

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

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

Факультет літакобудування

Кафедра технології виробництва літальних апаратів

Пояснювальна записка

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

на тему «Технологія оснащення та організація
виробництва кіля літака типу АН-178»

ХАІ.104.1-96А.23О.134.8-9/22-1ф ПЗ

Виконав: здобувач(ка) 2 курсу групи № 1-96А
Галузь знань 13 «Механічна інженерія»
(код та найменування)

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

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

Арутюнян Тетяна Валеріївна

(прізвище та ініціали здобувача (ки))
Керівник: Катерина МАЙОРОВА
(ім'я та прізвище)

Рецензент: Сергій ІВАНОВ
(ім'я та прізвище)

Харків – 2024

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

Факультет _____ літакобудування _____

Кафедра _____ технології виробництва літальних апаратів _____

Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____

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

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

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

«_____» _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

_____ Арутюнян Тетяна Валеріївна _____

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи _____ «Технологія оснащення та організація
виробництва кіля літака типу АН-178» _____

керівник кваліфікаційної роботи _____ Майорова Катерина Володимирівна, к.т.н.,
доцент _____

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

затверджені наказом Університету № 2054-уч від « 30 » 11 2023 року

2. Термін подання здобувачем кваліфікаційної роботи _____ 08 січня 2024 р. _____

3. Вихідні дані до роботи _____ матеріали переддипломної практики,
креслення складальної одиниці – центроплану транспортного літака-прототипу,
операційні карти технологічного процесу складання, креслення стапелю
складання. 4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно
розв'язати) _____

5. Перелік графічного матеріалу конструкторський розділ: _____

_____ конструктивно-технологічний аналіз, технічні умови технології
оснащення та організація виробництва кіля літака типу АН-178; технологічний
розділ: розробка і обґрунтування схеми конструктивно-технологічного
членування, схеми складання та ув'язування кіля літака типу АН-178,
розрахунків похибок складання по обводам, розробка маршрутного
(директивного) технологічного процесу виробництва кіля літака типу АН-178,
розробка технічних умов на проектування та конструкції стапелю виробництва

кіля літака типу АН-178, економічний розділ: визначення основних техніко-економічних показників виробництва кіля літака типу АН-178

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Конструкторський розділ	Майорова К.В., зав. кафедри	04.12.2023	08.01.2024
Технологічний розділ	Майорова К.В., зав. кафедри	04.12.2023	08.01.2024
Економічний розділ	Майорова К.В., зав. кафедри	04.12.2023	08.01.2024
Спеціальний розділ	Майорова К.В., зав. кафедри	04.12.2023	08.01.2024

Нормоконтроль  _____ Майорова « ____ » _____ 20__ р.
(підпис) (ім'я та прізвище)


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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Конструкторський розділ	08.01.2024	
2	Технологічний розділ	08.01.2024	
3	Економічний розділ	08.01.2024	
4	Спеціальний розділ	08.01.2024	

Здобувач _____ Арутюнян Т.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

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

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	
1.1. Технічний опис конструкції кіля літака Ан - 178.....	12
1.2. Методика розрахунку напруго – деформованого стану лонжерону кіля. 13	13
1.3. Технічні умови на виготовлення кіля	21
1.4. Аналіз технологічності кіля.....	22
1.5. Конструктивне членування кіля.....	27
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	
2.1. Визначення методу складання кіля, опис існуючих методів на підприємствах.....	32
2.2. Розробка схеми базування при складанні кіля	35
2.3. Технічні умови постачання складових частин кіля до цеху складання ...	36
2.4. Розробка схеми складання та увязки підбірки кіля та маршрутного технологічного процесу.....	37
2.5. Розробка та опис конструкції для складання підбірки 1 лонжерону кіля	44
2.6. Розробка операційного технологічного процесу підбірки 1 лонжерону кіля.....	48
2.7. Вибір типу виробництва та опис організаційної форми складання кіля..	49
2.8. Розробка конструкції представника оснащення другого порядку.....	50
2.9. Технологічні розрахунки проектного цеху за укрупненими показниками: визначення трудомісткості аналоговим методом за видами підбірок, визначення кількості робітників, оснащення та обладнання, обчислення потрібних площ	52

3. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1. Собівартість одиниці проектованого кіля Ан-178.....	65
3.2. Визначення виробничої собівартості одиниці виробу проектованого агрегату.....	70
3.3. Визначення повної собівартості одиниці виробу проектованого агрегату	73
3.4. Визначення критичної програми випуску	76

4. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА: технологія виготовлення монолітних панелей літака обробкою різанням

4.1. Конструктивні особливості монолітних панелей з плит	78
4.2. Технологічність монолітних панелей з плит.....	81
4.3. Технологія виготовлення монолітних панелей з плит	84
4.4. Конструктивні особливості пресованих панелей	87
4.5. Спеціалізовані фрезерні верстати для обробки панелей.....	94
4.6. Особливості сучасних верстатів для обробки панелей.....	96
ВИСНОВОК.....	104
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	106
ДОДАТОК.....	107

Технологічний процес

Специфікації

Креслення

ВСТУП

Ан-178 (рисунок 1) - український близькомагістральний транспортний турбореактивний літак, розроблений Державним підприємством «Антонов» (ДП «Антонов») на базі пасажирського Ан-158.

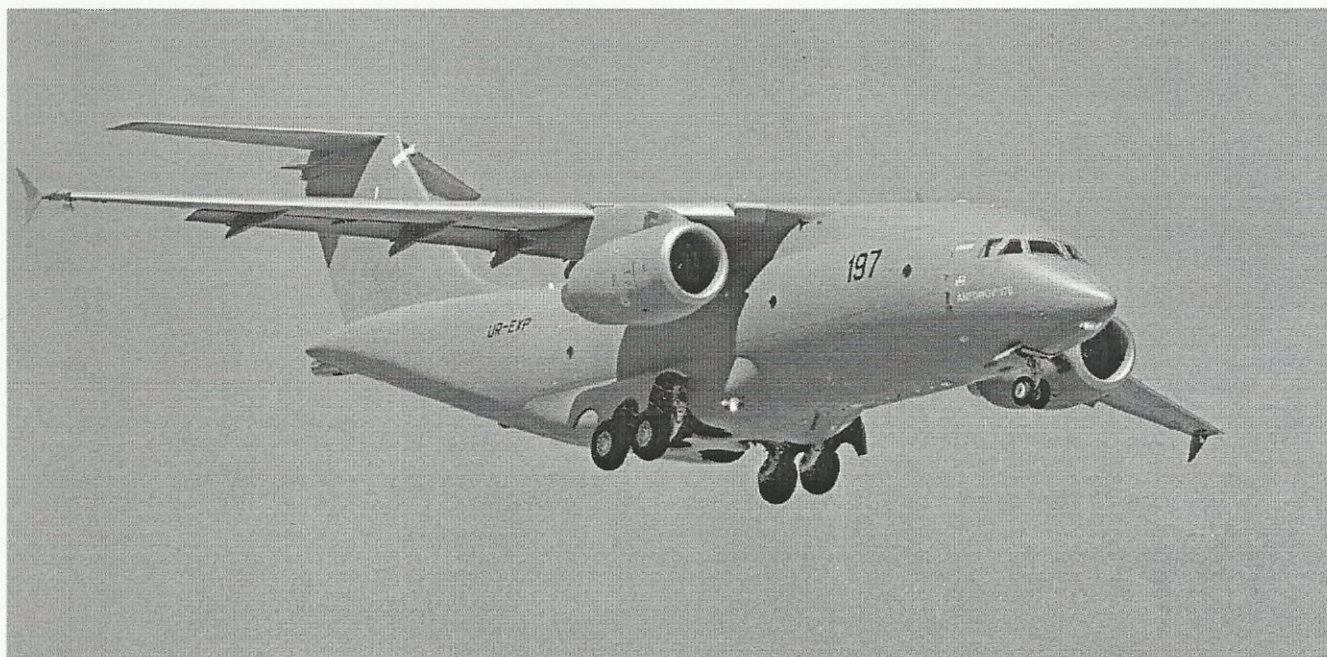


Рисунок 1. Літак Ан - 178

Наказ про створення нової машини було підписано 5 лютого 2010 року Генеральним конструктором-Президентом Д. С. Ківною. Викочування літака відбулося 16 квітня 2015 (рисунок 2). Перший політ літак здійснив 7 травня 2015 (рисунок 3).

Ан-178 має прийти на заміну військово-транспортних літаків попереднього покоління Ан-12, Ан-26 та Ан-32. Нова машина обладнана аналогічною, як і в сім'ї Ан-148, авіонікою та двигунами Д-436-148ФМ. Виробництво літака планується організувати на серійному заводі «Антонов», також розглядаються варіанти ліцензійного виробництва за кордоном.



Рисунок 2. Урочиста презентація літака Ан – 178 (16.04.2015)

Ан-178 — середній транспортний літак вантажопідйомністю 15-18 тонн (рисунк 4). Його швидкість становить 825 км/год, висота польоту — 12 км, дальність польоту — 5,5 тис. км. Літак може сідати і злітати з будь-яких аеродромів, у тому числі з ґрунтовим покриттям, що робить його придатним і для оборони. За приблизними оцінками фахівців, вартість літака, залежно від модифікації, складатиме від \$ 25 — 40 млн.

Історія створення

Наприкінці лютого 2010 року президент компанії «Мотор Січ» В'ячеслав Богуслаєв заявив про початок робіт з проектування нового транспортного літака Ан-178. Літак планувалося створити на базі

пасажирського Ан-158, який, у свою чергу, також є модернізацією Ан-148 (зі збільшеною, у порівнянні з Ан-148, пасажиромісткістю внаслідок подовження фюзеляжу).

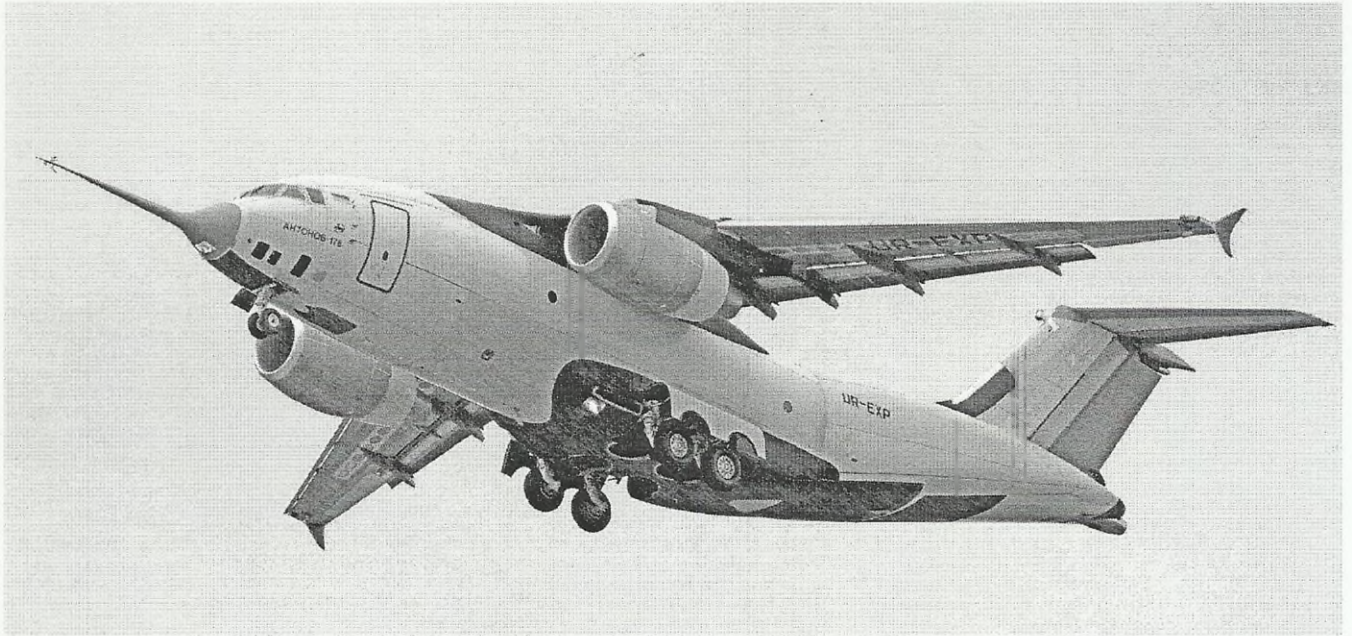


Рисунок 3. Перший взліт літака Ан – 178 (07.05.2015)

За задумом розробників, Ан-178 повинен був прийти на заміну застарілим транспортним літакам Ан-12, Ан-26, Ан-32 й Ан-72, що експлуатуються в Україні, країнах СНД, а також низці інших іноземних держав.

У 2012 році дійшли до логічного завершення роботи зі створення модернізованого двигуна Д-436-148ФМ, який є подальшим розвитком двигуна Д-436-148 зі збільшеною тягою на основних режимах польоту для транспортних літаків Ан-178.

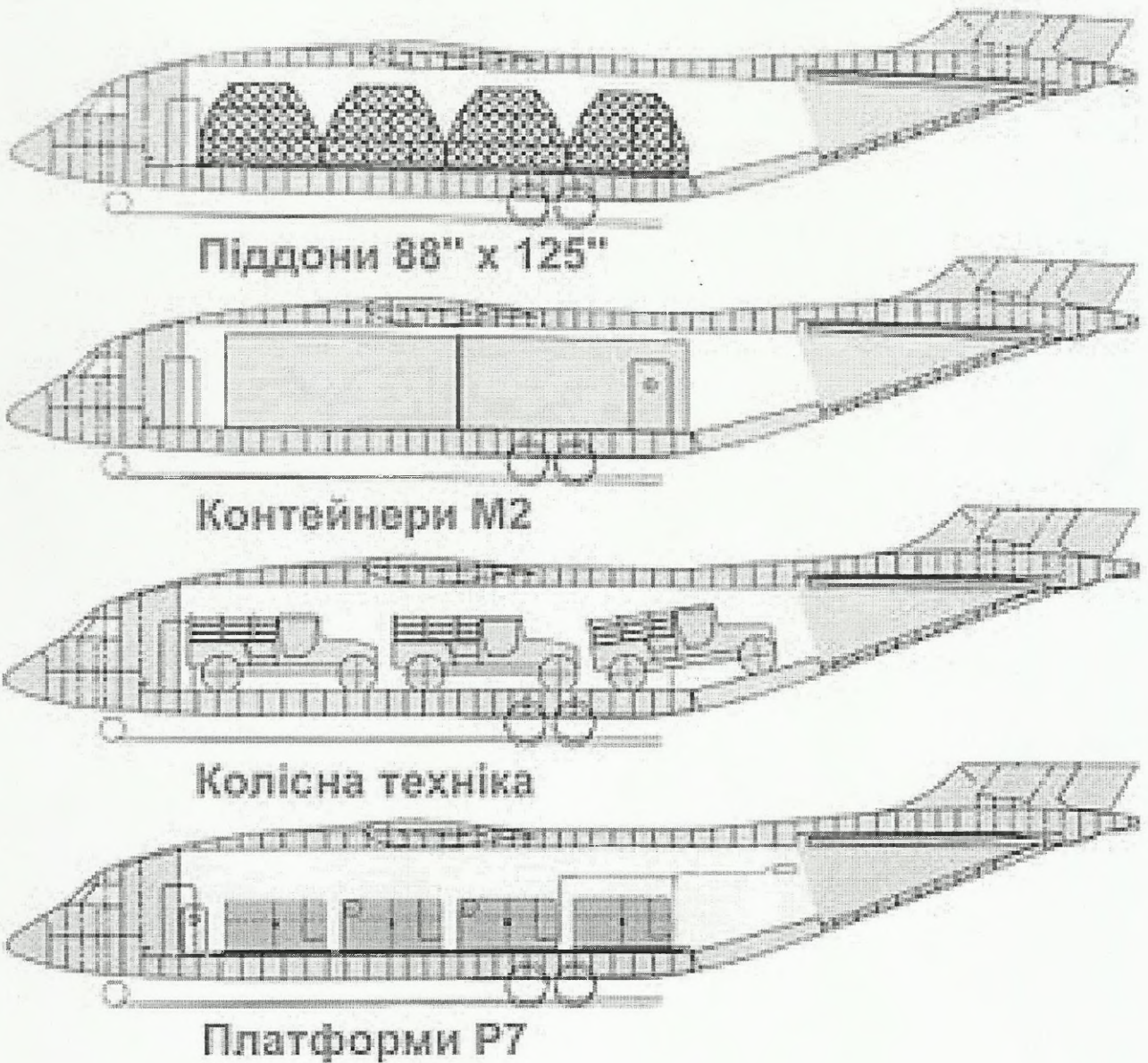


Рисунок 4. Вантажомісткість літака Ан - 178

Перший політ планувався на початок 2013 року, що було підтверджено 8 липня 2011 р. компанією «Антонов». Пізніше було оприлюднено нову дату початку випробувань — 2014 рік.

Ан-178 є потенційним конкурентом літаків *Alenia Aeronautica C-27J* і *Lockheed Martin C-130J*.

За повідомленням генерального директора Укроборонпрому Романа Романова, станом на 2016 рік для 78% комплектуючих Ан-178 розпочато

виробництво в Україні, а 22% — у решті країн світу (Росія виключена з цього переліку). Для порівняння: у 2015-му 48% деталей вироблялося в Україні, 41% — у Росії і 11% — в інших країнах. У зв'язку з тим що починаючи з 2016 року Україна почала стадію розриву як дипломатичних так і комерційних відносин із Російською Федерацією (далі – РФ) для подальшого виробництва літака постало питання шукати нові компанії партнери які будуть здатні забезпечити виробництво комплектуючими які раніше виробляла РФ.

Функції та характеристики літака

Літак Ан – 178 має змогу виконувати:

- перевезення військ з бойовою технікою і озброєнням;
- викидання десанту, транспортних засобів, вантажів і засобів технічного обслуговування;
- перевезення хворих і поранених;
- участь в особливих і гуманітарних місіях;
- перевезення вантажів цивільного призначення, контейнерів і піддонів IATA, техніки регулярними і чартерними рейсами
- перевезення контейнерів ISO 6 м

Вантажній відсік має наступні параметри:

- довжина вантажного відсіку з вантажною рампою — 16,65 м;
 - висота — 2,75 м;
 - ширина — 2,748 м;
 - площа підлоги з вантажною рампою — 40 м²;
- об'єм вантажного відсіку з вантажною рампою — 125 м³.

1. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

1.1. ТЕХНІЧНИЙ ОПИС КОНСТРУКЦІЇ КІЛЯ

ЛІТАКА Ан - 178

Кіль входить до конструкції хвостового оперення літака. Хвостове оперення в свою чергу поділяється на вертикальне і горизонтальне. Кілем називається нерухома частина вертикального оперення (далі – ВО).

Оперенням називають поверхні, що призначені для створення стійкості і керованості літака. Кіль призначений для забезпечення стійкості за кутом ковзання літального апарата.

На літаку Ан – 178 кіль виконаний стрілоподібної форми. Це дещо збільшує масу кіля, але знижує масу фюзеляжу, завдяки зменшенню крученого моменту, що діє на нього.

Конструкція кіля складається з основних елементів силового набору: лонжерони, стрингери, нервюри.

Вигин сприймається поясами лонжеронів, стрингерами і частково обшивкою; поперечна сила – стінками лонжеронів; кручення – обшивка, стінка лонжеронів. Кіль складається з кессоної, носової і хвостової частин. В хвостовій частині розташовуються кронштейни навішування керма на пряму та рульові приводи. Кесон кіля – металевої конструкції, складається з переднього і заднього лонжеронів, дванадцяти нервюр, правої та лівої панелі.

Лонжерони в кілі клепані, балочної конструкції, складається з поясів, стінки і стійок. До заднього лонжерона по нервюрах кріпляться кронштейни вузлів навішування руля напрямлення (далі - РН). Конструкція лонжерона є балковою двотаврового перерізу, що складається з верхнього і нижнього поясів. Стінки лонжеронів виготовлені з матеріалу Д16Т. Нервюри – балочного типу, складаються з поясів, стінки і стійок.

Носова частина кіля – металева, складається з обшивки і 18 діафрагм. Діафрагми складаються з поясів куткового перерізу і стінок. У стінках між вертикальними стійками виконуються отвори полегшення.

Панелі кіля кріпляться до 1 і 2 лонжерона за допомогою болтів і заклепок. В панелях присутні технологічні лючки, які призначені для підходу всередину до заклепувальних і болтових з'єднань при складанні кіля.

Поперечний силовий набір кіля складають нервюри. Складаються нервюр із лівого і правого поясів, і стінки з набором вертикальних стійок куткового перерізу. Пояси нервюр виготовляються з пресованих профілів і з'єднуються із стінкою заклепувальним швом. У стінках між вертикальними стійками виконуються отвори полегшення. До лонжеронів нервюри кріпляться за допомогою пресованих профілів, до панелей за допомогою поясів.

1.2. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ НАПРУГО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЛОНЖЕРОНУ КІЛЯ

Розрахунок лонжерону виконуємо в перерізах «190», це від 2 нервюри до голови на відстані 190 мм і в перерізі «50», це від другої нервюри до 3 нервюри на відстані 50 мм, на спільну дію повздовжньої сили і момент M_z при наявності ексцентриситету.

Переріз «190»:

$$F_{\text{перер}} = 22.03 \text{ см}^2$$

$$\text{Стискання} = 6.68 \text{ см}$$

$$I = 186,4 \text{ см}^4$$

$$L_1 = 0,38 \text{ см}$$

Положення центру ваги перерізу пояса 1 лонжерона кіля по другій нервюрі, регулярна зона $L = 0,67 \text{ см}$

Ексцентриситет центра ваги до регулярної зони складе

$$L = 0,67 \text{ см} - 0,38 = 0,29 \text{ см}$$

Із розрахунку перерізу № 2, $L = 0,737 \text{ м}$

$$F_{\text{сеч}} = 10,53 \text{ см}^2$$

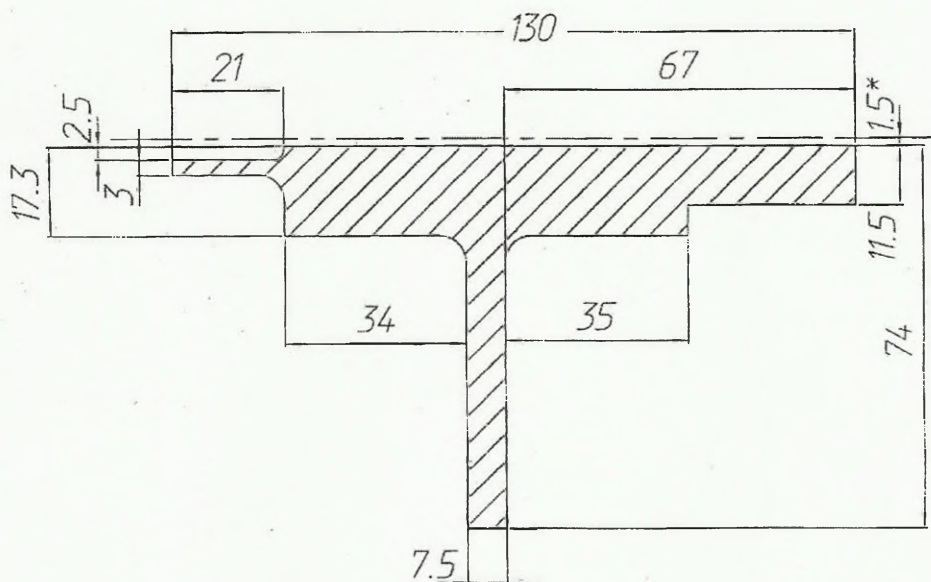
$$\sigma_g^{\text{MAX сж}} = -2744 \text{ мПа}$$

$$M_z^p = 28894 \cdot 0,29 = 8379 \text{ Нм}$$

$$\sigma_g^{\text{сж}} = \frac{28894}{22,03} + \frac{8379 \cdot 6,68}{186,4} = 1312 + 300 = 1612 \text{ мПа}$$

$$\eta^{\text{сж}} = \frac{3400}{1612} = 2,1$$

Переріз на розмірі 190 мм. Від нервюри 2



$$F=22.03 \text{ см}^2$$

$$Z=6.68 \text{ см}$$

$$I_z=186.4 \text{ см}^4$$

$$Y=5.89 \text{ см}$$

$$I_y=64.69 \text{ см}^4$$

Переріз «190»:

$$F_{\text{сеч}} = 22,03 \text{ см}^2$$

$$\text{Стискання} = 6,68 \text{ см}$$

$$I = 186,4 \text{ см}^4$$

$$L_1 = 0,38 \text{ см}$$

$$F_{\text{закл}} = 2 \cdot 0,4 \cdot 1,3 + 2 \cdot 0,4 \cdot 0,8 + 2 \cdot 0,4 \cdot 0,4 = 2 \text{ см}^2$$

$$F_{\text{сеч}}^{\text{беззакл}} = 20,03 \text{ см}^2$$

Ексцентриситет до регулярної зони складе

$$L = 0,29 \text{ см}$$

Із розрахунку перерізу 2, $L = 0,737 \text{ м}$

$$F_{\text{сеч}} = 10,53 \text{ см}^2$$

$$\sigma_g^{\text{МАХ раст}} = 2894 \text{ мПа}$$

$$P_g^p = 2894 \cdot 10,53 = 30474 \text{ Н}$$

$$M_z^p = 30474 \cdot 0,29 = 8837 \text{ Нм}$$

$$\sigma_g^{\text{сеч}} = \frac{30474}{20,03} + \frac{8837 \cdot 6,68}{186,4} = 1521 + 317 = 1838 \text{ мПа}$$

$$\eta = \frac{3960}{1838} = 2.15$$

Переріз по 2 нервюрі стискання

$$F_{\text{перер}} = 11.59 \text{ см}^2$$

$$\text{Стискання} = 3.79 \text{ см}$$

$$I = 43,73 \text{ см}^4$$

$$L_1 = 1,09 \text{ см}$$

Ексцентриситет центр ваги до регулярної зони складе

$$L = 1,09 - 0,67 = 0,42 \text{ см}$$

Із розрахунку перерізу № 2, $L = 0,737 \text{ м}$

$$F_{\text{сеч}} = 10,53 \text{ см}^2$$

$$\sigma_g^{MAX\text{ сж}} = 2744 \text{ мПа}$$

$$P_g^P = 28894 \cdot 0,29 = 8379 \text{ Н}$$

$$M_z^P = 28894 \cdot 0,42 = 12153 \text{ Нм}$$

$$\sigma_g^{сж} = \frac{28894}{11,59} + \frac{12135 \cdot 3,79}{43,73} = 2493 + 1052 = 3545 \text{ мПа}$$

$$\eta^{сж} = \frac{3400}{3545} = 0,96$$

При паруванні моменту M_z проявляється вплив нервюр, що спричиняє догруження лонжерону не більш ніж 0,5 сприйманого моменту (інше сідає на нервюри).

$$M_z = 12135 \cdot 0,5 = 6067,5 \text{ Нм}$$

$$\sigma_g^{сж} = \frac{28894}{11,59} + \frac{6067,5 \cdot 3,79}{43,73} = 2493 + 526 = 3018 \text{ мПа}$$

$$\eta^{сж} = \frac{3400}{3018} = 1,13$$

Переріз по 2 нервюрі розтягнення

$$F_{\text{сеч}} = 11,59 \text{ см}^2$$

$$\text{Розтягнення} = 3,79 \text{ см}$$

$$I = 43,73 \text{ см}^4$$

$$L_1 = 1,09 \text{ см}$$

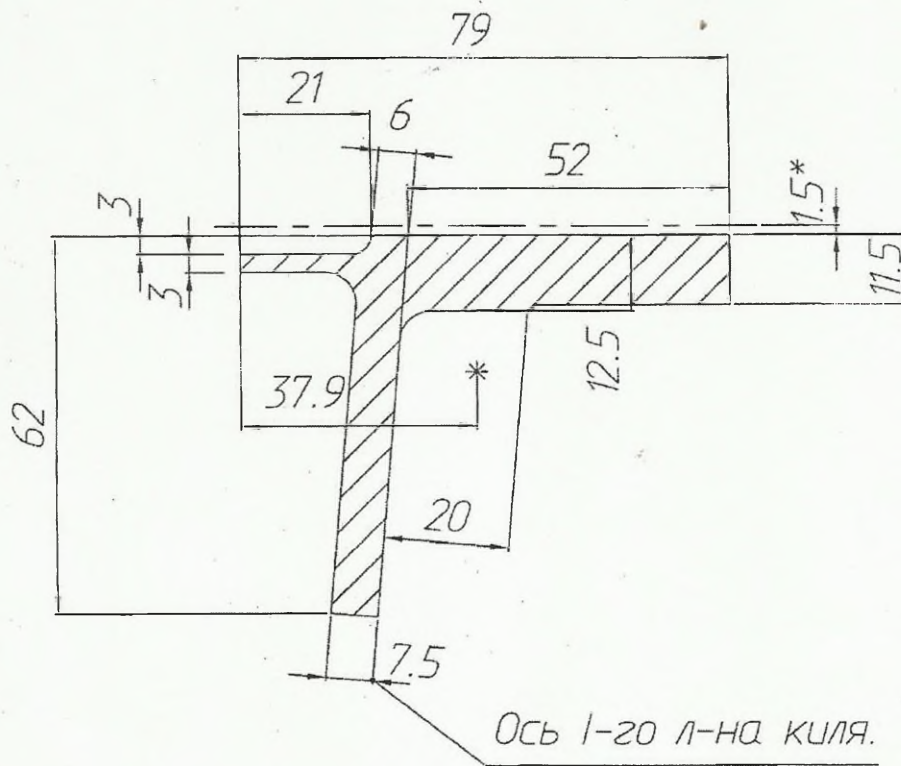
$$F_{\text{закл}} = 2 \text{ см}^2$$

$$F_{\text{сеч}}^{\text{безакл}} = 9,59 \text{ см}^2$$

Ексцентриситет до регулярної зони складе

$$L = 0,42 \text{ см}$$

Переріз по вісі нервюри 2



$$F = 11.59 \text{ см}^2$$

$$z = 3.79 \text{ см}$$

$$I_z = 43.73 \text{ см}^4$$

$$Y = 4.62 \text{ см}$$

$$I_y = 33.51 \text{ см}^4$$

З розрахунку перерізу № 2, $L = 0,737 \text{ м}$

$$F_{\text{сеч}} = 10,53 \text{ см}^2$$

$$\sigma_g^{\text{MAX раст}} = 2894 \text{ мПа}$$

$$P_g^p = 2894 \cdot 10,53 = 30474 \text{ Н}$$

$$M_z^P = 30474 \cdot 0,42 = 12799 \text{ Нм}$$

$$\sigma_g^{расм} = \frac{30474}{9,59} + \frac{12799 \cdot 3,79}{43,73} = 3178 + 1109 = 4287 \text{ мПа}$$

$$\eta^{расм} = \frac{3960}{4287} = 0,92$$

З урахуванням 0,5:

$$M_z = 12799 \cdot 0,5 = 6400 \text{ Нм}$$

$$\sigma_g^{расм} = \frac{30474}{9,59} + \frac{6400 \cdot 3,79}{43,73} = 3178 + 555 = 3733 \text{ мПа}$$

$$\eta^{расм} = \frac{3960}{3733} = 1,06$$

Переріз «50» стискання:

$$F = 10,85 \text{ см}^2$$

$$\text{Стискання} = 3,64 \text{ см}$$

$$I = 36,22 \text{ см}^4$$

$$L_1 = 0,94 \text{ см}$$

Ексцентриситет центра ваги до регулярної зони складе

$$L = 0,94 - 0,67 = 0,27 \text{ см}$$

Переріз по 2 нервюри стискання

$$F_{сеч} = 11,59 \text{ см}^2$$

$$\text{Стискання} = 3,79 \text{ см}$$

$$I = 43,73 \text{ см}^4$$

$$L_1 = 1,09 \text{ см}$$

Ексцентриситет центра ваги до регулярної зони складе

$$L = 1,09 - 0,67 = 0,42 \text{ см}$$

З розрахунку перерізу № 2, $L = 0,737 \text{ м}$

$$F_{\text{сеч}} = 10,53 \text{ см}^2$$

$$\sigma_g^{\text{МАХ раст}} = 2744 \text{ мПа}$$

$$P_g^p = 2744 \cdot 10,53 = 28894 \text{ Н}$$

$$M_z^p = 28894 \cdot 0,27 = 7801 \text{ Нм}$$

$$\sigma_g^{\text{сж}} = \frac{28894}{10,85} + \frac{7801 \cdot 3,64}{36,22} = 2663 + 784 = 3447 \text{ мПа}$$

$$\eta^{\text{сж}} = 0,99$$

З урахуванням 0,5:

$$\sigma_g^{\text{сж}} = 2663 + 392 = 3055 \text{ мПа}$$

$$\eta^{\text{раст}} = \frac{3400}{3055} = 1,11$$

Переріз «50» розтягнення:

$$F_{\text{сеч}} = 10,85 \text{ см}^2$$

$$Z = 3,64 \text{ см}$$

$$I = 36,22 \text{ см}^4$$

$$L_1 = 0,94 \text{ см}$$

$$F_{\text{закл}} = 2 \text{ см}^2$$

$$F_{\text{сеч}}^{\text{беззакл}} = 8,85 \text{ см}^2$$

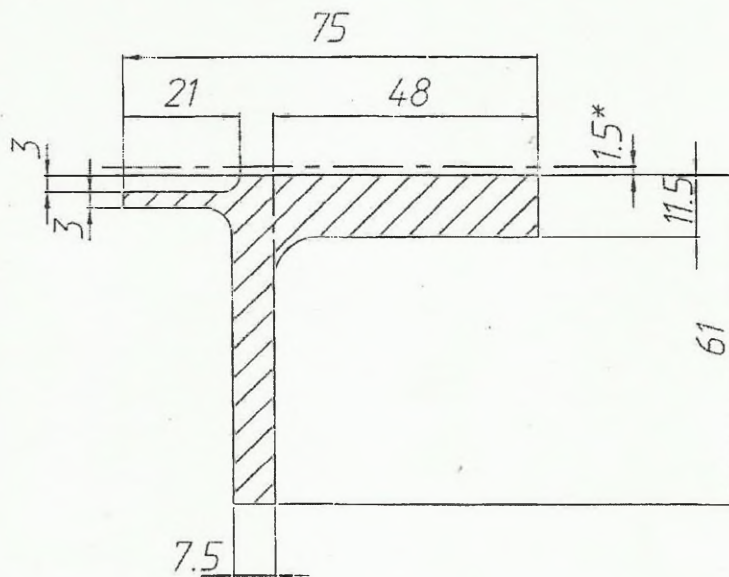
Ексцентриситет центра важкості до регулярної зони складе

$$L = 0,27 \text{ см}$$

Із розрахунку перерізу № 2, $L = 0,737 \text{ м}$

$$F_{\text{сеч}} = 10,53 \text{ см}^2$$

Переріз на розмірі 50 мм до нервюри від 2 нервюри



$$\begin{aligned}
 F &= 10.85 \text{ см}^2 \\
 z &= 3.64 \text{ см} \\
 I_z &= 36.22 \text{ см}^4 \\
 Y &= 4.5 \text{ см} \\
 I_y &= 31.39 \text{ см}^4
 \end{aligned}$$

$$\sigma_g^{\text{MAX раст}} = 2894 \text{ мПа}$$

$$P_g^p = 2894 \cdot 10,53 = 30474 \text{ Н}$$

$$M_z^p = 30474 \cdot 0,27 = 8228 \text{ Нм}$$

$$\sigma_g^{расм} = \frac{30474}{8,85} + \frac{8228 \cdot 3,64}{36,22} = 3444 + 827 = 4271 \text{ мПа}$$

З урахуванням 0,5:

$$\sigma_g^{расм} = 3444 + 827 \cdot 0,5 = 3444 + 414 = 3858 \text{ мПа}$$

$$f_f^{расм} = \frac{3960}{3858} = 1,03$$

1.3 ТЕХНІЧНІ УМОВИ НА ВИГОТОВЛЕННЯ КІЛЯ

Для конструкції кіля літака Ан-178 розроблені наступні умови для

його виготовлення:

1. Деталі які надходять до цехів кінцевого складання, не повинні мати механічних пошкоджень, слідів корозії та інших дефектів, повинні відповідати всім вимогам креслень, мати технічні паспорти та штамп ВТК.

2. Лонжерони, нервюри, панелі по своїм геометричним розмірам повинні забезпечувати отримання обводів згідно ТУ на форму і якість зовнішньої поверхності виробу.

3. Не вказані граничні відхилення розмірів, форми та розташування поверхонь по ОСТ100020 – 80.

4. Шорсткість поверхонь деталей після підгонки повинна відповідати кресленню.

5. Клепати:

- заклепки ОСТ 134040 – 92 по РТМ 1.4.786 – 80;
- заклепки ОСТ 134100 – 85 по ПИ 249 – 2000;
- заклепки ОСТ 134055 – 85 по ТИ 36 – 53 – 94.

6. Відхилення по перемичкам болтів і заклепок не повинно перевищувати ± 1 мм.

7. Встановлення вузлів навішування КН повинно задовольняти вимоги взаємозамінності.

8. Покриття головок заклепок (крім заклепок металізації) Гр ЭП-0215-470 ОСТ 190055 – 85.

9. Металізація заклепок по ОСТ 101025 – 85.
10. Герметизувати по інструкції з витримкою 12 годин герметиком УЗОМЭС – 5.
11. Негерметичність не допускається. Контролювати під тиском повітря 0,2 кгс/см².
12. Зазори між стиками панелей герметизувати герметиком УЗОМЭС – 5НТ.
13. Виготовлення і транспортування кіля по інструкції.

1.4. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КІЛЯ

Під технологічністю розуміють сукупність властивостей і конструктивних елементів, які забезпечують найбільш просте і економічне виготовлення деталей в умовах серійного виробництва при дотриманні технічних і експлуатаційних вимог до них.

Технологічними називають конструкції, котрі, забезпечуючи експлуатаційні якості виробу, в процесі виготовлення дозволяють досягти меншої трудомісткості, простоти обробки та складання.

Технологічність конструкції літака визначається наступними факторами:

- формою деталей, вузлів та агрегатів;
- способами з'єднання деталей, вузлів та відсіків між собою;
- матеріалами заготовок та точністю виготовлення деталей;
- застосуванням нормалізованих деталей.

Оцінка технологічності конструкції може бути *кількісною* та *якісною*.

Кількісна оцінка виражається показниками, чисельні значення яких характеризують ступінь задоволення вимог до технологічності конструкції.

Такими як: коефіцієнт повторення, коефіцієнт з'єднань, коефіцієнт питомої трудомісткості.

Якісна оцінка – це зручність підходів до конструкції в процесі складання, зручність встановлення складових частин конструкції, менші витрати на виготовлення, спрощення операцій під час процесу складання.

Існують наступні вимоги до технологічності авіаційних конструкцій:

1. Простота форм поверхонь агрегату та вхідних в нього елементів. Конструкція агрегату повинна забезпечувати можливість виготовлення із стандартних та уніфікованих деталей, які можуть бути виготовлені з листа та стандартного профілю.

Кіль має достатньо прості форми поверхонь та велику кількість вхідних в нього деталей , які можуть бути виготовлені з листа та стандартного профілю.

2. Агрегат та вхідні в нього складові одиниці повинні розчленовуватися на раціональне число частин які входять до його складу.

Кіль розчленовується на наступні складові одиниці: лонжерони, нервюри, діафрагми, носову частину, хвостову частину, кесону частину. Кожна із цих складових одиниць в свою чергу розчленовується на стандартні складові елементи, конструктивно-технологічне членування кіля дозволяє значно розширити фронт робіт при складанні, що дозволяє зробити висновок про його раціональне членування.

3. Конструкція агрегату повинна забезпечувати можливість компонування і складання із стандартних ті уніфікованих частин (профільних деталей).

В конструкції кіля, застосовані деталі із стандартних профілів з стандартними елементами та стандартні кріплення.

4. Складання виробу не повинно вимагати застосування складного технологічного оснащення.

Технологія складання кіля неминуче вимагає застосування складного технологічного оснащення як в момент складання так і при контролі готової конструкції на кінцевих етапах виробництва.

5. Види використовуваних з'єднань, конструкція та розташування повинні відповідати вимогам механізації та автоматизації.

У даній конструкції використані з'єднання повністю відповідні вимогам механізації та автоматизації.

6. Компонування конструкції складової одиниці повинно забезпечувати зручний доступ до місць, які вимагають контролю, регулювання та проведення інших робіт.

Компонування конструкції кіля забезпечує зручний доступ до місць які вимагають контроль та проведення інших робіт за рахунок з'ємних панелей та технологічних лючків.

До переваг конструкції кіля відносяться:

- застосування легко оброблювальних алюмінієвих сплавів;
- висока стандартизація та уніфікація вхідних деталей;
- висока відсутність важкодоступних місць при складанні.

До недоліків конструкції відносяться велика номенклатура кріпильних елементів.

Враховуючи вимоги до технологічності конструкції кіля, а також переваги та недоліки конструкції, можна зробити висновок про те, що розглянутий в даному проекті кіль має достатній рівень технологічності конструкції.

Кількісна оцінка: така оцінка необхідна для порівняння варіантів технологічності конструкції та планування її підвищення в часі.

Загальними стандартними показниками технологічності є: коефіцієнт рівня технологічності по трудомісткості:

$$K_{yT} = \frac{T_{i.B}}{T_{б.В}}$$

і коефіцієнт рівня технологічності по собівартості

$$K_{yC} = \frac{C_{i.B}}{C_{б.В}}$$

де $T_{i.B}$ – трудомісткість виробу який проектується, $C_{i.B}$ – собівартість виробу який проектується, $T_{б.В}$ та $C_{б.В}$ – базові показники трудомісткості та собівартості аналогу.

$$K_{yT} = \frac{10038,77}{9000} = 1,11$$

$$K_{yC} = \frac{984586,56}{850000} = 1,15$$

Чим нижчі ці коефіцієнти, ти краще ТК. Крім загальних коефіцієнтів, використовують різноманітні безрозмірні приватні коефіцієнти, які відображають рівень технологічності по окремим ознакам конструкції:

$$\text{Коефіцієнт наступності } K_{\text{наступн.}} = \frac{G_{\text{запозич.ел.}}}{\Sigma G_{\text{ел.констру}}};$$

де $G_{\text{запозич.ел.}}$ - число освоєних виробництвом елементів конструкції.

$\Sigma G_{\text{ел.констру}}$ - загальне число елементів конструкції виробу.

$$K_{\text{наступн.}} = \frac{148}{165} = 0,89$$

$$\text{Коефіцієнт панелювання } K_{\text{пан.}} = \frac{S_{\text{пан.}}}{\Sigma S_{\text{агр}}};$$

$S_{\text{пан.}}$ – площа панелей на агрегаті. $\Sigma S_{\text{агр}}$ - загальна поверхня агрегату.

$$K_{\text{пан.}} = \frac{5}{6,5} = 0,76$$

$$\text{Коефіцієнт стандартизації } K_{\text{станд.}} = \frac{N_{\text{станд}}}{\Sigma N_{\text{дет}}};$$

$N_{\text{станд}}$ – число стандартних елементів (без кріплення). $\Sigma N_{\text{дет}}$ – загальне число деталей (без кріплення).

$$K_{\text{станд.}} = \frac{1090}{1350} = 0,80$$

$$\text{Коефіцієнт пресової клепки } K_{\text{прес. кл.}} = \frac{N_{\text{прес.закл}}}{\Sigma N_{\text{закл}}};$$

$N_{\text{прес.закл}}$ – загальне число заклепок поставлених автоматично чи за допомогою пресів. $\Sigma N_{\text{закл}}$ – усього заклепок на виробі.

$$K_{\text{прес. кл.}} = \frac{1256}{1464} = 0,85$$

$$\text{Коефіцієнт уніфікації } K_{\text{уніф.}} = \frac{K_{\text{ел.констр}}}{\Sigma K_{\text{типорозмірів}}};$$

$K_{\text{ел.констр}}$ – кількість елементів конструкції. $\Sigma K_{\text{типорозмірів}}$ – число типорозмірів (номенклатура) деталей чи вузлів.

$$K_{\text{уніф.}} = \frac{38}{50} = 0,76$$

Аналізуючи вище вказані розрахунки можна зробити висновок що кількісна технологічність конструкції кіля має так само достатній рівень як і якісна.

1.5. КОНСТРУКТИВНЕ ЧЛЕНУВАННЯ КІЛЯ

У зв'язку з тим, що конструкція планера ЛА складається з величезної кількості деталей, то доцільно збирати його фрагменти окремо, а потім стикувати між собою.

Основними елементами конструкції планера є **агрегати, відсіки, вузли та деталі**.

Агрегат - частина планера, що виконує одну з основних функцій літака. Зазвичай агрегат являє собою закінчений в конструктивному і технологічному відношенні елемент конструкції. Для літака це фюзеляж, крило, центроплан, оперення, шасі, гондоли двигуна.

Відсік - частина агрегату, виділена в окрему конструктивну одиницю за технологічними або експлуатаційними міркувань.

Прикладом відсіків можуть служити носової, центральний і хвостовій відсіки крила.

Вузол - це кілька з'єднаних між собою деталей. Вузол виконує, як правило, локальні функції, наприклад, сприймає навантаження (лонжерон, нервюра, шпангоут). Вузол, що представляє собою обшивку, підкріплену силовим набором, називається **панеллю**.

Необхідність членування планера виробу на агрегати, відсіки, вузли та деталі диктуються вимогами самої конструкції методами і умовами експлуатації.

Тому розрізняють членування:

- конструкційне;
- технологічне;
- експлуатаційне.

Конструкційне членування визначається функціональним призначенням елементів планера.

Технологічне членування здійснюється з умов зручності виготовлення літака і економічності виготовлення. Приклади технологічного членування:

фюзеляж, крило, киль, фюзеляж на Ф1, Ф2, Ф3; крило на центроплан, від'ємну частину крила і т.д.

Експлуатаційне членування - створюється з метою заміни, огляду або регулювання різних механізмів і систем в процесі експлуатації літака.

Переваги, які дає високий ступінь членування:

1. Розширюється фронт робіт, що призводить до скорочення циклу виготовлення виробу.
2. Підвищується якість за рахунок зручності підходу і використання засобів механізації.
3. Підвищується продуктивність праці за рахунок виконання пункту 2.
4. За рахунок спеціалізації робіт підвищується досвід і кваліфікація виконавців.
5. Може використовуватися дороге обладнання з урахуванням спеціалізації виконуваних робіт.

Недоліки членування:

1. Збільшується вага об'єкта за рахунок роз'ємів.
2. Знижується надійність і живучість конструкції, тому що ймовірність руйнування по з'єднувальним швам вище, ніж по суцільному матеріалу.
3. Збільшується трудомісткість за рахунок виконання роз'ємів, їх оброблення з подальшим з'єднанням.
4. Збільшується кількість оснастки.
5. Збільшується потрібна площа цехів.

На **рисунках 1.1 – 1.2** зображене та розписане членування кіля.

Розглянутий нами киль членується на наступні частини:

- передній лонжерон;
- задній лонжерон
- рядові нервюри;
- коренева нервюра;
- кінцева нервюра;

- ліва панель;
- права панель;
- носова частина;
- хвостова частина;
- вузли навішування руля напрямку;
- стикувальні фітинги

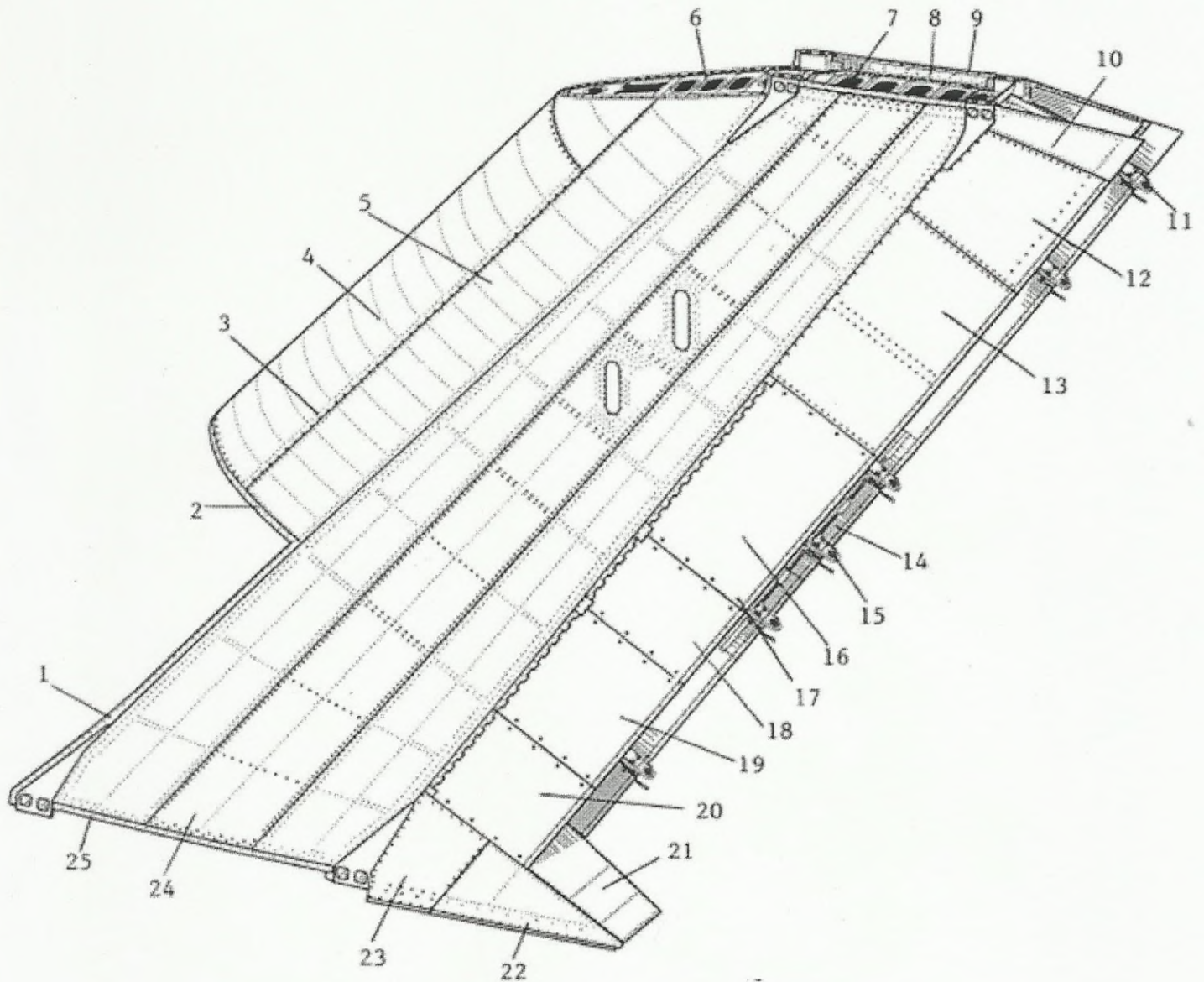


Рисунок 1.1. Кіль:

- 1 – передній лонжерон; 2 – коренева нервюра носової частини; 3 – балка; 4 – знімний носок; 5 – обшивка носової частини; кінцева нервюра носка; кінцева нервюра кіля; 8 – щільнна стрічка; 9 – ущільнюючий профіль; 10 – панель; 11 – кронштейн; 12 – знімна панель; 13 – знімна панель;*

14 – кронштейн; 15 – кронштейн; 16 – відкидна панель;
 17 – замок; 18 – відкидна панель; 19 – відкидна панель;
 20 – відкидна панель; 21 – діафрагма; 22 – панель; 23 – знімна панель; 24 –
 знімна панель; 25 – нервюра № 1 кесона.

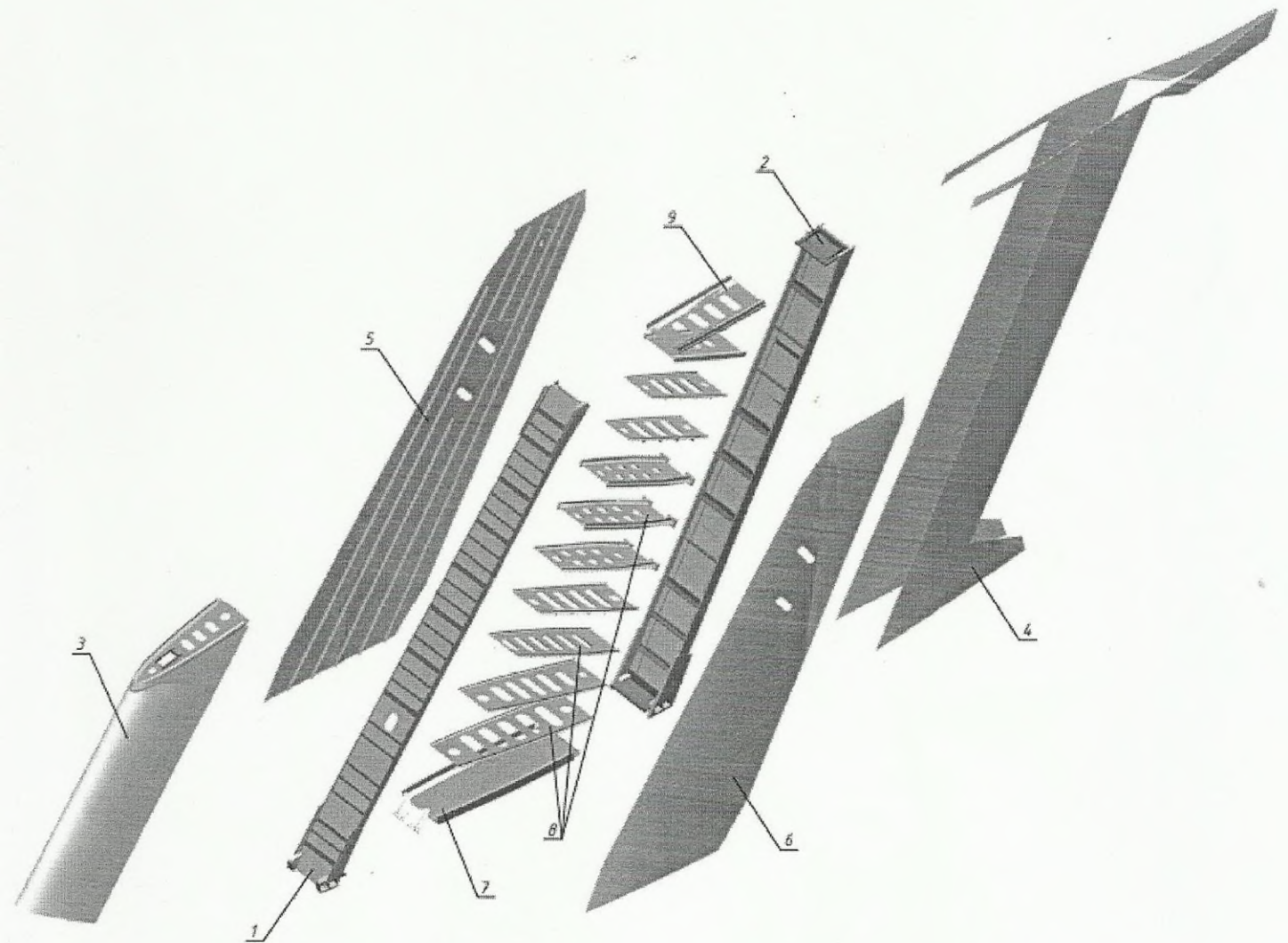


Рисунок 1.2. Членування кіля:

1 – лонжерон передній; 2 – лонжерон задній; 3 – носова частина;
 4 – хвостова частина; 5 – панель права; 6 – панель ліва; 7 – коренева
 нервюра; 8 – рядові нервюри; 9 – кінцева нервюра.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. ВИЗНАЧЕННЯ МЕТОДУ СКЛАДАННЯ КІЛЯ, ОПИС ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ НА ПІДПРИЄМСТВАХ

Складанням є сукупність операцій базування, закріплення в складальному положенні і виконання з'єднань складових частин (далі – СЧ) при складанні вузлів, панелей, секцій, відсіків, агрегатів і ЛА в цілому. Метод складання являє собою сукупність взаємопов'язаних рішень, що регламентують способи базування, види складальних баз, послідовність встановлення СЧ при складанні авіаційних конструкцій.

Перелік існуючих методів складання включає в себе:

- складання по базовій деталі;
- складання по розмітці;
- складання по складальним отворам (СО);
- складання по базовим поверхням;
- складання з базуванням від поверхні каркасу;
- складання з базуванням від зовнішньої поверхні обшивки;
- складання з базуванням від внутрішньої поверхні обшивки;
- складання по базовим отворам (БО);
- базування по отворам під стикові болти (ОСБ).

Більш детальна інформація про вище перераховані методи складання розглянута нижче:

- **Складання по базовій деталі** - процес, при якому одну з деталей приймають за базову і до неї в певній послідовності приєднують інші деталі, що входять до вузла який складається. Цей метод застосовується при складанні виробів з жорстких деталей, які зберігають під дією власної ваги свою форму і розміри. При цьому вхідні в виріб деталі поділяють на кілька складальних груп, кожна з яких збирають по базовій деталі, що входить до цієї групи. Даний метод складання застосовується при виробництві шасі літака, агрегатів і вузлів пневмо- і гідросистем.

- **Складання по розмітці** - процес, при якому взаємне положення деталей, що входять в вузол, визначають безпосередньо вимірюванням відстаней між ними і за рисками, нанесеним на деталях при розмітці. Застосовується в основному при складанні дослідно-експериментального зразка літака. Процес складання по розмітці включає багато переходів, пов'язаних з розміткою центрів отворів в кожній деталі, керненням положення центрів, вимірюванням відстаней між деталями, установкою і зняттям струбцин. Встановлення деталей в складальне положення по розмітці - операція трудомістка і тривала. Взаємозамінність вузлів і панелей при складанні з розміткою практично неможлива. Невеликі витрати на оснащення і порівняно малий цикл підготовки виробництва дозволяють застосовувати вказаний метод в дослідному і дрібносерійному виробництвах для збирання плоских вузлів і циліндричних панелей.

- **Складання по складальним отворам (СО)** - процес, при якому складання здійснюється шляхом поєднання взаємоузгоджених отворів, які виконуються при виготовленні деталей, що сполучаються. У ці отвори на період збирання вставляються фіксатори, технологічні болти або технологічні заклепки з подальшим остаточним з'єднанням деталей.

Складальні отвори розташовуються в місцях встановлення заклепок або болтів. Місця розташування СО наносять на кресунок або вказують в спеціальних схемах. Для встановлення деталі в складальне положення повинно бути не менше двох СО.

- **Складання по базовим поверхням деталей** - процес, при якому визначеність базування деталей виробів може бути досягнута шляхом їх сполучення з раніше встановленими деталями.

Точність встановлення деталі визначається точністю складальної бази, утвореної поверхнями раніше встановлених деталей. Базування деталей з базових поверхонь деталей можна здійснювати також шляхом орієнтації їх відносно кромки, вирізів, підсічок, якщо забезпечується фіксація що базується деталі щодо основної бази.

- **Складання з базуванням від поверхні каркасу** - процес, при якому базою для встановлюваних елементів є обводи деталей раніше зібраного каркаса. При такому способі базування обшивки або панелі встановлюється внутрішньою поверхнею на опорні поверхні зібраного каркаса і притискається рубильниками, стрічками або шнурами. В цьому випадку похибки елементів каркаса повністю переносяться на обводи остаточно зібраного виробу. Тому необхідно добиватись найбільшої точності обводів при складанні каркаса, так як при установці обшивки або панелі неможливо виправити утворені похибки.

- **Складання з базуванням від зовнішньої поверхні обшивки** – процес, при якому базою для встановлюваних елементів є опорні поверхні пристосувань, виконані по зовнішній поверхні обшивки. Цим способом збираються більшість відсіків за допомогою стапелів з відкидними рубильниками.

- **Складання з базуванням від внутрішньої поверхні обшивки** – процес, при якому обшивка або панель які базуються, вони встановлюються внутрішньою по верхньою на базові поверхні складального пристрою або на поверхню спеціальних макетних елементів. Сутність цього методу полягає в створенні технологічного каркасу з допомогою силових елементів агрегату та макетних елементів.

- **Складання по базовим отворах (БО)** - процес, при якому взаємне положення встановлюваних елементів конструкцій визначається поєднанням отворів в деталях і елементах складального пристосування. Система БО дозволяє застосовувати єдині бази при обробці деталей і збірці вузлів і агрегатів. Крім того, ця система може бути використана в якості бази при монтажі бортового обладнання.

- **Базування по отворах під стикові болти (ОСБ)** - отвори під стикові болти в деталях поєднують з базовими поверхнями пристосування і з'єднують деталі, що утворюють стик з елементами каркаса.

Для складання кіля літака Ан – 178 мною буде застосовано комбінований метод складання який включає в себе наступні методи:

- складання з базуванням від поверхні каркасу;
- складання по базовим поверхням деталей;
- складання по БО.

2.2. РОЗРОБКА СХЕМИ БАЗУВАННЯ ПРИ СКЛАДАННІ КІЛЯ

Розробка схеми базування складальних частин агрегату – це процес визначення взаємоположення вузлових елементів системи агрегату, панелі, секції, відсіку із зазначенням основних баз на підставі забезпечення принципу цілісності останніх.

Таким чином базування:

- лонжеронів буде здійснюватися по БО та фіксаторам складального пристосування;
- базування рядових нервюр по стійкам лонжеронів;
- базування кінцевої та кореневої нервюри буде здійснюватися до стінок лонжеронів, а потім виконуватимуться отвори напрямлення (НО) для подальшого з'єднання;
- базування носової частини кіля буде виконуватися по ложементам складального пристрою, та фіксуватися зі стійками переднього лонжерону для подальшого з'єднання;
- вузли для навішування КН будуть базуватися до задньої стінки 2 лонжерону по і по БО в складальному пристрої;
- права та ліва панель будуть базуватися до поясів лонжеронів та нервюр та фіксуватися рубильниками складального пристрою.

На **рисунку 2.1** зображено ескіз схеми базування кіля при складальних роботах

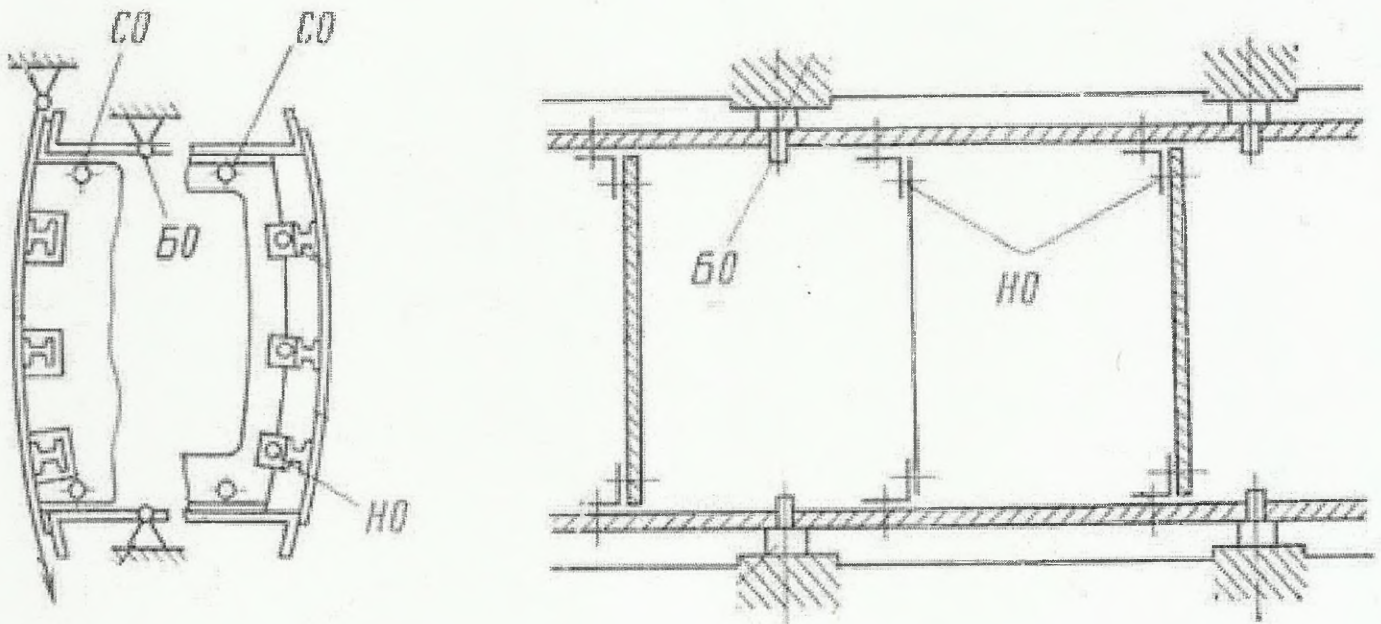


Рисунок 2.1. Ескіз схеми базування кіля

На підставі розробки схеми базування вносяться певні корективи в конструкцію складального пристрою, безпосередньо призначеного для базування складових частин агрегату та проведення попередніх складальних робіт перед формуванням основних з'єднань.

2.3. ТЕХНІЧНІ УМОВИ ПОСТАЧАННЯ СКЛАДОВИХ ЧАСТИН КІЛЯ ДО ЦЕХУ СКЛАДАННЯ

До цеху кінцевого складання надходять деталі із механічних, заготівельних цехів та цехів де виконуються підзбірки складових частин для того щоб в цехах кінцевого складання виконати операції по компоунанню та складанню агрегату.

В нашому випадку для складання кіля складові його частини надходять до цеху остаточного складання з наступними умовами:

- передній лонжерон надходить на ділянку кінцевого складання в зібраному вигляді з виконаними БО для базування в стапелі складання;

- **задній лонжерон** надходить на ділянку кінцевого складання в зібраному вигляді з виконаними **БО** для базування в стапелі складання та
- **рядові нервюри** надходять на ділянку кінцевого складання в зібраному вигляді, допуск на відхилення осей нервюр $\pm 0,3$ мм;
- **силові нервюри** надходять до цеху кінцевого складання цільнофрезерованими з виконаними в технологічними отворами для встановлення такелажних вузлів;
- **носова частина кіля** надходить на ділянку кінцевого складання у зібраному вигляді;
- **кронштейни для навішування КН** надходять до цеху кінцевого складання з виконаними в них **НО** та **БО**;
- **Права панель** надходить на дільницю складання з виконаними в ній **НО**;

2.4. РОЗРОБКА СХЕМИ СКЛАДАННЯ ТА УВЯЗКИ ПІДБІРКИ КІЛЯ ТА МАРШРУТНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Схема яка показує як і в якій послідовності здійснюється складання, називається схемою складання.

Окрім порядку складання, конкретна схема відображає основні методи і засоби ведення технологічного процесу складання (оснащення, устаткування та ін.).

Виходячи із членування конструкції кіля зробимо вибір схеми складання для нашого виробництва, але для початку проведемо аналіз різновидів існуючих схем складання.

Залежно від ступеня членування конструкції на складальні одиниці, складальний процес може виконуватися по **послідовній, паралельній і паралельно-послідовній схемі (рисунки 2.2).**

Послідовна схема застосовується для нерозчленованих агрегатів. Збірка і монтаж здійснюється в незручних умовах, застосування механізації важко, кількість одночасно зайнятих виконавців обмежена. Отже, трудомісткість виготовлення нерозчленованої конструкції найвища, а продуктивний цикл довгий.

Паралельна схема застосовується для агрегатів, котрі членуються на вузли, які збираються незалежно один від одного. Основний обсяг монтажних робіт виноситься на панелі, і вони теж виконуються паралельно. Цикл роботи короткий, трудомісткість найменша, якість висока. Це пояснюється можливістю механізації і розширення фронту робіт, а також зручними умовами праці збирачів і монтажників.

Паралельно-послідовна схема застосовується для складання агрегатів, розчленованих на панелі і вузли, які збираються паралельно, після чого стикуються в агрегат. Монтажні роботи та панелі не виносяться, а виконуються в зібраному агрегаті. Таким чином, переваги панелерування використовуються тільки для складальних процесів.

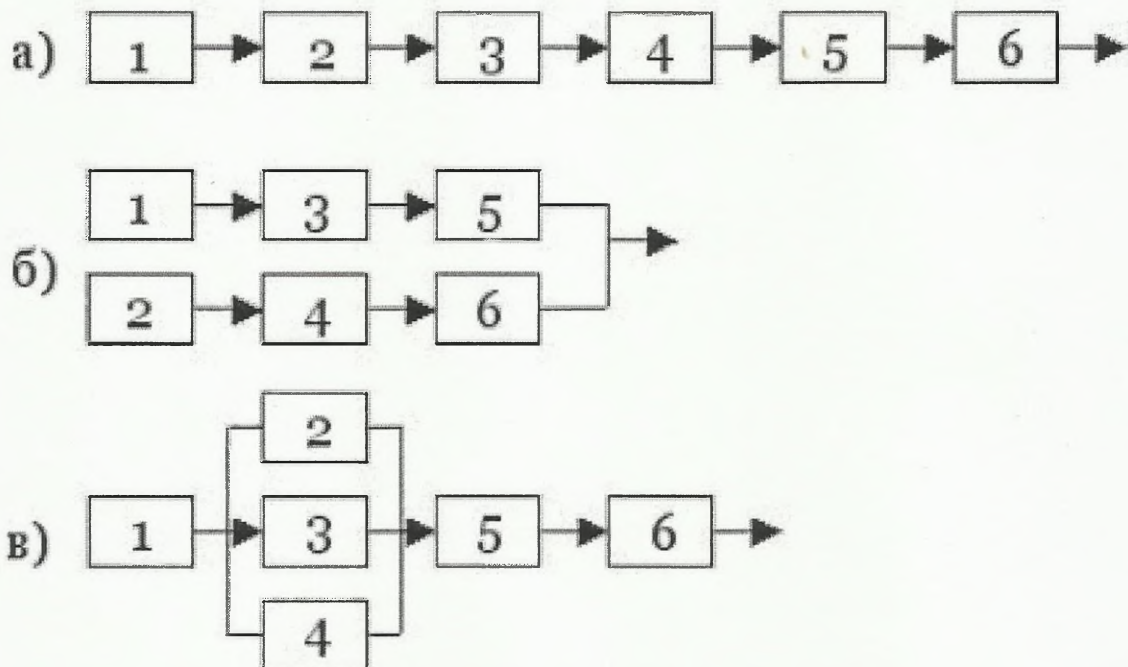


Рисунок 2.2. Схеми складальних процесів:

а – послідовна схема; б – паралельна схема; в – паралельно – послідовна схема.

При складанні літака основна увага відводиться забезпеченню геометричної взаємозамінності, котра може бути:

- **повною**, якщо встановлення і з'єднання деталей, секцій, агрегатів виконують без підгонок, обробки їх в процесі складання та стикування;
- **груповою**, якщо встановлення та з'єднання деталей, вузлів, секцій і агрегатів виконується сортуванням їх на групи;
- **неповною**, якщо встановлення та з'єднання деталей, вузлів, секцій і агрегатів здійснюється з додатковою обробкою, підгонкою.

При складанні по принципу неповної взаємозамінності широко використовують спеціальні компенсатори, котрі в процесі складання поглинають відхилення розмірів, щоб отримати високої точності кінцевий складальний розмір.

Методи ув'язки геометричних параметрів елементів планера літака визначають по двом показникам: **виду першоджерела ув'язки та виду засобів ув'язки**, наприклад: плазово – інструментальний метод ув'язки (ПІМ) з застосуванням лазерних систем (ЛЦІС), еталонно – інструментальний метод ув'язки (ЕІМ) з використанням контрольно-вимірювальних машин; еталонно – макетний метод ув'язки з застосуванням макетного агрегату; програмно – інструментальний метод ув'язки (ПРИМ).

В літакобудуванні для складання конструкцій використовують два методи:

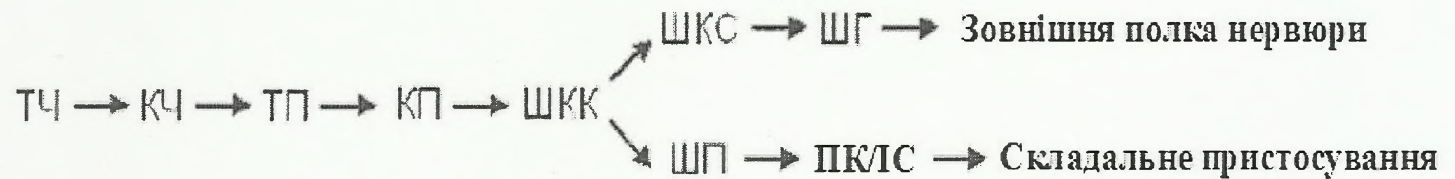
- залежний;
- незалежний.

Принцип залежного методу взаємозамінності базується на використанні жорстких носіїв форм та розмірів деталей і спеціальної контрольної та технологічної оснастки.

До жорстких носіїв відносяться теоретичні і конструктивні плази, контрольні та робочі шаблони, контр еталони і еталони.

Принцип залежного методу в літакобудуванні реалізувався як плазово – шаблонний метод (ПШМ) забезпечення взаємозамінності.

Для узгодження розмірів деталей і оснащення необхідно розробляти структурні схеми ув'язки розмірів базових елементів оснащення та деталей. Наприклад, для нервюри, замикаючий розмір котрої утворюють полки нервюри, структурну схему ув'язки можемо представити у наступному вигляді:



Зіставлення допусків на стики і роз'єми сучасних літаків свідчить про те, що виготовлення жорстких носіїв розмірів та форм доцільно тільки тоді, коли їх розміри не перевищують 2500 мм. Подальше збільшення розмірів веде до різкого підвищення похибок монтажу базових, обводооброшуючих і стикових вузлів. Крім того зі збільшенням розмірів виробу збільшуються витрати матеріалу на оснащення. У цьому випадку необхідний метод, котрий би дозволив забезпечити взаємозамінність без зниження точності складання виробу. Такий метод отримав назву **незалежного методу**.

Принцип незалежного методу забезпечення взаємозамінності вузлів та агрегатів полягає на використанні у якості носіїв розмірів та форм електронних моделей, на використанні станків з числовим програмним забезпеченням, використанні керуючої програми и контрольно – вимірювальних машин.

В наш час технічні можливості сучасних електронних обчислювальних машин (далі – ЕОМ) і програмне забезпечення дозволяють виробляти теоретичну и конструктивну ув'язку розмірів деталей і оснащення за допомогою трьохвимірних електронних моделей (далі - ЕМ). В цьому випадку ЕМ є параметричним носієм геометричних параметрів деталей

виробу і базових елементів оснащення і визначає їх взаємне розташування між собою в складанні і прив'язку до базових осей та площин.

Використання ЕМ дає можливість паралельного виконання робіт усіма учасниками підготовки виробництва літака, що значно скорочує час технологічної підготовки виробництва.

Якщо при складанні виробу використовувати незалежний електронний метод ув'язки, то один із варіантів структурної схеми ув'язки може бути такою:



Доцільність використання залежного ПШМ чи незалежного електронного методу визначається в залежності від різних факторів: габаритів літака, програми випуску, типу виробництва, енергетичної потужності виробництва.

Беручи до уваги те що розробка розглянутого нами виробу призначається для серійного типу виробництва, то є доцільним для виготовлення конструкції кіля літака Ан – 178 застосувати незалежний метод забезпечення ув'язки та взаємозамінності, з використанням електронних моделей у якості носіїв форм та розмірів, та с подальшим використанням станків з числовим програмним забезпеченням.

Приймаємо наступну послідовність складання кіля:

1. Встановлення першого лонжерона.
2. Встановлення другого лонжерона
3. Встановлення кінцевої та кореневої нервюри.
4. Встановлення рядових нервюр.
5. Встановлення носової частини.
6. Встановлення кронштейнів для навішування КН.

7. Встановлення лівої панелі
8. Встановлення правої панелі.

В даному проекті мною розроблена паралельно – послідовну схему складання. Вона буде представлена на кресленні в додатку до проекту.

Маршрутний (укрупнений) технологічний процес представлено в таблиці 2.1.

Маршрутний технологічний процес. Таблиця 2.1.

№ операції	Зміст операції
005	Приготувати стапель до роботи.
010	Встановити в стапель перший лонжерон та зафіксувати по БО.
015	Встановити в стапель другий лонжерон та зафіксувати по БО.
020	Встановити в стапель рядові нервюри базуючи по стінкам лонжеронів, зафіксувати тимчасовими фіксаторами.
025	Свердлити по НО отвори в лонжеронах
030	По черзі знімаючи фіксатори клепати нервюри з лонжеронами.
035	Встановити кореневу та кінцеву нервюри та зафіксувати тимчасовими фіксаторами.
040	Свердлити отвори в лонжеронах по НО в кінцевій та кореневій нервюрах.
045	Клепати кінцеву та кореневу нервюри з лонжеронами.
050	Встановити в стапель носову частину кіля, зафіксувати ложементами,
055	Закріпити носову частину з лонжероном анкерними гайками
060	Встановити на задній лонжерон вузли для навішування КН та зафіксувати їх в стапелі по БО
065	Виконати отвори в задньому лонжероні по НО в кронштейнах

Продовження таблиці 2.1.

070	Встановити до стінок лонжеронів стрінгери, та кріпити струбцинами з обох боків.
075	По НО в стінгерах свердлити отвори в лонжеронах, клепати стрінгери з лонжеронами
080	Вставити в стапель праву панель та притиснути рубильниками
085	Свердлити отвори по НО в лонжеронах та нервюрах зі сторони каркасу.
090	Зенкувати отвори, клепати панель із каркасом, клепати в потай.
095	Встановити в стапель дві секції лівої панелі, зафіксувати рубильники.
100	По НО в панелі свердлити отвори в каркасі кіля, зенкувати отвори.
105	Клепати панель із каркасом, клепати в потай
110	Встановити з'ємну частину лівої панелі, зафіксувати рубильниками.
115	Закріпити панель самоконтруючіми анкерними гайками
120	Відкинути рубильники
125	За допомогою кран балки транспортувати на ділянку внестапельного складання.
130	Контроль БТК

2.5. РОЗРОБКА ТА ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ СКЛАДАННЯ ПІДБІРКИ 1 ЛОНЖЕРОНУ КІЛЯ

Основне призначення складального пристосування – забезпечення можливості встановлення – базування деталей, вузлів, панелей в складальному положенні відносно базових осей і створення умов для виконання з'єднань деталей в складальну одиницю.

При виконанні основного призначення конструкція складального пристрою повинна: забезпечувати збереження точності базових розмірів в процесі складання, мати вільні підходи для встановлення деталей і виконання з'єднань, відповідати вимогам по техніці безпеки при роботі в пристосуванні.

Складальне пристосування для складання кіля представляє собою складну просторову конструкцію яка складається із наступних елементів:

- каркаса (рам, балок, стійок, колон), на якому монтуються всі елементи пристосування.
- базуючі елементи (рубильників, ложементів, плит стику, кронштейнів КФО).

Рубильники є основними базуючими елементами складального пристосування. Рубильники застосовують у двох варіантах конструкторського виконання:

- рубильники цільні;
- рубильники які складаються з декількох деталей.

Рубильники і ложементи встановлюють на балках за допомогою вилок. Кріплення рубильників зверху зображено на **рисунку 2.3**, вилка 1 кріпиться в стакані балки, а в паз вилки встановлюють законцовку рубильника 2. Законцовку із рубильником 5 з'єднують болтами 3. Законцовка вводиться в паз вилки та має можливість повертатися разом із рубильником навколо своєї осі 4.

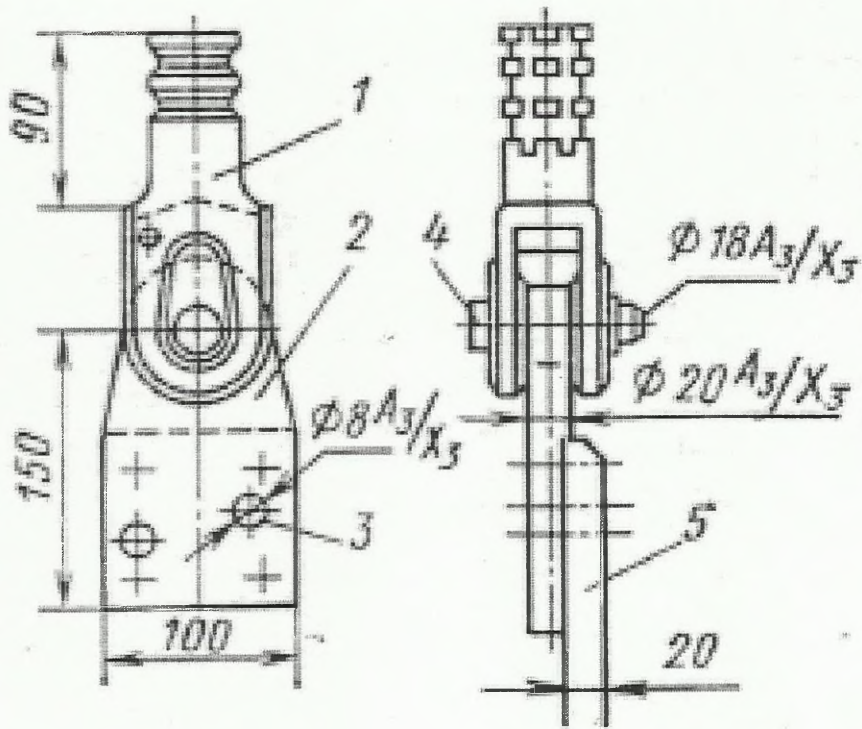


Рисунок 2.3. Кріплення рубильника зверху

Нижнє кріплення рубильника зображено на **рисунку 2.4**. При закритті рубильника його кінцева частина вводиться до пазу вилки 1, скоба 2 повертається на осі 3, а після того вінтом 4 піджимають рубильник та фіксують його у робочому положенні штирем 5.

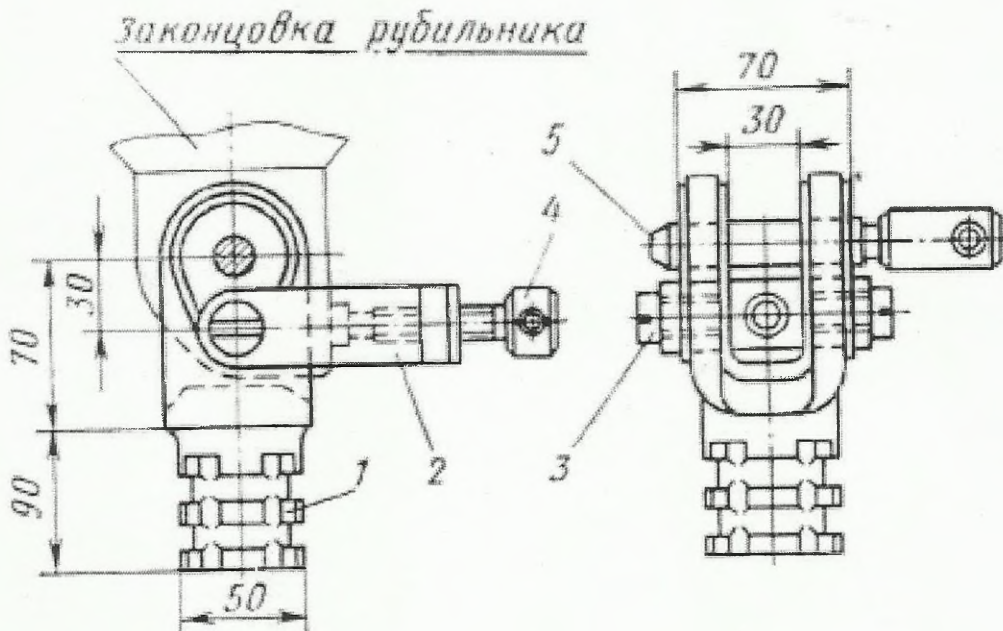


Рисунок 2.4. Нижнє кріплення рубильника та фіксація в робочому положенні

Вилки слугують для встановлення та закріплення рубильників, плит стику, стикових вузлів та інших елементів пристосування на балках.

Стакани встановлюються на балки, а в стакани на цемент встановлюються вилки.

Фіксатори та притиски є елементами пристосування, завдяки яким деталі які складаються встановлюються та кріпляться в складальному положенні.

Проектування пристосування починають з викреслювання технологічного кресунку складальної одиниці та загального вигляду пристосування. В цілях збереження принципу єдності баз в якості базових осей приймають вісь симетрії та будівельну горизонталь літака. У випадку використання монтажного еталону процес виготовлення та монтажу пристосування виконується по типовій застарілій схемі, а при застосуванні сучасних методів із використанням оптико – механічних та електронних приборів проектування і монтаж пристосування проводять в наступній послідовності:

- проектування пристосування та створення координатно – оптичної системи;
- виготовлення елементів пристосування;
- монтаж пристосування з використанням оптичних чи електронних приборів (лазера);
- ув'язка елементів пристосування та базових вузлів виробу.

В даному проекті розроблено складальне пристосування для складання 1 лонжерону (рисунок 2.5) кіля.

Креслення складального пристосування для конструкції підбірки переднього лонжерона кіля літака Ан – 178 та специфікація до нього присутні в додатку до проекту.

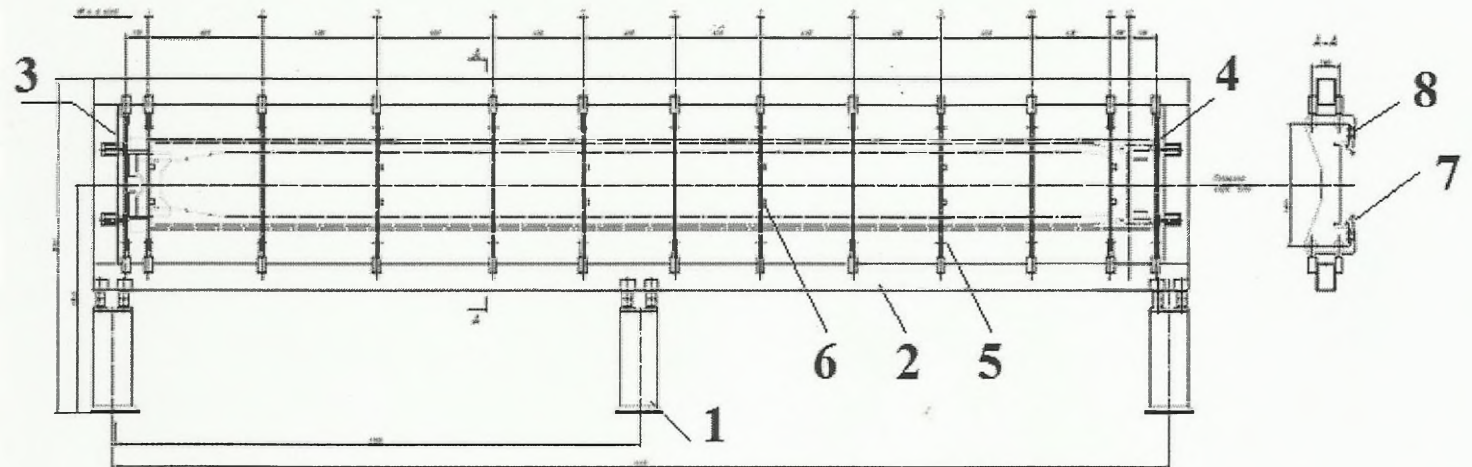


Рисунок 2.5. Складальне пристосування першого лонжерону кіля
 1 – колона; 2 – рама; 3 – стапельна плита; 4 – стапельна плита;
 5 – рубильник; 6 – фіксатор; 7 – прижим; 8 – штир.

2.6. РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПІДЗІРКИ 1 ЛОНЖЕРОНУ КІЛЯ

Технологічний процес збірки – це послідовність установки в складальне положення деталей, вузлів, панелей, їх фіксації і з'єднання між собою способами, передбаченими кресунком, визначення спеціальностей, розряду і кількості робітників, а також норм часу, вибір інструменту і устаткування. Розробку робочого технологічного процесу збірки для серійного виробництва здійснюють відповідно до кресунку і схеми збірки.

Робоча технологія містить наступні відомості про процес збірки:

1. Суть операцій і переходів технологічного процесу. Послідовність їх повинна відповідати певному плану. У загальному випадку процес збірки виконується в наступному порядку:

- підготовка деталей до збірки;
 - встановлення деталей в задане кресунком положення;
 - фіксація деталей у встановленому положенні;
 - підготовка деталей до з'єднання;
 - з'єднання деталей;
 - контроль точності і якості з'єднань;
 - завершальні роботи.
2. Інструмент і устаткування, необхідне для кожної операції.
 3. Норми часу на виконання операцій.
 4. Спеціальність, кількість робітників і розряд робіт.
 5. Операції контролю.

Розроблений технологічний процес підзбірки першого лонжерона кіля Ан – 178 представлено на технологічних бланках в додатку до проекту.

2.7. ВИБІР ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ОПИС ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ ФОРМИ СКЛАДАННЯ КІЛЯ

Для проектування цеху складання кіля необхідно уточнити тип виробництва.

Для виготовлення продукції авіаційної техніки використовуються наступні типи виробництва:

- 1) дослідне;
- 2) одиничне;
- 3) серійне.

Дослідне і одиничне виробництво характеризується дуже малим обсягом випуску і широкою номенклатурою випуску виробів. Обладнання згідно з вимогами і специфікацією виробу, великий відсоток обробки матеріалів і збірки в ручному режимі. Ці типи виробництва застосовуються в основному для спецзамовлень, при випуску нових і унікальних виробів з метою проектування пакету документації для серійних підприємств.

Серійний тип - основне виробництво авіаційної тематики, характерно для випуску ЛА самого різного призначення і габаритів. Характеризується наступними основними параметрами:

- поопераційна розробка технологічного процесу;
- виконання декількох періодично повторюваних операцій на одному робочому місці;
- розміщення обладнання відповідно до послідовності виконання етапів технологічного процесу.

Виходячи із вибраної програми випуску та аналізуючи широкий спектр перспектив літака Ан – 178 як на внутрішньому так і на ринку закордонних країн, вибір типу виробництва мною зроблено в сторону серійного, виходячи із цього подальша розробка технологічного процесу та проектування цеху складання було розроблено спираючись на серійний тип виробництва.

2.8. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРЕДСТАВНИКА ОСНАЩЕННЯ ДРУГОГО ПОРЯДКУ

Оснащення другого порядку необхідне для виготовлення пристосування, за допомогою якого буде складатися виріб. Класичними представниками оснащення другого порядку є:

- калібри;
- контр – калібри.

Калібр кіля призначений для монтажу фіксаторів по вузлах навішування керма напряду.

В основі конструкції лежить рама зварна з труб. Репера монтуються на каркас на інструментальному стенді і призначені для установки калібру на стапелі. Калібр є жорстким носієм розмірів положення вузлів.

На каркасах калібрів і контр – калібрів виконуються репера в системі прямокутних і кратних 5 мм координат.

Калібр і контр – калібр служать для перевірки від стиковки еталонного оснащення між собою, еталонного оснащення зі складальним, складального оснащення між собою.

В макетах кінцевої і кореневої нервюри виконані стикові отвори, за допомогою яких здійснюється монтаж калібрів стику кіля з ГО та фюзеляжем.

До повздовжніх елементів рами кріпляться макети першого, другого лонжеронів, лекал нервюр, макет носка. Всі ці елементи є носіями інформації для виготовлення відповідних частин пристосування.

У хвостовій частині монтажного еталону за допомогою різномісних болтових з'єднань кріпляться контр – калібри стиків. Вони необхідні для додання однозначного положення в просторі калібрами стику кіля з рулем напряду.

В даному проекті представником оснащення другого порядку для складання кіля розроблено калібр навішування руля напряду кіля

(рисунок 2.6). За даним оснащенням здійснюється монтаж пристрою базування вузлів навішування руля напрямку. Завдяки цьому досягається взаємозамінність готових відсіків і агрегатів, правильне їх стикування і нормальна робота рухомих елементів виробу.

Креслення та специфікація оснащення другого порядку представлене в додатку до проекту.

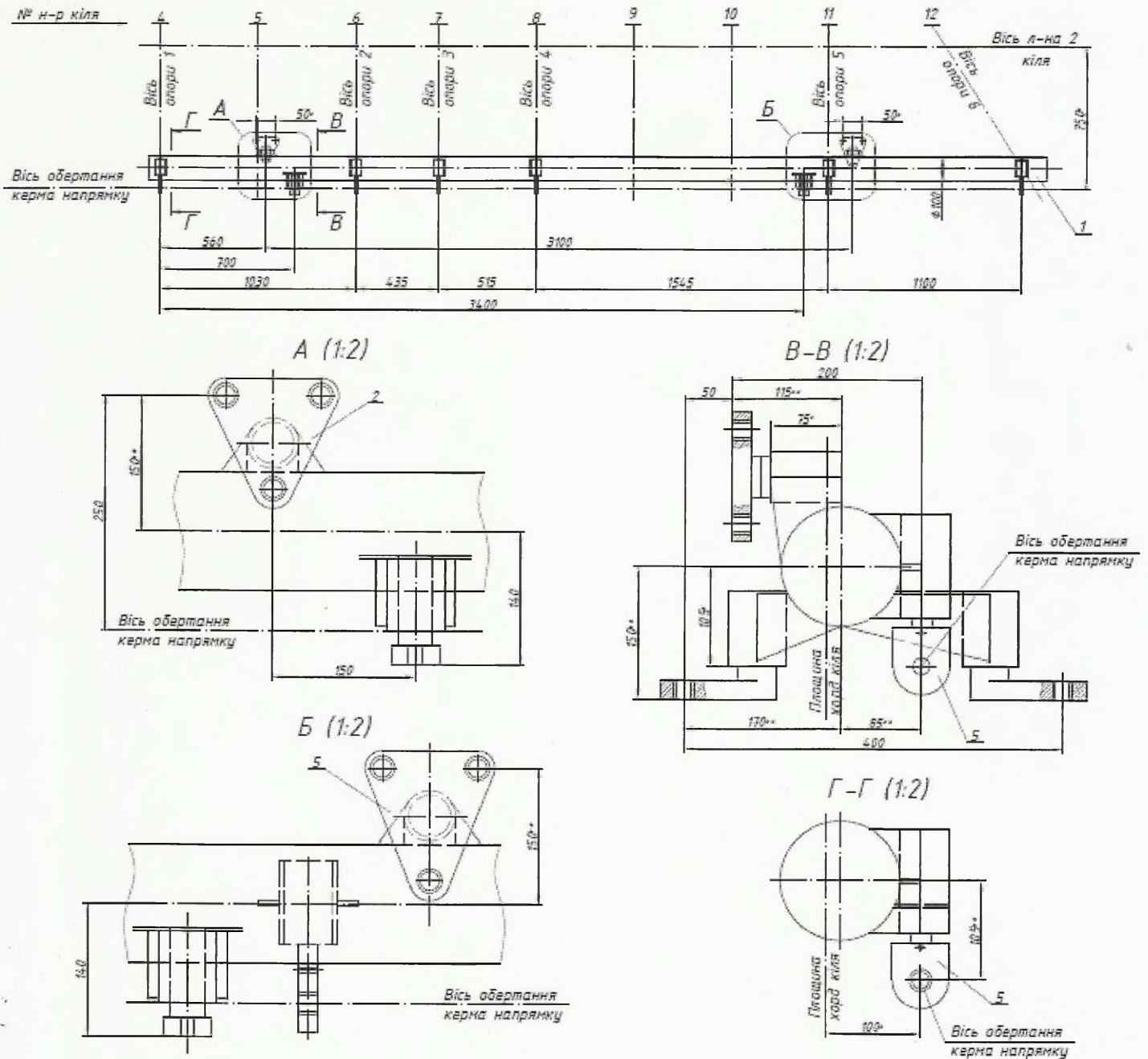


Рисунок 2.6. Калібр навішування руля напрямку

2.9. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЕКТОВАНОГО ЦЕХУ ЗА УКРУПНЕНИМИ ПОКАЗНИКАМИ: ВИЗНАЧЕННЯ ТРУДОМІСКОСТІ АНАЛОГОВИМ МЕТОДОМ ЗА ВИДАМИ ПІДБІРОК, ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ РОБІТНИКІВ, ОСНАЩЕННЯ ТА ОБЛАДНАННЯ, ОБЧИСЛЕННЯ ПОТРІБНИХ ПЛОЩ

Основою для визначення трудомісності є розроблений технологічний процес.

Трудомісність технологічного процесу складання кіля складається із суми трудомісності технологічних процесів складання вузлів, відсіків, стапельного та внестапельного складання (див. таблицю 2.2)

Трудомісність виготовлення кіля. Таблиця 2.2.

№	Зміст завдання технологічного процесу	Трудомісність н/год
1	Складання 1 лонжерону кіля	484
2	Складання 2 лонжерону кіля	523
3	Складання носової частини	544
4	Складання хвостової частини	590,13
5	Складання лівої панелі	460,42
6	Складання правої панелі	539,03
7	Складання нервюр	985,41
8	Свердління і Zenкування отворів на СЗУ	426
9	Клепка на пресі групового kleпання КП – 204 М	515
10	Клепка на пресі групового kleпання КП – 503 М	322
11	Свердління отворів пневмодрелью і kleпка kleпальним молотком	340
12	Встановлення лонжеронів, встановлення нервюр	845
13	Встановлення панелей, свердління і Zenкування отворів пневмодрелью і kleпка kleпальним молотком правої панелі, встановлення на анкерних гайках лівої панелі	718

Продовження таблиці 2.2.

14	Встановлення та кріплення носової та хвостової частини	507
15	Свердління отворів пневмодрелью і kleпання kleпальним молотком	460
16	Обробка стиків	246
17	Встановлення механізмів керування	607,01
18	Навішування керма напряду	525,77
19	Доопрацювання и контроль БТК	401
Трудомісткість складання кіля		10,038.77

На ділянці складання кіля знаходиться наступне обладнання і пристосування:

- складальне пристосування для складання 1 – го лонжерону;
- складальне пристосування для складання 2 – го лонжерону;
- складальне пристосування для складання носової частини;
- складальне пристосування для складання хвостової частини;
- універсальне – складальне пристосування для складання нервюр;
- складальне пристосування для складання лівої панелі;
- складальне пристосування для складання правої панелі;
- свердлильно – zenкувальна установка;
- kleпальний прес КП – 204М;
- kleпальний прес КП – 503М;
- складальне пристосування для складання кіля;
- стенд внестапельного складання;
- лазерний трекер.

В штат входять наступні категорії працівників: основні виробничі працівники; допоміжні робітники, керівники, спеціалісти, обслуговуючий персонал.

Кількість виробничих працівників цеха певної професії, розряду, зайнятих на виконанні нормованих робіт, визначається по формулі:

$$P = \frac{T_{\text{вир.діл.}} \cdot A}{\Phi_{\text{к}} \cdot K_{\text{п.н}}}$$

Де: P – кількість виробничих працівників;

$T_{\text{вир. діл.}}$ – трудомісткість складання виробу по дільниці,

$T_{\text{вир. діл.}} = 10,038.77$ н/год.

A = річна програма випуску, $A = 50$;

$\Phi_{\text{к}}$ – корисний річний фонд робочого часу одного робітника в годинах.

$\Phi_{\text{к}} = 1993$;

$K_{\text{п. н.}}$ – плановий коефіцієнт переробки норм (приймаємо $K_{\text{п. н.}} = 1,2$)

$$P = \frac{10,038,77 \cdot 50}{1993 \cdot 1,2} = 209,8$$

Приймаємо **210** виробничих робітників.

Визначаю кількість робітників – відрядників по розрядам за формулою:

$$P_{\text{р.}} = \frac{T_{\text{вир.р.}} \cdot A}{\Phi_{\text{к.р.}} \cdot K_{\text{п.н}}}$$

Де: $P_{\text{р.}}$ – кількість працівників по розрядам;

$T_{\text{вир.р.}}$ – трудомісткість складання виробу по розрядам з урахуванням професії;

$\Phi_{\text{к.р.}}$ – корисний річний фонд робочого часу одного працівника в годинах по розрядам з урахуванням професії,

$\Phi_{\text{к.р.}} = 1993$;

К. п. н. – плановий коефіцієнт переробки норм (приймаємо

К. п. н. = 1,2)

Данні розрахунків кількості робітників на дільниці по професіям і розрядам відображено в таблиці 2.3.

$$P_{\text{слюсар склад.}} = \frac{5,216,99 * 50}{1993 * 1,2} = 109,06 \text{ – приймаємо } 109;$$

$$P_{\text{склад. клеп.}} = \frac{3,158 * 50}{1993 * 1,2} = 66,01 \text{ – приймаємо } 66;$$

$$P_{\text{клепальник}} = \frac{837 * 50}{1993 * 1,2} = 17,5 \text{ – приймаємо } 18;$$

$$P_{\text{сверд. СЗУ}} = \frac{426 * 50}{1993 * 1,2} = 8,9 \text{ – приймаємо } 9;$$

$$P_{\text{контролер}} = \frac{401 * 50}{1993 * 1,2} = 8,3 \text{ – приймаємо } 8;$$

Кількість робітників по професіям і розрядам. Таблиця 2.3.

№	Професія	Кількість працівників по розрядам				Всього
		3	4	5	6	
1	Слюсар - складальник	42	38	16	14	110
2	Складальник - клепальник	24	18	14	10	66
3	Клепальник	-	8	6	4	18
4	Свердлильник СЗУ	-	-	4	4	8
5	Контролер	-	-	4	4	8
	Усього	66	64	44	36	210

Кількість допоміжних працівників $P_{\text{допом}}$ виробничої дільниці становить 20% від чисельності ОВП і розраховується за формулою:

$$P_{\text{допом}} = P_{\text{ОВП}} \cdot 20 \% / 100$$

Кількість допоміжних працівників $P_{\text{допом}}$ виробничої дільниці становить:

$$P_{\text{допом}} = 210 \cdot 20 \% / 100 = 42 \text{ чол.}$$

В якості допоміжних робочих виробничої дільниці прийняті:

- слюсар-ремонтник – 12 чол.;
- слюсар-налагоджувальник - 3 чол.;
- електромонтер з ремонту та обслуговування електроустаткування – 7 чол.;
- вантажник – 5 чол.;
- старший комірник – 3 чол.;
- розподілювач робіт - 5 чол.;
- прибиральник виробничих приміщень – 7 чол.

Розрахуємо кількість керівників, ІТР і службовців в процентному відношенні до ОВР.

Кількість ІТР визначається за формулою:

$$P_{\text{ІТР}} = \frac{P}{100} \cdot 20 = \frac{210}{100} \cdot 20 = 42 \text{ чол.}$$

Кількість службовців визначається за формулою:

$$P_{\text{Сл}} = \frac{P}{100} \cdot 6 = \frac{210}{100} \cdot 6 = 12,6 \text{ приймаємо } P_{\text{Сл}} = 13 \text{ чол.}$$

Отримані розрахункові дані кількості працівників ІТР і службовців за посадами вносимо до **таблиці 2.4.**

Чисельність ІТР і службовців. Таблиця 2.4.

	Посади	К-ть робітників, чол.
Керівники	Начальник цеху	1
	Заст. начальника цеху з виробництва	1
ІТР	Начальник технологічного бюро	1
	Начальник БТК	1
	Начальник ПДБ	1
	Начальник БТЗ	1
	Технолог	9
	Плановик	9
	Диспетчер	3
	Механік цеху	5
	Контрольний майстер	5
	Змінний майстер	5
	Службовці	Нарядник
Обліковець		4
Архіваріус		2
Завгосп		1
Секретар		2
Всього		55

Розрахунок кількості обладнання, оснастки і робочих місць на дільниці складання що проектується при одній зміні проводиться по формулі:

$$C_{об} = \frac{A \cdot T_c}{\text{Фк.р.} \cdot \Pi \cdot K_{п.н}}$$

де: $C_{об}$ – кількість обладнання, оснастки;

A – річна програма;

T_c – нормований час на складання в даному пристосуванні;

$\Phi_{к.р.}$ – корисний річний фонд робочого часу одного працівника в годинах по розрядам з урахуванням професії;

Π – кількість одночасно працюючих на даному робочому місці;

$K_{п.н.}$ – плановий коефіцієнт переробки норм.

Кількість складальних пристосувань для складання 1 – го лонжерона;

$$C_{лонж 1} = \frac{50 \cdot 484}{1993 \cdot 6 \cdot 1,2} = 1,68$$

Приймаємо 2 складальних пристосування.

Кількість складальних пристосувань для складання 2 – го лонжерона;

$$C_{лонж 2} = \frac{50 \cdot 523}{1993 \cdot 6 \cdot 1,2} = 1,82$$

Приймаємо 2 складальних пристосування.

Кількість складальних пристосувань для складання носової частини;

$$C_{нос. час.} = \frac{50 \cdot 544}{1993 \cdot 6 \cdot 1,2} = 1,89$$

Приймаємо 2 складальних пристосування.

Кількість складальних пристосувань для складання хвостової частини;

$$C_{хвос. час.} = \frac{50 \cdot 590,13}{1993 \cdot 6 \cdot 1,2} = 2,05$$

Приймаємо 2 складальних пристосування.

Кількість універсальних складальних пристосувань для складання нервюр;

$$C_{нервюр} = \frac{50 \cdot 985,41}{1993 \cdot 10 \cdot 1,2} = 2,06$$

Приймаємо 2 складальних пристосування.

Кількість складальних пристосувань для складання лівої панелі;

$$C_{\text{лів. пан.}} = \frac{50 \cdot 460,42}{1993 \cdot 6 \cdot 1,2} = 1,60$$

Приймаємо 2 складальних пристосування.

Кількість складальних пристосувань для складання правої панелі;

$$C_{\text{прав. пан.}} = \frac{50 \cdot 539,03}{1993 \cdot 6 \cdot 1,2} = 1,87$$

Приймаємо 2 складальних пристосування.

Кількість СЗУ для свердління і зенкування отворів;

$$C_{\text{СЗУ}} = \frac{50 \cdot 426}{1993 \cdot 5 \cdot 1,2} = 1,78$$

Приймаємо 2 СЗУ.

Кількість клепальних пресів КП – 204 М;

$$C_{\text{КП-204М}} = \frac{50 \cdot 515}{1993 \cdot 6 \cdot 1,2} = 1,79$$

Приймаємо 2 КП – 204М.

Кількість клепальних пресів КП – 503 М;

$$C_{\text{КП-204М}} = \frac{50 \cdot 322}{1993 \cdot 4 \cdot 1,2} = 1,68$$

Приймаємо 2 КП – 503М.

Кількість складальних пристосувань для кінцевого складання кіля;

$$C_{\text{стапель}} = \frac{50 \cdot 2870}{1993 \cdot 20 \cdot 1,2} = 3$$

Приймаємо 3 складальних пристосування.

Кількість стендів внестапельного складання;

$$C_{\text{стенд}} = \frac{50 \cdot 1132,78}{1993 \cdot 10 \cdot 1,2} = 2,3$$

Приймаємо 3 стенди.

Кількість лазерних трекерів;

$$C_{\text{трекер}} = \frac{50 \cdot 401}{1993 \cdot 4 \cdot 1,2} = 2,1$$

Приймаємо 3 лазерні трекери.

Після визначення необхідної кількості обладнання та виробничих робітників приступають до розрахунку площ діляниць цеху.

Площі цеху по функціональному призначенню класифікують на виробничі і допоміжні.

Виробнича площа – це площа, яку займає складальним устаткуванням, стендами, верстаками, майданчиками для зберігання вузлів і деталей, робочими місцями для майстрів і контролерів з урахуванням проходів і головного проїзду.

У виробничу площу включаються також площі зайняті лабораторним обладнанням, місцями для приготування розчинів, лаків, фарб, клеїв.

При попередній опрацювання планувальної схеми виробничу площу цеху $F_{\text{вир}}$ визначаємо по таблиці 2.5, куди занесені статистичні норми питомих площ $F_{\text{пит}}$.

Оскільки в цеху складання кіля використовується велика кількість різноманітних складальних пристосувань, щоб визначити повну виробничу площу цеху, розраховуємо площі, що припадають на конкретні види пристосувань, враховуючи їх кількість.

$$F_{\Sigma \text{пит}} = F_{\text{пит}} \cdot C_{\text{пр}}.$$

Виробнича площа цеху. Таблиця 2.5.

№ п/п	Найменування оснастки	$C_{\text{пр}}$, шт.	$F_{\text{пит}}$, м ²	$F_{\Sigma \text{пит}}$, м ²
1	Складальне пристосування для складання 1 – го лонжерону	2	35	70
2	Складальне пристосування для складання 2 – го лонжерону	2	35	70
3	Складальне пристосування для складання носової частини	2	15	30
4	Складальне пристосування для складання хвостової частини	2	15	30
5	Універсальне – складальне пристосування для складання нервюр;	2	10	20
6	Складальне пристосування для складання лівої панелі	2	50	100
7	Складальне пристосування для складання правої панелі	2	50	100
8	Складальне пристосування для складання кіля	3	55	165
9	Стенд внестапельного складання	3	50	150
10	Свердлильно – зенкувальна установка	2	50	100
11	Клепальний прес КП-503М	2	40	80
12	Клепальний прес КП-204М	2	40	80
13	Лазерний трекер FARO	2	35	70
Всього		28	–	1065

Потім підсумовуємо отримані величини площ, з огляду на площі нерозрахованих і допоміжного обладнання, і отримуємо сумарну виробничу площу цеху:

$$F_{\Sigma} = F_{\Sigma\text{пит}} + F_{\text{нер}} = 1065 + 150 = 1215 \text{ м}^2$$

Для того щоб врахувати проходи і проїзди між пристосуванням, отриману площу множимо на 1,2. Тоді отримуємо:

$$F_{\text{вир}} = 952 \cdot 1,2 = 1458 \text{ м}^2$$

Після розрахунку виробничої та загальної площі приступають до розподілу площ, необхідних для допоміжних і складських служб.

Допоміжні площі становлять 25-27% від виробничої площі:

Визначимо допоміжну площу за формулою:

$$F_{\text{доп}} = \frac{1458}{100} \cdot 27 = 394 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{заг}} = 1458 + 394 = 1852 \text{ м}^2$$

Як правило, розподіл допоміжних площ виконуються так:

- майстерня цехового механіка – **60 м²**;
- матеріальні склади – **50 м²**;
- ІРК – 0,25 м² на одного виробничого робітника.

Для нашого цеху: $F_{\text{ІРК}} = 0,25 \cdot 210 = 52 \text{ м}^2$

Всі ці площі складаються і суму вираховують із допоміжних і складських площ:

$$F_{\text{ІРК}} + F_{\text{МЦМ}} + F_{\text{МС}} = 162 \text{ м}^2$$

Отриману різницю розподіляють в таких пропорціях:

$$F = 394 - 162 = 232 \text{ м}^2$$

- склад нормалей – 5%:

$$F_{\text{склад нормалей}} = \frac{232}{100} \cdot 5 = 12 \text{ м}^2$$

- склад деталей (ПРОСК) – 65%:

$$F_{\text{склад деталей}} = \frac{232}{100} \cdot 65 = 151 \text{ м}^2$$

- склад дрібної технологічної оснастки – 10%:

$$F_{\text{склад техн. осн.}} = \frac{232}{100} \cdot 10 = 23 \text{ м}^2$$

- місця вузлів – 20%:

$$F_{\text{місця вузл.}} = \frac{232}{100} \cdot 20 = 46 \text{ м}$$

3. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1. СОБІВАРТІСТЬ ОДИНИЦІ ПРОЕКТОВАНОГО КІЛЯ

Ан-178

Розрахунок фонду оплати праці основних виробничих працівників.

При розрахунках заробітної плати за основу приймається відрядно-преміальна система оплати праці та загальноприйнята її структура: основна зарплата (згідно тарифної сітки вартості розрядів) і додаткова зарплата, що складається з денних і місячних доплат.

Додаткова заробітна плата включає у себе: премії з фонду зарплати, премії з фонду майстра, доплати за роботу в нічний час, за керівництво бригадою, за навчання учнів. Дані фонди формують за погодженням з трудовим колективом підприємства.

Тарифні ставки розрядів взяті із діючих на Державному підприємстві «АНТОНОВ».

Основну заробітну плату виробничих працівників (ОЗВП) для виробу (річної програми випуску) проектного агрегату розраховують за формулою:

$$\text{ОЗВП} = \text{ТР} * \text{СВТС},$$

де - ТР – трудомісткість річної програми складання агрегату, (501938.5н/год);

СВТС – середня вартість тарифної ставки, грн.

Середній розряд робіт (СР) та середню вартість тарифної ставки (СВТС) виробничих робітників цеху розраховуємо за формулою:

$$\text{СР} = \Sigma (\text{Р} \times \text{КВОП}) / \Sigma \text{КВОП},$$

$$\text{СВТС} = \Sigma (\text{КВОП} \times \text{ВТС}) / \Sigma \text{КВОП},$$

де - КВОП – кількість основних виробничих працівників, чол,

Р – розряд виконуваних робіт,

ВТС – вартість тарифної ставки.

Склад основних виробничих працівників, середній розряд і середня годинна ставка приведені в таблиці 3.1.

**Штат виробничих робітників цеху за розрядами і середньо
годинної ставки. Таблиця 3.1.**

Розряд робіт, Р	Кількість ОВП, КОВП, чол.	Годинна ставка ВТС, грн./н/год	Розрахункові дані	
			Р x КВОП	КВОП x ВТС
3	66	25,48	198	1681,49
4	64	32,42	256	2075,00
5	44	38,22	220	1681,49
6	36	44,01	216	1584,34
ВСЬОГО	210	X	674,00	5437,98

Отже, середній розряд складає:

$$CP = 674,00 / 210 = 3,21$$

середня відрядна тарифна ставка:

$$CBTC = 5437,98 / 210 = 25,90 \text{ грн.}$$

Далі розраховуємо основну заробітну плату виробничих працівників :

$$OЗВП = 501938,50 \text{ н/год} * 25,90 \text{ грн} = 12997773,94 \text{ грн}$$

Додаткову заробітну плату виробничих робітників (ДЗВП) обчислюємо згідно з формулою наступним чином:

$$ДЗВП = OЗВП * НДО / 100,$$

де - НДО – норматив величини додаткової заробітної плати відносно основної, НДО – 37 %.

$$ДЗВП = 12997773,94 \text{ грн} * 37 \% / 100 = 4809176,36 \text{ грн.}$$

Далі розраховуємо відрахування єдиного соціального внеску (ЄСВ) із заробітної плати основних виробничих працівників, який включається у собівартість виробів, за наступною формулою:

$$ЄСВ = (OЗВП + ДЗВП) * НЄСВ / 100;$$

де - НЄСВ - норматив відрахувань ЄСВ, (22 %).

$$ЄСВ = ((12997773,94 \text{ грн} + 4809176,36 \text{ грн}) * 22\%) / 100 = 3917529,07 \text{ грн}$$

Отже, всього фонд оплати праці основних виробничих працівників складає **21724479,37 грн.**

Розрахунок фонду оплати праці допоміжних працівників.

Кількість допоміжних працівників визначено відповідно до норм обслуговування, а фонд оплати праці визначаємо відповідно до прийнятої системи оплати праці (погодинна або окладна) і дійсним фондом робочого часу.

Заробітну плату допоміжних робітників визначаємо залежно від їх розрядів, виду оплати праці і відпрацьованого часу.

Отже, з кожної професії допоміжних робітників необхідно визначити три показники заробітної плати за нижче наведеними формулами.

Основна заробітна плата допоміжних робітників (ОЗДП) і-ї професії визначається за формулою:

$$\text{ОЗДП} = \text{ЧДП} \times \text{ДЧ} \times \text{СОЧ},$$

де - ДЧ – дійсний фонд часу, відпрацьованого працівником за рік;

СОЧ – ставка/оклад оплати за одиницю часу (в грн/год або грн/місяць);

ЧДП - чисельність допоміжних працівників і-тої професії.

Додаткова заробітна плата допоміжних робітників (ДЗДП) і-ї професії визначаємо за формулою:

$$\text{ДЗДП} = \text{ОЗДП} \times \text{НДО} / 100$$

де - НДО – норматив величини додаткової заробітної плати відносно основної, НДО – 14,5 %.

Відрахування єдиного соціального внеску із заробітної плати допоміжних працівників (ЄСВДП) визначаємо за формулою:

$$\text{ЄСВДП} = (\text{ОЗДП} + \text{ДЗДП}) \times \text{НЄСВ} / 100$$

Розраховані показники фонду заробітної плати допоміжних працівників відображено в таблиці 3.2.

**Склад допоміжних працівників та розрахунок фонду їх оплати
праці. Таблиця 3.2.**

Професія	ЧДП, чол	ДЧ, люд/год, (рік)	СОЧ, грн./год, (оклад)	ОЗДП, грн	ДЗДП, грн	ЄСВДП, грн	Всього з/п, грн
Слюсар-ремонтник	12	1993	43,60	1042664,90	151186,41	262647,29	1456498,59
Слюсар-наладжувальник	3	1993	40,41	241606,37	35032,92	60860,64	337499,93
Електромонтер з РО електроустаткування	7	1993	35,14	490191,26	71077,73	123479,18	684748,18
Вантажник	5	11	5955,00	327525,00	47491,13	82503,55	457519,67
Старший комірник	3	11	4338,00	143154,00	20757,33	36060,49	199971,82
Розподілювач робіт	5	11	4850,00	211750,00	30703,75	53339,83	295793,58
Прибиральник виробничих приміщень	7	11	4723,00	286671,00	41567,30	72212,42	400450,72
ВСЬОГО	42	X	X	2743562,53	397816,57	691103,40	3832482,49

Отже, всього фонд оплати праці допоміжних працівників складає **3832482,49 грн.**

Розрахунок фонду оплати праці керівників, фахівців, службовців і молодшого обслуговуючого персоналу (МОП).

Кількість керівників, фахівців, службовців і молодшого обслуговуючого персоналу (МОП) визначають за нормами чисельності, нормам керованості і обслуговування або у відсотках - від кількості основних виробничих працівників.

Штатний розпис прийнятих працівників та оклади встановлені згідно діючих на підприємстві норм організації та оплати праці. Додаткова заробітна плата складає 15 %.

Розраховані величини фонду заробітної плати керівників, фахівців, службовців і молодшого обслуговуючого персоналу (МОП) відображено в таблиці 3.3.

**Склад керівників, фахівців, службовців і молодшого
обслуговуючого персоналу (МОП) та розрахунок фонду їх оплати праці.**

Таблиця 3.3.

Посада	ЧП, чол.	ДЧ, (рік)	СОЧ, (оклад)	ОЗП, грн	ДЗП, грн	ЄСП, грн	Всього з/п, грн
Начальник цеху	1	11	9881,00	108691,00	16303,65	27498,82	152493,47
Заст. начальника цеху з виробництва	1	11	9014,00	99154,00	14873,10	25085,96	139113,06
Начальник ТБ	1	11	7922,00	87142,00	13071,30	22046,93	122260,23
Начальник ПДБ	1	11	7922,00	87142,00	13071,30	22046,93	122260,23
Начальник БТЗ	1	11	7922,00	87142,00	13071,30	22046,93	122260,23
Начальник БТК	1	11	7922,00	87142,00	13071,30	22046,93	122260,23
Механік цеху	5	11	7922,00	435710,00	65356,50	110234,63	611301,13
Контрольний майстер	5	11	6055,00	333025,00	49953,75	34255,33	467234,08
Змінний майстер	5	11	6957,00	382635,00	57395,25	96806,66	536836,91
Технолог	9	11	6837,00	676863,00	101529,45	171246,34	949638,79
Плановик	9	11	5395,00	534105,00	80115,75	135128,57	749349,32
Диспетчер	3	11	5055,00	166815,00	25022,25	42204,20	234041,45
Нарядник	4	11	4703,00	206932,00	31039,80	52353,80	290325,60
Обліковець	4	11	4723,00	163812,00	24571,80	41444,44	229828,24
Архіваріус	2	11	4637,00	88814,00	13322,10	22469,94	124606,04
Завгосподарства	1	11	4723,00	37268,00	5590,20	9428,80	52287,00
Секретар	2	11	4155,00	91410,00	13711,50	23126,73	128248,23
ВСЬОГО	55	X	X	3673802,00	551070,30	929471,91	5154344,21

Отже, всього фонд оплати праці керівників, фахівців, службовців і молодшого обслуговуючого персоналу (МОП) складає **5154344,21** грн.

Провівши розрахунки фонду оплати праці у розрізі всіх категорій проектного агрегатно-складального цеху з випуску проектного агрегату, результати річного загально цехового розміру фонду оплати праці внесено до таблиці 3.4.

Річний фонд оплати праці працівників цеху агрегатно-складального цеху з випуску проектного агрегату. Таблиця 3.4.

Назва категорії працівників	Кількість працівників, чол	Основна заробітна плата, грн	Додаткова заробітна плата, грн	Відрахування ЄСВ, грн	Річний фонд оплати праці, грн
Основні виробничі працівники	210	12997773,94	4809176,36	3917529,07	21724479,37
Допоміжні працівники	42	2743562,53	397816,57	691103,40	3832482,49
Керівників, фахівців, службовців і молодшого обслуговуючого персоналу (МОП)	55	3673802,00	551070,30	929471,91	5154344,21
ВСЬОГО	307	19415138,47	5758063,23	5538104,37	30711306,07

Отже, річний фонд оплати праці всіх працівників проектного цеху становить **30711306,79 грн.**

3.2. ВИЗНАЧЕННЯ ВИРОБНИЧОЇ СОБІВАРТОСТІ ОДИНИЦІ ВИРОБУ ПРОЕКТОВАНОГО АГРЕГАТУ

Витрати на сировину і матеріали (ВСМ) для одиниці виробу розраховуються за формулою:

$$ВСМ = НМ * ЦМ$$

де - НМ – маса матеріалів складальних деталей, (410 кг);

ЦМ – середня ціна матеріалів складальних деталей, (300 грн).

$$ВСМ = 410 \text{ кг} * 300 \text{ грн} = 123000,00 \text{ грн.}$$

Повернені відходи (ПВ) складального виробництва розраховуються за формулою:

$$ПВ = (НМ * (1 - КВМ/100)) * ЦМ * 0,1$$

де - КВМ – коефіцієнт використання матеріалів для складальних деталей, (95 %);

$$\text{ПВ} = (410 \text{ кг} * (1 - 95 \% / 100)) * 300 \text{ грн} * 0,1 = 11685,00 \text{ грн}$$

Основну заробітну плату виробничих працівників (ОЗВП 1 виробу) для 1-го виробу розраховують за формулою:

$$\text{ОЗВП 1 виробу} = T * \text{СВТС},$$

де - T – трудомісткість річної програми складання виробу, (10038,77 н/год);

СВТС – середня вартість тарифної ставки (25,90 грн).

$$\text{ОЗВП 1 виробу} = 10038,77 \text{ н/год} * 25,90 \text{ грн} = 259955,48 \text{ грн.}$$

Далі знаходимо додаткову заробітну плату виробничих робітників для 1-го виробу за формулою:

$$\text{ДЗВП 1 виробу} = \text{ОЗВП 1 виробу} * \text{НДО}/100,$$

$$\text{ДЗВП 1 виробу} = 259955,48 \text{ грн} * 37 \% / 100 = 96183,53 \text{ грн.}$$

Далі розраховуються відрахування ЄСВ із заробітної плати основних виробничих працівників, який включається у собівартість 1-го виробу, за наступною формулою:

$$\text{ЄСВВП 1 вир} = (\text{ОЗВП 1 виробу} + \text{ДЗВП 1 виробу}) * \text{НЄСВ} / 100;$$

$$\text{ЄСВВП 1 виробу} = (259955,48 \text{ грн} + 96183,53 \text{ грн}) * 22\% / 100 = 78350,58 \text{ грн}$$

Отже, всього фонд оплати праці основних виробничих працівників на 1 виріб проектного агрегату складає **434489,59 грн.**

Розрахунок змінних загальновиробничих витрат.

Змінні загальновиробничі витрати (ЗмВ), що припадають на заплановану річну програму випуску виробів включають в себе наступні елементи:

- витрати на допоміжні матеріали;
- витрати на силову енергію;
- внутрішньозаводське переміщення вантажів;
- обслуговування виробничого процесу і контроль за ним;
- оплати праці працівників, зайнятих на цих роботах;
- відрахування ЄСВ з заробітної плати цих категорій працівників;
- інші витрати, пов'язані з обслуговуванням і контролем виробничого процесу.

Визначимо змінні загальновиробничі витрати за формулою:

$$\text{ЗмЗВ} = \text{ОЗВП 1 виробу} * \text{НЗмЗВ}/100$$

де - НЗмЗВ - норматив змінних загальновиробничих витрат (50 %),

Отже,

$$\text{ЗмЗВ} = 259955,48 * 50 \% / 100 = 129977,74 \text{ грн.}$$

Розрахунок постійних загальновиробничих витрат

Постійні загальновиробничі витрати (ПсЗВ), що припадають на припадають на заплановану річну програму випуску виробів включають в себе наступні елементи:

- річні амортизаційні відрахування;
- утримання апарату управління;
- утримання будинків та інвентарю;
- витрати на випробування, досліди, дослідження, винаходи;
- заробітна плата відповідних категорій працівників;
- відрахування ЄСВ і заробітної плати цих працівників;
- інші витрати.

Визначимо постійні загальновиробничі витрати за формулою:

$$\text{ПсЗВ} = \text{ОЗВП 1 виробу} * \text{НПсЗВ}/100$$

де - НЗПсВ - норматив постійних загальновиробничих витрат (95 %),

Отже,

$$\text{ПсЗВ} = 259955,48 * 95 \% / 100 = 246957,70 \text{ грн.}$$

Витрати на підготовку і освоєння виробництва виробів (ВОВ) визначаємо за нормативом від основної заробітної плати основних виробничих працівників та витрат на матеріали для одиниці виробу за такою формулою:

$$\text{ВОВ} = (\text{ВСМ} + \text{ОЗВП 1 виробу}) * \text{НОВ} / 100,$$

де - НОВ - норматив витрат на підготовку і освоєння виробництва (7 %),

Отже,

$$\text{ВОВ} = (123000,00 + 259955,48) * 7 \% / 100 = 26806,88 \text{ грн.}$$

Виробничу собівартість (СВир) 1-го виробу розраховуємо за формулою:

$$\text{СВир} = \text{ВСМ} - \text{ПВ} + \text{ОЗВП 1 виробу} + \text{ДЗВП 1 виробу} + \text{ЄСВВП 1 виробу} + \text{ЗмЗВ} + \text{ПсЗВ} + \text{ВОВ}$$

$$\text{СВир} = 123000,00 - 11685,00 + 259955,48 + 96183,53 + 78350,58 + 129977,74 + 246957,70 + 26806,88 = 949546,92 \text{ грн}$$

3.3. ВИЗНАЧЕННЯ ПОВНОЇ СОБІВАРТОСТІ ОДИНИЦІ ВИРОБУ ПРОЕКТОВАНОГО АГРЕГАТУ

Повна собівартість (СПов) виробу розраховуємо за формулою:

$$\text{СПов} = \text{СВир} + \text{АВ} + \text{ВЗ},$$

де - АВ – адміністративні витрати підприємства,

ВЗ – витрати, пов'язані зі збутом виробу покупцям.

Адміністративні витрати розраховуються по нормативам (НАВ) від основної зарплати виробничих працівників за формулою:

$$AB = OЗВР\ 1\ \text{виробу} * НАВ / 100,$$

де - НАВ – норматив адміністративних витрат, (8 %).

$$AB = 259955,48 * 8 \% / 100 = 20796,44\ \text{грн}$$

Витрати, пов'язані зі збутом виробу розраховуємо за нормативом НС від виробничої собівартості виробу за формулою:

$$BЗ = CВир * НС / 100,$$

де - НС – норматив витрат на збут, (1,5 %).

$$BЗ = 949546,92 * 1,5 \% / 100 = 14243,20\ \text{грн.}$$

Отже,

$$CПов = 949546,92 + 20796,44 + 14243,20 = 984586,56\ \text{грн.}$$

Розрахуємо податок на додану вартість (ПДВ) – приймаємо 20 % від виробничої собівартості виробу.

$$ПДВ = CВир * 20 \% / 100$$

Отже,

$$ПДВ = 949546,92 * 20 \% / 100 = 189909,38\ \text{грн.}$$

Прибуток (ПР) розраховується на основі 25 % від виробничої собівартості виробу.

$$ПР = CВир * 25 \% / 100$$

$$ПР = 949546,92 * 25 \% / 100 = 237386,73\ \text{грн.}$$

Далі для визначення повної собівартості виробу необхідно буде розрахувати планову оптову ціну на виріб (ЦВ) без податку на додану вартість.

$$ЦВ = CПов + ПДВ + ПР.$$

Отже,

$$ЦВ = 984586,56 + 189909,38 + 237386,73 = 1411882,67\ \text{грн}$$

Розрахунок собівартості і призначення ціни наведені у таблиці 3.5.

Собівартість і ціна проєктованого агрегату. Таблиця 3.5.

№ п/п	Найменування показників	Величина, грн
1	Витрати на сировину і матеріали	123000,00
2	Повернені відходи	11685,00
3	Основна зарплата виробничих працівників	259955,48
4	Додаткова зарплата виробничих працівників	96183,53
5	Відрахування до фонду ЄСВ із заробітної плати виробничих працівників	78350,58
6	Змінні загальновиробничі витрати	129977,74
7	Постійні загальновиробничі витрати	246957,70
8	Витрати на підготовку і освоєння виробництва	26806,88
9	Разом: виробнича собівартість	949546,92
10	Адміністративні витрати	20796,44
11	Витрати на збут	14243,20
12	Разом: повна собівартість	984586,56
13	ПДВ (20 %)	189909,38
14	Прибуток (25 %)	237386,73
15	Ціна виробу (оптова): (ЦВ)	1411882,67

Середня ціна складальних частин і матеріалів. Таблиця 3.6.

№	Складальна частина агрегату (матеріал з якого виготовляється)	Середня ціна за одну одиницю
1	Панель (1163АТВ і 1163АМВ, Д16чАТВ)	45565,45
2	Стрінгер (1163АМВ, Д16чАМ)	30250,55
3	Лонжерон (1163АМВ, Д16чАМ)	42300,35
4	Нервюра (1163АМВ, Д16чАМ)	18350,50
5	Силова нервюра (1933ТЗ)	27680,95

3.4. ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНОЇ ПРОГРАМИ ВИПУСКУ

Розмір критичної програми (РКП) річного обсягу випуску продукції - це мінімальний розмір програми випуску продукції за рік, при якому дохід від продажу НДР дорівнює витратам виробництва СЗП, тобто прибуток дорівнює нулю.

Визначимо розмір річних постійних витрат (РПОВ) за формулою:

$$\text{РПОВ} = (\text{ПсЗВ} + \text{АВ} + \text{ВЗ}) * \text{А},$$

де - А – програма випуску проектованого агрегату, (50 шт).

$$\text{РПОВ} = (246957,70 + 20796,44 + 14243,20) * 50 = 14099867,35 \text{ грн}$$

Визначимо суму змінних витрат ЗМВ за формулою:

$$\text{ЗМВ} = \text{СВир} - \text{ПсЗВ}.$$

$$\text{ЗМВ} = 949546,92 - 246957,70 = 702589,21 \text{ грн}$$

Визначаємо розмір критичної програми кількості випуску виробів аналітичним методом за формулою:

$$\text{РПК} = \text{РПОВ} / (\text{ЦВ} - \text{ЗМВ})$$

$$\text{РПК} = 14099867,35 / (1411882,67 - 702589,21) = 19,88 \text{ шт}$$

- приймаємо 20 шт.

В точці беззбитковості (РДТБ) величина доходу буде наступною:

$$\text{РДТБ} = \text{ЦВ} * \text{РПК}$$

$$\text{РДТБ} = 1411882,67 * 20 = 28237653,38 \text{ грн.}$$

Висновок: було проведено розрахунок собівартості складання проектованого агрегату. В результаті розрахунку виробнича собівартість склала 949546,92 гривень, ціна виробу 1411882,67 гривень. Також був проведений аналітичний розрахунок критичної програми випуску, яка склала 20 штук, при цьому дохід в точці беззбитковості склав 28237653,38 гривень.

4. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МОНОЛІТНИХ ПАНЕЛЕЙ ЛІТАКА ОБРОБКОЮ РІЗАННЯМ

4.1. Конструктивні особливості монолітних панелей з ПЛИТ

Монолітні панелі з заготовок у вигляді плит обробляють на фрезерних верстатах з ЧПУ, що дозволяють отримувати великогабаритні обводообразуючі деталі крила і фюзеляжу з будь-якою необхідною конструктивною схемою підкріплюючого силового набору (рисунок 4.1).

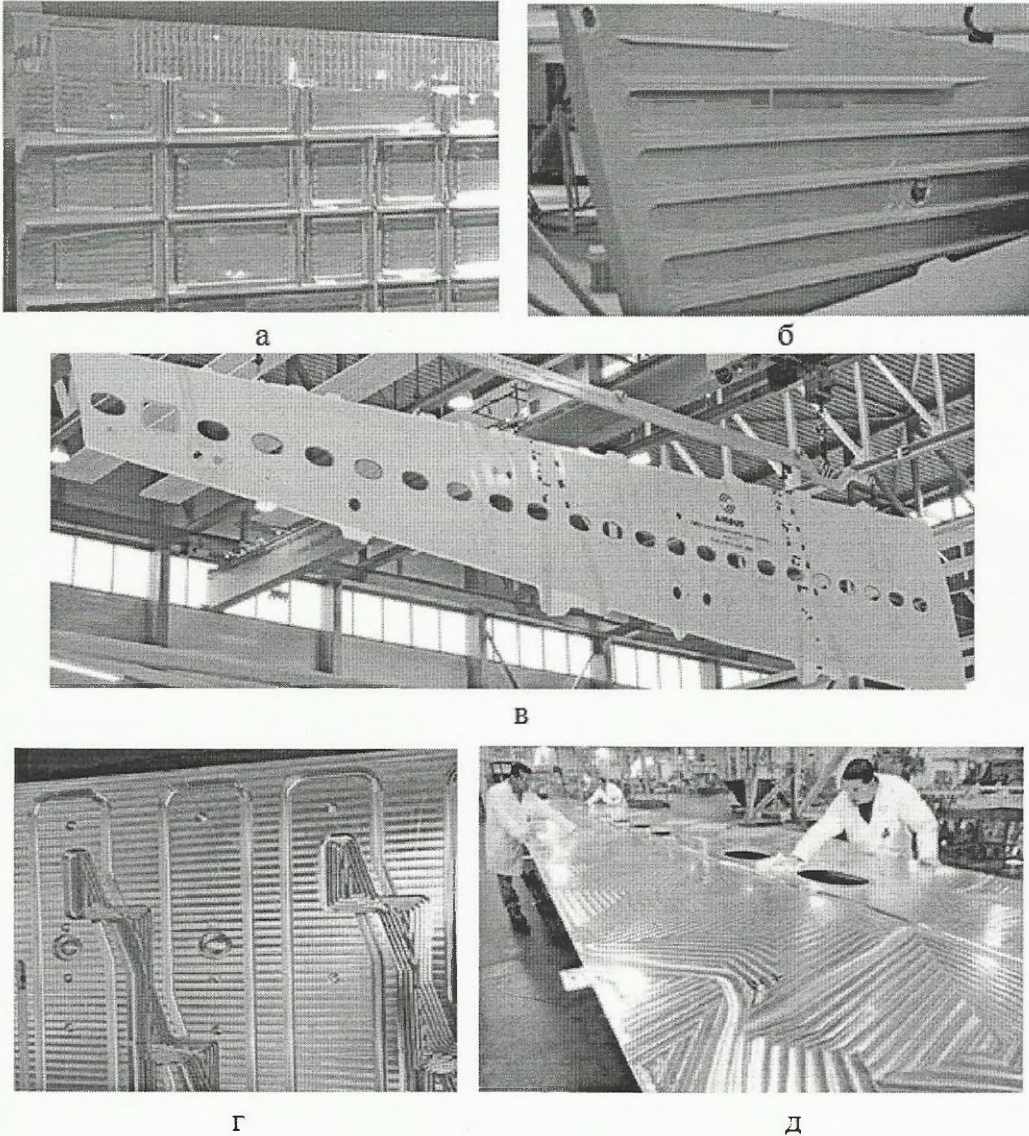


Рисунок. 4.1. Приклади конструктивних схем монолітних фрезерованих панелей: а - вафельна; б - стрінгерна з фітингом; в - кесонна з люками; г - гофрована; д – ромбічна

Зняття зайвої частини матеріалу панелі досягається механічним фрезеруванням з різними формами переходів в плані і радіусами галтелей. В результаті фрезерування отримують ступеневе зменшення товщини полотна панелі до необхідної величини - вибірки. Найбільш поширені вибірки, що мають форму в плані двох типів: перехід з прямою лінією галтелі перпендикулярно дії основного силового потоку; перехід, який має форму напівеліпса. Як приклад розглянемо типові конфігурації вибірки монолітних панелей крила літаків Ан-148 і Бе-200. Передня панель крила літака Ан-148 є монолітною цільнофрезерованою конструкцією, що має вибірки першого типу. Загальний вигляд панелі і її тривимірна модель показані на рисунку 4.2.

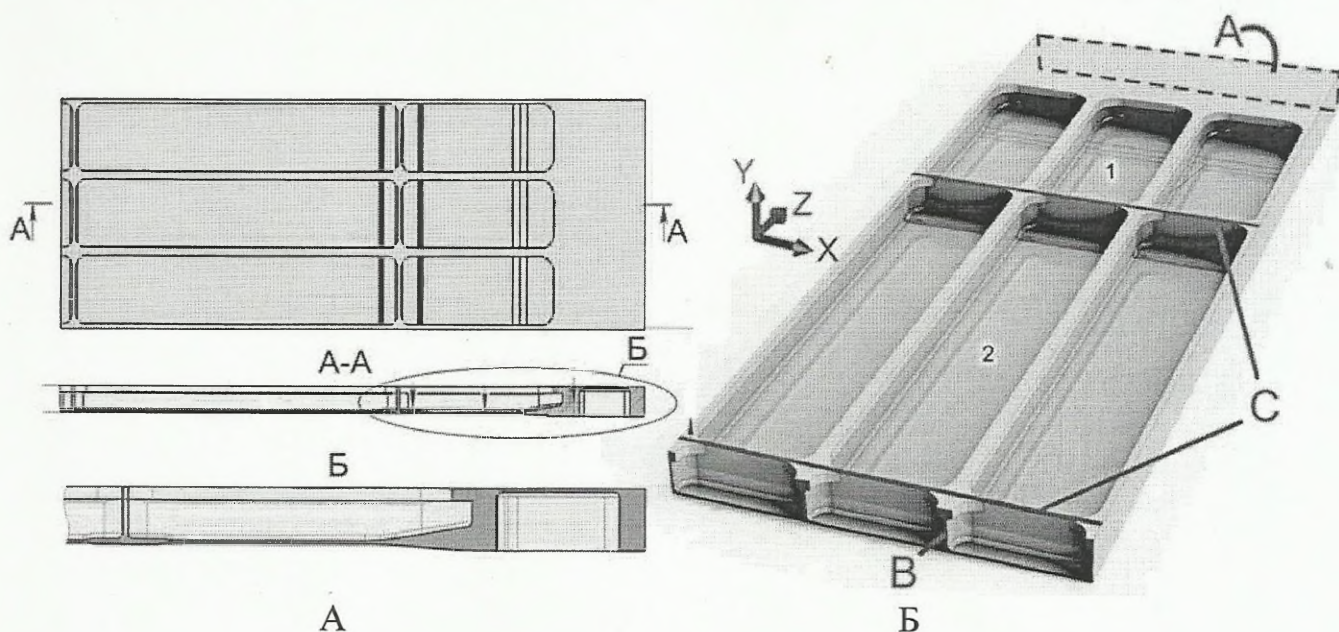


Рисунок. 4.2. Передня панель крила літака Ан-148:

а - загальний вигляд панелі; б - тривимірна модель

Розглянуто елемент панелі, що має дві типові вибірки з різними геометричними параметрами. Короткою вибіркою з боку фітингового стику присвоєно № 1, довгій вибірці від полотна до ребра № 2 (див. Рис. 4.2, б).

У вибірці № 1 здійснено переходи з товщини 19,5 мм на товщину 3 мм галтелями радіусами більше 100 мм і з товщини 2,5 мм на 5 мм галтелью радіусом 20 мм. У вибірці № 2 здійснений перехід з товщини 3 мм на 5 мм галтелью радіусом 20 мм.

Найбільш небезпечними зонами монолітних панелей є галтельні переходи, в яких реалізується неоднорідне поле напружень. Навантаженість таких зон визначається комбінацією місцевих напружень, що виникають від локального вигину в результаті зміни товщини полотна панелі, і напружень від галтельного переходу.

Центральна панель крила з технологічними отворами літака Ан-148 є монолітною цільнофрезерованною деталлю з вибірками як першого, так і другого типів. Загальний вигляд панелі і її тривимірна модель показані на рисунку 4.3.

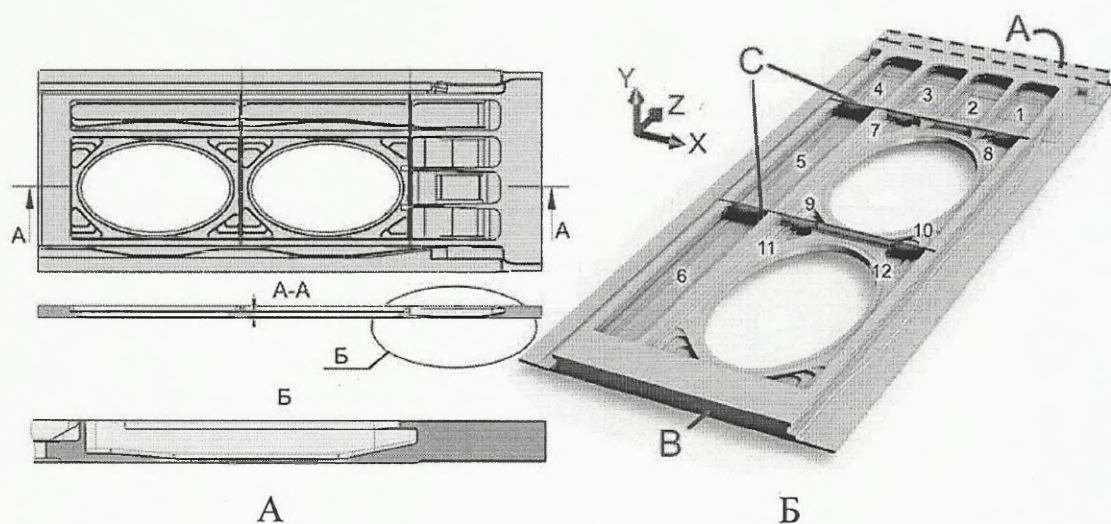


Рисунок. 4.3. Центральна панель крила літака Ан-148:

а - загальний вигляд панелі; б - тривимірна модель

Розглянутий елемент монолітної панелі має шість вибірок першого типу і вісім другого типу з різними геометричними параметрами. У вибірках № 1-4 здійснені переходи з товщини 19,5 мм на товщину 3 мм галтелями радіусами більше 100 мм.

Центральна панель крила з технологічними отворами літака Бе-200 є монолітною цільнофрезерованною деталлю, що містить вибірки обох зазначених вище типів. Товщина панелі змінюється східчасто, поруч переходів, з 20 до 3 мм.

4.2. Технологічність монолітних панелей з плит

Основними факторами, що сприяють зниженню трудомісткості виготовлення монолітних панелей з плит, є підвищення технологічності геометричних форм оброблюваних поверхонь, обґрунтоване призначення точності і шорсткості зон обробки-різанням.

Для поліпшення технологічності колодязів, карманів і інших конструктивних елементів монолітних панелей з плит рекомендується керуватися рядом наступних технологічних вимог.

Розміри конструктивних елементів з сполучаємими площинами повинні бути ув'язані з розмірами стандартизованих кінцевих фрез.

Радіус з'єднання у дна конструктивного елемента слід вибирати рівним торцевого радіусу фрези R (рис. 4.4, а). Найбільша глибина фрезерованих конструктивних елементів панелі повинна бути на 4-5 мм менше довжини ріжучої частини фрези. Бажано перехідні радіуси у дна елемента замінювати фасками; це особливо важливо при роботі фрез, оснащених твердим сплавом (рис. 4.4, б).

Радіус з'єднання R для конструктивних елементів у вигляді фрезерованих ребер і стінок панелей з плит зазвичай призначають зі співвідношення $R = B / (4-5)$, де B - ширина фрезерування (рис. 4.4, в).

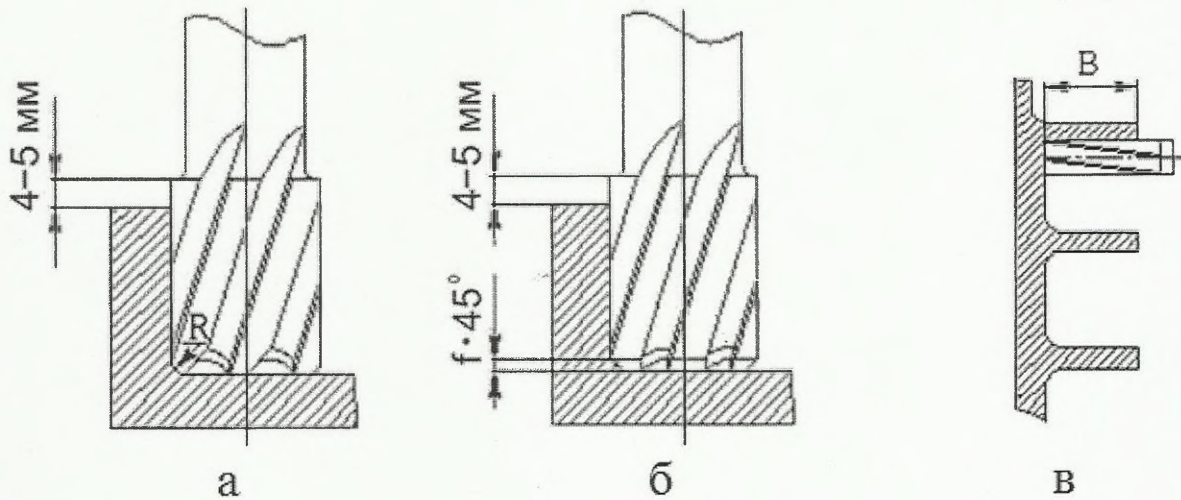


Рисунок. 4.4. Ув'язка розмірів сполучених площин і кінцевих фрез Радіус з'єднання, який утворює циліндричну увігнутість на фрезерованій стінці ребра, повинен бути більше половини діаметра фрези на 2 мм, а саме:

$$R > R_{\text{фр}} - 2.$$

Вибір діаметра фрези по даній рекомендації дозволяє виключити «віджим» інструменту при попутному фрезеруванні і його «підхоплення», що призводить до підрізу контуру, при зустрічному фрезеруванні. Тому при фрезерній обробці конструктивних елементів у вигляді ребер і стінок технологічно обґрунтований вибір інструменту з радіусом, меншим, ніж мінімальний радіус циліндричної угнутості на контурі.

Для забезпечення жорсткості інструмента діаметр кінцевої фрези повинен відповідати умові $H < 2,5 D$, де H - максимальна висота стінки оброблюваної панелі. Якщо потрібно менший радіус сполучення ребер, в конструкції фрезерованої панелі необхідно передбачати уступи, оброблювані на окремих технологічних переходах (рис. 4.5).

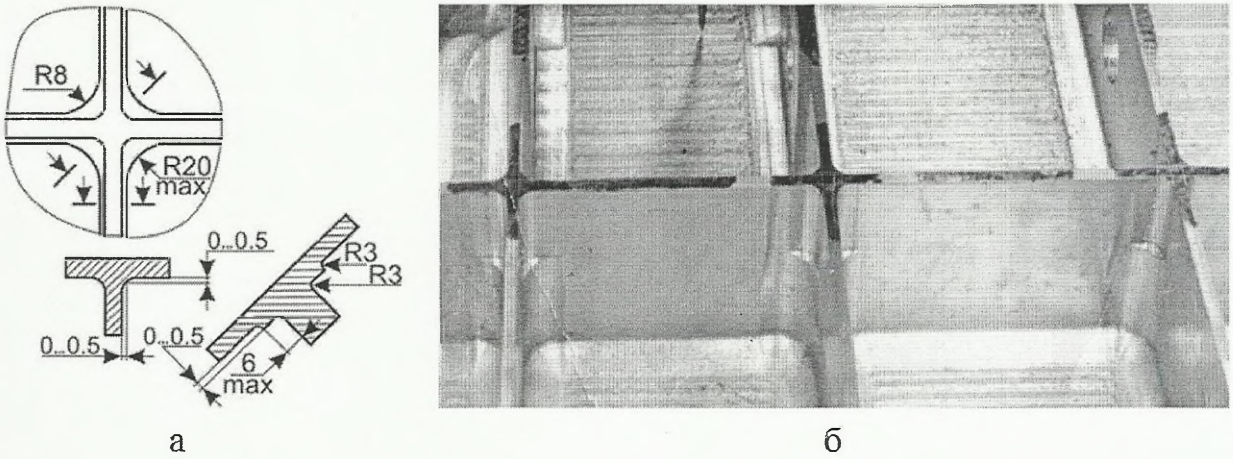


Рисунок. 4.5. Уступи для поверхонь з різними радіусами сполучення ребер: а - рекомендації по технологічності; б - фрагмент панелі фюзеляжу Ту-160

Для фрезерування ділянок обнижень з різними перепадами товщини полотна панелі на кресунку слід вказувати вимоги для технолога «R - тільки для інструменту» (рис. 4.6 а, в). Переходи від ребер до полотна задавати ухилом по товщині не рекомендується, технологічно виправдані ступінчасті переходи (рис. 4.6 б, г).

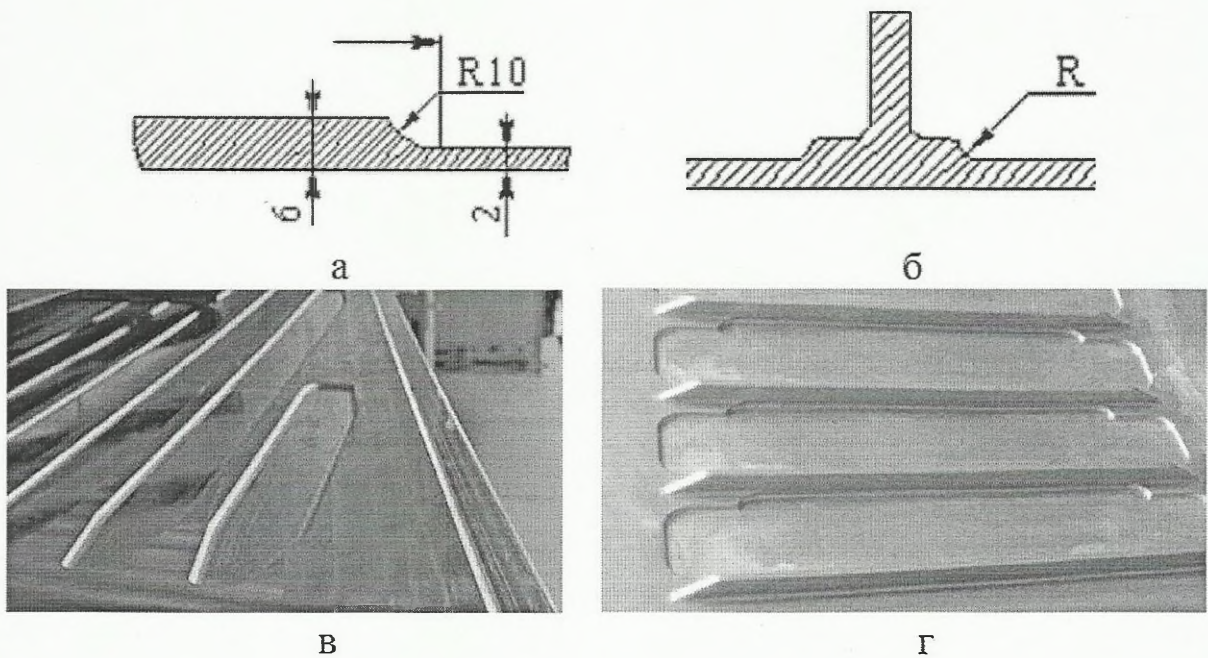


Рисунок. 4.6. Платно панелі з різними перепадами товщини: а, б - рекомендації по технологічності; в - фрагмент панелі крила SSJ-100; г - фрагмент панелі фюзеляжу Іл-76

4.3. Технологія виготовлення монолітних панелей з плит

Використання монолітних елементів в з'єднанні дає значну економію маси шляхом застосування напівфабрикатів з більш високими механічними показниками, збільшує надійність герметизації паливних відсіків внаслідок зменшення кількості отворів для кріплення, знижує трудомісткість складальних робіт.

В даний час фітингові стики досить широко застосовуються в літакових конструкціях. Це пов'язано з тим, що більшість сучасних пасажирських і транспортних літаків мають значну злітну масу і, отже, високу інтенсивність навантажень в зоні стикування крила з фюзеляжем.

Найчастіше з'єднання такого типу виконують за двома схемами:

- монолітні, коли зону фітингових колодязів фрезерують разом з панеллю з цільного напівфабрикату у вигляді плити;
- збірні, при якій фітингову гребінку з'єднують з панеллю за допомогою однозрізних і двухзрізних болтових з'єднань.

Нижче розглянута маршрутна технологія виготовлення верхньої панелі центроплана пасажирського літака з заготовки-напівфабрикату у вигляді плити. Ескіз панелі із зазначенням оброблюваних поверхонь представлений на рис. 4.7.

Використання сучасних комп'ютерних систем CAD / CAM / CAE дозволяє ефективно інтегрувати процеси проектування, інженерного аналізу та технологічної підготовки виробництва монолітних панелей з цільного напівфабрикату у вигляді плити (рис. 4.8).

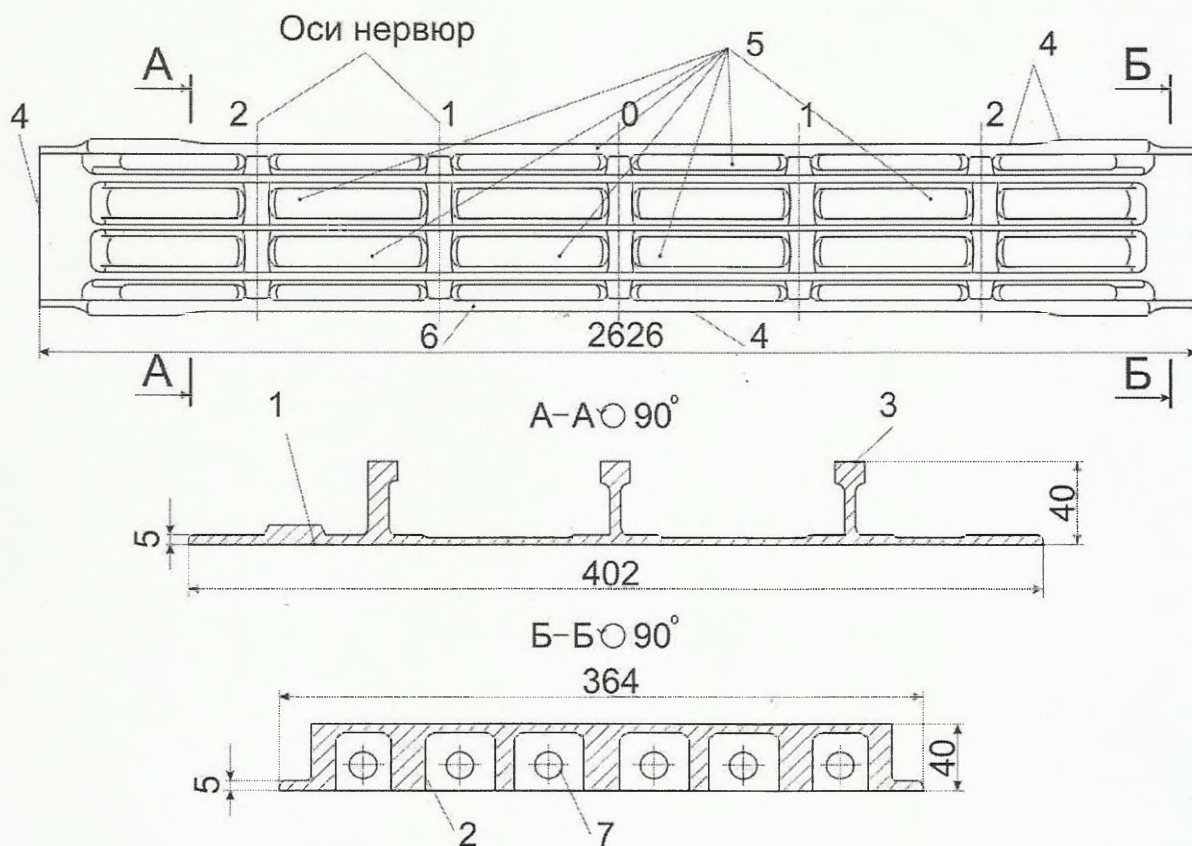
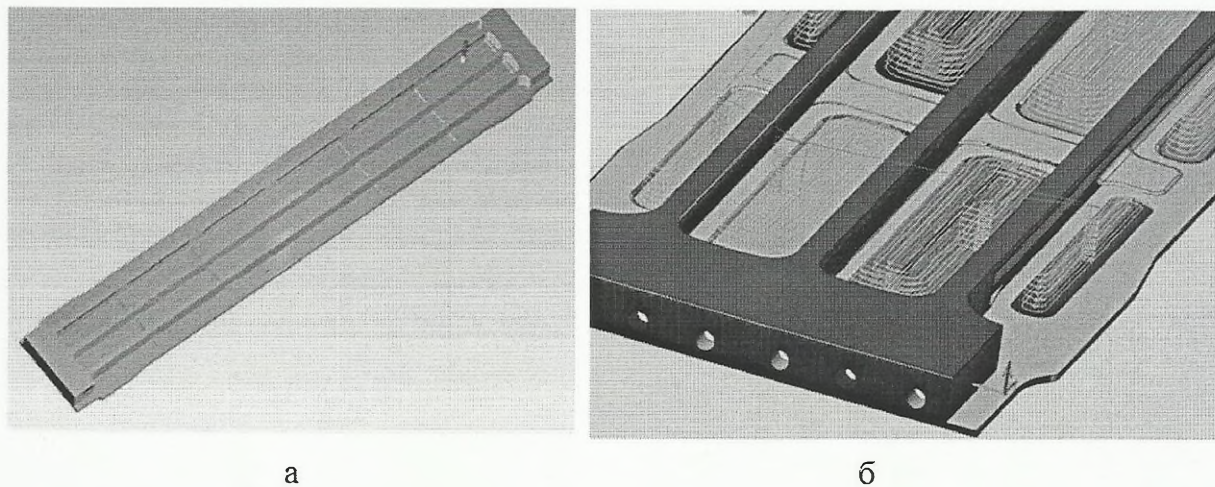


Рисунок. 4.7. Ескіз панелі центроплану пасажирського літака



а

б

Рисунок. 4.8. Візуалізація етапів фрезерування панелі центроплану:
а - стрінгерного набору; б - фітингових колодязів з відображенням траєкторії
фрези

У табл. 4.1 наведено укрупнений маршрутний ТП обробки монолітної панелі центроплану пасажирського літака з напівфабрикату у вигляді плити.

Масу монолітних панелей, виготовлених з плит, слід призначати не за номінальними розмірами, а з урахуванням всього поля допуску на товщину полотна і ребер.

При фрезеруванні основний вплив на залишкові деформації надає фактор перерозподілу термічних залишкових напружень в матеріалі заготовки. Залишкові напруги, що виникають від власне процесу різання, незначні.

Незважаючи на наведені вище переваги, виготовлення монолітних панелей з плит має такі недоліки:

- великий обсяг механічної обробки різанням і значний відхід матеріалу в стружку;
- складність отримання підкріплюючих ребер стрінгерного набору панелі найбільш раціональних перетинів - таврового і кутового;
- наявність в панелі великих перепадів товщини (товсті закінцівки і тонкі полотна, ребра різної висоти, малі радіуси сполучень), що значно ускладнює процес фрезерування і правки.

Таблиця 4.1. Укрупнений маршрутний ТП обробки монолітної панелі

Номер операції	Операція	Зміст операції	Технологічне оснащення
005	Контрольна	Контролювати заготовку	Стіл контрольний
010	Розміточна	Розмітити темплети і базові отвори	Плита розміточна фарба, інструмент слюсарний
015	Фрезерна	Відрізати темплети, відправити в лабораторію	Фреза кінцева Ø 30 мм, притиски, інструмент слюсарний
020	Фрезерна	Фрезерувати поверхні 1, 2, 3, свердлити базові отвори 7 попередньо	Фреза торцева Ø160 мм, фреза кінцева Ø30 мм, свердло Ø10 мм
025	Фрезерна	Фрезерувати поверхні 1, 2, 3 остаточно	Фреза торцева Ø160 мм, фреза кінцева Ø30 мм
030	Фрезерна	Фрезерувати поверхні 4, 5, 6 попередньо	Фреза кінцева Ø30 мм, фреза фасонна
035	Старіння	Провести стабілізуюче старіння (72 години)	Стелаж для зберігання
040	Фрезерна	Фрезерувати поверхні 4, 5, 6 остаточно	Фреза кінцева Ø30 мм, фреза фасонна
045	Слюсарна	Обпиляти задирки, скруглити гострі кромки	Верстат слюсарний, машина шліфувальна ІП-2014, машина свердлильна СМ 21-10-2300, борфрези

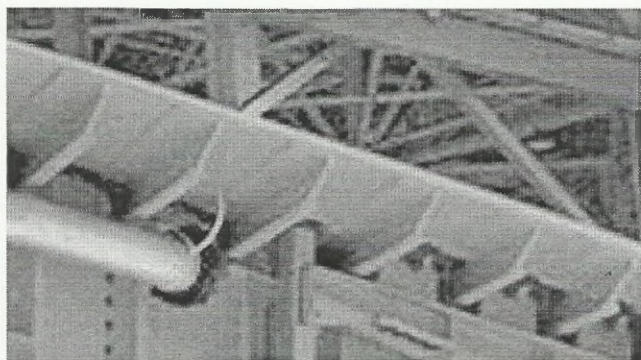
050	Контрольна	Контролювати розміри і шорсткість поверхонь, припусків на підгонку і складання комплекту панелей	Стіл контрольний, шаблони, зразки шорсткості, засоби вимірювання лінійних величин з точністю 0,1 мм
055	Гібочна	Гнути панель згідно з кресленням і технологічної інструкції 140ТІ 36-19-96	Прес гідравлічний моделі НСП-160, штамп для гнуття, установка «Каскад», шаблони
060	Контрольна	Контролювати згинання панелі з теоретичного контуру крила	Стіл контрольний, корзина шаблонів контуру перетинів, кисть, фарба
065	Слюсарна	Підігнати стикуючі поверхні панелі з урахуванням технологічних припусків	Доводочне пристосування, машина шліфувальна ІП-2014, машина свердлильна СМ 21-10-2300, борфрези, зразки шорсткості, кисть, фарба
070	Фрезерна	Обробити базові отвори 7 остаточно	Комплект: зенкери, розгортки для отворів Ø12Н8
075	Контрольна	Контролювати розміри і розташування базових отворів 7 згідно з кресунком	Верстат слюсарний, контрольне пристосування
080	Зміцнення	Зміцнити поверхні панелі згідно з кресленням і типовим ТП зміцнення	Установка для зміцнення типу УДМ-1,5, корзина ШКС
085	Контрольна	Контролювати ТК панелі згідно з кресленням	Стіл контрольний, корзина шаблонів контуру перетинів, кисть, фарба

4.4. Конструктивні особливості пресованих панелей

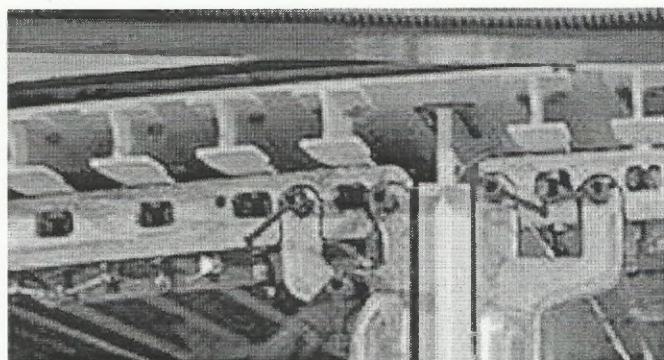
Монолітні пресовані панелі в конструкції пасажирських і транспортних літаків з'явилися в зв'язку зі збільшенням потрібної товщини обшивки несучих поверхонь крила, розширенням використання моноблочної конструктивно-силової схеми.

Конструктивно пресовані панелі значно різняться в залежності від виду оребрення заготовки, зміни висоти ребер по довжині заготовки та їх розташування, зміни товщини полотна.

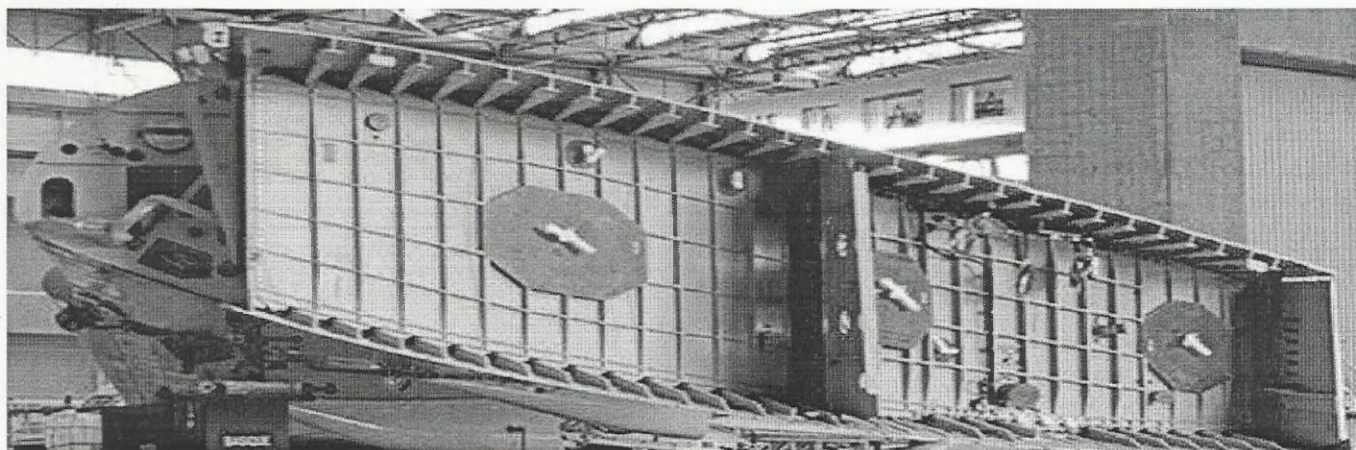
Типове оребрення полотна пресованих панелей крила, центроплана і фюзеляжу сучасних літаків може бути Г-образним (рис. 4.9, а) або Т-образним (рис. 4.9, б, в).



а



б



в

Рисунок. 4.9. Типове орєбрення полотна прєсованих панєлей

Доцільність застосування монолітних і збірно-монолітних конструкцій з прєсованих панєлей підтверджєна багаторічним досвідом експлуатації їх у вітчизняному та зарубіжному пасажирському і транспортному літакобудуванні.

Так, на транспортному літаку Ан-124 в конструкції крила, центроплана і фюзеляжу вперше були застосовані прєсовані панєлі з монолітними закінцівками і прєсовані стрінгерні панєлі.

На літаку Ан-70 верхня і нижня збірні обшивки крила і центроплана також виготовлені з прєсованих панєлей з монолітними закінцівками і прєсованими стрінгерними панєлями.

4.4.1. Технологічність монолітних пресованих панелей

Монолітні панелі з заготовок, виготовлених гарячим пресуванням за допомогою матриці, рекомендується застосовувати для високонавантажених конструкцій крила, фюзеляжу і інших агрегатів, що мають поздовжній набір підкріплюючих ребер - стрингерів.

Пресовані заготовки панелей мають наступні переваги:

- підвищені міцнісні, механічні властивості внаслідок високого коефіцієнта деформації (обтиску) при пресуванні;
- різке скорочення обсягу механічної обробки;
- високий коефіцієнт використання металу: маса готових панелей складає 70 ... 80% від маси вихідної заготовки;
- наявність постійного перетину по всій довжині заготовки, що спрощує операції правки і формоутворення;
- можливість отримання підкріплюючих ребер таврового і інших перетинів, найбільш раціональних з точки зору роботи на стиск;
- одержувані при пресуванні поверхні складної конфігурації не вимагають подальшої обробки різанням, крім місцевих доробок;
- всі поверхні пресованих заготовок в стані поставки мають шорсткість поверхні $R 1,25$ мкм незалежно від складності профілю перерізу;
- трудомісткість виготовлення панелей з катаних плит в три-чотири рази вище, ніж панелей з пресованих заготовок.

При проектуванні панелей рекомендується віддавати перевагу профілям з конфігураціями 4-7 (рис. 4.10, б). Профілі з конфігураціями 1-3 (рис. 4.10, а) можна застосовувати лише в крайніх випадках, так як місцеві потовщення поверхні на обшивці після формоутворення обводу викликають помітне огранювання зовнішньої поверхні.

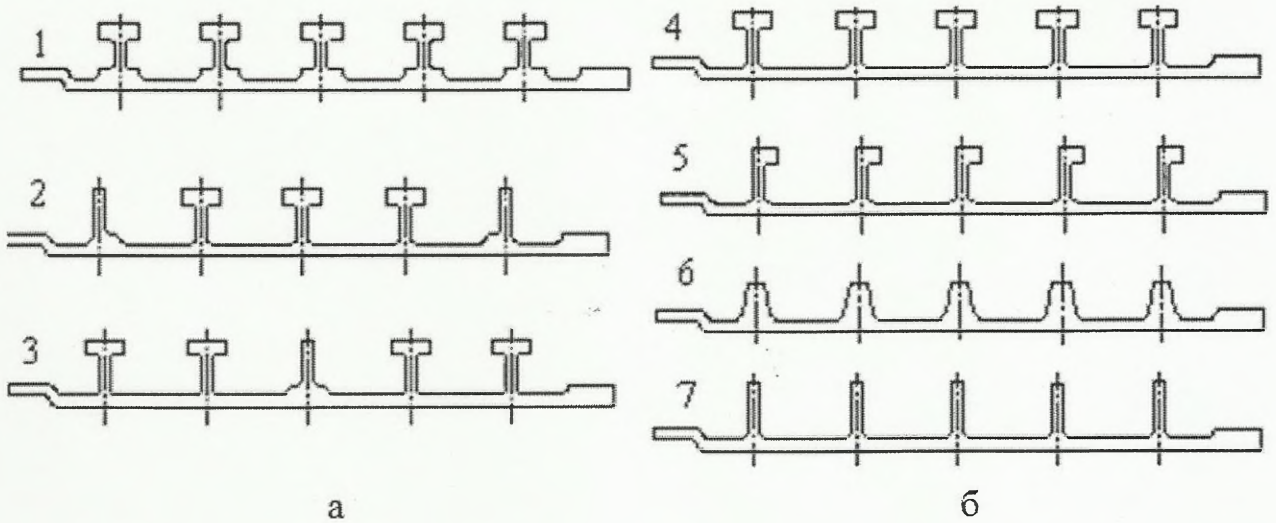


Рисунок 4.10. Типові профілі пресованих панелей:

а - нетехнологічних; б - технологічних

На рис. 4.11 буквами позначені розміри типових геометричних елементів пресованих панелей.

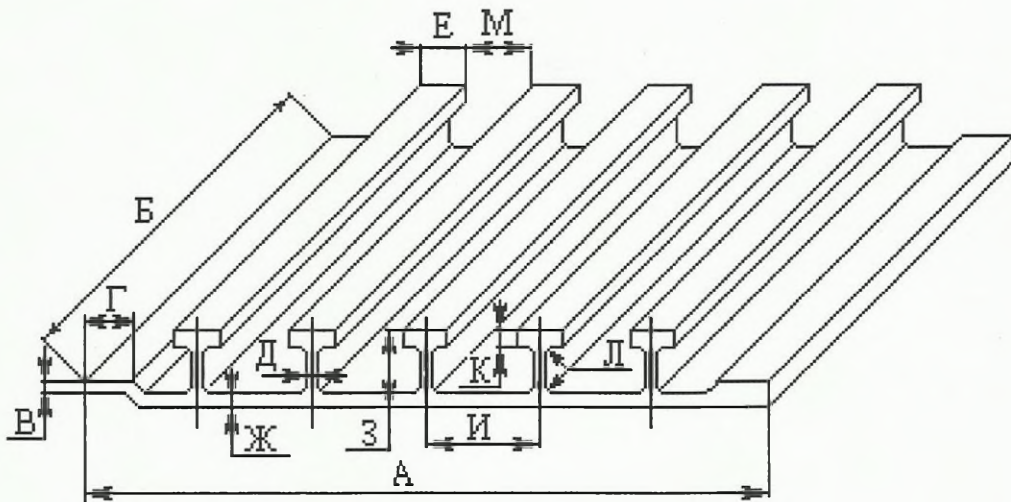


Рисунок 4.11. Позначення розмірів типових геометричних елементів пресованих панелей

В даний час металургійною промисловістю освоєно виробництво пресованих заготовок для монолітних стрінгерних панелей довжиною до 28 000 мм при ширині до 3 000 мм.

Рекомендовані розміри геометричних елементів пресованих панелей,
мм:

А - не більше 3 000;

Б - не більше 28 000;

В - не менше 4;

Г - не обмежений;

Д - не менше 4;

Е - не обмежений;

Ж - не менше 3;

З - не більше 80;

І - не обмежений;

К - не менше 6;

Л - не менше 4;

М - не менше 30.

Технологічними є пресовані панелі, які мають:

- постійний перетин по всій довжині;
- ребра стрингерів, що зберігають задану в заготовці форму на всій довжині панелі;
- однаковий рівень всіх ребер по висоті;
- мінімальна кількість ділянок пресованої панелі, що підлягають механічній обробці різанням.

Однак пресовані панелі мають недоліки, що ускладнюють механічну обробку різанням і збільшують її трудомісткість:

- в заготівлі панелі не забезпечується необхідна точність по розмірам між стрингерами, величина якої може змінюватися в діапазоні від +0,3 до -0,5 мм;
- спостерігається шаблевидність стрингерного набору, велич котрі можуть перевищувати 1 мм на один погонний метр довжини панелі.

4.4.2. Технологія виготовлення монолітних пресованих панелей.

У конструкції монолітних деталей крила літаків важкого класу застосовують два види стрінгерних пресованих панелей.

Перший вид - з наскрізним розташуванням стрінгерів, ніжки яких не обробляють (рис. 4.12).

Кінцевими фрезами обробляють наступні поверхні стрінгерної панелі: бічні стінки 1 по довжині, торці 4, полки 3, фестони 2 на полицях стрінгерів, заокруглення полиць 5, вирізи і зрізи 7, міжстрінгерні поглиблення 6 на полотні і площині поздовжніх стиків. Фестони стрінгерів і міжстрінгерні поглиблення обробляють врівень з ребрами стрінгерів, не зачіпаючи самих ребер.

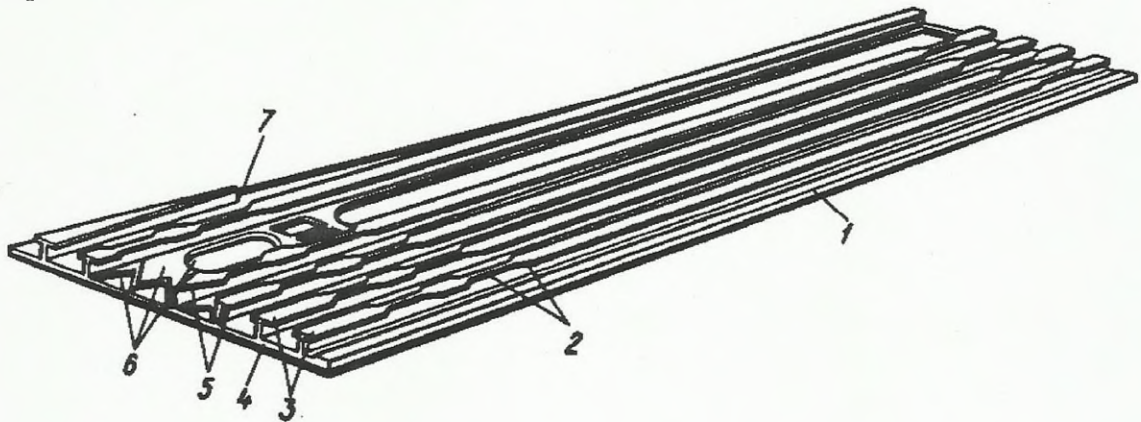


Рисунок 4.12. Конструкція панелі з наскрізним розташуванням стрінгерів

Товщина полотна стрінгерних панелей коливається від 2,5 мм в зоні обниження між стрінгерами до 8 мм в зонах привалочних площин.

Після чорнової обробки поздовжніх ребер і міжреберних обнижень виконують обробку монтажних люків і привалочних площин, а потім остаточну обробку ребер.

Вікна і отвори панелі обробляються в два етапи - спочатку вирізається отвір, який обробляється по контуру з боку стрінгерів (внутрішній контур), а потім ведеться обробка окантовки під ущільнення з боку зовнішнього теоретичного контуру.

Другий вид конструкції довгомірних стрінгерного пресованих панелей крила - з монолітною закінцівкою (рис. 4.13).

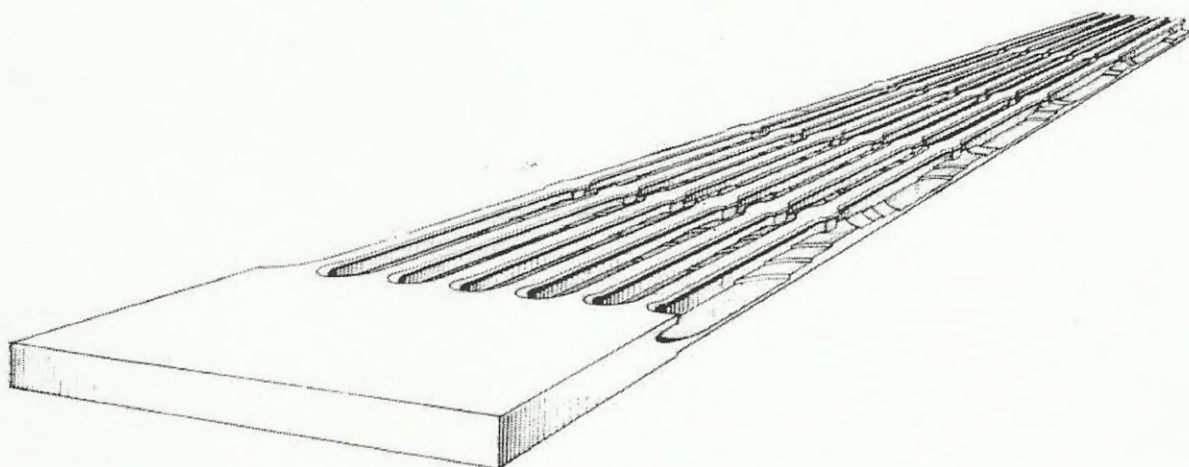


Рисунок 4.13. Довгомірна стрінгерна пресована панель з монолітною закінцівкою

Для підвищення продуктивності ТП такі заготовки через їх велику довжину обробляють одночасно двома порталами спеціалізованого довжиноходового фрезерного верстата з ЧПУ. Винятки становлять деякі операції, де вимоги до якості формованої поверхні диктують необхідність безперервної обробки одним порталом.

Деталь розбивають на чотири секції, з яких першу і третю обробляють одночасно двома порталами верстата відповідно, далі - другу секцію одночасно з четвертою.

В першу чергу одним порталом за спеціальною УП обробляють базові отвори з центрами в нульових точках всіх наступних УП для кожної зони.

Далі після промальовування по УП зовнішнього контуру, відрізки металу на темплети і розвантаження плити в зоні секції IV фрезерують площину теоретичного контуру крила (ТКК) за два проходи.

Перший прохід виконують двома порталами одночасно, а другий - першим порталом для забезпечення якості поверхні ТКК. Подальшу обробку виконують на стрінгерній стороні при базуванні панелі на чисту поверхню ТКК із закріпленням на вакуумному столі.

Дуже важливою є операція формування базових поверхонь на утворюючих стрингерів для коригуючого пристрою, виконувана з нульової точки N1 першим порталом. Дана операція необхідна, так як припуск на стрингерах розподілений нерівномірно і може бути перенесення цієї похибки на межстрингерну відстань. При цьому знімається зайвий метал з стрингера на стороні, протилежній проходу коригуючого пристрою.

Технічні умови поставки панелі на складання повинні допускати відхилення її поверхні від ТКК: уздовж нервюр - до 1,0 мм; за розмахом - до 1,0 мм / м; на всю довжину панелі - до 3,0 мм.

4.5. Спеціалізовані фрезерні верстати для обробки панелей.

Спеціалізованими називають верстати, призначені для виготовлення деталей певної конструктивної або технологічної групи. Спеціалізовані верстати мають особливі параметри за розмірами робочого простору, частоти обертання шпинделя, компоновання, кількості координат робочих переміщень інструменту, які відрізняються від лімітованих параметрів на верстати загального призначення.

Довгомірні монолітні панелі з плит і пресованих заготовок обробляють на спеціалізованих порталних фрезерних верстатах з ЧПУ, типова компоновання яких зображена на рис. 4.14.

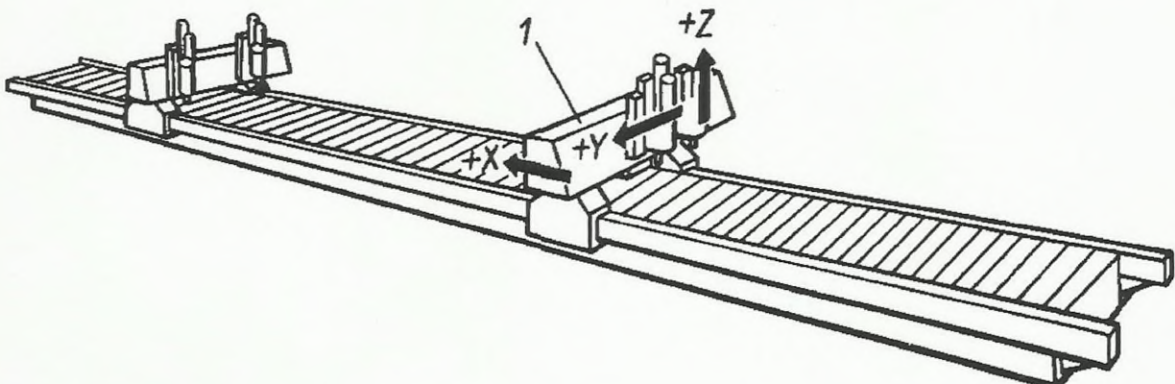


Рисунок 4.14. Типова компоновка порталних фрезерних верстатів з рухомими порталами

Один або два рухомих порталу 1 застосовують для фрезерних станків з ЧПУ при довжині робочого ходу по поздовжній координаті X більше 10000 мм. Тут стіл верстата нерухомий, а шпиндельні головки переміщуються по координатам X, Y, Z. Ця компоновка характерна для спеціалізованих фрезерних верстатів з рухомими порталами моделей ПФП-5, 2ФП-241, 2ФП-242В.

Базовий верстат моделі ПФП-5 з ЧПУ призначений для трьохкоординатної програмної обробки двома порталами одночасно. На верстаті обробляють або одну заготовку розмірами до 20000 × 1400 мм при переміщенні одного порталу, або дві заготовки розмірами до 10000 × 1400 мм кожна при переміщенні двох порталів одночасно. На кожному порталі є дві фрезерні головки: одна - з частотою обертання шпинделя 1500 хв-1, друга - двухшвидкісна з частотою обертання шпинделя 1500 або 3000 хв-1.

Верстат моделі 2ФП-241 з ЧПУ - двухпортальний підвищеного технологічного рівня для чотирьохкоординатної високопродуктивного опрацювання заготовок з алюмінієвих сплавів з габаритними розмірами до 30000 × 1800 мм. На цьому верстаті можна вести комплексну фрезерно-свердлильну обробку заготовок деталей із зовнішніми і внутрішніми фасонними поверхнями, кишенями, заглибленнями, підсічками.

На верстаті моделі 2ФП-241 з ЧПУ є нерухома многосекційна станина, на якій в Т-образних пазах закріплені блоки вакуумного столу для фіксації заготовок панелей (рис. 4.15).

Над столом переміщуються два портали поздовжньої подачі (вісь X), на кожному порталі є поперечна каретка (вісь Y), що несе фрезерну головку (вісь Z). Верстат на кожному порталі оснащений електрошпинделем в якості приводу головного руху. До порталу кріпиться інструментальний магазин на 16 позицій з пристроєм автоматичної зміни інструментів. Переміщення порталу в поздовжньому напрямку здійснюється від редуктора за допомогою безззорних шестерньо - рейочної передачі. Переміщення поперечної каретки і фрезерної головки виконується за допомогою безззорних шарико-

гвинтових передач. В якості силового приводу для всіх переміщень застосовані високомоментні електродвигуни постійного струму з тиристорним керуванням. Для прибирання стружки передбачені шнекові транспортери.

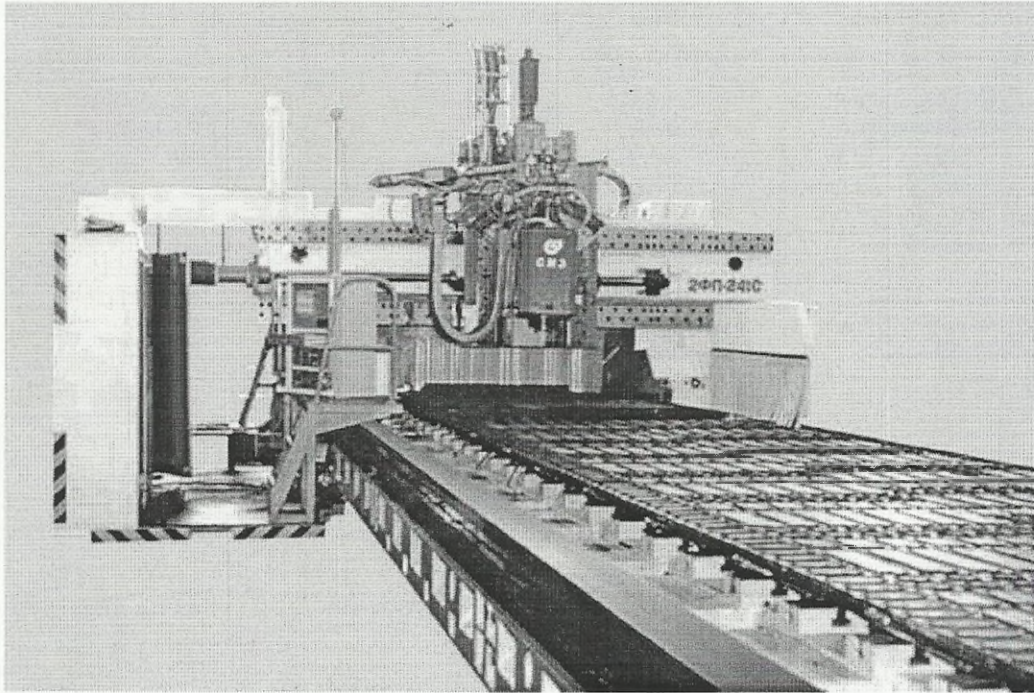


Рисунок 4.15. Загальний вигляд фрезерного верстата моделі 2ФП-241 з ЧПУ

Характерним вузлом усіх спеціалізованих фрезерних верстатів з рухомими порталами є пристрій корекції шаблевидності пресованих заготовок стрінгерних панелей.

Коригувальний механізм необхідний для відстеження в процесі фрезерної обробки справжнього стану ніжок стрінгерів в заготівлі пресованої панелі і автоматичного внесення відповідної корекції в УП обробки.

4.6. Особливості сучасних верстатів для обробки панелей

Світовими лідерами у виробництві спеціалізованих фрезерних верстатів з рухомими порталами для обробки довгомірних панелей виробів

авіаційної техніки є верстатобудівні фірми Fooke (Німеччина), FOREST-LINE (Франція), MAG (США).

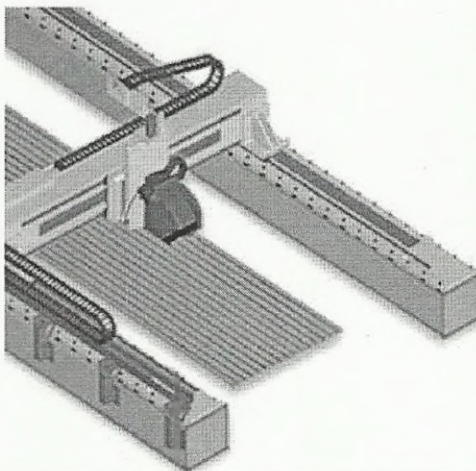
Нижче розглянуті приклади реалізації основних стратегічних рішень щодо збільшення розмірів робочого простору даних верстатів, частоти обертання шпинделя, компоновання, кількості координат робочих переміщень різального інструменту.

4.6.1. Лінійний електричний привід

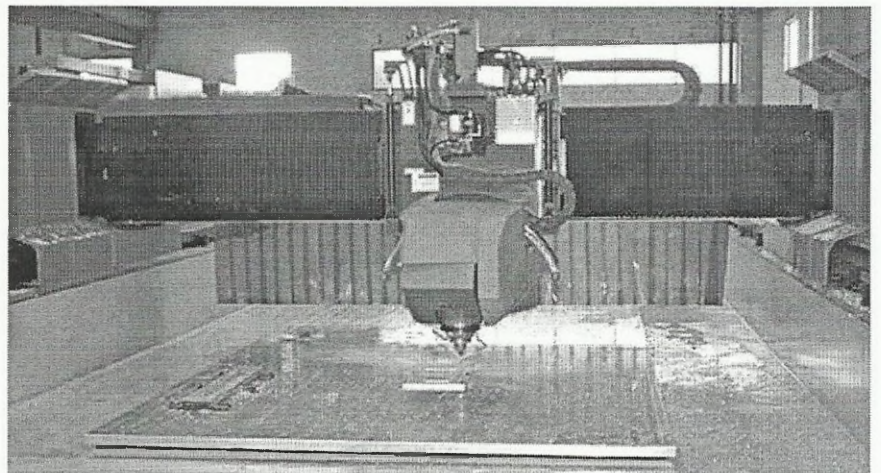
Використання електродвигунів з прямолінійним магнітним полем дозволяє відмовитися від багатьох механічних елементів, таких, як редуктори, опори, кулькові ходові гвинти або системи зубчастих рейок, і підвищити тим самим жорсткість, надійність і точність верстатів.

Сучасні фрезерні верстати з рухомими порталами для опрацювання довгомірних панелей мають модульну і жорстку конструкцію, побудовану по гібридному принципу (сталеві, зварні, литі і залізобетонні елементи конструкції).

Спеціалізований порталний верстат з рухомим порталом фірми MAG моделі MAG HYPERMACH широко застосовують на більшості провідних літакобудівних заводів для фрезерування і обробки отворів в панелях з алюмінієвих сплавів і композиційних матеріалів (рис. 4.16).



а



б

Рисунок 4.16. Верстат моделі MAG HYPERMACH з рухомим порталом:

а - компоновка верстата; б - обробка монолітної панелі з плити

Модульний принцип побудови конструкції верстата дозволяє варіювати розміри робочого простору в широкому діапазоні значень:

X - від 2000 до 40 000 мм; Y - від 800 до 3 500 мм; Z - від 400 до 1200 мм.

Швидкість подачі інструменту по всім лінійним координатам регулюється безступінчато в діапазоні від 5 до 65 000 мм / хв.

Похибка позиціонування інструменту по всіх осях не перевищує значення $\pm 0,015$ мм.

Портальний фрезерний верстат моделі Macbormill HSM Aero призначений для обробки довгомірних крильових панелей важких пасажирських і транспортних літаків. З метою підвищення продуктивності обробки монолітних панелей компоновка даного верстата може бути як двухпортальною, так і двошпindelною (рис. 4.17).

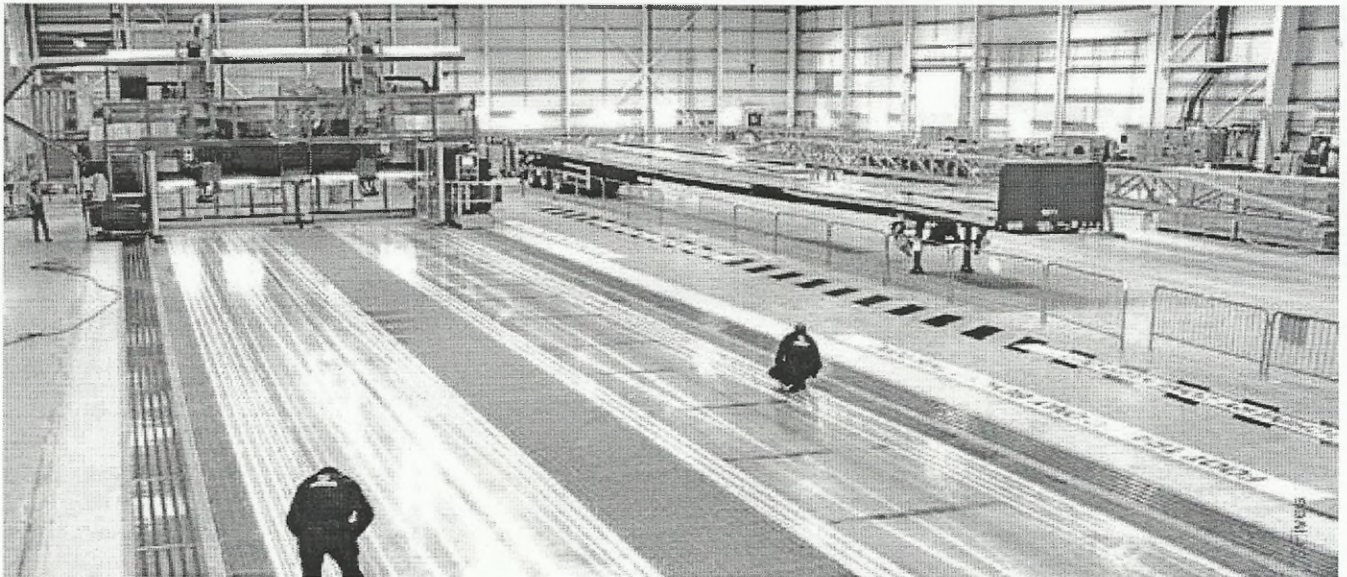


Рисунок 4.17. Двошпindelний варіант верстата моделі Macbormill HSM Aero. Довжина столу даного портального фрезерного верстата визначається виключно довжиною оброблюваної монолітної панелі і визначається замовником відповідно до його вимог.

4.6.2. Високошвидкісна обробка

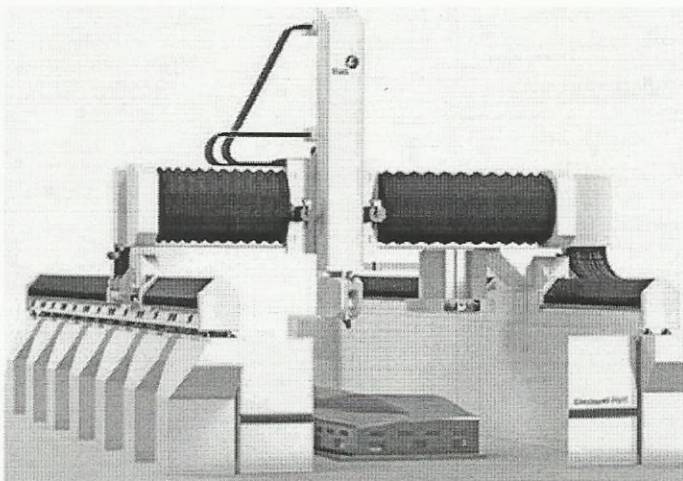
Високошвидкісна обробка (BCO або HSM - High Speed Machining) - одна з сучасних технологій обробки різанням, яка дозволяє ефективно збільшити продуктивність, точність і якість обробки деталей. У світовому верстатобудуванні сьогодні спостерігається стійка тенденція створення верстатів, призначених для BCO.

Спосіб особливо ефективний при обробці тонкостінних ребер і стінок завдяки зниженню сил різання в три-чотири рази і практично повній відсутності нагріву заготовки в процесі різання.

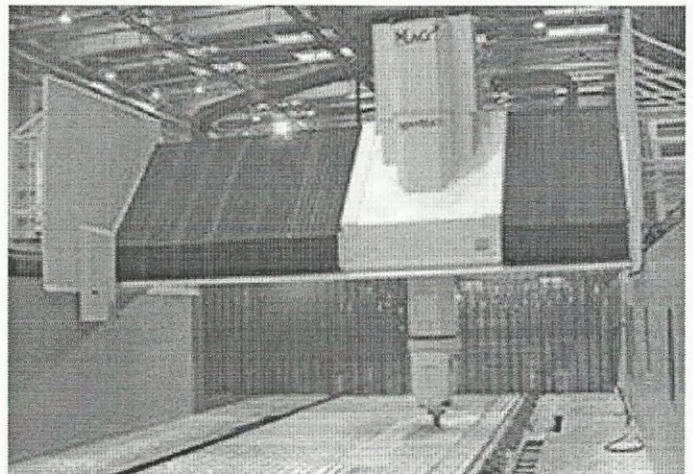
Основний принцип BCO: малий перетин зрізу, що знімається з високою швидкістю різання, і відповідно висока частота обертання шпинделя і висока хвилинна подача.

Верстат призначений для BCO великогабаритних довгомірних деталей зі складними аеродинамічними поверхнями типу панелей, лонжеронів, що виготовляються з алюмінієвих сплавів (рис. 4.18).

На цьому верстаті можна фрезерувати площини, пази, кишені, уступи, криволінійні контури, а також виробляти свердління, зенкування, розгортання, розточування отворів, нарізування різьблення мітчиками.



а



б

Рисунок 4.17. Портальний фрезерний верстат моделі 1100LINEAR:

а - компоновка верстата; б - обробка монолітної панелі з плити

Відмінною особливістю верстата є застосування двовісної поворотної головки, що дозволяє проводити обробку одночасно по п'яти координатах. Наявність в складі приводів подач силових електродвигунів дозволяє реалізувати на верстаті ВСО з високими показниками якості поверхонь, продуктивності і точності оброблюваних деталей.

Верстат оснащений вимірювальною системою контролю геометричних параметрів деталі і системою контролю зносу інструменту фірми Renishaw, магазином інструменту на 12 позицій, вакуумним столом.

Шпиндель має два напрямки обертання, частота обертання регулюється від 3 000 до 30 000 хв статичним перетворювачем частот при постійному моменті.

У приводах подач використовуються високомоментні електродвигуни постійного струму з електронними регуляторами, які забезпечують високу точність обробки на підвищених швидкостях різання. Спеціальна система приводу враховує вимоги до динаміки такого типу верстатів і реалізує прискорення до 10 м / с².

Верстат обладнаний пристроєм ЧПУ типу CNC з одночасним керуванням по трьох осях, що забезпечує прискорений допоміжний хід зі швидкістю до 30 м / хв, швидкість робочого ходу до 20 м / хв в площині XY і 10 м / хв в площинах XZ і YZ.

4.6.3. Спеціальні фрези для ВСО

При ВСО фрезеруванні алюмінієвих сплавів на практиці використовують в основному спеціально створені фрези з механічним кріпленням змінних багатогранних пластин (СМП) з твердого сплаву. Фрези виготовляють по класу дисбалансу G 2,5 або G 6,3.

Довгокромочні торцово-циліндричні фрези, ріжучий зуб яких визначається набором СМП, є незамінним інструментом для чорнової обробки високих уступів, широкого контуру заготовки, стінок і глибоких

кишень. Такі фрези (часто звані «кукурудзяними») дозволяють різко збільшити інтенсивність зняття припуску, значно підвищуючи продуктивність фрезерних операцій і знижуючи собівартість обробки різанням.

Застосування таких фрез у виробництві великогабаритних деталей літаків забезпечує скорочення часу обробки в кілька разів, підвищує надійність деталей в зв'язку зі значним поліпшенням якості обробленої поверхні і зниженням напруги, обумовлених процесом різання.

Збірна модульна конструкція, в якій корпус складається з стандартизованих секцій, характеризується високою жорсткістю з'єднання. Така конструкція забезпечує компоновку фрези необхідних розмірів, а в ряді випадків дозволяє збільшити її стійкість. Зазвичай найбільше навантаження в довгокромочних фрезах випробовують пластини, розташовані на торці інструменту. Саме вони схильні до інтенсивного зносу і являють собою той критичний елемент, що визначає стійкість системи в цілому. Поломка такої СМП може привести не тільки до серйозного пошкодження гнізда, але навіть до втрати фрези. Модульна будова корпусу з використанням торцевої секції допомагає усунути зазначену проблему (рис. 4.18, а).

Перевагою ВСО фрезеруванням тонкостінних деталей є істотне зниження сили різання. Робочі швидкості подач при ВСО довгомірних деталей літаків можуть досягати 80 м / хв.

У цих виробничих умовах істотну роль відіграє надійність процесу різання. При налипанні стружки на ріжучу поверхню фрези, обумовленому особливими властивостями алюмінієвих сплавів, можливе виникнення в процесі різання закритичного дисбалансу ріжучого інструменту. Особливо небезпечно пакетування стружки при обробці глибоких кишень, якими рясніють монолітні деталі сучасних літаків.

Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є зниження коефіцієнта тертя поверхонь робочої частини різального інструменту.

Нові можливості в області обробки авіаційних матеріалів обертним ріжучим інструментом відкривають останні досягнення науки і практики в області плазмового нанесення найтонших зносостійких плівок методом нанотехнологій. Нове надтверде покриття кінцевих фрез твердістю 100 GPa значно підвищує надійність при ВСО алюмінієвих деталей (рис. 4.18, б).

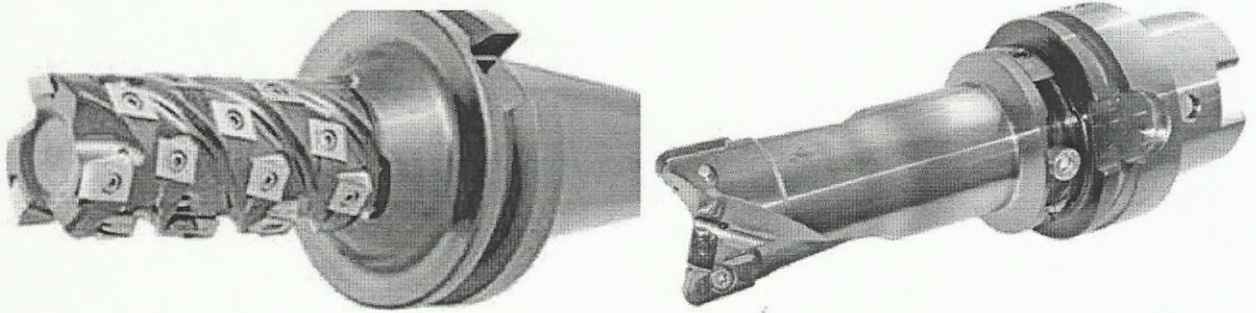


Рисунок 4.18. Спеціальні кінцеві фрези для ВСО:

а - з механічним кріпленням СМП; б - з зносостійким покриттям

ВИСНОВОК

В даному проекті мною була розглянута конструкція кіля літака Ан – 178.

В конструкторській частині даного проекту було розроблено:

- технічний опис конструкції кіля;
- обґрунтування прийнятих рішень розрахунками;
- технічні умови на виготовлення кіля;
- аналіз технологічності кіля по якісним і кількісним критеріям;
- схему технологічного членування кіля;

В технологічній частині були прийняті найбільш раціональні методи складання кіля, розроблена схема базування при складанні даної конструкції, були описані технічні умови на постачання складових частин агрегату на етап кінцевого складання, розроблена схема складання і ув'язки для розглянутої підбірки (лонжерон 1) кіля, розроблений укрупнений технологічний процес складання агрегату. Також була описана та розроблена складальна приспособа для підбірки (лонжерон 1). Виходячи із занятої на ринку ніші даним літаком був вибраний серійний тип виробництва, в кінці технологічної частини було пораховану загальну трудомісткість виготовлення кіля, загальну кількість основних та допоміжних робітників, пораховано необхідну кількість обладнання для цеху складання кіля, а також проведено розрахунок необхідних виробничих, допоміжних та площ проїздів цеху складання.

В економічній частині було проведено розрахунок собівартості складання проектного агрегату. В результаті розрахунку виробнича собівартість склала **949546,92** гривень, ціна виробу **1411882,67** гривень. Також був проведений аналітичний розрахунок критичної програми випуску, яка склала **20** штук, при цьому дохід в точці беззбитковості склав **28237653,38** гривень.

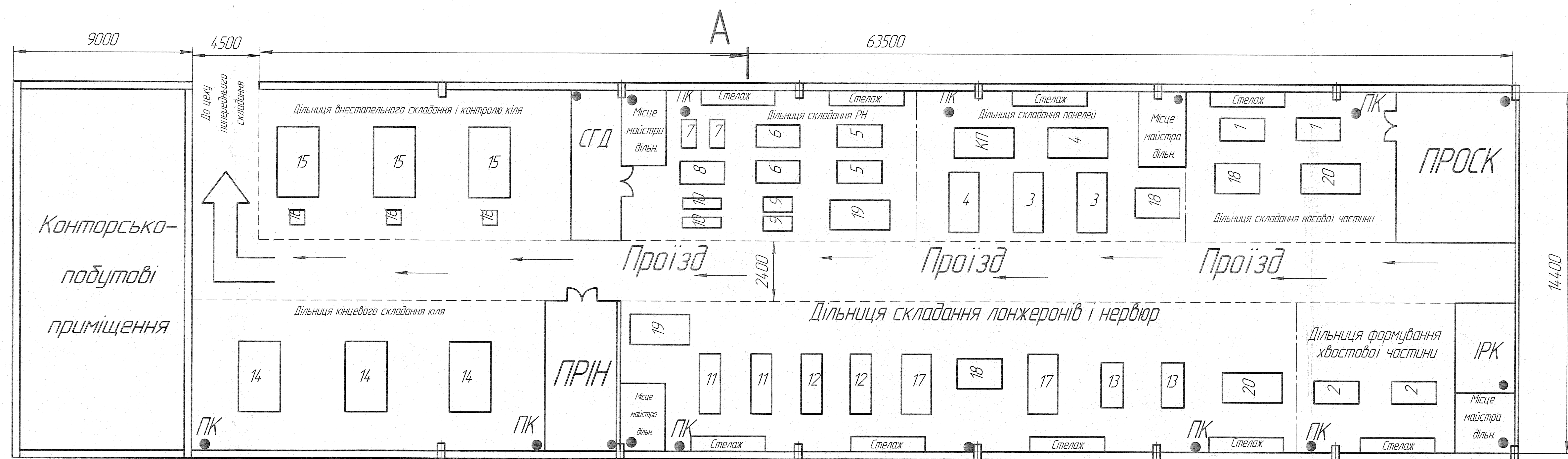
В розділі «спеціальна частина» було розглянуто технологію виготовлення монолітних панелей, а саме: конструктивні особливості монолітних панелей з плит, технологічність монолітних панелей з плит, конструктивні особливості пресованих панелей, спеціалізовані фрезерні верстати для обробки панелей, а також особливості сучасних верстатів для обробки панелей.

В цілому зробленою в даному проекті роботою повністю задоволений, під час написання даного проекту отримав велику кількість навиків і інформації в галузі літакобудування які в подальшому знадобляться мені на підприємстві.

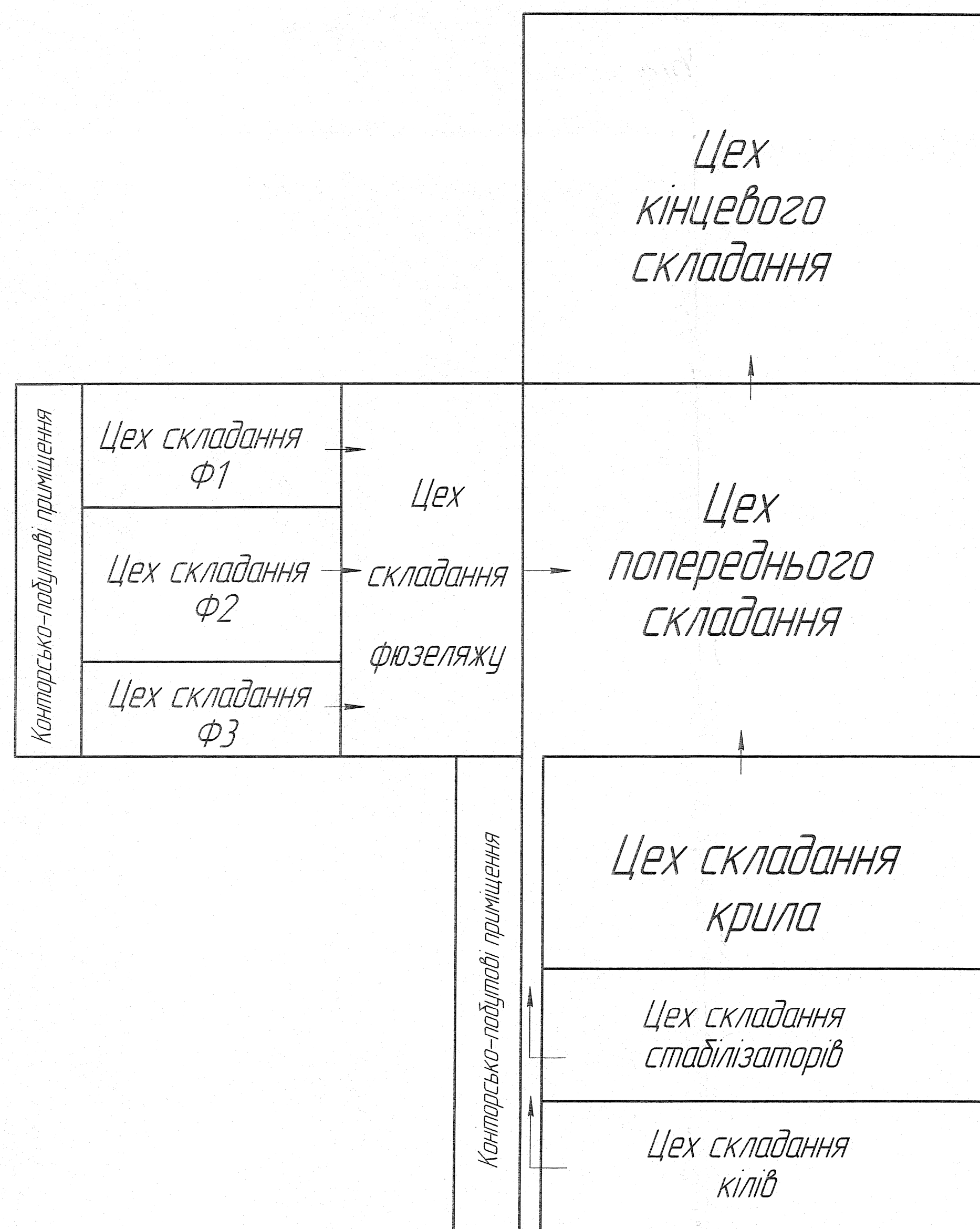
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Технологія виробництва деталей літальних апаратів. Книга 1: Підручник / І.А. Гриценко, К.А. Животовська, В.М. Король, О.В. Мамлюк, Ю.М. Терещенко; за ред. Ю.М. Терещенка – К.:Вища освіта, 2004. – 448 с: іл.
2. Абібов А. А. і др. «Технологія літакобудування» - М.: Машинобудування, 1982 – 551с.
3. Розрахунок економічних показників підприємства. Методичні вказівки по виконанню розрахункової роботи по дисципліні «Економіка підприємства».
4. Технологія проектування дільниць і цехів. А. С. Набатов. 2003р.
5. Пархоменко О.М., Калія В.І. "Економічне проектування цехів": Навчальний посібник. - Х., ХАІ, 1977 - 117с.
6. Літак Ан-148. Керівництво з льотної експлуатації.
7. Редуктор Га-213. Керівництво по експлуатації.
8. Конспекти лекцій по виробничим предметам.
9. Г. А. Кривов «Технология самолетостроительного производства», Киев 1997 г.
10. Уилсон Ф., Прендж У. Перевод с английского под редакцией д-ра техн.. Наук С.А. Вигдорчика «Оснащение самолетного и ракетного производства» Москва, Машиностроение, 1967г.
11. В. Т. Кононенко»Технология производства летательных аппаратов», 1991 г.
12. В.П. Григорьев, Ш.Ф. Ганиханов «Приспособления для сборки узлов и агрегатов» Москва, Машиностроение, 1977 г.
13. Горячев А. С, Белоглазов И. М., Лысенко Д.Н., «Сборка клепаных узлов и агрегатов», Куйбышев, 1980 г.

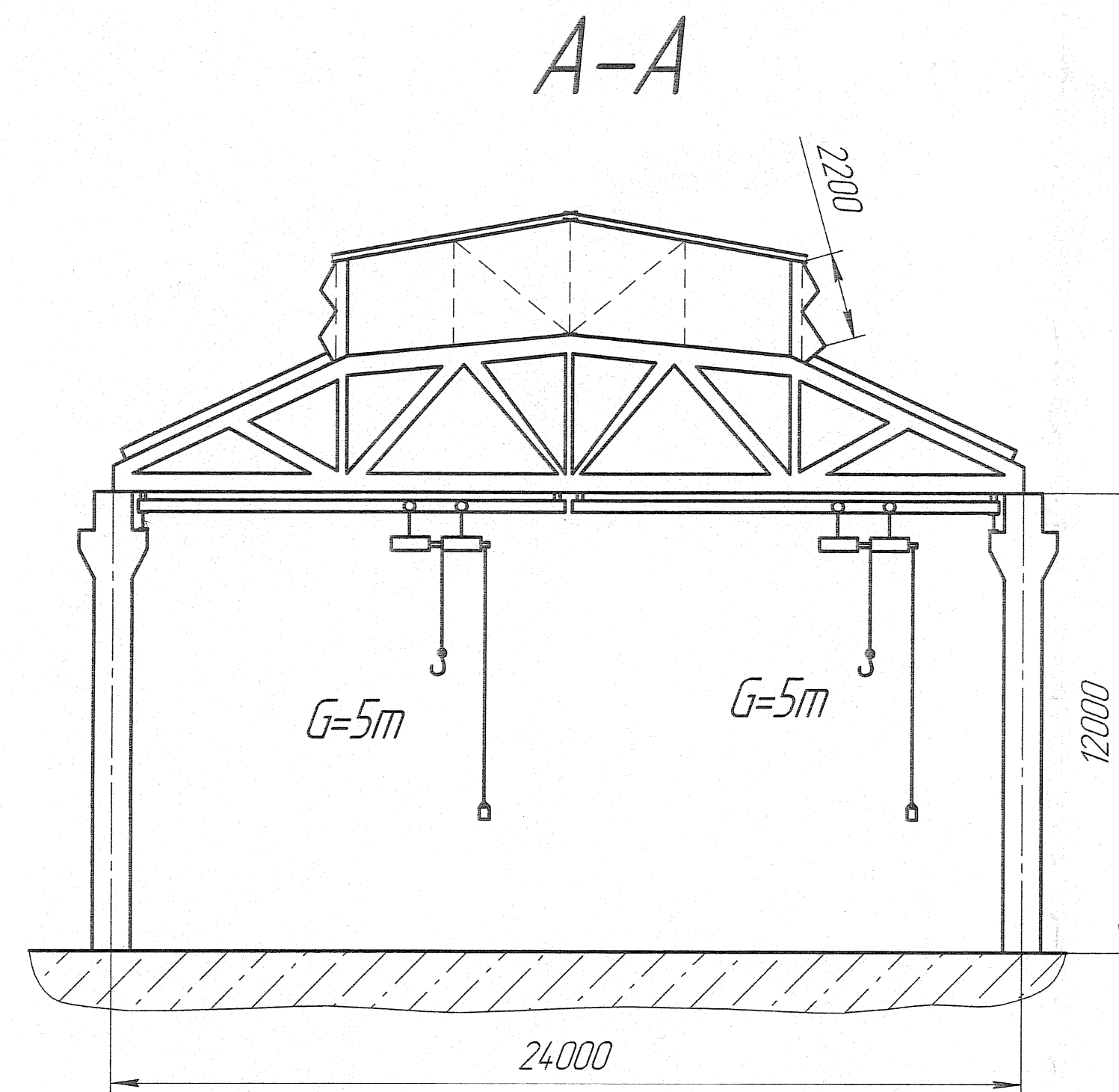
ДОДАТОК



Компоновка цеху складання кіля
в комплексі агрегатно-складальних цехів



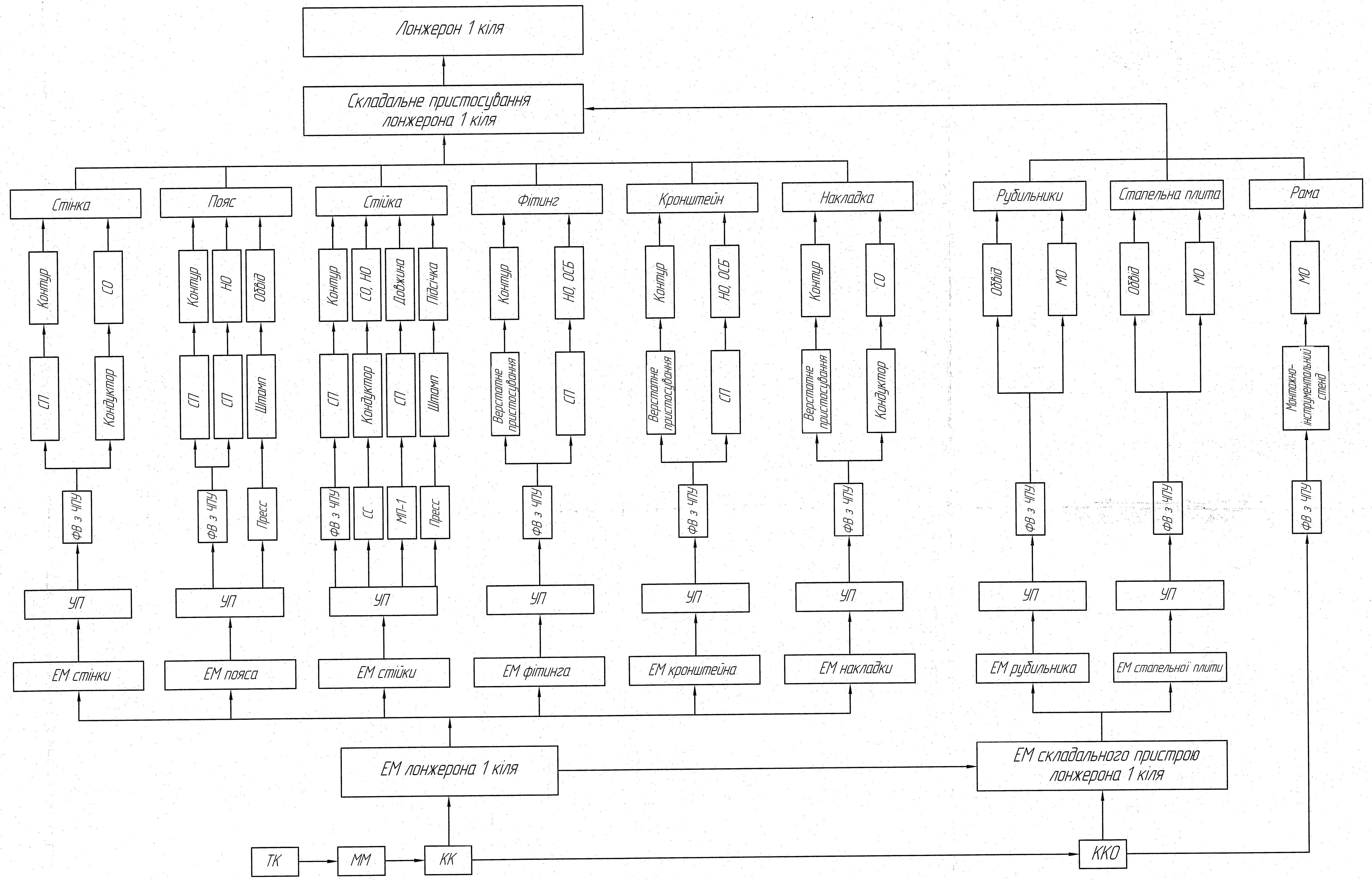
- Умовні позначення
- - - границя дільниць цеху
 - - - границя проїзду
 - - - границя цеху
 - == капитальна стінка
 - - вагезагасник
 - ПК - пожежний кран
 - - грузопоток



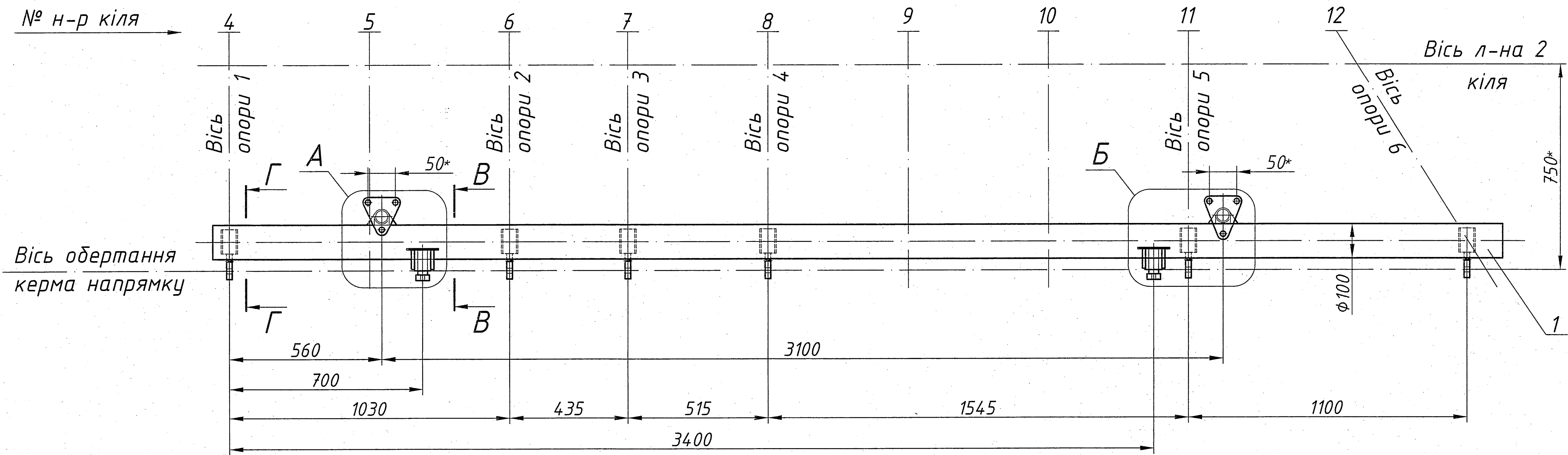
- 1 - стенд складання носової частини; 2 шт;
- 2 - стенд формування хвостової частини; 2 шт;
- 3 - сталець складання лівих панелей; 2 шт;
- 4 - сталець складання правих панелей; 2 шт;
- 5 - сталець складання руля напрямку; 2 шт;
- 6 - приспособа для вністепельного складання руля напрямку; 1 шт;
- 7 - приспособа для складання триммера; 2 шт;
- 8 - стенд балансування РН; 1 шт;
- 9 - стіл складання нервюр РН; 2 шт;
- 10 - сталець складання лонжеронів РН; 2 шт;
- 11 - сталець складання 1 лонжерону кіля; 2 шт;
- 12 - сталець складання 2 лонжерону кіля; 2 шт;
- 13 - універсальний сталець складання нервюр кіля; 2 шт;
- 14 - сталець складання кіля; 3 шт;
- 15 - стенд вністепельного складання кіля; 3 шт;
- 16 - лазерний трекер; 3 шт;
- 17 - СЗУ; 2 шт;
- 18 - фрезерувальний станок; 3 шт;
- 19 - клепальний прес КП - 503М; 2 шт;
- 20 - клепальний прес КП - 204М; 2 шт;

К.134.ДП.1-96А.001.800.000			
Изм.	Лист	№ докум.	Лист
Разраб.	Артемова Т.В.	Проф.	Дата
Прод.			
Т.контр.			
Н.контр.			
Утв.			
Цех складання кіля літака Ан-178			Лист 1 / Листов 1
ХАІ гр.1-96А			Масштаб 1:100

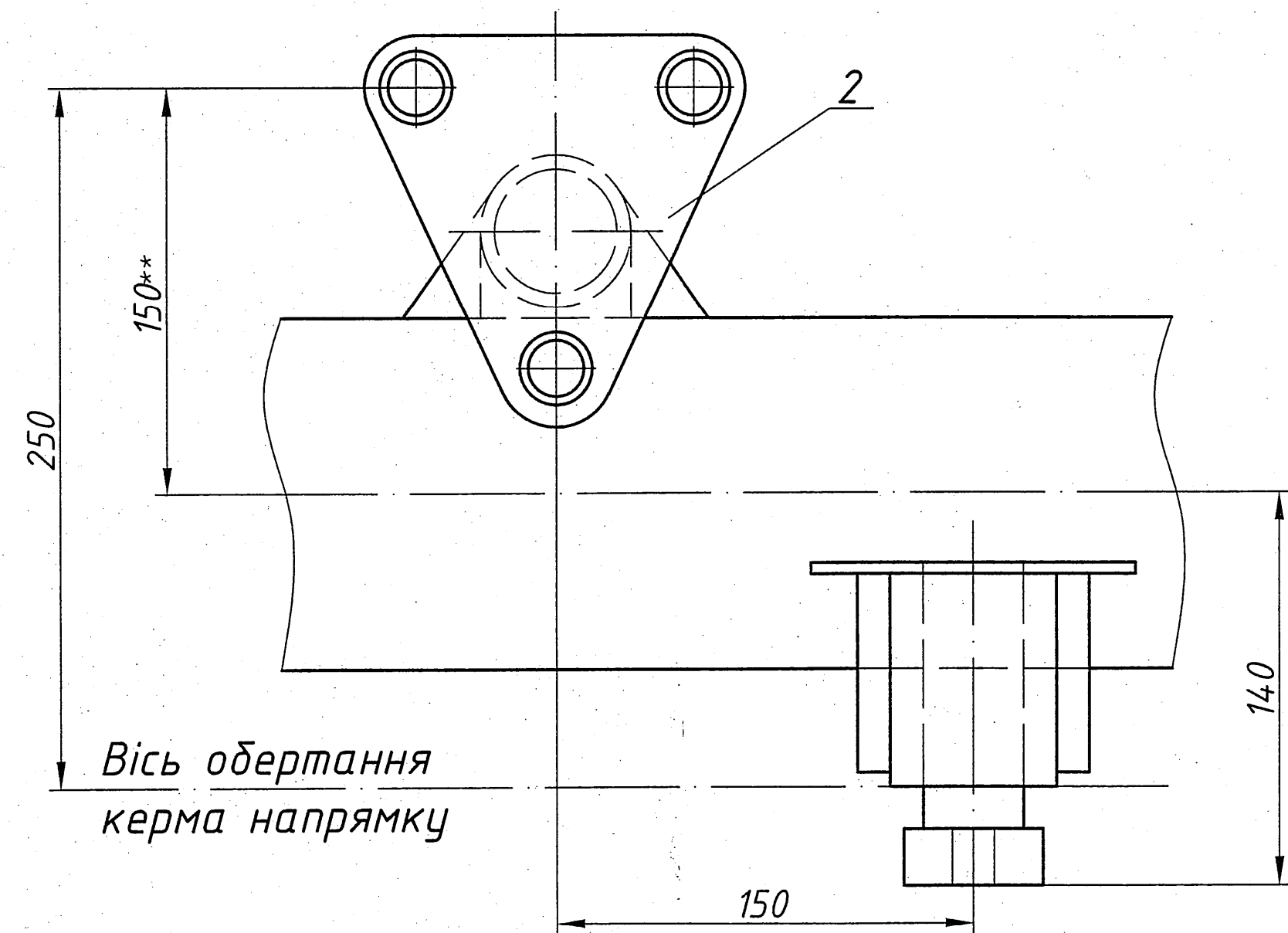
Узел
 Складальне пристосування
 Деталі
 Елементи зв'язки
 Технологічна оснастка
 Обладнання
 Носії форм та розмірів
 Носії інформації
 Першоджерела інформації
 Першоджерела зв'язки



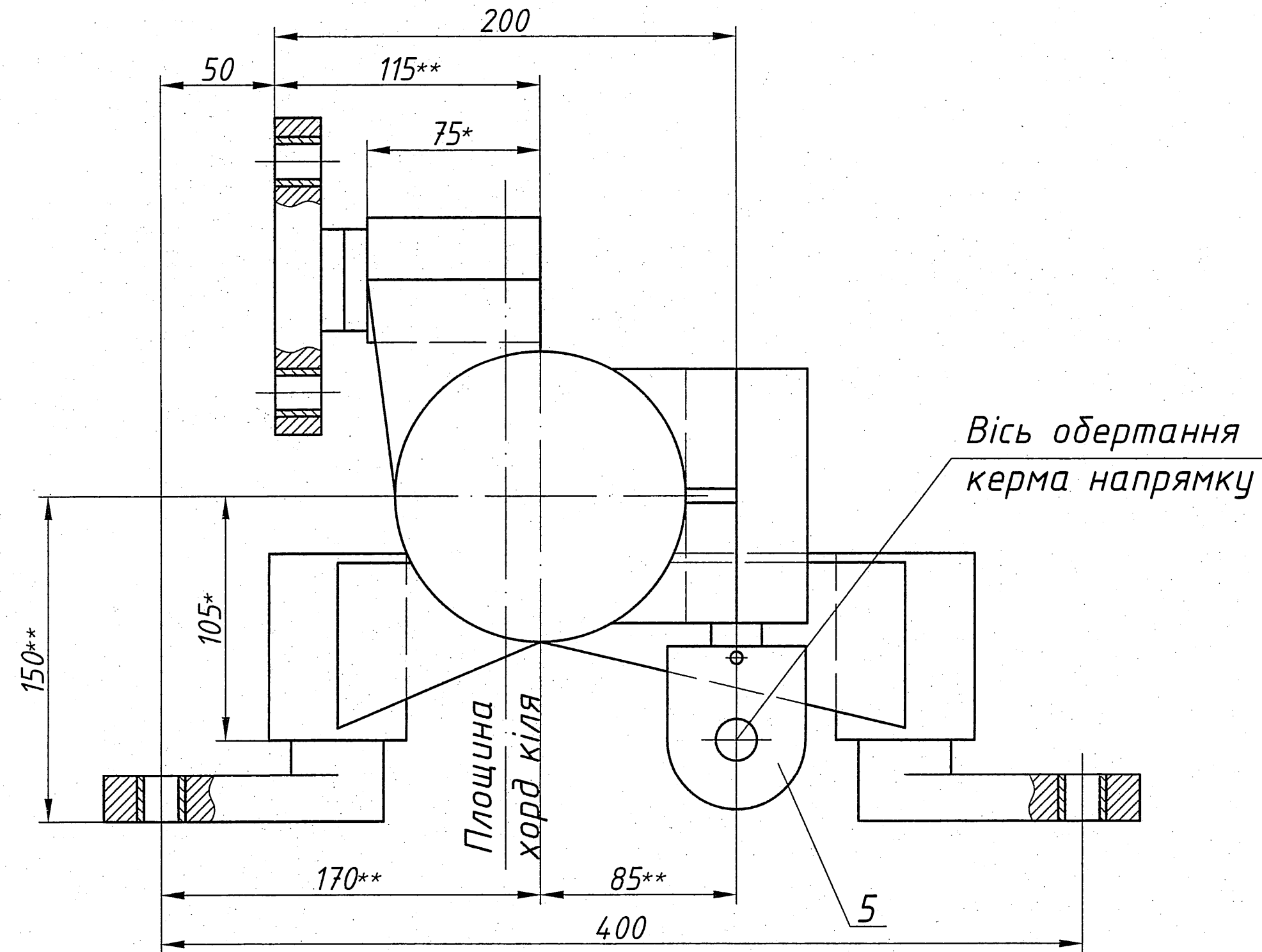
				К.134.ДП.1-96А.001.300.000Сх			
Зм. Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Схема складання і зв'язки лонжерона 1 кіля	Лист	Маса	Маштаб
Розробив	Арутюнян Т.В.				Аркши	Аркши	1
Перевірив					ХАІ гр.1-96А		
Ніконтр.				Копіював			Формат А1
Затвердив							



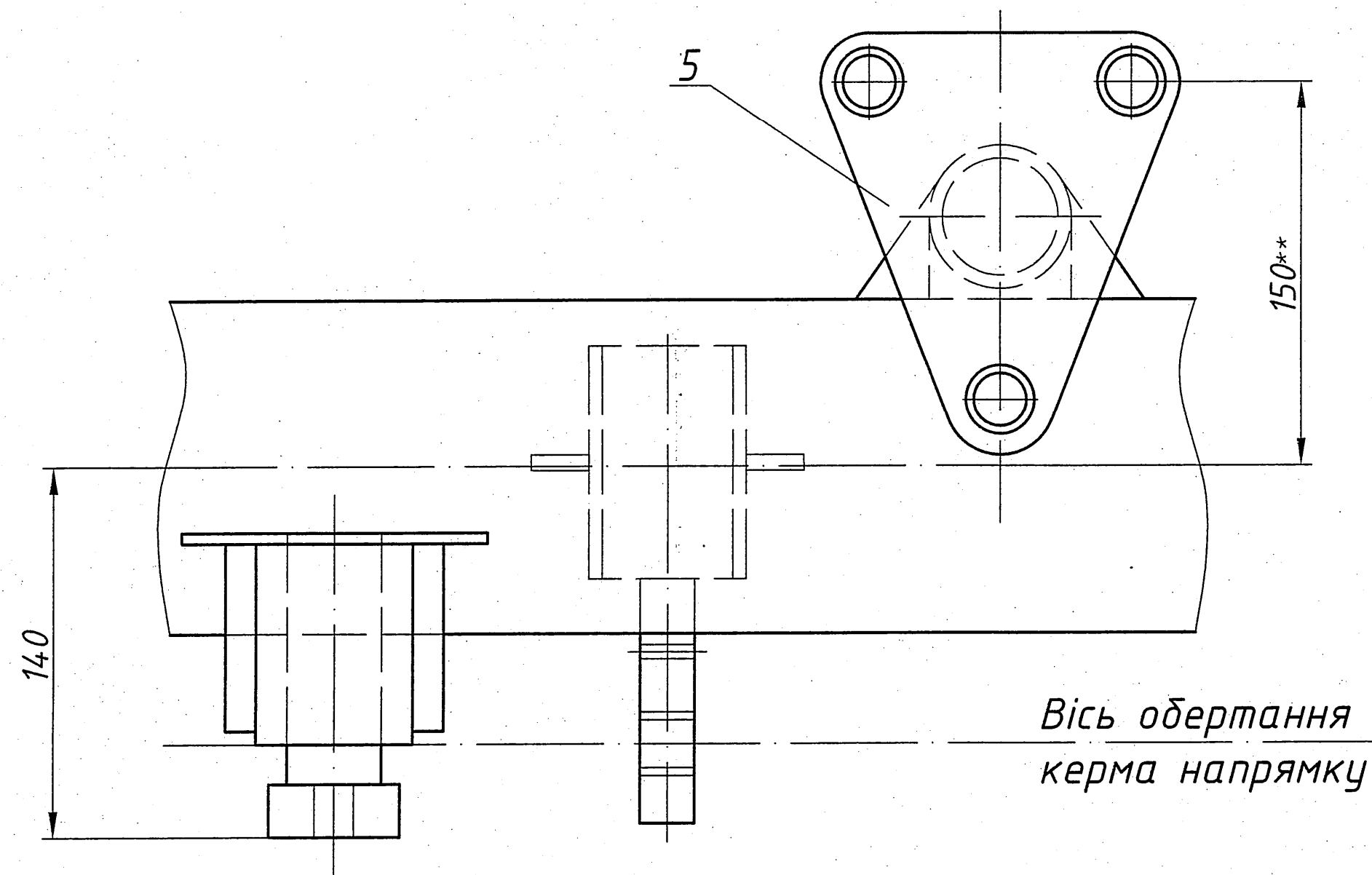
А (1:2)



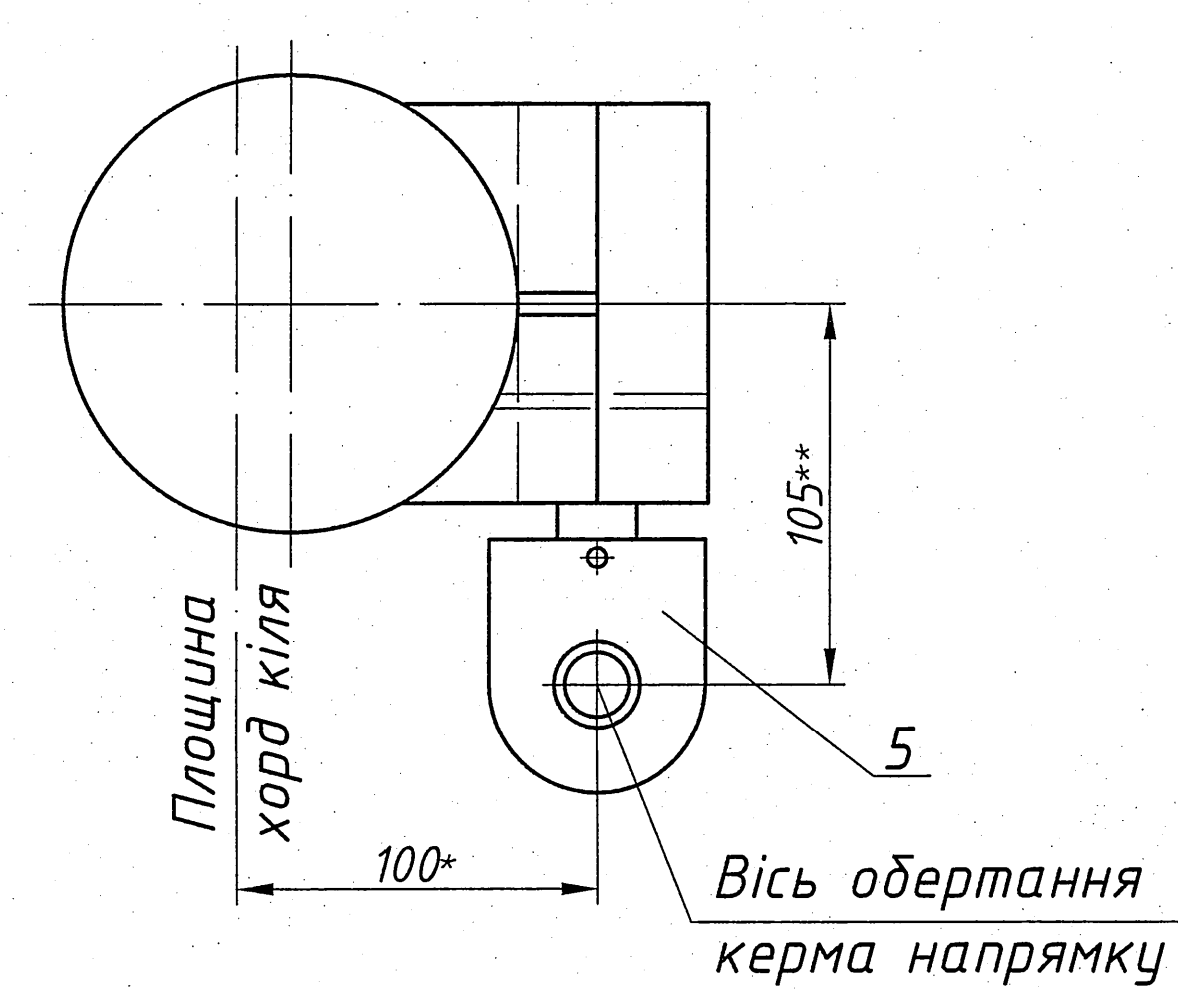
В-В (1:2)



Б (1:2)

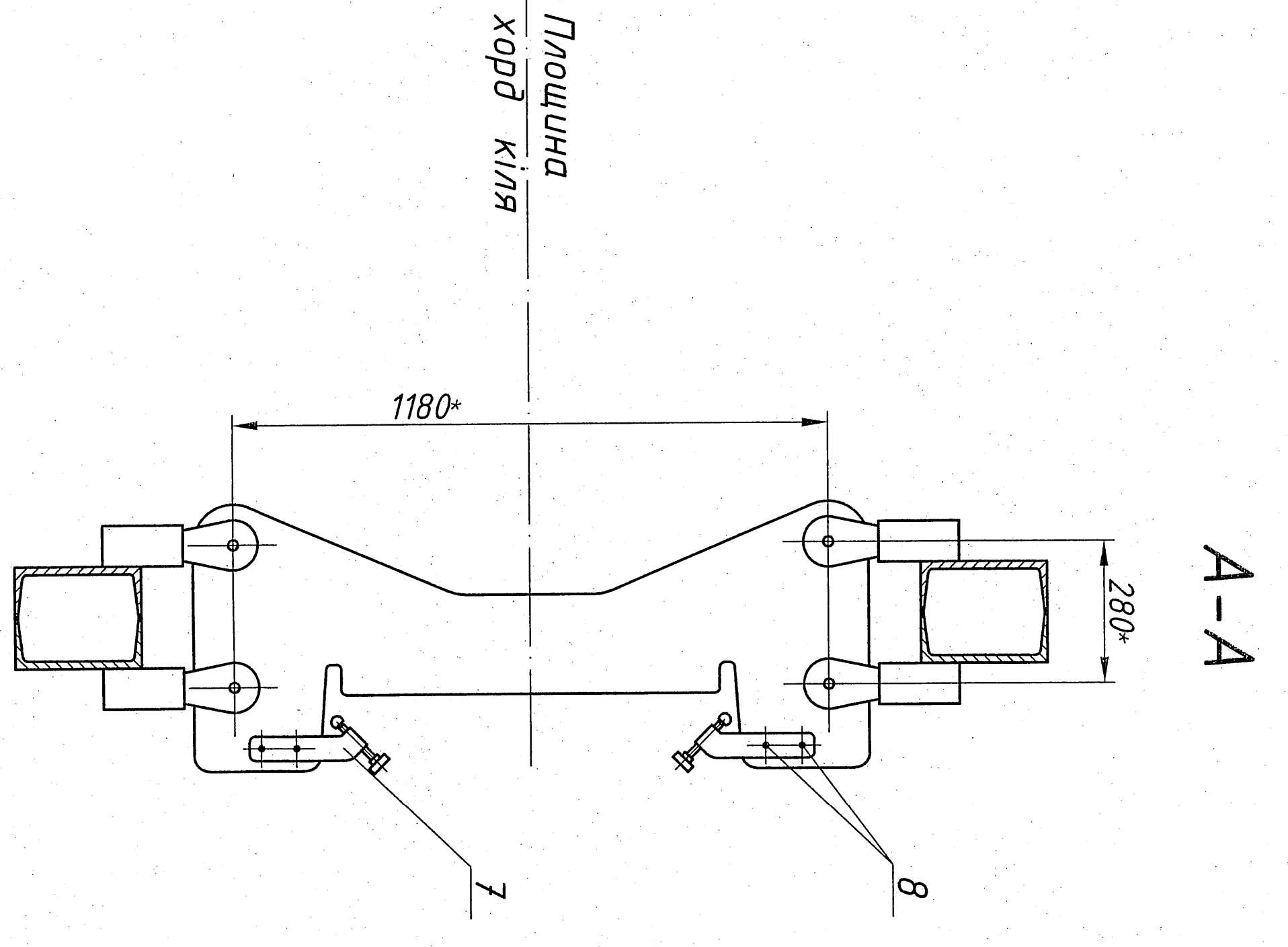
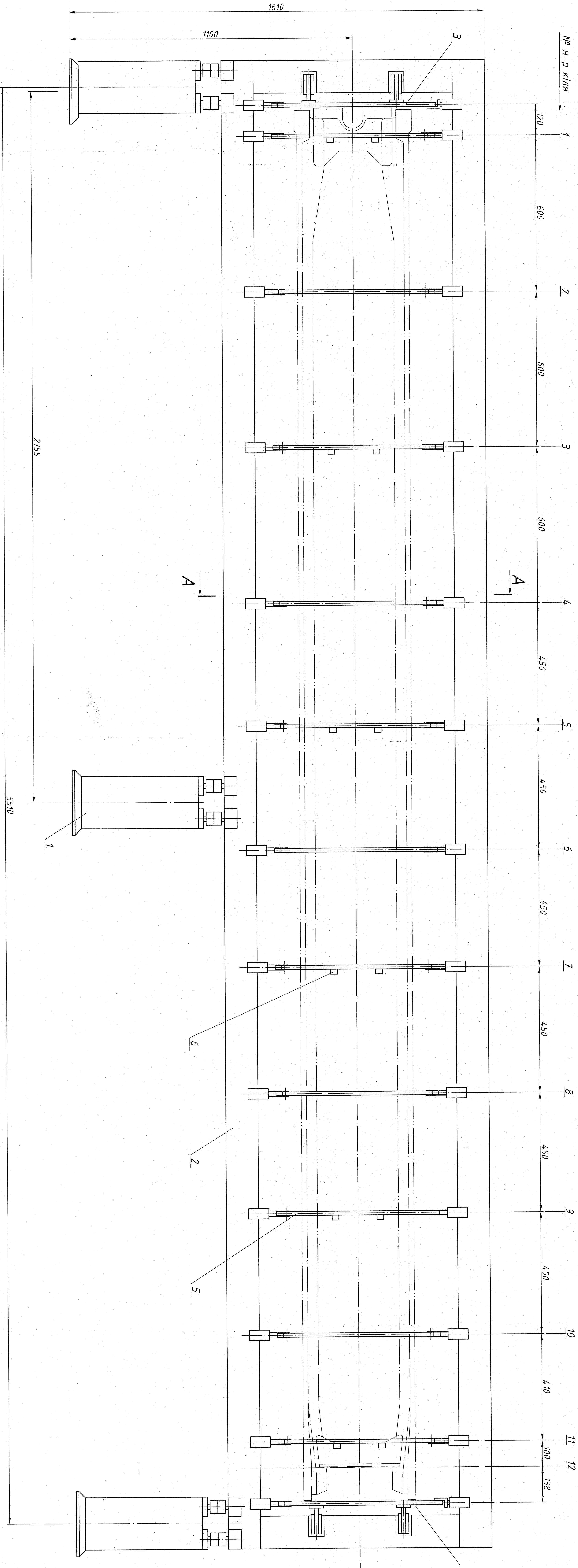


Г-Г (1:2)



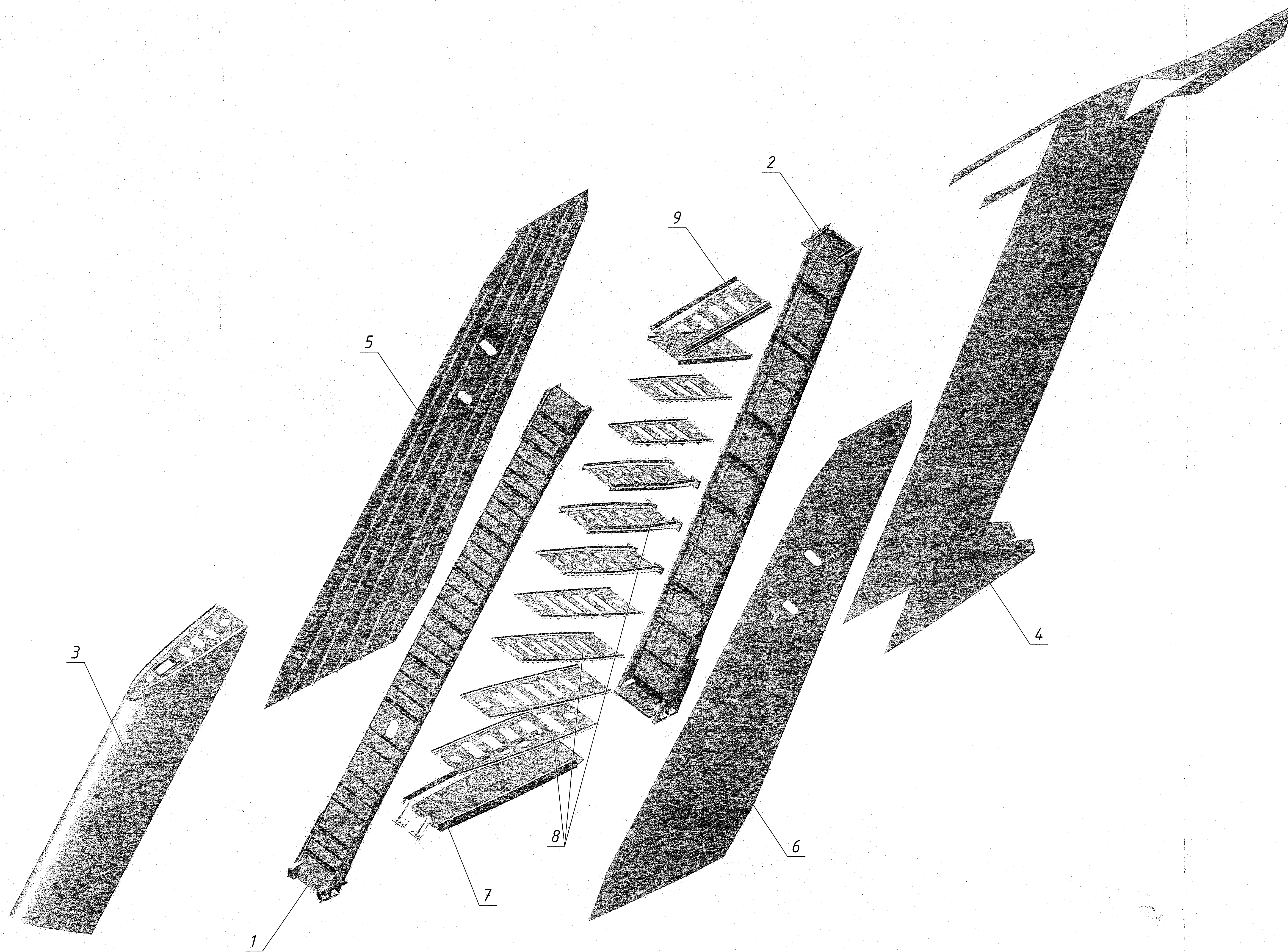
1. Технічні вимоги на виготовлення по ОСТ 1 51931-80.
2. Незазначені граничні відхилення розмірів форм і розташування поверхонь по ОСТ 1 00022-80.
3. Заливку реперів поз. 2, 3, 4 та вух поз. 5 виконувати паралельно вісі стаканів рами, використовуючи цемент НІАТ-МЦ.
4. * Розміри для довідок.
5. ** Розміри витримати з точністю УКСМ.
6. Фарбувати відповідно ТУ 160-71.
7. Маркувати: позначення, найменування, номер креслення.

				К.134.ДП.1-96А.001.600.000СБ		
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	Літ	Маса
Виконав	Арутюнян Т.В.					
Перевірив						
				Калібр навішування керма напрямку		1:10
				Складальне креслення		
				Аркуш		Аркушів 1
				ХАІ гр.1-96А		



1. Технічні вимоги на виготовлення по ОСТ 1 51931-80.
2. Незазначені граничні відхилення розмірів форм і розміщувальних поверхонь по ОСТ 1 0022-80.
3. Монтаж сталелігатурного виконувати за допомогою засвідченого УЗМ.
4. Вісі розміри випрямляти з точністю УЗМ.
5. Обробку рудильників виконувати на верстатах з ЧПУ.
6. Фарбувати відповідно ТУ 160-71.
7. Маркувати: позначення, найменування, номер креслення.

К.134.ДП.1-96А.001.500.000СБ		Лист	кількість	контур
Складальне пристосування		№ документа	564.5	1/5
лонжерона 1 кіля		Датум		
ХАІ Ір-1-96А		Датум		



- 1. Лонжерон 1.
- 2. Лонжерон 2.
- 3. Носова частина.
- 4. Хвостова частина.
- 5. Панель права.
- 6. Панель ліва.
- 7. Коренева нервюра.
- 8. Нервюри.
- 9. Кінцева нервюра.

					К.134.ДП.1-96А.001.200.000		
Эт. Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	Схема КТЧ кіля			
Виконав	Арутюнян Т.В.						
Перевірив				Літ	Маса	Маштаб	
Н контр.				Аркуш	Аркушів	1	
Затверд.				ХАІ гр.1-96А			