2	368046,76

Продовження таблиці 3.3

Старший контрольний майстер	1	16500	100,6	1840	207316,48	78780,26	286096,74
Контрольний майстер	3	12650	77,13	1840	476848,5	181202,4	658050,9
Змінний майстер	10	12650	77,13	1840	1589495	604008,1	2193503,1
Службовці							
Нарядник	1	6700	40,85	1840	84183,68	31989,8	116173,48
Обліковець	2	6500	39,6	1840	163215,36	62021,83	225237,19
Бухгалтер	2	12300	75	1840	309120	117465,6	426585,6
Архіваріус	1	6500	39,6	1840	81607,68	31010,9	112618,58
Секретар-машиніст	1	6500	39,6	1840	81607,68	31010,9	122618,58
Завгосп	1	14209	86,64	1840	178547,7	67848,1	246395,8
Табельник	1	6700	40,85	1840	84183,68	31989,8	116173,48
МОП							
Прибиральник контрольних приміщень	5	6700	40,85	1840	420918,4	159949	580867,4
Всього	72				12537800,32	1956915,97	16696139,85

### 3.3.4 Визначення вартості основних фондів цеху та річних амортизаційних відрахувань

До основних фондів цеху відносяться:

- будівлі та споруди;
- силові машини та робоче обладнання;

- вимірювальні та регульовані прилади;
- транспортні засоби;
- цінний універсальний інструмент та пристосування;
- цінний виробничий та господарський інвентар.

Таблиця 3.5 – площі цеху

Найменування площі	Відсоток від виробничої площі	Площа, м <sup>2</sup>	Висота, м
Виробнича	100	2180	20
Допоміжна	25	545	20
Конторська та побутова	14	456	3,3
Всього		3181	

Початкову вартість будівлі розраховують за формулою:

$$C_{\text{буд}} = V_{\text{к}} \cdot C_{\text{к}} + V_{\text{п}} \cdot C_{\text{п}} \quad (3.10)$$

Де  $V_{\text{к}}, V_{\text{п}}$  - обсяги, що займаються у виробничому корпусі та прибудові до нього;

$C_{\text{к}}, C_{\text{п}}$  - вартість 1м<sup>3</sup> виробничого корпусу та прибудови:  $C_{\text{к}} = 26900$  грн;  $C_{\text{п}} = 22650$  грн.

$$C_{\text{буд}} = 2180 \times 26900 + 1001 \times 22650 = 81314650 \text{ (грн)}. \quad (3.11)$$

Початкову вартість обладнання та підйомно-транспортних засобів обчислюють так:

$$C_{\text{оборуд.}} = 1,1 \sum_{i=1}^m n_i \cdot C_i (1 + K_{\text{тр}}), \quad (3.12)$$

де  $n_i$  - прийнята кількість обладнання виду, прим;

$C_i$  - оптова ціна одиниці обладнання виду, грн/шт.;  $K_{\text{тр}}$  - коефіцієнт, що враховує витрати на транспортування та монтаж обладнання (для покупного обладнання  $K_{\text{тр}} = 0,1$ );  $m$  - кількість видів основного обладнання, встановленого у цеху;



Таблиця 3.5 - Початкова вартість обладнання

Найменування устаткування	Кілк, шт	Вартість одиниці обладнання. грн.	Загальна вартість, грн
Пристрій для збирання кіля	4	1800000	7200000
Пристосування для збирання КН	2	780000	1560000
Пристрій для збирання 1 лонже- рону	2	390000	780000
Пристрій для збирання 2 лонже- рона	2	750000	1500000
Пристрій для збирання пе- редньої стінки	1	100000	100000
Пристосування для збирання панелей	2	1000000	2000000
Пристрій для складання пе- редньої. частини	2	800000	1600000
Пристосування для збирання закінцівки	1	42000	42000
Пристосування складання лон- жерона КН	1	100000	100000
Пристосування складання шкарпетки КН	1	50000	50000
Слюсарні верстати	67	400	26800
Клепальний прес КП-503м	2	49000	98000
Вертикально-свердлильний вер- стат	1	9700	9700
СЗУ	1	5000	5000
Свердлильний апарат (СПА-20)	1	800	800
Пневмодрилі	74	600	44400
Пневмоскоби, пневмомолот	66	900	59400
Пневмогайковерт	17	2900	49300

## Продовження таблиці 3.5

ФР-20	1	91800	91800
Універсально-фрезерний верстат	1	63200	63200
Електрокари	5	14000	70000
Кран-балка	2	75000	150000
Всього			15600400

Початкова вартість вимірювальних та регулюючих приладів для складального цеху можна прийняти 3% від балансової вартості обладнання.

Початкову вартість цінного універсального інструменту та пристроїв приймаємо рівною 15% від балансової вартості обладнання цеху.

Початкову вартість виробничого та господарського інвентарю приймаємо рівною 3% від балансової вартості обладнання цеху.

Результати розрахунку наведено у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Вартість основних фондів

№	Види капіталу	Частина в % від вартості обладнання.	Первісна вартість в грн.	Год. амортиз. в %	Год. амортиз.
1.	Будівлі	-	81314650	5	4065732
2.	Обладнання	-	15600400	15	2340060
3.	Вимірювальні та регулюючі прилади	3	468012	15	70201
4.	Інструменти та пристрої	15	2340060	15	351009
5.	Інвентар	3	468012	15	70201

### 3.3.5 Розрахунок нормативів непрямих витрат на утримання обладнання та управління цехом підприємства

Стаття перша. Враховує амортизаційні відрахування на робоче обладнання та цехові транспортні засоби, вимірювальні та регулюючі прилади, цінний універсальний інструмент та пристрої:

$$A_{\text{год}} = 2831471 \text{ (грн)}.$$

Стаття друга. Враховує витрати на експлуатацію обладнання.

Характеристика витрат:

1) Матеріали на утримання обладнання приймаємо 20 грн. на одне робоче місце:

$$20 \cdot 272 = 5440 \text{ (грн)}; \quad (3.13)$$

2) Заробітна плата та норматив відрахувань у фонд ЄСВ із заробітних плат робітників (НЄСВ=22%). від фонду заробітної плати допоміжних робітників, зайнятих поточним обслуговуванням обладнання:

$$0,22 \cdot 9173296,22 = 3210653,677 \text{ (грн)}; \quad (3.14)$$

3) Витрати на силову електроенергію можна ухвалити 30 грн. на рік на 1 кВт встановленої потужності за однозмінної роботи: 60000 грн.;

4) Інші витрати приймаємо у розмірі 2% від суми перерахованих вище витрат за статтею:

$$0,02 \cdot (5440 + 3210653,677 + 60000) = 65521,9 \text{ (грн)}; \quad (3.15)$$

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

Характеристика витрат:

1) Матеріали напівфабрикати, запасні частини, що витрачаються на поточний ремонт, рівні у розмірі 3% первісної вартості обладнання, транспортних засобів та цінного інструменту:

$$0,03 \cdot 15600400 = 468012 \text{ (грн);} \quad (3.16)$$

2) заробітна плата та відрахування на соціальне страхування допоміжних робітників, зайнятих ремонтом:

$$0,22 \cdot 9173296,22 = 3439986 \text{ (грн);} \quad (3.17)$$

3) Вартість послуг інших цехів з поточного ремонту дорівнює у розмірі 3% від первісної вартості робочого обладнання, транспортних засобів та цінного інструменту:

$$0,03 \cdot 15600400 = 468012 \text{ (грн);} \quad (3.18)$$

Стаття четверта враховує витрати цеху на внутрішньозаводське переміщення вантажів: доставку матеріалів, напівфабрикатів із заводських складів та інших цехів тощо.

Ця стаття включає:

1) Заробітну плату та відрахування до фондів транспортних робітників:

$$0,22 \cdot 1096325 = 411121,8 \text{ (грн);} \quad (3.19)$$

2) Оплату послуг транспортному цеху користування транспортним засобом. Вартість послуг транспортного цеху дорівнює 50% від повного фонду заробітної плати транспортних робітників:

$$0,5 \cdot 10196325 = 548162,5 \text{ (грн);} \quad (3.20)$$

$$411121,8 + 548162,5 = 959284,3 \text{ (грн).} \quad (3.21)$$

Стаття п'ята враховує витрати на відшкодування зносу та відновлення малоцінних та швидкозношуваних інструментів та пристроїв загального призначення.

Характеристика витрат:

1) витрати на відшкодування зносу та відновлення малоцінних та швидкозношуваних інструментів та пристроїв загального призначення дорівнюють 10 грн. на 1000 н/год:

$$\frac{481500,8}{1000} \cdot 10 = 4815 \text{ (грн)}. \quad (3.22)$$

2) на оплату послуг цехів з заточування, ремонту та відновлення малоцінних та швидкозношувальних інструментів та пристроїв загального призначення дорівнюють 2 грн. на 1000 нормо-год:

$$\frac{481500,8}{1000} \cdot 2 = 963 \text{ (грн)}. \quad (3.23)$$

Стаття шоста враховує інші витрати на утримання та експлуатацію обладнання, які дорівнюють 5% від суми витрат за попередніми статтями.

Таблиця 3.7 - Розрахунок витрат на утримання та експлуатацію обладнання

Найменування статей витрат	Загальна сума
Амортизація обладнання, трансп. коштів, виміряє. приладів, інструменту та пристроїв.	2831471
Утримання та експлуатація обладнання	3341615,577
Поточний ремонт обладнання	4376010
Внутрішньозаводські переміщення вантажів	959284,3
Відшкодування зносу та відновлення малоцінних інструментів та пристроїв	5778
Інші витрати	575707,9
Усього витрат	12089866,77

### 3.3.6 Розрахунок витрат на управління цехом

Стаття перша враховує витрати на утримання управлінського персоналу цеху: заробітну плату та відрахування на соціальне страхування керівників, спеціалістів (за винятком працівників технологічного бюро), службовців та МОП:

$$0,22 \cdot 10315545,98 = 2269420,1 \text{ (грн.)} \quad (3.24)$$

Стаття друга враховує витрати на заробітну плату та відрахування на соціальне страхування працівників технологічного бюро цеху та допоміжних робітників, не пов'язаних з експлуатацією та обслуговуванням обладнання (підготовників, комірників, контролерів):

$$0,22 \cdot 4760012,68 = 1047202,8 \text{ (грн.)} \quad (3.25)$$

Стаття третя враховує амортизаційні відрахування за будинками, спорудами, цінним та господарським інвентарем.

$$4065732 + 70201 = 4135933 \text{ (грн.)} \quad (3.26)$$

Стаття четверта враховує витрати на утримання будівель, споруд, цінного та господарського інвентарю.

Характеристика витрат:

1) витрати на опалення, вентиляцію, освітлення будівель, водопостачання та каналізацію дорівнюють 10% від вартості будівлі цеху:

$$0,1 \cdot 81314650 = 8131465 \text{ (грн.)} \quad (3.27)$$

2) Витрати на матеріали дорівнюють 1% вартості будівлі цеху:

$$0,01 \cdot 81314650 = 813146,5 \text{ (грн.)} \quad (3.28)$$

3) заробітна плата та відрахування на соціальне страхування прибиральників цеху:

$$0,22 \cdot 225237,16 = 49552,17 \text{ (грн.)} \quad (3.29)$$

Стаття п'ята враховує витрати на поточний ремонт будівель та споруд, що дорівнює 3% вартості будівлі цеху:

$$0,03 \cdot 81314650 = 2439439,5 \text{ (грн)}. \quad (3.30)$$

Стаття шоста враховує витрати на випробування, досліди та дослідження, раціоналізацію та винахідництво; ці витрати дорівнюють 50 грн. на рік на одного працівника:

$$50 \cdot 272 = 13600 \text{ (грн)}. \quad (3.31)$$

Стаття сьома враховує витрати на охорону праці та промислову санітарію, влаштування огорож, спецодяг тощо; ці витрати дорівнюють 15 грн. на одного працюючого на рік:

$$15 \cdot 272 = 4080 \text{ (грн)}. \quad (3.32)$$

Стаття восьма враховує витрати на відшкодування зносу малоцінного інвентаря, що швидко зношується, рівні 10 грн. на рік на одного працюючого:

$$10 \cdot 272 = 2720 \text{ (грн)}. \quad (3.33)$$

Стаття дев'ята враховує витрати на загальноцехові призначення (канцелярські та ін.). Їх приймаємо у розмірі 1% від суми попередніх статей витрат цехових витрат.

Таблиця 3.8 - Розрахунок витрат на управління цехом

Найменування статей витрат	Загальна сума, грн
Зміст апарату управління	2269420,1
Зміст іншого персоналу	1047202,8
Амортизація будівель, споруд та інвентарю	4135933
Утримання будівель, споруд та інвентарю	8262363,67
Поточний ремонт будівель та споруд	2439439,5
Випробування, дослідження, раціоналізація, дослідження	13600
Охорона праці та промислова санітарія	4080

Продовження таблиці 3.8

Відшкодування зносу малоцінного інвентарю	2720
Інші витрати	181747,6
Всього	18356506

### 3.3.7 Розрахунки кошторису витрат на виробництво та визначення техніко-економічних показників цеху

При розробці плану собівартості продукції виробляються розрахунки річного кошторису витрат за виробництво і калькуляції собівартості виробів.

Кошторис витрат за виробництво цеху відбиває всі витрати цеху на річну програму і становить двох розрядах: по економічним елементам і з калькуляційним статтям витрат.

Усі виробничі витрати поділяються на прямі та непрямі. Прямі - витрати що розраховуються на одиницю конкретного виробу. Непрямі витрати цеху – це витрати, які неможливо розраховувати на конкретні вироби.

Після складання річного кошторису витрат на виробництво визначаємо собівартість виробу.

Зробимо розрахунок статей калькуляційних витрат:

1. Витрати на сировину та основні матеріали.

Витрати основні матеріали на річну програму рівні:

$$C_{\text{мат.}} = 1,05 \sum N_p \cdot Ц \cdot N, \quad (3.34)$$

Де  $N_p$  – норми витрати матеріалу на комплект;

Ц - оптова ціна 1 кг матеріалів, грн/кг;

N - річна програма запуску.

Коефіцієнт 1,05 враховує транспортно-заготівельні витрати.



Норма витрати матеріалів розраховується так:

$$N_p = \frac{G}{\text{КИМ}} \quad (3.35)$$

Де  $G$  - маса готового виробу, кг;

КИМ - коефіцієнт використання матеріалу (для складальних цехів КИМ = 0,7).

Тоді,  $N_p = \frac{1990+507}{0,7} = 3568$  (кг).

$$C_{\text{мат.}} = 1,05 \cdot 3568 \cdot 160 \cdot 32 = 19181568 \text{ (грн).}$$

2. Витрати на покупні вироби та напівфабрикати розраховуються так само, як і витрати на основні матеріали. Покупні вироби та напівфабрикати, що використовуються в цеху, представлені в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 - Вартість покупних напівфабрикатів

Покупні вироби та напівфабрикати	Од. виміру	Норма витрати на виріб	Оптова ціна, грн
Герметик УЗО-МЕС-5	Кг	35	89
Бензин БР-1	Л	20	31
Ацетон	Л	10	36
Грунт ФЛ-086	Кг	9	49
Грунт ВЛ-02	Кг	13	79
Грунт АК-069	Кг	10	59
Олія індустр. І-40	Л	3,2	35
Емаль	Л	20	36

$$C = 1,05 \cdot 32 \cdot 7990 = 268464 \text{ (грн).}$$

3. Пряма заробітна плата виробничих робітників.

До цієї статті включають пряму заробітну плату:

$$\text{ПрЗП} = 23134685,3 \text{ (грн).}$$

4. Додаткова заробітна плата: ДЗП = 8791180,41 (грн).

5. Відрахування на соціальні заходи

Відрахування із зарплати виробничих робітників розраховується як 22% від фонду оплати праці основних робітників.

Фонд оплати праці основних робітників : ФОП = 31925865,71 (грн).

$$0,22 \cdot 31925865,71 = 7023690,45 \text{ (грн)} . \quad (3.36)$$

6. Витрати на підготовку та освоєння виробництва.

До витрат на підготовку та освоєння виробництва відносяться витрати на підготовку та освоєння нових видів продукції та нових техпроцесів. Приймаємо їх рівними 10% від фонду оплати праці виробничих робітників:

$$0,1 \cdot 31925865,71 = 3192586,6 \text{ (грн)}. \quad (3.37)$$

7. Знос інструменту та пристроїв цільового призначення (спеціального оснащення).

Зношування спеціальної оснастки, що списується на собівартість j-го виробу за 2 роки визначають за формулою:

$$P_{ocj} = \frac{Z_{coj}}{2 \cdot N_{запj}}, \quad (3.38)$$

Де  $Z_{coj}$  – витрати на спецоснащення, що використовується на виготовлення виробу, грн.;

$$P_{ocj} = \frac{18532000}{2 \cdot 32} = 289562 \text{ (грн)}.$$

8. Витрати на утримання та експлуатацію обладнання.

Вона складає(див.табл 3.7): 3341615,577 (грн).

9. Витрати управління цехом.

Вони складають (див.табл 3.8): 18356506 (грн)

#### 10. Загальнозаводські витрати

Приймаємо загальнозаводські витрати рівними 80% від фонду оплати праці виробничих робітників:

$$0,8 \cdot 31925865,71 = 25540692,6 \text{ (грн)}. \quad (3.39)$$

Таблиця 3.10 - Розрахунок ціни виробу

№	Статі витрат	Розмір витрат за комплект, грн.	Розмір витрат за год, грн.
1	Витрати на сировину та основні матеріали		19181568
2	Витрати на покупні вироби та напівфабрикати		268464
3	Пряма заробітна плата виробничих робітників		23134685,3
4	Додаткова заробітна плата		8791180,41
5	Відрахування із зарплати виробничих робітників		7023690,45
6	Витрати на підготовку та освоєння виробництва		3192586,6
7	Знос інструменту та пристроїв цільового призначення		289562
8	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання		3341615,577
9	Витрати управління цехом		18356506
10	Загальнозаводські витрати		25540692,6
11	Повна собівартість	3410017	109120550
12	Дохід (25%)	852504,25	27280137,5
13	Оптова ціна	4262521,25	136400687,5
14	ПДВ (20%)	852504,25	27280137,5
15	Повна оптова ціна	5115025,5	163680825

### 3.3.8 Графік досягнення беззбитковості

Графік досягнення беззбитковості – це графічне уявлення залежності ціни реалізації продукції та витрат на виробництво продукції від обсягів виробництва продукції. З допомогою цього графіка можна встановити точку беззбитковості, тобто обсяг виробництва, у якому крива зміни виручки від продукції перетинається з кривою собівартості продукції. при цьому обсязі виробництва досягається беззбитковість виробництва, а подальше збільшення обсягів реалізації веде до появи та зростання прибутку. Її можна визначити за формулою:

$$N_B = \frac{P_{\text{п}}}{C - C_{\text{зм}}}, \quad (3.40)$$

де:  $P_{\text{п}}$  - Постійні витрати (їх визначають за кошторисом витрат за виробництво річний обсяг робіт);

$C$  - оптова ціна виробу,

$C_{\text{зм}}$  - Змінні витрати (їх визначають за статтями калькуляції собівартості виробу).

Постійні витрати визначаються за кошторисом витрат за виробництво річний обсяг робіт. До цих витрат включаються: цехові витрати, загальнозаводські витрати, витрати на утримання та обслуговування обладнання, позавиробничі витрати. Вони рівні  $P_{\text{п}} = 47238813$  грн.

Змінні витрати визначаються за статтями калькуляції собівартості виробу. У ці витрати включаються статті калькуляції на одиницю продукції, які враховані у постійних витратах:  $C_{\text{зм}} = 1933804$  грн.

$$C = 4262521,25 \text{ (грн)}.$$

За формулою отримуємо:

$$N_0 = \frac{47238813}{4262521,25 - 1933804} \approx 20 \text{ комплектів.}$$

На рисунку 3.1 наведено результати проведених розрахунків.

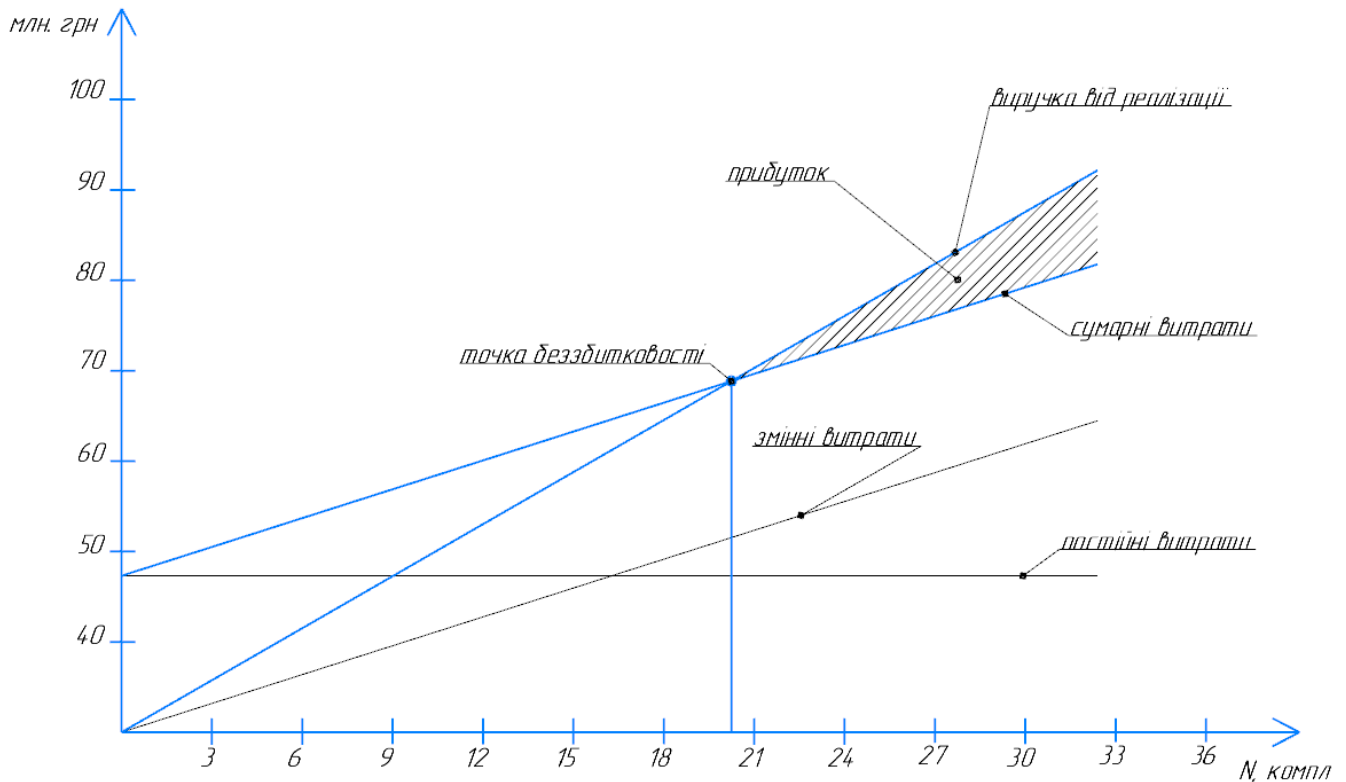


Рисунок 3.1 – Точка беззбитковості

### Висновки

В економічній частині дипломного проекту було: надано характеристики виробу як товару, проведено аналіз ринку збуту і стратегію маркетингу, наведено варіанти рекламної кампанії. Користуючись даними для розрахунку техніко-економічних показників цеху складання кіля, які були наведені в «Технологічній частині» даного дипломного проекту було виконано: розрахунок заробітної плати робітників, визначення вартості основних фондів цеху та річних амортизаційних відрахувань, розрахунок витрат на управління цехом, розрахунки кошторису витрат на виробництво, розрахунок ціни виробу та виконано побудову графіка беззбитковості.

## **СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА**

## Вступ

Основними завданнями, що стоять перед зварювальним виробництвом авіаційних конструкцій, є: підвищення швидкості зварювання, зниження енерго- і матеріалоємності, управління формою шва, підвищення якості з'єднання.

При зварюванні плавленням протягом багатьох років успішно вирішується завдання розширення діапазону товщини деталей, що з'єднуються, а при наплавленні - завдання мінімального проплавлення, зменшення зони сплаву між деталлю і наплавленим шаром (валиком).

Ефективно ці завдання можуть вирішуватися шляхом поділу тепловкладення, нагріву і розплавлення між двома (і більше) джерелами енергії, одночасно «діючими» в загальній зоні зварювання / наплавлення. При цьому кожен з джерел виконує незначно або принципово різні функції.

Комбінованими процесами прийнято вважати процеси зварювання і наплавлення, які засновано на взаємодії однакових або однотипних за своєю фізичною природою і технологічними властивостями джерел нагріву.

Гібридні процеси є поєднанням двох (а можливо і більшої кількості) різних (з точки зору фізичних явищ) джерел нагріву, що дозволяють досягати нові технологічні властивості процесу (виникає новий технологічний ефект).

Зварювальними гібридними процесами називають комбінацію двох (або більше) звичайних (стандартних) процесів, в результаті чого з'являються ефекти, які кожен з процесів окремо створити не може.

Існує кілька гібридних лазерних способів зварювання:

- гібридне лазерно-дугове зварювання - формування зварювальної ванни відбувається при одночасному дії лазерного випромінювання та зварювальної дуги;
- гібридне лазерно-плазмове зварювання - формування зварювальної ванни відбувається при одночасному дії променя лазера та плазмового факела;
- гібридна лазерна багатопроменеве зварювання - процес, при проведенні якого для досягнення тих чи інших технічних вимог одночасно використовують енергію кількох променів, що діють окремо або направлені в одну точку;

- гібридне лазерно-світлове зварювання - даний метод заснований на поєднанні при плавленні кількох сфокусованих джерел: лазерного монохроматичного випромінювання та поліхроматичного випромінювання від світлових промислових ламп;
- гібридне лазерно-індукційне зварювання - формування зварювальної ванни відбувається при одночасній дії лазерного випромінювання та струмів високої частоти;
- гібридна лазерно-ультразвукове зварювання - вплив на металеву поверхню механічної енергії за рахунок перетворення ультразвукових коливань та теплової енергії лазерного випромінювання.

#### **4.1 Гібридне лазерно-плазмове зварювання**

Гібридне лазерно-плазмове зварювання - це спосіб зварювання, при якому формування зварювальної ванни відбувається при одночасній дії променя лазера і плазмового струменя. Область її можливого застосування простирається від авіабудування до будівництва магістральних трубопроводів.

Процес лазерного зварювання заснований на ефекті глибокого проплавлення металу лазерним променем і в чомусь подібний до процесу електроннопроменевого зварювання. При впливі на поверхню металу концентрованого лазерного променя в результаті плавлення і кипіння металу утворюється каверна — парогазовий канал, який з точки зору теплової задачі є приблизно лінійним джерелом нагрівання. Лазерне зварювання, таким чином, може виконуватися встик без використання присадних матеріалів і характеризується високою швидкістю процесу. У сучасних технологіях іноді все ж застосовують присадні матеріали для управління хімічним складом зварного шва і компенсації дефіциту металу при наявності зазорів, викликаних неточною складанням і підгонкою.[20]

#### **4.2 Технологічні особливості лазерного зварювання**

1. Поглинання лазерного випромінювання оброблюваної поверхнею. В основі лазерного оброблення матеріалів лежить здатність лазерного випромінювання



створювати на малій ділянці поверхні високі щільності теплового потоку, достатні для нагрівання, плавлення або випаровування практично будь-якого матеріалу. Це пов'язано з термічним ефектом поглинання випромінювання непрозорими твердими тілами.

2. Лазерне зварювання володіє жорстким термічним циклом.

3. Процеси пороутворення при лазерному зварюванні. Процес пороутворення відноситься до складних фізико-хімічних явищ і його розвиток зумовлений не тільки властивостями вихідного металу, але і параметрами зварювання.

4. Високі значення коефіцієнта зосередженості лазерного зварювального джерела енергії визначають мінімальні обсяги розплаву зварювальної ванни, а режим глибокого проплавлення (співвідношення глибини зварювальної бісеру до ширини може досягати 10:1) - високе значення коефіцієнта форми шва. Вищевказані фактори висувають більш високі вимоги до точності геометрії складання деталей, під зварювання, в порівнянні з складанням до аргоно-дугового зварювання (АРДС).

5. Важливою проблемою, яка виникає при лазерному зварюванні, є попередня підготовка зварювальних кромок.

6. Стабільність діаграми спрямованості лазерного випромінювання має виключно важливу роль у технологічній відтворюваності процесу лазерного зварювання. Високе значення коефіцієнта форми шва і мінімізація діаметра плями, пред'являють жорсткі вимоги до стабільності діаграми спрямованості лазерного випромінювання, тобто до зміщення оптичної осі лазерного випромінювання.[18]

7. Лазерний промінь легко фокусується, вирівнюється і керується оптичними приладами, може розміщуватися на відповідній відстані від заготовки, і може керуватися між інструментами або перешкодами навколо заготовки, іншими правилами зварювання через вищевказані обмеження простору і не може обмежень.

8. Необхідна кількість тепловідводу може бути зменшена до мінімуму, а діапазон металографічної зміни в зоні, ураженій теплом, невеликий, а деформація, викликана теплопровідністю, в 3-5 разів нижче, ніж при дугових способах зварювання;

Недоліки лазерного зварювання:

- положення зварювання повинно бути дуже точним, повинно бути в діапазоні фокусування лазерного променя;
- коли зварювальні частини потребують використання затискного пристосування, необхідно стежити за тим, щоб остаточне положення зварювальних деталей і лазерного променя вплинуло на вирівнювання зварювального шва;
- занадто низька ефективність перетворення енергії, як правило, менше 10%;
- швидке застигання зварного провалу може призвести до пористості;
- дороге обладнання.

#### **4.3 Технологічні особливості плазмового зварювання**

При плазмовому обробленні джерелом тепла служить плазмова струміль - потік іонізованих частинок, що володіють високою енергією.

Плазмовий струміль утворюється в каналі пальника і стабілізується стінками каналу і холодним газом, що відокремлює стовп дуги від цих стінок. Порівняно малий діаметр і достатня довжина каналу забезпечують необхідну для стабілізації плазмового стовпа швидкість газового потоку. В існуванні стабілізуючого каналу і полягає основна відмінність плазмотрона від звичайного пальника для зварювання в захисних газах.

Як плазмоутворюючий матеріал зазвичай застосовують гази (аргон, азот, гелій, водень, повітря і їх суміші), що забезпечує температуру плазми до 50000 К.

Переваги плазмового зварювання полягають у наступному:

1. У порівнянні з аргонодуговим плазмове зварювання відрізняється більш стабільним горінням дуги, при цьому забезпечується більш рівномірне проплавлення крайок.

2. За проплавляючою здатністю плазмова дуга займає проміжне положення між електронним променем і дугою, що горить в аргоні.

3. Стовп дуги і струмінь плазми мають циліндричну форму, тому площа поверхні металу, через яку здійснюється теплопередача, не залежить від відстані між електродом пальника і виробом.

4. Завдяки циліндричній формі стовпа дуги плазмено-дугове зварювання менш чутливе до зміни довжини дуги, ніж аргонодугове. Плазмове зварювання дозволяє мати практично постійний діаметр плями і дає можливість стабілізувати проплавлення основного металу.[17]

Плазмове зварювання, також як і багато інших методів зварювання, поряд з перевагами має і свої недоліки:

1. Недостатня щільність потужності в зоні обробки.
2. Неможливість досягти стабілізації дуги при високих швидкостях зварювання.

Шляхом спільного впливу на утворення зварювальної ванни лазерного променя і плазмового струменя реалізується комбінований лазерно-плазмовий процес зварювання.

Така комбінація призводить до поліпшення просторової стабілізації плями дуги на поверхні металу і підвищення стійкості її горіння при малих токах і великих швидкостях переміщення.

Одночасно відбувається нагрів металу плазмою, що призводить до локального підвищення температури в зоні нагріву і, як наслідок, зміни оптичних властивостей поверхні і відповідно до збільшення коефіцієнта поглинання лазерного випромінювання. В результаті ефективність лазерного зварювання зростає, що особливо важливо при використанні лазерів невеликої потужності.

Все це дозволяє, з одного боку збільшити швидкість і стабільність плазмового зварювання, а з іншого - підвищити ефективність і знизити собівартість лазерного зварювання.

Якщо лазерне випромінювання проходить через плазму дуги, то спостерігається зміна повного енергетичного балансу дугового розряду, пов'язане з

додатковим виділенням третьому енергії в обсязі дугової плазми, внаслідок поглинання лазерного випромінювання.

У тому випадку коли потужність, яку вносить в дугу лазерним пучком, порівнянна з її електричною потужністю, реалізується проміжний (між цифровим та дуговим) тип газового розряду - комбінований лазерно-дугового розряд. Інтегральні і особливо локальні характеристики плазми такого розряду істотно відрізняються від відповідних характеристик вихідної стислій дугової плазми.

Характеристики лазерного випромінювання також зазнають істотних змін в результаті поглинання і рефракції лазерного випромінювання в плазмі розряду. Таким чином енергія, що вводиться в зварювану деталь, не зводиться до простої суми енерговкладення лазерного і дугового джерел тепла, взятих окремо.[19]

У лазерно-плазмовому розряді відбувається суттєва зміна, в порівнянні з плазмовим розрядом, температури, газодинамічного тиску, розподілу інтенсивності лазерного випромінювання уздовж оптичної осі, вольтамперних характеристик розряду (рис.4.1).

Поглинання лазерного випромінювання дуговою плазмою призводить до істотного збільшення температури її центральних областей, причому максимально досяжні значення  $T$  збільшуються з ростом потужності пучка  $P$ .

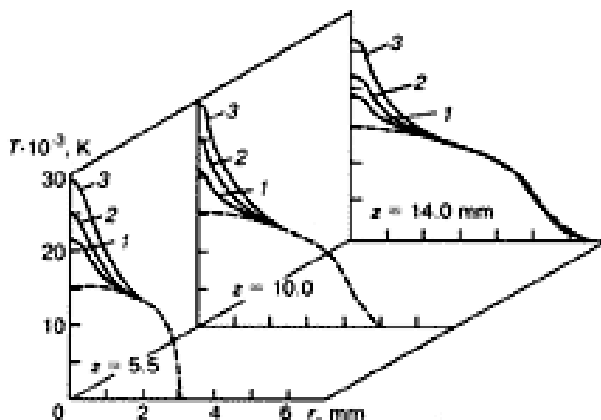


Рис. 4.1. Просторовий розподіл температури плазмового розряду в лазерно-дугових плазмотроні ( $I = 200A$ ) при потужності лазерного пучка: 1 кВт (1), 2 кВт (2), 3 кВт (3). 0 кВт (штрихова крива)  $r$  - відстань від вісі лазерного променя  $Z$  - відстань від зрізу катода

Зазначене зростання температури плазми сприяє підвищенню її електропровідності і, як наслідок, збільшення щільності струму в привісній зоні розряду. Таким чином, розряд, що генерується лазерно-дуговим плазмотроном, характеризується підвищеною концентрацією теплової та електричної енергії в тій області

плазми, яка піддається впливу лазерного пучка і жорстко пов'язана з його віссю, а також високою просторовою стабільністю цієї області.

Зміна теплового режиму горіння плазмової дуги, під впливом лазерного випромінювання, викликає істотне перерозподіл газодинамічних характеристик потоку плазми при збільшенні  $P$ .

Однією з основних причин цього є зниження в'язкості аргонної плазми при підвищенні температури.

Іншою причиною є згаданий вище перерозподіл щільності струму в розряді, що підсилює роль електромагнітних сил в прискоренні плазмового потоку. Аксіальна компонента швидкості плазми на осі розряду помітно збільшується (рис. 4.2).

Незважаючи на зростання швидкості, зниження щільності плазми при підвищенні температури призводить до того, що газодинамічне тиск плазмового потоку в привісній зоні комбінованого розряду дещо зменшується. Слід зазначити, що це зниження, що викликає зменшення динамічного впливу на поверхню розплавленого металу, важливо для процесу на плавки з використанням лазерно-дугового плазмотрона.

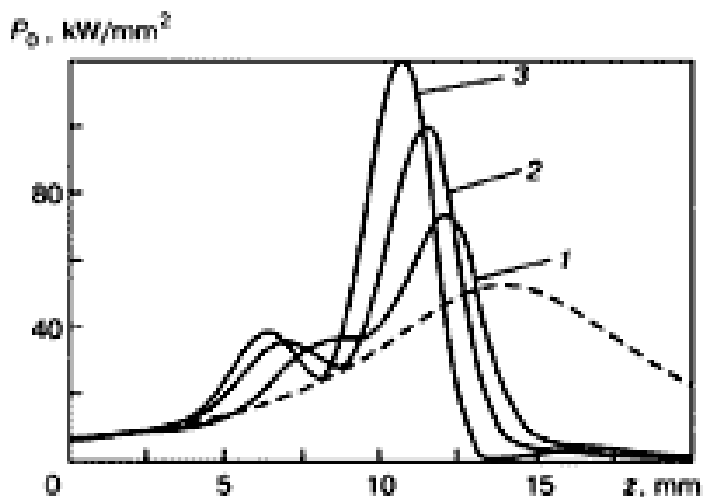


Рис. 4.2. Розподіл щільності потужності лазерного випромінювання уздовж осі комбінованого розряду ( $P = 3$  кВт) при струмі дуги: 100 (1), 200 (2), 300 А (3), штрихова крива - без плазмової дуги

Те, що відбувається в розглянутому плазмотроні взаємодія лазерного випромінювання з дуговою плазмою призводить до перерозподілу не тільки її характеристик, а й самого лазерного пучка (за рахунок поглинання і рефракції в плазмі розряду). Так, наприклад, поглинання лазерного випромінювання призводить до того, що на відстані 20 мм від зрізу катода потужність пучка для розглянутих умов становить

всього близько 30% від його вихідної потужності  $P$ , тоді як інтенсивність випромінювання на його осі зростає при цьому більш ніж в два рази.

Таким чином, взаємодія лазерного пучка з плазмою комбінованого розряду викликає його додаткове фокусування, що посилюється з ростом струму і потужності променя лазера.[16]

Отже, варіюючи цими двома параметрами, можна ефективно керувати фокусуванням пучка в плазмі комбінованого розряду, створюваного за допомогою лазерно-дугового плазматрона, що важливо при використанні подібних пристроїв для зварювання та різання.

Вольт-амперні характеристики розряду з використанням мідного водоохолоджуваного анода при різних

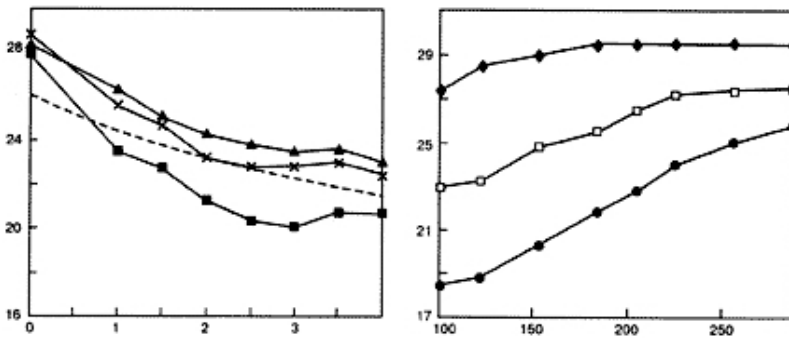


Рис. 4.3. Залежність напруги на розряді в лазерно-дугових плазматроні від потужності  $P$  (а) і струму  $I$  (б): -  $I_a = 150$ , -  $200$ , -  $250$ А; -  $P = 0$ , -  $1$ , -  $3$  кВт; штрихова лінія - розрахункові дані при  $I = 200$ А

значеннях потужності променя і так плазматрона показані на рис. 4.3, а. Видно, що під впливом лазерного пучка напруга на дузі зменшується, причому основне його падіння відбувається при потужності лазера  $P < 2,5$  кВт. Що стосується самої плазмової дуги,

то під впливом лазерного випромінювання вона кілька стискається, що можна спостерігати візуально або за зростаючим вольт-амперних характеристиках розряду (рис. 4.3, б).

Дослідження показали, що співвісний об'єднання плазмової дуги з лазерним пучком в лазерно-дугових плазматроні дає можливість за рахунок поліпшення просторової стабільності горіння дуги підвищити швидкість зварювання в 2-3 рази в порівнянні зі звичайною плазмової зварюванням.

Крім того, зазначене вище зменшення напруги на дузі в комбінованому процесі знижує небезпеку подвійного дугоутворення, що особливо важливо при роботі

на великих токах (більше 300 А). Це є передумовою для підвищення продуктивності процесу зварювання за рахунок збільшення струму дуги.

Подальший розвиток лазерних і плазмових способів зварювання було направлено на створення інтегрованих лазерно-дугових плазматронів.

Існують різні схеми реалізації інтегрованих плазматронів на основі співвісного об'єднання лазерного променя і плазмової дуги. Відмітна особливість таких пристроїв - конструкція катодного вузла, що дозволяє вводити лазерний промінь в дугову плазму вздовж вісі плазмостворюючого каналу.

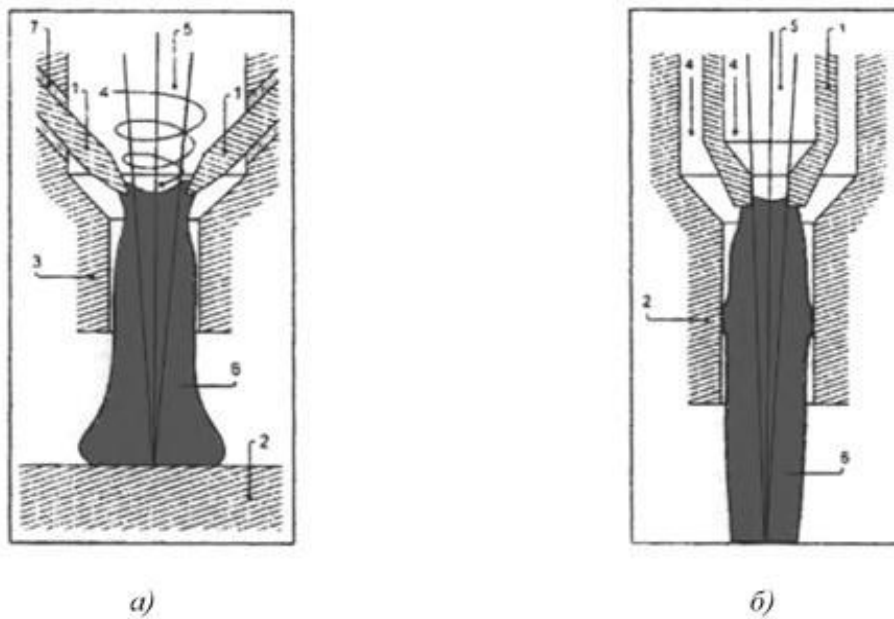


Рис. 4.4. Схеми інтегрованих плазматронів прямої (а) і непрямої (б) дії:  
1 - катод; 2 - анод; 3 - плазмостворююче сопло; 4 - плазмостворюючий газ; 5 - лазерний пучок; 6 - плазма; 7 - ізолятор

За аналогією з дуговими, інтегровані плазматрони можуть бути прямого (рис. А) і непрямого (рис. Б) дії, (у прямого анодом є виріб, у непрямого анодом є корпус самого плазматрона) причому останні можна розділити на плазматрони з самоустановлювальною або з фіксованою довжиною дуги.

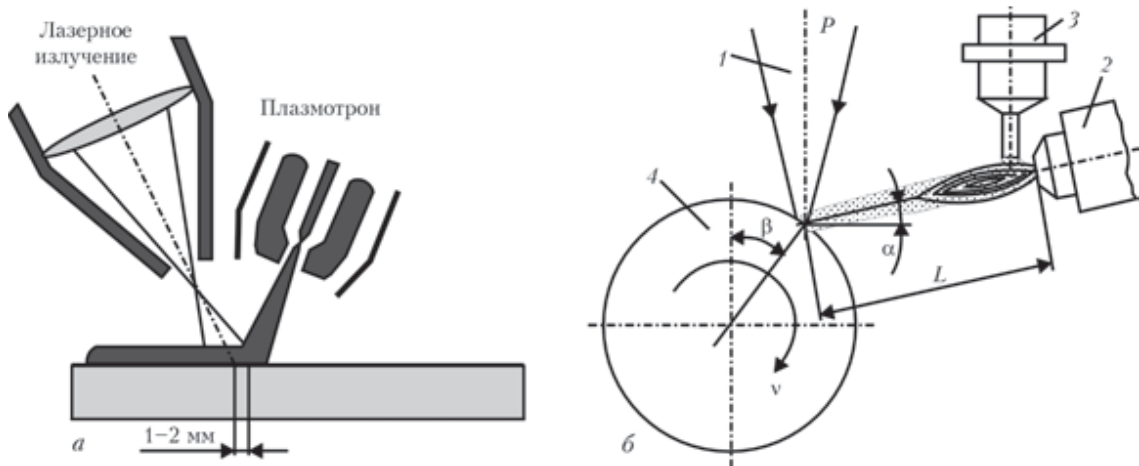


Рис. 5. Схеми процесів порошкової лазерно-плазмової наплавки з використанням плазматрона прямої дії (а) та з використанням плазматрона непрямої дії (б) (1 – випромінювання; 2 – плазматрон; 3 - порошковий дозатор; 4-зразок;  $L$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  — дистанція та кути наплавлення)

Інтегровані плазматрони прямої дії можуть використовуватися для лазерно-плазмового зварювання, наплавлення і різання металів, а побічної дії - для обробки ді-електричних матеріалів, загартування металевих поверхонь, нанесення покриттів і ведення інших технологічних процесів.

Через надмірну кількість використаного плазмоутворюючого газу лазерно-дугові плазматрони можна раз ділити на працюючі в ламінарному або турбулентному режимі течії газу. Також як в дугових плазматронах, в них можна використовувати різні способи просторової стабілізації раз ряду (наприклад, вихрову газову стабілізацію). При виборі способу стабілізації слід пам'ятати, що за рахунок впливу на дугову плазму пучка випромінювання CO<sub>2</sub>-лазера в ній формується високотемпературна струмопровідна область, жорстко пов'язана з віссю пучка. Це само по собі робить комбінований розряд просторово більш стабільним, ніж дугового. [20]

Основні переваги лазерно-плазмового зварювання проявляється в наступному:

- значно підвищується швидкість зварювання, при цьому швидкість зварювання стає більш, ніж просто арифметичне додавання швидкості лазерної та плазмової зварювання;



- процес практично не залежить від оптичних властивостей поверхні;
- при лазерно-плазмовому зварюванні алюмінієвих сплавів відбувається очищення поверхні від окисної плівки  $Al_2O_3$ ;
- при лазерно-плазмовому зварюванні відбувається зниження температури поверхні ванни розплаву, при якій починається перехід від теплопровідного режиму проплавлення до режиму глибокого проплавлення.

Розроблено технологію для швидкісного лазерно-мікроплазмового зварювання тонколистових алюмінієвих сплавів, засновані на спільному використанні лазерного пучка малої потужності і мікроплазмової дуги зворотної полярності.

Запропонований спосіб дозволяє:

- проводити очищення поверхні алюмінію від окисної плівки в процесі зварювання, чого не можна досягти при лазерній зварюванні;
- стабілізувати рух дуги при великих, в порівнянні з мікроплазмовим, швидкостях зварювання;
- також суттєво підвищити ефективність використання енергії лазерного випромінювання і електричної дуги.

При зварюванні алюмінієвого сплаву Амг-2 товщиною 0,35 мм з струмом дуги 22 А і потужністю лазерного пучка 250 Вт вдається досягти швидкості зварювання 9 м / хв з хорошою якістю поверхні і повним проплавленням зразка, при цьому ширина швів становить 1,0-1,2 мм. Слід зазначити, що використання тільки лазерного або тільки мікроплазмового зварювання не дозволяє проводити зварювання даного металу навіть на швидкості 3м / хв.

Використання зовнішнього іонізатора - плазмового струменя, при лазерному зварюванні без утворення плазмового факела, дозволяє знизити температуру поверхні ванни розплаву, при якій починається перехід від теплопровідного режиму проплавлення до більш ефективного режиму глибокого проплавлення. Це є однією з основних причин більш високої ефективності лазерно-плазмового зварювання в порівнянні з лазерною. [16]

#### 4.4 Техніко-економічна ефективність лазерно-плазмового зварювання

Поєднання плазмового і лазерного зварювання взаємно доповнює один одного своїми перевагами, і взаємно нівелюють недоліки характерні для кожного з методів зварювання:

- вплив плазми на метал збільшує коефіцієнт поглинання лазерного випромінювання, сприяючи підвищенню ефективного і термічного ККД зварювання;
- плазма зменшує коефіцієнт форми шва і підвищує технологічну програваність процесу зварювання;
- плазма, збільшуючи обсяги розплаву, дозволяє зменшити жорсткість термічного циклу і, отже, сприятливо впливає на технологічну міцність зварного з'єднання;
- плазма дозволяє знизити вимоги по точності геометрії складання зварюються деталей;
- вплив лазерного випромінювання на метал в режимі глибокого про-плавлення супроводжується інтенсивним випаровуванням і плазмоутворенням, що забезпечує стабілізацію і локалізацію положення центру плями дуги;
- гібридний процес зварювання дозволяє знизити потужність лазерного променя і, відповідно, споживання енергії від лазерного джерела. Твердотільний лазер має повний ККД приблизно 3%. Зниження потужності лазерного випромінювання на 1 кВт дає зниження використаної потужності з електричної мережі приблизно на 35 кВА;
- заміна до половини лазерної потужності на електричну потужність плазми не знижує ефективності і продуктивності процесу лазерного зварювання. Саме в цьому полягає головна техніко-економічна ефективність лазерно-плазмового зварювання, так як вартість одного кВт лазерної енергії набагато більше одного кВт енергії дуги. Гібридне лазерно-плазмово зварювання, як показують розрахунки, при повному завантаженні обладнання в 1,52 рази ефективніша в порівнянні з лазерною;

- гібридне лазерне зварювання вимагає значно менших капіталовкладень, ніж процес лазерного зварювання, так як обладнання для дугового зварювання коштує значно менше;

Середня вартість лазерних зварювальних агрегатів:

2 КВт - вітчизняні: 90-100 тис. євро, імпортні: 200-250 тис. євро,

3 КВт - вітчизняні: 250-300 тис. євро, імпортні: 450-500 тис. євро,

6 КВт - імпортні: 600-700 тис. євро,

20 КВт - імпортні: 1,300 тис. євро (Trumpf).

Середня вартість автоматичних дугових зварювальних агрегатів:

3-4 КВт - вітчизняні: 300-350 євро, імпортні: 600-800 євро,

6-8 КВт - вітчизняні: 1,000-1,500 євро, імпортні: 2,000-3,000 євро.

Дана відмінність цін (на три порядки) дає можливість істотної економії витрат на забезпечення виробництва, замінюючи лазерну потужність електричного дугового. 3кВт лазера + 3кВт дуги в півтора рази дешевше ніж 6 кВт лазера, при той же (зменшення якості шва не більше 10%) якості зварювання. Значне збільшення швидкості гібридного зварювання в порівнянні з лазерним (в 1,5 - 2 рази) в свою чергу веде до прискорення загального обороту виробленої продукції, а більш високий ККД дуги в порівнянні з лазером (ККД лазерного зварювання - максимум 20-22%) зменшує енергетичні витрати в виробничому процесі.

Таблиця 4.1 Порівняльна оцінка економічної вигоди різних процесів зварювання в балах по десятибальною шкалою зварювання лазерно-плазмового шва

Вид оброблення	Вартість обладнання	Вартість енергії	Швидкість техпроцесу	Якість з'єднання	Економічна рентабельність
Дугове зварювання	10	10	4	2	26
Лазерне зварювання	2	6	8	10	26
Гібридне зварювання	7	8	10	9	34

З таблиці видно, що загальна оцінка рентабельності лазерно-дугової технології зварювання в півтора рази вище, ніж у лазерної і дугового, взятих окремо. Можна зробити висновок, що методи лазерно-дугового зварювання є більш економічно вигідними для виробництва продукції, що вимагає особливої точності з'єднання. Внаслідок складання калькуляції собівартості одного погонного метра зварного з'єднання, гібридне зварювання становить приблизно 0,75 від вартості лазерного. З цього можна зробити висновок, що використання гібридного зварювання у виробництві більш рентабельні, в порівнянні з лазерним.

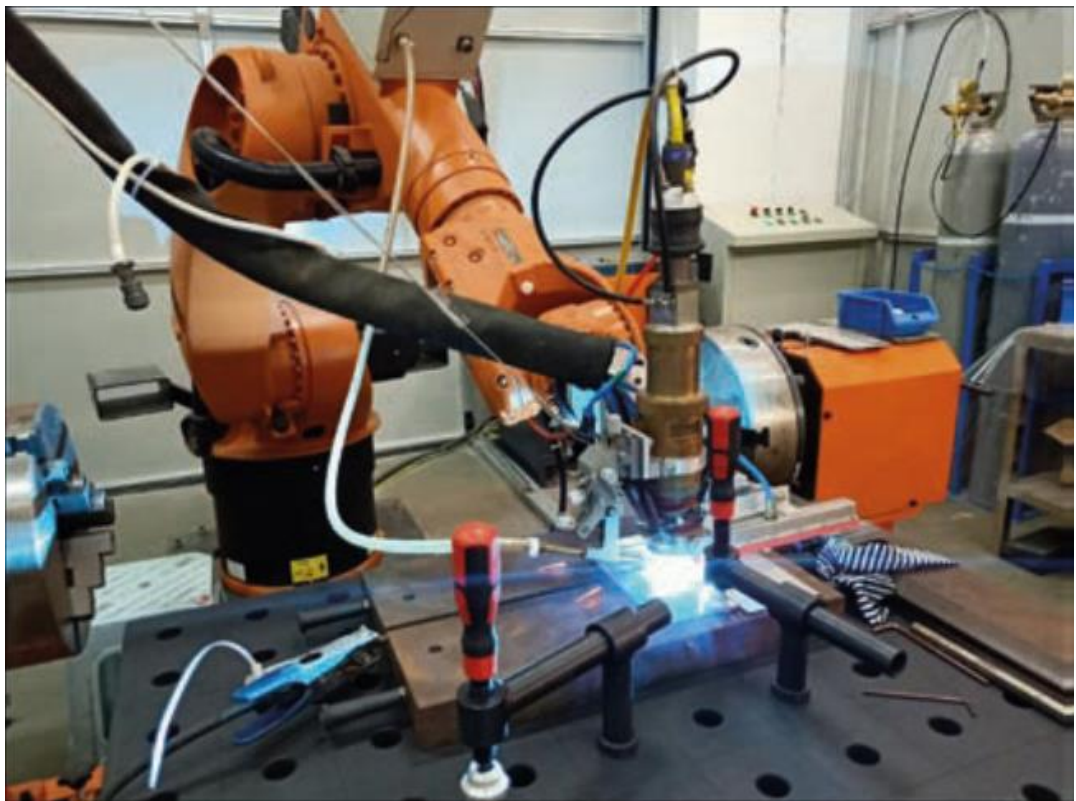


Рис. 6. Процес лазерно-мікроплазмового зварювання інтегрованим плазмотроном, закріпленим в руці робота KUKA KR30NA

Таким чином, гібридне лазерно-плазмово зварювання реалізує технологічний процес в якому взаємно посилюються переваги кожного з методів зварювання, а недоліки кожного нівелюються, що призводить до розширення технологічних можливостей.

## Заключення

В даному дипломному проекті розроблена технологія та засоби оснащення кіля важкого-транспортного літака типу Ан-124.

В конструкторській частині виконано модифікацію переднього лонжерона та конструктивно-технологічний аналіз конструкції кіля. Розроблено модифікований варіант лонжерона. Модифікація полягає в тому, щоб усунути злам переднього лонжерона і спроектувати прямий лонжерон. Складено технічні умови на виготовлення кіля. Виконано оцінку технологічності, в результаті чого конструкція визнана технологічною.

В технологічному розділі запропонована організація процесу складання кіля, з програмою випуску 32 на рік. Для виробництва було спроектовано стапель складання кіля та розроблено технологічний процес складання. Також були розроблені схеми членування, складання та базування. Передбачалося забезпечення взаємозамінності і ув'язування на основі програмно-інструментального методу ув'язування із застосуванням верстатів з ЧПК.

В економічній частині було надано характеристики виробу як товару, проведено аналіз ринку збуту і стратегію маркетингу, наведено варіанти рекламної кампанії. Було зроблено розрахунок заробітної плати робітників, визначення вартості основних фондів цеху та річних амортизаційних відрахувань, розрахунок витрат на управління цехом, розрахунки кошторису витрат на виробництво, розрахунок ціни виробу та виконано побудову графіка безбитковості.

В спеціальному розділі було розглянуто спосіб гібридно лазерно-плазмового зварювання. Представлені переваги та недоліки цього метода та визначена його техніко-економічна ефективність.

## Список використаної літератури

1. Технологія виробництва літаків та вертольотів. Розділ "складально-монтажні роботи" Частина 1 [Текст]:уч. посібник для курсового та дипломного проектування / В.С. Кривцов, Ю.М.Букин, Ю.А. Боборыкин, Ю.А. Воробьев. - Харьков: Нац. аэрокосмический ун-т "ХАИ", 2006. - 258 с.
2. Технологія виробництва літаків та вертольотів». Розділ «Складально-монтажні роботи». Ч.2. / В.С. Кривцов, Ю.М. Букін, Ю.А. Боборикін, Ю.А. Воробйов. Навчальний посібник з курсового та дипломного проектування. - Харьков: НАУ «ХАИ», 2006.
3. «Розрахунок літака на міцність»/В.М. Стригунів. - М. Машинобудування, 1984
4. «Проектування лонжеронів крила літака»/Л.В. Капітанова, В.М. Ніколаєнко, А.А. Редько, В.І. Рябков, С.В. Трубаєв, Т.П. Цепляєва: Навчальний посібник. – Харків: НАУ «ХАИ», 2006.
5. «Конструкційні матеріали»/Б.М. Арзамасов, В.А. Брострем, Н.А. Буше; за заг. ред. Б.М. Арзамасова.-М.: Довідник - Машинобудування, 1990.
6. «Технологія виробництва ЛА»: навчальний посібник з курсового проектування. / За ред. Кононенко В.Г. -Харків: Вища школа. – 1974.
7. Нормативи часу на свердлильно-клепальні роботи (А-210): НДАТ, 1988.
8. «Літак Ан-124. Конструкція хвостового оперіння»/ Н.В.Чекрижев. - Видавництво Самарського університету, 2016.
9. «Сучасні перспективи розвитку технологій складання авіаційних конструкцій» /В.С. Кривцов, В.В. Воронько, В.Е. Зайцев. – НАУ ім. Н.С. Жуковського «ХАИ», 2015.

10. «Економічне проектування виробничого підрозділу підприємства»/А.И. Бабушкін, В.Д. Кравченко, В.Н. Гавва, Л.Н. Голованова, Я.В. Сафоронов. – НАУ ім.Н.Є. Жуковського «ХАІ», 1999.
11. «Економіка підприємства»/ Т.Ю. Павленко, Я.В. Сафоронов, В.С. Куприянова. – НАУ ім. Н.Є. Жуковського «ХАІ», 2017.
12. «Авіаційні матеріали. Учбовий посібник для курсового та дипломного проектування» / Харків, 1973.
13. «Вибір матеріалів для основних елементів конструкцій літака»: учбовий посібник/ М.Н. Федотов, В.И. Рябков, Е.Т. Василевский, В.С. Кривцов – Харків, 1989.
14. «Основы проектирования летательных аппаратов и цехов» / В.А. Тихомиров – М.: Машиностроения, 1975.
15. «Особенности нагрева металла при лазерно-дуговом сваривании». Автоматичне зварювання/Горный С.Г., Лопота В.А., Редозубов В.Д.- № 1 , 1989 г. стр. 73-74.
16. «Лазерна технологія та аналіз матеріалів» /Дьюли У. - М.: Мир. 1986 г. 488 с.
17. «Особенности проплавления металла при лазерно-дуговом сваривании с использованием ИАГ-лазера. Автоматичне зварювання» /Кривцун И.В - № 12 2001 г. стр.33-36.
18. «Гібридне лазерно-мікроплазмове зварювання металів малих товщин. Автоматичне зварювання»/ Патон Б.Е. и др - №3, 2002 г. с 5-9.
19. «Конструктивно-технологічні особливості створення зварних металевих конструкцій із застосуванням світлопроменевого зварювання. Зварювальне виробництво»/ Фролов В.А. - №3, 1998 г. с.8-12.
20. «Технологія гібридного лазерно-дугового зварювання» / Г. А. Туричин, И. А. Цыбульский, М. В. Кузнецов. - СПб. : Изд-во политехн. Ун-та, 2015. - 45 с.

## ДОДАТКИ