

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 «Технологічна підготовка виробництва авіаційних деталей із  
профілю пасажирського літака»

XAI.104.163.23O.134.1801045 ПЗ

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

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

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

Запорожченко Анастасія Вадимівна

(прізвище та ініціали здобувача (ки))

Керівник: Юрій ВОРОБІЙОВ  
(ім'я та прізвище)

Рецензент: Юрій ЧОРНИЙ  
(ім'я та прізвище)

Харків – 2024

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

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

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

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

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

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

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

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

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

\_\_\_\_\_ Запорожченко Анастасія Вадимівна \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи «Технологічна підготовка виробництва авіаційних деталей із профілю пасажирського літака» \_\_\_\_\_  
керівник кваліфікаційної роботи Воробйов Юрій Анатолійович, д.т.н., професор \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

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

3. Вихідні дані до роботи матеріали переддипломної практики, кресленик складальної одиниці – крила пасажирського літака-прототипу, операційні карти технологічного процесу складання, кресленик універсального штампу для підсікання кутиків і таврів.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати) конструкторський розділ: конструктивно-технологічний аналіз, технічні умови на виготовлення, аналіз технологічності крила пасажирського літака; технологічний розділ: схема виготовлення та ув'язування заготівельного оснащення для деталей з профілів, класифікатор типових деталей з профілів, розробка універсального штампу для підсікання кутиків і таврів, складання технологічного процесу на виготовлення деталей з профілів в універсальному штампі та оправці на ПГР; економічний розділ: аналіз ринку збуту, маркетингу, розрахунок собівартості виробу, розрахунок техніко-економічних параметрів цеху складання крила, визначення точки беззбитковості; спеціальний розділ:

методи фінішної обробки малогабаритних деталей, вимоги до технологій фінішної обробки шляхом впровадження інтегрованих САД/САЕ-сиситем.

5. Перелік графічного матеріалу конструкція крила розчленована на наступні конструктивні одиниці і технологічні підзбірки (див. Додаток ): креслення пристрою для складання; схема складання і увязування; Креслення стапеля, планування цеха складання крила, цикловий графік.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

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

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

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

**Здобувач**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

**Запорожченко А.В.**

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

**Керівник кваліфікаційної роботи**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

**Юрій ВОРОБЙОВ**

\_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище)

## АНОТАЦІЯ

Метою даного дипломного проєкту є технологічна підготовка виробництва деталей крила із профілю пасажирського літака типу Ан-140.

Ця робота містить:

1. Конструкторську частину.
2. Технологічну частину.
3. Економічну частину.

У розділі конструкторської частини виконано проектування крила для пасажирського літака Ан-140. Проведено розрахунки, спрямовані на визначення оптимальної конструкції крила. Крім того, розроблено технічний опис, який включає в себе важливі технічні характеристики та особливості крила. Також проведено конструктивно-технологічний аналіз, спрямований на визначення оптимальних методів виготовлення та технологічних рішень, що впливають на ефективність виробництва крила.

Технологічна частина містить схему виготовлення та ув'язування заготівельного оснащення для деталей з профілів, класифікатор типових деталей, складальний кресленик універсального штампу для підсікання кутиків і таврів, складальний кресленик оправки для згинання на ПГР, складений технологічний процес на виготовлення деталей з профілів в універсальному штампі та оправці на ПГР, а також спроектовано агрегатно-складальний цех.

В економічному розділі проведено аналіз ринку збуту та маркетингу, розраховано собівартість виробу, визначено техніко-економічні показники для цеху складання крила і розраховано точку беззбитковості.

В спеціальній частині наведено приклади методів фінішної обробки малогабаритних деталей літака від задирок, а також вимоги до технологій фінішної обробки шляхом впровадження інтегрованих CAD/CAE-систем.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....		7
1	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	8
1.1	Технічний опис і конструктивно-технологічний аналіз базової конструкції консолі крила пасажирського літака Ан-140.....	9
1.1.1	Загальні відомості про конструкцію літака і конструктивно-силову схему. Статистичні дані літака .....	9
1.2	Аналіз конструкції крила пасажирського літака Ан-140 .....	11
1.3	Розрахунки варіантів конструкції.....	14
1.3.1	Розрахунок монолітної панелі .....	14
1.3.2	Проектування збірної панелі.....	16
1.3.3	Розрахунок тришарової панелі .....	19
1.4	Техніко-економічне обґрунтування конструктивних рішень.....	20
1.5	Оцінка технологічності конструкції крила.....	21
2	ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	25
2.1	Аналіз існуючого виробництва та технічна характеристика деталей літака, що виготовляються з профілів .....	26
2.2.	Технічні умови на виготовлення деталей з профілів .....	28
2.3	Класифікатор типових деталей.....	29
2.4	Технологічна характеристика типових технологічних процесів для профілів .....	29
2.5	Основні технологічні операції виготовлення деталей з профілів .....	31
2.6	Автоматизація і механізація заготівельно-штампувальних робіт.....	40
2.7	Розробка схеми ув'язування заготівельної і складальної оснастки .....	41
2.8	Проектування заготівельно-штампувального цеху виготовлення деталей з профілів .....	43
2.8.2	Визначення коефіцієнта завантаження устаткування .....	44
3	ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	49
3.1	Техніко-економічне обґрунтування проектування цеху складання крила пасажирського літака .....	50
3.1.1	Маркетингові дослідження ринку збуту продукції для визначення програми випуску виробів. Характеристика товару.....	50
3.1.2	Аналіз ринку збуту .....	51
3.1.3	Маркетинг .....	52

3.2	Формування ринку попиту з урахуванням оцінки можливих ризиків і рекламної пропаганди для придбання стійких договірних замовлень на попит продукції.....	53
3.2.3	Реклама.....	53
3.2.2	Аналіз ризику .....	54
3.3	Вихідні дані для техніко-економічних показників цеху.....	55
3.2.1	Визначення критичної програми випуску виробів .....	59
4	СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ .....	61
4.1	Автоматизація в сучасному машинобудуванні.....	63
4.2	Процес розробки керуючої програми.....	65
4.3	Роботизоване середовище .....	69
4.4	Робот-маніпулятор і інструмент .....	72
4.5	Позиціонування деталей для обробки.....	75
	ЗАКЛЮЧЕННЯ .....	78
	БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК .....	79
	ДОДАТКИ.....	81

## ВСТУП

Авіаційна промисловість - галузь машинобудування, підприємства якої виробляють літаки, гелікоптери, авіаційні двигуни, прилади й устаткування для авіації, здійснюються розробка, виробництво, випробування, ремонт та утилізація авіаційної техніки.

Одним з найважливіших чинників технічного прогресу в літакобудуванні є вдосконалення технології виробництва.

Технологічність є одним з основних параметрів літака, який повинен бути забезпечений при проектуванні поряд з льотними характеристиками, надійністю, ресурсом та ін. Це означає, що літак, що проектується, повинен не просто виконувати певне завдання, але виконувати його найкращим чином, з можливо меншими витратами у виробництві та експлуатації.

Технологічний процес виробництва ЛА – це складний комплекс взаємодій виконавців і обладнання для перетворення сировини в ЛА, що включає в себе процеси виготовлення деталей, їх складання і монтаж, випробування і налагодження.

Способи отримання деталей літака з профілів поділяються на прямолінійні, одинарної кривизни та малогабаритні прямолінійні деталі. Основна кількість деталей літака виготовляється з пресованих профілів, і тому на виготовлення деталей з пресованих профілів виділено окремий цех. При тому ж поперечному перерізі пресовані профілі, що мають жорсткі кути та у багатьох випадках потовщення (бульби) на краях полиць, володіють більшою жорсткістю, ніж гнуті з листа. Внаслідок використання методів масового виробництва за добре відпрацьованою технологією, пресовані профілі виявляються економічнішими порівняно з гнутими з листа. Тому профілі невеликих перетинів з листа виготовляються переважно лише в ситуаціях, коли немає пресованих профілів з необхідними параметрами.

Технологічна операція виступає основною одиницею виробничого планування та обліку. На основі цих операцій визначається трудомісткість виготовлення виробів і встановлюються норми часу і розцінки. Крім того, розраховують необхідну кількість робітників, оснащення, пристосувань і інструментів, визначають собівартість обробки, проводять календарне планування виробництва і здійснюють контроль якості та термінів виконання робіт.

Додаткові операції, такі як транспортні, контрольні, маркувальні і т.д., у деяких випадках включають до складу технологічного процесу. Ці операції не призводять до зміни розмірів, форми, зовнішнього вигляду або властивостей оброблюваного виробу, але вони є необхідними для успішної реалізації технологічних операцій.

# **1 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ**



## 1.1 Технічний опис і конструктивно-технологічний аналіз базової конструкції консолі крила пасажирського літака Ан-140

### 1.1.1 Загальні відомості про конструкцію літака і конструктивно-силову схему. Статистичні дані літака

Літак Ан-140 — регіональний вантажно-пасажирський авіалайнер, призначений для пасажирських і змішаних вантажно-пасажирських перевезень. (Рисунок 1.1)



Рисунок 1.1 - Регіональний пасажирський літак Ан –140

Літак являє собою вільнонесучий моноплан з високорозташованим прямим крилом великого подовження трапецієподібної форми в плані, однокільовим оперенням з нерухомим стабілізатором, встановленим на фюзеляжі. Багажний і вантажний відсіки загальним об'ємом 9,1 м<sup>3</sup> і вантажопідйомністю 1,84 т розташовані в хвостовій частині фюзеляжу і під підлогою пасажирської кабіни. У літаку при демонтованих сидіннях є можливість перевозити багаж на спеціальних піддонах в передній частині пасажирського салону. З цієї причини з правого боку фюзеляжу встановлено вантажні двері та посилено підлогу. Салон літака Ан-140 у базовій комплектації розрахований на перевезення 52 пасажирів. Літак має основний багажний відсік об'ємом 6 м<sup>3</sup> і додатковий багажний відсік об'ємом 3 м<sup>3</sup> під підлогою вантажного відсіку, який може бути використано для розміщення додаткового вантажу.

Силова установка містить два турбогвинтові двигуни, що розміщені в мотогондолах під крилом. На двигуни ТВЗ-117ВМА-СБМ1, що розроблено на основі вертолітного двигуна ТВЗ-117ВМА, встановлено редуктор АИ-24. Злітна потужність двигунів становить по 2500 л.с. Це дозволяє здійснювати крутіший набір висоти відразу після зльоту, що збільшує безпеку польоту. Повітряний гвинт – тягнучий, шестилопатевий, флюгерно-реверсивний. Допоміжна силова установка – газотурбінний двигун, розташований у спеціальному відсіку хвостової частини фюзеляжу, що забезпечує автономну експлуатацію літака на необладнаних аеродромах. Шасі літака - триопорне, що забирається в польоті з передньою опорою.

На літаку встановлюється електромеханічний комплекс систем управління, що включає систему штурвального управління (керування елеронами, кермом напрямку і кермом висоти) та систему управління механізацією крила (керування закрилками, інтерцепторами). Штурвальне управління – ручне.

Літак Ан-140 володіє особливостями, що дозволяють йому ефективно функціонувати в різних умовах, таких як високогір'я, жаркий і холодний клімат, при температурному діапазоні від -55 до +45 °С. Крім того, він придатний для експлуатації на об'єктах з обмеженими можливостями, такими як короткі злітно-посадкові смуги низької міцності, включаючи ґрунтові покриття.

Літак відрізняється високою паливною ефективністю, низькими витратами на технічне обслуговування та експлуатацію, а також найвищою в своєму класі місткістю багажно-вантажних приміщень, в тому числі для ручної поклажі.

Таблиця 1 - Характеристики літака Ан-140

Довжина, м	22,605
Розмах крила, м	24,505
Висота, м	8,225
Площа крила, м <sup>2</sup>	55
Максимальна злітна маса, кг	21000
Максимальне комерційне навантаження, кг	6000
Дальність польоту з макс. навантаженням, км	1700
Крейсерська швидкість, км/год	460-540
Максимальна швидкість, км/год	575
Практична висота польоту, м	7200
Двигуни	ТВЗ-117ВМА-СБМ1, 2x2500 л.с.
Витрата за годину кг/год	560
Кількість крісел, (економ)	52
Ширина салону, м	2,6

Загальний вигляд літака представлений на рисунку 1.2

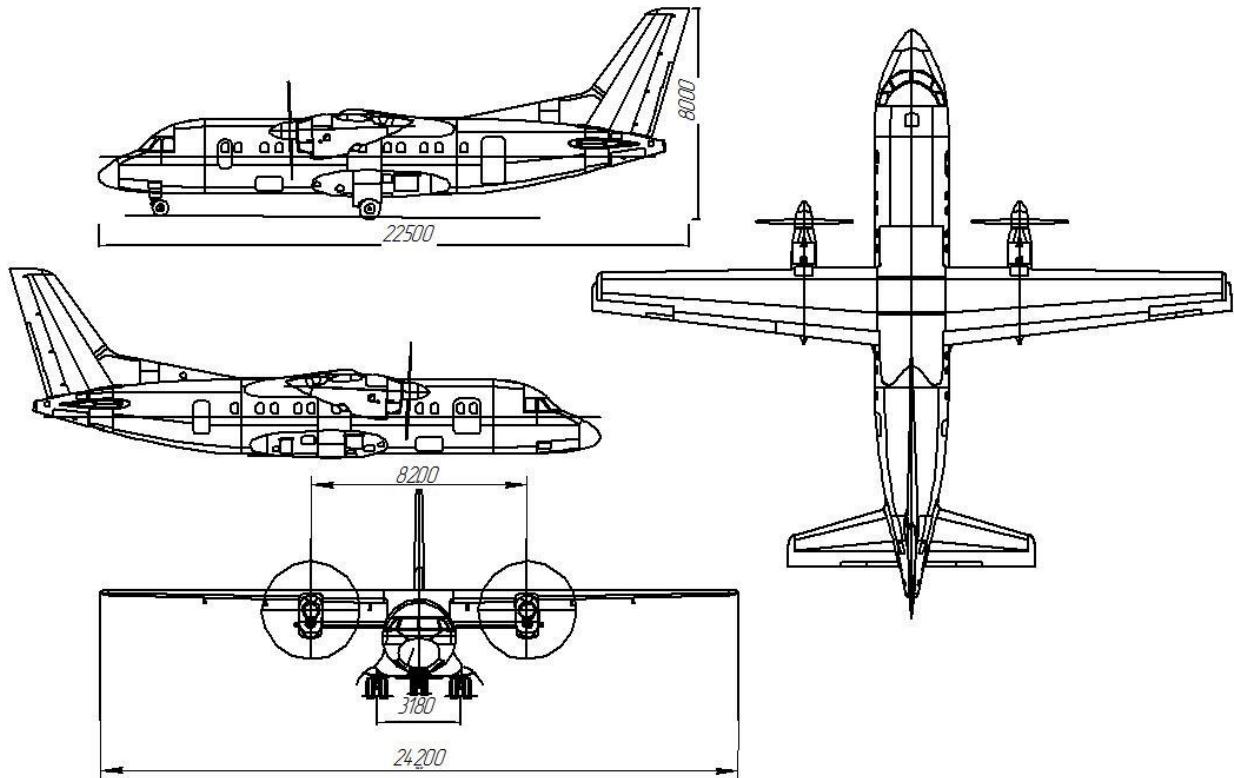


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд літака

## 1.2 Аналіз конструкції крила пасажирського літака Ан-140

Крило є найважливішою частиною літака і служить для створення підйомної сили. Крім того, крило забезпечує поперечну стійкість і керованість літака, для чого несе на собі спеціальні органи управління - елерони, закрилки. Крило також використовується для кріплення шасі, для розміщення палива і обладнання.

Крило, яке створює майже всю підйомну силу, є частиною літака, що сильно навантажується. Основні навантаження на крило включають в себе аеродинамічні та масові сили. Аеродинамічне навантаження утворюється в результаті взаємодії крила з повітряним потоком і є розподіленим.

Крило встановлено на фюзеляжі за схемою верхнеплану та за допомогою чотирьох вузлів кріпиться до силових шпангоутів №19 та №22 фюзеляжу. На крилі встановлено два турбогвинтові двигуни. Крило має механізацію: закрилки, елерони, інтерцептори.

За розмахом крило поділяється на центроплан та дві від'ємні частини (ВЧК).

Конструктивно крило складається з наступних частин:

- носової;
- кесонної;
- хвостової.

Кесонна частина є силовою частиною крила і складається з поздовжнього та поперечного силових наборів.

До складу поздовжнього силового набору входить передній і задній лонжерони, а також верхня і нижня панелі.

Поперечний силовий набір складається із набору нервюр.

В кесонах ВЧК, між нервюрами №3...25, розміщено весь запас палива. Центроплан та ВЧК з'єднані між собою фланцевими стиками.

Поверхні управління літаком розташовані на крилі вздовж заднього лонжерона. В хвостовій частині крила є двоцілінні поворотні закрилки (перша секція закрилок розташована між нервюрами №3...11, друга секція – між нервюрами №11...21). Інтерцептори розташовані між нервюрами №16...18. Елерон із роговою і осьювою компенсацією розміщено від нервюри №21 і до закінцівки крила.

На верхніх і нижніх поверхнях крила є експлуатаційні і техгологічні лючки, що призначені для обслуговування систем і агрегатів крила. Люки виконані у вигляді відкидних та знімних панелей.

На нижній поверхні крила наявні дренажні отвори для стоку конденсату.

Центроплан кесонної конструкції складається з лонжеронів, панелей та нервюр. В силовий набір входить поздовжній та поперечний набори.

Поздовжній силовий набір центроплану утворено переднім 14 і заднім 5 лонжеронами, а також силовими панелями 1, 2, 7...11.

Верхня панель центроплану виконана з трьох пресованих панелей. Середня панель, яка розташована між стрингерами №4...8, знімна і кріпиться болтами з анкерними гайками.

Нижня панель складається з п'яти пресованих панелей. Знизу вздовж нервюри №2 на нижній поверхні центроплану встановлено профіль для кріплення поздовжньої балки фюзеляжу.

Поперечний силовий набір складається з нервюр балочної конструкції. Кожна нервюра складеться з поясів, стінки, профілей і стійок. Нервюри кріпляться поясами до поперечних ребер панелей.

Кесон кожної ВЧК складається з передвитратного відсіку (розташований між нервюрами №3 і №13), витратного відсіку (розташований між нервюрами №15 і №25), насосного відсіку (розташований між нервюрами №13...15), дренажного відсіку (розташований між нервюрами №25 і №26) та «сухого» відсіку

(розташований між нервюрами №26 і №27). Силовий набір ВЧК складається з поздовжнього і поперечного силових наборів.

До складу поздовжнього силового набору входить верхня і нижня панелі та лонжерони.

Лонжерони ВЧК аналогічні лонжеронам центроплану. На стінках лонжеронів робляться отвори для монтажу паливної системи. До заднього лонжерону кріпляться кронштейни для встановлення механізмів навішування закрилків та елеронів.

Верхня панель ВЧК складається з набору панелей. На ній розміщено лючки паливної системи.

Нижня панель має стик обшивок по нервюрі №18. На ній виконано люки для встановлення і демонтажу паливних насосів.

Конструкція верхньої і нижньої панелей складна, складається з пресованих стрингерів, обшивок, профілей роз'єму і окантовки, що склепані між собою.

Поперечний набір ВЧК складається з нервюр балочної конструкції, які усилені накладками, профілями та фітингами. В стінках нервюр є отвори для перетікання палива, отвори для фланців і перехідників трубопроводів та агрегатів паливної системи. Нервюри прикріплюються до верхніх і нижніх панелей за допомогою стійок, книць та компенсаторів.

Допоміжні конструкції надають крилу обтічну форму і слугують для розміщення різного обладнання. Допоміжні конструкції крила включають в себе носову частину, хвостову частину, закінцівки крила, обтічники механізмів навіски закрилка, обтічники підйомників закрилка та обтічники кронштейнів навіски елеронів.

Носова частина розміщена перед переднім лонжероном ВЧК і кріпиться до переднього лонжерону. Носова частина складається з кореневої і кінцевої частин.

Хвостова частина розміщена за заднім лонжероном. Вона поділяється на дві частини, що відповідають розміщенню елементів механізації, які кріпляться до її силових елементів. В хвостовій частині розташовані тяги системи управління літаком, трубопроводи систем і електроджгути.

Закінцівки крила встановлені на торцях консолей, в них розміщено обтікачі бортових аеронавігаційних вогнів (БАНВ).

Обтікачі кронштейнів навіски закрилків закривають рухомі і нерухомі частини кронштейнів навіски.

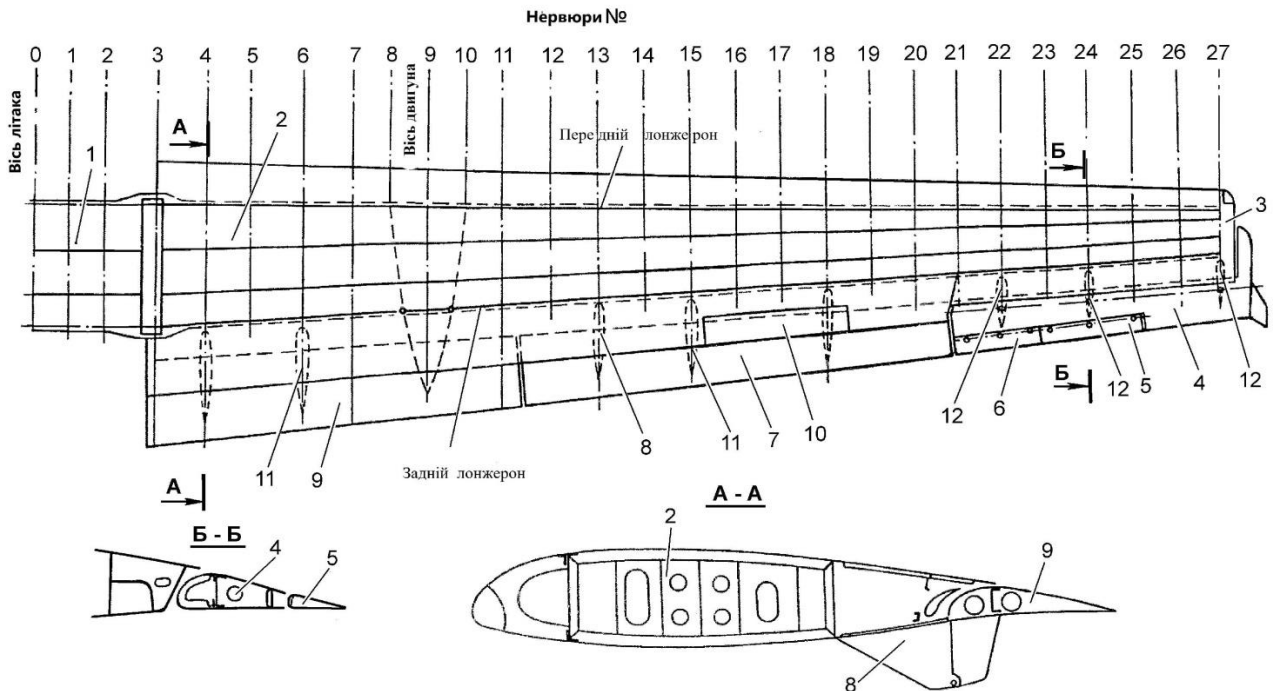


Рисунок 1.3 – Крило літака Ан-140

1–центроплан; 2–ВЧК; 3–законцовки крила; 4–елерон; 5–сервокомпенсатор елерона; 6–тример елерона; 7–закрилоч (секція №2); 8–обтікач механізму навішування закрилків; 9–закрилоч (секція №1); 10–інтерцептор; 11–обтікач підйомника закрилка; 12–обтікач кронштейнів навішування елерона.

### 1.3 Розрахунки варіантів конструкції

#### 1.3.1 Розрахунок монолітної панелі

Монолітні панелі представляють собою конструкцію, де обшивка і підкріплюючі ребра об'єднуються в єдине ціле. При проведенні розрахунків припускаємо, що при стисканні панель діє як широка стійка. Таким чином, втрата стійкості може виникнути у напрямку, перпендикулярному площині панелі, і жорсткість на згин в поперечному напрямку можна ігнорувати. Можна розглядати широку стійку як кілька окремих стійок, розташованих близько одна до одної і однаково навантажених. Ширина панелі вважається постійною, при цьому навантаження складають погонні осьові зусилля.

У розрахунок використовуватимемо наступні початкові дані:

$$M_{изг} = 1,407 \cdot 10^6 \text{ Нм};$$

$$Q = 0,32186 \cdot 10^6 \text{ Н};$$

Ширина панелі  $b^* = 1,38 \text{ мм}$ .

Приблизну висоту коробки знайдемо за формулою (1.1):

$$H_0 = 0,98 \cdot \frac{H_{nl} + H_{zl}}{2} = 0,98 \cdot \frac{0,3 + 0,28}{2} = 0,28 \text{ м}, \quad (1.1)$$

де  $H_{nl}$  – висота переднього лонжерона;

$H_{zl}$  – висота заднього лонжерона.

Зусилля, що сприймається панеллю:  $Q = P$ .

Погонні осьові зусилля знайдемо за формулою (1.2):

$$N = \frac{P}{b^*}, \quad (1.2)$$

$$N = \frac{0,32186 \cdot 10^6}{1,38 \cdot 10^3} = 8,86476 \frac{\partial \alpha H}{\text{мм}^2}$$

Відстань між нервюрами:  $a = 410$  мм.

Матеріал панелі – В95пчГ2.

Механічні властивості цього матеріалу:

$$\sigma_b = 500 \text{ МПа}, \quad \sigma_{0,2} = 440 \text{ МПа}, \quad \delta = 7\%,$$

$$E = 7,15 \cdot 10^9 \frac{\partial \alpha H}{\text{М}^2}$$

Задаючись параметрами панелі (рис. 1.4)  $\frac{b}{h} = 3,5$ ,  $\frac{V}{V_{cp}} = 0,75$ , визначимо

поправочний коефіцієнт  $\xi$ , що враховує дійсну форму стійки, і який залежить від поперечного перерізу  $\left(\alpha = \frac{b}{n} \cdot \frac{V}{V_p}, \alpha = 2,625\right)$ .

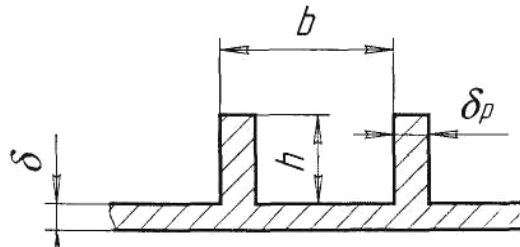


Рисунок 1.4 – Параметри монолітної панелі

Отримуємо:

$$\xi = \frac{1}{1 + 2,625} \cdot \sqrt{1 + 42,625} = 0,9355 \quad (1.3)$$

Знайдемо коефіцієнт форми, що визначає конструктивну ефективність панелі:

$$F = 0,95 \cdot \sqrt[4]{CK_2} \cdot \sqrt{\frac{\xi \cdot \sigma}{\sigma_p} \cdot \frac{1}{1 + \alpha}}, \quad (1.4)$$

де  $K_2$  – коефіцієнт, що враховує взаємний вплив ребер і обшивки при спільній роботі.

За графіком залежності  $K_2 = f\left(\frac{n}{b}; \frac{\sigma_p}{\sigma}\right)$  визначаємо  $K_2 = 4,75$ .

Тоді:

$$F = 0,95 \cdot \sqrt[4]{2 \cdot 4,75} \cdot \sqrt{\frac{0,9355 \cdot 0,75}{1+2,625}} = 0,73376,$$

$$\frac{\sigma_p}{\eta^{\frac{3}{8}}} = F \cdot \sqrt{E} \cdot \sqrt{\frac{N}{Q}} = 0,73376 \cdot \sqrt{7150} \cdot \sqrt{\frac{8 \cdot 86476}{410}}, \quad (1.5)$$

$$\frac{\sigma_p}{\eta^{\frac{3}{8}}} = 9,155 \frac{\partial aH}{\text{мм}^2}.$$

За відомим графіком функції  $\sigma_p$  знаходимо величину руйнуючих напруг:

$$\sigma_p = 19 \frac{\partial aH}{\text{мм}^2},$$

$$\frac{\sigma_p}{\eta^{\frac{3}{8}}} = F \cdot \sqrt{E} \cdot \sqrt{\frac{N}{Q}} = 0,73376 \cdot \sqrt{7150} \cdot \sqrt{\frac{8 \cdot 86476}{410}};$$

Знаходимо  $\sigma_p$ :

$$\sigma_p = \frac{N}{\sigma \cdot \left(\frac{\delta}{\delta_1} + \frac{n}{b}\right)} = \frac{8 \cdot 86476}{1910,75 + 0,285} = 2,95 \frac{\partial aH}{\text{мм}^2}, \quad (1.6)$$

Визначимо ширину панелі за формулою (1.7):

$$b = \sqrt{\frac{K_2 \cdot \Pi}{12 \cdot (1 - M^2)}} \cdot \sqrt{\eta} \cdot E \cdot \sigma^2 \cdot \frac{1}{\sigma_p}. \quad (1.7)$$

$$b = \sqrt{\frac{4,75 \cdot \Pi^2 \cdot 7150 \cdot 3^2 \cdot \sqrt{1 \cdot 0,23}}{12 \cdot (1 - 0,3^2)} \cdot 9} = 176,2 \text{ мм},$$

де  $\eta$  - коефіцієнт пластичності.

$$\eta = \frac{\sigma_p}{\sigma_{nc}} \cdot \left( \frac{\sigma_{dn} - \sigma_n}{\sigma_{dn} - \sigma_{nc}} \right)^2 = 1,023, \quad (1.8)$$

$$\sigma_{dn} = (1,1 - 1,2) \cdot \sigma_{0,2} = 48 \frac{\partial aH}{\text{мм}^2}. \quad (1.9)$$

Конструктивно приймаємо наступні розміри панелі:

$$b = 176 \text{ мм}, \quad h = 37 \text{ мм}, \quad \delta_p = 4 \text{ мм}, \quad \delta = 3 \text{ мм}.$$

### 1.3.2 Проектування збірної панелі

Збірна панель представляє собою конструкцію з численними елементами. У таких панелях обшивка з'єднується за допомогою заклепок з підкріплюючими елементами, які називаються стрингерами.



Товщину обшивки і відстань між стрингерами визначаємо з умови забезпечення величини хвилястості крила в межах прогину:

$$\bar{y} = 0,002 .$$

Для стиснутої панелі:  $\bar{P} = \frac{2}{3}$ ,  $P_{\mu}^p = \frac{1}{S_{cm}}$ ,

$$P = \frac{M}{H} = \frac{1,407}{0,3} = 458641 \cdot 10^1 H , \quad (1.10)$$

$$\bar{P} = \frac{2}{3} \cdot \frac{458641}{7,919} = 38611,02 \frac{\partial aH}{m^2} , \quad (1.11)$$

$$\frac{\delta}{b} = \sqrt[3]{\frac{(1-\mu^2) \cdot \bar{P}}{32 \cdot E \cdot \bar{y}}} , \quad (1.12)$$

$$\text{де } \mu = 0,3, \bar{y} = 0,002, E = 7,2 \cdot 10^9 \frac{\partial aH}{m^2} .$$

Тоді:

$$\frac{\delta}{b} = \sqrt[3]{\frac{(1-0,3^2) \cdot 38611,02}{32 \cdot 7,2 \cdot 10^9 \cdot 0,002}} = 4,24 \cdot 10^{-2} .$$

Відстань між стрингерами знаходиться в межах 120–300 мм.

Приймаємо  $b = 0,125$  м, звідси  $\delta = 0,125 \cdot 0,0424 = 5,3 \cdot 10^{-3}$  м.

Товщина полки стрингера  $\delta_{стр} = 1,2 - 1,5$  мм.

З сортаменту вибираємо профіль Д16Т-ПР100-59 с  $\delta_{стр} = 0,006 - 0,0075$  м.

Розрахунок числа стрингерів проводимо за формулою:

$$B = b \cdot (n + 1), \quad (1.13)$$

де  $B$  - відстань між лонжеронами ( $B = 1290$  мм),

тоді:

$$n = \frac{B}{b} - 1 = \frac{1290}{125} - 1 = 10 - 1 = 9 . \quad (1.14)$$

Знайдемо несучу здатність панелі разом з лонжероном:

$$P = \sum F_n \cdot \sigma_{крп} + \sigma_{крстр} \cdot m \cdot (f_{стр} + 2 \cdot c \cdot \delta); \quad (1.15)$$

$$\sigma_{кр} = \frac{0,9 \cdot n \cdot E}{\left(\frac{B}{\delta}\right)} ; \quad (1.16)$$

$$\sigma_{кр} = \frac{0,9 \cdot 0,45 \cdot 7,2 \cdot 10^9}{\left(\frac{32}{6,5}\right)^2} = 1,203 \cdot 10^8 \frac{\partial aH}{m^2} .$$

Профіль Д16Т-ПР100-59 має наступні параметри:

$$H = B = 32 \text{ мм}, S = 6,5 \text{ мм}, r = 4 \text{ мм}, r_1 = 3,25 \text{ мм};$$

Так як  $\sigma_{кр} \geq \sigma_{нц} = 2,8 \cdot 10^7 \frac{\partial aH}{M^2}$ , проведемо розрахунок за формулою:

$$\sigma_{кр.стр} = \sigma_b \cdot \frac{1+\nu}{1+\nu+\nu^2}, \quad (1.17)$$

Де:

$$\nu = \frac{\sigma_b}{\sigma_{кр}} = 0,362. \quad (1.18)$$

$$\sigma_{кр.стр} = 4,35 \cdot 10^7 \cdot \frac{1+0,362}{1+0,362+0,362^2} = 3,968 \cdot 10^7 \frac{\partial aH}{M^2}.$$

Наведена товщина обшивки:

$$2c = 1,9 \cdot \delta \cdot \sqrt{\frac{E_{обш}}{\delta_{стр}}} = 1,9 \cdot 0,005 \cdot \sqrt{\frac{7,2 \cdot 10^9}{3,968 \cdot 10^7}} = 0,0127 \text{ м}. \quad (1.19)$$

Навантаження, що сприймається панелями:

$$P_y = 3,2186 \cdot 10^4 \text{ даН}.$$

Визначимо навантаження, яке сприймається панелями і лонжеронами:

$$P' = P = 3,699 \cdot 10^3 \text{ даН}. \quad (1.20)$$

Коефіцієнт надлишку міцності:

$$\eta = \frac{P}{P_y} = \frac{3,699 \cdot 10^3}{3,2186 \cdot 10^4} = 0,15. \quad (1.21)$$

Вибір відстані між нервюрами утворюємо з умови рівності стрингера:

$$L_n = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot i^2 \cdot m \cdot F}{\sigma_{кр.стр}}}, \quad (1.22)$$

$$i^2 = \frac{I}{F}. \quad (1.23)$$

Положення центру ваги з прикріпленою обшивкою визначається за формулою:

$$I_{ц.м} = \frac{S_0}{\sum F} = \frac{F_{2c} \cdot 0 + F_{стр} \cdot (x_{ц.м}^{стр} + 1)}{F_{2c} + F_{стр}}, \quad (1.24)$$

$$I_{ц.м} = 0,0043 \text{ м}.$$

Визначимо відстань між нервюрами:

$$L_n = 413 \text{ мм}.$$

Конструктивно відстань між нервюрами приймаємо  $L_n = 410 \text{ мм}$ .

### 1.3.3 Розрахунок тришарової панелі

Тришарова панель з стільниковим заповнювачем визначається низкою параметрів:

$$\delta_1, \delta_2, 2h, r.$$

Всі ці параметри повинні задовольняти умовам міцності, жорсткості і мінімуму маси:

$\delta_1$  – товщина верхнього несучого шару;

$\delta_2$  – товщина нижнього несучого шару;

$2h$  – висота блоку стільникового заповнювача;

$r$  – радіус ланки сот.

В якості матеріалу несучого шару вибираємо сплав Д16АТВ:

$$\sigma_{\epsilon} = 4200 \frac{\partial aH}{\text{см}^2}; \quad \sigma_m = 2730 \frac{\partial aH}{\text{см}^2}; \quad E = 7,2 \cdot 10^5 \frac{\partial aH}{\text{см}^2}.$$

Для стільникового заповнювача вибираємо фольгу АМГ-2-Н:

$$\sigma_{\epsilon} = 2600 \frac{\partial aH}{\text{см}^2}; \quad \sigma_m = 1690 \frac{\partial aH}{\text{см}^2}.$$

Визначимо зусилля стиснення  $N$  і зсуву  $T$  на одиницю ширини панелі. Проектована панель сприймає 70% згинального моменту. Також визначимо зусилля зсуву, яке виникає внаслідок дії крутного моменту:

$$N_{\text{сж}} = \frac{P_{\text{пан}}}{B_{\text{пан}}} = \frac{225302}{0,89} = 253148,32 \frac{H}{\text{м}}. \quad (1.25)$$

де  $P_{\text{пан}}$  – навантаження, що діє на панель;

$B_{\text{пан}}$  – наведена ширина панелі (середня);

$$T_{\text{ед}} = \frac{M_{\text{пан}}}{2F} = \frac{55796 \cdot 16}{2 \cdot 0,249} = 112040,48 \frac{H}{\text{м}}, \quad (1.26)$$

де  $M_{\text{кр}} = Q \cdot a$  – крутний момент в перерізі,  $a$  – відстань від центру ваги перетину до лінії дії сили  $Q$ :

$$M_{\text{кр}} = 166060 \cdot 0,336 = 55796,16 \text{ H} \cdot \text{м},$$

$$F = 0,249 \text{ м}^2.$$

При спільній дії стиснення і зсуву критичне значення наведеного навантаження визначають за формулою:

$$N_e^* = \sqrt{N_{\text{сж}}^* + 3 \cdot T_{\text{ед}}^2} = \sqrt{(253148,31)^2 + 3 \cdot (112040,48)^2} = 318971,96 \frac{H}{\text{м}}. \quad (1.27)$$

Умовна ширина панелі:

$$b^* = \beta \cdot b,$$

де  $\beta = 0,47$  при

$$\frac{a}{b} > 3, \quad \omega = 0,005.$$

Таким чином

$$b^* = 0,89 \cdot 0,47 = 0,42 \text{ м.}$$

Визначаємо відношення:

$$\frac{N_e^*}{b^*} = \frac{318971,96}{0,42} = 79457,02 \frac{H}{\text{м}}. \quad (1.28)$$

За відомим графіком для  $\frac{N_e^*}{b^*} = 7,6 \frac{\partial aH}{\text{см}^2}$  і  $\omega = 0,005$  знаходимо оптимальне відношення  $\frac{2 \cdot (h + \delta)}{b^*}$ .

Вирішуючи систему рівнянь, визначаємо параметри сот:

$$\begin{cases} \frac{\delta}{2 \cdot (h + \delta)} = 0,0244, \\ \frac{2 \cdot (h + \delta)}{b^*} = 0,0535, \\ \frac{\delta_e}{r} = 0,016. \end{cases} \quad (1.29)$$

$$\text{Маємо: } \begin{cases} \delta = 0,0005482 \text{ м,} \\ 2h = 0,0214 \text{ м.} \end{cases}$$

З огляду на наявні обмеження, отримуємо параметри панелі, зображеної на рис. 1.5.

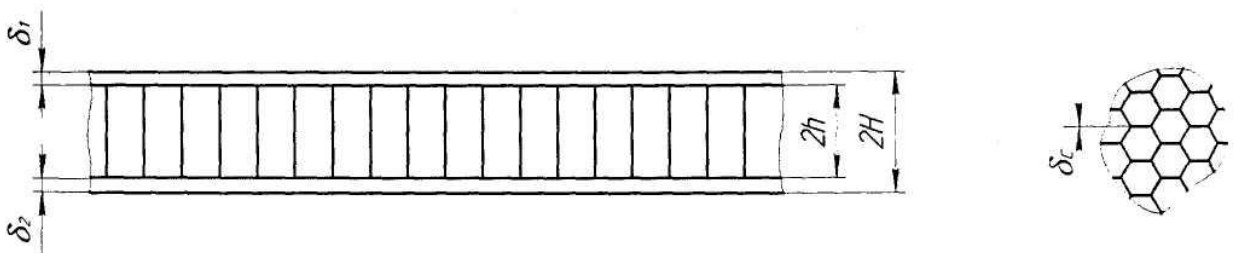


Рисунок 1.5 – Тришарова панель

#### 1.4 Техніко-економічне обґрунтування конструктивних рішень

Запишемо рівняння для основного і модифікованого рішень:

$$G_{\text{мод}} = G_{\text{зан}} + G_{\text{оби}} + G_{\text{кл}}, \quad (1.30)$$

де  $G_{\text{зан}}$  – вага заповнювача;

$$G_{\text{зан}} = \gamma \cdot \delta_{\text{зан}} \cdot S; \quad (1.31)$$

$G_{обш}$  – вага обшивки;

$$G_{обш} = (\delta_1 + \delta_2) \cdot S \cdot \gamma ; \quad (1.32)$$

$G_{кл}$  – вага клею;

$$(G_{кл} = 140 - 170 \frac{z}{M^2}) ; \quad (1.33)$$

$\delta_1$  і  $\delta_2$  – товщина верхнього і нижнього шарів;

$S$  – площа панелі;

$\gamma$  – питома вага панелі,  $\gamma = 2700 \frac{кг}{M^3}$  ;

$$\delta_{зан} = 1,54 \cdot 2h \cdot \frac{\delta_0}{r} \cdot A_1 ; \quad (1.34)$$

$A_1$  – коефіцієнт, що враховує вагу клею, який з'єднує ланки заповнювача ( $A_1 = 1,01$ ).

Проводячи обчислення, отримуємо:

$$G_{баз} = 120,132 \text{ кг} , G_{мод} = 113,47 \text{ кг} .$$

Коефіцієнт зменшення ваги агрегату становить:

$$\alpha = \frac{G_{мод}}{G_{баз}} = \frac{113,47}{120,132} = 0,94 . \quad (1.35)$$

Виграш модифікованої панелі порівняно з базовою становить 6,662 кг. У зв'язку з цим, більш доцільно застосовувати в конструкції КЧК тришарові панелі.

Для складальної панелі:

$$G_{сбор} = 130,96 \text{ кг} ,$$

$$\alpha = \frac{G_{мод}}{G_{сбор}} = \frac{113,47}{130,96} = 0,87 . \quad (1.36)$$

Виграш модифікованої панелі в порівнянні зі складальною становить 17,49 кг.

### 1.5 Оцінка технологічності конструкції крила

Технологічність конструкції виробу розглядається як сукупність властивостей конструкції виробу, які визначають її пристосованість до досягнення оптимальних затрат праці, коштів, матеріалів і часу під час технологічної підготовки виробництва, виготовлення, експлуатації та ремонту порівняно з відповідними показниками однотипних конструкцій виробів того самого призначення при забезпеченні встановлених значень показників якості і прийнятих умовах виготовлення, експлуатації та ремонту.

Виріб відпрацьовується на технологічність в процесі його конструювання, а не виготовлення. Технологічність конструкції оцінюється якісно і кількісно.

Якісна оцінка базується на порівняльному аналізі можливості застосування прогресивних процесів виготовлення при прийнятій і пропонованій конструкції виробу. Оцінку технологічності конструкції крила будемо виробляти якісним методом. Якісна оцінка допустима на всіх стадіях проектування виробу.

Конструкція крила повинна відповідати численним загальним технологічним вимогам, таким як:

1. Простота форм, поверхонь.

Форма обводів крила обумовлена аеродинамічними вимогами і, отже, вимагає високої точності виготовлення та чистоти поверхні, яка знаходиться в потоці. Форми крила виконані за лінійною утворюючою, за винятком закінчення і обтічників механізмів закрилків. Раціональне конструктивно-технологічне членування крила може призвести до спрощення форм підбірок, які входять в агрегат.

2. Раціональне членування крила.

Раціональне членування конструкції дозволяє отримати численні значущі переваги під час проектування та в експлуатації. Розподіл здійснюється на етапі ескізного проектування, коли вже визначені тільки обводи.

3. Можливо більш широке застосування в конструкції стандартних вузлів і деталей.

Параметри стандартних вузлів і деталей були ретельно пророблені, виготовлення організоване на спеціалізованих підприємствах, що призводить до високої якості та низької собівартості цих стандартних компонентів. Це призводить до їх широкого застосування в конструкціях.

4. Максимальне використання в конструкції легкооброблюваних матеріалів і раціональних заготовок.

Виконання цієї вимоги дозволяє значно зменшити складність обробки деталей, полегшити їх деформацію при зміні форми та спростити оброблення отворів для з'єднувальних кріплень. Це призводить до підвищення продуктивності праці та коефіцієнта використання матеріалу. Вибір раціональних заготовок здійснюється відповідно до виробничих умов, використовуючи методи раціонального розкрою. Однак при цьому геометрична форма деталей повинна сприяти цьому процесу. До матеріалів, які легко обробляються, відносять традиційні алюмінієві сплави та титанові сплави. До раціональних заготовок, як правило, відносять точні штампування для великогабаритних деталей, точне лиття та пресовані профілі різного сортаменту.

5. Відсутність надмірно високих вимог до точності розмірів, форми, розташування і чистоти обробки поверхонь елементів конструкції.

Розрахунок розмірних ланцюгів визначає необхідну точність виготовлення деталей та складальних одиниць, а також точність монтажу і налаштування систем. Первинні допуски задаються вихідними технічними вимогами в документації для літака. Технологічні розмірні ланцюги розраховує технолог, що дозволяє оптимізувати обрані методи складання, методи виготовлення деталей і забезпечення взаємозамінності, що, в свою чергу, впливає на технологічність виробу.

Таким чином, можна змінювати точність розмірів при виготовленні і складанні, зберігаючи при цьому визначену якість об'єкта. Зниження точності призводить до зменшення трудомісткості і собівартості. Витрати виробництва при обробці поверхонь деталей залежать від необхідного класу чистоти (шорсткості) і методів обробки. Точіння, шліфування, полірування, хонінгування, обробка дробом та інші процеси повинні відповідати технічній документації. Рівень чистоти обробки поверхонь слід визначати обґрунтовано, оскільки в іншому випадку можуть виникнути труднощі виробництва і контролю, що може вплинути на технологічність конструкції.

Конструкція крила дозволяє вести складання з компенсацією похибок виготовлення деталей і вхідних підзбірок.

Компенсація забезпечується за допомогою компенсаторів, кінцевих втулок та інших аналогічних засобів.

6. Наявність підходів для контролю якості.

Для виконання цієї вимоги у конструкції крила передбачено наявність знімних та відкидних люків та панелей, а також спеціальних доступів для контролю всіх можливих елементів конструкції.

7. Застосування в конструкції літального апарату можливе більшої кількості стандартних елементів, їх уніфікація (скорочення номенклатури).

Дотримання цієї вимоги є однією з ключових, оскільки для конструктора це є найбільш ефективним методом досягнення необхідного рівня технологічності. Таким чином, технологічний аналіз технічної документації, що проводиться досвідченим технологом, допомагає значно підвищити рівень стандартизації і уніфікації конструкції.

### **Висновок**

У процесі роботи була внесена модифікація у конструкцію крила пасажирського літака Ан-140. Основною метою цієї роботи було зменшення маси крила шляхом зміни складальної панелі на тришарову конструкцію. Тришарова панель з використанням стільникового заповнювача характеризується низкою параметрів, таких як товщина верхнього та нижнього несучих шарів, висота блоку стільникового заповнювача, а також радіус ланки сот. Після розв'язання системи рівнянь були визначені необхідні параметри для соти.

Коефіцієнт зменшення ваги агрегату становить 0,94. Виграш ваги модифікованої панелі порівняно зі складальною складає 6,662 кг, що на 5,54% менше в порівнянні з базовою структурою.

З цього випливає, що використання тришарових панелей у конструкції КЧК є більш доцільним.



## **2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ**

## 2.1 Аналіз існуючого виробництва та технічна характеристика деталей літака, що виготовляються з профілів

В даному дипломному проєкті виконується технологічна підготовка виробництва деталей літака із профілю та проектування цеху виготовлення деталей крила із профілю пасажирського літака типу Ан-140.

Залежно від типу виробленого літака та обсягу виробництва, кількість цехів для заготівельно-штампувального виробництва на підприємстві може варіюватися. Однак можна виділити найбільш характерні особливості для різних типів виробництва літаків, такі як:

- цехи виготовлення великогабаритних (довгомірних) деталей (панелі, шпангоути, нервюри і т.д.);
- цехи виготовлення дрібних і середніх деталей (кронштейни, фітинги та ін.);
- цехи виготовлення деталей систем управління і шасі (тяги, качалки, циліндри, штоки);
- допоміжні цехи.

У подальшому розгляді, ми будемо вважати проєктований цех окремою виробничою одиницею. Першочерговим завданням є визначення номенклатури оброблюваних деталей, потрібної кількості деталей на одну машину і загальної кількості на річну програму. При подальших розрахунках ми також проведемо оцінку трудомісткості робіт, розрахуємо необхідну кількість устаткування і працівників для цеху. На основі існуючого виробництва буде розроблений класифікатор виготовлення деталей в цьому цеху.

Багато деталей характеризуються складною просторовою формою і вимагають високої точності виготовлення. Це призводить до необхідності великої кількості технологічних операцій і різноманітного устаткування для їх реалізації.

Тип визначає основні конструктивні і технологічні характеристики, які визначають характерні вимоги до технологічності конструкції.

Технологічність конструкції охоплює сукупність властивостей виробу, що дозволяють оптимізувати витрати праці, коштів, матеріалів і часу на технічній підготовці виробництва, виготовленні, експлуатації та ремонті. Оцінка технологічності конструкції може бути якісною чи кількісною.

У зв'язку з відсутністю статистичних даних, кількісна оцінка не проводиться, і в даному випадку використовується тільки якісна оцінка технологічності. Якісна оцінка може бути виконана на всіх етапах проектування виробу.

За методом отримання деталей літака з профілів вони класифікуються на прямолінійні, деталі з одинарною кривизною та малогабаритні прямолінійні.

Оскільки основна частина деталей літака виготовляється з пресованих профілів, для цих деталей виділяється окремий цех. Пресовані профілі, які мають жорсткі кути та, в багатьох випадках, потовщення (бульби) на краях полиць, володіють більшою жорсткістю при тій же площі поперечного перерізу, ніж гнуті з листа. Оскільки виробництво пресованих профілів відбувається методами масового виробництва, ці профілі виявляються економічніше, ніж гнуті з листа. Таким чином, профілі невеликих перетинів з листа виготовляються переважно в тих випадках, коли відсутні пресовані профілі з необхідними перетинами. Ця операція здійснюється в заготівельних цехах літакобудівельних заводів.

Всі деталі з пресованих профілів можна розділити на групи за конструктивно-технологічними ознаками:

- 1) прямолінійні деталі;
- 2) деталі одинарної кривизни;
- 3) малогабаритні прямолінійні деталі;

Основну частину маси деталей з профілів (70-75%) становлять деталі першої та другої технологічних груп. Деталі третьої групи складають 25-30% від загальної кількості деталей з профілів.

Профільні деталі, крім основної геометричної форми, мають також і місцеві формоутворення:

- підсікання різної глибини і збігу;
- малкування постійне або змінне по довжині деталі;
- скоси на кінцях деталей;
- отвори, вирізи.

Такі місцеві формоутворення на деталях можуть зустрічатися як і в поєднанні, так і окремо.

З формою деталі можуть бути плоскими, де площина однієї з полиць збігається з площиною вигину деталі, або просторовими, де ці площини не збігаються.

Основні вимоги до деталей, які виступають силовими елементами конструкції та піддаються значним навантаженням під час експлуатації, включають:

- рівномірну товщину деталей без значних місцевих змін товщини;
- відповідність механічних властивостей матеріалу деталей встановленим в кресленні вимогам; в готових деталях не допускаються значні залишкові внутрішні напруження;
- поверхня деталей не повинна мати рисок, подряпин і т. д., оскільки це може призводити до місцевої концентрації напруг і зниження міцності деталі;

- гладкі кромки деталей без задирок і мікротріщин, які можуть сприяти виникненню місцевих концентрацій напруг і зниженню міцності деталі при змінних навантаженнях;
- бажано відсутність збігання напрямку волокон листа з лініями згину, оскільки механічні властивості матеріалу найнижчі в напрямку, перпендикулярному напрямку волокон.

## 2.2. Технічні умови на виготовлення деталей з профілів

Дані технічні умови призначені для використання в заготівельних і складальних цехах основного виробництва та слугують керівним матеріалом для розробки технологічних процесів на основі креслень і шаблонів.

Допустимі відхилення при виготовленні деталей з пресованих профілів і гнутих профілів з листового матеріалу включають:

1. Марка матеріалу, фізико-механічні властивості, розміри між необробленими поверхнями і чистота цих поверхонь повинні відповідати зазначеним стандартам і вимогам;

2. Чистота оброблюваних поверхонь деталі повинна відповідати вимогам, вказаним у кресленні;

3. Допускаються відхилення від номінальних розмірів оброблюваних поверхонь:

- по товщині полиці  $\pm 2\text{мм}$ ;
- по висоті вертикального ребра і ширині горизонтальної полиці: до  $25\text{мм} - \pm 0,5\text{мм}$ , понад  $25\text{мм} - \pm 1\text{мм}$ ;

– по довжині деталі:

до  $5\text{м} - \pm 1,5\text{мм}$ , більше  $5\text{м} - \pm 2,5\text{мм}$ ,

4. Допустимі зміщення отворів від шаблонів і креслень:

- для НО і СО – не більше  $0,2\text{мм}$ ;
- для НО – по кроку і перемишці  $\pm 0,1\text{мм}$ .

5. Прогин деталі –  $\leq 1\text{мм}$  на 1 погонний метр, а на всю деталь – не більше  $2\text{мм}$ .

6. Допускається закручування відносно осі:

$$\left. \begin{array}{l} L \leq 1\text{м} - 1,5^\circ \\ L \leq 3\text{м} - 3^\circ \\ L > 3\text{м} - 5^\circ \end{array} \right\} \text{де } L - \text{довжина}$$

7. У профілів, що стикаються з обводами, допустимі відхилення контуру по кривій відносно шаблону  $\leq \pm 0,5\text{мм}$ . У інших деталей –  $\pm 0,7\text{мм}$ .

### 2.3 Класифікатор типових деталей

Класифікатор - це логічна операція, яка включає в себе розподіл деталей виготовлення на окремі групи з урахуванням виявлених ознак подібності.

Технологічний класифікатор деталей - це систематизований перелік найменувань конструктивно-технологічних ознак деталей з призначеними для них кодовими позначеннями.

Технологічні класифікатори вирішують такі завдання:

- аналіз номенклатури деталей за їх конструктивно-технологічними ознаками;
- групування деталей за цими ознаками для розробки групових і типових технологічних процесів на ЕОМ;
- подетальна спеціалізація виробничих підрозділів;
- підвищення серійності і концентрації виробництва деталей;
- уніфікація і стандартизація деталей і технологічних процесів їх виготовлення;
- раціональний вибір устаткування;
- тематичний пошук та запозичення раніше розроблених нових технологічних процесів;
- автоматизоване проектування оснащення і впровадження нових технологічних процесів.

Велика номенклатура деталей, виготовлених в цеху профілів, надає можливість їх групування або класифікації за конструктивно-технологічними ознаками.

Для кожного типу деталей розробляється стандартний технологічний процес. На його основі технолог може розробити конкретний техпроцес для кожної деталі, вносячи невеликі зміни до стандартного техпроцесу. Наявність стандартних технологічних процесів для кожної деталі підвищує якість їх розробки і дозволяє розпоряджатися власним устаткуванням та робочими місцями відповідно до послідовності операцій. Розробка і впровадження стандартних технологічних процесів є необхідними при надходженні нових деталей до виробництва і спрощує роботу технолога.

### 2.4 Технологічна характеристика типових технологічних процесів для профілів

- ТТ-1. Деталі виготовляються із пресованих профілів (матеріал Д16Т, МА-8), попередньо фрезеруючи по товщині полиці. Далі застосовується штампування на експериментальному пресі (ЕП) з подальшим малкуванням, згинанням, підсіканням, а також свердлінням для отворів (НО) і скосів (СО),

у випадку відсутності пробивання в штампі. Для деталей з МА-8 використовується лише штампування.

- ТТ-2. Лінійні деталі виготовлені із пресованих профілів (матеріал Д16Т, МА-8) з попереднім фрезеруванням по товщині і ширині полиці. Деталі мають скоси і радіуси, обрізуються на стрічковій пилці, а також піддаються свердлінню отворів та поліруванню.
- ТТ-3. Лінійні деталі, виготовлені із пресованих профілів (матеріал Д16Т, МА-8), піддаються передфрезеруванню по товщині і ширині полиці. Деталі мають скоси, фігурні вирізи та радіуси, які формуються обрізанням скосів та фрезеруванням контуру. Також проводиться свердління отворів НО і СО, висічка отворів на штампі під гідропресом, пропилювання фаски та полірування деталі.
- ТТ-4. Лінійні деталі, виготовлені із пресованих профілів (матеріал Д16Т, МА-8), піддаються передфрезеруванню по товщині і ширині полиці. Після чого проводиться обрізка на стрічковій пилці (або фрезерована на ВФС), свердління отворів СО і НО, висічка отворів на штампі під гідропресом, а також пропилювання фаски.
- ТТ-5. Поточні прямолінійні деталі, виготовлені із пресованих профілів (матеріал Д16Т) з габаритами  $S \leq 3$  мм та  $L \leq 1500$  мм, піддаються обробці на універсальному підсічному штампі, включаючи малку, скоси, радіуси заокруглень і фігурні вирізи. Після цього проводиться обрізання контуру на стрічковій пилці, свердління отворів НО і СО, пробивання отворів під пресом, а також пропилювання фаски.
- ТТ-6. Деталі з пресованих профілів різних перетинів (використовуються матеріали Д16Т та МА-8) проходять фрезерування на верстатах ПГР-6 та ПГР-8, з попереднім калібруванням, із застосуванням попереднього фрезерування по товщині та ширині полиці. Деталі включають скоси, підсікання, радіуси заокруглення полиці, фігурні вирізи, а також формування в штамп-оправках під гідропресом з доведенням по ШК. Після цього вони обрізаються (або фрезеруються) на стрічковій пилці (ВФС), свердляться для створення отворів (НО і СО), вирізаються отвори за допомогою штампі під гідропресом та проходять пропилювання фаски. Для деталей з МА-8 з кривизною  $R > 10$  м полки обробляються без підсікання та з малоком.
- ТТ-8. Деталі, виготовлені з пресованих профілів (з матеріалу Д16Т) за допомогою формоутворення по ШК без використання спеціального обладнання, попередньо фрезеруються по товщині і ширині полиці. Вони мають скоси, фігурні вирізи полки, проходять фрезерування на ВФС, свердляться для створення отворів з обох боків (НО і СО), вирізаються

отвори за допомогою штампу та гідропресу, і після цього роблять пропилювання фаски.

- ТТ-9. Гнуті деталі, виготовлені з пресованих профілів (матеріал Д16Т), піддаються попередньому малкуванню (підсіканню) і формуються шляхом ручної обкатки на оправках з доведенням за ШК. Також вони проходять фрезерування (обкатку) на ВФС, мають висічку отворів на штампі під гідропресом і пропилювання фаски.
- ТТ-10. Набір прямолінійних деталей (матеріал Д16Т, В95) різних перетинів, включаючи свердління НО і СО.
- ТТ-11. Набір гнутих деталей (матеріал Д16Т), які формуються методом підкати на ППР з подальшим доведенням по ШОК.
- ТТ-12. Деталі з пресованих профілів (матеріал Д16Т, В95) з місцевими перегинами, підсіканням, фрезеруванням по контуру і свердлінням НО і СО по ШК.
- ТТ-13. Деталі зі спеціальних пресованих профілів типу ПР 104-0497-5, ПК 436-75 з механічним фрезеруванням по товщині і ширині полиці, а також хімічним фрезеруванням по товщині полиці.
- ТТ-14. Гнуті деталі з пресованих профілів (матеріал МА-8), що формуються на оправках вручну з підігрівом, доведенням по ШК і свердлінням НО і СО, а також пропилюванням фаски.
- ТТ-15. Деталі з пресованих профілів (матеріал Д16Т), які представляють собою фітинги з попереднім фрезеруванням по товщині і ширині полиці, малкуванням, контурним фрезеруванням на ВФС з ЧПУ, а також свердлінням отворів по кондукторам та ШК.

## **2.5 Основні технологічні операції виготовлення деталей з профілів**

Типова технологія виготовлення деталей з профілів може включати наступні операції:

- 1) різання профілів по довжині;
- 2) зачистку задирок;
- 3) таврування;
- 4) правку в штампі;
- 5) правку на плиті;
- 6) обрізку скосів;
- 7) обрізку радіусів і фасонну торцювку;
- 8) утворення місцевих вирізів в полках профілів;
- 9) малкування;

- 10) підсікання;
- 11) згинання;
- 12) пробивання і свердління отворів в полках профілів;
- 13) термічну обробку;
- 14) антикорозійні покриття;
- 15) контроль.

Залежно від технологічної групи деталі окремі операції можуть не застосовуватися або, навпаки, є основними.

#### Різання матеріалу на заготовки.

Заготовкою для деталі з профілю вважається частина прямолінійного пресованого профілю мірної довжини, яку використовують для виготовлення деталі шляхом пластичної деформації та механічної обробки. Розміри та форма заготовки повинні відповідати вказівкам у кресленні.

Довжина заготовки визначається в технологічному процесі і може збігатися з довжиною деталі за кресленням, мати технологічний припуск або враховувати умови складання, залежно від технологічних вимог.

Розкрій пресованих профілів має свої особливості, які визначаються формою їх перетину. Цей процес виконується на металорізальних верстатах та в штампах. Різання профілів на заготовки за допомогою маятникових пилок та універсальних стрічкових пилок є дуже поширеним методом.

Маленькі заготовки з профілів, які мають невелику довжину, відрізаються в спеціальних штампах. Цей штамп для різання профілю представляє собою відрізний інструмент, де форма верхнього та нижнього ножів відповідає формі перетину профілю. Така форма ножів дозволяє розпочати різання профілю одночасно по всьому його периметру.

#### Таврування.

Таврування (маркування) заготовки слід проводити негайно після різання, якщо це визначено умовами зберігання та транспортування. Заготовки завдовжки до 300 мм можуть не піддаватися тавруванню, якщо їх зберігають і транспортують у спеціальних тарах (ящики з вказівкою номера деталі).

Місце таврування повинно бути визначено на ШОК або на ескізі в карті технологічного процесу. Залежно від методу маркування вибирається спосіб його виконання - ударний (на деталі або на бирці), маркування наноситься за допомогою маркувального верстата або вручну. Профілі з товщиною стінки менше 1,2 мм і декоративні облицювальні профілі не підлягають ударному тавруванню та маркуванню. Маркування фарбою на деталі може проводитися вручну або за допомогою маркувального верстата.



### Зачистка задирок.

Для уникнення утворення подряпин при зберіганні та транспортуванні і так далі, зачистку торців заготованок від задирок рекомендується виконувати негайно після різання або таврування.

Зачистку торців заготованок довжиною до 150 мм і більше 1000 мм слід проводити за допомогою напильника або шабера на відповідному верстаті. Для заготованок довжиною від 150 до 1000 мм можна використовувати зачисні верстати з абразивним кругом як робочим інструментом.

### Виправлення.

Допуски на прямолінійність, з якими профілі постачаються на літакобудівні заводи з заводів-постачальників, часто можуть бути більш широкими, ніж допуски на прямолінійність деталей літака. Згідно з технічними умовами, зазор між контрольною лінійкою та будь-якою поверхнею профілю в поперечному напрямку може досягати 1 мм, а відхилення по куту між полицями - до +3 градусів. Це означає, що деталі першої технологічної групи (прямолінійні) після відрізки від заготованки, як правило, потребують корекції.

При великій кривизні деталі зазвичай використовують правку в штампах за допомогою гідравлічних пресів. Якщо передбачено малкування, то цей етап можна поєднати з правкою. У випадку довгих деталей операцію правки проводять кількома ударами, переміщуючи деталь.

Дюралюмінієві деталі правлять у стані загартованого сплаву. Важливо враховувати, що навіть після правки в штампі кривизна, що лежить в межах пружних деформацій, може залишатися. Тому, зокрема, при довжині деталей понад 300 мм, коли пружні деформації великі, рекомендується додатково використовувати ручну правку на рихтувальних плитах.

Застосування правки розтягуванням рекомендується для профілів з закруткою, плавних викривлень малої кривизни і відхилень по кутах між полицями.

### Обрізання скосів і радіусів.

Обрізання скосів і радіусів не є трудомістким завданням, але через обширну номенклатуру деталей, де вони широко використовуються, виникає необхідність максимальної механізації цих операцій. З метою оптимізації трудовитрат і можливості використання універсальних штампів для цих операцій, рекомендується на етапі конструктивно-технологічної обробки виробу стандартизувати елементи скосів і радіусів за згодою з головним конструктором.

Хоча обрізання скосів на пилах є менш продуктивним і вимагає зачистки задирок, для обрізки радіусів в багатьох випадках доцільно використовувати універсальні штампи, в яких передбачені різні типорозміри радіусів.

У ситуаціях, коли застосування універсального штампу неможливе, операцію обрізання скосів і радіусів рекомендується виконувати на стрічкових пилах або фрезерувальних верстатах, особливо для деталей складної геометричної конфігурації або товщиною полки більше 2 мм.

#### Малкування.

Малкування представляє собою операцію, в ході якої, під дією прикладеного зусилля, змінюються кутові розміри між полицями пресованих профілів. Малкою вважається різниця між фактичним і вихідним кутами. Якщо кут має позитивний знак, то малкування називається позитивною або відкритою, а в разі негативного знаку - негативною або закритою.

Малкування пресованих профілів перетинів зазвичай здійснюється в штампах під гідравлічними пресами. Для оптимальності процесу малкування рекомендується використовувати універсальні штампи, якщо це можливо.

Ускладнене завдання представляє штампування профілів зі змінною малкою по довжині. Штампи із змінною малкою часто не виготовляються, тому такі деталі штампуються спочатку з постійною, наприклад, середньою малкою, і потім допрацьовуються вручну або за допомогою гідравлічних пресів, особливо у випадку тонких полок профілю.

Малкування профілів часто комбінується з операцією згинання з розтягуванням і зазвичай виконується в штампах або на верстатах ПГР, де пуансони здійснюють малкування.

#### Підсікання.

Суть процесу підсікання профілю полягає у викликаному прикладеним зусиллям плоскопаралельному зміщенні конкретної частини профілю відносно його загальної структури. Підсікання може бути прямим або косим, а також подвійним у деяких випадках. Основними параметрами підсікання є висота  $H$  та довжина  $L$  зони підсікання.

У випадках, коли лінія вигину перпендикулярна до осі профілю, ми маємо справу з прямим підсіканням. З іншого боку, якщо лінія вигину утворює кут, то це косе підсікання. Однак косе підсікання використовується рідко, оскільки для його виготовлення необхідні спеціальні штампи.

Підсікання може розташовуватися як на кінцях профілю, так і в його середній частині. Значна кількість підсікань на літаках, переважно у клепаній конструкції, обумовлена їхнім різнобічним використанням.

Операції підсікання профілів можна виконувати за допомогою ексцентрикових, кривошипних або гідравлічних пресів. Для цього застосовують універсальні або індивідуальні штампи.

Підсічні штампи мають бути обладнані надійним верхнім пружинним затиском або гумовим буфером, який забезпечує нерухоме положення затискного кінця профілю. Недостатній тиск може ускладнити деформацію матеріалу профілю. Бічний притиск штампа повинен бути достатньо міцним для уникнення втрати стійкості вертикальної полиці. При проектуванні штампів для підсікання важливо враховувати пружність матеріалу.

### Згинання.

Деталі, виготовлені з пресованих або качаних профілів і мають криволінійні ділянки постійної або змінної кривизни, виготовляються за допомогою методів згинання на спеціалізованому або універсальному обладнанні.

Згинання профільних деталей здійснюється за допомогою наступних технологічних методів:

- вільним згинанням в опорах на пресах;
- згинанням в штампах на пресах;
- згинанням-прокаткою в спеціалізованих роликівих згинальних верстатах;
- згинанням-обтягуванням по оправкам в спеціалізованих профілеобтягувальних верстатах.

Вільне згинання профілів на опорах передбачає розташування заготовки профілю на роздільній матриці-опорі. Робочі частини матриці відповідають контурам перерізу профілю. Потім згинальний пуансон, розташований на повзуні преса, опускається на заготовку і виконує згинання профілю.

Згинання профілю по пуансону показано на рисунку 2.1:

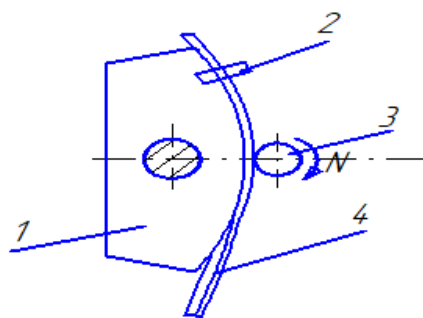


Рисунок 2.1 - Згинання профілю по пуансону

1 - пуансон; 2 - затиск; 3 - ролик; 4 - профіль; N - нормальна сила

Згинанню піддається частина заготовки, розташована між матрицями-опорами. Для формоутворення заготовки на всій довжині проводиться повторне згинання шляхом послідовного переміщення заготовки в робочу зону штампа, при цьому крок не перевищує відстань між опорами. Таке багаторазове згинання під час переміщення забезпечує формування бажаної кривизни деталі. Проте при

великій подачі заготовки в опори може виникнути переривчастість кривизни контуру деталі вздовж її довжини.

Згинання профілів в штампах на пресах реалізується формуванням заготовки в спеціальному згинальному штампі, форма і розміри якого відповідають формі і розмірам готової деталі.

Згинання профілів в штампах можна виконувати за допомогою гідравлічних, фрикційних і ексцентрикових пресів. При роботі з штампами важливо забезпечити згинання деталей з мінімальною стрілою прогину, що не перевищує висоту полки і входить в зазор. Допускається також згинання деталей з більшою кривизною, але це може вимагати додаткових кроків в рухомому блоку преса, що знижує продуктивність. У випадку, якщо на деталі присутні підсікання і малки, штамп може бути спроектований для одночасного проведення згинання, підсікання і малкування.

Схема зовнішніх зусиль деформації профілю в штампі подібна до схеми згинальних зусиль, що діють на балку на двох опорах. Зусилля деформації прикладаються з боку пуансона, а опорні реакції виникають на поверхні матриці в місцях зіткнення заготовки з матрицею.

Згинання-прокатка в спеціалізованих роликівих згинальних верстатах здійснюється шляхом вільного згинання рухомої профільної заготовки в обертових роликах валкових верстатів. Основними схемами цих верстатів є трьохвалкові і чотирьохвалкові.

Згинання в валкових верстатах вказанена рисунку 2.2:

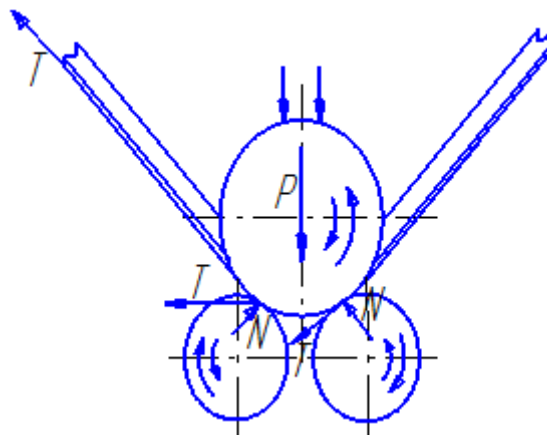


Рисунок 2.2 - Згинання в валкових верстатах  
 $T$  - сила подачі;  $N$  - нормальна сила;  $P$  - сила тяжіння

Деталі з різноманітних профілів піддаються процесу згинання-прокатки. Для цього деталь, яка піддається згинанню-прокатці, повинна мати постійну кривизну по всій довжині, представляючи собою форму кола або дуги окружності. Заготовка для такої деталі має включати припуски для подальшого обрізання на

всій обсязі кінцевих ділянок. Довжина деталі може бути довільною. При згинанні-прокатці кільцевих деталей їх кінці перед згинанням попередньо підгинаються за допомогою штампів.

Після згинання-прокатки деталь із заданою кривизною вилучається з верстата та піддається корекції та узгодженню за допомогою шаблону та розмітки на плиті. Для роликівих верстатів використовують ролики з контурами, що відповідають перетину згинального профілю. Конструкція роликів повинна адаптуватися під профіль перетину.

Технологічний процес згинання профілів прокаткою в роликах має кілька недоліків: операція є трудомісткою та включає значну кількість проходів, включаючи вимірювання деталі. Профілі під час прокатки можуть закручуватися та малкуватися. Цих недоліків не має при процесі згинання з розтягуванням.

Заготованка, яка утримується в патронах верстата, спочатку піддається розтягуванню до стану пластичності за допомогою гідроциліндрів для розтягування. Потім, залишаючись у розтягнутому стані, вона обтягується за допомогою згинального гідроциліндра, який закріплений на столі верстата поблизу пуансону. Найбільш ефективні результати можна досягти, якщо зусилля розтягування перевищують межі пружних деформацій по всьому перетину профілю.

Згинання з розтягуванням показано на рисунку 2.3:

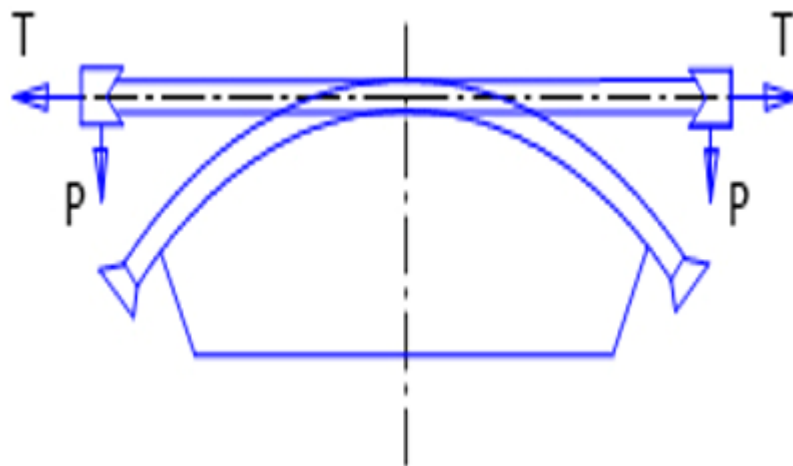


Рисунок 2.3 - Згинання з розтягуванням  
Т- сила подачі; Р- сила притиснення

Згинання з розтягуванням можливе при значенні відносного радіуса згинання  $R_d$ :

$$\sigma = \frac{R_d}{h_H} > 10$$

де,  $R_d$  - кривизна деталі;

$h_n$  - висота полки;

$\sigma$  - коефіцієнт згинання.

Допоміжні методи згинання.

Після формоутворення профільних деталей використовуються додаткові методи згинання для доведення і коригування форм та розмірів деталей, що дозволяє отримати точні результати.

До допоміжних методів належать:

- згинання-посадка на спеціалізованих профілепосадочних верстатах;
- згинання обтисненням перерізу, яке включає два різновиди методу;
- згинання-розводка на розвідних верстатах;
- згинання-доведення ручним інструментом.

1. Згинання-посадка виконується за допомогою нерівномірного по ширині збільшення товщини полки в площині вигину, зробленого послідовно по всій довжині заготовки.

2. Згинання-розводка проводиться шляхом нерівномірного стоншування полки профілю бойками послідовно по всій довжині заготовки.

3. Згинання-доведення профільних деталей виконується робітниками ручним інструментом на відповідних ділянках.

Виправлення - доведення деталей з профілів представляє собою ручну або напівмеханізовану обробку після виконання основних операцій, таких як згинання, малкування, підсікання. Цей процес спрямований на досягнення остаточних форм і розмірів деталей, які відповідають вимогам креслення і технічним умовам.

Вибір методу корекції профілів деталей залежить від типу та ступеня спотворення деталі, а також від форми та розмірів перерізу профілю.

Для виправлення спотворень кривизни деталей використовують механізовані методи, такі як:

- на гідропресах згинанням на опорах;
- на профілерозводних верстатах ПР-1 і профілепосадочних верстатах ПС-80.

Виправлення кривизни деталі на профільорозвідних верстатах ПР-1 виконується у випадку, якщо потрібно збільшити кривизну деталі зігнутою полицею назовні. Це означає, що контур деталі повинен відповідати радіусу кривизни шаблону.

У випадку профілепосадочних верстатів ПС-80 виправлення кривизни деталі виконується при збільшенні кривизни деталі зігнутою полицею всередину. Тобто, контур деталі повинен мати радіус кривизни більший, ніж радіус кривизни шаблону.

У окремих випадках виправлення спотворень кривизни деталі здійснюється ручним методом. Полки деталі згинаються молотком з метою місцевої розводки полів.

Доведення деталей з профілю проводиться лише після виправлення великих спотворень форми і розмірів.

Основні етапи доведення включають роботи по вирівнюванню контуру кривизни, вирівнюванню площини деталі, корекції закрутки та скручення деталі по перетину, а також досягнення відповідності форми перетину заданим параметрам.

Ці роботи в основному виконуються вручну, використовуючи молотки різних типів (дерев'яні, баленітові, дюралюмінієві, сталеві), які наносять удари на деталь.

#### Свердління і пробивання отворів.

Свердлення отворів виконується за допомогою пневмодриля (ШОК). Деталь фіксується на струбцинах до свердловинного верстата (ШК, ШР, ШОК). Зазвичай в деталях виконуються складальні та напрямні отвори.

Якщо товщина профілю перевищує 3 мм, отвори свердляться на настільно-свердлильних верстатах.

Пробивання в штампах можливе лише для прямих деталей з профілів, де діаметр отвору дорівнює або перевищує товщину стінки профілю. Цей процес можна виконати за допомогою звичайних ексцентрикових пресів.

#### Механічна обробка деталей.

Для механічної обробки деталей використовується розмітка, нанесена на їх полицях.

Розмітка контуру, торців і вирізів на готовій деталі проводиться за допомогою пристроїв, таких як ШК (ШР, ШОК), а деякі елементи можуть бути вирізані вручну за допомогою олівця, слідуючи кресленню.

Обрізання торців вздовж розмітки можна виконати за допомогою дискових або стрічкових пилок. Також може бути використано ручні інструменти, наприклад, ножівку.

Фрезерування контуру деталей виконується на універсальних фрезерувальних верстатах за розміткою, на копіювально-фрезерувальних верстатах або на верстатах з програмним керуванням, відповідно до режимів, що відповідають механічній обробці матеріалу деталі.

Зачистку виступів після будь-якої механічної обробки можна виконати в галтувальних барабанах для деталей довжиною до 400 мм.

### Контроль.

Точність виготовлених деталей повинна відповідати вимогам, визначеним у технічних умовах на виготовлення і приймання деталей з пресованих і катаних профілів для даної машини.

Контроль деталей включає наступні етапи:

- операційний контроль під час виготовлення деталей, який проводиться після кожної операції та перед відправленням на анодування;
- остаточний контроль, який здійснюється перед відправленням партії деталей;
- операційний контроль виконують виробничий майстер та робітник, що виконує конкретну операцію;
- першу деталь з партії робітник повинен показати майстру перед продовженням виконання операції;
- перед відправкою партії деталей на наступну операцію майстер здійснює вибіркового контролю 10% від загальної кількості;
- при передачі напівфабрикату між відділеннями цеху контроль деталей проводить контролер;
- внутрішній контроль деталей виконує контролер.

Для проведення контролю важливо використовувати наступні засоби:

- робочий, виробничий майстер і контролер повинні використовувати засоби, які передбачені технологічним процесом, при здійсненні контролю;
- при контролі окремих операцій і готових деталей рекомендується використовувати спеціальні засоби контролю.

Під час виробництва деталей з пресованого матеріалу здійснюється контроль якості за допомогою різних методів.:

- 1) металографічним аналізом контрольних зразків;
- 2) механічним випробуванням;
- 3) рентгенівським просвічуванням.

## **2.6 Автоматизація і механізація заготівельно-штампувальних робіт**

Автоматизація та механізація виробничих процесів є ключовими у підвищенні продуктивності праці та зниженні собівартості виробів. Вартість виробів формується за рахунок матеріальних витрат, заробітної плати основних працівників, обладнання виробництва та накладних витрат. Зокрема, витрати на зарплату визначаються трудовими витратами, що ґрунтуються на технічних нормах часу. Основні компоненти цих витрат - основний (машинний) час і допоміжний час, які взаємодіють у формуванні операційного часу. Досвід виробництва підтверджує,



що в заготівельно-штампувальних цехах основний час становить приблизно 20%, тоді як допоміжний - 80%.

Оптимізація основного часу досягається шляхом удосконалення режимів штампування, таких як збільшення швидкості деформації та досягнення більших масштабів деформації за одну операцію. Зменшення допоміжного часу можливе лише шляхом механізації та автоматизації технологічних процесів. Отже, у виробництві з невеликою та серійною кількістю продукції автоматизація та механізація виграє велике значення.

### **2.6.1 Універсальний штамп для підсікання кутків і таврів**

Виготовлення підсікання на деталях літака є масовою операцією, яка вимагає великої точності та простоти виготовлення. З огляду на ці вимоги, широке застосування в виробництві знайшов універсальний штамп для підсікання кутків і таврів.

Спочатку на шаблоні позначаються контури підсікання, і потім ці позначки переносяться на заготованку. Переміщення деталі (клина) за допомогою гвинта забезпечує рух вкладишів, які визначають глибину підсікання. Глибина підсікання регулюється за допомогою цих змінних вкладишів. Основною характеристикою є глибина підсікання, яку потрібно встановити.

Вибір вкладишів залежить від розміру і форми профілю. Упір фіксує заготовку для здійснення певного виду підсікання. Після виконання операції підсікання за допомогою щупа вимірюється глибина підсікання.

### **2.6.2 Оправа для згинання на гідравлічному пресі**

Пристрій штамп-оправлення, призначений для виготовлення гнутих профілів необхідної форми на РУЕ-100, функціонує наступним чином: заготованку таврового перетину прямолінійної форми встановлюють на матрицю відповідної форми за шаблоном таврового перетину. Зажимаючи заготованку на стійці притиском, що створює як закриту, так і відкриту малку, і фіксуючи її штирями, пристрій поміщається на гідравлічний прес. Під дією тиску пуансон повторює форму матриці, надаючи деталі необхідну форму.

## **2.7 Розробка схеми ув'язування заготівельної і складальної оснастки**

Плазово-шаблонний метод та його різноманітні варіанти є важливими при виготовленні взаємозамінних об'єктів у літакобудуванні. Особливо важливою є структура "залежної" системи ув'язування оснащення та конструкційних об'єктів. Координатно-цифровий метод (КЦМ) передбачає "незалежне" виробництво

елементів оснащення та самостійних деталей літака, забезпечуючи їх геометричне ув'язування.

З розвитком обчислювальної техніки, появою вдосконаленого обладнання із числовими системами програмного управління та досягненням в галузі прикладної математики створені умови для нових методів ув'язування виробів складних форм і великих розмірів. З іншого боку, зросли вимоги до точності обводів літаків, і виникла гостра потреба в скороченні термінів та зниженні трудомісткості підготовки виробництва при запуску нових виробів.

У зв'язку з цим, безплатовий метод ув'язування, заснований на принципі незалежного утворення форм і розмірів, що сполучаються елементами конструкції, набуває все більшого застосування.

Алгоритми розв'язання різних завдань технологічної підготовки виробництва (ТПП) дозволяють виконувати ув'язку форм і розмірів аналітичними методами, розробляти програми для електронно-обчислювальних машин (ЕОМ) та обладнання з числовим програмним керуванням (ЧПК), автоматизувати процес задачі ув'язування і відтворення поверхонь.

Отже, в рамках координатно-цифрового методу (КЦМ) контури зовнішніх обводів літаків задаються у вигляді математичних рівнянь, які за допомогою універсальних програм перетворюються в форму, зручну для обробки за допомогою електронно-обчислювальних машин (ЕОМ).

Цю цифрову інформацію потім записують на програмний носій, такий як магнітна стрічка. Сигнали з цього носія використовуються для виконання механічної обробки об'єктів на верстатах з числовим програмним керуванням (ЧПК) або для формотворчих операцій. Крім того, ця інформація використовується для виготовлення заготівельного оснащення.

Отже, інформація про розміри і форму конструкції виробу передається безпосередньо на оброблювані деталі за допомогою цифрової інформації, отриманої з креслень.

Взаємне розташування окремих плоских перетинів агрегатів та координати стикових вузлів літака визначаються в кресленнях і записуються як система координатно-фіксуючих отворів (КФО) в спеціальних таблицях.

Отже, за вказаним методом виготовлення плази стають не лише частиною процесу виробництва, але й додатковим інструментом для візуального контролю аналітичних рішень, сприяючи коригуванню координат контурів. Щоб полегшити процес креслення плази (ТП або КП), використовують креслярські автомати з програмним керуванням, такі як координатографи. Ці пристрої можуть точно викреслити лінії ТП і КП з великою точністю за заданою програмою. Координатограф створює плоску прямокутну координатну систему, а програми

управління записані на магнітну стрічку у вигляді сигналів, модульованих по фазі. Для типових сценаріїв розроблені стандартні програми.

Для спрощення робочого процесу та підвищення точності виготовлення шаблонів і обвідного оснащення використовують запис програм для їх обробки безпосередньо з графічної інформації, отриманої від плаза. Для цього розроблено спеціальні установки.

Конструкторські креслення застосовують на напівпрозорому пластику в натуральну величину за допомогою координатографа, який креслить загальний вигляд перетинів агрегату. Ці креслення містять детальну інформацію про геометрію кожного перетину і під час проектування виробу забезпечують ув'язку всіх конструктивних елементів. У такому вигляді вони виконують функцію контрольного плаза.

Заготівельне обвідне оснащення та певна номенклатура деталей конструкції можуть бути виготовлені за програмами безпосередньо на верстаті з числовим програмним керуванням (ЧПК). Складальне оснащення монтується аналогічно технології КШМ із застосуванням інтегральних схем (ІС) і персональних комп'ютерів, а також оптичних приладів. Тут контур обвідних фіксаторів також обробляється за програмами на верстаті з ЧПК.

При цьому методі ув'язування скорочується ланцюг перенесення розмірів, зменшуються витрати на підготовку виробництва, вирішується проблема нестачі кваліфікованих робітників, і значно розширюється номенклатура деталей літака, які обробляються на верстаті з ЧПК.

## **2.8 Проектування заготівельно-штампувального цеху виготовлення деталей з профілів**

### **2.8.1 Розрахунок кількості обладнання**

До цехового обладнання включається:

1. Основне обладнання: використовується для безпосереднього виготовлення деталей.
2. Додаткове обладнання: включає слюсарні та контрольні плити.
3. Допоміжне обладнання: включає обладнання для механізації цеху, а також майстерні для ремонту пристроїв і інструментів.

Кількість обладнання одного типу можна визначити за формулою:

$$C_p' = \frac{\sum T_c'}{\Phi_{o.o}}$$

де  $\sum T_c'$  - сумарна річна верстатоемкість обробки річної кількості деталей, виготовлених на верстатах даного типорозміру, год.;  $\Phi_{o.o}$  - дійсний (розрахунковий)

річний фонд часу роботи обладнання (верстата), год. При режимі роботи цеху в одну зміну з урахуванням втрат часу на планово-попереджувальний ремонт  $\Phi_{\text{до}}$  2030 ч.

Прийняту кількість верстатів  $C_{\text{ПР}}$  визначимо округленням отриманого розрахункового значення  $C_p$  до найближчого більшого цілого числа.

### 2.8.2 Визначення коефіцієнта завантаження устаткування

Коефіцієнт завантаження устаткування можна визначити за формулою:

$$K_3 = \frac{C_p}{C_{\text{ПР}}}$$

Коефіцієнт завантаження вказує на ступінь використання потужності верстата. Мета полягає в досягненні значення  $K_3 = 1$ , при якому верстат повністю завантажений і працює на повну потужність.

Середній коефіцієнт завантаження обладнання  $K_{3,CP}$  цеху обчислюємо за

$$\text{формулою: } K_{3,CP} = \frac{\sum C_{Pi}}{\sum C_{\text{ПР}i}} = \frac{54,733}{61} = 0,898.$$

За отриманими значеннями коефіцієнтів  $K_{3i}$  і  $K_{3,CP}$  побудуємо графік завантаження верстатів цеху (рис. 2.4).

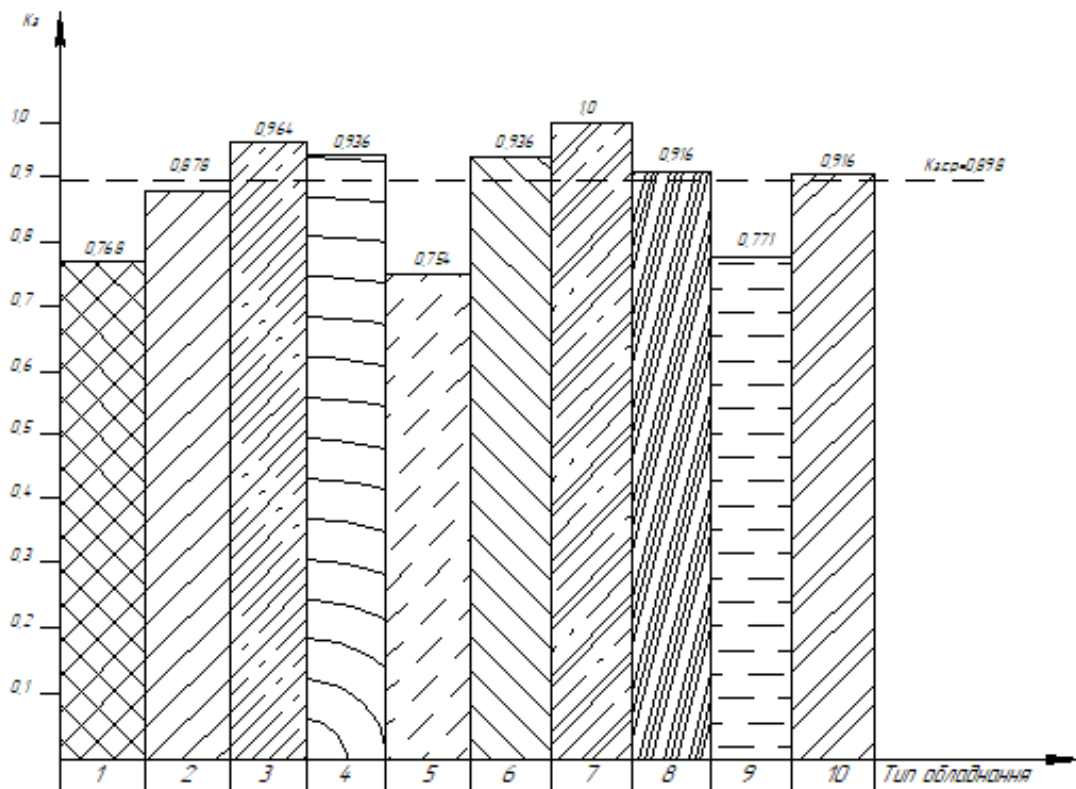


Рисунок 2.4 - Графік завантаження обладнання:

1 – малкування на профілерозводних верстатах; 2 – фрезерний верстат; 3 – стрічкова пила; 4 – свердлильний верстат; 5 – підсікання в штампі; 6 – згинання прокочуванням на роликах; 7 – згинання на ПГР; 8 – штамп формозміни; 9 – слюсарний верстат; 10 – маятникова пила.

Таблиця 2.1 – Визначення кількості і коефіцієнта завантаження обладнання

	Малкуванн я	Фрезерний верстат	Стрічкова пила	Свердл. верстат	Підсікання в штампі	Згинання прокочуван. на ПГР	Згинання на ПГР	Штамп формозміни	Слюсарний верстат	Обріз. на маятн. пилі
Річна верстатосемкість	6240	12480	3912	26604	6120	9504	1218 0	744 0	3129,8	148 80
Розрахункова кількість	3,074	6,148	1,927	13,105	3,015	4,682	6,000	3,66 5	1,542	7,33 0
Прийнята кількість верстатів	4	7	2	14	4	5	6	4	2	8
Коефіцієнт навантаження	0,768	0,878	0,964	0,936	0,754	0,936	1,000	0,91 6	0,771	0,91 6

### 2.8.3 Визначення кількості основних і допоміжних робочих

Категорії виробничого персоналу включають основних робочих, які працюють на обладнанні, допоміжний персонал, що забезпечує різноманітні допоміжні послуги, молодший обслуговуючий персонал, який виконує менш важливі завдання, конторський персонал, що здійснює адміністративні функції, і інженерно-технічний персонал, який відповідає за інженерну підтримку та організаційні аспекти виробництва.

Визначити кількість основних робітників можна за формулою:

$$P_p = \frac{T \cdot \Pi}{\Phi_{\text{д.р}}}$$

де  $T = 4660$  чол-годин - трудомісткість виготовлення номенклатури деталей з профілів;  $\Pi = 24$  - річний обсяг випуску;  $\Phi_{\text{д.р}} = 2000$  - дійсний розрахунковий фонд часу робітника в рік, тоді:

$$P_p = \frac{4660 \cdot 24}{2000} = 55,92 = 56(\text{чол.})$$

Кількість працівників, які займаються ненормованими операціями, визначається в залежності від кількості робочих місць, які потрібно обслуговувати.

У разі наявності до 100 основних виробничих робітників, кількість допоміжних працівників повинна складати 80 осіб, інженерно-технічних працівників – 30 осіб, конторських працівників – 4 особи, а молодшого обслуговуючого персоналу – 2 особи. Загальна кількість працівників у цьому цеху становить 172 особи.

### 2.8.4. Визначення виробничої площі цеху

Площа цеху за своїм призначенням розподіляється на кілька частин: виробничу, допоміжну, конторську, складську та побутову.

Виробнича площа включає ділянки, де виготовляються деталі основного виробництва, а також місця для контролю, проїзди і проходи, призначені для робітників і цехового транспорту.

Допоміжна площа охоплює ділянки, призначені для обслуговування та ремонту обладнання, а також для виготовлення та ремонту інструментів. Сюди включають майстерню механіків цеху, приміщення для електриків та інше.

Складська площа представляє собою простір цехових складів, призначений для зберігання та видачі матеріалів та інструментів.

Конторська та побутова площа включає в себе простір офісів цеху, сходові приміщення, вентиляційні камери та інші обслуговуючі приміщення.

Найточнішим методом визначення кількості виробничої площі є визначення за питомими нормами на одиницю обладнання, яке далі підтверджується плановими рішеннями (таблиця 2).

Таблиця 2.2 – Визначення площі цеху за питомими показниками

№ п / п	Найменування устаткування	Кількість верстатів	Площа 1од. обладнання, м <sup>2</sup>	Загальна площа, м <sup>2</sup>
1.	Стрічкова пила	2	10	20
2.	Маятникова пила	8	15	120
3.	Профілерозводний верстат (малкування)	4	25	100
4.	Фрезерний верстат	7	30	210
5.	Свердлильний верстат	14	10	140
6.	Слюсарний верстат	2	10	20
7.	Профілезгинальний роликівий верстат	5	150	750
8.	Підсічний штамп	4	10	40
9.	Верстат ПГР	6	80	480
10.	Штам формозміни	4	20	80
	підсумок	56		1960

### 2.8.5 Планування цеху та компонування корпусу

При проектуванні ділянок цеху необхідно мати наявність робочих креслень деталей, які планується обробляти, інформацію про річний обсяг випуску деталей для кожного виду, комплекти технологічних документів, а також паспортні дані щодо обладнання і виробничих будівель та інші відомості.

Сучасні виробничі будівлі створюють шляхом компонування уніфікованих типових секцій розмірами 144x72 м або 72x72 м. Ширина прольотів встановлена в розмірах 12, 18, 24 і 30 м. Уздовж прольоту розташовані ряди колон з кроком 12 м, а в пристінкових рядів їх крок становить 6 або 12 м. Проектований цех має габарити 48x48 м, при цьому площа становить 2304 м<sup>2</sup>.

Після розробки компонувальної схеми цеху розпочинається технологічне планування ділянок, в процесі якого здійснюється ув'язка розташування робочих місць і допоміжного обладнання в обраному масштабі. Компонувальні плани виконують в масштабі 1:100.

При плануванні цеху враховують різні фактори, які впливають на працівників, такі як: зручний доступ до робочих місць, зручність для виконання робіт та доставки заготовок; належне освітлення та ефективний обмін повітрям;

наявність місць для куріння, туалетів, роздягалень, душових та їдальень. Важливо також передбачити протипожежні заходи, такі як зручне розташування протипожежного інвентарю, наявність вільних проходів для швидкого евакуювання працівників та проїздів для пожежних машин. Також важливо, щоб всі двері відкривалися назовні.

Планування розробляють з урахуванням наступних основних вимог:

1. Кожен відділ цеху має прямий доступ до одного з корпусних транспортних проїздів.
2. Схема корпусних і цехових проходів і проїздів повинна гарантувати організований потік вантажів і працівників, і уникати перетину та протікання потоків.
3. Елементи устаткування, підйомно-транспортні засоби, будівельні деталі, енергетичні мережі зображуються умовними позначеннями.
4. Габарити обладнання повинні враховувати максимальні розміри його рухомих частин - столів, порталів, хоботів і т.д., а також виступаючих частин матеріалів і заготовок.
5. Планування має відповідати умовам безпечної та ефективної роботи персоналу, сприяти підвищенню продуктивності праці.
6. Планування цеху повинне сприяти максимальному зніманню продукції з одного квадратного метра виробничої площі та можливості збільшення обсягів виробництва.
7. Розміщення робочих місць керівного технічного персоналу повинно бути раціональним в цеху та на ділянці.
8. Планування повинно сприяти безперебійному надходженню матеріалів на робочі місця, забезпечувати прямий рух матеріалів та вантажів без перешкод.
9. Раціональне планування повинно забезпечити мінімальну собівартість та максимальне використання обладнання, а також сприяти постійному підвищенню продуктивності праці.
10. Розміщення пристосувань, інструментів та матеріалів повинно сприяти ефективному руху працівника, враховуючи ергономічні вимоги.
11. Планування має передбачити легку заміну або переміщення встановленого обладнання, дотримуючись технічних вимог до верстатів та зони вантажопідйомних кранів для обслуговування та ремонту.
12. Передбачено кошти для механізованого видалення і переробки відходів виробництва з робочих місць, цехів та ділянок.
13. Системи зберігання матеріалів і деталей на робочих місцях, проміжні склади та їх розташування враховують можливість максимальної економії рухів працівників.



## **3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ**

### **3.1 Техніко-економічне обґрунтування проектування цеху складання крила пасажирського літака**

#### **3.1.1 Маркетингові дослідження ринку збуту продукції для визначення програми випуску виробів. Характеристика товару**

Літак Ан-140 відзначається високоплановим конструкцією та класичним оперенням, оснащений двома турбогвинтовими двигунами ТВЗ-117ВМА-СБМ1, розташованими на крилах. Додаткова силова установка АІ9-3Б, розміщена в хвостовій частині фюзеляжу, дозволяє літакові функціонувати автономно на аеродромах без інфраструктури. Багажно-вантажні відсіки розміщені в хвостовій частині фюзеляжу і під підлогою пасажирської кабіни, мають об'єм 9,1 м<sup>3</sup> і вантажопідйомність 1,84 тонни. Обсяги цих відсіків перевищують аналогічні параметри інших літаків того ж класу в 1,3-1,5 рази. Літак дозволяє перевозити вантажі в передній частині пасажирського салону на спеціальних піддонах за умови видалення крісел. Для цього вбудовано вантажні двері з правого боку фюзеляжу, а підлогу підсилено. Завдяки підвищеній прохідності шасі з пневматиками низького тиску та високому розташуванню двигунів, літак може ефективно експлуатуватися на ґрунтових, галькових, льодових і засніжених аеродромах і майданчиках.

Пасажирський салон базової конфігурації літака Ан-140 розрахований на перевезення 52 пасажирів. Окрім того, літак оснащений основним багажним відсіком об'ємом 6 м<sup>3</sup>, а для додаткового вантажу передбачено ще один багажний відсік об'ємом 3 м<sup>3</sup>, розташований під підлогою вантажної кабіни. Інтер'єр літака включає комфортні пасажирські крісла, шумопоглинаючі панелі, системи індивідуальної вентиляції, багатоканальну аудіосистему та оригінальні багажні полиці.

Літак Ан-140 призначений для виконання пасажирських і вантажопасажирських перевезень, здатний експлуатуватися на коротких злітно-посадкових смугах і ґрунтових аеродромах. Його конструкція враховує ряд параметрів, що роблять його важливим і незамінним для України та інших країн СНД:

- пасажирські та вантажопасажирські перевезення;
- експлуатація на коротких ЗПС і ґрунтових аеродромах;
- відповідність вимогам міжнародних норм;
- невисока ціна;
- низька вартість обслуговування;
- можливість застосовувати вітчизняне і зарубіжне обладнання.

### 3.1.2 Аналіз ринку збуту

У умовах сучасної ринкової економіки важливим завданням є підвищення ефективності виробництва на кожному підприємстві. Успішне вирішення цього завдання значною мірою залежить від рівня економічної освіти управлінського персоналу підприємства, їхніх знань економіки, а також вміння розраховувати і аналізувати показники виробничих підрозділів та техніко-економічну ефективність виробництва.

Об'єктом виробництва та продажу на даному підприємстві є деталі, виготовлені з профілів літака Ан-140. До них відносяться різноманітні елементи, такі як пояса і стінки шпангоутів, стійки жорсткості нервюр і лонжеронів, стрингери панелей, компенсатори, фітинги та інші.

Перевагами збуту літаків Ан-140 до інших країн є:

- традиційність зв'язків;
- добре налагоджена і зручна система післяпродажного обслуговування.

Недоліками ринку є:

- загальна економічна криза країн-покупців;
- складність зі взаємними платежами;
- введення прикордонних бар'єрів.

Переваги ринків далекого зарубіжжя:

- великі розміри ринків;
- можливість отримання прибутку в ВКВ;
- стабільне політичне і економічне становище.

Недоліки ринків далекого зарубіжжя:

- недостатня популярність фірми;
- недовіру покупців до нового виробу;
- велика конкуренція;
- складність з післяпродажним обслуговуванням.

Літаки, вироблені на підприємстві, продаються шляхом прямих продажів. Підприємство має відділ збуту та відділ зовнішньо-економічних зв'язків, які відповідають за організацію продажів та здійснення зовнішньоекономічної діяльності. Ці відділи проводять ретельні дослідження ринків, аналізують різні варіанти та стратегії збуту продукції протягом року.

У результаті переговорів сторін укладається договір про поставку товару на визначений термін із визначеною кількістю. У цьому договорі також вказується гарантійний ресурс експлуатації постачальної продукції.

Для успішного позиціонування товару на ринку необхідно розробити відповідну рекламну кампанію. Рекламу розглядають як інформацію, що

стосується споживчих властивостей товару та представляє собою засіб комунікації між виробником і споживачем.

Форми реклами, прийнятні для даного типу товару:

- друкована реклама;
- фірмові видання;
- розміщення своїх даних у світових каталогах;
- участь в авіасалонах і авіашоу.

Кваліфікація робітників визначається на підставі їхнього робочого досвіду та складності виконання завдань.

Ризик визначається як міра непевності або мінливості віддачі, включаючи очікувані надходження та прибуток від інвестицій.

При виготовленні та реалізації продукції фірма-виробник може зіткнутися з такими труднощами:

- невизначеність в досягненні результату;
- невідомість в поведінці конкурентів;
- відмова постачальників;
- спад виробництва та ін.

Для уникнення ризиків можна використовувати різні обмеження при укладанні контрактів.

Для мінімізації ризиків також важливо враховувати всі можливі фактори ризику та їх наслідки в укладених контрактах на поставку та придбання.

На підприємстві діють відділ збуту та відділ зовнішньо-економічних зв'язків, які проводять ретельні дослідження ринків, аналізують варіанти та шляхи збуту річної продукції з метою оптимізації процесів та мінімізації можливих ризиків.

### **3.1.3 Маркетинг**

Вибір політики ціноутворення.

У контракті на поставку визначаються чотири основні позиції:

1. Одиниця зміни ціни – це кількісна характеристика товару, яка залежить від його характеру та світової практики.
2. Базис ціни – визначає, які витрати включаються в ціну товару та покладаються на продавця, а які покупець оплачує додатково.
3. Валюта ціни – ціна може бути виражена у валюті країни імпортера, експортера або третьої сторони, що визначає, в якій валюті проводиться розрахунок.

4. Способи фіксації цін – ціна може бути визначена або відразу при укладенні контракту, або після його укладення залежно від умов і обставин.

Розрізняють 4 види цін:

- тверда ціна;
- рухома ціна;
- змінна ціна;
- ціна з подальшою фіксацією.

Для літака, як товару з тривалим терміном виготовлення, застосовується змінна ціна. Ця ціна переглядається на момент виконання контракту шляхом оцінки базової ціни з урахуванням змін у витратах на виробництво протягом періоду виконання замовлень на товар.

Маркетинг виділяє 4 основні види цінової стратегії на ринку:

- стратегія високих цін;
- стратегія низьких цін;
- стратегія диференційованих цін;
- стратегія конкурентних цін.

### **3.2 Формування ринку попиту з урахуванням оцінки можливих ризиків і рекламної пропаганди для придбання стійких договірних замовлень на попит продукції**

#### **3.2.3 Реклама**

Створення попиту - це процес формування громадської думки щодо товару з метою привертання загальної уваги і, в кінцевому результаті, викликання бажання споживача придбати цей товар.

Для забезпечення великого обсягу виробництва та отримання значного прибутку важливу роль відіграє рекламна діяльність, яка спрямована на два основні напрями:

1) Отримання нових замовлень на готову продукцію є ключовим етапом. Кількість замовлень для нашої продукції визначається діяльністю підприємств, що спеціалізуються на виробництві літаків, зокрема, типу Ан-140. Таким чином, ефективна рекламна кампанія має бути спрямована саме на літак. Однак для самостійного розвитку такої діяльності підприємству необхідно взаємодіяти з заводом-виготовлювачем Ан-140 та ОКБ АНТК ім. Антонова, які беруть на себе основну роль у рекламній діяльності. У межах цього напрямку вони реалізують різноманітні форми реклами, включаючи:

а) пряма поштова реклама. Це означає, що виробник спрямовує свою рекламу безпосередньо до конкретних осіб у їх професійному або службовому статусі. Це включає розсилку рекламних буклетів та інформаційних описів безпосередньо

потенційним споживачам. Крім того, представники замовників запрошуються на виставки та показові польоти для подальшого взаємодії та обговорення пропозицій.

б) публікація реклами у спеціалізованих та вузькоспрямованих виданнях зорієнтованих на цільовий ринок, споживачі якого зацікавлені в товарах та послугах авіаційного комплексу, є ефективним методом. З урахуванням різноманіття таких видань, важливо акцентувати увагу на тих, які регулярно читають фахівці з регіонів, де спостерігається попит на літаки типу Ан-140.

в) реклама на виставках.

Це передбачає активну участь виробника у різноманітних виставках загального та спеціалізованого спрямування, таких як авіасалони та авіа-шоу, які проводяться по всьому світу. Переважно слід приділяти увагу виставкам, що проходять в регіонах потенційних покупців, оскільки участь у них дозволяє не лише представити власну продукцію, але й провести переговори з зацікавленими організаціями.

Така участь дозволяє ефективно розповсюджувати рекламну інформацію централізовано та оперативно, а також збирати інформацію про конкурентні товари. Зазначене співпрацювання з іншими авіабудівельними компаніями в сукупності буде сприяти успішній рекламній діяльності підприємства.

2) Іншим напрямком у сфері рекламної діяльності підприємства є залучення замовлень на виробництво зовсім нових продуктів, наприклад, крила для нових моделей літаків, таких як Ан-148. В даному випадку об'єктом реклами виступає безпосередньо наше підприємство. Таким чином, реалізуючи рекламні заходи, підприємство сподівається на отримання замовлень у майбутньому. При досягненні повної масштабності виробництва передбачається застосування різних видів знижок.

### 3.2.2 Аналіз ризику

Під час впровадження нового ринково-орієнтованого продукту виробництва та його розробки можуть виникати наступні труднощі:

1. Невизначеність в досягненні результатів;
2. Суб'єктивність в інтересах різних ділянок проекту, множинність критеріїв оцінки.

Ризик – це міра мінливості і невизначеності віддачі, що включає очікувані надходження. За рахунок того, наскільки операція є ризикованою, залежить можливий обсяг отриманого прибутку. Під час оцінки ризику важливо враховувати два ключових фактори:

1. Обсяг фінансування.

## 2. Фактор часу.

Існує два види ризику:

1. Диверсифікований ризик: це фінансовий ризик підприємства, який залежить від нестабільності цін на матеріали та змін в попиті на його продукцію.
2. Недиверсифікований ризик: це загальний ризик системи, який включає зростання цін на енергоносії, економічну нестабільність в країні, інфляцію та інші фактори.

Для зменшення ризику застосовуються різні застереження при укладанні контракту. З метою мінімізації диверсифікованих ризиків в контракті може бути встановлена ковзаюча ціна і визначена форма її розрахунку.

Для компенсації інших видів ризику використовується страхування. Страхування є фінансовим заходом для забезпечення можливого втрати, зниження ризику або повного його відшкодування.

### 3.3 Вихідні дані для техніко-економічних показників цеху

Розряд робочих не нижче 4 розряду.

Мінімальна зарплата 7100 грн, часова ставка 42,6 грн.

Річна програма випуску виробу  $NВ=24$  шт.

Трудомісткість одного виробу: 194 год.

Підприємство працює в одну зміну.

Тривалість виробничого циклу дорівнює 120 год.

Річна програма запуску  $NЗ$ , шт. у виробництво розраховується за формулою:

$$NЗ = NВ \cdot \left(1 + \frac{ПН}{100}\right) = 24 \cdot \left(1 + \frac{6}{100}\right) = 25 \text{ шт.},$$

Де ПН – технічні неминучі витрати. ПН=6%.

Для розрахунку собівартості виробу необхідно врахувати наступні складові:

- вартість основних матеріалів;
- витрати на зворотні відходи;
- заробітну плату виробничих працівників (основну та додаткову);
- відрахування до Фонду соціального страхування з заробітних плат;
- загальновиробничі постійні та змінні витрати;
- витрати на освоєння нових видів виробу.

Собівартість виробу обчислюється як:

$$С_{Вир} = ВМ - ЗВ + ОЗПР + ДЗПР + ЄСВПР + П_{еВ} + П_{оВ} + ВПВ$$

Трудомісткість партії деталей:

$$ТГ = ТГ_{шт} \cdot NЗ,$$

Де  $ТГ_{шт}$  – трудомісткість одного виробу;

№3 – річна програма запуску деталей;

$$ТГ=194 \cdot 25=4850 \text{ н.годин};$$

Основна заробітна плата складає:

$$ОЗПР=ТГ \cdot СГС,$$

Де СГС – середня годинна ставка.

Середня годинна ставка визначається відповідно до середнього розряду робіт, що виконується в цеху. Розрахунок кількості працівників цеху здійснюється за такими категоріями працівників: основні, виробничі і допоміжні робітники, фахівці (інженерно-технічні працівники), службовці, молодший обслуговуючий персонал.

Припускаємо, що на одному верстаті працює один робітник.

Таблиця 3.1 – Кількість робітників цеху

Професія	Кількість робітників, чол.	Розряд
Слюсарі	12	4
Оператори згинальних верстатів	23	4
Оператор фрезерного верстата	7	4
Свердлильники	14	4
Всього	56	

Середня годинна ставка СГС складає:

$$СГС = \frac{ГС_{IV} \cdot КВР_{IV}}{КВР},$$

Де  $ГС_{IV}$  – годинна ставка IV розряду;

$КВР_{IV}$  – кількість виробничих робітників IV розряду;

$$СГС = \frac{1,65 \cdot 56 \cdot 42,6}{56} = 70,29 \text{ грн};$$

Витрати на сировину та матеріали (ВМ):

$$ВМ = НМ \cdot ЦМ \cdot \left(1 + \frac{НТ}{100}\right),$$

де НМ – маса матеріалів заготовок;

$$НМ=24 \cdot 4850=116400 \text{ кг},$$

НТ – норматив транспортних витрат, %; НТ=1,5%;

ЦМ – ціна кілограму матеріалу деталі, для Д16 ЦМ=360 грн/кг.

$$ВМ = 116400 \cdot 360 \cdot \left(1 + \frac{1,5}{100}\right) = 42\,532\,560 \text{ грн}.$$



Зворотні витрати (ЗВ), то залишки сировини, матеріалів, напівфабрикатів, що втратили свої споживчі якості в процесі виробництва, складають:

$$ЗВ = НМ \cdot \left(1 - \frac{КВМ}{100}\right) \cdot ЦМ \cdot 0,1,$$

де КВМ – коефіцієнт використаних матеріалів, %; КВМ=82,8%.

$$ЗВ = 57408 \cdot \left(1 - \frac{82,8}{100}\right) \cdot 360 \cdot 0,1 = 355\,470,34 \text{ грн},$$

Тоді основна заробітна плата складає:

$$ОЗПР = 7100 \cdot 1,65 = 11715 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата виробничих робітників визначається за формулою:

$$ДЗПР = ОЗПР \cdot \frac{НДО}{100},$$

де НДО – норматив додаткової заробітної плати робітників, %; НДО=45%.

$$ДЗПР = 11715 \cdot \frac{45}{100} = 5271,75 \text{ грн.}$$

Відчислення у фонд ЄСВ з основної та додаткової заробітної плати робітників ЄСВПР, грн. розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати:

$$ЄСВПР = (ОЗПР + ДЗПР) \cdot \frac{НЄСВ}{100},$$

де НЄСВ – норматив відрахувань у фонд ЄСВ із заробітних плат основних робітників, НЄСВ=22%

$$ЄСВПР = (11715 + 5271,75) \cdot \frac{22}{100} = 3737,1 \text{ грн.}$$

Сума постійних загальновиробничих витрат є нормативом від заробітної плати основних робітників. Визначається за формулою:

$$ПоВ = 65\% \cdot ОЗПР = 65\% \cdot 11715 = 7614,75 \text{ грн.}$$

Сума змінних загальновиробничих витрат є нормативом від заробітної плати основних робітників. Визначається за формулою:

$$ПеВ = 80\% \cdot ОЗПР = 80\% \cdot 11715 = 9372 \text{ грн.}$$

Витрати на підготовку виробництва (ВПВ) визначають нормативом від матеріальних витрат та основної заробітної плати виробничих робітників для виробу:

$$ВПВ = (ВМ + ОЗПР) \cdot \frac{НОВ}{100},$$

де НОВ – норматив витрат на підготовку виробництва, % НОВ=6%;

$$\text{ВПВ} = (42\,532\,560 + 11\,715) \cdot \frac{6}{100} = 2\,552\,656,5 \text{ грн.}$$

Собівартість партії виробів:

$$\text{СВир} = 42\,532\,560 - 355\,470,34 + 11\,715 + 5\,271,75 + 3\,737,1 + 9\,372 + 7\,614,75 + 2\,552\,656,5 = 44\,787\,456,76 \text{ грн.}$$

Собівартість одного виробу:

$$\text{СВ} = \frac{\text{СВир}}{NЗ} = \frac{44\,787\,456,76}{25} = 1\,791\,498,3 \text{ грн,}$$

Витрати на збут одного виробу визначаються за формулою:

$$\text{ВЗБ} = 5\% \cdot \text{СВ} = 5\% \cdot 1\,791\,498,3 = 89\,574,9 \text{ грн.}$$

Повна собівартість партії виробів (враховуючи витрати на збут):

$$\text{СВ}_{\text{ПОВНА}} = NЗ \cdot (\text{ВЗБ} + \text{СВ}) = 25 \cdot (89\,574,9 + 1\,791\,498,3) = 47\,026\,830 \text{ грн.}$$

Повна собівартість одного виробу:

$$\text{СВ}_{\text{ВИРОБУ}} = \frac{\text{СВ}_{\text{ПОВНА}}}{NЗ} = \frac{47\,026\,830}{25} = 1\,881\,073,2 \text{ грн.}$$

Усі результати розрахунків зведено до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Визначення собівартості деталей

Найменування величин	Позначення	Значення, грн
Витрати на сировину і матеріали	ВМ	42 532 560
Зворотні відходи	ЗВ	355 470,34
Основна зарплата виробничих робітників	ОЗПР	11 715
Додаткова зарплата виробничих робітників	ДЗПР	5 271,75
Нарахування до фонду ЄСВ на заробітну плату виробничих робітників	ЄСВПР	3 737,1
Постійні загальновиробничі витрати	ПоВ	7 614,75
Змінні загальновиробничі витрати	ПеВ	9 372
Витрати на підготовку виробництва	ВПВ	2 552 656,5
Собівартість партії виробів	СВир	44 787 456,76
Собівартість одного виробу	СВ	1 791 498,3
Витрати на збут	ВЗБ	89 574,9
Повна собівартість партії виробів	СВ <sub>ПОВНА</sub>	47 026 830
Повна собівартість одного виробу	СВ <sub>ВИРОБУ</sub>	1 881 073,2
Ціна на виріб без ПДВ	ЦВ	2 069 180,52

### 3.2.1 Визначення критичної програми випуску виробів

Розмір критичної програми (РКП) річного обсягу випуску продукції визначає мінімальний обсяг виробництва за рік, при якому дохід від продажу (РДР) дорівнює витратам виробництва (РВВ), і, отже, прибуток становить нуль. Розмір програми випуску визначається графічно.

Точка беззбитковості представляє собою розмір партії продукції, при якій досягається "нульовий прибуток", тобто прибуток від продажу дорівнює витратам виробництва.

Графічно критичну програму виробництва визначаємо як проекцію точки перетинання двох прямих: річного доходу від реалізації (РДР) і річних витрат виробництва (РВВ).

Річні постійні витрати (РПоВ) визначаємо за трьома видами витрат і множенням цієї суми на річний обсяг запуску у виробництво (NЗ), який заданий у вихідних даних для виробу:

$$\text{РПоВ} = (\text{ПоВ} + \text{АВ} + \text{ВЗ}) \cdot \text{NЗ},$$

де АВ – адміністративні витрати;

$$\text{АВ} = \text{ОЗПР} \cdot \frac{\text{НА}}{100},$$

де НА – норматив від виробничої собівартості виробу.

Адміністративні витрати (АВ) включають в себе витрати на оренду офісу і адміністративних приміщень, витрати на зв'язок і інтернет, зарплату адміністративного персоналу та відділу збуту, податки на фонд оплати праці, витрати на відрядження адміністративного персоналу, податки, витрати на розрахунково-касове обслуговування, амортизація засобів, використовуваних в адміністративній діяльності. Середня вартість за годину розраховується і множиться на час виготовлення відповідно до технологічного процесу.

$$\text{АВ} = 11715 \cdot \frac{10}{100} = 1\,171,5 \text{ грн},$$

ВЗ – виробнича собівартість;

$$\text{ВЗ} = \text{СВ} \cdot \frac{\text{НЗ}}{100},$$

де НЗ – норматив витрат на збут;

$$\text{ВЗ} = 1\,791\,498,3 \cdot \frac{5}{100} = 89\,574,9 \text{ грн};$$

$$\text{РПоВ} = (7614,75 + 1\,171,5 + 89\,574,9) \cdot 25 = 2\,259\,028,75 \text{ грн}.$$

Далі будемо лінію змінних витрат, що виходять із початку координат:

$$\text{ЗмВ} \cdot \text{NВ}$$

Змінні витрати ЗмВ, що припадають на один виріб, визначаємо вирахуванням з виробничої собівартості виробу СВир постійних загальновиробничих податків ПоВ:

$$\text{ЗмВ} = \text{СВ} - \text{ПоВ} = 1\,791\,498,3 - 7614,75 = 1\,783\,883,55 \text{ грн.}$$

Лінію річного доходу від реалізації РДР, яка також виходить із початку координат, визначаємо за формулою:

$$\text{РДР} = \text{ЦВ} \cdot \text{NV},$$

де ЦВ – оптова ціна на виріб.

$$\text{РДР} = 2\,069\,180,52 \cdot 25 = 51\,729\,513 \text{ грн.}$$

Аналітично розмір критичної програми РКП розраховуємо за формулою:

$$\text{РКП} = \frac{\text{РПоВ}}{\text{ЦВ} - \text{ЗмВ}'}$$

$$\text{РКП} = \frac{2\,259\,028,75}{2\,069\,180,52 - 1\,783\,883,55} = 7,92 \approx 8 \text{ шт.}$$

Річний кошторис витрат на виробництво:

$$\text{РВВ} = \text{СВ} \cdot \text{NV} = 1\,791\,498,3 \cdot 25 = 44\,787\,357,5 \text{ грн.}$$

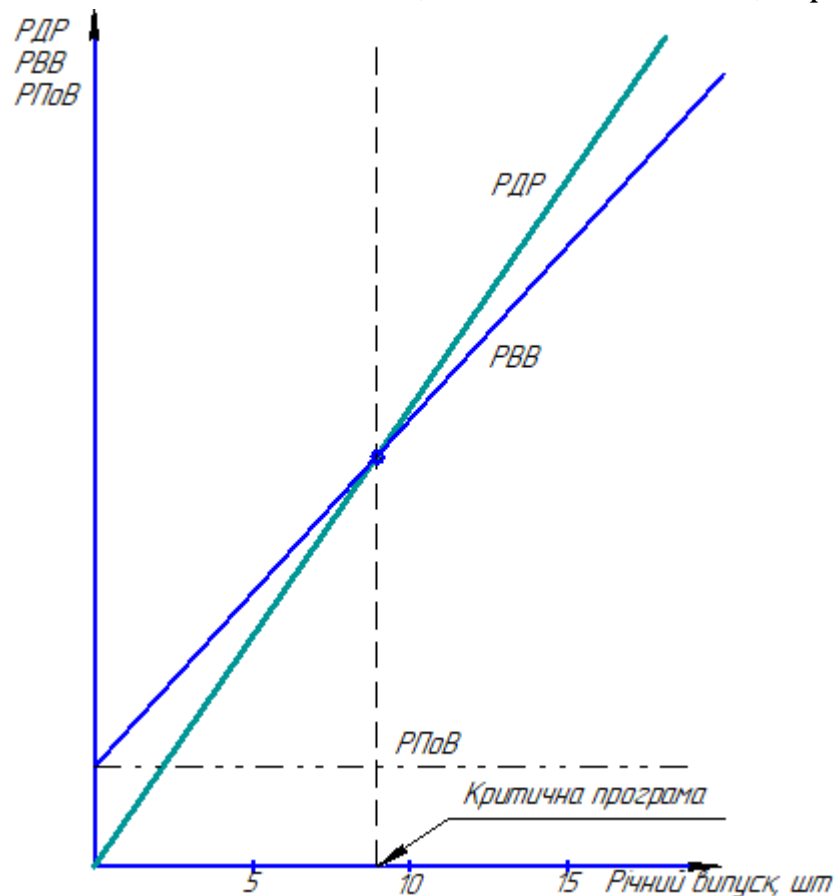


Рисунок 3.1 – Точка безбитковості

## **4 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ**

## ВСТУП

У сучасній авіаційно-космічній промисловості спостерігається тенденція до підвищення вимог до якості деталей, що виготовляються шляхом механічної обробки. Ця тенденція суттєво впливає не лише на вдосконалення процесів виготовлення деталей, але також на оптимізацію їх фінішної обробки і очищення. З урахуванням мініатюризації вузлів, впровадження високоточних електронно-механічних механізмів, збільшення кількості вхідних деталей і складності збирання різних агрегатів літака, все більшого значення набувають технології очищення поверхонь від мікрочастинок.

Особливий інтерес викликають наукові дослідження, спрямовані на створення автоматизованого обладнання для фінішної обробки, розробку науково обґрунтованих методів визначення режимів його роботи та інтеграції його в сучасне виробництво, а також комплексне використання CAD / CAE-систем.

Таким чином, метою цього дослідження є визначення тенденцій розвитку технологій фінішної обробки деталей літаків з урахуванням вимог сучасного виробництва.

#### 4.1 Автоматизація в сучасному машинобудуванні

Автоматизація в машинобудуванні представляє собою складну комплексну задачу, однак вона забезпечує сучасний рівень ефективного виробництва машин. Розв'язання цієї проблеми, незважаючи на значні інвестиції, призводить до підвищення продуктивності праці, покращення якості продукції, зниження витрат виробництва та істотного поліпшення соціальних умов праці.

В розгляді був варіант використання термічного видалення задирок за допомогою лазера. Проте цей метод не є універсальним для всіх видів деталей. Наприклад, при обробці тонкостінних деталей може відбуватися спотворення стінок деталі внаслідок теплового впливу лазера. Тому для видалення задирок з таких деталей доцільніше застосовувати механічні методи.

Один із аспектів гнучкої автоматизації пов'язаний з використанням промислових роботів (ПР) для автоматизації в основному допоміжних операцій, таких як завантаження-розвантаження технологічного обладнання, автоматична заміна інструментів, автоматичний контроль і т.п. Разом з числовим програмним керуванням (ЧПК) і комп'ютерною технікою управління, промислові роботи забезпечують автономну та ефективну роботу роботизованих технологічних комплексів різного призначення.

Головною перевагою робототехніки є можливість швидкої та простої переналаштованості для вирішення різноманітних технологічних завдань та використання в різних типах виробництва, від дрібносерійного до масового. В багатьох випадках роботизація є швидким та простим методом автоматизації виробничих процесів порівняно з іншими засобами автоматизації.

Збільшення мобільності виробництва відкриває можливість для реалізації наступних переваг:

- зменшення часу, необхідного для освоєння нової продукції та постачання її споживачеві, є важливим аспектом. Внесення змін в конструкцію виробу може бути реалізоване якнайшвидше. У виробництві, де використовуються інтегровані системи (ГПС, САПР, ПР), існує можливість внесення змін у конструкцію виробів під час самого процесу виробництва;
- підвищення гнучкості виробництва досягається за рахунок значного скорочення часу, необхідного для переналагодження. Фактично переналагодження проводиться лише при переході до обробки іншої групи деталей і не відбувається при переході від обробки однієї деталі до іншої всередині цієї групи. У повністю гнучкому виробництві передбачається можливість обробки різних деталей без зупинки верстата для переналагодження;

- вдосконалення управління виробництвом у всіх цехах та своєчасне врахування умов, які виникають при складанні;
- збільшення виробничих потужностей можливе як за рахунок вивільнення верстатів, інструменту, пристроїв та оснащення для інших виробничих завдань і випуску іншої продукції, так і завдяки можливостям поетапного нарощування виробничих потужностей шляхом додавання додаткових верстатів і устаткування;
- можливість модернізації та оновлення заводів на основі новітніх досягнень науки і техніки без зупинки виробництва та при зменшених капітальних витратах.

Збільшення фондівддачі виробництва реалізується через такі напрямки:

- скорочення часу всього виробничого циклу, що призводить до зменшення часу «від воріт до воріт» в середньому в 30 разів;
- забезпечення повної обробки деталей усією системою без очікувань;
- скорочення кількості необхідних верстатів у порівнянні з обробкою того ж числа деталей на верстатах з ЧПК становить від 20 до 50%.

Зростання продуктивності праці впливає на виробництво в наступні способи:

- підвищення продуктивності на всіх етапах виробництва, включаючи проектування, технологічну підготовку, обробку, складання, контроль, а також всі допоміжні роботи (міжцеховий і цеховий транспорт). Досвід використання великих САПР для складних виробів показує збільшення продуктивності праці конструктора в 4-5 разів, а в окремих випадках - навіть в 10 разів;
- можливість тривалого функціонування без присутності людини або обмеженого числа операторів-спостерігачів;
- скорочення числа персоналу завдяки централізації обробки деталей, управління верстатами з центральної ЕОМ, застосуванню пристроїв діагностики та стану верстатів і процесів. Це збільшує можливості багатостанкового обслуговування, де оператор виступає в ролі керівника процесів виробництва, а не оператора верстату. У деяких випадках кількість операторів, які обслуговують ДПС, може скорочуватися в 10-15 разів порівняно з кількістю верстатників, необхідних для однакового випуску продукції. Хоча на початкових етапах впровадження ДПС може збільшуватися кількість програмістів та інших інженерно-технічних працівників, загальне число персоналу, яке займається цим, скорочується принаймні на 30%.



## 4.2 Процес розробки керуючої програми

Додаток PowerMILL Robot Interface повністю інтегровано з САМ-системою PowerMILL. Це дозволяє з легкістю і швидкістю розробляти точні та ефективні керуючі програми для багатовісцевих промислових роботів. Забезпечуючи необмежений доступ до всього спектру стратегій обробки, реалізованих в PowerMILL, додаток дозволяє легко програмувати промислові роботи та виконувати 3D-симуляцію керуючих програм з урахуванням їх кінематичних характеристик. Крім того, він здатний постпроцесувати управляючі програми в коді ЧПК-контролера конкретного робота.

Цей додаток підтримує велику кількість роботів з різними кінематичними схемами від усіх основних виробників. Такий підхід забезпечує універсальність та гнучкість у програмуванні та моделюванні операцій з використанням промислових роботів у виробничих процесах.

PowerMILL Robot Interface вирішує ряд важливих завдань, пов'язаних із програмуванням та управлінням промисловими роботами:

- програмування фрезерної обробки з шпиндельними головками: ідеальне рішення для обробки важких та великогабаритних виробів в умовах одиночного або дрібносерійного виробництва;
- розробка керуючих програм для шліфування та полірування: спеціалізовані функції для створення програм для промислових роботів із шліфувальними головками або стрічково-шліфувальними агрегатами, що застосовуються для масового виробництва;
- розширення робочої зони промислового робота: ефективне використання зовнішніх вісей, таких як поворотний стіл або рухома підставка на лінійних направляючих, для значного розширення робочої зони робота та оброблюваних деталей;
- швидке переміщення кінематичних ланок робота: використання програмного інтерфейсу "Дистанційне керування" для швидкого переміщення кінематичних ланок робота в потрібне положення, аналогічне зовнішньому навчальному пульта управління.

PowerMILL Robot Interface надає комп'ютерну 3D-симуляцію, що включає в себе наступні можливості:

- пошук раціональної стратегії переміщення: врахування всіх факторів, таких як пріоритет використання кожної з вісей, геометрія оброблюваної деталі, розміри інструменту тощо. Це дозволяє знаходити оптимальні стратегії переміщення кінематичних ланок робота;
- постпроцесування готової керуючої програми: пряме перетворення готової

керуючої програми в послідовність команд, зрозумілу конкретному роботу за допомогою ЧПК-контролера. Це усуває можливість виникнення помилок при використанні зовнішніх трансляторів коду;

- зберігання параметрів в конфігураторі: зберігання та повторне використання параметрів, які користувач визначає для роботизованого виробничого середовища. Це включає обмеження переміщень по вісям окремих ланок, їхнє початкове положення в просторі, параметри інструменту та інші налаштування.

Ці можливості роблять процес програмування та управління промисловими роботами більш точним, ефективним і піддається контролю, сприяючи оптимізації виробничих процесів.

PowerMILL Robot Interface надає ряд інструментів для аналізу та оптимізації управляючих програм (УП) для промислових роботів:

- відображення робочої зони робота: оптимізація розташування оброблюваної деталі в межах робочої зони робота для забезпечення максимального доступу до всіх елементів обробки;

- перегляд діапазону переміщень ланок робота: спостереження за переміщеннями ланок робота під час виконання УП для аналізу кінематики та виявлення можливих зіткнень;

- виявлення обставин і перешкод: виявлення будь-яких факторів, які можуть перешкоджати виконанню УП, включаючи повідомлення про досягнення роботом граничних положень чи сингулярностей;

- аналіз кінематики робота: глибокий аналіз кінематики робота за допомогою докладних графіків, які відображають стан вісей, межі їх можливих переміщень, точки сингулярності та перевероти "кисті";

- перегляд значень прискорення: відображення графіків значень прискорення по кожній з вісей для попередження високих динамічних навантажень;

- програмування робота: функції для точного калібрування інструменту та навісної головки шпинделя без необхідності індивідуального налаштування для кожного інструменту методом "навчання";

- Допоміжні Майстри: Застосування допоміжних Майстрів, які використовують інформацію про поточний проект і конфігурації робота, для спрощення завдань параметрів інструменту і прив'язки до оброблюваної деталі.

PowerMILL Robot Interface забезпечує ефективну експлуатацію роботизованого виробничого середовища у найкоротший термін. Автоматизований процес розробки УП спрощує програмування послідовностей операцій та забезпечує можливість легкої 3D-симуляції, перегляду та редагування конкретних частин траєкторій. В кінцевому підсумку PowerMILL Robot Interface надає промислового роботу здатність досягати високої точності та якості обробки, порівнянної з

численними фрезерними верстатами з ЧПК.

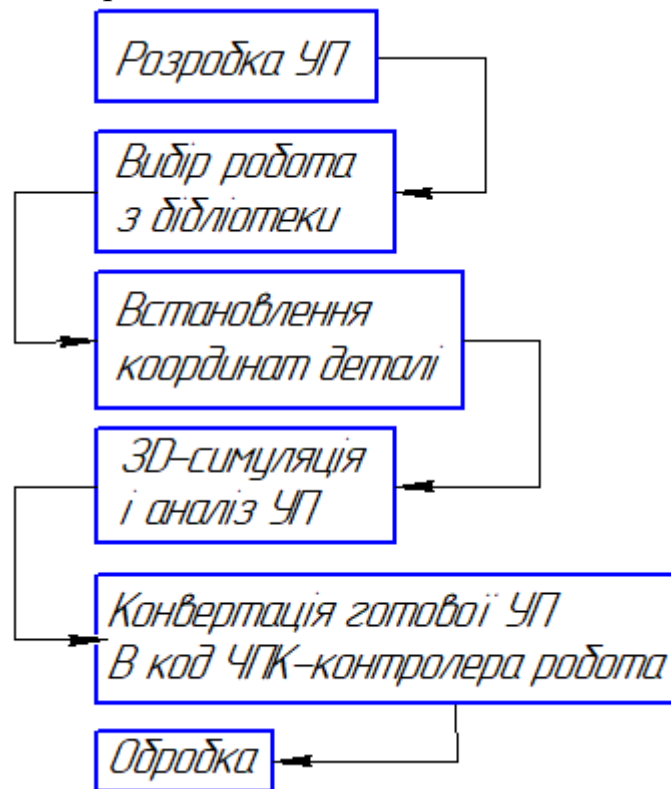


Рисунок 4.1 – Процес підготовчих операцій

Преваги використання PowerMILL Robot Interface:

- Єдина програма для всього циклу: Починаючи від розробки УП і закінчуючи 3D-симуляцією та генерацією коду для ЧПК-контролера робота, весь процес об'єднаний в одній програмі.
- Простота програмування: Програмування промислового робота є так само простим, як і програмування звичайного п'ятивісний верстата з ЧПК.
- Ручне редагування положення вісей: Існує можливість вручну редагувати положення вісей робота для уникнення сингулярності, що забезпечує більший контроль над процесом.
- Відсутність потреби в трудомісткому налагодженні методом «навчання»: Немає необхідності в складних налаштуваннях робота за допомогою трудомісного процесу "навчання".

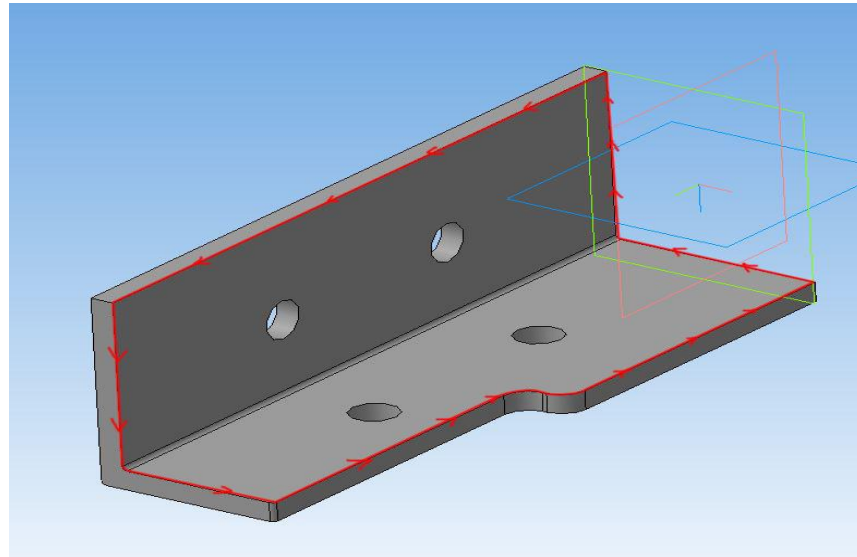


Рисунок 4.2 – Траєкторія побудови

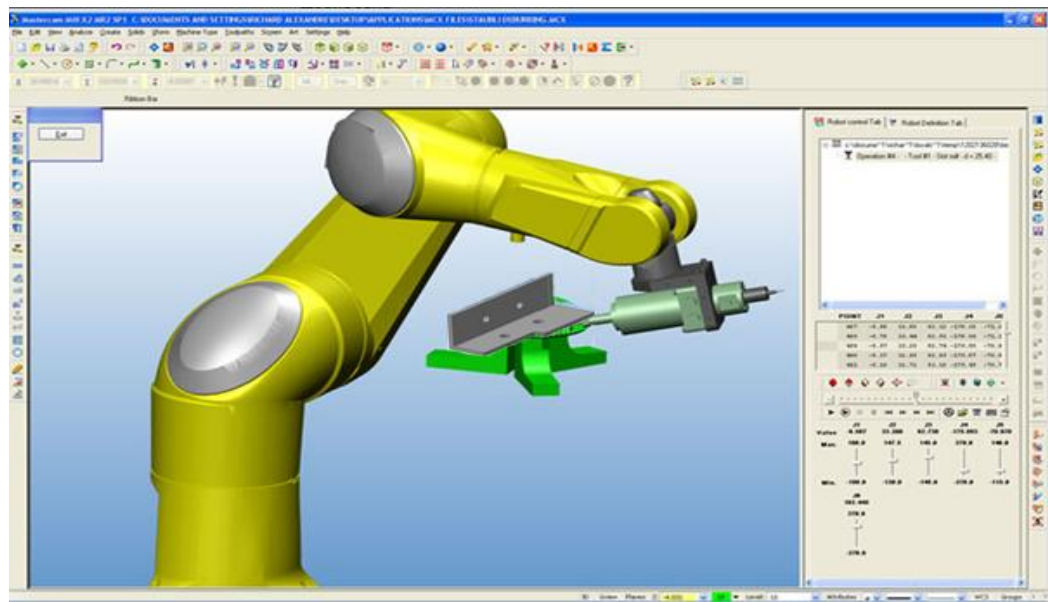


Рисунок 4.3 – 3D-симуляція і аналіз УП

В середовищі Mastercam використовуються потужні інструменти для створення послідовності технологічних операцій обробки за звичними методиками та прийомами, які вже успішно використовуються при програмуванні верстатів з ЧПК. Після підготовки операцій обробки технолог може взаємодіяти з функціями Robotmaster в Mastercam. Він може вибрати конкретний варіант виконання роботизованого середовища і навісного агрегата, а також вказати специфічні параметри. Після цього виконується симуляція та перевірка рухів в віртуальному середовищі. При необхідності може бути проведена оптимізація або налаштування параметрів. Коли всі операції обробки готові, здійснюється випуск УП.

Robotmaster може бути використаний для програмування різноманітних операцій, таких як зняття задирок, згладжування гострих кромek та інших подібних операцій, які виконуються різними інструментами, такими як фрези, пристрої з шліфувальною стрічкою, абразивні диски, щітки і полірувальні диски.

### 4.3 Роботизоване середовище

За допомогою Robotmaster виробники можуть швидко і ефективно програмувати роботизоване середовище, використовуючи перевірені CAD/CAM-технології відомі світовій індустрії. Ростуть вимоги до інноваційних технологій та гнучкості виробництва, що призводить до того, що роботи швидко стають конкурентоспроможними заміниками для традиційних фрезерних верстатів з ЧПК. Сучасні роботи, які раніше виконували прості операції "візьми і поклади", значно покращили свої характеристики точності і жорсткості. Їх все частіше використовують для завдань, пов'язаних з видаленням матеріалу.

Видалення задирок та облог може бути використане в виготовленні виробів з пластику, зокрема для зачистки після виливки на термопласт-автоматах. Автоматизація ручних слюсарних операцій дозволяє підприємствам досягти ефективного підвищення продуктивності (швидкість може збільшитися до 80%) при високій точності виготовлених виробів. Це дозволяє уникнути ручної праці на шкідливих виробництвах, виключити вплив людського фактора, підвищити якість обробки та зменшити рівень виробничого браку, забезпечуючи максимальний рівень безпеки під час роботи.

На відміну від чистової фрезерної обробки, роботизована обробка використовує інструменти із моментом рухливості, які дозволяють видаляти матеріал по контуру без врізання і задирок у основних корпусних частинах виробу. Залежно від складності обробки може бути встановлена система для зміни інструмента, вибір різних пристроїв тощо. Також, залежно від розмірів виробу, можна використовувати різні моделі робота, що відповідають конкретному проєкту обробки виробів та робочій зоні.

Покращення в області контролю сили та використання технології технічного зору роблять роботизовану обробку, особливо фінішну, більш точною, спрощують і здешевлюють впровадження роботизованого середовища. Компанія "FANUC" внесла покращення в аспект силової чутливості, забезпечивши його як аспект "plug-and-play". Також це стосується і інтегрованої технології зору. Обидві ці технології значно скорочують інтервал часу від проєктування до втілення (від концепції до виготовлення) проєктів. Протягом останніх двох років понад 90% систем, які були інтегровані, мали вбудований зір. Це стало повністю доступною опцією.

Стандартне середовище обробки деталей спроектоване на основі модульного принципу з використанням серійних компонентів і призначене для вирішення завдань механізованої обробки виробів, таких як свердління, фрезерування, зняття

задинок, шліфування, полірування та відрізка. Середовище відповідає сучасним вимогам виробництва і відзначається принципом "максимальна продуктивність за оптимального використання простору".

Одним оператором здійснюється обслуговування роботизованого середовища. У його обов'язки входить завантаження/розвантаження оброблюваних деталей в оснащення та контроль процесу механічної обробки. Пульти з інтерактивним графічним інтерфейсом дозволяють оператору ефективно управляти роботою і надає йому необхідні дані в процесі роботи.

Оператор може вибрати робочу програму за допомогою графічного інтерфейсу і фотографій виробів, а також отримувати інформацію про кількість оброблених виробів і тривалість робочого циклу за допомогою спеціальної утиліти Production Manager.

Система обробки деталі FlexMesh може включати одну, дві або кілька робочих зон, які відділені перегородками: зона завантаження / розвантаження виробів оператором, зона магазину інструменту, зона обслуговування інструменту та зона обробки деталі. В зоні обробки деталі може бути встановлено як стаціонарний стіл, так і поворотний стіл (позиціонер). Засоби фіксації деталей розміщуються на столі / позиціонері. Позиціонер із двома / чотирма робочими зонами дозволяє одночасно виконувати завантаження / розвантаження деталей та їх обробку. Розглядаються різні конфігурації позиціонера з кількома робочими зонами, щоб досягти безперервного потоку виробництва.

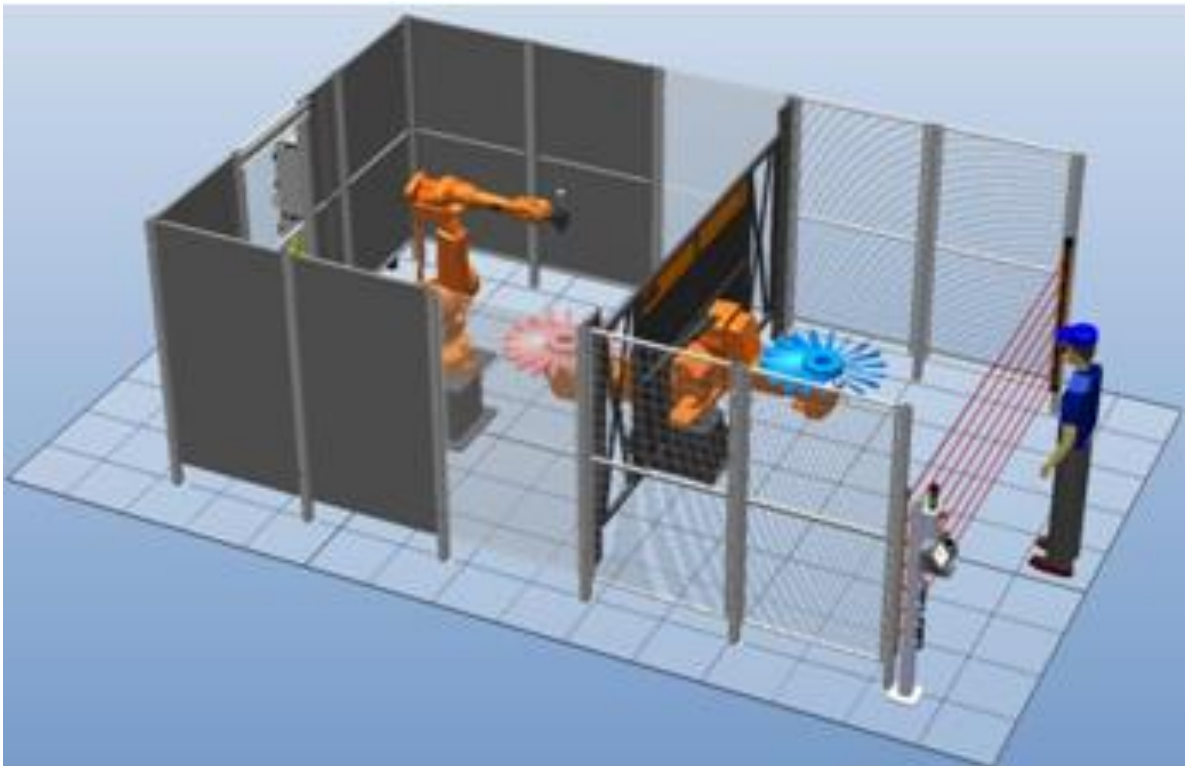
За наявності автоматичної системи зміни інструменту вибір робочого інструмента відбувається відповідно до програми роботи. Замовнику може бути запропоновано різні варіанти розміщення деталей в оснащенні (три або більше комплекти оснащення) з метою спрощення конструкції оснастки та процесу завантаження / розвантаження за його бажанням. Кожен комплект оснащення встановлюється на позиціонері перед початком механічної обробки відповідної деталі.

Таблиця 4.1 – Характеристика роботизованого середовища

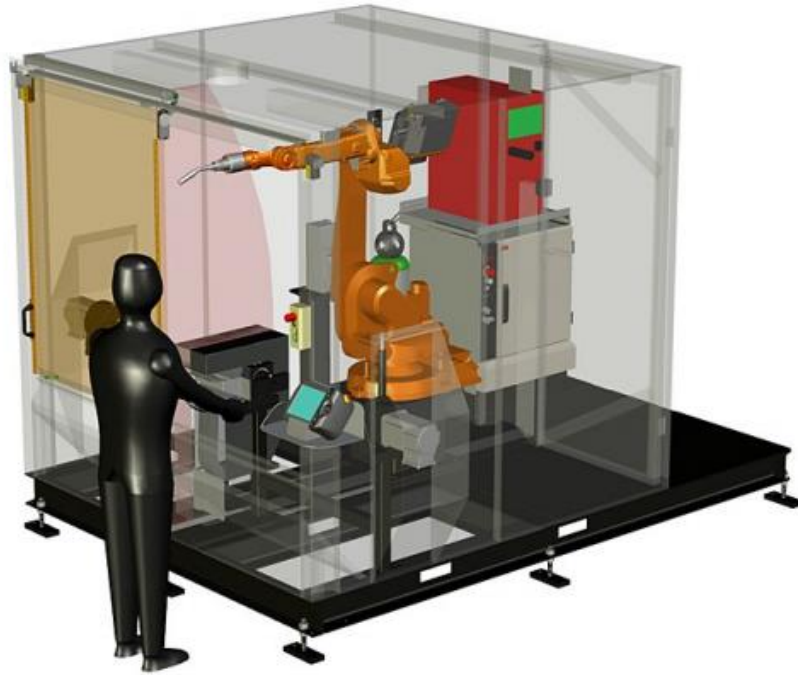
Позиціонер	Ручний поворотний стіл	Двомісний жорсткий стіл	Поворотник позиціонера
Навантаження, кг	1000	1500	2500
Поверхня під деталі, мм	1000 x 700	900 x 600	700 x 650
Заміна деталі	Вручну, поворотом столу	Вручну, переміщення дверцят	Вручну, переміщення дверцят
Габаритні розміри ланки, мм	4590 x 2150 x 2000	3900 x 2150 x 2000	4590 x 2150 x 2000

Продовження таблиці 4.1

Вага осередки, кг	2700	2800	3000
Техніка безпеки	Блокування поворотного столу, поки робот в русі, проти-блікове покриття	Розсувні двері, проти бікове покриття, двері для обслуговування	Розсувні двері, проти бікове покриття, двері для обслуговування



4.4 – а)



4.4 – б)

Рисунок 4.4 - а), 4.4 - б) – Компонування роботизованого середовища

#### 4.4 Робот-маніпулятор і інструмент

Після проведення аналізу ринку промислових роботів можна зробити висновок, що найбільш перспективні роботи належать компанії «КУКА». Вони вирізняються високою швидкістю і точністю обробки, досягаючи значень, таких як точність обробки 0,03 мм, точність позиціонування 0,08 мм і точність повторюваності 0,06 мм.



Рисунок 4.5 – Робот-маніпулятор KUKA KR AGILUS



Один з останніх роботів від KUKA призначений для виконання завдань з вантажно-розвантажувальних операцій та переміщення. З досяжністю 900 мм і можливістю підняття вантажів вагою до 10 кг, цей компактний робот призначений для роботи в різних проектах та галузях промисловості. Модель KR 10 R900 sixx обладнана шістьма вісями, потужними двигунами і механізмами, а також характеризується невеликою масою.

Роботи серії AGILUS вирізняються своєю високою швидкістю та точністю, при цьому вони відзначаються низькими експлуатаційними витратами та обладнані інтегрованою системою живлення. Модель KR 10 R900 sixx WP додатково має водонепроникний і пилонаепроникний захист, що робить її відмінним вибором для роботи в умовах, де важлива стійкість до вологи та пилу.

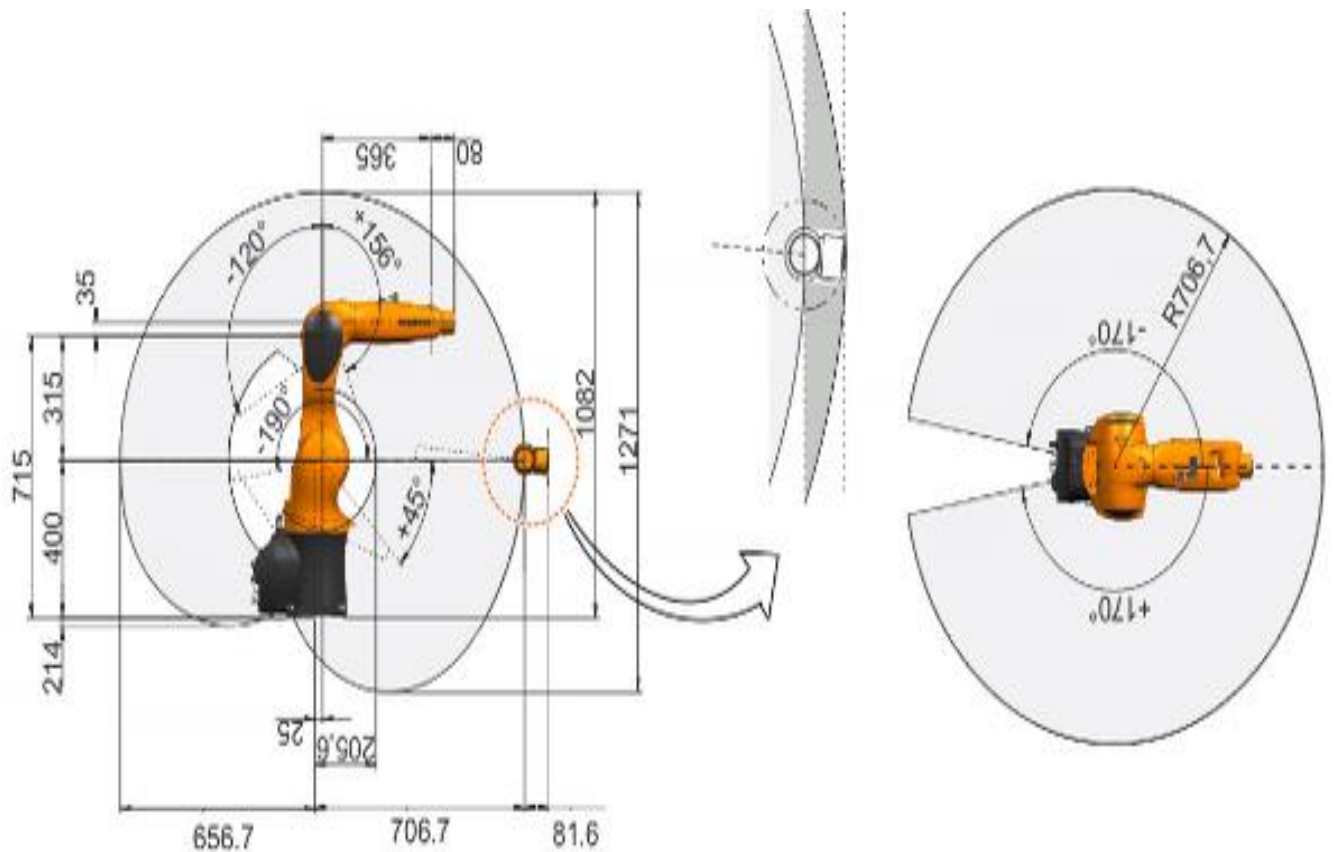


Рисунок 4.6 – Габаритні розміри і вузли повороту робота KUKA KR AGILUS

Цей робот обладнаний електрошпинделем із частотою обертання 24 тисячі обертів на хвилину. В шпиндель можна установлювати різні інструменти для видалення задирок, такі як бор-фрези, еластичні щітки та зачисні круги, які автоматично змінюються в процесі роботи.

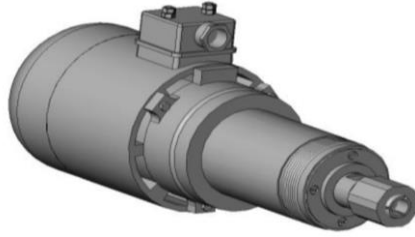


Рисунок 4.7 – Электрошпиндель



Рисунок 4.8 – Оброблювальний інструмент



Рисунок 4.9 – Обробка кромки

#### 4.5 Позиціонування деталей для обробки

Закріплення здійснюється за допомогою позиціонерів і затискачів, і доступний широкий вибір таких пристроїв. Одновісні варіанти включають поворотні позиціонери, модульні приводні вузли та поворотні столи; двовісні опції охоплюють поворотно-похилі позиціонери; тривісні варіації включають подвійні поворотні позиціонери, які можуть працювати горизонтально та вертикально.



Рисунок 4.10 – Позиціонери

Кулачні затискачі є найбільш універсальними, ідеально підходять для різноманітних деталей. Особливо ефективно вони застосовуються для фіксації профільних і трубних деталей. 3-х кулачкові самоцентруючі спіральні затискачі з твердими складними кулачками зазвичай використовуються для центрування та затискання оброблюваних деталей в умовах серійного, дрібносерійного та виробництва одиничних екземплярів. Ці 3-х кулачкові самоцентруючі затискачі доступні в діаметровому діапазоні від 80 до 800 мм для різних потреб.



Рисунок 4.11 – 3-х кулачний зажим

Конструкція 3-х кулачкових затискачів розроблена таким чином, щоб ефективно захищати внутрішні порожнини токарного патрона від потрапляння дрібної стружки і витікання мастила. Це не лише збільшує термін служби, але й підвищує точність центрування кулачків, що важливо для досягнення високої якості обробки.

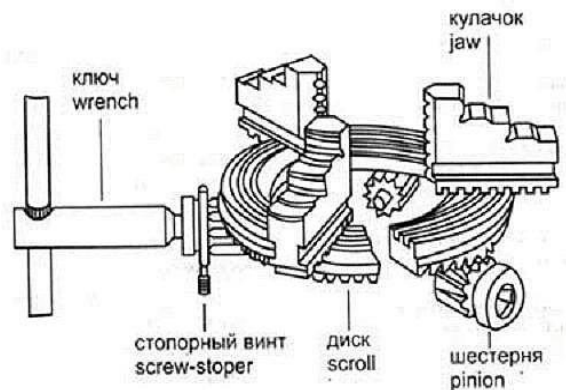


Рисунок 4.12 – Конструкція кулачного фіксатора

У цьому документі пропонується варіант схеми 3-х кулачкового затиску, що вбудований у переставний корпус, що дозволяє змінювати положення заготовки. Фіксація деталі здійснюється вручну, надаючи оператору більший контроль над процесом.

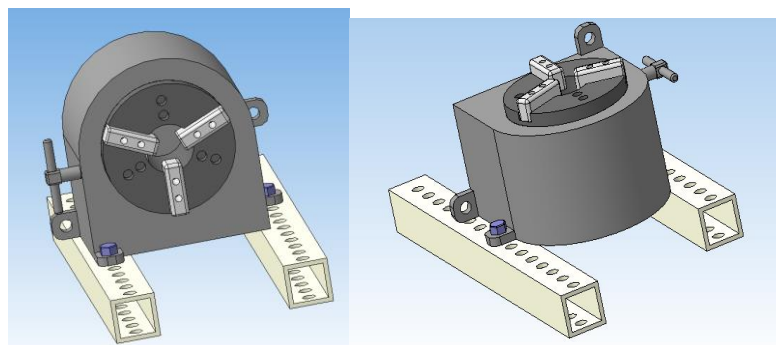


Рисунок 4.13 – Універсальний кулачний фіксатор

## ВИСНОВКИ

1. Роботизація ручних слюсарних операцій дозволяє підприємствам досягти значного підвищення продуктивності (швидкість може збільшитися до 80%) при високій точності обробки виробів. Цей підхід також дозволяє уникнути ручного трудового впливу в шкідливих виробничих умовах, виключити людський фактор і підвищити якість обробки, суттєво знизивши рівень браку, із забезпеченням максимальної безпеки робочого процесу.

2. Методи фінішної обробки мають розвиватися відповідно до сучасних тенденцій і технологічних вимог. Це може бути досягнуто завдяки впровадженню інтегрованих CAD/CAE-систем, які дозволяють розраховувати науково обґрунтовані технологічні режими. Також важливо створити єдиний інформаційний простір для ефективного обміну даними між різними етапами виробництва деталі.

## ЗАКЛЮЧЕННЯ

Випускна робота магістра включає в себе наступні частини: конструкторську, технологічну, економічну та спеціальну.

Конструкторська частина включила в себе проектування крила пасажирського літака типу Ан-140. Було проведено розрахунки конструкції крила, розроблено технічний опис та здійснено конструктивно-технологічний аналіз даної конструкції.

В технологічній частині було виконано схему виготовлення та ув'язування заготівельного оснащення для деталей з профілів. Створено класифікатор типових деталей, розроблено складальне креслення універсального штампу для підсікання кутиків і таврів, а також складальне креслення оправки для згинання на ПГР. Розроблено технологічний процес на виготовлення деталей з профілів в універсальному штампі та оправці на ПГР, а також спроектовано агрегатно-складальний цех.

В економічній частині проведено аналіз ринку збуту та маркетингові дослідження. Виконано розрахунок собівартості виробу та техніко-економічних параметрів цеху зі складання крила. Додатково визначена точка безбитковості для проекту.

У спеціальній частині представлені приклади методів фінішної обробки малогабаритних деталей літака з урахуванням вимог до технологій фінішної обробки. Зазначено важливість використання інтегрованих CAD/CAE-систем для розрахунку науково обґрунтованих технологічних режимів та створення єдиного інформаційного простору для обміну даними між різними етапами виготовлення деталей.

**БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК**

1. Арсон А. Д., Клименко В. Н. Пехтерев В.Д. Проектирование сжатых панелей. Учебн. пособие по курсовому и дипломному проектированию. – Харьков: ХАИ, 1980. – 56 с.
2. Житомирский Г.И. Конструкция самолетов: Учебник для студентов авиац. спец-й вузов. – М. : Машиностроение, 1991. – 400 с.
3. В.Д. Евсеев. Расчет крыла большого удлинения: Метод. пособие по курсовому и дипломному проектированию. – Харьк. авиац. ин-т, 1984. – 32 с.
4. Малашенко Л. А. Проектирование подвижных частей крыла и оперения. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по курсу «Конструкция самолетов и вертолетов».– Харьков: ХАИ, 2004. – 54 с.
5. Технология производства летательных аппаратов (курсовое проектирование. Учеб. пособие по курсовому и дипломному проектированию / Под общ. ред. В. Г. Кононенко,– Киев: Вища школа, 1974. – 224 с.
6. Григорьев В. П. Приспособления для сборки узлов и агрегатов самолетов и вертолетов. – М.: Машиностроение, 1989. – 87с.
7. Митрофанов А. А. Контроль сборки летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1989.–135 с.
8. Набатов А. С. Проектирования технологических процессов в производстве летательных аппаратов и двигателей. – Харьков: ХАИ, 1987.– 96 с.
9. Технология самолетостроения. Под ред. А. Л. Абибова.–М.: Машиностроение, 1982.– 551 с.
10. Бабушкин А.И. Методы сборки самолетных конструкций. – М.: Машиностроение, 1985.– 248 с.
11. Григорьев В. П., Ганиханов Ш. Ф. Приспособления для сборки узлов и агрегатов самолетов и вертолетов. Учебное пособие для авиационных вузов.– М.: Машиностроение, 1977.– 140 с.
12. Глебов Т. Н., Щербина В. А., Шестаков Г. А. Технологическое проектирование цехов. Учебное пособие. – Харьков: ХАИ, 1985.– 93 с.
13. Единая система допусков и посадок. Справочник. Ч. 1–2 / Под ред. Палей А. В. – М.: Машиностроение, 1979.– 324 с.
14. Константинов Ю. С. Техничко-экономическое проектирование цехов. Учебное пособие.– Харьков: ХАИ, 1988.– 67 с.
15. Тихомиров В.А. Основы проектирования самолетостроительных заводов и цехов. Учебник для авиационных вузов. Издание 2-е и доп. М., Машиностроение, 1975 год.
16. Гавва В. Н., Голованова М. А. Экономическая оценка инженерных решений: Учеб. пособие. – Харьков: Гос. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 1999.– 135 с.

17. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т. 1.– 8-е изд. Под ред. И. Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001.– 920 с.



# ДОДАТОК