МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

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

Факультет літакобудування

Кафедра технології виробництва літальних апаратів

Пояснювальна записка

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

на тему «Технологія та засоби технологічного оснащення для складання переднього відсіку форкіля літака Ан-140»

ХАІ.104.163.23О.134.4194909 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 ремонту літальних апаратів»
(найменування)
Сушко Юрій Віталійович
(прізвище та ініціали здобувача (ки))
Керівник: Олег ТРИФОНОВ
(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.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Сушко Юрій Віталійович
(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи «Технологія та засоби технологічного оснащення для складання переднього відсіку форкіля літака Ан-140»
керівник кваліфікаційної роботи Трифонов Олег Валерійович, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом Університету № 2036-уч від «23» 11 2023 року
2. Термін подання здобувачем кваліфікаційної роботи 15 січня 2024 р.
3. Вихідні дані до роботи матеріали переддипломної практики, креслення складальної одиниці – передній відділ форкіля, операційні карти технологічного процесу складання, креслення стапелю складання.
4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати)
конструкторський розділ: Конструктивно-технологічний аналіз, технічні умови на виготовлення, аналіз технологічності переднього відділу форкіля; технологічний розділ: розробка і обґрунтування схеми конструктивно-технологічного членування, схеми складання та ув'язування переднього відділу форкіля, розрахунок похибок складання по обводам, розробка маршрутного (директивного) технологічного процесу складання форкіля розробка технічних умов на проектування та конструкції стапелю складання переднього відділу форкіля, технологічні розрахунки цеху складання переднього відділу форкіля; економічний розділ: визначення основних техніко-економічних показників цеху складання переднього відділу форкіля.

5. Перелік графічного матеріалу складальне креслення переднього відділу форкіля, схема членування, схема складання та ув'язування переднього відділу форкіля, стапель складання переднього відділу форкіля, креслення монтажного еталону, циклової графік складання переднього відділу форкіля, планування цеху складання переднього відділу форкіля.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Конструкторський розділ	Чумак А.С., доцент каф.103	20.11.2023	16.01.2024
Технологічний розділ	Трифонов О.В., доцент каф.104	20.11.2023	16.01.2024
Економічний розділ	Трифонов О.В., доцент каф.104	20.11.2023	16.01.2024
Спеціальний розділ	Трифонов О.В., доцент каф.104	20.11.2023	16.01.2024

Нормоконтроль _____ Олег ТРИФОНОВ «16» 01 2024 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	16.01.2024	
2	Технологічний розділ	16.01.2024	
3	Економічний розділ	16.01.2024	
4	Спеціальний розділ	16.01.2024	

Здобувач _____ Сушко Ю.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ Олег ТРИФОНОВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ 7

ВСТУП 8

1. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ 9

1.1 Технічний опис конструкції/агрегату: роль та місце в літаку, складові частини, їх матеріали, види з'єднань тощо 10

1.2 Технічні умови на виготовлення переднього відділа форкіля 12

1.3 Оцінка технологічності конструкції переднього відділа форкіля. 13

1.4 Пропозиції щодо підвищення технологічності конструкції переднього відділа форкіля 15

Висновки по розділу 1 16

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ 17

2. 1 Розроблення можливих варіантів методів складання, схем складання та схем ув'язування оснащення 18

2. 2. Розрахунок допусків для переднього відділу форкіля для двох варіантів ув'язування 22

2. 3 Розрахунки точності складання відділу/агрегату по обводах, порівняння з допусками, висновки. 23

2. 4. Розрахунок затрат для двох варіантів складання 30

2. 5. Розробка схеми базування складових частин переднього відділу форкіля 33

2. 6 Проектування робочого технологічного процесу складання в маршрутному та операційному описах на стандартних бланках-картах із використанням типових технологічних процесів та операцій. Вибір обладання, устаткування, інструменту 34

2. 7 Нормування операцій технологічного процесу складання переднього відділу форкіля 35

2. 8 Технічні умови на постачання складових частин і технічних умов

на проектування складального пристосування..... 36

2. 9 Розробка циклового графіка складання. Розрахунки такту, циклу, потрібної кількості робітників, пристроїв..... 39

2. 10 Організація робочого місця складальщика..... 40

2. 11 Розроблення заходів з охорони праці та організації робочого місця 42

2. 12 Проектування засобіва технологічного оснащення складальних робіт..... 46

2. 12. 1 Вибір схеми та компоновки складального пристосування.... 46

2. 12. 2 Проектувальні розрахунки на міцність і жорсткість елементів конструкції складального пристосування 46

2. 12. 3 Технічних умов на монтаж складального пристосування 49

Висновки по розділу 2..... 50

3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ..... 52

3.1 Маркетингові дослідження ринку збуту продукції для визначення програми випуску виробів 53

3.1.1 Характеристика виробу як товару..... 53

3.1.2 Аналіз ринку і стратегія маркетингу у формуванні обсягів виготовлення виробів..... 53

3.1.3 Формування ринку попиту з урахуванням оцінки можливих ризиків та рекламної пропаганди для отримання стійких договірних заказів на попит продукції. 55

3.2 Вихідні дані для розрахунків техніко-економічних показників роботи виробництва..... 56

3.2.1 Визначення витрат на сировину та матеріали 56

3.3 Розрахунок основної та додаткової заробітної плати виробничих робочих 58

3.4 Розрахунок витрат на соціальні заходи (ЄСВ)..... 59

3.5 Розрахунок витрат на обладнання, інструмент та амортизаційні відрахування..... 59

3.6 Розрахунок собівартості виробів та прибутку виробництва..... 60
3.7 Розрахунок критичної програми випуску виробів..... 62
4 СПЕЦІЛЬНИЙ РОЗДІЛ..... 63
4.1 Збільшення стійкості інструмента при високошвидкісній обробці деталей різанням..... 64
4.1.1 Загальні поняття про високошвидкісну обробку..... 64
4.2 Вплив КП на зношування інструменту при високошвидкісному фрезеруванні..... 66
4.3 – Аналіз ресурсу стійкості інструменту для HSM обробки..... 71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... 78
Додатки А. Складальне креслення переднього відділу форкіля..... 79
Додаток Б – Схема складання та ув’язування ЗТО та СЧ форкіля..... 80
Додаток В – Нормований маршрутно-операційний технологічний процес складання переднього відділу форкія..... 81
Додаток Д – Креслення пристосування для складання переднього відділу форкіля..... 84

Прийняті скорочення

АЕ – аналітичний еталон;
БО – базові отвори;
БФО – базово-фіксувальні отвори;
БК – без креслення;
ІС – інструментальний стенд;
КП – конструктивний плаз;
КФО – координатно-фіксуючі отвори;
КО – конструкторське оснащення;
КШМ – координатно-шаблонний метод ув’язування;
ЛА – літальний апарат;
ПРІМ – програмно-інструментальний метод
ММ – математична модель;
НО – напрямні отвори;
ОК – відбиток контрольний;
ОП – обтяжний пуасон, або опорна поверхня;
ПК – плаз-кондуктор;
ПШМ – плазово-шаблонний метод ув’язки;
СО – складальні отвори;
СЧПУ – станок із числовим програмним керуванням;
ТП – технологічний процес, або теоретичний плаз;
ТУ – технічні умови;
УП – керуюча програма;
УФО – установчо-фіксуючі отвори;
ШК – шаблон контура;
ШОК – шаблон обрізки контуру і кондуктор для свердління;
ШП – шаблон пристосування;
ШФ – шаблон фрезерування;
ЭП – эталон поверхні;
ЭШМ – эталонно-шаблонний метод ув’язки.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота (дипломний проект): 86 с., 11 табл., 13 рис., 7 додатків, 10 джерело.

ПЕРЕДНІЙ ВІДДІЛ ФОРКІЛЯ, СХЕМА СКЛАДАННЯ ТА УВ’ЯЗУВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС СКЛАДАННЯ, ЦИКЛОВИЙ ГРАФІК, ОСНАЩЕННЯ ДРУГОГО ПОРЯДКУ, СОБІВАРТІСТЬ ВИРОБУ

У цій роботі дано опис і проведено конструктивно-технологічний аналіз переднього відділу форкіля, наведені технічні умови на його виготовлення і розглянуті варіанти підвищення рівня технологічності конструкції.

Далі проведено розроблення директивних технологічних матеріалів на складальні роботи: зроблено розрахунки допуску і точності збирання відділу для двох варіантів збирання та ув'язки. Розроблено схему базування складових частин переднього відділу форкіля, визначено витрати на складання для двох методів складання.

Спроектовано робочий технологічний процес складання відділу, проведено нормування операцій технологічного процесу, розроблено циклічний графік складання.

Обрано схему і спроектовано складальне пристосування для складання переднього відділу форкіля, складено укрупнений технологічний процес складання пристосування.

ВСТУП

Будь-який літальний апарат має відповідати низці вимог: надійності, технологічності, економічності, безпеки тощо. Для забезпечення відповідності літака перерахованим вище вимогам необхідне розроблення безлічі конструкторської, технологічної та ін. документації.

На сучасному етапі розвитку авіації важливу роль відіграє технологія складально-монтажних робіт. Льотні та експлуатаційні якості літаків безпосередньо залежать від якості прийнятого у виробництві технологічного оснащення. Переважання в конструкції планера нежорстких просторових форм вимагає особливого підходу до проектування складального оснащення. Він полягає в розробленні складних схем ув'язки оснащення і складання агрегату. Жорсткі допуски на відхилення розмірів змушують створювати цілі системи контролю за їхнім дотриманням, як на етапі проектування, так і на етапі виробництва.

У першій частині проєкту дано опис і проведено конструктивно-технологічний аналіз переднього відділу форкіля, наведені технічні умови на його виготовлення і розглянуті варіанти підвищення рівня технологічності конструкції.

У другій частині проведено розроблення директивних технологічних матеріалів на складальні роботи: зроблено розрахунки допуску і точності складання відділу для двох варіантів складання та ув'язки, зроблено висновки. Також розроблено схему базування складових частин переднього відділу форкіля і визначено витрати на складання для двох методів складання. Спроєктовано робочий технологічний процес складання відділу, проведено нормування операцій технологічного процесу і розроблено цикловий графік складання.

У четвертій частині обрано схему і спроектовано складальне пристосування для переднього відділу форкіля, складено технічні умови на його монтаж і укрупнений технологічний процес складання пристосування.

1. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

1.1 Технічний опис конструкції/агрегату: роль та місце в літаку, складові частини, їх матеріали, види з'єднань тощо

Оперенням літака називають несучі поверхні, призначені для забезпечення поздовжнього (відносно осі OZ) і шляхового (відносно осі OY) балансування, стійкості та керованості літака.

Вертикальне оперення являє собою частину оперення літака, призначену для забезпечення літаку шляхового балансування, стійкості та керованості. Зазвичай оперення складається з нерухомого кіля і рухомого керма напрямку. На літаках, що здійснюють політ на великих надзвукових швидкостях і великих висотах, застосовують суцільноповоротне вертикальне оперення. Форму вертикального оперення характеризують його вигляд збоку і форма профілю. У деяких випадках на верхній частині фюзеляжу роблять спеціальну надбудову (форкіль), що переходить у кіль літака.

Конструктивно передній відділ форкіля складається з таких основних деталей і складальних одиниць:

1. Нервюри №2-3.
2. Нервюра №4.
3. Діафрагми №1-5.
4. Обшивки передня і задня.
5. Профілі стикувальні.
6. Стрінгери 1-5.
7. Окантовка.
8. Кришка.
9. Прокладка.
10. Стандартні вироби (заклепки, замки, прокладки).

Кіль необхідний для забезпечення стійкості літака по куту нишпорення, а також можливості польотів на малій висоті і швидкості, особливо в умовах великої ваги і поганої видимості.

На літаку Ан-140-100 форкіль є секцію, що лежить перед кілем над верхньою частиною фюзеляжу. У форкілі цього літака розташовується велика

кількість обладнання, в тому числі канали управління кермом напряму і висоти.

Конструктивно форкіль складається з переднього відділу і радіовідділу, розділених посиленою діафрагмою. Має стики по верхній задній панелі фюзеляжу і безпосередньо кілю. Крім того, в конструкції є вузли посилення – гнутікі, які тримають панелі відділів в необхідному складальному положенні.

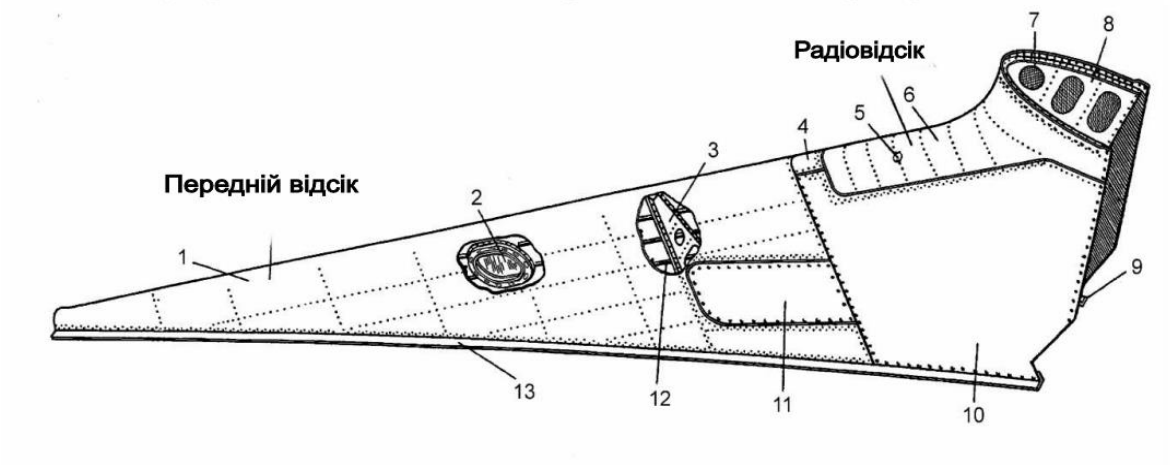


Рисунок 1.1 Конструкція форкіля

1 – обшивка переднього відділа; 2 – фара підсвітки носка стабілізатора; 3, 8 – нервюра; 4 – обтікач; 5 – діафрагма; 6 – обшивка; 7, 9, 13 – профиль; 10 – панель радіовідділа; 11 – кришка; 12 – стрінгер.

Окремі частини форкіль герметичні, тому використовується поверхнева і змішана схеми герметизації. Операції герметизації виконуються згідно з відповідними інструкціями.

Так як форкіль в цілому – характерно – має невеликі габарити, то доступ до місць з'єднання його, особливо всередині переднього відділу і радіовідділу, обмежений. Тому, крім великої кількості заклепок, які використовуються для з'єднання традиційних авіаційних конструкцій, в чималій кількості використовуються болти. Причому кріплення цих болтів здійснюється за допомогою, переважно, анкерних гайок, які кріпляться до елементів каркаса.

Наявність великої кількості кріпильних елементів, у тому числі розташованих в важкодоступних місцях, дозволяє зробити висновок щодо можливості використання автоматичного обладнання для виконання з'єднань

(наприклад, клепальних автоматів). Таким чином, сама конструкція форкіль орієнтована на можливість програмної обробки, в тому числі при виконанні з'єднань.

Матеріали, які використовуються для виготовлення деталей форкілю – це алюмінієві сплави. Такий вибір конструкторів цілком виправданий, адже такі матеріали добре зарекомендували себе в самих різних умовах експлуатації ЛА, мають відмінні технологічними властивостями, що робить їх затребуваними навіть зараз, коли повсюдно в авіабудуванні використовуються легкі і міцні полімерні композиційні матеріали.

Нервюри і діафрагми задають аеродинамічну форму форкіля і разом зі стрінгерами підкріплюють обшивку, підвищуючи її критичні напруги втрати стійкості. Кришка виконана з радіопрозорого матеріалу, що необхідно для роботи радіообладнання. Стикувальні профілі використовують для приєднання переднього відділу форкіля до фюзеляжу.

Передній відділ форкіля виготовлено практично повністю з алюмінієвих сплавів. Заготовками для нервюр і діафрагм, а також обшивок і стикувальних профілів слугують листи зі сплаву Д16АМ, заготовками для стрингерів - стандартні куточки з Д16чТ. Прокладка виготовлена зі сплаву Д16чАМ, окантовка - зі сплаву Д16АМ. Кришку виготовлено з полімерного композиційного матеріалу (склопластику). Заклепки виготовлені з алюмінієвих сплавів; болти, гайки - сталеві.

Під час складання переднього відділу форкіля використовують заклепувальні та болтові з'єднання. Технологію утворення таких з'єднань чітко відпрацьовано і викладено в нормативних документах. Зазори між кришкою і окантовкою переднього відділу форкіля заповнюють герметиком ВІТЕФ-1НТ.

1.2 Технічні умови на виготовлення переднього відділа форкіля

Технічні умови (далі – ТУ) є переліком вимог, що стосуються точності ув’язування, ступеня закінченості елементів, що входять до складу складальних одиниць (далі – Скл. Од.), можливих відхилень форми і розмірів, вимог до

виконання з’єднань, посадок, чистоти поверхні, термічної обробки, а також умов випробування та контролю Скл.Од.

ТУ на складання містять велику інформацію, що має довідковий характер. У ТУ містяться номери необхідних нормативних документів, які слід виконувати при виконанні робіт.

ТУ на виготовлення форкіля дозволяють забезпечити задану точність складання, а також несуть інформацію про особливості виконання деяких операцій складання та обробки деталей форкіля. Вони розробляються на етапі створення складального креслення. В ТУ міститься інформація про необхідні точності, що пред’являються до виробу. По ТУ можна зробити висновки про технологічність Скл. Од.

Складемо технічні умови на виготовлення переднього відділу форкіля:

1 Теоретичний контур і геометричні розміри за кресленням К104.КП.155.19.3410.0000.

2. Форма і якість зовнішньої поверхні повинні відповідати інструкції 140.00.1121.001.000И.

3. незазначені граничні відхилення розмірів, форми і розташування поверхонь за ОСТ 100022-80.

4. Допуск на зміщення осей діафрагм щодо їхнього теоретичного положення: 1 мм .

5. Деталі БЧ виготовляти за шаблонами.

6. Шорсткість оброблюваних поверхонь деталей БЧ - 6,3 мкм.

7. Покриття деталей БЧ: Ан. окс. н. хр.

8. Зазори між склінням і окантовкою заповнити герметиком ВІТЕФ-1НТ за ТИ 16-504-96.

9. Клепати за ТІ 36-21-86 і ПІ 249-78.

10. Металізація за ОСТ 101025-82 за допомогою заклепок.

11. Допуск на виготовлення форкіля за обводами: ±1 мм, допуск на відхилення міжосьових відстаней: ±2,0 мм.

1.3 Оцінка технологічності конструкції переднього відділа форкіля

Технологічними називають конструкції, які, забезпечуючи експлуатаційні якості виробу, у процесі виготовлення, експлуатації та ремонту дають змогу досягти меншої трудомісткості, простоти оброблення і складання, зниження

вартості продукції тощо. Технологічність конструкції літака визначається низкою чинників: формою деталей, вузлів, агрегатів; панелюванням; точністю виготовлення агрегатів; конструкцією стиків, способами з'єднання деталей, вузлів і відділів між собою; матеріалом заготовок і точністю виготовлення деталей; застосуванням нормалізованих деталей тощо.

Розробляючи конструкцію виробу, конструктор пристосовує її до виготовлення найбільш економічними технологічними процесами (ТП). Велике значення під час відпрацювання технологічності виробу має тип виробництва та обсяг випуску, а також виробничі умови конкретного підприємства, на якому планується виробництво виробу.

Конструкція виробу, що збирається, повинна забезпечувати можливість максимальної механізації складально-клепальних робіт.

Конструкції деталей повинні забезпечувати можливість застосування високопродуктивних ТП, складатися з легкооброблюваних матеріалів. Простота конструктивних форм деталей полегшує виготовлення заготівельного оснащення і скорочує його кількість.

За конструкцією передній відділ форкіля є доволі простою складальною одиницею. Його деталі вирізняються простотою геометричних форм, що робить ТП виробництва деталей, які входять до нього, доволі нескладними.

Більшість складових частин переднього відділу форкіля виготовляють з алюмінієвих сплавів, що полегшує їхнє виробництво порівняно з виготовленням деталей зі сталей.

Стрингери виготовляють зі стандартного прокату, що робить їхнє виробництво дешевшим, ніж під час виробництва гнучкого з листа та інших способів виготовлення. Оскільки стрингери не малковані, то технологія їх виготовлення спрощується порівняно з малкованими.

Діафрагми №№1-5, а також нервюра №4 виготовляють штампуванням на пресі, тому вартість таких виробів нижча, ніж під час виготовлення монолітних виробів.

Оцінка технологічності може бути якісною і кількісною. Якісна оцінка (за принципом "гірше-краще") використовується для порівняння різних варіантів конструкції, коли під час вибору кращого конструктивного рішення не потрібно визначення ступеня відмінності порівнюваних варіантів.

Результати оцінювання технологічності конструкції форкілів:

1) Форми поверхонь характерно прості згідно призначення.

2) Членування конструкції спеціалізоване, це відділи, діафрагма, гнутики.

3) Широко застосовують деталі, виготовлені відповідно до НТД.

4) Ступінь уніфікації висока для АК такого типу (заклепки, болти, анкерні гайка).

5) Виражена конструктивна спадкоємність проявляється в застосуванні деталей і вузлів з інших ЛА.

6) Число застосовуваних матеріалів при виготовленні деталей обмежена.

7) Застосовувані матеріали були спроектовані спеціально для відповідальних силових авіаційних деталей.

8) До чистоти поверхонь, точності розмірів деталей і вузлів пред'являються закономірні вимоги.

9) Застосування компенсаторів не передбачено, з огляду на невеликі габарити і простоті конструкції.

10) До місць з'єднань є достатні підходи, як при складанні, так і в експлуатації, особливо при використанні автоматичного обладнання з ЧПУ.

11) Форкіль орієнтований на характерний для його конструкції метод складання в СП з основним базуванням по БО і СО.

12) Взаємозамінність елементів досягається за рахунок методу складання.

13) Пристосування для складання передбачено – це СП спеціальне спрощеної конструкції.

14) Припуски на деталях і вузлах, що надходять на складання, відсутні.

15) Механізація і автоматизація складальних робіт можлива шляхом застосування механізованого та автоматичного ручного інструменту і стаціонарного обладнання, наприклад, клепальних автоматів.

За результатами оцінювання технологічності конструкції форкілів, мною зроблено висновок про прийнятний рівень технологічності.

1.4 Пропозиції щодо підвищення технологічності конструкції переднього відділа форкіля

Враховуючи досить високий рівень технологічності конструкції, немає сенсу розробляти пропозиції щодо її підвищення: конструкція може використовуватися для подальших технологічних розробок без змін.

Проектування будь-якої авіаційної конструкції передбачає її орієнтування на конкретне виробництво (-ва), на якому планується серійне виготовлення СЧ. «Класична» процедура розробки авіаційної конструкції у радянські часи орієнтувалася на досвід і плідну співпрацю з профільними науково-дослідними інститутами, коли на етапі проектування до роботи підключалися технологічні служби, які на кожному етапі (ескізний, технічний, робочий проекти тощо) вносили пропозиції щодо підвищення рівня технологічності, точно знаючи, де і на яких потужностях буде виготовлятися проектований елемент літака чи літак в цілому.

Тому і внесення пропозицій від технологічних служб відбувалося, насамперед, з таким орієнтуванням на виробництво. Враховуючи необхідність технічного переоснащення виробництв та неможливість наразі орієнтування на прогресивні технології, передбачити найкращий варіант виробничого майданчику для виробництва форкілів вкрай важко.

Висновки по розділу 1

В результаті виконання проекту на підставі матеріалів отримано наступні результати:

виконано конструкторсько-технологічний аналіз об’єкту складання: переднього відділу форкіля;

проведено якісне та кількісне оцінювання виробничої технологічності конструкції форкіля.

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2. 1 Розроблення можливих варіантів методів складання, схем складання та схем ув’язування оснащення

Для ефективного виробництва літальних апаратів (ЛА) планер розчленовують на агрегати, відділи, секції, панелі, вузли. Це дає змогу організувати паралельне в часі складання окремих об'єктів, застосувати прогресивні методи виробництва, зменшити цикл складання, збільшити продуктивність праці. При членуванні використовують конструктивні, технологічні та експлуатаційні роз'єми.

Ступінь членування залежить від економічних і виробничих умов. Остаточне рішення про прийнятність варіанта членування і схеми складання приймають після економічного аналізу. З цією метою проводять порівняльний розрахунок наведених витрат за варіантами.

Схема членування переднього відділу форкіля представлена на рис. 2. 1.

Технологічна схема складання – встановлена послідовність виконання складально-монтажних робіт (далі – СМР) з урахуванням прийнятих ТУ постачання деталей та Скл. Од. Оптимальною є схема складання, яка забезпечує найбільш ефективне виробництво. Основними критеріями оцінки є умова досягнення максимального економічного ефекту, мінімальної трудомісткості у циклі складання конструкції. Цикл СМР може виконуватися за паралельною, послідовною та паралельно-послідовною схемами.

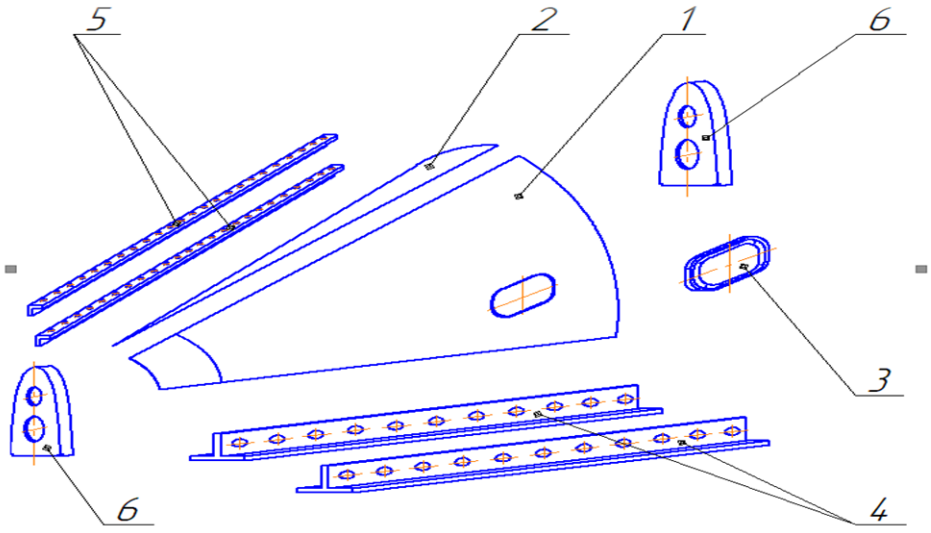


Рисунок 2.1 Схема конструктивно-технологічного членування переднього відділу форкіля. 1, 2 -обшивка передня і задня, 3 – кришка, 4 – профілі

стікувальні передній і задній, 5 – стрингери, 6 – нервюри і діафрагми

Завершальною операцією складального процесу є контроль якості виконаних з'єднань.

Установчі роботи значною мірою впливають на точність обводів і міцність виробу, визначають величину витрат і визначаються базуванням - методом складання. Залежно від способу базування деталей у процесі складання можливі дві різні групи методів складання:

1. Деталі встановлюють за базами, розташованими на основній (базовій) деталі. До цієї групи відносять такі методи складання: за складальними отворами (СО), за базовими отворами (БО), за розміткою на базовій деталі, за привалочними поверхнями.

2. Деталі або вузли встановлюють за базами, розташованими на спеціальному носії розмірів - складальному пристосуванні. Сюди відносять: складання в пристосуванні з компенсацією похибок вхідних деталей (складання "від обшивки"), складання "від каркаса" без компенсації, складання "від каркаса" з використанням систем фіксувальних отворів (установчо-фіксувальних отворів УФО: координатно-фіксувальних отворів (КФО) або базово-фіксувальних отворів (БФО)).

Найбільшого поширення в сучасному літакобудуванні набули такі методи складання:

а) за складальними або базовими отворами;

б) по привалочних поверхнях;

в) у пристосуванні з базуванням деталей і вузлів на контури;

г) у пристосуванні з базуванням деталей і вузлів за спеціальними отворами.

Кожен із методів складання характеризується особливостями базування, ступенем забезпечення взаємозамінності під час складання та обсягом оснащення, а також певними характеристиками точності та економічними характеристиками.

У разі складання за СО деталі встановлюють у взаємно правильне положення шляхом суміщення отворів у базовій і вхідних деталях і подальшої фіксації останніх циліндричним штирем фіксатора. Точність установки деталей забезпечується точністю перенесення отворів на них і прийнятими розмірами фіксатора. Складання за СО забезпечує зниження трудомісткості та витрат на оснащення. До недоліків складання за СО відносять збільшення числа

заготівельного і контрольно-вимірювального оснащення для виготовлення деталей.

Складання за розміткою на базовій деталі застосовують для складання плоских вузлів і циліндричних панелей. Деталі встановлюють за лініями розмітки, нанесеними на базову деталь. Метод має такі переваги: невеликі витрати на оснащення і малий цикл підготовки виробництва при використанні розмічальних шаблонів. Недолік методу полягає в більш високій порівняно зі складанням за СО трудомісткості та низькій точності. Метод застосовують у дослідному виробництві ЛА.

Найпростішим процесом складання є складання за привалочними поверхнями (складання за кресленням). При цьому одну з деталей вузла обирають як основну, і вона несе бази для встановлення вхідних деталей, що мають відповідні настановні бази. Точність забезпечується прийнятою в машинобудуванні системою допусків і посадок. Найбільший ефект цього методу забезпечується при використанні циліндричних поверхонь сполучень. Застосовність методу у виробництві ЛА обмежується тим, що номенклатура деталей ЛА, які можна виготовляти цим методом, становить (10...15)% від усієї кількості деталей ЛА.

Під час використання складання в пристосуванні розміри базово-фіксувальних елементів пристосування переносяться на об'єкт, що збирається. Крім того, пристосування надає певної форми нежорстким деталям і вузлам, а також задає певне положення інструменту відносно виробу, що збирається.

Під час базування на контури деталей, що визначають зовнішні обводи агрегатів, можлива збірка з компенсацією похибок виготовлення вхідних деталей. У такому разі зусилля затискачів спричиняють пружне деформування або переміщення деталей, унаслідок чого зазори між настановними базами (фіксаторами пристосування) і деталями зменшуються. Це дає змогу отримати високу точність виконання контурів об'єкта за меншої точності виготовлення деталей, але вимагає ускладнення складального пристосування. Найбільший ефект складання з компенсацією в пристосуванні забезпечує на завершальній стадії складання. Недолік цих методів складання - у необхідності створення складальних пристроїв, що призводить до збільшення витрат і циклу підготовки виробництва.

Складальне оснащення дещо спрощується при складанні від каркаса, проте

переміщення або деформації деталей з метою компенсації тут неможливі.

Під час складання за КФО деталі або вузли встановлюють на фіксатори пристосування за отворами, просвердленими в деталях. За такого методу складання за можливості необхідно дотримуватися відповідності положення отворів фіксації конструкторським базам (осям) із кроком 50 мм. Це досягається використанням плаз-кондуктора (ПК) та інструментального стенда (ІС). Оскільки точність складання вузла залежить від точності виконання отворів в оснащенні та деталях, для ув'язки контурів деталей і КФО використовують шаблони.

Під час складання за БФО базовий вузол або панель встановлюють у складальне положення будь-яким із відомих способів базування (наприклад, по фіксаторах КФО), а вхідні вузли та панелі нашаровуються за БФО, розміщеними в базовому та вхідних вузлах і панелях.

За рівнем забезпечення взаємозамінності розрізняють такі методи складання: метод повної взаємозамінності, метод обмеженої (неповної) взаємозамінності, метод селективної (групової) взаємозамінності і складання за методом підгонки.

Остаточне рішення щодо вибору методу складання визначається економічною доцільністю і можливістю забезпечення якості та точності згідно з технічними умовами.

Схема складання визначає послідовність складальних операцій за окремими етапами технологічного циклу, а також умови за станом постачання складальних вузлів. Залежно від ступеня (схеми) членування і ступеня диференціації складальних робіт застосовують послідовну, паралельно-послідовну і паралельну схеми складання.

Геометрична взаємозамінність - ідентичність, тобто рівноцінність об'єктів за розмірами і формою. Для її забезпечення використовують такі основні методи ув'язки заготівельного і складального оснащення: плазово-шаблонний метод (ПШМ), еталонно-шаблонний метод (ЕШМ), координатно-шаблонний метод (КШМ) і програмно-інструментальний метод (ПРІМ).

Розглянемо коротко перелічені методи:

1. ПШМ є простим і дешевим методом ув'язки, проте він найменш точний під час ув'язки пристосувань для складання агрегатів. Метод застосовують для складання плоских вузлів (лонжеронів, шпангоутів, нервюр тощо) і монтажу

комунікацій (трубо- та електропроводів).

Першоджерелом ув'язки в ПШМ є теоретичний плаз (ТП).

2. ЕШМ забезпечує дуже високу точність ув'язки оснащення за обводами і стиками. Однак цикл підготовки виробництва і витрати при ньому виявляються дуже великими. Цей метод застосуємо для порівняно невеликих ЛА, що характеризуються високими швидкостями польоту.

Першоджерелом ув'язки в ЕШМ є еталон поверхні (ЕП).

3. КШМ забезпечує високу точність ув'язки оснащення за обводами, але менш точний під час ув'язки її за стиками. Цикл підготовки виробництва і витрати при використанні КШМ скорочуються. Метод використовують для виробництва ЛА важкого і середнього тоннажу, переважно середніх і високих швидкостей польоту.

Першоджерелом ув'язки в КШМ є теоретичний плаз.

4. ПРІМ є наймолодшим і водночас найпрогресивнішим методом ув'язки. Тут на основі математичної моделі (ММ) і аналітичного еталона (АЕ) створюють керувальні програми (УП) на верстати з ЧПК для виготовлення як деталей виробу, так і шаблонів та елементів складального оснащення (фіксаторів, стиків). ПРІМ відноситься до незалежних методів ув’язки і в сукупності з використанням ПЕОВ забезепечує недосяжну іншим методам точність.

Слід зазначити, що перераховані методи ув'язки і взаємозамінності застосовують не кожен окремо, а в різних поєднаннях, що пояснюється конструктивно-технологічними особливостями виробів і масштабами виробництва.

2. 2. Розрахунок допусків для переднього відділу форкіля для двох варіантів ув’язування

Визначити можливість застосування того чи іншого методу складання вузла або агрегату можна, порівнюючи похибку складання з допуском на об'єкт, що збирається. На точність складання впливають прийняті методи складання агрегату і схема ув'язки оснащення.

Будемо розглядати два методи ув'язки: координатно-шаблонний метод (КШМ) і програмно-інструментальний метод (ПРІМ), а також два методи збирання: за СО і в пристосуванні з компенсацією похибок.

Основні рівняння для розрахунку похибок під час теоретико-імовірнісного

розрахунку точності такі:

$$\boldsymbol{\Delta_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{n} A_i \Delta_i + \sum_{i=1}^{n} \alpha_i \frac{\delta_i}{2} A_i,} \quad (2.1)$$

$$\boldsymbol{\frac{\delta_{\Sigma}}{2} = \pm\sqrt{\sum_{i=1}^{n} A_i^{\,2} \left(\frac{\delta_i}{2}\right)^2 k_i^{\,2}},} \quad (2.2)$$

$$\boldsymbol{\frac{BO_{\Sigma}}{HO_{\Sigma}} = \pm\frac{\delta_{\Sigma}}{2} + \Delta_{\Sigma},} \quad (2.3)$$

де і - координати середин полів допусків і-го етапу перенесення розмірів і об'єкта, що збирається, загалом відповідно;

n - кількість етапів перенесення розмірів;

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

і, K_i - параметри кривих розподілу (якщо криві підпорядковані нормальному закону розподілу, то K_i=1, і =0);

і - допуски на і-й етап перенесення розмірів і на об'єкт, що збирається, відповідно;

ВО, НО - верхнє і нижнє граничні відхилення розмірів відповідно.

Оскільки в технічних умовах на виготовлення переднього відділу форкіля вказані допуски на його виготовлення, то приймаємо допуск на виготовлення форкіля за обводами: ±1 мм, допуск на відхилення міжосьових відстаней: ±2,0 мм (див. п. 1.2).

2. 3 Розрахунки точності складання відділу/агрегату по обводах, порівняння з допусками, висновки.

Допуск на складання в пристосуванні з компенсацією похибок визначається за формулою:

$$\delta_{\text{ск}} = \delta_{\text{пр}} + \text{к}_{\text{прит}} \times \text{с}_{\text{конт}} + \delta_{\text{міцн}}, \quad (2.4)$$

$\delta_{\text{пр}}$ – допуск на пристосування;

$\text{С}_{\text{конту}}$ - похибка ув'язки контуру для пристосування та деталі,

$\text{k}_{\text{прит}}$ - коефіцієнт, що залежить від кількості притисків пристосування,

$\delta_{\text{міцн}}$ - частина допуску на складання, зумовлена іншими похибками від поводок і зсувів, спричинених утворенням з'єднань, прогинами пристосування в

процесі складання та іншими не залежними від методу складання причинами.

Величина допуску визначається сумою похибок на етапах перенесення розмірів від першоджерела ув'язки використовуваного методу ув'язки до пристосування. Похибка ув'язки контуру пристосування і деталі визначається відхиленнями на незв'язаних етапах перенесення розмірів.

Схеми ув'язки пристосування для складання переднього відділу форкіля і деталі (обшивки передньої) для методів КШМ і ПРІМ показано на рис. 2.2 и 2.3 (використано дані джерел [1, 3]).

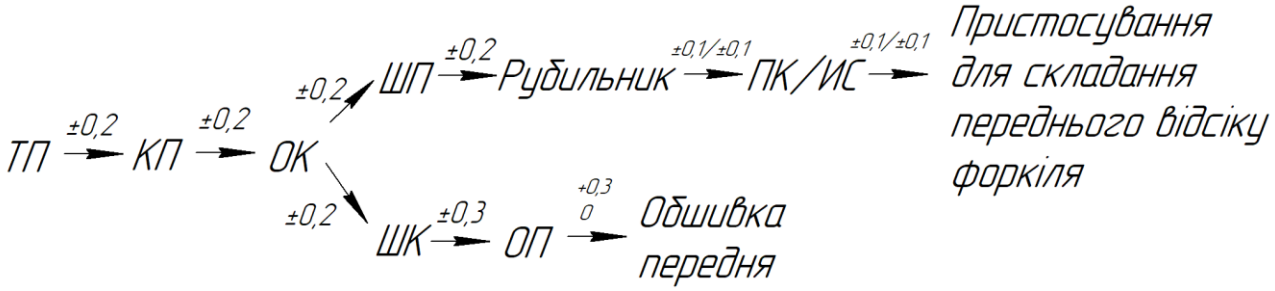


Рис. 2.2 Схема ув'язки пристосування для складання переднього відділу форкіля і виготовлення деталі (обшивки передньої) при КШМ

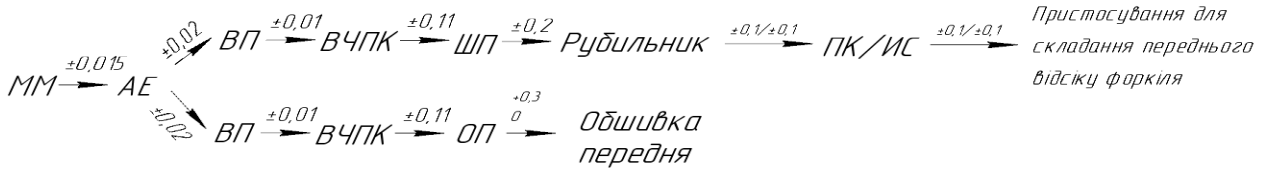


Рис. 2.3 Схема ув'язки пристосування для складання переднього відділу форкіля і виготовлення деталі (обшивки передньої) під час ПРІМ

Значення величин $\frac{\delta_i}{2}$, $к_i$, α_i для різних етапів перенесення розмірів наведено в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Значення величин $\frac{\delta_i}{2}$, $к_i$, α_i для різних етапів перенесення розмірів

Етапи перенесення розмірів	$\frac{\delta_i}{2}$	k_i k	α_i
ТП–КП	± 0,2	1,4	0
КП–ОК	± 0,2	1	0
ВК–ШП	± 0,2	1,4	0,5
ШП–ложемент	± 0,2	1,4	0,5
Ложемент–ПК/ИС	± 0,1/± 0,1	1	0
ПК/ИС–пристосування	± 0,1/± 0,1	1	0
ОК–ШК	± 0,2	1,4	0,5
ШК–ОП	± 0,3	1,4	0,5

ОП–обшивка передня	+ 0,3 0	1	0
ММ–АЕ	± 0,015	1	0
АЕ–УП	± 0,02	1	0
УП–СЧПУ	± 0,01	1	0
ВЧПК–ШП	± 0,11	1	0
ВЧПК–ОП	± 0,15	1	0

Допуск на пристосування для КШМ становитиме:

$$\delta_{\text{пр}} = \pm\sqrt{0,2^2 \cdot 3 \cdot 1,4^2 + 0,2^2 \cdot 1^2 + 0,1^2 \cdot 4 \cdot 1^2} = \pm 0,56\text{мм}.$$

Допуск на пристосування для ПРІМ становитеме:

$$\boldsymbol{\delta_{\text{пр}} = \pm\sqrt{0,015^2 \times 1^2 + 0,02^2 \times 1^2 + 0,01^2 \times 1^2 + 0,11^2 \times 1^2 + 0,2^2 \times 1,4^2 + 0,1^2 \times 4 \times 1^2} = \pm 0,36}\ \text{мм}.$$

Похибка ув’язки контура пристосування і деталі для КШМ становитеме:

$$\text{С}_{\text{контур пр.-дет}} = \pm\sqrt{\boldsymbol{0,2^2 \cdot 3 \cdot 1,4^2 + 0,1^2 \cdot 4 \cdot 1^2 + 0,3^2 \cdot 1,4^2 + 0,15^2 \cdot 1^2}} + \boldsymbol{0,5(0,2 \cdot 3 + 0,3)} = \begin{pmatrix} \boldsymbol{+1,14} \\ \boldsymbol{-0,24} \end{pmatrix}\ \text{мм}.$$

Похибка для ув’язки контура пристосування і деталі для ПРІМ становитеме:

$$\text{С}_{\text{контур.(пр.}-\text{дет.)}} = \pm\sqrt{\boldsymbol{0,2^2 \times 1,4^2 + 0,1^2 \times 4 \times 1^2 + 0,11^2 \times 2 \times 1^2 + 0,02^2 \times 42} \sqrt{\times 1^2 + 0,15^2 \times 2 \times 1^2} + 0,5 \times 0,5} = \begin{pmatrix} \boldsymbol{+0,52} \\ \boldsymbol{-0,32} \end{pmatrix}\ \text{мм}.$$

Кількість притисків $\mathbf{N}_{\text{прит.}}$ визначимо з умови забезпечення заданої точності складання: $\delta_{\text{ск}} \leq \boldsymbol{\delta}_{\text{Точн.ск.}}$. Величины $\boldsymbol{\delta}_{\text{Точн.ск.}}$ наведені в п. 2. 2.

Кількість притисків для КШМ становитеме*:*

$$\boldsymbol{\delta}_{\text{ск.}} = \boldsymbol{\pm 0,93} + \text{К}_{\text{прит.}} \times \begin{pmatrix} \boldsymbol{+1,9} \\ \boldsymbol{-0,4} \end{pmatrix},$$

$$\boldsymbol{\delta}_{\text{ск.}} \geq \boldsymbol{\pm 1}, \text{ з чого випливає } \begin{cases} \text{К}_{\text{прит.}} \leq \boldsymbol{0,03} \\ \text{К}_{\text{прит.}} \geq \boldsymbol{0,18}. \end{cases}$$

Приймаємо $К_{прит.} = \mathbf{0,05}$, потім за табл. 42 [1] знаходимо кількість притисків: $\mathbf{N}_{прит.} = \mathbf{4}$ і відношення відстані між фіксаторами пристосування до довжини переднього відділу форкіля: $\frac{\boldsymbol{l}_{фікс.}}{\boldsymbol{l}_{дет.}} = \mathbf{0,33}$.

Кількість притисків для КШМ становитиме

$$\boldsymbol{\delta}_{ск.} = \pm \mathbf{0,6} + К_{прит.} \cdot \begin{pmatrix} +0{,}87 \\ -0{,}53 \end{pmatrix},$$

$$\pm \mathbf{0,6} + К_{прит.} \cdot \begin{pmatrix} +0{,}87 \\ -0{,}53 \end{pmatrix} \leq \pm \mathbf{1}, \text{ з чого випливає } \begin{cases} \mathbf{k}_{прит} \leq \mathbf{0,46} \\ \mathbf{k}_{прит} \geq \mathbf{0,75}. \end{cases}$$

Приймаємо $К_{прит.} = 0{,}25$, потім за табл. 42 [1] знаходимо кількість притисків: $N_{прит.} = 5$ і відношення відстані між фіксаторами пристосування до довжини переднього відділу форкіля: $\frac{\boldsymbol{l}_{фікс.}}{\boldsymbol{l}_{дет.}} = 0{,}25$.

Проаналізувавши отримані результати, можна зробити висновок, що обидва розглянуті методи ув'язки (КШМ і ПРІМ) дають змогу забезпечити потрібну точність складання. Більшу точність складання забезпечить метод ПРІМ, а метод КШМ є дешевшим. Метод ув'язки ПРІМ передбачає використання обладнання з ЧПУ, комп'ютерної техніки та ін. і є найбільш прогресивним на сьогодні методом ув'язки.

Допуск на складання по СО визначається за формулою:

$$\boldsymbol{\delta}_{ск} = \boldsymbol{\delta}_{баз} + \boldsymbol{\delta}_{вх} + \boldsymbol{\delta}_{ф} + \boldsymbol{\delta}_{з'єд} + \boldsymbol{\delta}_{інш} \qquad (5.2)$$

где $\delta_{баз}$ – допуск на розміщення СО на базовій деталі;

$\delta_{вх}$ – допуск на розміщення СО на вхідних деталях щодо їхніх контурів;

$\delta_{ф}$ – допуск на фіксацію деталей за СО;

$\delta_{з'єд}$ – допуск на з'єднання (зумовлений силовими і температурними впливами), деформація, викликана цими факторами, мала в площині сполучення і може бути істотною в перпендикулярних площинах (приймаємо $\delta_{соед} = 0$);

$\delta_{інш}$ - частина допуску на складання, зумовлена іншими похибками, пов'язаними з кривизною і жорсткістю деталей, кількістю і розташуванням СО (вважають, що $\delta_{інш} = 0{,}4 \times \delta_{ск}$).

Величина допуску на розміщення СО на базовій деталі визначається сумою

похибок на етапах перенесення розмірів від першоджерела ув'язки використовуваного методу ув'язки до СО базової деталі. Величина допуску на розміщення СО на вхідних деталях визначається сумою похибок на етапах перенесення розмірів від першоджерела ув'язки використовуваного методу ув'язки до СО вхідної деталі.

Схеми ув'язки переднього відділу форкіля під час складання за СО для методів КШМ і ПРІМ показано на рис. 2.3 і 2.4 (використано дані джерел [1,3, 5]).

Рис. 2.3 Схема ув'язки СО переднього відділу форкіля під час складання за СО з використанням КШМ

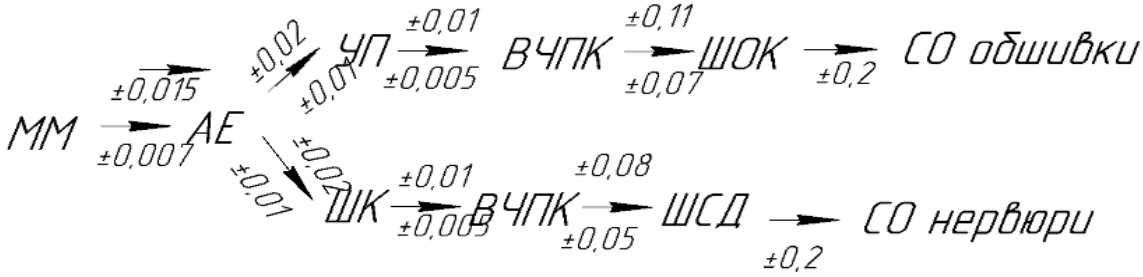


Рис. 2.4 Схема ув'язки СО переднього відділу форкіля під час складання за СО з використанням ПРІМ

Значення величин k_i, α_i для різних етапів перенесення розмірів, не розглянуті раніше в табл. 2. 1, наведено в табл. 2. 2.

Таблиця 2.2. Значення величин $\frac{\delta_i}{2}, \mathbf{k_i}, \boldsymbol{\alpha_i}$ для різних етапів перенесення розмірів

Етапи перенесення розмірів	$\boldsymbol{k_i}$	$\boldsymbol{\alpha_i}$
ОК–ШК	1,4	0,5

ШК–ШОК	1,4	0,5
ШОК–СО обшивки	1	0
ШК–ШСД	1,4	0,5
ШСД–СО нервюри	1	0
ВЧПК–ШОК	1	0
ВЧПК–ШСД	1	0

Допуск на розміщення СО на базовій деталі (обшивці) для КШМ становитиме:

$$\delta_{\text{баз.}} = \sqrt{0{,}05^2 \times 1{,}4^2 + 0{,}05^2 \times 1^2 + 0{,}1^2 \times 1{,}4^2 + 0{,}15^2 \times 1{,}4^2 + 0{,}2^2 \times 1^2} = \\ = 0{,}33 \text{ мм}.$$

Допуск на розміщення СО на базовій деталі (обшивці) для ПРІМ становитиме:

$$\delta_{\text{баз.}} = \pm\sqrt{0{,}007^2 \cdot 1^2 + 0{,}01^2 \cdot 1^2 + 0{,}005^2 \cdot 1^2 + 0{,}07^2 \cdot 1^2 + 0{,}2^2 \cdot 1^2} = \\ = \pm 0{,}21 \text{мм}.$$

Допуск на розміщення СО на вхідній деталі (нервюрі) для КШМ становитиме:

$$\delta_{\text{вх.–дет.}} = \pm\sqrt{0{,}05^2 \cdot 1{,}4^2 + 0{,}05^2 \cdot 1^2 + 0{,}1^2 \cdot 2 \cdot 1{,}4^2 + 0{,}2^2 \cdot 1^2} = \pm 0{,}37 \text{мм},$$

Допуск на розміщення СО на вхідній деталі (нервюрі) для ПРІМ становитиме:

$$\delta_{\text{вх}} = \pm\sqrt{0{,}007^2 \cdot 1^2 + 0{,}01^2 \cdot 1^2 + 0{,}005^2 \cdot 1^2 + 0{,}05^2 \cdot 1^2 + 0{,}2^2 \cdot 1^2} = \\ \pm 0{,}21 \text{ мм}$$

Допуск на фіксацію деталей по СО становить: $\delta_ф = \pm 4\,\Delta z$, где z – зазор между фиксатором СО и складальним отвором (рис. 2.5).

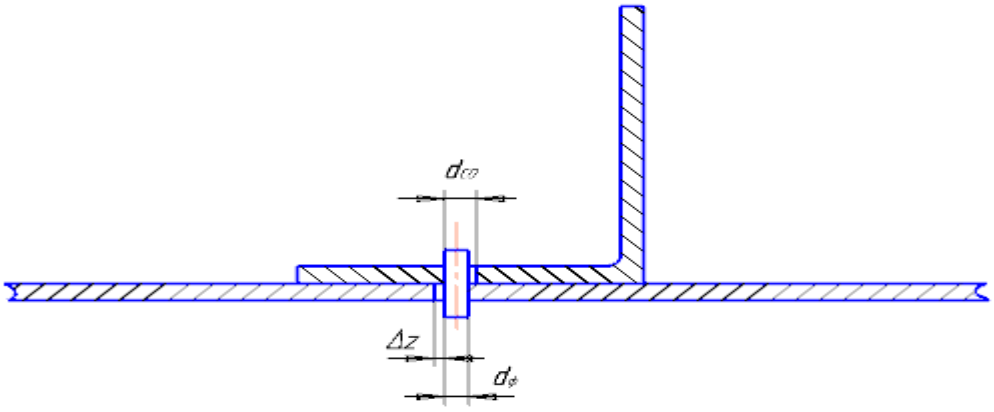


Рисунок 2.5 Схема утворення похибки фіксації деталей під час складання за СО.

Діаметр фіксатора СО становить 2,6 мм, а діаметр СО – 2,8 мм, тому $\Delta z = 0{,}2$ мм.

Тоді $\delta_ф = \pm 4\,\Delta z = \pm 4 \times 0{,}2 = \pm 0{,}8$ мм.

Остаточно допуск на складання переднього відділу форкіля за складальними отворами становить для КШМ становить:

$$\delta_{ск.} = \pm(0{,}33 + 0{,}37 + 0{,}8) + 0{,}4\delta_{ск.},$$

або

$$0{,}6\delta_{ск.} = \pm(0{,}33 + 0{,}37 + 0{,}8),$$

звідки $\delta_{ск.} = 2{,}5$ мм.

Остаточно допуск на складання переднього відділу форкіля за складальними отворами становить для ПРІМ становить:

$$\delta_{ск.} = \pm(0{,}21 + 0{,}21 + 0{,}8) + 0{,}4\delta_{ск.}$$

або

$$0{,}6\delta_{ск.} = \pm(0{,}21 + 0{,}21 + 0{,}8),$$

звідки $\delta_{ск.} = 2{,}0$ мм.

Задана в ТУ точність складання буде забезпечена при виконанні умови $\delta ск.(СО) \leq \delta$ТУ. Для метода ПРІМ ця умова виконується ($2{,}0 \leq 2{,}0$), а для метода КШМ – ні ($2{,}5 \geq 2{,}0$).

Остаточно вибираємо:

- метод ув'язки заготівельного і складального оснащення - ПРІМ;

- метод складання - для складання обводоутворювальних деталей (обшивок) з каркасом застосовуємо складання в пристосуванні з компенсацією похибок, а для складання внутрішніх деталей каркаса між собою або з обшивками застосовуємо складання за СО.

- схема складання переднього відділу форкіля - послідовна, метод складання за рівнем забезпечення взаємозамінності - метод обмеженої (неповної) взаємозамінності.

Схему складання та ув'язки заготівельного і складального оснащення для виготовлення переднього відділу форкіля представлено на кресленні К104.КП.163.19.0000.

2. 4. Розрахунок затрат для двох варіантів складання

Проведемо порівняння затрат для двох методів складання: по СО та в стапелі на основі економічного розрахунку собівартості за укрупненими показниками.

Собівартість С і капітальні витрати К, необхідні для економічної оцінки, визначаються у гривнях за питомими показниками на 1 кг ваги G конструкції, що збирається: за питомою трудомісткістю $К_{ПИТ}$, (люд.×год.)/кг, та питомої вартості оснащення $С_{ОСН}$, грн/кг.

Собівартість складання розраховується за виразом:

$$С = З + О + А, \quad (5.3)$$

де З – зарплата виробничим робітникам, грн/шт.; О – витрати на оснащення, грн/шт.;

Е – експлуатаційні витрати, грн/шт.;

А – амортизаційні відрахування, якщо використовується обладнання, що вводиться спеціально для даного об'єкта, грн/шт., приймаємо у розрахунках А=0.

Оскільки під час складання переднього відділу форкіля не використовується устаткування, яке знову вводиться спеціально для цього об'єкта, то величиною А можна знехтувати, приймаючи, що А≈0.

У цьому розрахунку використовуємо показники питомої трудомісткості

доуд і питомої вартості оснащення зос , оскільки немає серійного ТП складання переднього відділу форкіля через те, що проектований відділ - складальна одиниця, що знову вводиться у виробництво. Тому під час розрахунку собівартості складання скористаємося аналоговим методом, тобто використовуємо статистичні дані щодо трудомісткості та вартості оснащення для аналогічних об'єктів, користуючись даними джерела [1].

Визначаємо зарплатню:

$$З = К_{пит} \times G \times Зс, \quad (2.7)$$

де G – вага об’єкта, що збирається; G = 16, 2 кг;

$З_с$ – тарифна ставка робітників за 1 годину ($З_с$ СО = 92 грн/год. при складанні за СО; $З_с$ Ст = 92 грн/год. – при складанні у стапелі).

Величини $К_{пит.}$ СО та $К_{пит.}$ ст визначаються з графіка залежності питомої трудомісткості складання від їх ваги при складанні за СО та у стапелі відповідно:

$К_{пит}.СО = 3{,}0(люд.\times год.)/кгі К_{пит}.Ст = 2{,}4(люд.\times год.)/кг$ [5].

Виходячи з цього, зарплата дорівнює:

$$З_{СО} = 3{,}0 \times 7{,}016 \times 21 = 442{,}00 \text{ грн};$$
$$З_{ст} = 2{,}4 \times 7{,}016 \times 27 = 454{,}64 \text{ грн}.$$

Величина витрат на оснащення при складанні залежить від об’єму випуску, методу складання і може бути визначена за формулою

$$О = \frac{G \cdot c_{ос}}{2N} m_{пр}, \quad (2.8)$$

де $С_{осн}$ – питома вартість оснащення в гривнях на кілограм ваги об’єкту, о збирається ($С_{осн}$=190 грн/кг – при складанні за СО і $С_{осн}$=965 грн/кг – при складанні у СП) [5].

2 – кількість років списання витрат на оснащення;

N – річний об’єм випуску (N = 40 виробів/рік).

$m_{пр}$ – прийнята кількість однакових стапелів для виконання заданого річного об’єму випуску.

Величина $m_{пр}$ визначається за розрахунковим значенням $m_{розр}$, округленим до найближчого цілого числа. Розрахункову величину $m_{розр}$ знаходять за такою формулою:

$$m_{розр} = \frac{T \times N}{Ф_{д.\ осн.} \times P}, \quad (2.9)$$

де $T = К_{пит.-стап.} \cdot G$;

$К_{пит.-стап.}$= 0,43 – питома трудомісткість тільки стапельних робіт;

$Ф_{д.\ осн.}$ – дійсний річний фонд робочого часу;

$Р = 2$ – середня кількість одночасно працюючих на СП, прийняте з урахуванням наявного обсягу робіт.

Маємо Т = 0, 43 × 16,2 = 6, 97 людина/год.

$$\text{Тоді } \mathbf{m_p} = \frac{\mathbf{6{,}97 \cdot 40}}{\mathbf{1987 \cdot 2}} = 0{,}09.$$

Величина коефіцієнта завантаження пристосуван $\eta = \frac{m_p}{m_{np}}$ повинна перебувати в межах (0,75...1,15). Якщо прийняти $m_{пр}$ =1, тоді =0,07, що свідчить про те, що для виготовлення всієї серії виробу (переднього відділу форкіля) достатньо одного пристосування.

Остаточно отримуємо:

$O = \frac{16{,}2 \cdot 20}{2 \cdot 40} \cdot 1 = 4{,}05$ грн./шт – для складання в пристосуванні,

$O = \frac{16{,}2 \cdot 7}{2 \cdot 40} \cdot 1 = 1{,}42$ грн./шт – для складання за СО.

Величину експлуатаційних витрат визначимо за формулою:

$$E = 0{,}625 \cdot \frac{V}{N}, \qquad (2.\ 10)$$

де V – обсяг виробничої дільниці (цеху), який визначається як $V = h \cdot \sum_{i=1}^{m_{пр}} \omega_i$,

де h = 12 м – висота складального цеху;

ω_i – площа одного робочого місця, що визначається габаритом пристосування і необхідними проходами. Розміри пристосування для складання по складальних отворах і при складанні з використанням пристосування з обвідними фіксаторами визначаються в основному габаритами виробу, що збирається, однак пристосування для складання по СО більш просте за конструкцією.

Пристосування для складання переднього відділу форкіля має розміри 4,2 м - 0,4 м, отже, його площа становить2 м 7,1. Якщо прийняти ширину проходу 0,7 м, то площа проходів, необхідна для одного пристосування, становитиме2 3,72 м.

Маємо V = 12 · (1,7 + 3,72) = 65 м^3.

Тоді Е = 0,625 · 65 / 40 = 1,02 грн./шт.

Собівартість складання для прийнятої програми становитиме:

С = 454,64 + 4,05 + 1,02 = 14,47 грн./шт – для складання в пристосуванні,

С = 442,00 + 1,42 + 1,02 = 8,92 грн./шт – для складання по СО.

Виходячи із розрахунків, можно зробити висновок про те, що складання по складальним отворам економічно вигідніше. Хоча з урахуванням точносних розрахунків приорітетнішим є складання за допомогою програмних методів.

2. 5. Розробка схеми базування складових частин переднього відділу форкіля

Проектуючи операції встановлення деталей у складальне положення, необхідно обирати на деталях і вузлах базисні поверхні, за якими вестимуть установку і фіксацію деталей і вузлів, а також необхідно встановити послідовність подачі деталей і вузлів на складання.

Базисні поверхні використовують як складальні або установчі бази. Складальні бази визначають взаємне положення елементів, що збираються, а установчі - положення деталей і вузлів щодо пристосування.

Вибираючи бази, необхідно прагнути до дотримання принципів єдності, сталості та збігу баз. Схему базування переднього відділу форкіля представлено на рис. 2. 6. Тут складальні бази не позначені, оскільки їхній характер очевидний зі складального креслення переднього відділу форкіля.

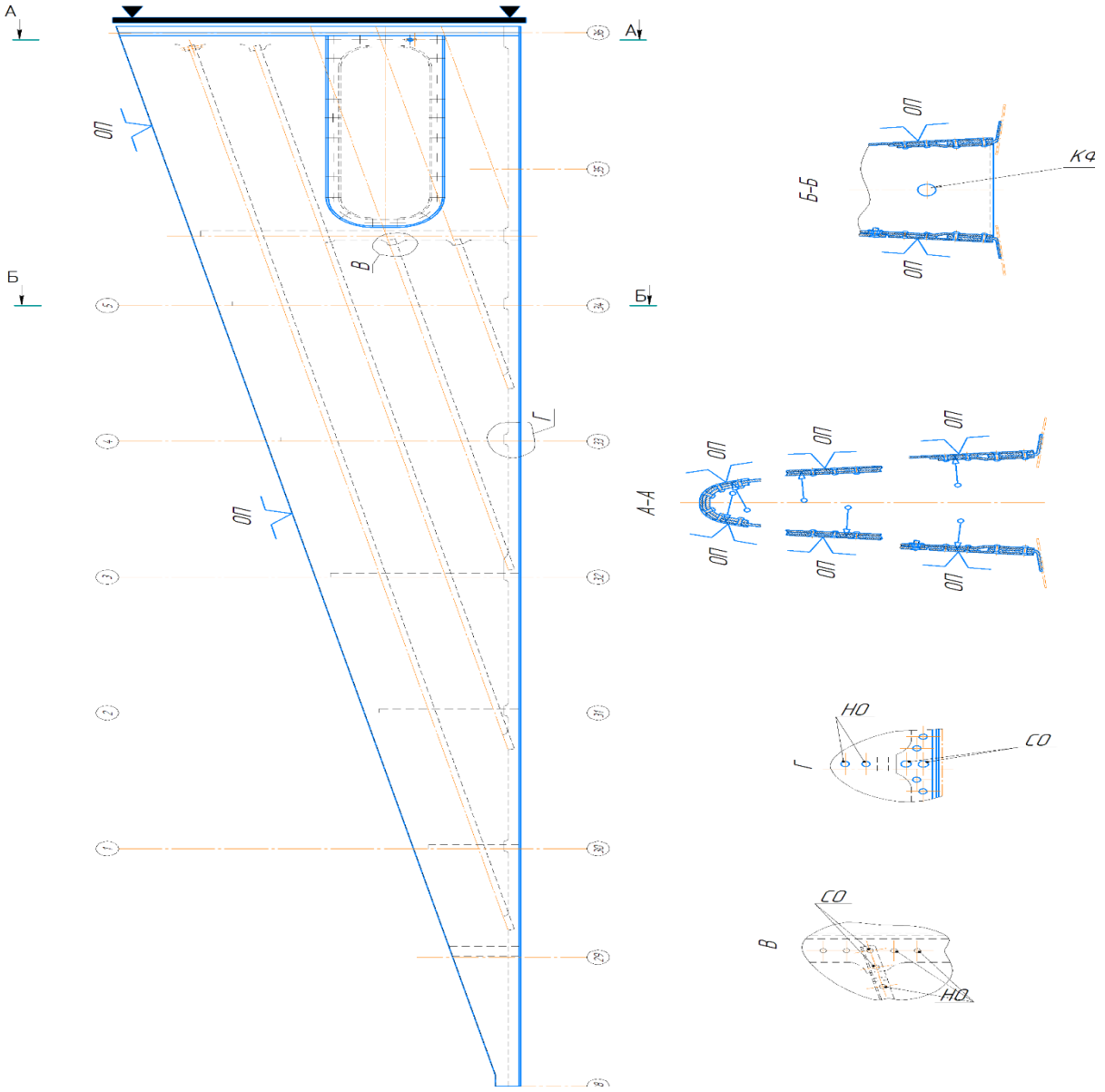


Рисунок 2.6 – Схема базування переднього відділу форкіля

2. 6 Проектування робочого технологічного процесу складання в маршрутному та операційному описах на стандартних бланках-картах із використанням типових технологічних процесів та операцій. Вибір обладання, устаткування, інструменту

Технологічний процес складання - це послідовність установки в складальне положення деталей, вузлів, панелей, відділів, їх фіксації та з'єднання між собою способами, передбаченими кресленням. ТП складання визначає спеціальності, розряди і кількість робітників, а також норми часу, інструмент і обладнання, які використовуються під час складання.

Проектуємо ТП згідно з обраною схемою базування складових частин переднього відділу форкіля, а також згідно зі схемою складання та ув'язування

заготівельного і складального оснащення.

Робочі креслення (електронні моделі, повне електронне визначення) підзбірок і деталей; ДТМ дозволяють визначити основні напрями проектування ТПС і процесів виготовлення деталей, визначити послідовність їх виконання, виявити виробничо-технічні умови для їх здійснення. Застосовувані матеріали та способи з'єднання деталей при складанні з них вузлів та відділів, визначають характер і склад технологічного обладнання, оснащення та кваліфікацію робітників.

Річний об'єм випуску даного типу літака дуже впливає на ступінь використання найбільш виробничих методів виготовлення деталей і складання підзбірок. При невеликих обсягах економічно не виправдовується широке застосування дорого, високопродуктивного обладнання, спеціальних пристроїв та інструменту.

2. 7 Нормування операцій технологічного процесу складання переднього відділу форкіля

Нормування операцій ТП є важливим етапом під час проектування будь-якого технологічного процесу. Операція є нормованою, якщо відомо, скільки часу займає виконання цієї операції за даних умов виробництва.

У ТП на складання базової конструкції переднього відділу форкіля норми часу на кожну операцію завищені через те, що базова конструкція виготовляється в умовах дослідного і дрібносерійного виробництва, а також з метою підвищити заробітну плату робітників, які здійснюють складання.

У "Нормативах часу на вузлову та агрегатну збірку ЛА" [6] норми часу наведені для серійного виробництва і є більш жорсткими, ніж норми часу на виготовлення базової конструкції переднього відділу форкіля. Для зменшення собівартості виробу, що збирається, і скорочення термінів його виготовлення необхідно посилити норми часу для більшості операцій ТП складання.

Коефіцієнт посилення норм часу $К_{пос.}$ показує, у скільки разів норма часу на певну операцію, наведена в "Нормативах часу..."(Т), менша за норму часу на цю операцію в базовому ТП складання ($Т_{баз.}$).

Підрахуємо величини $К_{пос.}$ для трьох операцій технологічного процесу

складання переднього відділу форкіля. Під час розрахунків використовуємо дані з нормування операцій, наведені в джерелі [6]:

Для операції клепання (клепання потайних заклепок з алюмінієвих сплавів пневмомолотками):

$$К_{пос.}\,1 \;=\; Т \div Т_{баз.} \;=\; 0{,}096 \;\div\; 0{,}12 \;=\; 0{,}8.$$

Для операції свердління отворів за ПЗ (свердління алюмінієвих сплавів свердлом на пневмодрилі):

$$К_{пос.}\,2 \;=\; 0{,}14 \;\div 0{,}16 \;=\; 0{,}875.$$

Для операції розсвердлювання складальних отворів (свердління алюмінієвих сплавів свердлом на пневмодрилі):

$$К_{пос.}\,3 = \; 0{,}098 \div 0{,}13 \;=\; 0{,}75.$$

Обчислимо середнє значення коефіцієнта посилення норм часу:

$$К_{пос.\ сер.} = (К_{пос.}1 + К_{пос.}2 + К_{пос.}3) \div 3 = (0{,}8 + 0{,}875 + +0{,}75) \div$$
$$\div 3 = 0{,}8.$$

Отже, для того, щоб посилити норми часу під час виготовлення переднього відділу форкіля, що необхідно для зменшення собівартості збірки і часу збірки, необхідно помножити норму часу для кожної операції ТП збірки переднього відділу форкіля на величину $К_{пос.\ сер.} \;=\; 0.8$

2. 8 Технічні умови на постачання складових частин і технічних умов на проектування складального пристосування

В умовах постачання деталей і підсборок встановлюють ступінь їхньої закінченості під час подавання деталей і підсборок на складання: наявність припусків на деталях із листів і профілів або їхня відсутність, наявність ПЗ, СВ, КФЗ та ін.

ТУ поставки СЧ на складання встановлюються з урахуванням наступних основних критеріїв:

- схеми конструктивно-технологічного членування;
- обраного (розробленого) методу складання;
- максимальної виробничої завершеності СЧ, які надходять на складання форкіля;
- наявності, розмірів і зон розташування в СЧ компенсаторів і оброблюваних припусків, призначених для забезпечення заданої точності геометричних параметрів;
- забезпечення складаності конструкції форкіля;

Технічні умови на постачання деталей і підсборок переднього відділу форкіля наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3.Технічні умови на постачання деталей та підзбірок переднього відділу форкіля

Номер деталі	Найменування деталі	Кількість, шт.	Ступінь закінченості деталі
К104.КП.155.19.3410.1000СБ	Нервюра №2	1	Зібрана згідно з кресленням і схемою складання
К104.КП.155.19.3410.2000СБ	Нервюра №3	1	Те саме
К104.КП.155.19.3410.3010–К104.КП.155.19.3410.3050	Діафрагми №№1-5	5	Подавати без припуска, 10 СО назначати за шаблоном ШСД
К104.КП.155.19.3410.4010	Кришка	1	Подавать без припуска. 2 СО назначати згідно кресленням
К104.КП.155.19.3410.5010	Нервюра №4	1	Подавать без припуска. 2 СО назначати по шаблону ШСД
К104.КП.155.19.3410.6010	Обшивка задня	1	Подавать без припуска. 44 НО, СО назначати по шаблону ШОК
К104.КП.155.19.3410.6020	Обшивка передня	1	То же
К104.КП.155.19.3410.5010	Окантовка	1	Подавати без припуска. 2 СО назначать согласно чертежу
К104.КП.155.19.3410.9010	Профіль стикувальний задній	1	Подавати без припуска. 3 СО назначать по шаблону ШСД

К104.КП.155.19.3410.9020	Профіль стикувальний передній	1	Те саме
К104.КП.155.19.3410.10010, К104.КП.155.19.3410.10030, К104.КП.155.19.3410.10050, К104.КП.155.19.3410.10070, К104.КП.155.19.3410.10090	Стрінгери 1-5 ліві	5	Те саме
К104.КП.155.19.3410.10020, К104.КП.155.19.3410.10040, К104.КП.155.19.3410.10060, К104.КП.155.19.3410.10080, К104.КП.155.19.3410.100100	Стрінгери 1 - 5 праві	5	Те саме

Технічні умови на проектування складального пристосування є одними з основних вихідних матеріалів для проектування пристосування. Добре підготовлені вихідні матеріали слугують основою створення високоякісних конструкцій пристосувань, значно скорочують строки і трудомісткість проектування та виготовлення пристосувань.

Технічні умови на проектування складального пристосування для складання переднього відділу форкіля такі:

1. Призначення складального пристосування. Складальне пристосування, що проектується, призначене для складання переднього відділу форкіля пасажирського літака.

2. Положення відділу, що збирається, у складальному пристосуванні - вертикальне.

3. Перелік підзбірок і деталей у порядку технологічної послідовності складання:

а) нервюри №№2-3 (підзбірки);

б) діафрагми №№1-5;

в) нервюра №4;

г) обшивки передня і задня;

д) окантовка;

е) стрингери 1-5 праві та ліві;

ж) кришка;

з) профілі стикувальні задній і передній.

Подача всіх деталей у пристосування - зверху. Зібраний вузол (передній відділ форкіля) виймається зі складального пристосування вгору.

4 Основні технологічні бази - зображені на схемі базування переднього

відділу форкіля (рис. 2. 6).

5 Еталони і шаблони, необхідні для виготовлення і монтажу складального пристосування - ММ, АЕ, УП, СЧПУ, ШП.

6. Механізація ТП складання. Зважаючи на простоту вузла і його невеликі габарити, не будемо застосовувати механізацію елементів складального пристосування і механізацію складальних операцій. Для транспортування відділу по цеху використовується кран-балка.

2. 9 Розробка циклового графіка складання. Розрахунки такту, циклу, потрібної кількості робітників, пристроїв

Цикловий графік є основним технічним документом операційної (потокової) лінії складання. У ньому вказують:

а) зміст укрупнених операцій і послідовність їх виконання;

б) тривалість виконання кожного завдання;

в) кількість тих, хто одночасно працює над кожним завданням;

г) трудомісткість виконання завдання і цикловий час.

Характер циклового графіка визначається тактом випуску виробів τ. Тактом випуску називають відрізок часу між послідовним випуском з лінії (або робочого місця) наступних один за одним виробів. Величину такту знаходять за такою формулою:

$$\boldsymbol{\tau = \frac{\Phi_д}{N}}, \qquad (2.\ 11)$$

де Ф = 2030 годин,

N = 40 штук/рік.

Тоді τ = 2030 / 40 = 50,75 годин.

Цикловий графік характеризується також тривалістю циклу складання виробу Ц. Технологічним циклом називають робочий час, протягом якого виріб виготовляється від початку до кінця. Величина циклу складання залежить від фронду робіт та «щільності» робочого місця та визначається за формулою:

$$Ц = \frac{T}{n}, \qquad (2.\ 12)$$

де Т – трудомісткість виготовлення об’єкта;

n – кількість працівників, які одночасно працюють на складанні об’єкта.

Виконання заданої програми випуску виробу має бути забезпечено

необхідною кількістю пристосувань і робітників. Як показано в п. 2.4, для виконання заданої програми достатньо одного пристосування. Для складання переднього відділу форкіля потрібно двоє робітників, оскільки це обумовлено технологічним процесом (застосовується клепка для утворення нероз'ємних з'єднань).

Цикловий графік складання переднього відділу наведено на рис. 2. 7.

Відповідно до даних циклового графіка технологічний цикл складання переднього відділу форкіля становить Ц = 101,1 хв = 1,7 год. Отримана величина циклу складання кратна такту випуску виробу (/ Ц = 50,75 / 1,7 ≈ 30).

№ технол. опер.	№ укрупн. опер.	Зміст укрупнених операцій	Норма часу, мин	Трудомісткість чел-мин	Кількість працюючих	Цикловий час, хв.
1	1	Підготувати зб. присп. до роботи. Перевірити комплектність технол. док-ії, деталей, інструменту.	3,11	3,11	2	3,11
2-3	2	Встановити в пристосування нервюри поз 1-2, діафрагми поз. 3-7, н-ру поз. 9, обшивки передні та задні поз. 10-11	6,77	6,77	2	5,06
4-6	3	Свердлити отвори в поясах нервюр і діафрагмах, зенкувати отвори в обшивках, клепати обшивки з поясами нервюр і діафрагм	55,0	55,0	2	35,3
7	4	Встановити окантовку поз. 12 на обшивку передню	1,8	1,8	2	1,8
8-10	5	Свердлити отв-я в окантовці, клепати обшивку з окантовкою	14,3	14,3	2	14,3
11-18	6	Встановити стрингери на обшивки, фіксувати, свердлити отв-я в стрингерах, зенкувати отв-я в обшивках, клепати стрингери з обшивками	29,6	29,6	2	18,5
19-20	7	Встановити на окантовку кришку поз. 8, кріпити кришку до окантовки замками	6,71	6,71	2	6,71
21	8	Встановити профілі стикувальні поз. 14-15 на обшивки задні та передні, фіксувати	2,11	2,11	2	1,06
22-28	9	Свердлити отв-я в стикувальних профілях, зенкувати отв. в обшивках, клепати профілі стикувальні з обшивками	23,8	23,8	2	15,3

Рисунок 2. 7. Цикловий графік складання відділу форкіля

2. 10 Організація робочого місця складальщика

Планування робочого місця повинне сприяти економії рухів у роботі та забезпечувати зручність підходів до всього обладнання, розміщеного на робочому місці (останнє необхідне також під час ремонту), водночас воно повинне бути компактним, а робоче місце повинне займати якомога менше виробничої площі.

За характером виконуваного трудового процесу робочі місця агрегатно-складальних цехів відносять до частково механізованих із застосуванням пневматичного та електрифікованого інструменту. Місце складання оснащують таким обладнанням:

а) пристосуванням для складання вузла, секції, агрегату;

б) верстаками для підготовчих і позастапельних робіт;

в) допоміжним обладнанням, що використовується під час складання (козелками, підставками тощо);

г) стелажами для зберігання деталей;

д) повітро- та електропроводкою для підключення механізованого інструменту;

е) підйомно-транспортними пристроями для закладання і виймання деталей;

ж) комплектом інструменту для складальних робіт (ключами, викрутками, свердлами, гайковертами механічними, дрилями пневматичними тощо).

Місця розташування електророзеток і забірних клапанів повітряної мережі для підключення пневмоінструменту повинні знаходитися якомога ближче до робочих зон.

Робочий інструмент повинен бути скомплектований за видами виконуваної роботи і повинен зберігатися в інструментальному ящику.

Одноманітні й часто повторювані операції призводять до швидкого стомлення. Тому вони мають бути максимально механізовані й автоматизовані.

Спрощену схему робочого місця складальника наведено на рис. 3. 1.

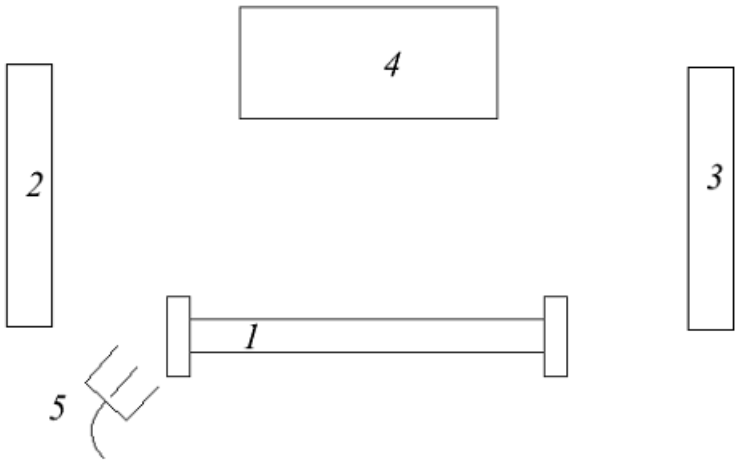


Рисунок 2.8 Спрощена схема робочого місця складальщика

2. 11 Розроблення заходів з охорони праці та організації робочого місця

Визначення умов та прийомів безпечної праці.

Вимоги безпеки при складанні визначаються видом з'єднань і устаткування, що застосовується, номенклатурою виробів і складальних одиниць, їх розмірами і масою, серйозністю виробництва, організаційною формою складання (стаціонарна, потокова), ступенем механізації процесу і т.д.

Аналіз даних показує, що з фізичних факторів найбільше значення мають локальна вібрація та шум, створювані ручним механізованим інструментом, клепальними машинами, випробувальними стендами, пневматичними пристроями тощо. Параметри вібрації не повинні перевищувати гранично допустимі рівні. Робочі місця для обробки пневмоінструментом, що випромінює високочастотний або середньочастотний спектр шуму, слід обгороджувати переносними або стаціонарними звукоізолюючими екранами висотою не менше 2м зі звукопоглинаючим облицюванням. Маса віброобладнання або його частин, що утримується руками в різних положеннях, не повинна перевищувати 10 кг, а сила натиску не повинна перевищувати 196 Н (20 кг), якщо технологічні вимоги не містять більш жорстких обмежень. Сумарний час роботи в контакті з ручними машинами2/3робочої зміни. При цьому тривалість одноразового безперервного впливу вібрації, включаючи мікропаузи, що входять до цієї операції, не повинна перевищувати 15-20хв.

Наявність металевого пилу в повітрі робочої зони складального цеху (при

свердлильних роботах) може призвести до захворювання слюсарів-збирачів на хронічний пиловий бронхіт, професійну бронхіальну астму. Необхідно передбачати засоби для відсмоктування пилу та видалення стружки. Щоб уникнути травм дрібними стружками, тирсою та залишками абразиву, що вилітають з великою швидкістю з отворів та заглиблень при обдуві, на наконечник доцільно зміцнити гумовий відбивач.

У машинобудуванні широко використовується підйомно-транспортна техніка. Безпека праці під час підйому і переміщення вантажів значною мірою залежить від конструктивних особливостей підйомно-транспортних машин і відповідності їх правилам і нормам Держгіртехнагляду України. У цехах використовують кран-балки для переміщення важких частин (деталей, підсборок тощо) до стапелів складання. Також присутня ймовірність ураження робітників від обертових елементів машин і механізмів.

Шкідливі виділення від герметизуючих речовин виникають під час природного випаровування розчинника з герметика, який необхідний для герметизації заклепувальних швів і стиків агрегатів.

Мікроклімат у виробничих умовах визначається такими параметрами:

а) температура повітря t = 18...24º С;

б) відносна вологість = 40...60%;

в) швидкість руху повітря на робочому місці: у зимовий період V = 0,2...0,5 м/с, у літній період V = 0,2...1 м/с.

Крім цих параметрів, які є основними, не слід забувати про атмосферний тиск, що впливає на парціальний тиск основних компонентів повітря (кисню й азоту) і, отже, на процес дихання.

В агрегатно-складальних цехах імовірність ураження електричним струмом менша, ніж в цехах механічного оброблення та заготівельно-штампувальних цехах, оскільки в останніх двох щільність електромереж більша.

Можливі ураження від дотику до оголених проводів, що живлять переносні лампи внаслідок пошкодження ізоляції, а також ураження від статичної електрики.

Пожежі становлять велику небезпеку для працюючих і завдають матеріальних збитків підприємству. Згідно зі статистичними даними, основною причиною пожежі є порушення технологічного режиму (33% від усіх випадків). Це пояснюється різноманітністю і складністю ТП. Також часто причиною

пожежі є коротке замикання електропроводки. Складність протипожежного захисту посилюється розмірами авіаційних підприємств, великою щільністю їх забудови.

В цехах особливу пожежонебезпеку становлять прибудови з легко займистими витратними матеріалами, архівами.

Інженерні методи боротьби з шумом на промислових підприємствах полягають у такому:

а) зменшення шуму в джерелі виникнення в процесі конструювання та виготовлення машин, а також шляхом правильної експлуатації обладнання;

б) застосування звукоізолювальних конструкцій і звукопоглинальних матеріалів, локалізація галасливого обладнання в спеціальних вигородках або за допомогою звукових кожухів;

в) застосування глушників струменевих шумів.

Ці заходи здійснюються окремо або в комплексі, залежно від умов виробництва.

Організаційно-технічні заходи щодо боротьби з шумом також значно знижують шум на виробництві. До них належать:

а) заміна галасливого обладнання менш гучним;

б) раціональне розташування машин і агрегатів у цеху, винесення найгаласливіших машин у спеціальне приміщення або виділення їх в окрему частину цеху, щоб забезпечити в приміщенні допустимий рівень шуму;

в) таке планування часу роботи шумного обладнання, щоб у цей час у цеху працювало менше людей;

г) озеленення території підприємства і території, прилеглої до нього;

д) використання індивідуальних засобів захисту від шуму (навушники, беруші).

Нормування шуму проводиться відповідно до ДНАОП 0.03-3.14-85. Гранично допустимий рівень шуму становить 60...75 дБ, поріг больового відчуття - 120...130 дБ.

Засоби захисту від локальної вібрації: віброзахисні рукавиці, рукавиці та наколінники (шкіряні або замшеві, з прокладками з губчастої гуми і без них). Крім того, використовують різні противібраційні пристрої ручного механізованого інструменту. Наприклад, клепальні молотки випускаються з пневматичними амортизаторами та еластичними рукоятками, що значно

зменшують амплітуди вібрацій.

Значний ефект гасіння вібрації інструменту обертальної дії досягається балансуванням обертової частини.

Розрізняють гігієнічне та технічне нормування вібрацій.

Відповідно до ДНАОП 0.03-3.11-84 під час гігієнічного нормування вібрацій обмежують середньоквадратичні величини віброшвидкості або віброприскорення, які встановлюють залежно від виду вібрації, природи її походження, напряму дії та середньогеометричних частот октавних смуг.

Технічне нормування встановлює допустимі значення вібраційних характеристик для окремих типів і груп машин.

Області резонансу для всього тіла людини: у положенні сидячи - 4...6 Гц, у положенні стоячи - 1,5...2 Гц.

Під час експлуатації підйомно-транспортного обладнання (кран-балки) або машин з обертовими елементами слід відгороджувати всі доступні рухомі частини механізмів. Це також стосується і клепальних пресів, і свердлильно-зенкувальних апаратів. Крім того, в цехах знижена можливість непередбаченого контакту робітників з переміщуваними вантажами і самими механізмами під час їхнього пересування. Це забезпечується тим, що переміщення деталей зі стапелів до місця позастапельного складання, а також окремих вузлів і агрегатів до стапелів складання здійснюється на висоті, безпечній для людини, над місцями з мінімальною кількістю робочих місць або за відсутністю їх.

Переміщення має супроводжуватися переривчастою звуковою сигналізацією, що попереджає про небезпеку.

Розріджені та рідкі герметики рекомендується наносити наповненням у спеціальних стендах з використанням засобів автоматизації або поливом, тому що під час пульверизації відбувається інтенсивне забруднення повітря аерозолями і розчинниками. Нерозріджені герметики у вигляді джгутів наносять шприцами. Ділянку, де проводиться герметизація, обладнують припливно-витяжною вентиляцією, крім того, в теплу пору року використовується природна вентиляція.

Правила безпеки під час герметизації виробів наведено в НАОП 1.4.72-1.36-91.

Нормування параметрів мікроклімату проводиться відповідно до ДНАОП 0.03-3.15-86.

Основними заходами захисту від ураження електричним струмом є:

а) недоступність струмоведучих частин, розміщення їх на достатній висоті та обмеження доступу до них;

б) застосування струму малої напруги.

2. 12 Проектування засобіва технологічного оснащення складальних робіт

2. 12. 1 Вибір схеми та компоновки складального пристосування

Конструктивні схеми складальних пристосувань зумовлені конструктивно-технологічними особливостями планера літака. У кожному конкретному випадку їх обирають на етапі розроблення директивних матеріалів з огляду на основні вимоги, що висуваються до пристосувань.

Для скорочення термінів і вартості проєктування і виготовлення пристосувань (а також скорочення основного виробництва) елементи технологічного оснащення нормалізують.

У загальному випадку основні частини складального пристосування такі:

1. Каркас, на якому монтують усі елементи пристосування.

2. Фіксатори і затискачі для встановлення і закріплення деталей і вузлів у складальному положенні.

3. Вузли і механізми для закладання і виймання готових виробів.

4. Засоби механізації пристосування.

5. Допоміжні засоби оснащення.

6. Джерела енергії.

Конструктивно складальне пристосування для складання переднього відділу форкіля складається з таких основних елементів: каркаса, фіксаторів КФО, ложементів, упорів, стандартних виробів (див. креслення К104.КП.155.19.14.4.0089.00СБ).

2. 12. 2 Проектувальні розрахунки на міцність і жорсткість елементів конструкції складального пристосування

Зазвичай каркас пристосувань на міцність не розраховують, а проводять

розрахунок на жорсткість. Вибір перерізів балок і колон пристосування з урахуванням необхідної жорсткості цих елементів цілком забезпечує їхню міцність [1].

Мета розрахунку пристосувань на жорсткість - підбір таких перерізів і розмірів елементів каркаса, за яких їхні максимальні деформації від прикладених навантажень не перевершували б значень, що визначаються технічними умовами на виріб, який збирають.

За основні вертикальні навантаження, що спричиняють деформації пристосування, для наближеного розрахунку приймають вагу агрегату, що збирається, рубильників, фіксаторів і допоміжних пристроїв. Крім того, враховують і випадкові навантаження, які можуть виникнути в процесі складання виробу.

Розрахункова схема каркаса пристосування для складання переднього відділу форкіля – двохопорна балка (див. креслення К104.КП.155.19.14.4.0089.00СБ). Вважаємо балку горизонтальною, нехтуючи кутом її нахилу через малість останнього.

Вважаємо, що загальне осьове навантаження P складається з маси переднього відділу форкіля ($G = 16{,}2$ кг) і суми мас ложементів пристосування.

Вважаємо, що ложементи виготовлені зі сталі та мають приблизно однакову масу $m_{\text{лож.}}$:

$$m_{\text{лож.}} = \rho_{\text{сталі}} \times F_{16,2}$$ де $\rho_{\text{сталі}} = 7800 \text{кг/м}^3$ - густина сталі;

$F_{16,2}$ – товщина ложемента;

$$m_{\text{лож.}} = 7800 \times 76000 \times 2 \times 10^{-9} = 1{,}1 \text{ кг.}$$

Отримуємо $P = 16{,}2 + 8 \times 1{,}1 = 25$ кг ≈ 250 Н.

Внаслідок ексцентричного докладання вертикальних навантажень до балок пристосувань відбувається кручення останніх. Унаслідок цього з'являються додаткові, що підсумовуються з деформаціями вигину, вертикальні та горизонтальні переміщення точок кріплення рубильників і фіксаторів.

Для визначення величин деформацій балок під впливом навантаження використовують формули прогинів.

$$f_{\text{прог.}} = k_1 \frac{P \times l^3}{E \times I_x}, \quad (4.2)$$

де E – модуль пружності першого роду (для сталі $E = 1{,}8 \cdot 10^{11}$ Па);

l = 4,1 м – довжина балки;

I_x – осьовий момент інерції перерізу балки.

$k_1 = 0{,}9$ – коэффициент, зависящий от характера распределения нагрузки и способа закрепления концевых сечений балки.

Додаткове переміщення балки, викликане крутінням, у середині прольоту в точці прикладання ексцентричного вертикального навантаження знаходять за формулою:

$$f_{кр} = k_2 \frac{Pe^2 l}{GI_\alpha}, \tag{4.3}$$

де G – модуль пружності другого роду;

e = 0,15 м – величина эксцентриситету;

I_α – момент інерції перерізу балки при чистому крученні.

$k_2 = 1$ – коефіцієнт, що залежить від характеру розподілу навантаження і способу закріплення кінцевих перерізів балки.

Результуюче переміщення в середині прольоту балки знаходять за формулою:

$$\mathbf{f = k_0 \frac{Pl^3}{EI_x}\left(\frac{k_1}{k_0} + \frac{k_2}{k_0}\left(\frac{e}{l}\right)^2 \frac{EI_x}{GI_\alpha}\right)}, \tag{4.4}$$

де k_0 – умовний коефіцієнт, що відповідає основному випадку навантаження (для вигину $k_0 = 5/384 = 0{,}01$).

Величина $\frac{EI_x}{GI_\alpha}$ для прийнятого ряду нормалізованих перерізів балок коливається у вузьких межах і приймається рівною 2,5**.** Тоді, маючи задану в ТУ величину допустимого переміщення в середині каркаса (f = 0,5 мм), можна виразити з рівняння (4.4) шукану величину осьового моменту інерції перерізу балки каркаса I_x , а потім за сортаментом профілів знайти відповідний профіль (зазвичай для каркаса застосовують балки швелерного перерізу):

$$\mathbf{I_x = \frac{k_0 Pl^3\left(\frac{k_1}{k_0} + \frac{k_2}{k_0}\left(\frac{e}{l}\right)^2 \frac{EI_x}{GI_\alpha}\right)}{Ef}}, \tag{4.5}$$

Отримуємо:

$$\mathbf{I_x = \frac{0,01 \cdot 250 \cdot 4,1^3 \left(\frac{0,9}{0,01} + \frac{1}{0,01} \left(\frac{0,15}{4,1} \right)^2 \cdot 2,5 \right)}{1,8 \cdot 10^{11} \cdot 0,0005} = 1,73 \cdot 10^{-4} м^4.}$$

Каркас коробчастого перерізу являє собою два швелери, з'єднані між собою зварюванням. Тому його момент інерції $I_x' = I_x /2 = 0,87 \times 10^{-4}$ м^4

2. 12. 3 Технічних умов на монтаж складального пристосування

Укрупнений ТП монтажу складального пристосування для складання переднього відділу форкіля складається з таких операцій:

1. Закладання фундаменту згідно з кресленням.

2. Встановлення на фундамент за кресленням КЧО стійок з опорами і втулками, встановлення і фіксація черв'ячного редуктора.

3. Встановлення каркаса, кріплення каркаса до стійок болтами.

4. Послідовне встановлення в стакани каркаса вилок, координування їх положення за допомогою інструментального стенда, фіксація в заданому положенні.

5. Заливка зазорів між стінками склянок і вилками цементом НІАТ-МЦ, витримка заданий час для затвердіння цементу.

6. Встановлення ложементів на вилки, фіксація технологічними штирями.

7. Установка на куточки, розташовані на ложементах, сулаг, фіксація сулаг штирями.

8. Встановлення на ложементи за кресленням КЧО гвинтових притисків і прихватів, фіксація болтами і штирями.

9. Встановлення на ложементи фіксаторів КФЗ, координування їхнього положення відносно ложементів за допомогою інструментального стенда, фіксація болтами.

Технічні умови на монтаж складального пристосування для складання переднього відділу форкіля такі:

1. Монтаж вилок і фіксаторів КФЗ здійснювати за допомогою інструментального стенда.

2. Монтаж каркаса, стійок, опор, черв'ячного редуктора, притисків і прихватів здійснювати за кресленням К104.КП.155.19.14.4.0089.00СБ.

3. Зазор між стінками склянок пристосування і вилками заливати цементом НІАТ-МЦ, після заливки витримувати 12 хв. у нерухомому положенні для затвердіння цементу. Складальні роботи на пристосуванні починати не раніше ніж через 3 доби після заливки цементу.

4 Транспортування каркаса по цеху і встановлення проводити за допомогою кран-балки.

5. Після закінчення монтажу пристосування контролювати якість монтажу за допомогою нівеліра згідно зі схемою монтажу.

6. Відбалансувати пристосування під час встановлення на стійки шляхом підбору точок кріплення на каркас, забезпечивши легкість повороту.

7. Монтаж і контроль пристосування проводити за ОСТ 1.51732-81.

8. Пристосування фарбувати емаллю ХВ-16 ТУ6-10-1301-83 - зелена.

Висновки по розділу 2

У першій частині цього курсового проекту було проаналізовано конструкцію переднього відділу форкіля пасажирського літака типу Ан-140, дано його технічний опис, наведено технічні умови на виготовлення і розглянуто варіанти підвищення рівня технологічності конструкції. Модифікована конструкція відділу порівнювалася з базовою (конструкція переднього відділу форкіля літака Ан-140), і після аналізу зроблено висновок, що модифікована конструкція є більш технологічною.

У другій частині проекту проведено розроблення директивних технологічних матеріалів на складальні роботи: зроблено розрахунки допуску і точності збирання відділу для двох варіантів складання та ув'язування (розглянуті варіанти збирання - за СВ і в пристосуванні, а також варіанти ув'язування - з використанням методів ПРІМ і КШМ), зроблено висновки. На основі отриманих результатів спроектовано схему складання та ув'язки заготівельного і складального оснащення для виготовлення переднього відділу форкіля. Також розроблено схему базування складових частин переднього відділу форкіля і визначено витрати на складання для двох методів складання - за СО і в пристосуванні.

У третій частині проекту спроєктовано робочий технологічний процес

складання відділу на стандартних технологічних картах, здійснено нормування операцій технологічного процесу і розроблено цикловий графік складання.

У четвертій частині обрано схему і спроектовано складальне пристосування для складання переднього відділу форкіля, складено технічні умови на його монтаж і укрупнений технологічний процес складання пристосування.

Для виробництва форкілів був обраний серійний тип, з програмою 40 шт.

Розроблено планування дільниці, описана організація робочих місць. Можна зробити висновок щодо можливості впровадження запропонованої технології у реальне виробництво на базових підприємствах України.

3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Маркетингові дослідження ринку збуту продукції для визначення програми випуску виробів

3.1.1 Характеристика виробу як товару

Пасажирський літак Ан-140 призначений для перевезення від 40 до 52 пасажирів на місцевих авіалініях на відстань від 2 000 до 2 500 км.

Літак Ан-140 – середній літак, який зможе виконувати пасажирські і вантажопасажирські перевезення експлуатуватися на коротких злітно-посадкових і ґрунтових аеродромах.

В конструкції літака закладено низку параметрів, які роблять його незамінним для України:

- експлуатація на коротких ЗПС і ґрунтових аеродромах;
- можливість виконувати пасажирські і вантажопасажирські перевезення;
- відповідність вимогам міжнародних норм;
- рівень комфорту реактивних лайнерів;
- невисока ціна;
- низький рівень витрат на техобслуговування і експлуатацію;
- автономна експлуатація;
- компактність;
- хвостовий багажник збільшеного обсягу і підпільного хвостового відділу;
- можливість застосування вітчизняного і зарубіжного устаткування і двигунів.

Літак Ан-140 має наступні варіанти виконання:

- пасажирський літак на 46 і 52 місць;
- вантажний;
- адміністративний;
- спеціального виконання (льодової і рибної розвідки, геолого-розвідувальний, патрульний і т.д.).

3.1.2 Аналіз ринку і стратегія маркетингу у формуванні обсягів виготовлення виробів

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

Вибір стратегії сегментації залежить від наступних факторів:

- від виду продукції, що випускається;
- від положення підприємства на ринку;
- від фінансового становища підприємства і його виробничих потужностей.

Ринок збиту літака Ан-140 можна поділити на ринок країн СНД та ринок інших країн. Кожен з обох ринків має свої переваги та недоліки, а саме:

Переваги ринку країн СНД:

- КБ ім. Антонова дуже гарно зарекомендувало себе на ринку СНД;
- добре налагоджена система обслуговування, логістики, та підготовки спеціалістів для обслуговування літаків «Ан».

Недоліки ринку країн СНД:

- загальна економічна криза;
- введення прикордонних бар'єрів;
- припинення постачання комплектуючих з РФ та закриття ринку збита літаків в РФ.

Переваги ринку країн далекого зарубіжжя:

- великий розмір ринку;
- більш стабільне економічне становище;
- менша ціна виробу літаків «Ан», відносного закордонних аналогів.

Недоліки ринку країн далекого зарубіжжя:

- погано налагоджена система обслуговування, логістики, та підготовки спеціалістів для обслуговування літаків Ан-140.
- КБ ім. Антонова майже не зарекомендувало себе на ринку далекого зарубіжжя;

При дослідженні ринку повітряних сполучень спостерігаються тенденції до збільшення місткості літака, як пасажирської, так і вантажної.

У контракт на поставку вироби вноситься 4 позиції:

1. Одиниця виміру ціни - це кількісна характеристика товару, залежить від характеру товару і світової практики.
2. Базис ціни - встановлює, які витрати включаються в ціну товару і здійснюються за рахунок продавця, а які - понад ціну, за рахунок покупця.
3. Валюта ціни - ціна може бути виражена у валюті країни експортера, імпортера, третин країни.

4. Спосіб фіксації цін - ціна визначається або відразу, або після заключення контракту.

3.1.3 Формування ринку попиту з урахуванням оцінки можливих ризиків та рекламної пропаганди для отримання стійких договірних заказів на попит продукції.

Для літака, товару з тривалим терміном виготовлення, використовується змінна ціна, яка обчислюється на момент виконання контракту шляхом перегляду договірної (базисної) ціни з урахуванням зміни у витратах виробництва за період виконання замовлення на товар.

Маркетинг виділяє 4 основні види цінової стратегії на ринку:

стратегія високих цін;

стратегія низьких цін;

стратегія диференційованих цін;

стратегія конкурентних цін.

Зазвичай літак збувається способом прямих поставок. На підприємстві існує відповідна служба - відділ збуту та відділ зовнішньоекономічних зв'язків. Тут проводяться детальні дослідження ринків, опрацьовуються варіанти можливих партнерів і нарощуються зв'язку. В результаті переговорів укладається договір про поставку товару до певного строку, в певній кількості, за певною ціною і відповідного якості.

Вказується гарантований ресурс експлуатації авіаційної техніки, комплектація і додаткове оснащення кожного літака.

Формування попиту - це формування громадської думки про товар з метою залучення до нього загальної уваги і в кінцевому підсумку - виникнення у споживача бажання придбати.

Велику роль у формуванні попиту грає реклама товару. Так для отримання великого прибутку необхідно нарощувати обсяги виробництва, тобто необхідно отримувати нові замовлення. Тут рекламна діяльність йде за двома напрямками:

Придбання нових замовлень на вже вироблену продукцію. Природно, що кількість замовлень на нашу продукцію залежить від підприємств виробляють літак. Отже, реклама повинна бути направлена на сам літак. Але самостійно таку діяльність розвинути підприємство не може. Основну діяльність по рекламі беруть на себе завод виготовлювач літака типу Ан-140 і ОКБ АНТК ім. Антонова. В рамках цієї рекламної діяльності вони здійснюють такі види

реклами, як:

Пряма поштова реклама. Виробник адресує рекламу окремим особам в їх професійній - службової ролі. Це розсилання рекламних проспектів, описів безпосередньо потенційним споживачам. Крім розсилки різної документації представники замовників запрошуються на виставки, показові польоти.

Публікація реклами в спеціалізованих, вузько направлених виданнях, розрахованих на охоплення потрібного ринку, що споживає товари тпослуги авіаційного комплексу. Таких видань багато, тому слід зосередитися на тих, які читають фахівці регіонів, в яких спостерігається попит літака типу Ан-140.

Реклама на виставках. Перш за все участь виробника на всіляких виставках, таких як авіасалонах, авіа-шоу, що проводяться в усьому світі дають змогу не тільки представити свою продукцію, але і провести переговори з усіма зацікавленими організаціями;

3.2 Вихідні дані для розрахунків техніко-економічних показників роботи виробництва

3.2.1 Визначення витрат на сировину та матеріали

Програму випуску деталей буду задавати виходячи з програми випуску літаків типу Ан-140, яка складає 40-60 літаків [9]. Враховуючи економічні фактори країни, беру значення у 40 літаків на рік. Оскільки боковини шпангоута та пояс лонжерону однієї конфігурації наявні тільки в одному екземплярі, то їх програма випуску буде такою ж, як і для літака. Виходячи з цих даних можу розраховувати економічні параметри підприємства.

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{лон}} = 40 \text{ од/рік};$$

Для визначення трудомісткості виготовлення всіх деталей в цеху беру дані із класифікатора в технологічній частині дипломного проектування.

Річна програма випуску деталей NB, шт. складає 40 деталей за рік. Боковина шпангоуту масою 27 кг виготовлена із заготовки матеріалу 1933Т3. Вартість 1 кілограма матеріалу 1933Т3 $\text{НМ}_{1933\text{Т3}}$, взято із інтернет-ресурсів:

$$\text{ЦМ} = 30 \text{ ₴/кг};$$

Витрати на сировину та матеріали визначаю за формулою:

$$\text{РМ} = \text{НМ} \times \text{ЦМ} \times \left(1 + \frac{\text{НТ}}{100}\right), \quad (4.1)$$

Де НМ – маса матеріалів заготовок, кг.

$$НМ = ЦМ \cdot NЗ = 30 \cdot 27 \cdot 43 = 104\ 490(₴);$$

$$РМ = 104490 \times 30 \times \left(1 + \frac{12}{100}\right) = 3\ 510864{,}0(₴);$$

3.2.2 Визначення витрат на паливо та енергію при проведенні технологічного процесу

Витрати на паливо та енергію, що є часткою постійних загальновиробничих витрат, при проведенні технологічного процесу обробки деталей визначають як 10% від загальної вартості будівель цеху [10].

$$ПоР_{ен.} = ЦЗ \times 10\%, \quad (4.2)$$

де ЦЗ – витрати на будівлі та споруди. Визначаються за формулою:

$$ЦЗ = ОК \times СК + ОП \times СП; \quad (4.3)$$

де ОК – Об'єм виробничого корпусу, де розташовані виробничі, допоміжні та складські приміщення. Знаходжу значення ОК, використовую дані цеху, що були розраховані в технологічній частині дипломного проекту. Виходячи з даних [10, с.10] допоміжна та складська площі можуть бути отримані як 15% від виробничої площі.

$$ОК = (4440 + 4440 \times 0{,}15) \times 10{,}8 = 55\ 144{,}8\ (м^3);$$

СК – Вартість 1 $м^3$ виробничого корпусу. $СК = 2\ 000\ ₴/м^3$ [10, с.9];

ОП – Об'єм багатоповерхової будівлі, де знаходяться конторські, побутові та інші приміщення, відділи та служби. Беру значення площин цих приміщень у відсотках від виробничої площі. Складська площа – 15%, конторсько-побутова – 35%, інша – 10% [10, с.10].

$$ОП = 55\ 144{,}8 \times (0{,}15 + 0{,}35 + 0{,}1) = 33\ 086{,}9\ (м^3);$$

СП – вартість 1 $м^3$ прибудови. $СП = 3\ 500\ ₴/м^3$ [10, с.9];

$$ЦЗ = 55\ 144{,}8 \times 2\ 000 + 33\ 086{,}9 \times 3\ 500 = 110\ 289\ 600{,}0 + 115\ 804\ 150{,}0;$$

$$ЦЗ = 226\ 093\ 750{,}0(₴);$$

Витрати на паливо та електроенергію складають:

$$ПоР_{ен.} = 226\ 093\ 750{,}0 \times 0{,}1 = 22\ 609\ 375{,}0(₴);$$

3.3 Розрахунок основної та додаткової заробітної плати виробничих робочих

Основну заробітну плату виробничих робочих ОЗПР можна визначити виходячи із сумарної річної трудоємкості робіт ТГ та середньо годинної тарифної ставки СЧС:

$$\text{ОЗПР} = \text{ТГ} \cdot \text{СЧС}; \quad (4,4)$$

Сумарна річна трудоємність робіт ТГ може бути визначена як сума всіх трудоємностей, розрахованих в класифікаторі технологічної частини дипломного проекту для деталі боковини шпангоуту.

$$\text{ТГ} = 138\,360{,}0 \text{ н. год.}$$

Середньо годинна тарифна ставка СЧС розраховується за формулою:

$$\text{СЧС} = \frac{\sum \text{ЧПР} \cdot \text{ЧС}}{\sum \text{ЧПР}}; \quad (4.5)$$

де ЧПР – Кількість робочих;
ЧС – Годинна ставка, н.год.

Таблиця 3.1 – Розрахунок середньої годинної ставки

Розряд робіт	Кількість ЧПР	Годинна ставка ЧС, ₴/н.год
3	8	$\text{ЧС}_3 = 1{,}40 \cdot 25{,}13 = 92$
4	0	$\text{ЧС}_4 = 1{,}65 \cdot 25{,}13 = 92$
5	32	$\text{ЧС}_5 = 1{,}90 \cdot 25{,}13 = 92$

$$\text{СЧС} = \frac{8 \cdot 92 + 32 \cdot 92}{8 + 32} = \frac{736 + 2944}{40} = 92(₴/\text{н. год});$$

$$\text{ОЗПР} = 138\,360{,}0 \cdot 92 = 12729120{,}0(₴);$$

Додаткова заробітна плата основних робітників ДЗПР розраховується у відсотковому відношенні до ОЗПР.

$$\text{ДЗПР} = \text{ОЗПР} \cdot \text{НДО}/100; \quad (4,6)$$

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

$$\text{ДЗПР} = 12729120{,}0 \cdot \frac{45}{100} = 5728120(₴);$$

3.4 Розрахунок витрат на соціальні заходи (ЄСВ)

Відрахування в фонд ЄСВ на основну та додаткову заробітну плату основних робітників, що включається в собівартість виробу, розраховую як норматив НЄСВ від суми ОЗПР та ДЗПР.

$$ЄСВПР = (ОЗПР + ДЗПР) \cdot \frac{НЄСВ}{100}; \quad (4.7)$$

де НЄСВ – Норматив відрахувань у фонд ЄСВ. $НЄСВ = 22$.

$$ЄСВПР = (6\ 267\ 708{,}0\ + 2\ 820\ 468{,}6) \cdot \frac{22}{100} = 1999398{,}9(₴);$$

3.5 Розрахунок витрат на обладнання, інструмент та амортизаційні відрахування

Вартість основних засобів виробництва та їх амортизаційних відрахувань вношу в таблицю 3.2.

$$СО = С1 \times ОП1 + С2 \times ОП2 + С3 \times ОП3 + С4 \times ОП4 + С5 \times ОП5; \quad (4.8)$$

Таблиця 3.2 – Розрахунок вартості обладнання

Найменування	Кількість, ОПі	Вартість, Сі	Ціна
Фрезерний верстат 6Н13П	23	350 000 ₴	8 050 000 ₴
Фрезерний верстат ФП-7	17	320 000 ₴	5 440 000₴
Слюсарний верстат	5	150 000₴	750 000 ₴
Контрольний стіл	3	100 000 ₴	300 000 ₴
Розмічальна плита	2	120 000 ₴	240 000 ₴

$$СО = 8\ 050\ 000 + 5\ 440\ 000 + 750\ 000 + 300\ 000 + 240\ 000;$$

$$СО = 14\ 780\ 000{,}0(₴);$$

Для того щоб знайти повні витрати СОП обладнання, необхідно додати до повної вартості обладнання норматив витрат на транспортування та монтаж обладнання НТМ = 12.

$$СОП = 14\,780000 \cdot (1 + 12/100) = 16\,553\,600{,}0(₴);$$

Розрахунки вартості обладнання вношу в таблицю вартості річних засобів та річної амортизації (таблиця 3.3). Вартість іншого обладнання приймаю як відсоток Куд від повної вартості обладнання [10, с.11]. Результати розрахунків вношу в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Вартість основних засобів та річна амортизація.

Групи засобів	Куд, %	Ціна, ₴	Норма амортизації	Річна амортизація, ₴
Будівлі	х	226 093 750,0	5	5 211 355,8
Обладнання	х	16 553 600,0	10	1 655 360,0
Транспорті засоби	10	1 655 360,0	20	331 072,0
Вимірювальні засоби	5	827 650,0	25	206 912,5
Вимірювальні пристосування	10	1 655 360,0	25	413 840,0
Інвентар	2	331 072,0	25	82 768,0
Всього	х	125 247 757,0	х	7 901 308,3

Після заповнення сумарної річної амортизації та вартості основних засобів виробництва, переходжу до розрахунків загальновиробничих витрат.

3.6 Розрахунок собівартості виробів та прибутку виробництва

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

$$ПоР = 65\% \cdot ОЗПР = 65\% \cdot 6\,267\,708{,}0 = 4\,074010{,}2(₴); \quad (4.9)$$

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

$$ПеР = 80\% \cdot ОЗПР = 80\% \cdot 6\,267\,708{,}0 = 5014166{,}4(₴); \quad (4.10)$$

Виробнича собівартість СВр визначається за формулою:

$$СВр = РМ - ВО + ОЗПР + ДЗПР + ЄСВПР + ПеР + ПоР + РОП; \quad (4.11)$$

Визначаю зворотні витрати ВО за формулою:

$$ВО = НМ \times \left(1 - \frac{КВМ}{100}\right) \cdot ЦМ \times 0{,}1; \quad (4.12)$$

$$ВО = 104\,490{,}0 \cdot (1 - 58{,}6/100) \cdot 90 \cdot 0{,}1 = 389\,329{,}7(₴);$$

Витрати на опанування нових типів виробництва:

$$РОП = (РМ + ОЗПР) \cdot НОП/100; \quad (4.13)$$

$$РОП = (3\,510\,864{,}0 + 6\,267\,708{,}0) \cdot \frac{12}{100} = 1173428{,}0(₴);$$

$$СВр = 3\,510\,864{,}0 - 389\,329{,}7 + 6\,267\,708{,}0 + 2\,820\,468{,}6 +$$

$$+1\,999\,398{,}9 + 4\,074\,010{,}2 + 5\,014\,166{,}4 + 1\,173\,428{,}0;$$

$$СВр = 24\,320\,884{,}0\ ₴;$$

Адміністративні витрати виробництва розраховують за нормативом від основної заробітної плати виробничих робітників.

$$АР = ОЗПР \cdot НА/100; \quad (4.14)$$

$$АР = 6\,267\,708{,}0 \cdot 5/100 = 313385{,}4(₴);$$

Витрати на збут готової продукції розраховують за нормативом від основної виробничої собівартості партії виробів.

$$РС = СВр \cdot НС/100; \quad (4.15)$$

$$РС = 24\,320\,884{,}0 \cdot 1{,}5/100 = 364813{,}3(₴);$$

Повна собівартість партії виробів складається із виробничої собівартості, адміністративних витрат та витрат на збут готової продукції.

$$СПр = СВр + АР + РС; \quad (4.16)$$

$$СПр = 24\,320\,884{,}0 + 313385{,}4 + 364813{,}3 = 24999082{,}7(₴);$$

Розрахунковий прибуток від реалізації виробів повинен складати не менше ніж 15% від повної собівартості партії виробів.

$$ГДР = СПр \cdot (1 + 15/100); \quad (4.17$$

$$ГДР = 24999082{,}7 \cdot (1 + 15/100) = 32\,198\,945{,}1(₴);$$

3.7 Розрахунок критичної програми випуску виробів.

Розраховую постійні річні витрати ГПОИ. Вони мають формулу:

$$ГПОИ = ПоР + АР + РС; \quad (4.18)$$

$$ГПОИ = 4\,074010{,}2 + 313385{,}4 + 364813{,}3 = 4\,752\,208{,}9(₴);$$

Змінні витрати розраховуються за формулою:

$$ПЕИ = СВр - ПоР; \quad (4.19)$$

$$ПЕИ = 24\,320\,884{,}0 - 4\,074010{,}2 = 20\,246873{,}8(₴);$$

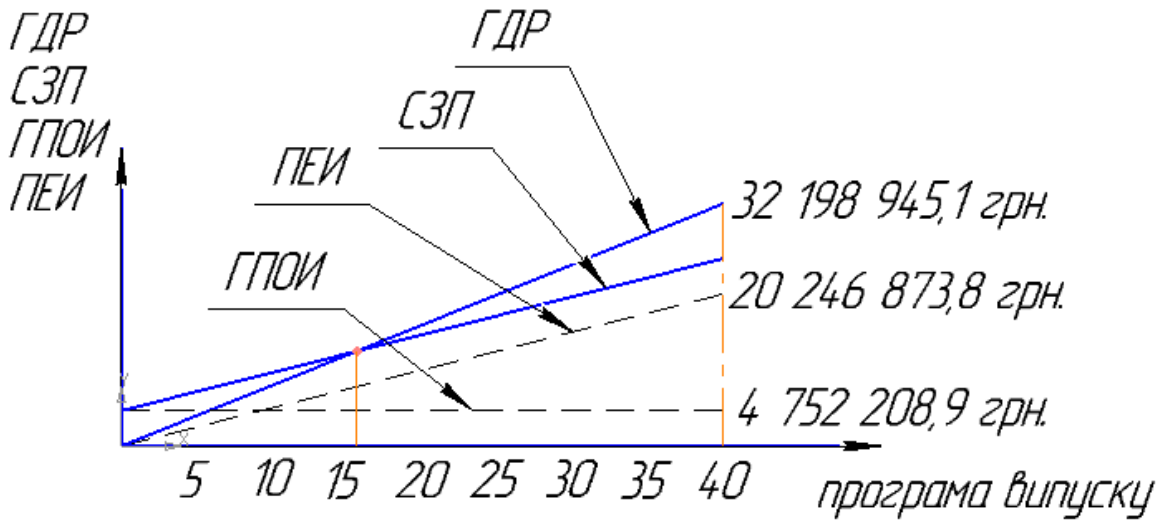


Рисунок 3.1 – Графічне визначення критичної програми випуску деталей

При 15 виготовлених одиницях продукції виробництво починає приносити прибуток, тобто лінія витрат (СЗП) стає нижче ніж лінія доходів (ГДР).

В економічному розділі було визначено всі основні економічні параметри виробництва деталей в цеху, визначена собівартість та критична програма випуску деталей. При собівартості програми випуску у 24 999 082,7 ₴ виробництво буде приносити прибуток після реалізації більше ніж 15 деталей.

4 СПЕЦІЛЬНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Збільшення стійкості інструмента при високошвидкісній обробці деталей різанням

4.1.1 Загальні поняття про високошвидкісну обробку

Високошвидкісна обробка деталей, або High Speed Machining (HSM) є однією з сучасних технологій обробки деталей, яка, порівняно зі звичайними методами розмірної обробки значно збільшує ефективність, точність та якість процесу різання. Найголовніший фактор, який відрізняє HSM від звичайної розмірної обробки, це значно більша швидкість різання, яка спричиняє підвищення температури в зоні утворення стружки, у наслідок чого матеріал стає м'якше. Це дозволяє зменшити сили різання, та, як наслідок, збільшити робочу подачу інструменту.

Ефект HSM зумовлений структурними змінами матеріалу через пластичні деформації, що викликає висока швидкість обробки в місці утворення стружки. Під час підвищення швидкості деформації сили різання спочатку зростають, а потім починають зменшуватись через збільшення температури. Однією з переваг такого різання є те, що через великі швидкості обробки час контакту інструмента із матеріалом заготовки настільки малий, що суттєва частина тепла видаляється із зони обробки через стружку, а заготовка та інструмент не встигають нагріватись. В минулому, даний ефект при механічній обробці досягався нагріванням заготовки, перед механічною обробкою.

Утворення стружки є одним з найважливіших процесів для HSM. Дослідження довели, що під час утворення стружки 80% тепла утворюється в зоні механічної деформації матеріалу, 18% - в зоні контакту стружки з інструментом та 2 % - в зоні тертя ріжучої кромки інструменту о матеріал.

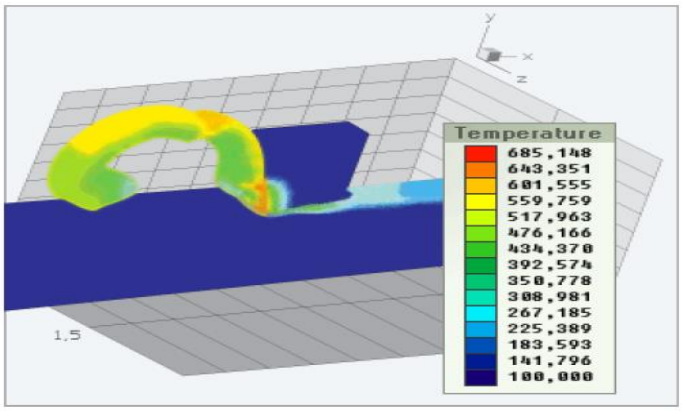


Рисунок 5.1 – розподіл температури при HSM.

Що стосується відведення даного тепла із зони різання, то за результатами досліджень процесів HSM, отримано наступні дані: 75% тепла виходить через стружку, 20% - через інструмент та 5% - через деталь, що обробляється. На рисунку 5.1 вказано вигляд розподілу температури в зоні різання.

За даними на рисунку та результатами досліджень можна зробити висновок, що найбільша кількість тепла відводиться із зони обробки саме зі стружкою. Процеси HSM виконуються дуже специфічними засобами та на спеціальному обладнанні. Найповніше принципи HSM можна реалізувати із застосуванням п’яти координатному фрезеруванні. Цей тип обробки дозволяє виконувати обробку важко досяжних поверхонь більш ефективно, при цьому мати мінімальний виліт інструменту. Однак, на даний момент електродвигуни роторного типу, що застосовуються при високошвидкісному фрезеруванні, часто не можуть забезпечити необхідний крутний момент для важкого фрезерування (наприклад титанових сплавів).

HSM обробку, в основному, використовують в трьох галузях промисловості.

Виробництво деталей з алюмінієвих сплавів для виробництва компонентів автомобілів, корпусів пристосувань та медичних пристроїв. Ця промисловість потребує високої продуктивності процесу видалення матеріалу, тому що технологічний процес виготовлення готових деталей складається із багатьох операції механічної обробки.

Інструментальна промисловість, де потребується виконувати чистову обробку твердих матеріалів. В цій галузі важливо обробляти деталі з високою швидкістю та зберігати високу точність при цьому. При використанні засобів HSM для даної промисловості, можна перебудовувати планування процесу обробки за рахунок скорочення деяких стадій технологічного процесу.

Аерокосмічна промисловість, що саме це є підставою для розгляду даної технології обробки в даному дипломному проектуванні, в якій виконується обробка великогабаритних деталей із алюмінієвих сплавів, часто із тонкими стінками (шпангоутів, лонжеронів, нервюр та інших). Використання засобів HSM в цій галузі зумовлено тим, що найдоцільніше виконувати всі операції механічної обробки за один установ деталі в пристосуванні. Цей фактор, також, збільшує точність виконання розмірів готової деталі за рахунок зниження похибки базування [11, с.34-37].

4.2 Вплив КП на зношування інструменту при високошвидкісному фрезеруванні

Є багато факторів, від яких залежить ефективність процесу HSM. Основні з них – це характеристики верстата, тип шпинделя, ріжучий інструмент та система ЧПК. Також фактором, якій на рівні з вищезазначеними, впливає на процес різання є траєкторія руху інструмента під час обробки.

Можливості програмного забезпечення є ключовими при реалізації процесів HSM, тому розробка процесу починається із розробки програм керування (КП). Якість виконання КП суттєво впливає на зношування верстата, інструменту, та якості обробки.

Для того, щоб отримати КП, придатне для HSM обробки, іноді треба перероблювати геометрію деталі. Під цим твердженням розуміють створення нової геометрії з ціллю отримання оптимальної траєкторії руху інструмента. Іноді КП потребує ручної доробки після отримання її з геометрії деталі.

Сучасна CAM система повинна забезпечувати наступні основні критерії розробки КП для HSM:

- Сталість умов різання та товщини стружки,
- Сполучення по радіусу гострих кутів траєкторії для підтримання найкращих умов різання з мінімальними втратами робочої подачі.
- Плавне поєднання кінців траєкторії руху інструмента під час позиціонування.
- Максимальна швидкість обробки коду КП системою СЧПК.

В зв’язку з цим система повинна створювати проходи з малим кроком, які будуть виконуватись на дуже великих робочих подачах. Для цього повинні бути виключені різкі повороти, оскільки функція попереднього перегляду системи ЧПК автоматично зменшує робочу подачу в тих випадках, коли виявляє наближення до точки зміни траєкторії руху. Метою є забезпечення такої точності фрезерування, при якій досягається дуже мала шорсткість поверхні, що робить мінімальною або взагалі виключає фінішне полірування деталі. Окрім того, для того, щоби здолати проблему «голодання даних» (ситуація, під час якої недостатньо швидка обробка даних КП системою ЧПК призводить до зменшенню робочої подачі), система повинна створювати спеціальні траєкторії інструмента, що відповідають можливостям системи керування обладнання (наприклад, використовувати можливість обробки G-кодів на базі технології

NURBS).

Дуже часто деталь неможливо виготовити без різкої зміни траєкторії руху інструменту, але такі випадки повинні бути мінімізовані. Наприклад, слід мінімізувати наявність гострих кромок при обробці деталей по спіральній траєкторії (від центру). Приклад оптимізації траєкторії для такої деталі вказано на рисунку 5.2. Ліворуч вказано траєкторію обробки, що повністю повторює зовнішні обводи, праворуч – оптимізація траєкторії для обробки за допомого HSM.

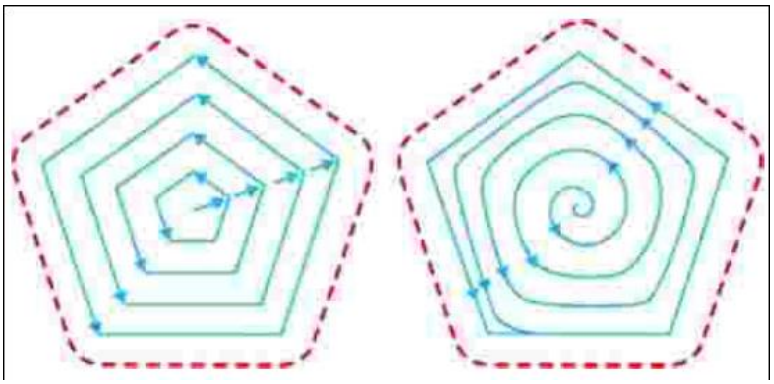


Рисунок 5.2 – Оптимізація траєкторії руху інструменту для HSM обробки

Зменшення кількості кутів в траєкторії руху інструменту збільшує подачу в цих ділянках траєкторії, і, як наслідок, зменшує час на виконання повної обробки деталі.

Збільшення швидкості обертання шпинделя суттєво не впливає на складову сили різання у напрямку осі OZ. Врізання в твердий матеріал з робочою подачею буде створювати велике напруження в інструментальному патроні та може спричинити пошкодження інструмента. Тому необхідно всіляко уникати вертикального врізання в матеріал (за виключенням графіту, алюмінію та деяких інших м’яких матеріалів заготовки).

Опускання інструмента по осі OZ слід виконувати в повітрі, а врізання в матеріал – в горизонтальному напрямку по дугоподібній траєкторії. Бажано і вихід інструменту з тіла деталі виконувати аналогічним засобом. При обробці карманів (в місцях, де неможливо підійти до деталі збоку) бажано виконувати врізання по спіралі, при чому кут нахилу спіралі рекомендовано задавати менш ніж 2 градуси. При обробці сталі міцністю $HRc = 62 \ldots 65$ кут нахилу бажано задавати не більше ніж 0,5 градуси [11, с.1-4].

Загальні рекомендації для розробки КП при HSM:

Обробка завжди повинна виконуватись на великих робочих подачах, адже для низьких робочих подач майже відсутній процес стружко утворення, який є основним процесом відведення тепла з зони різання.

Якщо умови різання, через специфічну геометрію деталі, не можуть бути сталими, найбільш ефективним засобом покращення умов обробки є зниження кроку по осі OZ. Завдяки цьому мінімізується кількість випадків раптового збільшення об’єму матеріалу, що видаляється під час врізання фрези в кут траєкторії. Збільшення об’єму матеріалу, що видаляється із зони різання призводить до вібрацій та погіршенню умов видалення тепла та стружки.

Рекомендовано застосовувати попутне фрезерування замість зустрічного. При попутному методі значно покращується якість поверхні та зростає стійкість інструменту завдяки наявності зусиль стискання, які є більш оптимальними для інструменту, ніж зусилля розтягнення, що виникають під час зустрічному фрезеруванні. Також під час зустрічного фрезерування виділяється значно більша кількість тепла через те, що ріжуча кромка інструменту рухається з більшими зусиллями тертя.

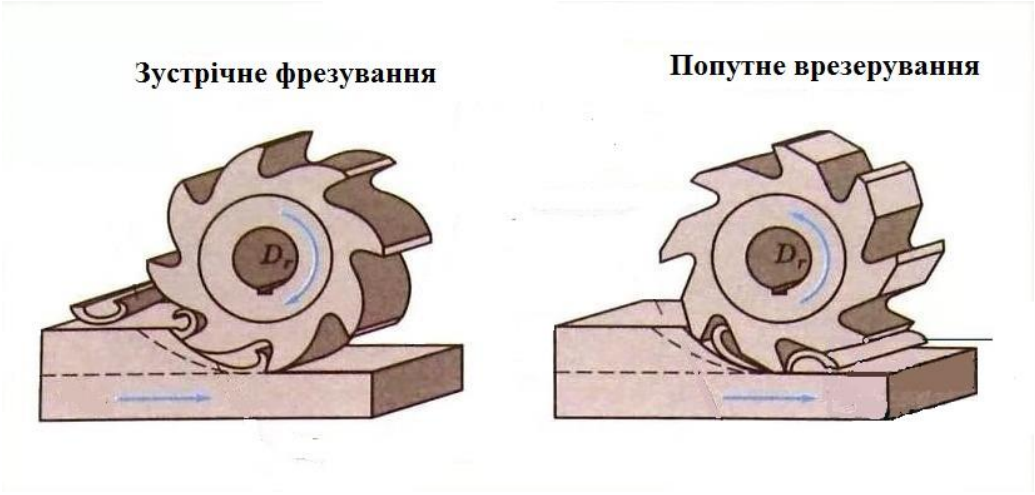


Рисунок 5.3 – Напрям подачі та обертання фрези при попутному та зустрічному видах фрезерування

- Рекомендовано знімати шари матеріалу під час різання завжди в одному напрямку руху інструмента, адже це робить умови різання більш однорідними. Але даний тип обробки має недолік – інструмент буде витрачати багато часу на холості рухи між операціями.
- Треба зменшити до мінімуму кількість врізань інструменту в деталь.
- Кінцева глибина фрезерування повинна досягатись змінними кроками, за для того щоб для кінцевої обробки досягався рівномірний припуск. Надлишковий припуск може бути надвеликим для інструмента кінцевої обробки. Якщо CAM-система не забезпечує контроль значення припуску,

необхідно додати додаткову траєкторії між попередньою та кінцевою обробкою.

- Пріоритетною є траєкторія обробки деталі від центру до периферії. Це зменшує кількість гострих кутів траєкторії.
- Відхід та підхід до матеріалу повинно планувати за дугою. Умови різання в такому випадку змінюються плавно і збільшують стійкість інструмента.
- Бажано використовувати інструмент меншого радіусу, ніж радіуси деталі. Це робить траєкторію руху інструменту більш плавною.
- Необхідно контролювати процес відведення стружки із зони різання. Також дуже важливо попереджувати різання стружки під час обробки загартованої сталі, для недопущення пошкодження інструменту.
- Рекомендовано застосовувати велику кількість охолоджувальної рідини, або працювати зовсім без неї. Доцільно використовувати ЗМР при зменшенні швидкостей різання, а для HSM обробки, через високі температури в зоні різання та великі відцентрові сили, будь яка рідина охолодження миттєво перетвориться у пар та не дасть ефекту. При цьому рідина буде миттєво охолоджувати кромку інструменту, що знаходиться по за процесом різання. Ці перепади температури лише підвищать знос інструменту. Можна використовувати масляно-повітряну суміш у вигляді туману, але вона буде працювати лише на зменшення тертя в зоні різання. Найбільш оптимальний варіант охолодження – використання потоку повітря, що допоможе більш швидко видалити стружку із більшістю тепла із зони різання. Геометрія фрези спроектована з умовою далекого викидання стружки, та для фрези більш оптимальним є постійно висока температура в зоні різання ніж її коливання через охолоджуючу емульсію.

Таблиця 5.1 – Залежність швидкості різання від виду обробки

Матеріал (згідно класифікації СМС)	Міцність	Швидкість різання, м/хв.		
		Звичайна обробка	HSM чорнова	HSM чистова
Сталь 01.2	150 HB	< 300	> 400	< 900
Сталь 02.1/2	330 HB	< 200	> 250	< 600
Сталь 03.11	300 HB	< 100	> 200	< 400
Сталь 03.11	39…48 HRc	< 80	> 150	< 350

Сталь 04	48…58 HRc	< 40	> 100	< 250
Алюміній	60…75 HB	< 1000	> 2000	< 5000
Кольорові сплави	100 HB	< 300	> 1000	< 2000

Таблиця 5.2 – Типові параметри різання загартованої сталі

Вид обробки	Швидкість різання, м/хв	Глибина різання, %*	Ширина різання, %*	Подача на зуб, мм/зуб
Чорнова	50…10	$30 \ldots 150$	$10 \ldots 40$	$0{,}01 \ldots 0{,}1$
Напівчистова	150…200	$5 \ldots 20$	$5 \ldots 30$	$0{,}015 \ldots 0{,}15$
Фінішна та суперфінішна	200…250	$1 \ldots 3$	$1 \ldots 2$	$0{,}01 \ldots 0{,}2$

* - Значення взяті у % від діаметра фрези.

Таблиця 5.3 – Швидкість різання під час обробки різноманітних матеріалів

Матеріал	Швидкість різання, м/хв.	Охолодження
Алюміній	1000 – 5000	Масляний туман
Латунь	1000 – 2500	Масляний туман

Продовження таблиці 5.3

Матеріал	Швидкість різання, м/хв.	Охолодження
Мідь	600 – 1500	Масляний туман
Титан	50 – 150	Масляний туман
Графіт	1000 – 4000	Стиснуте повітря
Вуглецеві волокна	250 – 500	Стиснуте повітря
Сталі	300 – 700	Масляний туман
Чавун	500 – 750	Масляний туман
Жароміцна	75 – 100	Масляний туман

сталь

Існує думка, що HSM-обробка повинна виконуватись з відносно невеликими глибинами різання. Однак зараз, ці параметри варуються в залежності від матеріалу [12, с.1-7].

4.3 – Аналіз ресурсу стійкості інструменту для HSM обробки

Проводжу аналіз зв'язку між прирощенням періоду стійкості інструменту та прирощенням параметрів різання (швидкості різання, глибини, подачі). При цьому збільшення, наприклад, швидкості різання веде до зниження періоду стійкості.

У відповідності до рівняння (5.1), стійкість інструменту (T) пов'язана до режимів різання [13, с.177].

$$T = \frac{K}{V^{1/n} \cdot f^{1/n_1} \cdot d^{1/n_2}}; \quad (5.1)$$

де: V – швидкість різання (V_T),

f – подача (s),

d – глибина різання (t),

K – стала величина, що відповідає конфігурації «інструмент-заготовка»,

$1/n > 1/n_1 > 1/n_2$.

В якості прикладу, під час різання твердосплавними різцями ця формула має вигляд:

$$T = \frac{C}{V_T^5 \cdot s^{1,5} \cdot t^{0,75}}; \quad (5.2)$$

Показники степені в рівнянні відносяться як $5 : 1{,}5 : 0{,}75$, або $1 : 0{,}3 : 0{,}15$. Це означає, що найбільше впливає стійкість інструменту [14, с.11].

Числове значення параметру C можна знайти для конкретного випадка. Наприклад, знаходжу значення C для токарної обробки сталі міцності 190 НВ прохідними різцями з пластинками зі сплаву Т15К6 в наступному інтервалі [14, с.14]:

$$0{,}75 \le s \le 0{,}3 \text{ мм/об};$$

$$V_T = \frac{371}{T^{0,2} \cdot s^{0,35} \cdot t^{0,15}} \cdot K_v; \quad (5.3)$$

де $K_v = 1$ – коефіцієнт, що вказує на вплив швидкості різання в змінених умовах

по відношенню до базових.

Після перетворень (введення до степені 5) отримую:

$$T = \frac{7{,}0286 \cdot 10^{12} \cdot K_v^5}{V_T^5 \cdot s^{1{,}75} \cdot t^{0{,}75}}; \quad (5.4)$$

Порівнюю значення (5.3) та (5.4) бачу, що $C = 7{,}0286 \cdot 10^{12} \cdot K_v^5$. Якщо умови базові, $K_v = 1$, тоді $C = 7{,}0286 \cdot 10^{12}$.

За формулою (5.2) була зроблена попередня кількісна оцінка впливу режимів різання на стійкість інструменту. Але ця оцінка є укрупненою та не характеризує кількісну долю кожної складової режиму різання в загальну для всіх стійкість інструменту.

Для спрощення, замінюю V_T на V, в наслідок чого вираз (5.4) до вигляду:

$$T = \frac{C}{V^{\alpha} \cdot s^{\beta} \cdot t^{\gamma}}; \quad (5.5)$$

де $C = 7{,}0286 \cdot 10^{12}$;

$\alpha = 5$;

$\beta = 1{,}75$;

$\gamma = 0{,}75$;

Далі шукаю повний диференціал функції $T = T(V, s, t)$. Маю:

$$dT = \frac{\partial T}{\partial V} \cdot \partial V + \frac{\partial T}{\partial s} \cdot \partial s + \frac{\partial T}{\partial t} \cdot \partial t; \quad (5.6)$$

Замінюю вираз (5.6) для залежності (5.5). Заміняю знак нескінченно малого прирощення d на кінцеве достатньо мале прирощення Δ. Отримую наступну величину прирощення стійкості ріжучого інструменту ΔT в залежності від величини прирощень режимних параметрів ΔV, Δs та Δt.

$$\Delta T = -C \cdot \left(\frac{\alpha + \Delta V}{V^{\alpha+1} \cdot s^{\beta} \cdot t^{\gamma}} + \frac{\beta + \Delta V}{V^{\alpha} \cdot s^{\beta+1} \cdot t^{\gamma}} + \frac{\gamma + \Delta V}{V^{\alpha} \cdot s^{\beta} \cdot t^{\gamma+1}} \right); \quad (5.7)$$

$$\Delta T = -\frac{C}{V^{\alpha} \cdot s^{\beta} \cdot t^{\gamma}} \cdot \left(\alpha \cdot \frac{\Delta V}{V} + \beta \cdot \frac{\Delta s}{s} + \gamma \cdot \frac{\Delta t}{t} \right); \quad (5.8)$$

З формули (5.8) видно, що прирощення стійкості ΔT визначається сумою відносних змін режимів параметрів V, s, t з масштабними коефіцієнтами α, β, γ. Знак «–» перед виразом означає, що позитивні прирощення V, s, t призводять до зниження ΔT.

Якщо режимні параметри збільшити на 10%, то вираз (5.8) приймає

вигляд:

$$\Delta T = -\frac{C}{V^{\alpha} \cdot s^{\beta} \cdot t^{\gamma}} \cdot (0{,}1 \cdot \alpha + 0{,}1 \cdot \beta + 0{,}1 \cdot \gamma);$$

Підставляю чисельні значення базових величин $V_{\text{б}}, s_{\text{б}}, t_{\text{б}}$: $V_{\text{б}} = 200$ м/хв, $s_{\text{б}} = 0{,}2$ мм/об, $t_{\text{б}} = 6$ мм, отримую:

$$\Delta T = -\frac{7{,}0286 \cdot 10^{12}}{200^{5} \cdot 0{,}2^{1{,}75} \cdot 6^{0{,}75}} \cdot (0{,}1) \cdot (5 + 1{,}75 + 0{,}75);$$

$$\Delta T = -95{,}5 \cdot 0{,}1 \cdot 7{,}5 = -71{,}6 \text{ (хв)};$$

В цьому виразі величина в 95,5 хвилин являє собою базове значення стійкості інструменту $T_{\text{б}}$, а коефіцієнт 0,75 – долю стійкості, що забирається збільшенням всіх режимних параметрів на 10%.

$$\Delta T = -T_{\text{б}} \cdot 0{,}1 \cdot (\alpha + \beta + \gamma); \quad (5.9)$$

З урахуванням формули (5.5) вираз (5.8) можна привести до вигляду:

$$\frac{\Delta T}{T} = -\left(\alpha \cdot \frac{\Delta V}{V} + \beta \cdot \frac{\Delta s}{s} + \gamma \cdot \frac{\Delta t}{t}\right); \quad (5.10)$$

З урахуванням виразу (5.9) для 10-кратного збільшення всіх параметрів отримаю:

$$\frac{\Delta T}{T} = -\frac{71{,}6}{95{,}5} = -0{,}75 = -0{,}1 \cdot (5 \cdot 1{,}75 \cdot 0{,}75);$$

Таким чином під час одночасного збільшення всіх режимних параметрів на 10% стійкість інструменту зменшується на 75%, при чому залежно від параметрів різання $V, s,$ та t стійкість ріжучого інструменту зменшується на: $V = 50\%; s = 17{,}5\%;\ t = 7{,}5\%$.

Визначаю вираз (5,1) відносно швидкості різання V_T, отримую залежність [3, с.261, 264]:

$$V_T = \frac{C_v}{T^{m} \cdot t^{x} \cdot s^{y}} \cdot K_v; \quad (5.11)$$

З урахуванням прийнятих в формулі (5.1) залежностей, $C_v \cdot K_v = K^n$; $m = n$; $y = n/n_1$; $x = n/n_2$.

Із аналізу рівняння (5.11) отримую, що збільшення стійкості T від деякого базового значення $T_{\text{б}}$ до нового $T_{\text{н}}$ може бути перетворено в збільшення швидкості різання V_T одночасно зі зниженням стійкості від нового $T_{\text{н}}$ до базового

$T_{б}$.

Вводжу позначення:

$$\left(\frac{T_{н}}{T_{б}}\right)^{m} = K_{Т}; \quad (5.12)$$

$$\frac{T_{н}}{T_{б}} = K_{T}^{1/m}; \quad (5.13)$$

Тут $K_{Т}$ це коефіцієнт технологічної ефективності, що враховує зв'язок між приростом періоду стійкості інструменту до приросту швидкості різання, при чому $K_{Т} \geq 1$, якщо $T_{н} > T_{б}$ та $K_{Т} \leq 1$, якщо $T_{н} < T_{б}$.

Отримую:

$$V_{T} = \frac{C_{v} \cdot K_{T}}{T_{н}^{m} \cdot t^{x} \cdot s^{y}} \cdot K_{v}; \quad (5.14)$$

Якщо $m \leq 1$ та $1/m$ – ціле число, то формулу (5.12) можна записати у вигляді:

$$K_{T} = \left(\frac{T_{н}}{T_{б}}\right)^{m} = \sqrt[\frac{1}{m}]{\frac{T_{н}}{T_{б}}}; \quad (5.15)$$

Вираз (5,14) з урахуванням залежності (5.12) можна представити у вигляді:

$$V_{T} = \frac{C_{v} \cdot K_{T}}{\left(\frac{T_{н}}{K_{T}^{1/m}}\right)^{m} \cdot t^{x} \cdot s^{y}} \cdot K_{v} = \frac{C_{v}}{T_{б}^{m} \cdot t^{x} \cdot s^{y}} \cdot K_{v}; \quad (5.16)$$

Вираз (5.16) показує, що при одночасному збільшенні стійкості інструмента та швидкості різання залежність сил різання від стійкості інструмента та режимних параметрів залишається сталою, тобто такою ж як вона і була до виконання перетворень.

Вплив запасу (ресурсу) стійкості інструмента на ресурс швидкості різання можна вказати графічно (рис. 5.4).

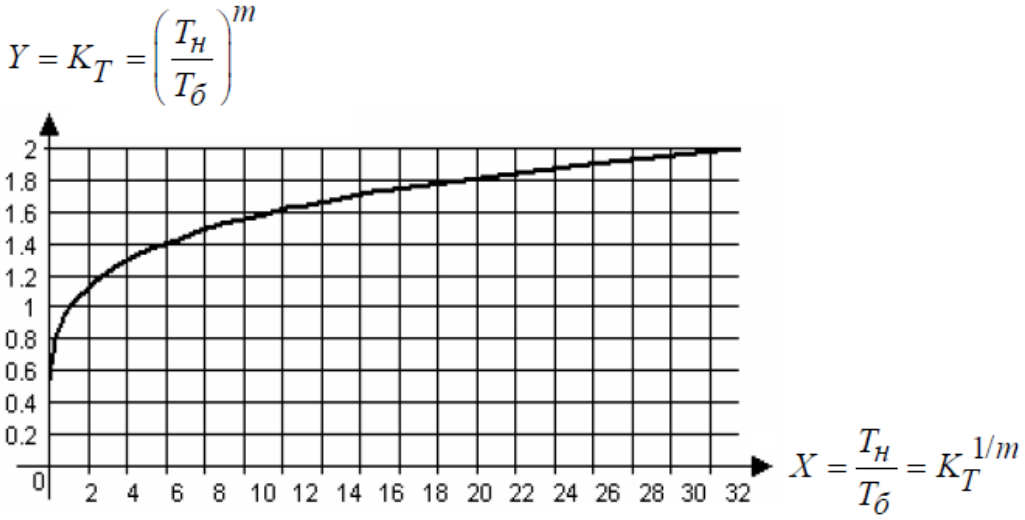


Рисунок 5.4 – Вплив збільшення ресурсу інструменту на швидкість різання

Аналогічно коефіцієнту $K_T = f(V)$ можу записати формули для коефіцієнтів $K_T = f(s)$ та $K_T = f(t)$, які вказують, у скільки разів можна збільшити подачу та глибину різання для того, щоб використати весь ресурс збільшення стійкості інструменту. Для цього перетворюю вираз (5.5):

$$s = \frac{(C \cdot K_v^{\alpha})^{1/\beta} \cdot K_{T(s)}}{T_{\text{Н}}^{1/\beta} \cdot v^{\alpha/\beta} \cdot t^{\gamma/\beta}}; \tag{5.17}$$

$$t = \frac{(C \cdot K_v^{\alpha})^{1/\gamma} \cdot K_{T(t)}}{T_{\text{Н}}^{1/\gamma} \cdot v^{\alpha/\gamma} \cdot t^{\beta/\gamma}}; \tag{5.18}$$

Будую залежності для відношень ресурсу до всіх параметрів різання (рис. 5.5).

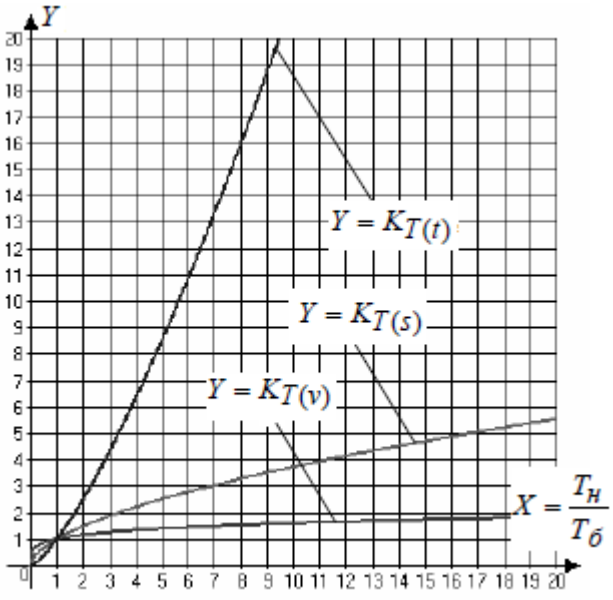


Рисунок 5.5 - Залежності відношень ресурсу до всіх параметрів різання

Видно, що набагато ефективніше (з точки зору продуктивності обробки) без збільшення швидкості різання збільшувати подачу або глибину різання. Наприклад, при збільшенні стійкості інструменту в 8 разів швидкість різання, подачу і глибину різання можна збільшити, відповідно, в 1,5; 3,4; і в 16 разів.

Таким чином, підвищення швидкості різання за рахунок використання, наприклад, більш ефективної охолоджуючої рідини буде пов'язано зі зменшенням сил різання при точінні і розточуванні. Це, в свою чергу, приведе до зменшення пружних навантажень в технологічній системі при фіксованій її жорсткості. Тобто перетворення ресурсу стійкості інструменту в ресурс збільшення швидкості різання одночасно призведе до збільшення точності обробки (за рахунок зменшення пружних навантажень).

Збільшення періоду стійкості різального інструменту (внаслідок впровадження будь-яких технологічних нововведень) в рамках пропонованої математичної моделі процесу різання можна використовувати за кількома напрямками вдосконалення технології механічної обробки.

Збільшити швидкість різання при збереженні колишнього (базового) значення стійкості інструмента, що дозволить (при інших рівних умовах) зменшити тангенціальну і радіальну складові сили різання. Це призведе, з одного боку, до зменшення температури в зоні різання, з іншого – до збільшення точності розмірів деталі.

Залишити швидкість різання без змін та при сталій глибині різання збільшити подачу або глибину різання таким чином, щоб зберегти стійкість інструменту.

Частково збільшити швидкість різання і при колишньому (базовому) значенні стійкості інструменту збільшити подачу.

Визначаю можливе збільшення подачі для другого випадку, тобто коли ресурс стійкості інструменту повністю перетворюється в ресурс збільшення подачі, а швидкість різання залишається колишньою.

Відомо, що зв'язок між швидкістю різання і частотою обертання шпинделя виражається залежністю:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}; \tag{5.19}$$

де d – діаметр заготовки, мм.

Отримую умови для мінімізації машинного часу обробки:

$$n \cdot s^y \leq \frac{1000 \cdot C_v \cdot K_T \cdot K_v}{\pi \cdot d \cdot T^m \cdot t^x};$$

Видно, що при незмінній частоті обертання шпинделя n величина s^y зростає в K_T разів. Отже, подача може бути збільшена в $K_T^{1/y}$ разів, при чому величина y може набувати значень, наприклад, від 0,2 до 0,45 [13, с.269, табл.17]. Таким чином, подачу можна збільшити в $K_T^{2,2}$ ... K_T^5, тобто майже в стільки ж разів, у скільки реально зросла стійкість інструменту.

Під час обробки деталей засобами HSM 75% тепла виходить через стружку, 20% - через інструмент та 5% - через деталь, що обробляється. Тому найважливішими питаннями є для даного типу обробки є:

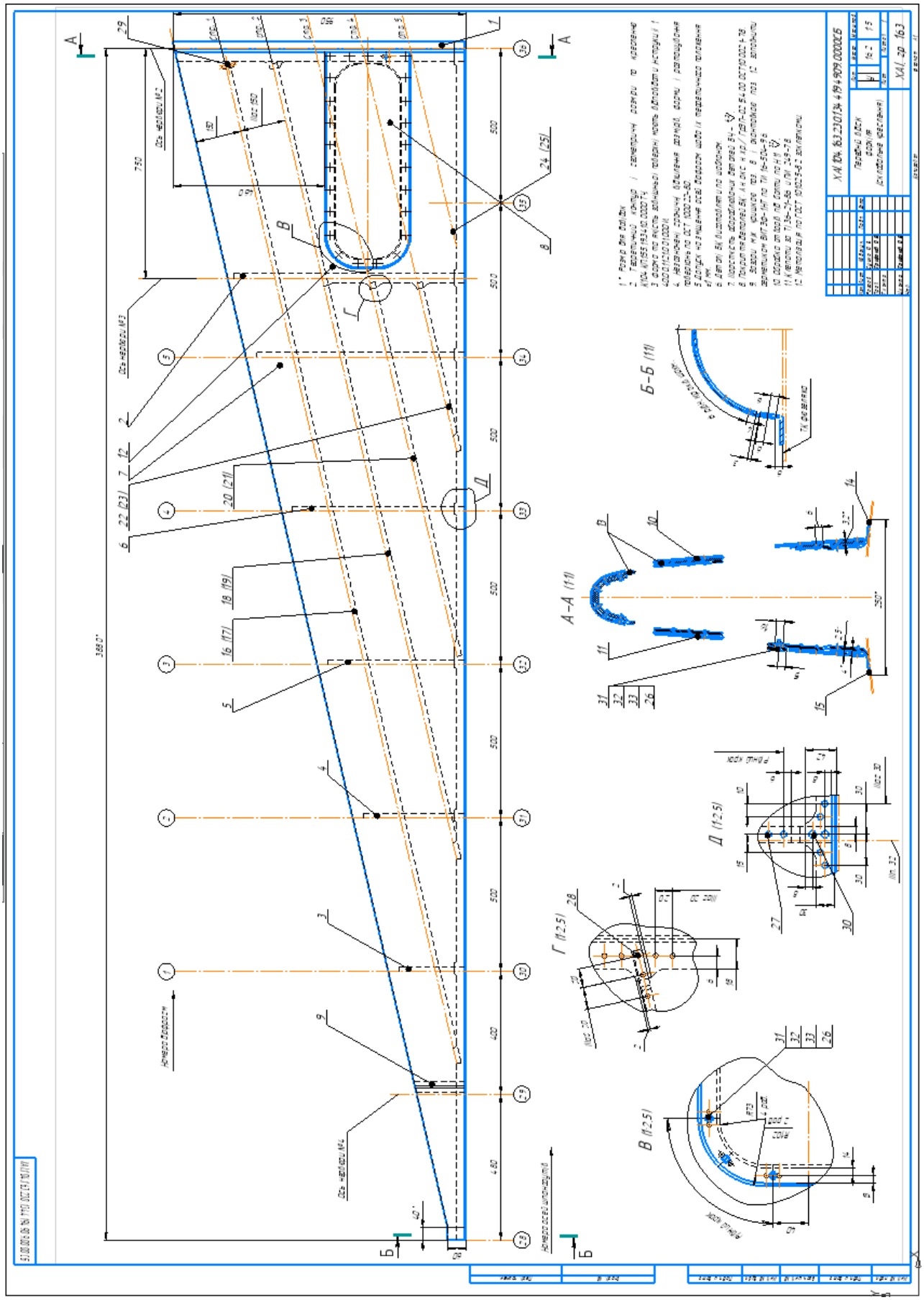
- Сталість умов різання та товщини стружки,
- Сполучення по радіусу гострих кутів траєкторії для підтримання найкращих умов різання з мінімальними втратами робочої подачі.
- Плавне поєднання кінців траєкторії руху інструмента під час позиціонування.
- Максимальна швидкість обробки коду КП системою СЧПК.

Якість виконання КП суттєво впливає на зношування верстата, інструменту, та якості обробки. До КМ виносять такі вимоги: знімати шари матеріалу завжди в одному напрямку руху інструмента, зменшити до мінімуму кількість врізань інструменту в деталь, застосування траєкторії обробки деталі від центру до периферії, планування відходу та підходу до матеріалу за дугою, використання інструменту меншого радіусу, ніж радіуси деталі, контролювання процесу відведення стружки із зони різання. Набагато ефективніше без збільшення швидкості різання збільшувати подачу або глибину різання.

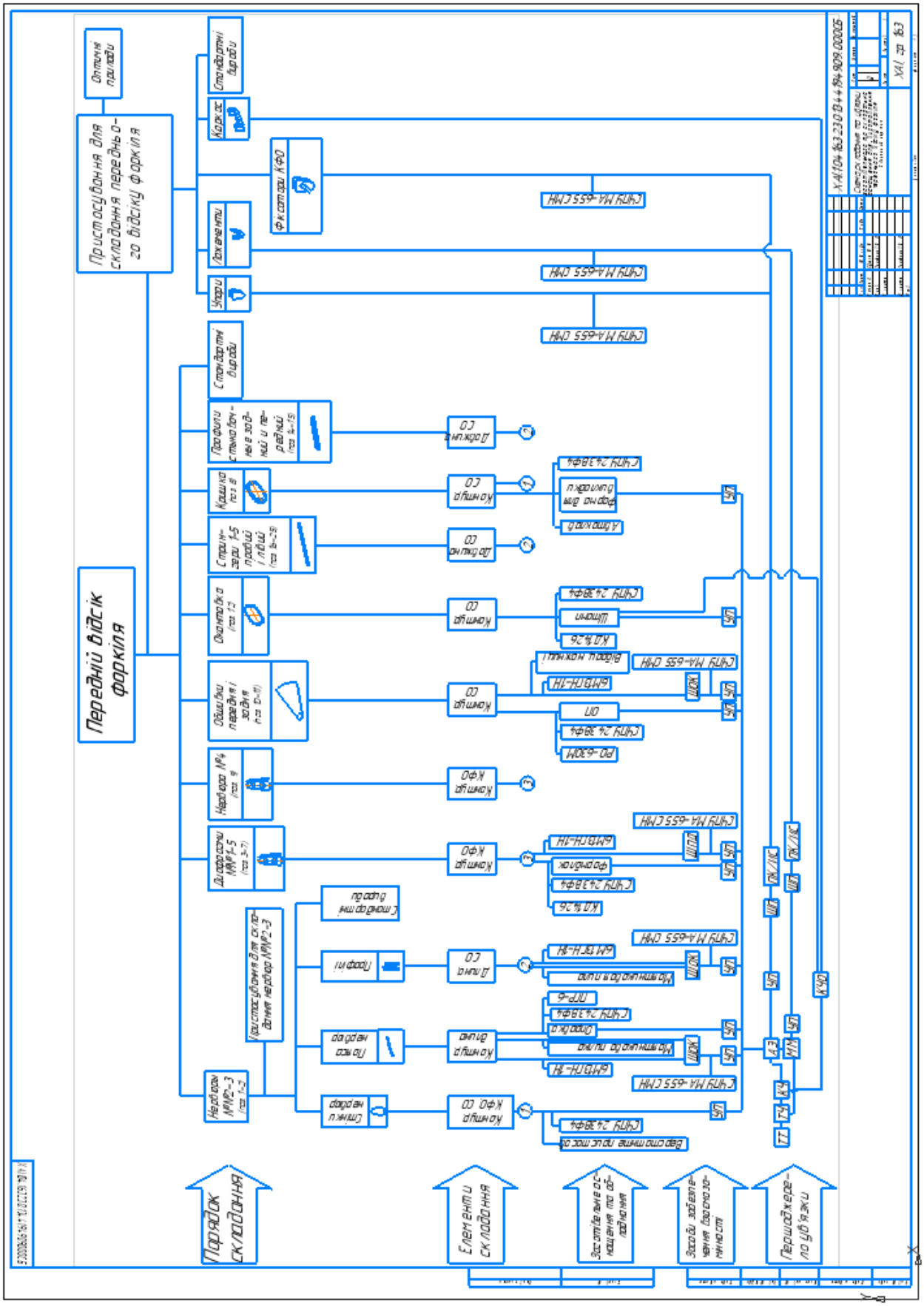
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технология производства самолетов и вертолетов: учеб. пособие по курсовому и диплом. проектированию. Раздел «Сборочно-монтажные работы». Ч. 1 / В. С. Кривцов, Ю. М. Букин, Ю. А. Боборыкин, Ю. А. Воробьев. – Харьков: ХАИ, 2006. – 258 с.
2. Технология производства самолетов и вертолетов: учеб. пособие по курсовому и диплом. проектированию. Раздел «Сборочно-монтажные работы». Ч. 2 / В. С. Кривцов, Ю. М. Букин, Ю. А. Боборыкин, Ю. А. Воробьев. – Харьков: ХАИ, 2006. – 221 с.
3. Технологія виробництва літальних апаратів: Підручник: У 2 кн. – Кн. 2. Технологія складання літальних апаратів [Текст] / Ю. М. Терещенко, Л. Г. Волинська, К. А. Животовська та ін.; за ред. Ю. М. Терещенка. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2006. – 492 с.
4. Основы технологической подготовки производства в авиастроении: учеб. пособие по диплом. проектированию / В. Е. Зайцев, Ю. М. Букин, Ю. А. Воробьев, А. П. Мельничук. – Харьков: ХАИ, 2012. – 184 с.
5. Правила оформлення навчальних і науково-дослідних документів [Текст] : навч. посіб. / Ю. А. Воробйов, Ю. О. Сисоєв. – 4-те вид., випр. і доп. - Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2019. – 88 с.
6. За списком методичного кабінету кафедри.
7. Нормативно-технічні документи авіаційної галузі, що діють на території України.
8. Норми тривалості робочого часу на 2023 рік [Електронний ресурс]. URL: https://services.dtkt.ua/catalogues/worktime/124 (дата звернення: 15.12.2023).
9. Гавва В. Н., Голованова М. А. Экономическая оценка инженерных решений: Учеб. пособие. – Харьков: Гос. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 1999.– 135 с.

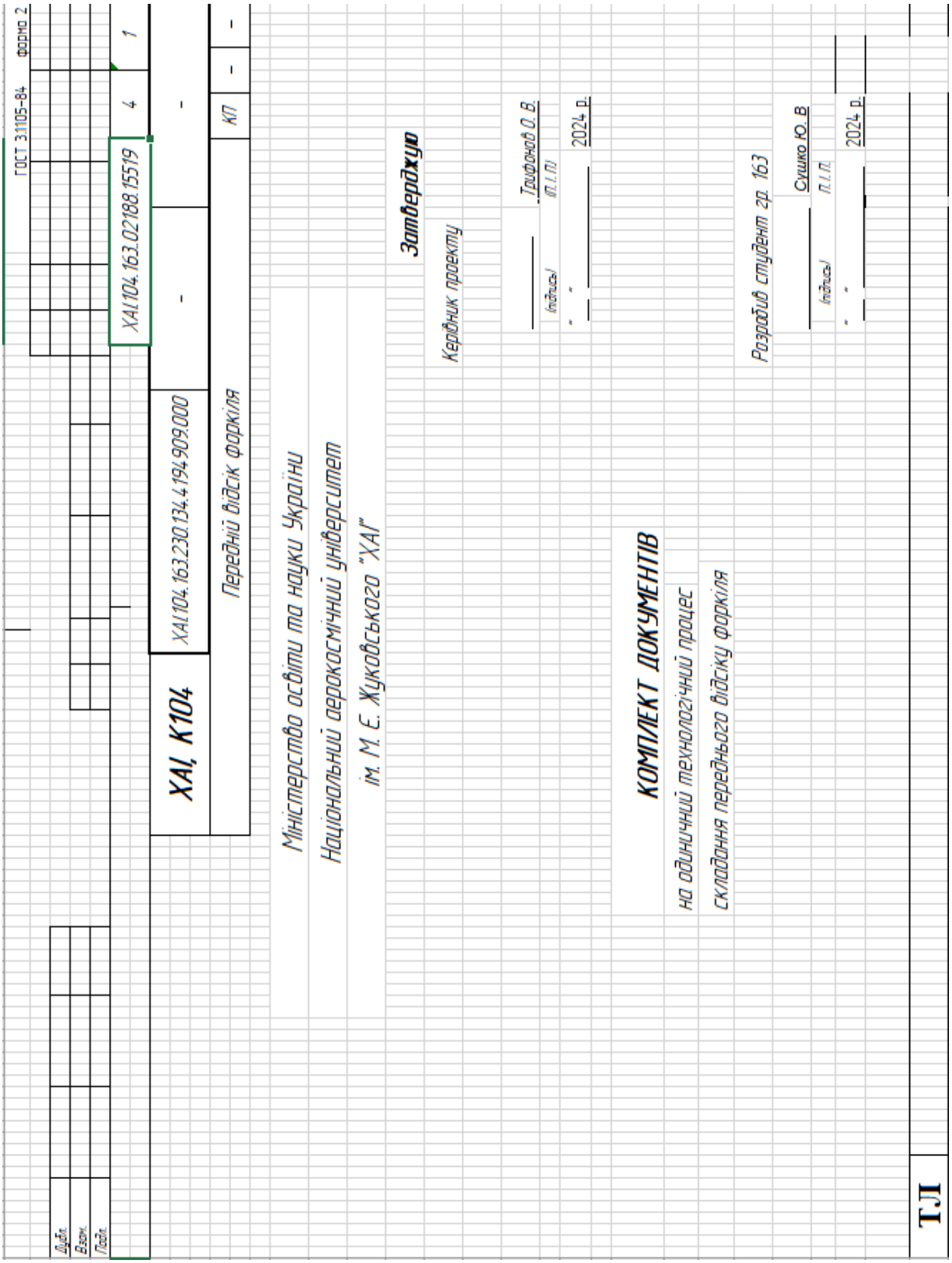
Додатки А. Складальне креслення переднього відділу форкіля



Додаток Б – Схема складання та ув’язування ЗТО та СЧ форкіля



Додаток В – Нормований маршрутно-операційний технологічний процес складання переднього відділу форкія



Дубл.						
Взам.						
Подл.				XAI.104.163.02188.15519	4	2
Разраб.	Сушко Ю. В.	XAI, K104	XAI.104.163.230.134.4194909.000	-	K104.60188.005	
Утверд.	Трифонов О. В.		Передній отсек форкиля	КП	-	-
Н.контр.	Трифонов О. В.					

А	Цех | Уч. | РМ | Опер. | Код, код назва операції	Позначення документа				
Б	Код, назва, обладнання	СМ | Проф. | Р | УТ | КР | КОИД	ЕН | ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали, сб.единицы или материала	Позначення, код	ОПП | ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.
Р01		Оборудование, присло-собления, инструмент	Розряд робітника		Норма времени	Характер нормы
02					мин	
А03	005 8800 Сборка	ПИ №249-78; ПИ №4; ИОТ №0104-02-03-94				
04						
005	1. Підготувати зб. присп. до роботи. Перевірити комплектність технол. док-ії, деталей, інструменту.		3		3,11	
Т06	(1) – складальне пристосування для складання переднього відсіку форкіля					
007	2. Встановити в зб. присп. за фіксаторами. КФО нервюри поз. 1-2,		3		3,42	
08	діафрагми поз. 3-7, н-ру поз. 9, фіксувати.					
009	3. Установити в зб. присп. обшивки передні та задні поз. 10-11 по упорах и ложементам,		3		3,35	
10	фіксувати гвинтовими притисками					
011	4. Свердлити по НО обшивок 130 отв. у поясах н-р поз. 1-2, 9 і діафрагмах	Св. машина, свердло ⌀3,1 мм	3		20,8	75а
12	поз. 3-7 згідно з кресленням					
013	5. Зенкувати 130 відв. в обшивках під потаємні заклепки згідно з кресленням	Св. машина, зенковка	3		18,6	75а
014	6. Клепати обшивки з поясами н-р і діафрагм згідно з кресленням заклепками	Клеп. молоток, підтримка	3		15,6	75а
15	поз. 27 – 86 шт, 28 – 22 шт, 29 – 22 шт.					

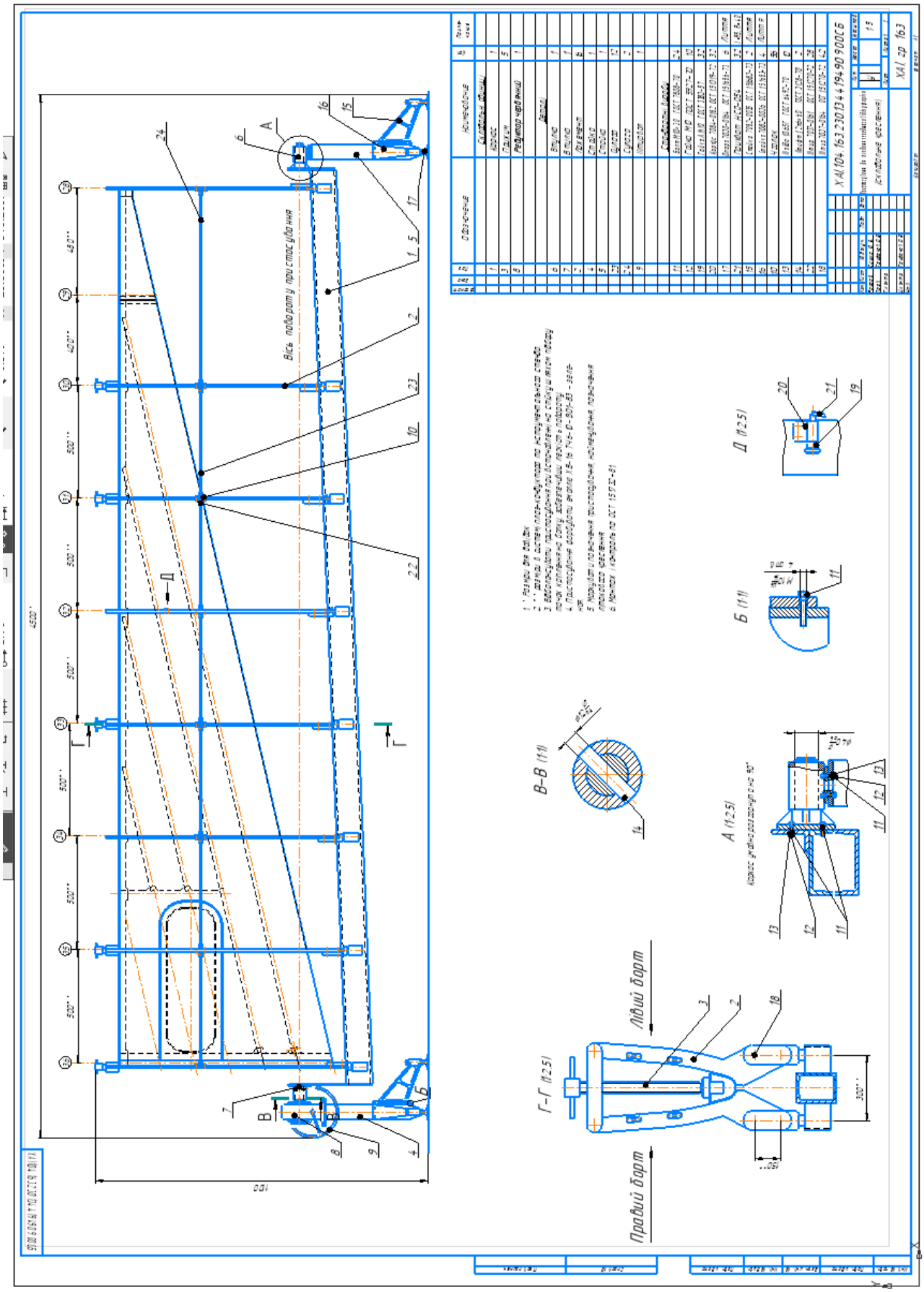
МК/ОК **ОТП складання** 2

Дубл.
Взам.
Подл.

ХАІ.104.163.02188.15519 | 4

ХАІ.104.163.230.134.4194 909.000 | ХАІ.104.163.02188.15519

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, назва операції	Позначення документа										
Б	Код, назва, обладнання					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Назва деталі, складальної одиниці, матеріалу					Позначення, код						ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.
Р01									Обладнання, пристосування, інструмент			Розряд робітника			Норма часу на одиницю	Характер норми
02																
003	18. Клепати по СО стрингери з обшивками згідно з кресленням								Клеп. молоток, підтримка			3			1,2	75а
004	19. Установити на окантовку поз. 12 кришку поз. 8 за кресленням											3			0,36	
005	20. Крепить крышку к окантовке замками поз. 31 – 25 шт.								Викрутка			3			6,35	
006	Установити профілі стикувальні поз. 14–15 по СО на обшивки передні								Технол. болт – 6 шт.			3			2,11	
07	і задні, фіксувати технологічними болтами															
008	22. Свердлити по НО обшивок 50 отв. у стикувальних профілях								Св. машина, свердло ⌀3,1 мм			3			8,0	75а
009	23. Зенкувати 50 отв. в обшивках під потаємні заклепки згідно з кресленням								Св. машина, зенковка			3			7,3	75а
010	24. Клепати профілі стикувальні з обшивками заклепками поз. 27 – 50 шт.								Клеп. молоток, підтримка			3			6,0	75а
011	25. Зняти технологічні болти											3			0,3	
012	26. Розсвердлити складальні отвори стикувальних профілів і обшивок								Св. машина, свердло ⌀3,1 мм			3			0,78	75а
13	до ⌀3,1 мм под заклепки поз. 27															
014	27. Зенкувати отв–я в обшивках під потаємні заклепки згідно з кресленням								Св. машина, зенковка			3			0,74	75а
015	28. Клепати по СО профілі стикувальні з обшивками по кресленням								Клеп. молоток, підтримка			3			0,72	75а
16																

МК/ОК | **ЕТП складання** | 3

Додаток Д – Креслення пристосування для складання переднього відділу форкіля