

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
сервокомпенсатора елерона літака типу Ан-140»

XAI.104.163.23O.134.4815031 ПЗ

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

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

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

Шаклін Антон Володимирович

(прізвище та ініціали здобувача (ки))

Керівник: Валерій СІКУЛЬСЬКИЙ
(ім'я та прізвище)

Рецензент: Юрій ЧОРНИЙ
(ім'я та прізвище)

Харків – 2024

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

Факультет _____ літакобудування _____

Кафедра _____ технології виробництва літальних апаратів _____

Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____

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

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

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

«_____» _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

_____ Шаклін Антон Володимирович _____

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема кваліфікаційної «Технологія та засоби технологічного оснащення для складання сервокомпенсатора елерона літака типу Ан-140»

керівник кваліфікаційної роботи Сікульський Валерій Терентійович, д.т.н.,
професор _____

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

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

2. Термін подання здобувачем кваліфікаційної роботи _____ 15 січня 2024 р. _____

3. Вихідні дані до роботи матеріали переддипломної практики, креслення складальної одиниці – сервокомпенсатора елерона, 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 сервокомпенсатора елерона; технологічний розділ: розробка і обґрунтування схеми конструктивно-технологічного членування, схеми складання та ув'язування сервокомпенсатора елерона, розрахунок похибок складання по обводам, розробка маршрутного (директивного) технологічного процесу складання сервокомпенсатора елерона, розробка технічних умов на проектування та конструкції стапелю 3 _____

складання сервокомпенсатора елерона, технологічні розрахунки ділянки складання сервокомпенсатора елерона; економічний розділ: визначення основних техніко-економічних показників ділянки складання сервокомпенсатора елерона.

5. Перелік графічного матеріалу складальне креслення ділянки, схема членування, схема складання та ув'язування сервокомпенсатора елерона, стапель складання сервокомпенсатора елерона, циклової графік складання сервокомпенсатора елерона, планування ділянки складання сервокомпенсатора елерона.

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	Сікульський В.Т., професор каф.104	20.11.2023	16.01.2024
Економічний розділ	Сікульський В.Т., професор каф.104	20.11.2023	16.01.2024
Спеціальний розділ	Сікульський В.Т., професор каф.104	20.11.2023	16.01.2024

Нормоконтроль _____ Валерій СІКУЛЬСЬКИЙ «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

(підпис)

Шаклін А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Валерій СІКУЛЬСЬКИЙ

(ім'я та прізвище)

ЗМІСТ

Реферат	7
Вступ.....	8
1 Конструкторський розділ	9
1.1 Конструктивно-технологічний аналіз сервокомпенсатора елерону літака типу Ан-140та визначення шляхів його модернізації.....	10
Короткий технічний опис крила літака Ан-140.....	10
Технічний опис конструкції сервокомпенсатора елерону	12
1.2 Технічні умови на виготовлення сервокомпенсатора елерону	14
1.3 Оцінка технологічності конструкції сервокомпенсатора елерону	15
1.4 Проробка варіантів підвищення рівня технологічності конструкції сервокомпенсатора елерону	17
Висновки по розділу 1	18
2 Технологічний розділ.....	19
2.1 Розроблення можливих варіантів методів складання, схем складання та схем ув'язування оснащення	20
2.2 Розрахунки допусків на сервокомпенсатор елерону для двох варіантів ув'язування.....	25
2.3 Розрахунки точності складання сервокомпенсатора елерону по обводах, порівняння з допуском	26
2.4 Розрахунки затрат для двох варіантів складання	28
2.5 Розробка схеми базування складових частин.....	31
2.6 Проектування робочого технологічного процесу складання в маршрутному та операційному опису на стандартних бланках-картах з використанням типових технологічних процесів та операцій. Вибір обладнання, устаткування, інструменту	32
2.7 Нормування двох-трьох операцій технологічного процесу, укрупнене нормування решти операцій	33
2.7 Технічні умови на проектування стапелю складання сервокомпенсатора елерону та ТУ на постачання складових частин	34
2.8 Розробка циклового графіка складання. Розрахунки такту, циклу, потрібної кількості робітників, пристроїв	35

	5
2.9 Заходи з безпеки праці та організації робочого місця	36
2.10 Проектування засобів технологічного оснащення складальних робіт	40
Вибір схеми та компоновки стапелю складання сервокомпенсатора елерону	40
Проектувальні розрахунки на міцність, жорсткість елементів конструкції стапелю складання сервокомпенсатора елерону	42
Конструювання стапелю складання сервокомпенсатора елерону.....	43
Технічні умови на проектування та монтаж стапелю для складання сервокомпенсатора елерону	43
Укрупнений технологічний процес монтажу стапелю складання сервокомпенсатора елерону	44
2.11 Планування робочого місця.....	44
Висновки по розділу 2	45
3 Економічний розділ.....	47
3.1 Визначення основних техніко-економічних показників цеха.....	48
3.1.1 Визначення фонду оплати праці	48
Розрахунок заробітної плати виробничих робітників	48
3.1.2 Визначення первинної вартості виробничих фондів цеху	52
Визначення первинної вартості обладнання.....	52
Визначення ціни будівлі цеху	52
Початкова вартість вимірювальних та регулюючих приладів.....	53
Початкова вартість інструментів та пристроїв	53
Початкова вартість господарського інвентарю	53
3.1.3 Розрахунок річних амортизаційних відрахувань	53
3.1.4 Розрахунок нормативів непрямих витрат на утримання обладнання та управління цехом підприємства	54
Розрахунок витрат на утримання та експлуатацію обладнання	54
Розрахунок витрат на управління цехом.....	56
3.1.5 Розрахунок кошторису витрат на виробництво та визначення повної собівартості одиниці виробу	58

	6
3.1.6 Техніко-економічні показники цеху	62
3.1.7 Визначення точки беззбитковості	63
Висновки по розділу 3	64
4 Спеціальний розділ	66
4 Особливості впровадження концепції «Бережливого виробництва» на підприємствах авіаційно-космічного комплексу	67
4.1 Основні особливості авіаційного виробництва	67
4.2 Основні результати впровадження Lean-технологій на провідних закордонних авіаційних підприємствах	71
4.2.1 Впровадження «бережливого виробництва» у компанії Boeing. Удосконалення логістичного ланцюжка	76
Удосконалення внутрішніх поставок при складанні Boeing 747 та спрощення системи запитів	78
Станції хімічної обробки	79
Запуск конвеєра в цеху по зварюванню крил Boeing 767 та 747	80
Конвеєр для хвостового стабілізатора Boeing 747	82
4.2.2 Впровадження концепції «Бережливого виробництва» на Airbus	83
Висновки по розділу 4	86
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	88
Додатки	91
Додаток А – Складальне креслення сервокомпенсатора елерону	92
Додаток Б – Схема складання та ув'язування ЗТО та СЧ сервокомпенсатора елерону	95
Додаток В – Нормований маршрутно-операційний технологічний процес складання сервокомпенсатора елерону	96
Додаток Г – Циклової графік складання сервокомпенсатора елерону	106
Додаток Д – Схема стапелю складання сервокомпенсатора елерону..	106
Додаток Е – Планування цеху складання крила	109

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота (дипломний проект): 108 с., 11 табл., 12 рис., 6 додатків, 28 джерел.

ЛІТАК, СХЕМА СКЛАДАННЯ ТА УВ'ЯЗУВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС СКЛАДАННЯ, ЦИКЛОВИЙ ГРАФІК, СКЛАДАЛЬНЕ ОСНАЩЕННЯ, ЕТАЛОН ПОВЕРХНІ, СОБІВАРТІСТЬ ВИРОБУ

Об'єкт дослідження –сервокомпенсатор елерона літака, технологічний процес складання.

Мета роботи – розроблення конструктивних, технологічних і економічних рішень для виготовлення сервокомпенсатор елерона дешевого у виробництві з низькою ціною технічного обслуговування **та льотної години**.

Методи дослідження – проектування сервокомпенсатора елерона та його складових частин – з урахуванням результатів комп'ютерного моделювання в сучасних САД-системах методами оптимального проектування; дослідження особливостей впровадження концепції «Бережливого виробництва» на підприємствах авіаційно-космічного комплексу –методом синтезу та аналізу.

Визначено й оптимізовано проектні параметри сервокомпенсатора елерона.

Проведено аналіз можливих методів складання та методів ув'язування геометричних параметрів складових частин сервокомпенсатора елерона і засобів технологічного оснащення.

Розроблено конструкція стапелю складання сервокомпенсатора елерона.

Виконано основні техніко-економічні параметри цеха складання крила.

Проведено аналіз особливостей впровадження концепції «Бережливого виробництва» на підприємствах авіаційно-космічного комплексу.

ВСТУП

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

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

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

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

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

В даному проекті опрацьовано конструкція сервокомпенсатора елерона, технологія його складання, спроектовані засоби технологічного оснащення процесу складання на прикладі стапелю складання крила, в якому також буде складатися сервокомпенсатор, спланована організація процесу складання, спроектовано цех складання крила і опрацьовані заходи з техніки безпеки в цеху, проведено економічний розрахунок сервокомпенсатора елерона.

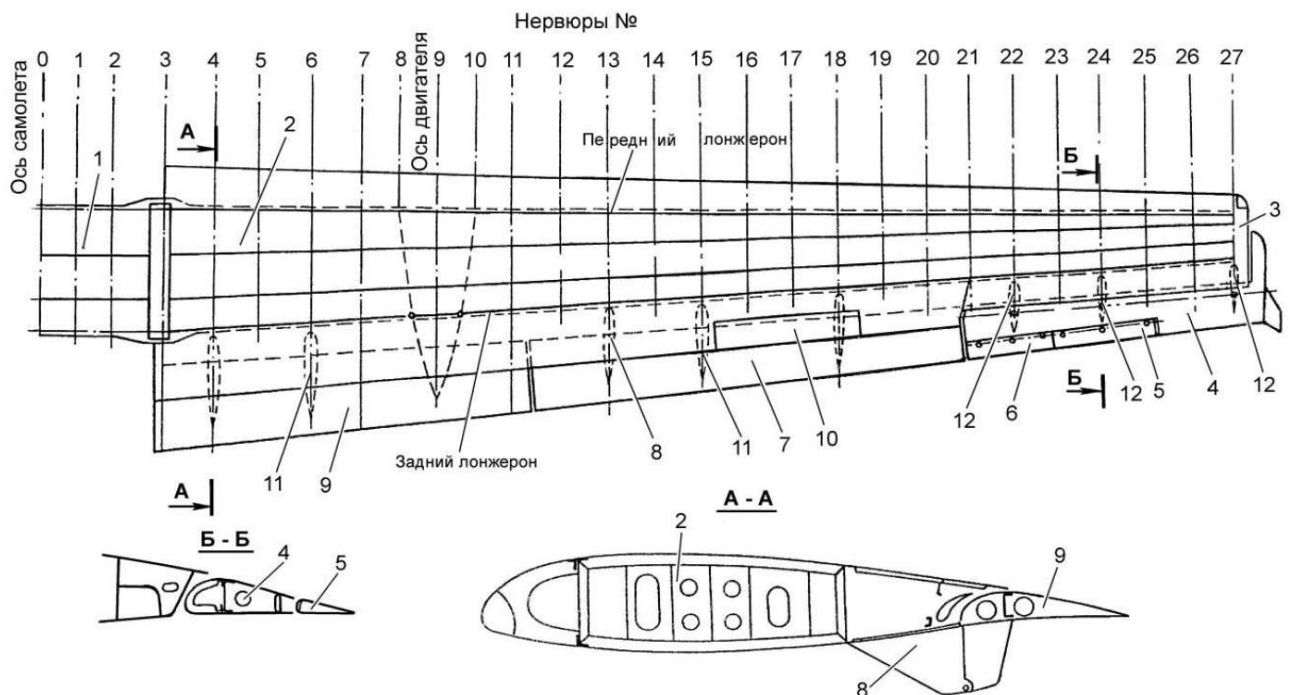
1 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

1.1 Конструктивно-технологічний аналіз сервокомпенсатора елерону літака типу Ан-140 та визначення шляхів його модернізації

В якості літака-прототипу для подальшого розглядання беремо літак Ан-140.

Короткий технічний опис крила літака Ан-140

Крило літака Ан-140 – високорозташоване, вільнонесуче, прямолінійної форми у плані **дільниці** між нервюрами № 3 і трапецієподібної форми дільниці від нервюр № 3 до закінцівок. Зовнішні обводи крила по перерізах утворені набором аеродинамічних профілів різної товщини. Поперечне V крила (кут між площиною хорд крила та поперечною віссю літака) пряме, тобто кінці крила підняті вгору на $+1^\circ$. Пряме поперечне V сприяє збільшенню поперечної стійкості літака. Крило встановлено на фюзеляжі за схемою верхньоплану і за допомогою чотирьох вузлів кріпиться до силових шпангоутів № 19 та № 22 фюзеляжу. На крилі встановлені два турбогвинтові двигуни. Крило має механізацію: закрилки, елерони, інтерцептори (рисунок 1.1).



- 1 – центроплан; 2 – відокремлена частина; 3 – закінчування; 4 – елерон;
 5 – сервокомпенсатор; 6 – тример елерону; 7 – закрилок (секція № 2);
 8 – обтічник механізму навішування закрилків; 9 - закрилок (секція № 1);
 10 – інтерцептор; 11 – обтічник витягу закрилка; 12 – обтічник кронштейнів навішування елерону

Рисунок 1.1 – Загальний вигляд крила літака Ан-140 [1]

По розмаху крило ділиться на центроплан і дві відокремлені частини (ВЧК). Конструктивно крило складається з частин: носовий; кесонний; хвостовий.

Кесонна частина є силовою частиною крила і складається з поздовжнього та поперечного силових наборів. Поздовжній силовий набір складається з переднього та заднього лонжеронів; верхньої та нижньої панелей.

Поперечний силовий набір – із набору нервюр. У кесонах ВЧК між нервюрами № 3–25 розміщується весь запас палива, тому стики ВЧК в кесонах виконані герметичними. Центроплан та ВЧК з'єднані між собою фланцевими стиками. Поверхні керування літаком розташовані на крилі вздовж заднього лонжерону. У хвостовій частині крила є двощілинні (з фіксованим дефлектором) поворотні закрилки. Перша секція закрилків розташована між нервюрами

№ 3–11, друга – між нервюрами № 11–21. Інтерцептори розташовані у районі нервюр № 16–18. Елерон з роговою та осьовою компенсацією розташований від нервюри № 21 до закінцівки крила.

Роговий компенсатор – це частина елерону, винесена перед його віссю обертання та розташована біля його краю. Осьова компенсація є частиною елерону, розташованою попереду осі обертання по всій його довжині. Таким чином, навантаження, що діє на компенсатор, дає момент щодо осі обертання, протилежно спрямований моменту навантаження на елерон.

На верхніх та нижніх поверхнях крила є експлуатаційні та технологічні люки, призначені для обслуговування систем та агрегатів крила. Люки виконані у вигляді відкидних та знімних панелей (рисунок 1.2).

У нижній поверхні крила є дренажні отвори стоку конденсату.

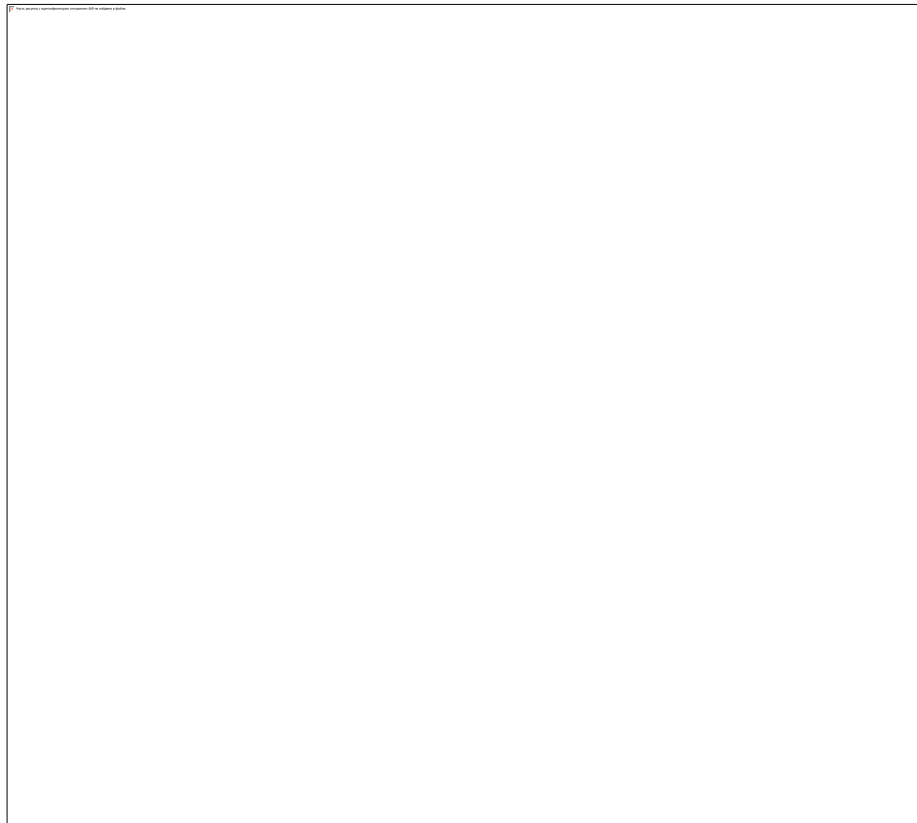
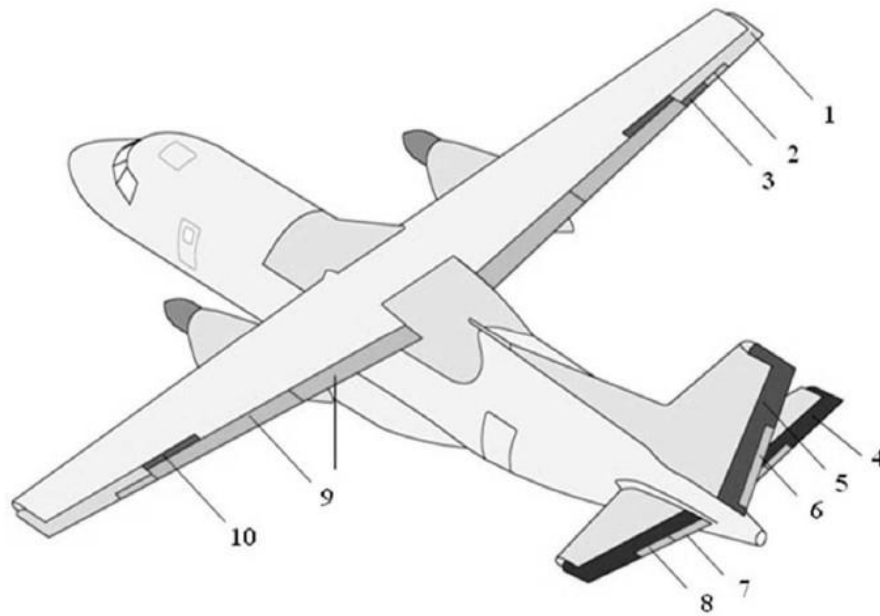


Рисунок 1.2 – Схема розташування відкидних та знімних панелей крила[1]

Технічний опис конструкції сервокомпенсатора елерону

Сервокомпенсатор є частиною поверхні елерона біля задньої кромки, що відхиляється в залежності від відхилення керма за допомогою тяги, з'єднаної з нерухомою частиною крилом. Сервокомпенсатор повертається у бік, протилежний повороту елерона. Розташовані на елероні тример і сервокомпенсатор служать для регулювання зусиль на органах управління літаком, що йдуть від керуючої поверхні(рисунок 1.3). На елероні утворюється момент $M_{ед}$, а на сервокомпенсаторі момент $M_{ск}$, який має зворотний знак.



1 – елерон; 2 – сервокомпенсатор елерону; 3 – тример елерону; 4 – кермо висоти; 5 – кермо напрямку; 6 – тример-сервокомпенсатор керма напрямку; 7 – тример керма висоти; 8 – тример-сервокомпенсатор керма висоти; 9 – закрилки; 10 – інтерцептор

Рисунок 1.3 – Схема розташування сервокомпенсатора [1]

Площа сервокомпенсатора становить 6...8% площі елерону.

Сервокомпенсатор має недоліки:

зменшення ефективності елерону, оскільки сила, що розвивається на компенсаторі, протилежна силі на основному елероні;

наявність сервокомпенсатора може бути джерелом вібрацій.

Через ці недоліки сервокомпенсатори зазвичай застосовують у поєднанні з осовою компенсацією.

У цьому проєкті розроблено нова конструкція сервокомпенсатора та порівняно її з базовою конструкцією.

Конструкція базового сервокомпенсатора типова для кермової поверхні: каркас та обшивка. Каркас складається з лонжерону, стільникового заповнювача, торцевих нервюр, вузлів навішування, кронштейнів із вухами. Сервокомпенсатор кріпиться до елерону за допомогою трьох вузлів навішування. Управління сервокомпенсатором – електромеханічне із кабіни пілотів. Конструктивно-силова схема (далі – КСС) сервокомпенсатора – трьохопорна балка, що сприймає згинальний момент як від навантажень, що приходять від елерону через вузли навішування, так і від аеродинамічних сил, що діють на сервокомпенсатор.

У конструкції широко використані неметалеві матеріали. Обшивка і торцеві нервюри виконано зі склотекстоліту КАСТ. Заповнювач сервокомпенсатора виготовлено з полімерсотопласту. Лонжерон і кронштейни виготовлені з алюмінієвих сплавів (Д16АМ, АК6 відповідно).

Конструкція нового сервокомпенсатора є каркасом і обшивкою, з'єднаними між собою заклепками. Каркас складається з поздовжнього (лонжерон) та поперечного (нервюр) набору. Сервокомпенсатор кріпиться до елерону за допомогою трьох вузлів навішування. Всі елементи конструкції вузлів навішування виготовлені з алюмінієвого сплаву Д16Т. Розміщення опор приймаємо несиметричним з технологічних та конструктивних міркувань.

Конструкція нового сервокомпенсаторів представлена у Додатку А.

1.2 Технічні умови на виготовлення сервокомпенсатора елерону

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.

На складальному кресленні наведені такі ТУ:

1. Теоретичне креслення сервокомпенсатора елерону 104.ДП.153.17.000ТК.
2. Відхилення від теоретичних обводів сервокомпенсатора елерону не повинні перевищувати ± 1 мм.
3. Склеювання на клеях ВК-9, ВКВ-9, ВК-41 виконувати по інструкції ТИ 59-1012-93.
4. Установку вузлів навішування проводити на ґрунті ЕП-0215.
5. Заклепки клепати за інструкцією ТИ-36-39-89. Закладні та замикаючі головки заклепок чергувати через одну.
6. Обробка отворів та встановлення болтів за РТМ 1941-89 на герметику ВИТЕФ-1НТ. Обробка отворів під болти за Н9 у неметалевих деталях.
7. Установка гайок за РТМ 1941-89 на ґрунті ЕП 0215.
8. Закінцівки встановлювати на герметику ВИТЕФ-1НТ.
9. Щілину у місці з'єднання обшивки біля задньої кромки сервокомпенсатора на його торцях заповнити герметиком ВИТЕФ-1НТ.
10. Клей ВК-9, що виступив на поверхні обшивки, зачистити, при цьому допускається виступання клею за ТК обшивки до 2 мм.
11. Обшивки виготовляти з органотканини СВМ АРТ 56313 товщиною 0,5 мм, при цьому проводити вхідний контроль на кожну партію матеріалу для

визначення межі міцності при розтягуванні (не менше 255 МПа по всій основі).

12. Положення вузлів навішування має суворо відповідати кресленням. Неспіввідношення отворів не повинна перевищувати $\pm 0,5$ мм.

13. Зміщення осі лонжерона від положення заданого кресленням допускається до $\pm 1,0$ мм.

14. Відхилення прямолінійності передньої кромки не повинно бути більше 0,5 мм між вузлами навішування.

15. Закрутка по всій довжині сервокомпенсатора допускається до ± 2 мм.

16. Плавне відхилення від теоретичного обводу допускається в межах $\pm 0,5$ мм на ділянці осьової компенсації та $\pm 1,0$ мм для решти сервокомпенсатора.

17. Вирізи в сотоблоці в районі покрити клеєм ВК-9 з утворенням безперервної плівки та подальшим її покриттям герметиком ВИТЕФ-1НТ кистьовим способом двома шарами за інструкцією ПИ 1.2.157-80.

18. Виступаючі клейові шви сервокомпенсатора та зовнішні поверхні покрити герметиком ВИТЕФ-1НТ за інструкцією ПИ 1.2.157-80.

19. Міцність склеювання стільників з обшивками контролювати по інструкції ТИ 59-1931-86 на зразках-свідках, виготовлених одночасно зі склейкою сервокомпенсатора.

20. Зовнішню поверхню сервокомпенсатора (обшивку) покрити емаллю ЕП-140, світло-сірий. Остаточне забарвлення проводити за колірною схемою фарбування літака.

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

У ТУ міститься інформація про необхідні точності характеристики, що пред'являються до виробу.

1.3 Оцінка технологічності конструкції сервокомпенсатора елерону

Технологічність – властивість конструкції, закладена в ній під час проектування, реалізована при виробництві та експлуатації, що дозволяє отримати виріб із заданим рівнем якісних характеристик та високими технологічними показниками у виробництві та експлуатації.

Технологічними називаються конструкції, які, забезпечуючи експлуатаційні якості виробу, в процесі виготовлення дозволяють досягти меншої трудомісткості, простоти обробки та складання, зниження собівартості продукції та ін. Технологічність конструкції сервокомпенсатора елерону

визначається такими факторами: формою деталей та вузлів, панелюванням та точністю виготовлення вузлів, конструкцією стиків, способами з'єднання складових частин (далі – СЧ) між собою, матеріалом заготовок та точністю виготовлення деталей, застосуванням стандартизованих деталей та елементів.

При відпрацюванні технологічності необхідно враховувати тип виробництва та обсяг випуску, і навіть виробничі умови конкретного підприємства, у якому передбачається випуск виробу.

Під комплексом властивостей конструкції, що забезпечують технологічність, передбачається реалізація таких основних вимог:

1. Простота форм та поверхонь агрегату.

Поверхня сервокомпенсатора елерону (обшивка) має одинарну кривизну, що задовольняє цю вимогу за технологічністю конструкції.

2. Складальні одиниці (далі – Скл.Од.) повинні розчленовуватися на раціональне число СЧ з урахуванням принципу агрегування.

Сервокомпенсатор елерону розчленований на обшивку, лонжерон, сотоблок, вузли навішування, що досить раціонально, якщо врахувати особливості конструкцій із заповнювачем з полімерсотопласту.

3. Конструкція Скл.Од. повинна забезпечувати можливість компонування зі стандартних та уніфікованих частин.

У даній конструкції обшивку та нервюри виготовляють із стандартного листа органотканини СВМ, а також застосовується стандартне кріплення (заклепки, болти, гайки, шайби).

4. Складання виробу не повинно обумовлювати застосування складного технічного обладнання.

Складання сервокомпенсатора проводиться в стапелі традиційної конструкції (пристосування для склеювання сервокомпенсатора елерону).

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

Автоматизувати можливо операції склеювання, розтяжки стільникового блоку та деякі операції остаточного складання (клепання, свердління отворів).

6. У конструкції Скл.Од. максимально повинні бути використані матеріали з добрим технологічними властивостями.

У конструкції сервокомпенсатора елерона застосовується полімерсотопласт, органотканина, які дуже технологічні і сплави Д16АМ, АК6, Д16АТ, що мають хороші технологічні показники.

1.4 Проробка варіантів підвищення рівня технологічності конструкції сервокомпенсатора елерону

Підвищення технологічності конструкції сервокомпенсатора елерону (насамперед експлуатаційної технологічності за рахунок зменшення маси конструкції, а також виробничої технологічності за рахунок хорошої зварюваності) досягнемо за рахунок модифікації конструкції, замінивши матеріал обшивок та шпангоутів на матеріал, який при заданих навантаженнях забезпечить міцність конструкції та зменшення її маси.

Вихідним матеріалом, з якого виготовлені лонжерон і кронштейни є алюмінієвий сплав Д16АМ, основні характеристики якого наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Механічні характеристики матеріалу Д16АМ

σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	γ , кг/м ³	δ , %
412	284	2770	10

Як новий матеріал виступає алюмінієво-літєвий сплав 1450, який має меншу щільність порівняно з Д16АМ. Крім того, сплав має підвищену жорсткість і міцність, задовільну корозійну стійкість і хорошу зварюваність всіма видами зварювання. Проте слід зазначити їхню велику вартість.

Основні характеристики матеріалу 1450 наведено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Механічні характеристики матеріалу 1450

σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	γ , кг/м ³	δ , %
510	420	2610	6

Одним із найважливіших критеріїв при проектуванні вузлів, агрегатів авіаційної техніки загалом є критерій найменшої маси.

Підрахуємо економію маси.

Визначимо загальну масу лонжерону і кронштейнів, обсяги візьмемо за 3D-моделями із програми САТІА V5: $V_{л-н,кр} = 4,68 \times 10^{-3} \text{ м}^3$.

Тоді для сплаву Д16АМ

$$m_{л-н,кр} = V_{л-н,кр} \times \gamma = 0,00468 \times 2770 = 12,96 \text{ кг},$$

для сплаву 1450

$$m_{л-н,кр} = V_{л-н,кр} \times \gamma = 0,00468 \times 2610 = 12,2 \text{ кг}.$$

Підрахуємо економію маси:

$$\frac{12,96 - 12,2}{12,96} \times 100\% = 5,86\%.$$

Проаналізувавши результати, можна дійти до висновку, що, змінивши вихідний матеріал Д16АМ на матеріал 1450, маса сервокомпенсатора елерону знизилася на 5,86 %, що сприяє зменшенню маси літака загалом.

Висновки по розділу 1

В результаті виконання проекту на підставі матеріалів отримано наступні результати:

- виконано конструкторсько-технологічний аналіз об'єктускладання сервокомпенсатора елерону;
- проведено якісне оцінювання виробничої технологічності конструкції сервокомпенсатора елерону;
- надано рекомендації з підвищення рівня виробничої технологічності – заміна вихідного матеріалу Д16АМ на матеріал 1450 дозволяє знизити масу фюзеляжу на 5,86 %, що сприяє в свою чергу зменшенню маси крила літака загалом.

2ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розроблення можливих варіантів методів складання, схем складання та схем ув'язування оснащення

Метод складання характеризує, як базуються і за допомогою яких засобів встановлюються та закріплюються СЧ (деталі, підзбірки) один щодо одного з метою забезпечення їх правильного та точного взаєморозташування при складанні.

Методи складання поділяють за двома основними ознаками:

1. Спосіб базування СЧ при настановних операціях.
2. Ступінь взаємозамінності деталей, вузлів, панелей, відсіків, що з'єднуються.

Послідовність виконання складальних операцій багато в чому залежить від виду конструкції, її габаритів і жорсткості елементів, що збираються. Залежно від способу базування деталей у процесі складання можливі дві різні групи методів складання:

1. Деталі встановлюються за базами, розташованими на основній (базовій) деталі. До цієї групи належать такі методи складання:

- по складальним отворам (далі – СО);
- за базовими отворами (далі – БО);
- за розміткою на базовій деталі;
- по привалочним поверхням.

2. Деталі або вузли встановлюються за базами, розташованими на спеціальному носії розмірів – складальному пристрою (далі – СП) або стапелі. Сюди відноситься складання з компенсацією похибок вхідних СЧ, складання від обшивки, складання від каркасу без компенсації похибок, складання від каркаса з використанням систем фіксуючих отворів (далі – КФО або БФО).

Найбільшого поширення в сучасному літакобудуванні набули такі методи складання:

- по складальним або базовим отворами (далі – СО або БО відповідно);
- за розміткою на базовій деталі;
- по привалочним поверхням;
- у складальному пристрою з базуванням деталей та вузлів на контури;
- у складальному пристрою спрощеної конструкції з базуванням деталей та вузлів за спеціальними отворами (КФО, БФО).

Приймаємо метод складання із застосуванням СП.

За ступенем взаємозамінності виділяються такі методи складання:

- метод повної взаємозамінності;

- метод неповної або обмеженої взаємозамінності;
- метод групової взаємозамінності (селективне складання).

При складанні сервокомпенсатора елерону використовується метод неповної або обмеженої взаємозамінності з компенсацією похибок, який дозволяє спростити технологію заготівельних та складальних робіт.

Схемою складання називається схема, що показує, як і в якій послідовності здійснюється складання, а також відображає стан поставки СЧ на складання. Оптимальною є схема складання, яка забезпечує найбільш ефективне виробництво. Основними критеріями оцінки є умова досягнення максимального економічного ефекту, мінімальна трудомісткість і цикл складання конструкції.

Існує кілька видів схем складання: послідовна, паралельна та послідовно-паралельна. Послідовне складання найменш вимоглива до кількості робочих рук, але вона найменш продуктивна. Паралельна в чистому вигляді практично не застосовується, а послідовно-паралельна має ряд переваг перед рештою: менший цикл складання агрегату, менша трудомісткість, менша собівартість.

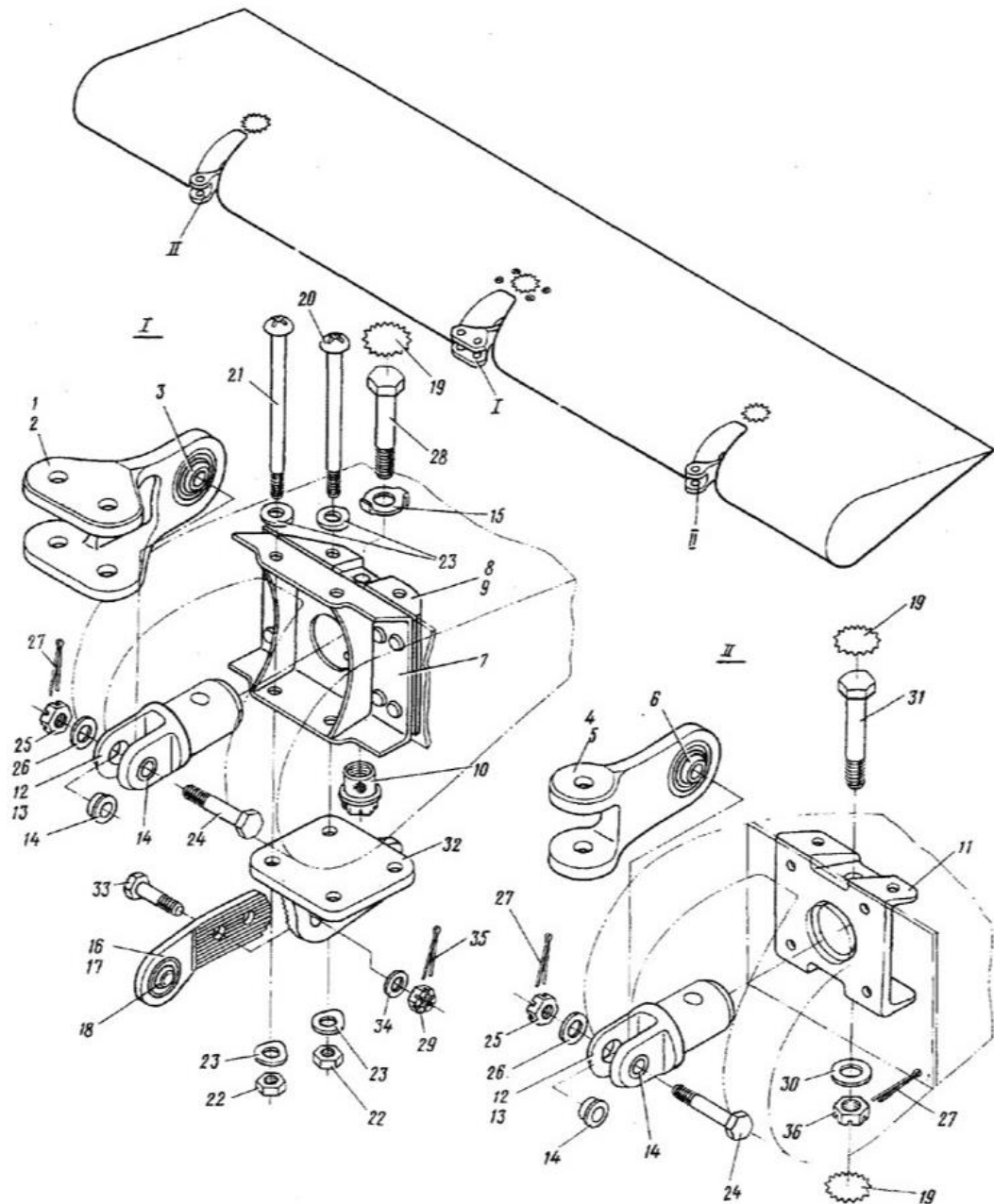
Безпосередньо вид схеми складання визначається характером членування агрегату та видом його підбірок. В зв'язку з тим, що як Скл.Од. сервокомпенсатор елерону є достатньо проста конструкція, то підбірок немає і складання ведеться за послідовною схемою із деталей та стандартних виробів.

Схема конструктивно-технологічного членування сервокомпенсатора елерону розробляється для організації більш ефективного виробництва. При членуванні використовують конструктивні та технологічні роз'єми. Ступінь членування також залежить від економічних та виробничих умов.

Схема конструктивно-технологічного членування сервокомпенсатора елерону представлена на рисунку 2.1.

Технологічний процес складання (далі – ТПС) – це послідовність базування в складальному положенні деталей та підбірок, їх фіксації та з'єднання між собою способами, передбаченими кресленням; визначення спеціальності, розряду та кількості робочих, а також норм часу; вибір інструменту та обладнання. Розробку робочого ТПС для серійного виробництва здійснюють відповідно до креслень або електронних моделей виробу (далі – ЕМВ) та схеми складання.

ТПС розробляється поетапно. Першим етапом має бути директивний техпроцес. Він розробляється в дослідному конструкторському бюро паралельно із проектуванням виробу з початкових стадій.



4-1, 4, 8 – кронштейн у зборі; 2, 7, 9, 11 – кронштейн; 3, 6, 18 – підшипник;
 10, 22, 25, 29, 36 – гайка; 4-12 – вилка у зборі; 13 – вилка; 14 – втулка; 15, 19, 23,
 4-26, 30, 34 – шайба; 16 – вухо праве (ліве) у зборі; 17 – вухо праве (ліве);
 20, 21, 24, 28, 31, 33 – болт; 32 – кронштейн правий (лівий); 35 – шплінт

Рисунок 2.1 – Схема конструктивно-технологічного членування
 сервокомпенсатора елерону

Другий етап – це робоча технологія. До складу директивного техпроцесу входять директивні технологічні матеріали. Для проектування ТПС необхідно розробити

- схему конструктивно-технологічного членування;
- схему забезпечення взаємозамінності та ув'язування;

- ескізи (електронні моделі) складального оснащення;
- ескізи (електронні моделі) засобів забезпечення ув'язування по стиках;
- технічний опис об'єктів складання та технічні умови на виробництво агрегату;
- технічні умови (далі – ТУ) на постачання СЧ.

ТПС сервокомпенсатора елерону наведено у Додатку В.

Для забезпечення стабільної якості літаків, що виготовляються в серійному виробництві, необхідно забезпечувати високий рівень взаємозамінності елементів конструкції, скорочуючи при цьому в основному виробництві обсяг підгоночних робіт.

Для забезпечення стабільної якості літаків, що виготовляються в серійному виробництві, необхідно забезпечувати високий рівень взаємозамінності елементів конструкції, скорочуючи при цьому в основному виробництві обсяг підгоночних робіт.

Щоб досягти необхідної точності виготовлення та ув'язування виробів, що збираються, розробляють схеми ув'язування СЧ виробу, заготівельного та складального оснащення. Існують три види принципів ув'язування:

- ув'язування з незалежним переносом інформації про форми та розміри;
- залежне ув'язування, тобто із залежним перенесенням інформації (копіюванням);
- ув'язування з компенсацією неузгодженості форми та розмірів.

Методи ув'язування реалізують той чи інший принцип ув'язування.

Найбільшого поширення в літакобудуванні набули такі методи ув'язування:

- 1) плазово-шаблонний метод (ПШМ);
- 2) еталонно-шаблонний метод (ЕШМ);
- 3) плазово-інструментальний метод (ПІМ);
- 4) програмно-інструментальний метод (ПРІМ).

Розглянемо коротко кожен із методів.

Плазово-шаблонний метод (ПШМ).

Цей метод передбачає використання найпростіший у конструктивному відношенні контрольно-вимірювального оснащення: плазів, шаблонів та калібрів роз'єму. Першоджерелами ув'язування форм і розмірів є плази суміщених перерізів агрегатів та взаємно відстиківані калібри роз'ємів. При цьому ув'язані на плазі контури окремих плоских перерізів копіюють конструктивні плази (далі – КП), на які наноситься в графічному вигляді вся інформація про конструкцію агрегату в цих перерізах. Потім за отриманими

робочими шаблонами виготовляють методом копіювання деталі, вузли або оснастку. Калібри вузлів використовують для виготовлення елементів конструкції роз'єму (стиків), а також для координації стиків при монтажі фіксаторів роз'єму в СП.

Еталонно-шаблонний метод (ЕШМ).

Першоджерелом ув'язування є еталон поверхні (ЕП), за допомогою якого отримують обводи робочої технологічної та контрольної оснастки для копіювання форм і розмірів на СП.

ЕШМ припускає застосування широкої номенклатури вимірювального оснащення: плазів, шаблонів, ЕП агрегатів, контр-еталонів, монтажних еталонів, калібрів стиків, майстер-плит. При використанні цього методу ЕП повністю відтворює натурну поверхню агрегату літака, його форму та розміри.

Плазово-інструментальний метод (ПІМ).

Першоджерелом ув'язування в цьому випадку є плаз. Засобами ув'язування – плаз-кондуктор(далі – ПК) і інструментальний стенд (далі – ІС) і конструкторське креслення оснащення (далі – ККО), що містять координати центрів монтажних, базових та отворів під стикові болти(далі – МО, БО, ОСБ відповідно) щодо конструкторських баз виробу.

Цей метод є більш простим у порівнянні з ЕШМ, він забезпечує більш короткі терміни підготовки виробництва та за точністю ув'язування близький до ЕШМ.

ПІМ має такі особливості:

- базово-інструментальна ув'язка плазів та шаблонів (досягається розміткою плазів, шаблонів та виконанням у них БО за допомогою ПК;
- перенесення контурів плазів на заготівлі шаблонів та дублювання плазів для провідних заводів;
- застосування ПК/ІС для побудови та вимірювань розмірів при виготовленні пристроїв.

Програмно-інструментальний метод ув'язування (ПРІМ).

ПРІМ реалізує незалежний спосіб забезпечення взаємозамінності. Задані геометричні форми обробляються як цифрові координати точок, що сприяє зручному використанню електронних обчислювальних машин (далі – ЕОМ). За допомогою цього методу формується програма для верстатів з числовим програмним керуванням(далі – ВЧПК), яка забезпечує виготовлення об'єктів виробництва та ЗТО. Незалежно виготовляються шаблони, еталони поверхні (далі – ЕП), робочі контури рубильників. Складальне оснащення виготовляється за конструкторськими кресленнями оснащення(далі – ККО) та

таблицями технологічних отворів (що дає координати центрів КФО, МО, ОСБ та взаємне положення окремих плоских перерізів). Метод доповнюється застосуванням ПК/ІС з ЧПК, що дозволяє виготовити будь-яке складальне оснащення.

Кожен із розглянутих методів по-різному забезпечує точність виготовлення та ув'язування оснастки, терміни підготовки виробництва, собівартість виробів.

Використання ЕШМ дозволяє отримати найбільш високу точність ув'язування об'єктів оснащення та конструкції з обводів та стиків. Однак цикл підготовки виробництва виявляється найбільшим. Метод застосовується для невеликих за габаритами ЛА.

ПШМ забезпечує високу точність оснащення по контурах, але менш точний при ув'язуванні обводів та стиків об'єктів конструкції ЛА. Цикл підготовки виробництва та витрати при цьому скорочуються. ПШМ використовують при технологічній підготовці виробництва ЛА середніх та великих габаритів.

ПШМ простий і дорогий, проте найменш точний при виготовленні та ув'язуванні складального оснащення секцій, відсіків, агрегатів літака. Його застосовують для ув'язування плоских деталей та при монтажі СП плоских літакових вузлів типу шпангоут, лонжерон, нервюра.

ПРІМ найбільш перспективний з урахуванням розвитку методів математичного забезпечення програм та випуску (придбання) досконалого обладнання з ЧПК. Його використання гарантує високу точність виготовлення та ув'язування ЗТО та об'єктів конструкції ЛА. Значно покращує мобільність виробництва при зміні виробів, скорочує номенклатуру заготівельного оснащення в цехах і може здешевлювати виробництво ЛА.

Остаточне рішення про прийнятність варіанта членування, схем складання та схем ув'язування приймають після економічного аналізу. З цією метою виконують порівняльний розрахунок наведених витрат за варіантами. Для спрощення розрахунку витрат на першій стадії вибору варіантів складання рекомендується вести за питомими витратами (витратами, віднесеними до одного кілограма ваги конструкції Скл.Од. У разі потреби величина витрат може бути уточнена за фактичними даними, отриманими після виробництва виробу та ЗТО.

2.2 Розрахунки допусків на сервокомпенсатор елеронудля двох варіантів ув'язування

Згідно до [2] відхилення від теоретичних обводів (допуск) сервокомпенсатора елерону не повинні перевищувати $\pm 1,0$ мм.

2.3 Розрахунки точності складання сервокомпенсатора елерону по обводах, порівняння з допуском

Похибка складання сервокомпенсатора елерону у стапелі визначається такими складовими:

1. похибкою $\Delta_{\text{ст}}$ носія розмірів, тобто стапелю;

2. похибкою $\Delta_{\text{баз}}$ базування СЧ сервокомпенсатора елерону у стапелі. Величина похибки базування характеризується зазором між рубильником стапелю та поверхнею деталі (нервюри, стрингера, обшивки тощо). Цей зазор можна зменшити, притиснувши деталь до рубильника. При цьому деталь пружно деформується, а надалі фіксується технологічним кріпленням, заклепками або болтами.

3. іншими похибками $\Delta_{\text{інш}}$ від повідець і зсувів, викликаних утворенням з'єднань, прогинами елементів стапелю в процесі складання та іншими похибками, які не залежать від методу складання.

Отже, похибка складання

$$\Delta_{\text{скл}} = \Delta_{\text{ст}} + \Delta_{\text{баз}} + \Delta_{\text{інш}}. \quad (2.1)$$

При складанні агрегату $\Delta_{\text{інш}}$ становить близько 40 % від загальної похибки, тобто $\Delta_{\text{інш}} = 0,4\Delta_{\text{скл}}$ [2].

Оскільки зазор між рубильником і деталлю дорівнює похибки ув'язування стапелю та деталі, то без притиску

$$\Delta_{\text{баз } 1} = C_{\text{конт.}(ст.-дет.)}. \quad (2.2)$$

Фактичний же зазор (за наявності притиску) буде меншим:

$$\Delta_{\text{баз } 1} = k_{\text{прит}} \times C_{\text{конт.}(ст.-дет.)}. \quad (2.3)$$

Величину $k_{\text{прит}}$ приймають залежно від кроку притискачів.

Отже, допуск на складання у стапелі з компенсацією похибок визначається за формулою

$$\Delta_{\text{скл}} = \Delta_{\text{ст}} + k_{\text{прит}} \times C_{\text{конт.}(ст.-дет.)} + 0,4 \Delta_{\text{скл}}. \quad (2.4)$$

Визначимо допуск на панель для ЕШМ та ПММ ув'язування, враховуючи, що на сервокомпенсатор елерону за ТУ допуск становить $[\delta_{\text{ск}}] = \pm 1,0$ мм.

Для ЕШМ схема ув'язування надано на рисунку 2.2.

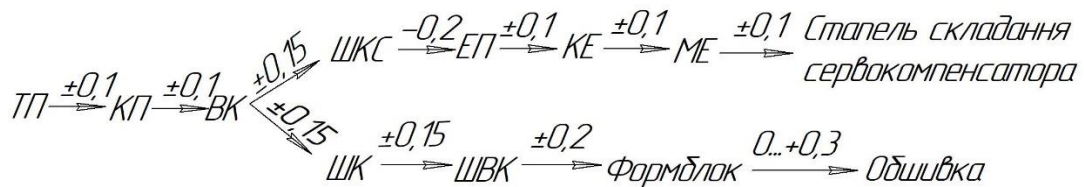


Рисунок 2.2 – Структурна схема ув'язування СЧ та ЗТО для складання сервокомпенсатора елерону при ЕШМ

$$\frac{\Delta_{см}}{2} = \sqrt{\sum \left(\frac{\Delta_{ТП-см}}{2}\right)^2} = \pm\sqrt{0,075^2 + 0,1^2 \times 6} = \pm 0,256\text{мм};$$

$$C_{\text{контур (ст.-обш.)}} = \pm\sqrt{\sum \left(\frac{\delta_{\text{незв'яз. етапи}}}{2}\right)^2} =$$

$$= \pm\sqrt{0,075^2 + 0,1^2 \times 4 + 0,15^2 \times 3 + 0,2^2} = \pm 0,391\text{мм}.$$

Тоді $\frac{\delta_{\text{скл}}}{2} = 0,256 + 0,391 + 0,4 \frac{\delta_{\text{скл}}}{2}$, тобто $\delta_{\text{скл}} = \pm 1,078\text{мм}$.

Порівняємо цю похибку із допуском на агрегат. Повинна виконуватись умова $\delta_{\text{скл}} \leq [\delta_{\text{скл}}]$, тобто $(1,078 < 1,0 - \text{невірно})$. Похибка складання перевищує допуск на агрегат, отже, складання у стапелі без компенсації похибок при ЕШМ ув'язування не допустима.

Структурна схема ув'язування при ПІМ з використанням плаз-кондуктора (далі – ПК) і інструментального станду (далі – ІС) показано на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Структурна схема ув'язування СЧ та ЗТО для складання сервокомпенсатора елерону при ПІМ

$$\frac{\Delta_{см}}{2} = \sqrt{\sum \left(\frac{\Delta_{ТП-см}}{2}\right)^2} = \pm\sqrt{0,2^2 + 0,1^2 \times 5} = \pm 0,3\text{мм};$$

$$C_{\text{контур (ст.-обш.)}} = \pm\sqrt{\sum \left(\frac{\delta_{\text{незв'яз. етапи}}}{2}\right)^2} =$$

$$= \pm\sqrt{0,1^2 \times 4 + 0,15^2 \times 3 + 0,2^2 \times 2} = \pm 0,433\text{мм}.$$

Тоді $\frac{\delta_{\text{скл}}}{2} = 0,3 + 0,433 + 0,4 \frac{\delta_{\text{скл}}}{2}$, тобто $\delta_{\text{скл}} = \pm 1,222\text{мм}$.

Порівняємо цю похибку із допуском на агрегат. Повинна виконуватись умова $\delta_{\text{скл}} \leq [\delta_{\text{скл}}]$, тобто $(1,222 < 1,0 - \text{невірно})$. Похибка складання перевищує допуск на агрегат, отже, складання у стапелі без компенсації похибок при ПІМ

ув'язування не допустима.

Враховуючи що похибка при ЕШМ ув'язування менша за похибкою при ПМ розрахуємо кількість притискних точок та крок фіксаторів для складання агрегату при ЕШМ ув'язування.

Враховуючи що $\delta_{\text{інш}} = 0,4 \frac{\delta_{\text{скл}}}{2}$, отримаємо

$$\frac{\delta_{\text{скл}}}{2} = 0,256 + 0,391 + 0,4 \frac{\delta_{\text{скл}}}{2};$$

$$\frac{\delta_{\text{скл}}}{2} = 0,256 + 0,55k_{\text{прит}} + 0,4 \frac{\delta_{\text{скл}}}{2}, \text{ або } \delta_{\text{скл}} = \pm(0,85 + 1,83k_{\text{прит}}).$$

$k_{\text{прит}}$ визначаємо з умови виконання заданого допуску на агрегат:

$$\delta_{\text{скл}} \leq [\delta_{\text{скл}}],$$

$$\text{тоді } \pm(0,85 + 1,83k_{\text{прит}}) \leq \pm 1,0, k_{\text{прит}} \leq \frac{1,0 - 0,85}{1,83} = 0,1.$$

За [3, 4] знаходимо кількість притискних точок та крок фіксаторів: 8 притискачів і $l_{\text{фікс}}/l_{\text{дет}} = 0,15$.

Отже, приймаємо складання у стапелі з кількістю фіксаторів 8 та ЕШМ ув'язування.

Враховуючи перелічені вище факти, вибираємо схему складання та ув'язування заготівельної та складальної оснастки на основі ЕШМ (Додаток Б).

2.4 Розрахунки 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 Сі капітальні витрати К, необхідні для економічної оцінки, визначаються у гривнях за питомими показниками на 1 кг ваги G конструкції, що збирається: за питомою трудомісткістю $K_{\text{пит}}$, (люд.×год.)/кг, та питомої вартості оснащення $C_{\text{осн}}$, грн/кг.

Собівартість складання розраховується за виразом

$$C = Z + O + E + A, \quad (2.10)$$

де Z – зарплата виробничим робітникам, грн/шт.;

O – витрати на оснащення, грн/шт.;

E – експлуатаційні витрати, грн/шт.;

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

Визначаємо зарплатню:

$$З = K_{num} \times G \times З_c, \quad (2.11)$$

де G – вага об'єкту, що збирається; $G=2,221$ кг;

$З_c$ – тарифна ставка робітників за 1 годину ($З_{c.CO}=72$ грн/год. при складанні за СО; $З_{c.CП}=92$ грн/год. – при складанні у СП [18]).

Величини $K_{пит.CO}$ та $K_{пит.CП}$ визначаються з графіка залежності питомої трудомісткості складання від їх ваги при складанні за СО та у СП відповідно:

$$K_{пит.CO}=3,2 \text{ (люд.}\times\text{год.)}/\text{кг} \text{ і } K_{пит.CП}=2,7 \text{ (люд.}\times\text{год.)}/\text{кг} [5].$$

Виходячи з цього, зарплата дорівнює:

$$З_{CO} = 3,2 \times 2,221 \times 72 = 511,7 \text{ грн,}$$

$$З_{CП} = 2,7 \times 2,221 \times 92 = 551,7 \text{ грн.}$$

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

$$O = \frac{G \times C_{осн}}{2N} m_{пр}, \quad (2.12)$$

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

2 – кількість років списання витрат на оснащення;

N – річний об'єм випуску ($N=9$ блітака/рік).

$m_{пр}$ – прийнята кількість однакових пристроїв для виконання заданої річної програми.

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

$$m_{розр} = \frac{T \times N}{\Phi_d \times P}, \quad (2.13)$$

де T – трудомісткість виготовлення об'єкту в стапелі (згідно до ТП складання $T=13,4$ люд. \times год. – див. Додаток В):

Φ_d – дійсний річний фонд робочого часу ($\Phi_d=1987$ год. у 2022 році [7]);

P – середня кількість одночасно працюючих на СП, прийняте з урахуванням наявного обсягу робіт:

$$P_{розр} = \frac{T \times N}{\Phi_d \times k}, \quad (2.15)$$

де $k=1,1$ – коефіцієнт перевиконання норм ($k=1,1$ [5]),

тобто $P_{\text{розр}} = \frac{13,4 \times 120}{1987 \cdot 1,1} = 0,7$ люд.

Приймаємо $P_{\text{пр}}=2$, так як 2 – цемінімальна кількість працюючих при клепанні ручним пневмоінструментом.

Тоді $m_{\text{розр}} = \frac{5,57 \times 120}{1987 \times 2} = 0,2$.

Приймаємо $m_{\text{пр}}=1$.

Значить $O = \frac{G \times C_{\text{осн}}}{2N} m_{\text{пр}}$

$$O_{\text{CO}} = \frac{2,221 \times 190}{2 \times 120} \times 1 = 1,76 \text{ грн}; O_{\text{СП}} = \frac{2,221 \times 965}{2 \times 120} \times 1 = 8,93 \text{ грн.}$$

Визначимо коефіцієнт завантаження пристрою за рівнянням

$$\eta = \frac{m_{\text{розр}}}{m_{\text{пр}}} = 0,75 \dots 1,15, \quad (2.16)$$

тобто $\eta = \frac{0,2}{1} = 0,2$.

Отже, коефіцієнт поза допустимих межах, тобто стапель недозавантажено.

Маючи в своєму розпорядженні величину $m_{\text{пр}}$, можна розрахувати капітальні вкладення:

$$K = C_{\text{осн}} \times G \times m_{\text{пр}}. \quad (2.17)$$

тобто $K_{\text{CO}} = 190 \times 2,221 \times 1 = 422$ грн, $K_{\text{СП}} = 965 \times 2,221 \times 1 = 2\,143$ грн.

Експлуатаційні витрати включають витрати на амортизацію виробничих будівель та визначаються за виразом:

$$E = 0,625 \frac{V}{N}, \quad (2.18)$$

де V – кубатура виробничого цеху, м³:

$$V = h \sum \omega_i m_i, \quad (2.19)$$

де ω_i – площа одного робочого місця, що визначається габаритом стапеля та необхідними проходами, 12,8 м²;

h – середня висота складального цеху (зазвичай $h=10 \dots 14$ м). Приймаємо $h=10$ м.

Тобто $E_{\text{CO}} = 0,625 \frac{10 \times 12,8}{120} = 0,67$ грн і $E_{\text{СП}} = 0,625 \frac{12 \times 12,8}{120} = 0,80$ грн.

Виходячи з отриманих значень визначимо собівартість:

$$C_{\text{CO}} = 511,7 + 1,76 + 0,67 + 0 = 514,13 \text{ грн,}$$

$$C_{\text{СП}} = 551,7 + 8,93 + 0,80 + 0 = 521,45 \text{ грн.}$$

Аналіз економічних розрахунків показує, що більш економічний метод складання – складання за СО. Однак, для літакобудування першорядним завданням є забезпечення заданого рівня точності виробу. Тому складання за СО в цій роботі використано не буде. У нашому випадку, враховуючи досить високі вимоги до точності, найбільш раціонально застосуватиме складання в стапелі.

2.5 Розробка схеми базування складових частин

Проектуючи операції встановлення СЧ у складальне положення, потрібно вибрати на СЧ базисні поверхні, за якими буде вестись установка та фіксація деталей та вузлів, а також встановити послідовність подачі СЧ на складання.

Базисні поверхні використовуються як складальні та/або настановні бази. Складальні бази (далі – СБ) визначають взаємне положення СЧ, що збираються, а настановні (далі – НБ) – положення СЧ щодо СП.

Вибираючи бази, потрібно прагнути дотримання принципів єдності, сталості та збігу баз.

Схема базування – сукупність НБ, необхідних та достатніх для однозначного базування СЧ у просторі з позбавленням їх необхідної кількості ступенів свободи.

Як бази для складання сервокомпенсатора елерону прийнято (рисунок 2.4):

1. Поверхні обшивок 1, закінцювальний профіль та базові плити при встановленні обшивок та торцевих нервюр.

2. ОСБ та поверхня фіксаторів 2 при встановленні та закріпленні кронштейнів.

3. Поверхні обшивок сотової блоку та торцевих нервюр при встановленні сотової блоку 3.

4. Зовнішня поверхня обшивки та поверхня ложементів 4 при встановленні носка. У поздовжньому напрямку носок базують базову плиту 5.

5. Носок, обшивки, профіль притискаються до базової плити 5 притискною плитою 6.

6. Обшивка притискається до сотової блоку рубильниками 8.

7. Лонжерон кріпиться до фіксаторів 2, встановлюється на ложементи 4 і притискається до базової плити 5 притискною плитою 6.

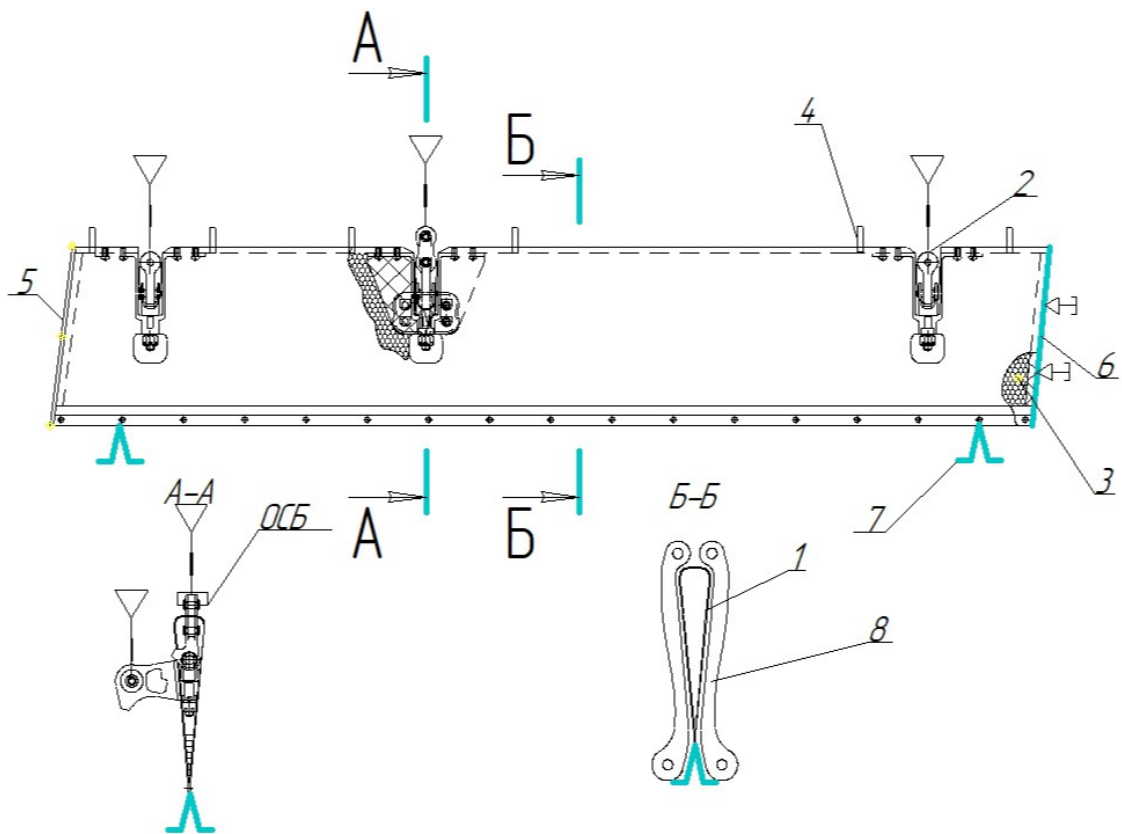


Рисунок 2.4 – Схема базування СЧ сервокомпенсатора елерону

2.6 Проектування робочого технологічного процесу складання в маршрутному та операційному опису на стандартних бланках-картах з використанням типових технологічних процесів та операцій. Вибір обладнання, устаткування, інструменту

При проектуванні ТПС сервокомпенсатора елерону визначаються вид та кількість необхідного технологічного обладнання та оснащення для забезпечення заданого об'єму випуску, планується розміщення технологічного обладнання та потреба у виробничих площах, встановлюється кількість та кваліфікація робочої сили, потреба в енергоресурсах, заготовках та матеріалах.

Вихідними даними для проектування ТПС є робочі креслення (електронні моделі, повне електронне визначення) підбірок і деталей; ДТМ; річний об'єм випуску; дані про виробничі умови, в яких виготовлятиметься виріб.

Робочі креслення (електронні моделі, повне електронне визначення) підбірок і деталей; ДТМ дозволяють визначити основні напрями проектування ТП складально-монтажних робіт 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 відсіків, 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 дорогого, високопродуктивного обладнання, спеціальних пристроїв та інструменту.

Складання ведеться в стапелі складання сервокомпенсатора елерону.

2.7 Нормування двох-трьох операцій технологічного процесу, укрупнене нормування решти операцій

При розробці ТПС сервокомпенсатора елерону було враховано робочі креслення даного виробу, схема членування, послідовно-паралельна схема складання. У ТПС сервокомпенсатора елерону відображена послідовність ходу складального процесу, а також вид обладнання, включені: контроль та виїмка даного виробу. Нормування операцій процесу складено з урахуванням довідкових таблиць та матеріалів заводу-виробника.

Норма часу – це час, необхідний для виконання операції мінімальною кількістю працівників.

Для нормування виберемо операцію свердління по напрямних отворах (НО) та клепання багатоударним пневмомолотком.

Норми часу візьмемо із довідника НДІАТ.

Свердління по НО отвору Ø3,6 мм під заклепки.

Зміст роботи:

1. взяти пневмодрель і перемістити;
2. встановити свердло в отвір;
3. свердлити;
4. вивести свердло з отвору;
5. перемістити пневмодрель і покласти на верстак.

Для свердління кількох отворів повторюватимуть пункти 2-4.

Рівняння для нормування операцій свердління:

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

де D – діаметр отвору, t – глибина свердління;

$$T_2 = 0,015 \times D^{0,68} \times t^{0,66} \text{ – кожне наступне свердління.}$$

$$\text{Тобто } T_1 = 0,015 \times 3,6^{0,68} \times 2^{0,66} + 0,04 = 0,09 \text{ хв. і } T_2 = 0,015 \times 3,6^{0,68} \times 2^{0,66} = 0,05 \text{ хв.}$$

Клепання багатоударним пневмомолотком.

Зміст роботи:

1. взяти заклепку з жмені;

2. вставити заклепку в отвір;
3. встановити на заклепку підтримку;
4. взяти пневмомолоток та перемістити на заклепку;
5. розклепати заклепку;
6. перемістити молоток та покласти на верстак.

Норма часу на клепаання визначається за такою формулою:

$$T_1 = 0,122 \times D^{0,58},$$

де D – діаметр заклепки.

$$\text{Тобто } T_1 = 0,122 \times 3,6^{0,58} = 0,24 \text{ хв.}$$

Складено та нормовано ТПС сервокомпенсатора елерону, який представлено у Додатку В.

Типові операції складання фюзеляжу:

1. Базування СЧ.
2. Фіксація СЧ.
3. Свердління.
4. Кліпання.
5. Контроль.

2.7 Технічні умови на проектування стапелю складання сервокомпенсатора елеронута ТУ на постачання складових частин

Технічні умови на проектування стапелю складання сервокомпенсатора елерону розробляються виходячи з креслень (електронних моделей, повного електронного визначення) і ТПС агрегату.

Стапель для складання є оснащенням першого порядку, куди на остаточне складання надходять окремі деталі та підзбірки, які зібрані в окремих СП.

Стапель призначений для складання сервокомпенсатора елерона.

Каркас сервокомпенсатора елерону розташовувати у стапелю горизонтально.

Встановлення деталей у стапель відповідно до послідовності ТПС:

- 1) лонжерон;
- 2) вузли навішування (вилки, кронштейни);
- 3) заповнювач з полімерсотопласту, нервюри з органотканини;
- 4) обшивку з органотканини для приклеювання до зібраного (склеєного) каркасу.

Основні технологічні бази:

- 1) поверхня каркасу сервокомпенсатора;
- 2) будівельна площа стапеля;

3) площина, що проходить через МО рубильників;

Поверхні сервокомпенсатора, що сполучаються: поверхні каркасу сервокомпенсатора елерону та внутрішня поверхня обшивки.

Виготовляти та контролювати стапель по монтажному еталону.

Ложементи та рубильники обробити за шаблонами.

Забезпечити жорсткість фіксації виробу у стапелі та підведення електроживлення та стисненого повітря.

Штирі та фіксатори кріпити на тросиках.

Роботи у стапелі ведуться ручним механізованим інструментом. Виймання сервокомпенсатора елерона проводиться вгору і вбік.

Основними технологічними базами є поверхні ложементів та рубильників, фіксатори ОСБ, а також поверхні контакту СЧ між собою.

Взаємозамінними елементами є контури, обводи, довжини, СО та ОСБ. При виготовленні та монтажі стапеля необхідні креслення (електронні моделі, повне електронне визначення) оснастки, плаз-кондуктор (далі – ПК), інструментальний стенд (далі – ІС).

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

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

$$\tau = \frac{\Phi_{\text{розр}}}{N}, \quad (2.20)$$

де $\Phi_{\text{розр}}$ – розрахунковий фонд робочого часу в певному календарному періоді;
 N – річний об'єм випуску ($N=96$ літаків/рік).

Фонд робочого дня в календарному році визначається за формулою:

$$\Phi_{\text{розр}} = m \times s \times t, \quad (2.21)$$

де m – кількість робочих днів у році ($m=248$ [8]);

s – кількість робочих змін на добу (приймаємо $s=1$);

t – кількість годин у зміні (приймаємо $t=8$ год).

Тоді $\Phi_p = 248 \cdot 1 \cdot 8 = 1984$ год. і $\tau = \frac{1984}{120} = 16,5$ год.

Цикловий графік характеризується також тривалістю циклу складання виробу. 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

$$Ц = T/n, \quad (2.22)$$

де T – трудомісткість виготовлення об'єкту;

n – кількість одночасно працюючих на складанні об'єкту.

В зв'язку з тим, що частина робіт виконується двома працівниками, а частина одним, $Ц = 785 \text{ мин.} = 13,1 \text{ год.}$

Виконання заданого об'єму випуску виробу має бути забезпечене необхідною кількістю пристроїв та робочих.

Потрібну кількість пристроїв визначимо за такою формулою

$$M_{\text{розр}} = \frac{T \times N}{\Phi_{\text{д.осн}} \times n}, \quad (2.23)$$

де $\Phi_{\text{д.осн}}$ – дійсний річний фонд часу оснащення ($\Phi_{\text{д.осн}} = 2080 \times 0,85 = 1768 \text{ год.}$);

n – кількість робітників, які одночасно працюють на одному робочому місці (приймаємо $n=2$).

$$\text{Отримуємо } M_{\text{розр}} = \frac{22 \times 92}{1768 \times 2} = 0,6 \text{ шт. Приймаємо } M_{\text{розр}} = 1 \text{ шт.}$$

Цикловий графік представлений у Додатку Г.

2.9 Заходи з безпеки праці та організації робочого місця

За санітарними нормами проектування промислових підприємств, цехскладання крила ЛА, що проектується, відноситься до групи 1-а (СК 245-81).

У процесі трудової діяльності робітники піддаються впливу виробничих чинників, кожен із яких впливає його працездатність і стан здоров'я. Цей комплекс чинників заведено називати умовами праці.

Відповідно до ГОСТ 12.1.005-76 роботи, що здійснюються в цеху складання крила ЛА, належать до категорії середньої тяжкості.

Характерними операціями, що виконуються у процесі виробництва ЛА, є переміщення, монтаж та фіксація великогабаритних агрегатів; свердління ручним електричним інструментом; зварювання. У процесі виконання перерахованих вище операцій робітники піддаються впливу шуму, небезпеки ураження електричним струмом, небезпеки ураження очей від зварювального апарату. Крім того, при переміщенні, монтажі та фіксації великогабаритних агрегатів робітники зазнають фізичних навантажень і часто змушені працювати в незручних (обмежених позах). На ділянках цеху використовуються різні види

електрообладнання, а також системи місцевого та переносного освітлення.

Таким чином, підсумовуючи вищесказане, можна відзначити, що виробничий процес, що відбувається в цеху складання крила ЛА, характеризується:

- впливом парів токсичних речовин (бензину, ацетону, лакофарбових матеріалів);
- тривалими фізичними навантаженнями у процесі переміщення та встановлення на стапельпідзбірок літака;
- незручним (обмеженим) положенням тіла під час виконання робіт із кріплення СЧ між собою;
- нервовими напругами, що залежать у свою чергу від м'язової напруги, шуму, складності та точності робіт;
- монотонністю робіт, що характеризуються багаторазовим повторенням операцій.

Підсумовуючи даному аналізу, напрошується висновок про необхідність розробки заходів щодо підвищення безпеки робіт та зменшення впливу шкідливих виробничих факторів на здоров'я працюючих.

Як зазначалося вище, роботи, які виробляються у цеху складання НЛА, ставляться до розряду робіт середньої тяжкості, тобто у яких виділяється понад 293 Дж/с тепла (ГОСТ 12.1.005-76). Залежно від пори року, умов ТП та ступеня тяжкості фізичної роботи, нормуються оптимальні параметри мікроклімату робочого місця: допустимі значення температури, відносної вологості для різних температур та швидкості руху повітря.

Мікроклімат у складальному цеху характеризується ДНАОП 0.03-3.15-86. Нижче наведено значення параметрів мікроклімату для цеху, де виготовляють сервокомпенсатор елерону:

1. На постійних робочих місцях у холодний та перехідний період року (температура зовнішнього повітря нижче +10 °С):

- температура повітря – 15...20 °С;
- відносна вологість повітря – не більше 75%;
- швидкість руху повітря – не більше 0,5 м/с.

2. На постійних робочих місцях у теплий період року (температура зовнішнього повітря +10°С і вище):

- температура повітря – не більше, ніж на 3 °С вище за середню температуру зовнішнього повітря о 13 години дня спекотного місяця, але з більше 28°С;
- відносна вологість повітря: при 28°С – не більше ніж 55%, при 27°С –

небільше ніж 60%, при 26°C – найбільше ніж 65%, при 24°C – найбільше ніж 75%;

– швидкість руху повітря – 0,3...0,7 м/с.

Нормативні параметри підтримуються в заданих межах за допомогою систем вентиляції та опалення.

Крім того, для безпечної роботи необхідне достатнє освітлення робочих місць та раціональний розподіл світла в робочій зоні, відсутність тіней та відблисків, які позначаються на зниженні працездатності та збільшенні втомлюваності робітників.

У виробничих приміщеннях, у яких робота з моніторами та ПЕОМ є основною (диспетчерські, операторські, розрахункові, кабіни та пости управління, зали обчислювальної техніки та ін.) повинні бути забезпечені оптимальні параметри мікроклімату, за яких в умовах тривалого та систематичного впливу на людину створюються комфортні теплові відчуття задля збереження нормального теплового стану організму.

Основні параметри мікроклімату (температура повітря, вологість та швидкість руху повітря на робочому місці) повинні відповідати вимогам СН 2152-80. Крім того, необхідно забезпечити необхідні концентрації позитивних та негативних іонів у повітрі робочої зони.

Необхідні концентрації позитивних та негативних іонів у повітрі робочої зони забезпечують:

- 1) генератори негативних іонів;
- 2) встановлення штучного зволоження;
- 3) кондиціонери;
- 4) загальнообмінна припливно-витяжна вентиляція;
- 5) захисні екрани, які мають бути заземлені.

Одним із важливих заходів щодо нормалізації метеорологічних умов є аерація. Однак одна аерація не може створити сприятливого мікроклімату на всіх робочих місцях, тому застосовуються системи вентиляції та місцевого повітряного душення.

За способом переміщення повітря вентиляція буває:

- природна (організована та неорганізована);
- штучна (механічна).

При неорганізованій природній вентиляції повітрообмін здійснюється за рахунок витіснення зовнішнім холодним повітрям через вікна, щілини та двері.

Механічна вентиляція усуває недоліки природної вентиляції. При механічній вентиляції повітрообмін досягається за рахунок напору,

створюваного відцентровим або осьовим вентилятором.

Механічна вентиляція на вигляд буває припливною, витяжною та припливно-витяжною, по організації повітрообміну – загальною та місцевою.

Припливна вентиляція забезпечує подачу чистого повітря до приміщень.

Витяжна вентиляція призначена для видалення з приміщення нагрітого та забрудненого повітря.

Для покращення стану робочого середовища за освітленістю виходять з наступного.

Раціональне освітлення робочих та допоміжних приміщень має велике значення для нормальної та безпечної роботи підприємства.

Для безпеки роботи потрібно не тільки достатнє освітлення робочих поверхонь, але і раціональний напрямок світла, відсутність різких тіней і відблисків, які зазвичай викликають сліпучу дію і знижують працездатність.

Висвітлення у приміщеннях нашого підприємства є змішаним, тобто природним та штучним.

Природне освітлення у приміщеннях здійснюється за рахунок бічного освітлення (через вікна). При природному освітленні пристосовуються засоби сонцезахисту, що знижують перепади яскравостей між природним світлом і свіченням екрану, при цьому кожне вікно забезпечується світлорозсіюючими шторами. Це потрібно для того, щоб у полі зору працівника забезпечувався відповідний розподіл яскравості.

Штучне освітлення у приміщеннях цеху здійснюється у вигляді комбінованої системи освітлення з використанням люмінесцентних джерел світла у світильниках загального освітлення. Для цього використовують люмінесцентні лампи типу ЛБ. Світильники загального освітлення розташовують над робочими поверхнями рівномірно-прямокутному порядку. Норми освітленості світильників не більше 300...500люксів. Джерелами штучного освітлення можуть бути лампи денного світла та денного світла з покращеною передачею кольору.

До загальних заходів, спрямованих на підвищення безпеки праці робітників, слід зарахувати:

1. Періодичні інструктажі всіх працівників щодо дотримання техніки безпеки, контроль знань з техніки безпеки працівниками (ДНАОП 0.00-4.12-99).

2. Ремонт та профілактику обладнання згідно з графіком планово-попереджувального ремонту.

3. Організацію вантажопотоку, що виключає захащення проїздів та

проходів цеху.

4. Відсутність у цеху складу лакофарбових та інших легкозаймистих та токсичних матеріалів.

5. Відоме всім працівникам цеху розташування та справність засобів пожежогасіння (ДНАОП 0.01-1.01-95).

6. Забезпечення робочих засобами індивідуального захисту (протигазами, респіраторами, захисними окулярами, касками) там, де це необхідно (ДНАОП 0-03.1-07-73).

7. Напруга місцевого освітлення 36 В (ДНАОП 0.00-1.21-98).

8. Наявність інструкцій з техніки безпеки на кожному робочому місці.

9. Наявність аварійних виходів та схем евакуації персоналу на випадок пожежі або іншої надзвичайної ситуації.

2.10 Проектування засобів технологічного оснащення складальних робіт

Вибір схеми та компоновки стапелю складання сервокомпенсатора елерону

Складальне оснащення (СП, стапель)– пристрій, конструкція якого забезпечується правильне взаємне базування, фіксацію і з'єднання СЧ об'єкту складання із заданою точністю.

Безперервне підвищення вимог до точності і взаємозамінності елементів конструкції літака, зростання продуктивності праці зумовлює не тільки збільшення кількості СП, а й більш високі технічні вимоги до них.

Основні технічні вимоги:

- забезпечення заданої в ТУ точності складання Скл.Од., яка повинна бути пов'язана зі ступенем точності стапелю;
- збереження точності стапелю протягом усього періоду експлуатації;
- збереження стабільного положення базових точок, вузлів і поверхонь, заданих ТУ на складання Скл.Од. і надійність фіксації СЧ;
- сталість заданих розмірів незалежно від коливань температури;
- використання в конструкції стапелю більшої кількості стандартних елементів для здешевлення складального оснащення та скорочення термінів технологічної підготовки виробництва;
- раціональні розміри стапелю з метою кращого використання виробничих площ;
- забезпечення найбільш вільних підходів для виконання складальних робіт, хорошого освітлення, зручності використання інструменту та засобів механізації праці, а також знімання зібраного агрегату;

– дотримання правил техніки безпеки.

Конструктивні схеми стапелю обумовлені конструктивно-технологічними особливостями сервокомпенсатора елерону літака. У кожному конкретному випадку їх обирають на етапі розробки ДТМ з урахуванням основних вимог, які пред'являються до складального оснащення. Для скорочення термінів та вартості проектування та виготовлення стапелю (а також скорочення основного виробництва) елементи технологічного оснащення нормалізують.

Загалом основні частини складального оснащення такі:

1. Каркас, на якому монтують усі елементи стапелю.
2. Фіксатори та затискачі для встановлення та закріплення СЧ у складальному положенні.
3. Вузли та механізми для закладання та виймання готових виробів.
4. Засоби механізації складального оснащення.
5. Допоміжні засоби оснащення.
6. Джерела енергії.

Конструктивна схема стапеля визначається габаритами, конструкцією та способами базування виробу, що збирається.

1. Основою розробки стапеля служить схема розташування базових осей і базисних поверхонь, щодо яких проводитиметься складання виробу.

Для побудови стапеля складання сервокомпенсатора елерону як базову вісь вибираємо вісь обертання сервокомпенсатора. Так як обрана вісь сервокомпенсатора, всі вузли фіксації встановлюються на рівних відстанях від балки стапеля, що спрощує проектні роботи і монтаж стапеля, а також підвищує точність монтажу. При виготовленні пристрою використовуємо монтажний стандарт. Базовими поверхнями для встановлення вузлів навішування, кронштейнів є робочі поверхні їх отворів. Настановними базами є отвори вузлів.

2. Для фіксації сервокомпенсатора по поверхні торцевих нервюр використовуємо стапельну плиту, яка має базові отвори для установки плити в стапель.

3. Відповідно до настановних у ТУ засобами монтажу та контролю призначаємо нівелювальні точки, реперні майданчики та опрацюємо кріплення їх на каркас стапеля.

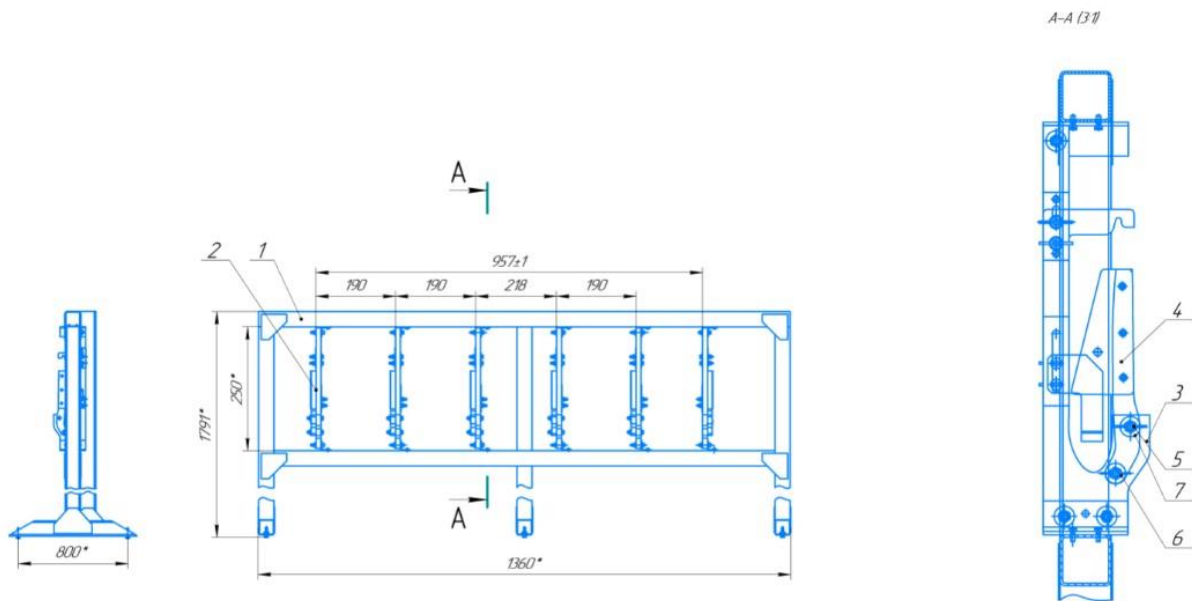
4. Проводимо опрацювання допоміжних пристроїв та їх прив'язку до каркасу стапеля.

5. Підбираємо фундамент під стапель.

6. Складаємо матеріальну специфікацію та відомість на комплектуючі

вироби, необхідного оснащення стапелю.

Схему стапеля наведено на рисунку 2.5.



1 – рама; 2 – ложемент; 3, 4 – притискачі; 5 – болт; 6 – гайка; 7 – шайба

Рисунок 2.5 – Схема стапеля для складання сервокомпенсатора елерону

Проектувальні розрахунки на міцність, жорсткість елементів конструкції стапелю складання сервокомпенсатора елерону

Зазвичай каркас стапеля на міцність не розраховують, а проводять розрахунок на жорсткість. Вибір перерізів балок і колон стапеля з урахуванням необхідної жорсткості цих елементів забезпечує їх міцність [4, 5, 6].

Мета розрахунку стапеля на жорсткість – підбір таких перерізів і розмірів елементів каркасу, при яких їх максимальні деформації від прикладених навантажень не перевищували б значень, що визначаються ТУ на вироб.

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

Розрахункова схема каркаса стапеля для складання сервокомпенсатора елерону – двохопорна балка.

Для визначення розрахункової деформації елементів каркасу стапелю фахівцями галузі було проведено обстеження дійсних деформацій у великій кількості існуючих та нормально працюючих стапелів, при цьому було встановлено, що для нормальної роботи стапеля допустима величина згинальної деформації від змінного навантаження, що дорівнює 0,1 мм.

В зв'язку з незначними масами сервокомпенсатора елерону ($G=2,221$

кг), рубильників стапеля ($m_{руб} \approx 1,5$ кг) та малими габаритними розмірами стапеля можна стверджувати, що деформації балок стапелю не буде перевищувати допустиму величину згинальної деформації, що дорівнює 0,1 мм.

Конструювання стапелю складання сервокомпенсатора елерону

Конструктивно стапель для складання сервокомпенсатора елерону складається з наступних основних елементів (див. рисунок 2.5): рама; стапельна плита; фіксатори вузлів навішування; ложементи; рубильники. Рубильники забезпечують взаємне розташування СЧ об'єкту складання. Оскільки вони визначають правильність установки, задану точність і взаємозамінність виробу, що виробляється, то до жорсткості їх і точності монтажу на каркасі пред'являються підвищені вимоги. Для забезпечення необхідної точності установки фіксаторів застосовується монтажний еталон, а для виготовлення наставних елементів – ВЧПК.

Технічні умови на проектування та монтаж стапелю для складання сервокомпенсатора елерону

ТУ на проектування стапелю є одним з основних вихідних матеріалів для проектування стапелю. Добре підготовлені вихідні матеріали служать основою створення високоякісних конструкцій складального оснащення, значно скорочують терміни і трудомісткість проектування та виготовлення стапелю.

ТУ на проектування стапелю розробляються виходячи з креслень і ТП складання агрегату.

ТУ проектування стапелю складання сервокомпенсатора елерону такі:

1. Призначення стапелю: для складання сервокомпенсатора елерону.
2. Положення агрегату, що складається в стапелі – горизонтальне, донною частиною донизу.
3. Перелік підбірок та деталей у порядку технологічної послідовності складання: **стільникоблок**, торцева нервюра, обшивка, вилка, кронштейн, вилка, вузол навішування, носок. Подача всіх деталей у стапель – зверху. Зібраний сервокомпенсатор елерону виймається зі стапелю вб'ік.
4. Основні технологічні бази – поверхні ложементів та рубильників, фіксатори ОСБ, СО а також поверхні сполучення СЧ між собою.
5. Взаємозамінними елементами є контури, обводи, довжини, СО та ОСБ.
6. При виготовленні та монтажу стапеля необхідні креслення або ПЕВЗТО, калібри стиків, ШП.
6. Механізація ТП складання: зважаючи на простоту агрегату та його невеликих габаритів не будемо застосовувати механізацію елементів стапелю

та механізацію складальних операцій. Транспортування сервокомпенсатора елерону по цеху вручну.

Укрупнений технологічний процес монтажу стапелю складання сервокомпенсатора елерону

Укрупнений ТП монтажу стапелю складання фюзеляжумає наступні операції.

1. Зварити раму стапелю згідно складального креслення стапелю. Контроль геометрії рами й якості зварювальних швів БТК.
2. На монтаж стапеля надходять рубильники з готовим робочим контуром. Його попередньо отримали зліпком з монтажного еталону (далі – МЕ).
3. Після заливання обводів на торцях рубильника наносять різки по осях силових елементів агрегату згідно з розміткою МЕ.
4. Рубильники з'єднують з МЕ за наявними обводами та різками.
5. Тимчасово зафіксують рубильники на лекалах МЕ, їх прикріплюють до каркасу стапеля за допомогою штирів, виделок та цементу марки НІАТ-МЦ.
6. Навішують фіксатори стиків типу «вухо – вилка» на відповідні еталонні деталі стиків МЕ, потім кріплять до каркаса стапеля, зазори заливають цементом, який служить розмірним компенсатором і кріпильним матеріалом.
4. Витягти МЕ зі стапелю.
8. Контроль БТК.
9. Маркувати 104.ДП.163.17.001.
10. Монтаж та контроль стапелю проводити за ОСТ 1.51732-81 «Приспособление для сборки изделий. Изготовление и монтаж. Технические требования».
10. Стапель фарбувати емаллю ХВ-16 ТУ6-10-1301-83 – зелена.

2.11 Планування робочого місця

Планування робочого місця має сприяти економії рухів у роботі та забезпечувати зручність підходів до всього обладнання, розміщеного на робочому місці (останнє необхідно також при ремонті), у той же час воно має бути компактным, а робоче місце повинне займати якнайменше виробничої площі.

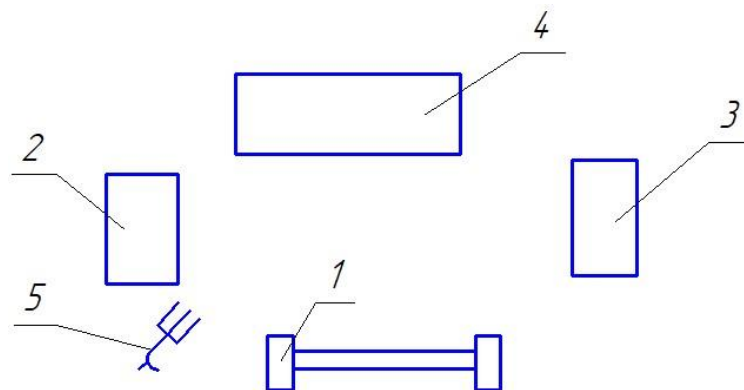
За характером виконуваного трудового процесу робочі місця агрегатно-складальних цехів відносять до частково механізованих із застосуванням пневматичного та електрифікованого інструменту.

Місце складання оснащують наступними ЗТО:

- а) стапелем складання фюзеляжу;
- б) верстатами для підготовчих та позастапельних робіт;
- в) допоміжним обладнанням, що використовується при складанні (козелками, підставками та ін.);
- г) стелажами для зберігання деталей;
- д) повітря- та електропроводкою для підключення механізованого інструменту;
- е) підйомно-транспортними пристроями для закладання та вилучення деталей;
- ж) комплектом інструменту для складальних робіт (ключами, викрутками, свердлами, механічними гайковертами, дривами пневматичними та ін.).

Місця розташування електророзеток і забірних клапанів повітряної мережі для підключення пневмоінструменту повинні бути якомога ближче до робочих зон. Робочий інструмент повинен бути скомплектований за видами роботи, що виконується, і повинен зберігатися в інструментальній скриньці.

Спрощена схема робочого місця слюсаря-складальника наведена на рисунку 2.6.



- 1 – стапель; 2 – верстат для підготовчих робіт з комплектом інструментів для складальних робіт; 3 – стелажі для зберігання СЧ; 4 – стелаж для готових виробів; 5 – джерело енергії для підключення механізованого інструменту

Рисунок 2.6 –Спрощена схема робочого місця слюсаря-складальника

Контроль якості робіт ведуть без відриву основних робітників від процесу складання. Для отримання високої продуктивності праці слюсаря-складальника необхідно забезпечити якісне опалення, вентиляцію, освітлення, санітарно-технічні умови цеху.

Висновки по розділу 2

В результаті виконання проекту на підставі матеріалів отримано наступні результати:

- розроблено й обґрунтовано схеми конструктивно-технологічного членування, схеми складання та ув'язування сервокомпенсатора елерону;
- розраховано похибки складання по обводах сервокомпенсатора елерону,
- розроблено директивні технологічні матеріали (на підставі точностних і економічних розрахунків обрано і обґрунтовано схема і метод складання, схема ув'язування СЧ сервокомпенсатора елерону й ЗТО);
- розроблено робоча технологічна документація на складання (спроектовано ТП, проноормовані технологічні операції свердлення отворів за НО та клепання багатоударним клепальним молотком, розроблено циклової графік складання);
- виконано технологічні розрахунки ділянки складання сервокомпенсатора елерону та цеху складання крила;
- виконано проектування стапелю складання сервокомпенсатора елерону;
- розроблено укрупнений ТП монтажу стапелю складання сервокомпенсатора елерону;
- виконано планування робочого місця слюсаря-складальника.

3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Визначення основних техніко-економічних показників цеха

Розрахунки будемо проводити для цеху складання крила.

3.1.1 Визначення фонду оплати праці

Розрахунок заробітної плати виробничих робітників

Фонд заробітної плати (далі – ФЗП) розраховується за категоріями персоналу: окремо для основних виробничих робітників, для допоміжних робітників, для керівників, спеціалістів, службовців та обслуговуючого персоналу.

При розрахунку ФЗП приймається загальноприйнята структура: розподіл фондів на пряму та додаткову зарплату.

Розрахунок ФЗП основних виробничих робітників

Необхідні дані для розрахунку фонду оплати основних виробничих робітників було розраховано раніше (див. розділ 2) та зведено до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані визначення ФЗП основних виробничих робочих

Розряд робітників R	Кількість робітників r, люд.	Годинна ставка $C_{\text{год}}$, грн/люд.×год.	Річна $T_{\text{рік}}$, нормо×год.	$\Phi_{\text{д}}$, год.
6	10	92	21120	1840

Пряма заробітна плата основних виробничих робітників (далі – ПЗПОР) розраховується за формулою

$$\text{ПЗПОР} = \bar{C}_{\text{час}} \times T_{\text{рік}} \times \left(1 + \frac{\bar{k}_{\text{ут}} + \bar{k}_{\text{нт}}}{100}\right), \quad (3.1)$$

де $\bar{C}_{\text{час}}$ – годинна ставка з відрядних робіт, грн/люд.×год.;

$T_{\text{рік}}$ – трудомісткість (відрядних та погодинних) робіт у планованому періоді, нормо×год.; $\bar{k}_{\text{ут}}$, $\bar{k}_{\text{нт}}$ – середні за цехом нормативи доплат за умови та інтенсивність праці, % ($\bar{k}_{\text{ут}}=8\%$, $\bar{k}_{\text{нт}}=8\%$).

$$\text{ПЗПОР} = 92 \times 1\,283 \times \left(1 + \frac{8+8}{100}\right) = 136\,921,8 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата основних робітників (ДЗОР) без урахування премій за підсумками роботи розраховується за формулою

$$\text{ДЗОР} = \text{ПЗПОР} \times \frac{k_{\text{варт}} + k_{\text{доб}} + k_{\text{міс}}}{100}, \quad (3.2)$$

де $k_{\text{варт}}$, $k_{\text{доб}}$, $k_{\text{міс}}$ – прийняті нормативи вартових, добових і місячних доплат, % ($k_{\text{варт}} = 10\%$, $k_{\text{доб}} = 12\%$, $k_{\text{міс}} = 16\%$).

$$\text{ДЗПОР} = 136\,921,8 \times \frac{10+12+16}{100} = 52\,030,3 \text{ грн.}$$

Тоді ФЗП основних робітників становить

$$\text{ФЗПОР} = 136\,921,8 + 52\,030,3 = 188\,952,1 \text{ грн.}$$

Розрахунок ФЗП допоміжних працівників

Заробітна плата допоміжних робітників розподіляється за статтями кошторису витрат на утримання та експлуатацію обладнання та кошторису цехових витрат. Тому її визначають кожної професії допоміжних робітників окремо.

Пряма заробітна плата допоміжних робітників (ПЗПДР)

$$\text{ПЗПДР} = n_i \times C_{\text{год}} \times \Phi_{\text{д}} \times \left(1 + \frac{k_{\text{ут}_i} + k_{\text{ит}_i}}{100}\right), \quad (3.3)$$

де n_i – кількість допоміжних робітників i -ї професії;

$C_{\text{год}}$ – годинна ставка допоміжного робітника i -ї професії, грн/люд.×год.;

$\Phi_{\text{д}}$ – річний дійсний фонд часу робітників i -ї професії, год.;

$\bar{k}_{\text{ут}}$, $\bar{k}_{\text{нт}}$ – нормативи доплат за умови та інтенсивність праці допоміжного робітника i -ї професії, %.

Додаткова заробітна плата допоміжних робітників (ДЗПДР)

$$\text{ДЗПДР} = \text{ПЗПДР} \times \frac{k_{\text{варт}} + k_{\text{доб}} + k_{\text{міс}}}{100}, \quad (3.4)$$

Дані розрахунку занесено до таблиці 3.2.

Розрахунок фонду оплати праці керівників, спеціалістів, службовців, молодшого обслуговуючого персоналу

Пряма заробітна плата цих категорій розраховується за такою формулою:

$$\text{ПЗП}_i = n_i \times O_i \times \Phi_{\text{д}} \times \left(1 + \frac{k_{\text{ут}_i}}{100}\right), \quad (3.5)$$

де n_i – чисельність працівників на i -й посаді, люд.;

O_i – годинна ставка або оклад робітника на i -й посаді, грн/люд.×год.;

$\Phi_{\text{д}}$ – річний дійсний фонд часу робітника на i -й посаді, год.;

$k_{\text{ут}_i}$ – нормативи доплат за умови праці, %.

Таблиця 3.2 – Розрахунок ФОП допоміжних робітників

Найменування професії	Кількість робітників	Розряд R	Місячний оклад або погодинна ставка	Φ_d	Кут, %	Кіт, %	ПЗВР, грн	$k_{\text{варт}}$, %	$k_{\text{доб}}$, %	$k_{\text{міс}}$, %	ДЗВР, грн	Повна заробітна плага, грн
Слюсар з обслуговування обладнання	2	6	92	1840	8	6	33576,9	10	12	16	12761,7	46338,6
Електромонтер	2	6	92	1840	8	6	33576,9	10	12	16	12761,7	46338,6
Комірник ІРК тароздавач креслень	2	-	72	1840	4	4	31806,9	10	12	16	12089,1	43 896,0
Комплектувальник виробничих складів	2	-	72	1840	4	4	31806,9	10	12	16	12089,1	43 896,0
Транспортні робітники	2	-	72	1840	4	4	23859,6	10	12	16	10655,4	32 922,0
Прибиральник цеху	2	-	72	1840	3	3	23417,1	10	12	16	8894,25	32311,35
Контролер	2	-	72	1840	4	4	35789,4	10	12	16	13602,45	49 383,0
Разом	14						213 833,7				82 853,7	295 059,0

Додаткова заробітна плата керівників, спеціалістів, службовців та МОП розраховується за формулою

$$ДЗП_i = ПЗП_i \times \frac{k_{\text{варт}} + k_{\text{доб}} + k_{\text{міс}}}{100}, \quad (3.6)$$

Дані розрахунку занесено до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Розрахунок ФОП керівників, спеціалістів, службовців та МОП

Посада	Кількість, люд.	$\Phi_{д,міс.}$	O_i , грн	$k_{утг, \%}$	ПЗП _i , грн	$k_{варт, \%}$	$k_{доб, \%}$	$k_{міс, \%}$	ДЗП _i , грн	Повна заробітна плата, грн
Начальник цеху	1	11	3 000,0	10	38 115,0	10	12	16	14 481,0	52 596,0
Заступник начальника цеху	1	11	2 700,0	8	34 218,0	10	12	16	13 005,0	47 214,0
Начальник техбюро	1	11	2 500,0	8	32 076,0	10	12	16	12 186,0	44 262,0
Начальник ПДБ	1	11	2 500,0	8	32 076,0	10	12	16	12 186,0	44 262,0
Начальник БТЗ	1	11	2 500,0	8	32 076,0	10	12	16	12 186,0	44 262,0
Начальник БТК	1	11	2 500,0	8	32 076,0	10	12	16	12 186,0	44 262,0
Разом керівників	6				200 610,0				76 230,0	276 840,0
Технолог	2	11	2 200,0	8	28 872,0	10	12	16	10 971,0	39 834,0
Інженер з інструменту	1	11	2 200,0	8	26 730,0	10	12	16	10 161,0	36 891,0
Програміст-електронник	1	11	2 200,0	8	27 801,0	10	12	16	10 566,0	38 367,0
Плановик	1	11	2 100,0	6	24 138,0	10	12	16	9 171,0	33 309,0
Майстер	1	11	2 100,0	6	24 138,0	10	12	16	9 171,0	33 309,0
Диспетчер	1	11	2 100,0	6	24 138,0	10	12	16	9 171,0	33 309,0
Технік за матеріалами	1	11	2 100,0	6	24 138,0	10	12	16	9 171,0	33 309,0
Нормувальник	1	11	2 100,0	6	24 138,0	10	12	16	9 171,0	33 309,0
Економіст	1	11	2 500,0	6	31 482,0	10	12	16	11 961,0	43 443,0
Контрольний майстер	1	11	2 100,0	6	22 041,0	10	12	16	8 370,0	30 411,0
Разом фахівців	11				257 580,0				97 927,0	355 500,0
Нарядник	1	11,3	1 900,0	5	22 428,0	10	12	16	8521,2	30 942,0
Обліковець	1	11,3	1 900,0	5	22 428,0	10	12	16	8521,2	30 942,0
Архіваріус	1	11,3	1 900,0	5	22 428,0	10	12	16	8521,2	30 942,0
Завгосп	1	11,3	1 500,0	5	20 286,0	10	12	16	7710,3	27 999,0
Разом службовців	4				87 570,0				3327,3	120 870,0
Прибиральник	4	11,3	1 000,0	5	42 714,0	10	12	16	16 227,0	58 941,0
Гардеробник	1	11,3	1 000,0	5	10 683,0	10	12	16	4058,1	14 733,0
Разом МОП	5		2 000,0		53 397,0				20 286,0	73 674,0
Разом	26				625 860,0				119 790,0	745 650,0

3.1.2 Визначення первинної вартості виробничих фондів цеху

Визначення первинної вартості обладнання

Первинна вартість обладнання розраховується за наступною формулою:

$$C_{\text{обл}} = 1,1 \sum C_i \times n_i \times (1 + k_{\text{тр}}), \quad (3.7)$$

де C_i – оптова ціна одиниці обладнання i -го виду, грн/шт.;

n_i – прийнята кількість обладнання i -го виду, шт;

$k_{\text{тр}}$ – коефіцієнт, що враховує витрати на транспортування та монтаж обладнання (для покупного обладнання можна прийняти $k_{\text{тр}}=0,1$ [18]).

В цеху передбачено наступне обладнання: свердлильний верстат JET JDP-15B вартістю 38 150 грн, точильний верстат Dnipro-M BG-20X в кількості 2 шт. по 2 799 грн/шт., плита повірочна чавунна 300x200 вартістю 12 816 грн, верстат слюсарний Stw 325/1800 у кількості 2 шт. по 10 816 грн.[21]:

$$C_{\text{обл}} = 1,1 \times (38\,150 + 2\,799 \times 2 + 12\,816 + 10\,816 \times 2) \times (1 + 0,1) = 94\,617,2 \text{ грн.}$$

Витрати на спеціальне оснащення визначаються за формулою

$$C_{\text{спецосн}} = C_{\text{спецосн}} / n, \quad (3.8)$$

де $C_{\text{спецосн}}$ – повна первісна вартість спеціального оснащення у цеху, грн;

n – кількість років, за які списуються витрати на спеціальне оснащення, $n=1 \dots 2$ роки[18].

На ділянці складання сервокомпенсатору елерона встановлено стапель, ціна якого $C_{\text{ст (сервокомп)}} = 90\,000$ грн.

Витрати на спеціальне оснащення

$$C_{\text{ст (сервокомп)}} = 25\,000 / 2 = 45\,000 \text{ грн.}$$

Загальна ціна обладнання складає

$$C_{\text{обл } \Sigma} = C_{\text{обл}} + C_{\text{спецосн}} = 94\,617,2 + 45\,000 = 139\,617,2 \text{ грн.}$$

Визначення ціни будівлі цеху

Необхідні дані для визначення ціни будівлі цеху:

$$V_{\text{вироб}} = 3\,117 \text{ м}^3; V_{\text{корп}} = 1\,082 \text{ м}^3.$$

Початкову вартість будівлі розраховують за такою формулою:

$$V_{\text{буд}} = V_{\text{корп}} \times C_{\text{корп}} + V_{\text{пр}} \times C_{\text{пр}}, \quad (3.9)$$

де $V_{\text{корп}}$, $V_{\text{пр}}$ – об'єми займані у виробничому корпусі та прибудові до нього;

$C_{\text{корп}}, C_{\text{пр}}$ – вартість 1 м^3 виробничого корпусу та прибудови.

Приблизні вартості 1 м^3 виробничих корпусів та прибудов до них з урахуванням витрат на влаштування системи опалення, освітлення, водопостачання, фундаментів під обладнання взято з [17, 18].

$$V_{\text{буд}} = 1\,082 \times 150 + 3\,117 \times 200 = 785\,700 \text{ грн.}$$

Початкова вартість вимірювальних та регулюючих приладів

Для складального цеху початкову вартість вимірювальних та регулюючих приладів можна прийняти 3% від загальної ціни робочого обладнання цеху $C_{\text{обл } \Sigma}$ [18]:

$$C_{\text{вим. пр}} = 0,03 \times C_{\text{обл } \Sigma} = 0,03 \times 139\,617,2 = 4\,188,5 \text{ грн.}$$

Початкова вартість інструментів та пристроїв

Приймаємо її рівною 15% від $C_{\text{обл } \Sigma}$:

$$C_{\text{інстр}} = 0,15 \times C_{\text{обл } \Sigma} = 0,15 \times 139\,617,2 = 20\,942,6 \text{ грн.}$$

Початкова вартість господарського інвентарю

Приймаємо її рівною 3% від $C_{\text{обл } \Sigma}$:

$$C_{\text{госп. інв}} = 0,03 \times C_{\text{обл } \Sigma} = 0,03 \times 139\,617,2 = 4\,188,5 \text{ грн.}$$

3.1.3 Розрахунок річних амортизаційних відрахувань

Величину річних амортизаційних відрахувань звітнього періоду визначають шляхом застосування норм амортизації та балансової вартості груп основних фондів на початок звітнього періоду за формулою

$$A_i = \frac{N_{ai}}{100} \times C_{\delta i}, \quad (3.10)$$

де N_{ai} – норма амортизації з i -ї групи основних фондів;

$C_{\delta i}$ – балансова вартість i -ї групи основних фондів на початок звітнього періоду, грн.

Річні амортизаційні відрахування та залишкову вартість основних фондів занесемо до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Основні фонди цеху та їх амортизаційний фонд

№	Види капіталу	Початкова вартість, грн	Норма амортизаційних відрахувань, %	Річні амортизаційні відрахування, грн
1	Будинки	785700,0	5	39 290,0
2	Устаткування	139 617,2	15	20 942,6
3	Вимірювальні та регулюючі прилади	4 188,5	25	1047,1
4	Інструменти та пристрої	20 942,6	25	5 235,6
5	Господарський інвентар	4 188,5	25	1 047,1
Разом		954 636,8		

3.1.4 Розрахунок нормативів непрямих витрат на утримання обладнання та управління цехом підприємства

Розрахунок витрат на утримання та експлуатацію обладнання

Кошторис витрат на утримання та експлуатацію обладнання складається з низки статей.

Стаття перша. Враховує амортизаційні відрахування на робоче обладнання та цехові транспортні засоби, вимірювальні прилади, інструменти та пристрої.

Загальну суму амортизаційних відрахувань за перерахованими фондами цеху визначають за формулою

$$A_{\Sigma} = \Sigma \frac{H_{ai}}{100} \times C_{\delta i}. \quad (3.11)$$

Стаття друга. Враховує витрати на експлуатацію обладнання:

1) матеріали для утримання обладнання приймаємо у розмірі 500 грн/рік на одне робоче місце.

2) заробітна плата та відрахування до фондів 37,5 % від фонду заробітної плати допоміжних робітників, зайнятих поточним обслуговуванням обладнання. Відрахування на соціальне страхування визначається повною заробітною платою допоміжних робітників, включеної за цією статтею.

3) інші витрати приймаємо у розмірі 2 % від суми перерахованих вище витрат за статтею.

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

1	Амортизація обладнання, транспортних засобів, вимірювальних приладів, інструменту та пристроїв	–	–	–	88 790,8	–	88 790,8
2	Утримання та експлуатація обладнання	5000,0	295 059,0	110 647,1	–	14 427,0	425 133,1
3	Поточний ремонт обладнання	7 333,6	125 599,2	47 099,7	–	1 430,0	181 462,5
4	Внутрішньозаводські переміщення вантажів	–	32 922,0	12 345,8	–	16 461,0	61 728,8
5	Відшкодування зносу та відновлення малоцінних інструментів та пристроїв	3379,0	–	–	–	1 056,0	4 435,0
6	Інші витрати	–	–	–	–	–	38 077,5
Усього витрати		15 712,6	453 580,2	170 092,6	88 790,8	33 374,0	761 550,2

Норматив витрат на утримання та експлуатацію обладнання

$$H_{BVEO} = \left(\frac{BVEO}{ПЗПОР} \right) \times 100\% = \left(\frac{761550,2}{136921,8} \right) \times 100\% = 556,2\% .$$

де *BVEO* – усі витрати на утримання та експлуатацію обладнання;

ПЗПОР – пряма заробітна плата основних робітників за період, на який розраховувалися *BVEO*.

Розрахунок витрат на управління цехом

Кошторис витрат на управління цехом складається з кількох статей.

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

Стаття друга. Враховує витрати на заробітну плату та відрахування на соціальне страхування працівників технологічного бюро цеху та допоміжних робітників не пов'язаних з експлуатацією та обслуговуванням обладнання.

Стаття третя. Враховує амортизаційні відрахування по будинках, спорудах, цінному та господарському інвентарю.

Стаття четверта. Враховує витрати цеху на утримання будівель, споруд,

цінного та господарського інвентарю.

1) витрати на опалення, вентиляцію, освітлення будівель, водопостачання та каналізацію приймаємо у розмірі 10 % вартості будівлі цеху;

2) витрати на утримання будівель у чистоті приймаємо у розмірі 1 % вартості будівлі цеху.

Стаття п'ята. Враховує витрати на поточний ремонт будівель та споруд. Приймаємо 3 % вартості будівлі цеху.

Стаття шоста. Враховує витрати на випробування, досліди та дослідження. Приймаємо у розмірі 590 грн на рік на одного працівника цеху.

Стаття сьома. Враховує витрати на охорону праці та промислову санітарію. Приймаємо у розмірі 150 грн на одного працюючого цеху.

Стаття восьма. Враховує витрати на відшкодування зносу малоцінного інвентаря, що швидко зношується. Приймаємо 100 грн на одного працівника.

Стаття дев'ята. Враховує інші витрати загальноцехового призначення. Приймаємо у розмірі 5 % від суми попередніх статей цехових витрат.

Склад статей витрат за управління цехом представлено у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Розрахунок витрат на управління цехом

№ статті	Найменування статей витрат	Елементи витрат						Загальна сума, грн
		Допоміжні матеріали, грн	Заробітна плата, грн	Відрахування на соцстрахування, грн	Паливо, енергія, стиснене повітря, грн	Амортизаційні відрахування, грн	Послуги інших цехів та інші витрати, грн	
1	Зміст апарату управління	–	276 840,0	103 815,0	–	–	–	380 655,0
2	Зміст іншого персоналу	–	468 810,0	175 803,8	–	–	–	644 613,8
3	Амортизація будівель, споруд та інвентарю	–	–	–	–	88 790,8	–	88 790,8
4	Утримання будівель, споруд та інвентарю	–	–	–	78 570,0	–	–	78 570,0
5	Поточний ремонт будівель та споруд	–	–	–	–	–	23 571,0	23 571,0
6	Випробування, дослідження, раціоналізація, винахідництво	–	–	–	–	–	15 340,0	15 340,0

7	Охорона праці та промислова санітарія	–	–	–	–	–	3 900,0	3 900,0
8	Відшкодування зносу малоцінного інвентарю	–	–	–	–	–	2 600,0	2 600,0
9	Інші витрати загальноцехового призначення	–	–	–	–	–	61 902,0	61 902,0
Всього:		–	745 650,0	279 618,8	78 570,0	88 790,8	107 313,0	1 299 942,6

Норматив витрат на управління цехом

$$H_{\text{ВУЦ}} = \left(\frac{\text{ВУЦ}}{\text{ПЗПОР}} \right) \times 100\% = \left(\frac{1299942,6}{136921,8} \right) \times 100\% = 949,4\% ,$$

де ВУЦ–загальні витрати на управління цехом.

3.1.5 Розрахунок кошторису витрат на виробництво та визначення повної собівартості одиниці виробу

Стаття 1. Розрахунок витрат на сировину, матеріали та комплектуюче обладнання

Вартість основного матеріалу на одиницю продукції визначається за такою формулою:

$$C_{\text{м}} = 1,05 \times H_{\text{м}} \times \text{Ц}, \quad (3.12)$$

де $H_{\text{м}}$ – норма витрат матеріалу, яка розраховується за формулою

$$H_{\text{м}} = \frac{G}{\text{КВМ}} = \frac{2,221}{0,8} = 2,78 \text{ кг},$$

G – маса готового виробу ($G=2,221$ кг);

Ц – середня вартість 1 кілограма матеріалів (приймаємо 750 грн/кг).

Тоді $C_{\text{м}} = 1,05 \times 168,75 \times 750 = 2 189,2$ грн.

Стаття 2. Пряма заробітна плата основних робітників

Пряма заробітна плата основних робітників складає(див. п. 3.1.1) ПЗПОР=136 921,8 грн.

Стаття 3. Додаткова заробітна плата основних робітників

Додаткова заробітна плата основних робітників складає(див. п. 3.1.1) складає ДЗПОР=188 952,03 грн.

Стаття 4. Відрахування на соціальне страхування основних робітників

Відрахування на соціальне страхування основних робітників визначається за такою формулою:

$$P_{\text{соцстрах}} = (\text{ПЗПОР} + \text{ДЗПОР}) \times \frac{H_{\text{ор}}}{100}, \quad (3.13)$$

де $H_{\text{ор}}$ – норматив обов'язкових відрахувань на соціальне страхування ($H_{\text{ор}} = 37,5\%$).

$$\text{Тоді } P_{\text{соцстрах}} = (136\,921,8 + 188\,952,03) \times \frac{37,5}{100} = 1\,166\,406,9 \text{ грн.}$$

Стаття 5. Витрати на підготовку та освоєння виробництва

При укрупнених розрахунках величину цих витрат можна прийняти рівної 10 % від суми матеріальних витрат і прямої заробітної плати виробничих робітників по даному виробу:

$$\begin{aligned} P_{\text{пов}} &= (\text{ПЗПОР} + \text{ДЗПОР}) \times 10\% = \\ &= (136\,921,8 + 188\,952,03) \times 0,1 = 32\,587,4 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Стаття 6. Зношування спеціального інструменту та спеціальних пристроїв

Зношування спецоснащення, що списується на собівартість j -го виробу за 1 рік визначається за формулою

$$P_{\text{спецосн}_j} = Z_{\text{спецосн}_j} / N_{\text{вип}_j}, \quad (3.14)$$

де $Z_{\text{спецосн}_j}$ – витрати на спецоснащення, що використовується для виготовлення j -го виробу, що включаються до річного кошторису витрат на виробництво, грн;

$N_{\text{вип}_j}$ – річна програма випуску j -го виробу, шт.

$$P_{\text{спецосн}_j} = Z_{\text{спецосн}_j} / N_{\text{вип}_j}, \quad (3.15)$$

$$\text{Тобто } P_{\text{спецосн}_j} = 45\,000 / 96 = 468,8 \text{ грн.}$$

Стаття 7. Витрати на обов'язкове медичне страхування

Витрати на обов'язкове медичне страхування розраховуються за наступною формулою:

$$P_{\text{страх}_j} = \text{ПЗПОР}_j \times \frac{H_{\text{страх}}}{100}, \quad (3.16)$$

де $H_{\text{страх}}$ – норматив на обов'язкове медичне страхування, встановлений за результатами розрахунку річного кошторису витрат за виробництво (37,5 %).

$$\text{Тобто } P_{\text{страх}_j} = 136\,921,8 \times \frac{37,5}{100} = 51\,345,7 \text{ грн.}$$

Стаття 8. Витрати на обов'язкове страхування майна

Витрати на обов'язкове страхування майна підприємства, що припадають на j -й виріб, розраховуються за формулою

$$P_{\text{страх. майна}_j} = \text{ПЗПОР}_j \times \frac{N_{\text{страх. майна}}}{100}, \quad (3.17)$$

де $N_{\text{страх. майна}}$ – норматив обов'язкового страхування майна підприємства, встановлений за результатами розрахунку річного кошторису витрат за виробництво (6,5 %).

$$\text{Тобто } P_{\text{страх. майна}_j} = 136\,921,8 \times \frac{6,5}{100} = 8\,900,0 \text{ грн.}$$

Стаття 9. Загальнозаводські витрати

Загальнозаводські витрати, що припадають на j -й виріб, визначається за формулою

$$P_{\text{страх. майна}_j} = \text{ПЗПОР}_j \times \frac{N_{\text{загальнозавод}}}{100}, \quad (3.18)$$

де $N_{\text{загальнозавод}}$ – норматив на загальнозаводські витрати, одержані як результат розрахунку відношення суми цих витрат на виробництво до фонду прямої заробітної плати виробничих робітників (65 %).

$$\text{Тобто } P_{\text{страх. майна}_j} = 136\,921,8 \times \frac{65}{100} = 88\,999,2 \text{ грн.}$$

Стаття 10. Витрати на утримання та експлуатацію обладнання

Витрати на утримання та експлуатацію обладнання розраховуються за формулою

$$P_{\text{екс. обл}_j} = \text{ПЗПОР}_j \times \frac{N_{\text{екс. обл}}}{100}, \quad (3.19)$$

де $N_{\text{екс. обл}}$ – норматив витрат на утримання та експлуатацію обладнання (59 %)

$$P_{\text{екс. обл}_j} = 136\,921,8 \times \frac{59}{100} = 80\,783,9 \text{ грн.}$$

Стаття 11. Витрати на управління цехом

Витрати на управління цехом розраховуються за формулою

$$P_{\text{упр}} = \text{ПЗПОР}_j \times \frac{N_{\text{упр}}}{100}, \quad (3.20)$$

де $N_{\text{упр}}$ – норматив витрат на управління цехом (49,1 %).

$$\text{Тобто } P_{\text{упр}} = 136\,921,8 \times \frac{49,1}{100} = 67\,288,6 \text{ грн.}$$

Після визначення всіх статей витрат розрахунки занесемо до таблиці 3.7.

Якщо до виробничих витрат додати позавиробничі витрати, отримаємо

повну собівартість виробу. (Величина позавиробничих витрат становить 3 % виробничої собівартості виробу).

Інші витрати становлять 5,2 % від виробничої собівартості. Прибуток дорівнює 26 % повної собівартості.

Ціна виробу дорівнює сумі повної собівартості та прибутку.

Таблиця 3.7 – Калькуляція повної собівартості виробництва

№	Статті робіт	Витрати, грн
1	Основні матеріали	2 189,2
2	ПЗПОР	136 921,8
3	ДЗПОР	52 030,3
4	Соціальне страхування	51 345,7
5	Підготовка та освоєння виробництва	32 587,4
6	Зношування інструменту	468,8
7	Медичне страхування	51 345,7
8	Обов'язкове страхування майна	8 900,0
9	Загальнозаводські витрати	88 999,2
	Виробнича собівартість	424 788,1
10	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	80 783,9
11	Витрати на управління цехом	67 288,6
9	Інші витрати	22 089,0
10	Позавиробничі витрати	12 743,6
14	Повна собівартість	437 531,7
15	Прибуток	113 758,2
16	Ціна виробу	551 290,0

3.1.6 Техніко-економічні показники цеху

Техніко-економічні показники розраховуються наступним чином:

1. Річний прибуток від реалізації продукції визначають множенням річної програми випуску виробу на відпускну ціну виробу.

2. Кошторис витрат за виробництво береться з результатів відповідних розрахунків.

3. Балансовий прибуток розраховується як різниця між річним доходом від продукції і повної собівартості річного випуску продукції.

4. Середню місячну заробітну плату працівника i -ї категорії розраховується за формулою

$$\bar{ЗП}_{місi} = \frac{\text{ФОП}_{місi}}{12 \times n_i}, \quad (3.21)$$

де $\text{ФОП}_{місi}$ – річний фонд оплати праці працівників i -ї категорії, грн.;

n_i – кількість працівників i -ї категорії, люд.

5. Виробіток на одного працівника характеризує рівень продуктивності праці та визначають розподілом річного доходу від реалізації продукції на кількість працівників підприємства.

6. Фондовіддачу обчислюють розподілом річного випуску продукції на вартість основних фондів підприємства.

7. Рентабельність капіталу визначають розподілом балансового прибутку на суму вартості основних фондів та величини нормованих оборотних коштів.

8. Рентабельність обороту розраховують розподілом балансового прибутку на річний прибуток від продукції.

9. Оборотність капіталу обчислюють розподілом річного доходу від продукції на суму вартості основних фондів і величини нормованих оборотних коштів.

10. Прибутковість розраховують розподілом річного доходу від продукції на повну собівартість річного випуску продукції.

Після розрахунку всі техніко-економічні показники підприємства зведені до таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Техніко-економічні показники цеху

№	Показник	Одиниця вимірювання	Величина
1	Річний прибуток від реалізації	грн	52 923 840,0
2	Кошторис витрат за виробництво	грн	424 788,1
3	Балансовий прибуток	грн	10 920 796,8
4	Вартість основних фондів	грн	954 636,8
5	Чисельність працівників	люд.	50
6	Річний фонд оплати праці	грн	1 229 661,1
7	Площа будівлі підприємства	м ²	432,91
8	Середня місячна зарплата:		
	а) основних робітників	грн	31 104,2
	б) допоміжних робітників	грн	21 075,6
	в) ІТП та менеджерів	грн	39 229,0
	г) службовців	грн	30 217,5
	д) молодший обслуговуючий персонал	грн	14 734,8
9	Продуктивність праці	грн/люд.	5 322,1
10	Фондовіддача	грн/грн	1,7
11	Рентабельність обороту	грн/грн	0,99
12	Прибутковість	грн/грн	121,0

3.1.7 Визначення точки беззбитковості

Проектування цеху завершується розрахунком техніко-економічних показників. Показники за призначенням поділяються на постійні та змінні.

Точка беззбитковості – це мінімальний розмір партії своєї продукції, у якому забезпечується «нульова прибуток» (тобто прибуток від продажу дорівнює витратам виробництва). Визначається аналітично за формулою:

$$N = \frac{\Pi}{\Pi - V_{\text{зм}}}. \quad (3.22)$$

Постійні витрати визначають за кошторисом витрат на виробництво річного обсягу робіт. Вони включають такі витрати: на утримання та експлуатацію обладнання, цехові, загальнозаводські, спеціальні, позавиробничі та інші: $\Pi = 1\,437\,531,7$ грн.

Змінні витрати (питомі) $V_{\text{зм}}$ встановлюють за статтями калькуляції собівартості виробу. До них входять усі статті калькуляції, які враховані у постійних витратах. Для розрахунків використовують калькуляцію при повному освоєнні виробництва виробів та виході підприємства на проектну потужність: $V_{\text{зм}} = 437\,531,7$ грн.

$$\text{Тоді } N = \frac{1\,437\,531,7}{551\,290,0 - 437\,531,7} = \frac{1\,437\,531,7}{112\,213,8} = 12,5 \text{ виробів.}$$

Приймаємо $N = 13$ виробів, тобто при випуску понад 13 виробів виробництво стає беззбитковим.

На рисунку 3.1 показано графік беззбитковості.

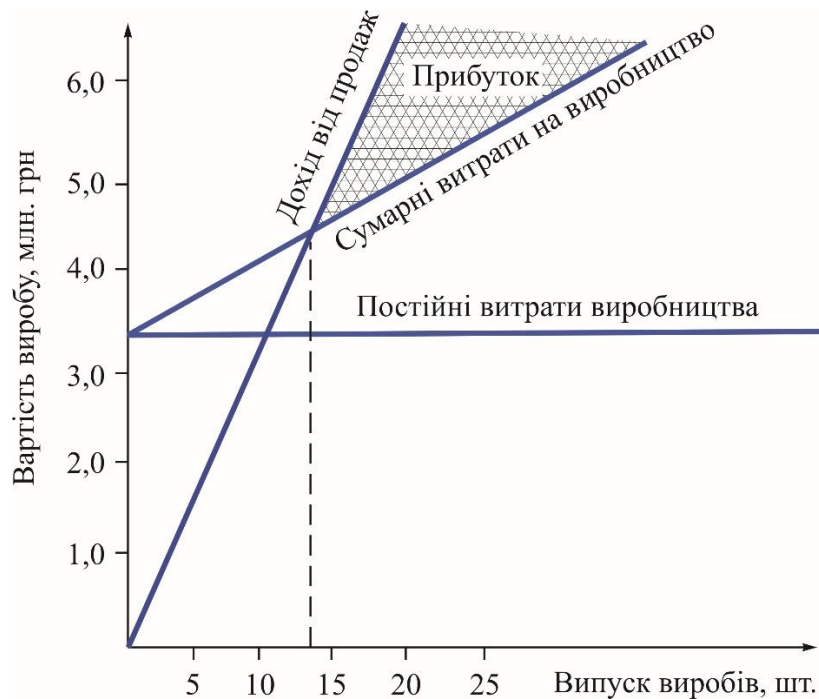


Рисунок 3.1 – Точка беззбитковості

Висновки по розділу 3

В результаті виконання проекту на підставі матеріалів отримано наступні результати:

1. Ділянка складання сервокомпенсатора елерона проектувалася виходячи із об'єму випуску 96 виробів на рік. Для сталої роботи цеху та заводу загалом ця програма теоретично виправдана. Попит на літаки цього типу та їх

модифікації досить великий.

2. В результаті розрахунків економічної частини було визначено фонд оплати праці цеху, розраховані нормативи непрямих витрат на утримання і експлуатацію устаткування, управління цехом підприємства. Здійснено розрахунок кошторису витрат на виробництво та повну собівартість виробу. Визначено техніко-економічні показники цеху.

3. Аналітичним і графічним способом визначено мінімальний розмір партії продукції, у якому забезпечується «нульовий прибуток», тобто точка беззбитковості: з випуску понад 13 виробів на рік виробництво стає беззбитковим.

4 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

4 Особливості впровадження концепції «Бережливого виробництва» на підприємствах авіаційно-космічного комплексу

4.1 Основні особливості авіаційного виробництва

Авіаційна промисловість як специфічний сектор економіки має, незалежно від національної чи регіональної приналежності, деякі загальні особливості, які характерні як галузі, так і її продукції (рисунок 4.1).



Рисунок 4.1 – Специфічні особливості авіаційної промисловості та продукції, що нею випускається

Продукція авіаційної промисловості – літаки, вертольоти та безпілотні літальні апарати різного класу та призначення є складними з технічного погляду об'єктами. Складність продукції галузі визначається такими специфічними особливостями[22].

а) велика номенклатура та багатодетальність планера та бортових систем літаків та вертольотів (далі – Л. та В.);

б) велика номенклатура використовуваних матеріалів у конструкціях Л. та В.;

в) складність конструкцій Л. та В., мала їх жорсткість і складність просторових форм агрегатів Л. та В.;

г) велика трудомісткість монтажних-складальних, регулювальних та випробувальних робіт;

д) високі вимоги до якості Л. та В. в цілому та його окремих частин.

Підвищення ефективності СМР для задоволення високих вимог до якості С. і В. завжди ґрунтуватиметься на покращенні технологічності конструкцій об'єктів виробництва.

Технічний вигляд зразка АТ (літака, вертольота, БПЛА) формується трьома його основними компонентами: планером, силовою установкою та бортовими системами, які, у свою чергу, також є складними технічними системами та є «специфічними» об'єктами машинобудування та приладобудування.

ЛА та їх компоненти є не лише складною, а й наукомісткою продукцією. Для їх створення та обслуговування потрібні спеціальні науково-технічні знання, що акумулюються у процесі фундаментальних та прикладних наукових досліджень, що проводяться за різними напрямками авіаційної науки та у суміжних галузях. Накопичення необхідних знань потребує великого обсягу експериментальних робіт, спеціального наукового та стендового обладнання, підготовленого персоналу.

Наукові напрями авіабудування структуровані відповідно до конструктивних особливостей літального апарату.

В області літако- та вертольотобудування науковими напрямами є:

- теорія та методи проектування складних технічних систем;
- аеродинаміка, газова динаміка, гідродинаміка;
- міцність (навантаження літака в польоті, будівельна механіка тонкостінних конструкцій, механіка руйнування), коливання пружних систем та аеропружність;
- механіка польоту, стійкість та керованість ЛА;

В інших галузях науковими напрямами є:

а) в авіаційному двигунобудуванні:

- 1) теорія повітряно-реактивних двигунів;
- 2) газова динаміка, термодинаміка;
- 3) тепломіцність;
- 4) теорія автоматичного регулювання двигунів;
- 5) методи проектування;

б) в області загальнолітакового обладнання:

- 1) теоретичні основи зв'язку, орієнтації та навігації у навколосемному просторі;
- 2) основи забезпечення життєдіяльності людини в умовах висотного та швидкісного польоту; авіаційна ергономіка;

- 3) електротехніка, електроніка, радіотехніка, теорія автоматичного регулювання, теорія надійності, інформатика;
- в) в галузі бортового спеціалізованого обладнання:
 - 1) теорія систем керування;
 - 2) радіолокація, інформатика.

У межах кожного «функціонального» наукового напрямку розробляються специфічні технології, технічні рішення та матеріали.

Розробка АТ проводиться з використанням комп'ютерної техніки на базі науково-технічного доробку. Виробництво АТ передбачає обробку широкої номенклатури матеріалів з унікальними властивостями, використання специфічних технологій формоутворення, нанесення покриттів, складання, проведення випробувань та контролю. Особливостями авіаційного виробництва є широке використання комп'ютерної техніки, переважання автоматизованого обладнання з ЧПК. Фінальні вироби АТ та їх комплектуючі проходять процедуру сертифікації, що включає, зокрема, наземні та льотні випробування.

На стадіях виробництва та експлуатації АТ забезпечується безперервний науково-технічний та конструкторський супровід продукту в інтересах забезпечення високих вимог до якості, підтримки льотної придатності, модернізації продукту та підвищення споживчих властивостей.

АТ є продукцією для подвійного призначення. Її використання однаково значуще як комерційних перевезень пасажирів і вантажів та інших авіаційних робіт, так і рішення військових завдань. Відповідно підприємства галузі виконують профільні роботи науково-дослідного, проектного, виробничого характеру, займаються післяпродажним обслуговуванням АТ як цивільного, так і військового призначення. Це накладає певні обмеження режим роботи, структуру акціонерного капіталу, порядок інформаційного обміну та інші аспекти функціонування підприємств галузі.

Складність продукції авіабудування, значимість розв'язуваних з її використанням завдань та відповідні вимоги до техніки, великий обсяг нових знань, який необхідно придбати та застосувати під час створення зразків авіаційної техніки нового покоління, великий обсяг випробувань та контрольних операцій визначає тривалі цикли розробки та виробництва. Літаки нового покоління із принципово новими двигунами, конструкцією та бортовим обладнанням створюються 15–20 років.

Тривалість виробничого циклу виготовлення зразків АТ визначається видом техніки, типорозміром та призначенням літального апарату. У середньому тривалість виробничого циклу виготовлення магістрального літака

великої пасажиромісткості (вантажопідйомності), наприклад, у США становить близько двох років.

Велика тривалість циклу, складність АТ та основних її комплектуючих визначають високу капіталомісткість програм розробки, виробництва та післяпродажного обслуговування, формують специфічні вимоги до фінансування авіабудування. Основні напрями інвестування коштів у стадії розробки АТ включають витрати на проведення наукових досліджень, проектування, виготовлення дослідних екземплярів машин, проведення випробувань, технологічну підготовку серійного виробництва. Крім того, у всіх сегментах галузі необхідні значні за величиною інвестиції в основні фонди (необоротні активи) проектно-конструкторських організацій, включаючи будинки, споруди, стендову базу, обладнання дослідного виробництва. Стендова база з окремих напрямків наукових досліджень та розробок (як, наприклад, аеродинаміка та міцність або двигунобудування) включає унікальні об'єкти для проведення досліджень та випробувань. В даний час витрати на проведення повномасштабної дослідно-конструкторської роботи щодо проектування магістрального літака великої місткості становлять 7–9 млрд. доларів, надвеликої місткості до 20 млрд. доларів. Витрати на розробку важкого тактичного винищувача нового покоління перевищують 10–12 млрд. доларів.

Формування основних виробничих фондів підприємств та оборотних коштів під виробничу програму є двома основними напрямками інвестування коштів у стадії серійного виробництва. По балансовій вартості величина основних виробничих фондів провідних аерокосмічних корпорацій світу (Boeing, EADS) перевищує нині 20 млрд. доларів. Потреби у оборотному капіталі під час реалізації програм випуску АТ також досягають дуже великих значень. Вартість в серійному виробництві сучасного вузькофюзеляжного магістрального літака середньої місткості складає 50–60 млн. доларів, широкофюзеляжного магістрального літака – понад 100 млн. доларів, важкого винищувача нового покоління – понад 120 млн. доларів. При цьому виробничі програми сучасних підприємств авіаційної промисловості можуть досягати сотні літаків або вертольотів на рік.

На стадії післяпродажного обслуговування виробники авіаційної техніки здійснюють технічне обслуговування та ремонт, постачання запасних частин, обладнання, інструментів. Створення глобальної мережі сервісних центрів, концентрація на складах запасних частин, організація системи оперативної логістики вимагає від авіапромислового комплексу та його сегмента додаткових капітальних вкладень.

Авіабудування притаманний високий рівень спеціалізації галузевих сегментів. Залежно від виду ЛА, на створенні якого спеціалізуються підприємства, галузь ділиться на технологічні сегменти літакобудування та вертольотобудування. Залежно від відношення до стадій життєвого циклу виробу, підприємства та організації авіабудівного комплексу утворюють сегменти галузі – науково-дослідний, проектний та виробничий (спеціалізація зі стадій життєвого циклу). Залежно від конструктивно-технологічної стадії створення ЛА (ЛА загалом чи його складова), у реалізації якої спеціалізується підприємство, галузь ділиться такі сегменти: створення ЛА загалом, створення двигунів, авіоніки, устаткування й систем (спеціалізація за елементами конструкції).

Сукупність окремих сегментів авіабудування, що є у країні, формує технологічний склад національної авіаційної промисловості. Країни та регіони (як у випадку з ЄС) – провідні світові виробники АТ – мають на своїй території кілька промислових сегментів – авіабудування, авіаційні двигунобудування, приладобудування, агрегатобудування, що утворюють складну організаційну структуру галузі.

Складові комплексу у взаємодії забезпечують нормальне функціонування галузі. При цьому в ході посилення процесів глобалізації у сфері створення та сервісного обслуговування АТ окремі національні сегменти авіаційної промисловості, що створюють складові ЛА (двигуни, обладнання), перетворюються на потужні спеціалізовані підгалузі промисловості, широко представлені на світовому ринку.

Вимога забезпечення безпеки польоту та вагової досконалості ЛА обумовлює специфічну систему контролю за якістю продукції авіаційної промисловості.

4.2 Основні результати впровадження Lean-технологій на провідних закордонних авіаційних підприємствах

4.2.1 Впровадження «бережливого виробництва» у компанії Boeing

Американська авіабудівна компанія Boeing розпочала впровадження Lean-технологій на виробництві пасажирських лайнерів у лютому 1996 року. Сьогодні принципи ощадливості поширилися попри всі підрозділи компанії – від виробничого до управлінського рівня.

Головною рушійною силою всіх змін, що відбулися в компанії, було прагнення підвищити якість запропонованих клієнтам послуг, посиливши в той же час свої позиції на активно розвивається і висококонкурентному ринку. У

фокусі уваги знаходилося виключення всіх витратних процесів у технологічному циклі, включаючи зниження собівартості, скорочення затрачуваного виробництва одиниці виробленої продукції часу й зменшення кількості дефектів. Сьогодні всі дії Boeing спрямовані на безперервне вдосконалення своєї системи виробництва. За допомогою Lean-інструментів компанія отримала можливість максимізувати ефективність виробництва та досягти єдиного стандарту роботи, при якому кожен співробітник знає, як виконувати потрібну роботу належним чином та точно у потрібний час [23, 24].

За основну методологію впровадження Lean компанія Boeing обрала План 9 кроків (9 stepplan), який полягають у наступному [26]:

- картування потоку створення цінності та його аналіз;
- балансування лінії;
- стандартизація роботи;
- візуалізація процесу;
- встановлення послідовності/стадій процесів;
- встановлення організованих ліній постачання;
- удосконалення процесу через реорганізацію основної лінії;
- трансформація лінії в імпульсну;
- трансформація лінії в постійно рухаючу.

Щоб досягти успіху на ринку і обійти конкурентів, сучасним компаніям потрібно:

- постійно удосконалювати виробничі методи;
- адаптуватися до потреб споживачів;
- скорочувати витрати;
- підвищувати якість та функціональність продукції;
- знижувати або принаймні не підвищувати ціни.

Як правило, подібна стратегія вимагає нових засобів і часу на НДДКР, постійного експериментування з новими технологіями виробництва та, як наслідок, постійної модифікації сировини, обладнання, експлуатаційних параметрів та обсягів випуску продукції.

Досягненню цих цілей і покликані сприяти технології «Бережливого виробництва», спрямовані на фундаментальне переосмислення того, ЯК підприємства повинні виробляти та постачати свої продукти та послуги, успішно справляючись із зазначеними вище завданнями. Переважно це переосмислення передбачає зрушення від масового виробництва «партиями і чергами» до потоку одиничних виробів. Звичайно, масове виробництво має свої плюси – воно орієнтоване на мінімізацію граничних питомих витрат через

виготовлення великих обсягів ідентичної продукції з мінімальною зміною обладнання або технологій обробки. Але це означає і масштабні виробничі лінії, переповнені склади та ризик того, що споживчі інтереси зміняться, а адаптуватися до змін таке виробництво не в змозі. Така система надто часто виявлялася неефективною та витратною та вимагала складної організації (рисунок 4.2) [26].

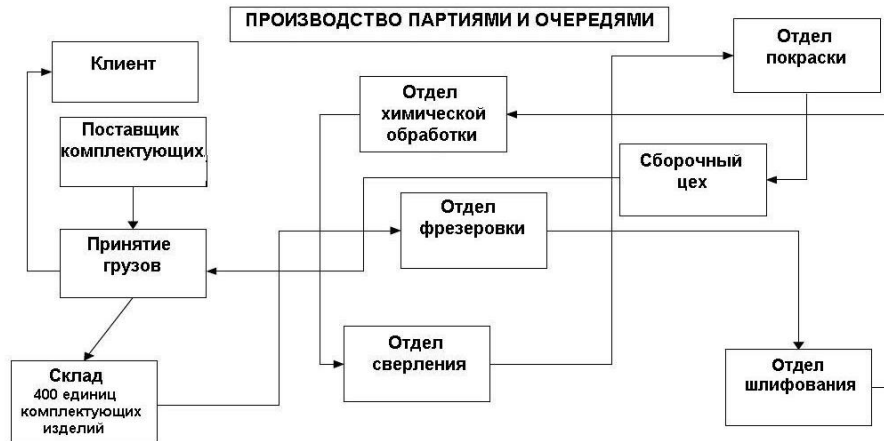


Рисунок 4.2 – Організація виробництва «партіями та чергами» [26]

У минулому робота у виробничому цеху компанії Boeing була організована за принципом «партій та черг». Масове виробництво вимагало складної системи транспортування продукції від одного функціонального підрозділу до іншого, численного допоміжного персоналу зі спеціальними навичками та постійних зусиль щодо зміни обсягів кінцевого вироблення відповідно до коливань попиту. У такому середовищі технологічний час складав, як правило, 6–10 місяців.

Принципи «Бережливого виробництва» передбачають організацію виробничого процесу єдиним потоком, без зайвих переміщень продукції чи деталей (рисунок 4.3).



Рисунок 4.3 – Організація виробництва за системою «витягування» [26]

За такої системи робота на виробничих площах почнеться лише при надходженні конкретного замовлення. Якщо система організована чітко, фірма легко адаптується до коливань попиту, виключивши необхідність їх прогнозування – як і витрати у разі помилки.

Обравши для себе цю концепцію та організувавши виробництво єдиним потоком, Boeing перейшов від масового виробництва до орієнтації на реальний попит та підвищив продуктивність заводу на 39 %.

Крім правильної організації цехів «ощадливе виробництво» передбачає виключення витрат – всіх можливих дій та практик, які створюють кінцеву цінність. Навіть сміття на робочому місці свідчить про неефективність, оскільки є непотрібним і нераціональним витратою ресурсу або вказує на те, що воно використовується недостатньо повно. Крім того, сміття вимагає і додаткових витрат на підтримання чистоти, прибирання та/або спеціальну утилізацію.

«Бережливе виробництво» прагне нульових втрат через систематичну оцінку витрат і створеної цінності. Оцінка виробничого процесу веде реалізації чотирьох фундаментальних стратегій.

Стратегія 1. Прийняття системного бачення. Полягає у розгляді всієї виробничої системи підприємства як єдиного цілого замість фіксації на окремих функціональних підрозділах. Прагнення скоротити витрати у кожному з підрозділів який завжди призводить до максимально ефективного виробництва. Іноді слід витратити більше на одному рівні, щоб сумарний підсумок виявився набагато вищим. Для Boeing результатом застосування цілісного бачення стало рішення припинити закуповувати сировину великими партіями, хоча це й дешевше. Цей крок призвів до підвищення витрат на рівні закупівлі сировини, але їх компенсували скорочення витрат на зберігання.

Оглядаючи виробництво як єдиний комплекс, керівник має більше шансів побачити такі можливості для економії. «Бережливе виробництво» спрямоване на оптимізацію всієї системи, а не окремих її сегментів.

Стратегія 2. Грамотна розробка ланцюжка створення цінності. Ланцюжок створення вартості є «ряд конкретних дій, вироблених до створення підсумкової цінності – від етапу конструювання концепції до її реалізації та постачання товару споживачеві». Грамотна оцінка ефективності цього процесу має на увазі систематичний аналіз кожного його етапу, що дозволяє визначити, які кроки не створюють цінності та можуть бути виключені чи реконструйовані.

У компанії Boeing реалізація даної стратегії була здійснена через запуск ініціативи щодо реорганізації ключових процесів. На одному із засідань робоча група аналізувала логістичну ланцюжок постачання комплектуючих літака Boeing 777, а саме – крісел та стельових покриттів. Учасники мали змоделювати ідеальний маршрут. Традиційно крісла поставлялися з Wichita (штат Kansas) до Talsi (штат Oklahoma), після чого вони вирушали складальні цехи в місті Everett (штат Washington). Стельові перекриття транспортувалися з Talsi до Kansas-City (штат Missouri) та Seattle (штат Washington), потім – до Everett. В результаті успішної роботи учасникам вдалося змінити транспортний маршрут, виключивши 8 днів перевезення та 3 дні інспекції вантажів, причому для кожного з маршрутів знадобилося вдвічі менше транспорту.

Стратегія 3. Застосування крос-функціонального підходу до виробництва.

Неефективність аналізу виробничих процесів найчастіше коріниться у поділі його різні функції, що позбавляє дослідника можливості охопити весь процес цілком. При впровадженні «Бережливого виробництва» заохочується крос-функціональний підхід. Наприклад, до групи, що просувала «Бережливе виробництво» в цехах Obern, «LeanTeam», входили представники підрозділів, що виконують різні функції, – управління, виробництвом, механічна обробка, контроль якості, охорона праці, здоров'я та довкілля, програмування та адміністрування процесів і т.д. Команда разом аналізувала та документувала всі дані щодо процесів, що стосуються якості, витрат, логістики, безпеки та мотивації співробітників, в основному, зосередившись на виробничому підрозділі компанії Boeing в Obern. Мета даної роботи полягала у розробці спеціалізованих підрозділів – осередків, що поєднують процеси та устаткування з різних функціональних зон підприємства, щоб із залученням співробітників із різних відділів виробляти продукт від початку остаточно одному місці дрібними партіями, одночасно готовими до поставки. Така «стільниковка», або ніздрювата, організація виробництва допомагає вирішувати проблеми на місці і не відокремлювати функції один від одного.

Стратегія 4. Акцент на технологічність (DFM, Design for Manufacturability). Полягає у максимальному спрощенні виробництва продукту. Як правило, це досягається через використання стандартних деталей або деталей спрощеного складання, виключення непотрібних компонентів або їх інтеграцію та ін. Завдяки цьому ми не тільки отримуємо продукцію, яку легко збирати, а й скорочуємо використання необхідного матеріалу, підвищуємо якість, знижуємо витрати та кількість помилок під час виробництва. DFM відноситься до всіх аспектів виробництва та служить для максимального

підвищення технологічності.

Наприклад, з використанням Lean-технологій верхнє багажне відділення в салоні Boeing 777 стало виготовлятися з цільної пластини, а не безлічі металевих сегментів, що дозволило скоротити кількість компонентів з 40 до 26. Було проведено і деяке переоснащення виробництва, що дозволило використовувати менш габаритне обладнання окремих операцій, наприклад, настільні свердлильні та різьбонарізні верстати.

Ще одним кроком стала зміна норм зберігання хімічних речовин. Замість єдиного складу, до якого працівники були змушені постійно ходити за матеріалами, хімікати стали зберігатися малими партіями на місці безпосереднього використання – безперечно, з усіма запобіжними заходами. Це один із ключових принципів «Бережливого виробництва» – виключення нераціональних кроків за рахунок зберігання матеріалів на місці їх використання, але недопущення захащення робочого місця через встановлення мінімуму та максимуму, використання контейнерів, що вміщують строго необхідну для однієї операції кількість матеріалу, та обмеження числа таких контейнерів на робочому місці. Головним завданням компанії в цьому відношенні було скорочення кількості заходів з транспортування хімікатів та покращення контролю за використанням небезпечних матеріалів.

Третім етапом реалізації цієї стратегії стало впровадження технології канбан – карткової системи, призначеної в організацію «витягування» шляхом інформування попередньої виробничої стадії у тому, що треба розпочинати роботу. Таку систему вперше запровадили на підрозділі з виробництва крила. Щоб контролювати кількість поставлених партій деталей, візок вміщує лише один комплект панелей. Повернення порожнього візка є сигналом, що Boeing потребує ще одного комплекту. Використання канбан-технології дозволило компанії скоротити норму одночасного зберігання склопластикових панелей із 14 до 4.

Удосконалення логістичного ланцюжка

Група Реорганізації ключових процесів (Critical Process Reengineering, CPR) була створена в рамках програми 777 для пошуку нових можливостей удосконалення складальної лінії літака Boeing 777. При співпраці з керівним центром, Lean Team, вона займалася глобальним аналізом всього ланцюжка створення літака Boeing 77. У ході аналізу учасники виявили можливість знизити витрати на постачання деяких компонентів за рахунок удосконалення логістичного ланцюжка. Зокрема, їх зацікавили маршрути постачання

напрямних крісел та компонентів металоконструкції. Комплектуючі виготовляються у Wichita (штат Kansas) та Talsi (штат Oklahoma), після чого поставляються на складальні цехи в Everett (штат Washington) [24].

Одне із засідань робочої групи було присвячене питанню оптимізації постачання. Завдання учасників полягало у пошуку можливостей скорочення ланцюжка через представлення «ідеального маршруту постачання». У процесі пошуку ідеального рішення учасники намітили окремі точки зростання, що було проміжною метою засідання.

Насамперед крісла поставлялися з Wichita (штат Kansas) та Talsi (штат Oklahoma) до Everett (штат Washington) вантажними автомашинами. Комплектуючі розвантажувалися у контрольному центрі для інспекції, після чого перевозились далі до цехів.

Елементи металоконструкції транспортувалися з Talsi (штат Oklahoma) до Kansas-City на автомобілях, де вантажилися на залізничні платформи та вирушали до Seattle (штат Washington). Потім вантажівками вони постачалися на завод також через контрольний центр.

В результаті засідання було вироблено нове рішення: автомобілі, завантажені напрямними кріслами, виїжджали з Wichita в Talsi, де довантажувалися комплектуючими металоконструкції, і транспортували їх безпосередньо до Everett. Інспекція проводилася прямо на заводі, недалеко від місця безпосереднього збирання. Нова модель постачання дозволяла перевезти крісла та елементи металоконструкції однією партією відразу на місце використання.

Удосконалення логістичного ланцюжка принесло такі результати:

- було скорочено загальну протяжність маршруту і виключено транспортування залізницею, завдяки чому більше не було необхідності переганяти порожні вантажівки від залізничної станції в Kansas-City назад до Talsi;

- термін транспортування було скорочено на 8 днів, термін інспекції – на 3 дні.

- економія склала близько \$7900 із кожної партії, що становить \$396 тис. на рік;

- обсяги зберігання елементів металоконструкції були скорочені на 25 % за рахунок того, що комплектуючі поставляються безпосередньо на місце складання в момент, коли вони необхідні;

- на постачання кожної партії потрібно на 50 % менше транспорту. Раніше компанія постачала в Everett половину необхідного комплекту крісел на

вантажівках, а другу половину – поїздом через Seattle. Зараз весь комплект прямує від постачальників у Talsivідразу на складальний цех в Everett;

– за винятком зайвих кроків по переміщенню вантажів знизилася використання ресурсів – наприклад, палива, робочої сили в і часу на навантаження і розвантаження;

– в відповідь на зміну логістичного ланцюжка Boeing, компанія-постачальник скоригувала власний виробничий розклад, щоб у свою чергу розвантажити склади та виробляти комплектуючі у термін прийняття їх замовниками з Boeing.

Удосконалення внутрішніх поставок при складанні Boeing 747 та спрощення системи запитів

Керівна група, відповідальна за складання крил, при співпраці з Організацією з контролю деталей (PartsControlOrganization), що відповідає за матеріально-технічну базу BoeingCommercialAirplaneGroup, працювала над налагодженням поставок комплектуючих у складальний цех Boeing 747 та спрощенням системи замовлень. Зокрема, вони концентрувалися на постачанні склопластикових панелей, що встановлюються вздовж заднього краю крила літаків.

За попередньою системою постачання та зберігання, партія склопластикових панелей, що поставляється на завод Boeing Everett з Kent, надходила на склад для контролю якості та зберігання до моменту, поки не знадобиться на виробничому поверсі. Через свою крихкість кожна панель зберігається в картонній коробці, до 60 % якої займає пластикова захисна упаковка. Панелі витягуються із коробок під час перевірки якості, а пластикова упаковка знімається безпосередньо перед встановленням на крило.

Щоб покращити контроль за деталями та знизити ризик пошкоджень, відповідальна група вирішила впровадити систему «Канбан». Система побудована на використанні постачальниками в Kent транспортних візків, розрахованих на певну кількість панелей. Це спрощує підрахунок комплектів і дозволяє постачати в складальне приміщення необхідну кількість – не більше і не менше. Повернення порожнього візка вказує на те, що складальній команді потрібен ще один комплект, так що робітникам немає потреби постійно надсилати запити постачальнику – сигналом служить сам візок.

Транспортні візки допомагають економити на упаковці, оскільки розділені на відсіки і оснащені ременями, що фіксують, так що немає потреби упаковувати кожен панель. Крім того, ергономічна будова візків зменшує ризик

травм, пов'язаних із розвантаженням панелей.

Здійснення цього проекту призвело до наступних результатів[24]:

- було зменшено норми одночасного зберігання склопластикових панелей від 14 до 4.
- ризик пошкоджень при вантажно-розвантажувальних операціях знизився практично до нуля. Раніше, при постачанні партії зі 140 панелей значна кількість потребувала ремонту.
- близько 10 кубометрів картону та захисної упаковки економиться на постачанні кожного комплексу панелей.
- значно скорочено відстань та час транспортування комплектуючих.

Станції хімічної обробки

Під час впровадження стратегії «Бережливого виробництва» підрозділ з питань техніки безпеки, охорони здоров'я та довкілля компанії Boeing (Safety, Health, Environmental Affairs organization, SHEA) взяло на себе завдання децентралізації хімічної обробки матеріалів. Основні зусилля спрямовані на розміщення необхідних матеріалів безпосередньо там, де вони використовуються, а не в одному загальному сховищі. Цей крок знімає необхідність постійно доставляти хімікати зі сховища та покращує контроль за їх зберіганням та використанням.

Раніше на заводі Boeing Everett існувало кілька складів хімічних матеріалів, де зберігалися та видавалися фарби, інгібітори, розчинники, герметик та інші матеріали, які можуть знадобитися у виробничому процесі. Робітники мали брати необхідні матеріали на складі, а потім повертати невикористані назад, на що йшло багато часу. Сьогодні на заводі в Everett близько 120 станцій хімічної обробки.

Нові станції, розміщені безпосередньо біля цехів, працюють за принципом самообслуговування. Відповідальний працівник відвідує станцію щонайменше двічі на день, перевіряючи наявність матеріалів, прибираючи відходи та поповнюючи запаси в міру необхідності. Використання хімікатів ретельно контролюється, як і кількість матеріалу, що знаходиться в робочій зоні цеху, шляхом встановлення мінімальної та максимальної норми, використання контейнерів строго встановленого розміру та обмеження кількості контейнерів.

У контролі за використанням та зберіганням токсичних речовин допомагають штрих-коди. Щомісяця керівництво отримує звіт про те, які речовини та в якій кількості використовуються на кожній із станцій, що

дозволяє краще керувати матеріально-технічними запасами. Наприклад, якщо якийсь матеріал практично не використовується на одній із станцій, керівництво знижує норму його зберігання.

На кожній станції знаходяться також малі (менше 200 літрів) баки для утилізації токсичних відходів. Різні види хімікатів поміщаються у різні контейнери; уникнути помилок допомагає колірна система. Крім того, є й сховища невикористаних матеріалів. Працівник може помістити туди залишки речовини, ще придатної для використання, що дозволяє знизити кількість відходів та заощадити ресурси.

Крім цього, велика увага приділяється удосконаленню технологій нанесення хімічних речовин для їхньої економії та максимального захисту здоров'я працівників.

Використання станцій хімічної обробки призвело до таких результатів[24]:

- кількість хімічних матеріалів, що використовуються, знизилася приблизно на 11,6%;
- кількість хімічних речовин, що знаходяться на виробничих цехах на момент роботи, знизилася на 23%;
- загальний обсяг відходів суттєво скоротився;
- кількість часу, що витрачається на доставку хімікатів зі складу, скоротилася на 56 %: для всіх співробітників заводу – на 567 заходів менше, що у сумі дорівнює 95 годин на день.

Запуск конвеєра в цеху по зварюванню крил Boeing 767 та 747

Одним із завдань LeanTeam був запуск кількох складальних конвеєрів. У пошуку нових можливостей група проаналізувала процес робіт зі зварювання та фарбування крил у цехах Boeing Everett. Процес складається з кількох операцій – зовнішнє зварювання, внутрішнє зварювання, випробування під тиском та фарбування. Усі роботи проводяться в окремій будівлі, де підтримується спеціальне середовище. У процесі обробки крани піднімають крило на різні рівні приміщення, на яких здійснюється кожна операція [24].

Насамперед під час обробки крило для літаків Boeing 767 та 747 проходило 12 рівнів, де на внутрішній та зовнішній поверхнях крила проводилися зварювальні роботи та перевірка швів на надійність. Потім крило проходило ще три позиції для фарбування кромки, фарбування загальної поверхні крила (у вертикальній камері забарвлення) і завершальний етап роботи – переміщення крила в наступний підрозділ для складання. Одночасну обробку в цеху могли тривати комплекти крил Boeing 767 і 747. Матеріали для

хімічної обробки знаходилися на всіх 12 рівнях.

В рамках впровадження «Бережливого виробництва» зварювальні роботи були поділені на два потоки – окремо для Boeing 767 та Boeing 747. В результаті одночасну обробку можуть проходити чотири крила – по одному 767 та 747 на кожному з конвеєрів та по одному у кожній фарбувальній камері.

Конвеєри, встановлені у 2000 році, мають 4-5 робочих станцій (залежно від моделі літака) на обох сторонах крила. На цих станціях ведуться зварювальні роботи та обробка поверхні антикорозійними речовинами. Кожен робітник може регулювати висоту розміщення своєї робочої станції, що підвищує її ергономічність. Тут же знаходяться всі необхідні матеріали для хімічної обробки та сміттєзбірники.

У планах компанії значиться також винесення на конвеєр внутрішніх зварювальних робіт та фарбування, а в перспективі – процеси перевірки герметичності та встановлення інженерного обладнання.

Запуск конвеєрних ліній дозволив досягти наступних результатів[24]:

- час обробки Boeing 747 було скорочено з 13 до 6 днів, а Boeing 767 – з 12 до 6 днів;
- зниження частоти переміщення крила кранами (з 7 до 5). Це завдання є ключовим для компанії через те, що висока складність таких операцій нерідко призводить до затримок на всіх виробничих рівнях;
- наявність необхідних матеріалів на робочому місці підвищує контроль за витратою та застосуванням токсичних речовин;
- компанії вдалося скоротити використання матеріалів, що ущільнюються. Крім того, при одночасному обробленні чотирьох крил замість дванадцяти кількості хімічних матеріалів у цеху скоротилася, що зменшило потенційний ризик;
- додатковими плюсами стало звільнення простору в цеху, де згодом можна буде розмістити додаткові конвеєри для інших процесів – внутрішнього зварювання чи збирання.

Спочатку було вирішено, що ідеальною з точки зору робіт конфігурацією конвеєрів буде розміщення їх двома паралельними лініями (для Boeing 747 і Boeing 767), але параметри будівлі не дозволяли таке розміщення – потрібно нове приміщення. Однак для життєздатності проекту велику роль грали терміни його реалізації, тому керівництво вирішило вибрати інший варіант, проклавши лінії так, щоб мати можливість використовувати існуючі вентиляційні схеми та контролери стану середовища.

Також деякі обмеження працювати конвеєрних ліній накладаються

самими процесами. Зокрема, швидкість руху конвеєра обмежена швидкістю застигання фарби та ущільнюючих матеріалів. Єдиним шляхом подолання цього обмеження є пошук нових швидкозастигаючих матеріалів.

Конвеєр для хвостового стабілізатора Boeing 747

Ще одним великим впровадженням Boeing Everett стало створення конвеєра для складання та обробки хвостового стабілізатора для літака Boeing 747. Як і крило, хвостовий стабілізатор проходить кілька етапів підготовки – складання та хімічну обробку, але є й відмінність: керівна група була зацікавлена у розміщенні всієї складальної лінії на головному виробничому поверсі. Сьогодні тут проходить складання, а для зварювальних робіт, фарбування та випробувань на міцність стабілізатори направляються до спеціального ангару з контрольованим середовищем, розташованого приблизно за вісімсот метрів від головної будівлі. Тут же проводяться й інші роботи зі зварювання та фарбування, після чого стабілізатори відправляються назад до головного цеху для нанесення антикорозійного покриття.

Команда виробничого цеху шукала нові можливості інтеграції процесів фарбування та обробки стабілізаторів до загального виробничого процесу, скоротивши тим самим кількість його переміщень з одного цеху до іншого. Це рішення дозволило б організувати роботу єдиним потоком: складання, зварювання, фарбування, випробування швів на міцність, нанесення покриття та антикорозійних інгібіторів. Крім того, робітники могли б перейти на більш компактне та зручне обладнання.

Однак у реалізації проекту модернізації процесу підготовки стабілізаторів компанія зіткнулася з певними технічними труднощами, тому зараз він у розробленні. Компанія знаходиться у пошуку більш досконалих технологічних підходів, що узгоджуються з найвищими вимогами якості та безпеки.

Коли процес буде завершено, очікуються наступні результати[24]:

- скорочення періоду підготовки із 16 до 4 днів;
- виключення 23 переміщень стабілізатора (з 31 до 8).
- зменшення необхідної площі з 2750 м² до 1375 м².
- істотне заощадження енергії за рахунок меншого використання кранів;
- скорочення втрат фарби та розчинника за рахунок більш точного нанесення.

Впровадження «Бережливого виробництва» принесло помітні результати як на рівні коригування цілих виробничих процесів, свої плоди принесли й дрібніші вдосконалення. Наприклад, застосування нової технології нанесення

хімічних речовин за допомогою AlodinePen, інструменту, за формою та простотою використання нагадує звичайний маркер, помітно полегшило процес обробки, зменшило ризик для працівників та знизило кількість небезпечних відходів на 136 літрів на рік. А переробка пластикових шпателів, які використовуються для нанесення герметика, знизила кількість відходів на 90 %.

4.2.2 Впровадження концепції «Бережливого виробництва» на Airbus

На даний момент Airbus будує майже 55 літаків на місяць – тобто стільки ж, скільки було поставлено екземплярів моделі A300 за п'ять років існування компанії. Починаючи з 2000 р. поставки комерційних літаків Airbus зросли на 60 %, а з урахуванням того, що за останнє десятиліття портфель замовлень збільшився вдвічі, приблизно до 4950 одиниць, виробничі потужності компанії завантажені на вісім років уперед[25].

У міру збільшення обсягів випуску різних моделей компанії доводиться вирішувати серйозні питання, пов'язані із підтриманням темпів серійного виробництва. Для кожної моделі ці питання свої – необхідність нарощування темпів постачання вузькофюзеляжного сімейства A320 напередодні виходу на ринки нового варіанту NewEngineOption (NEO), розгортання будівництва нових лайнерів A350 або вдосконалення процесу складання двопалубного A380.

Airbus виробляє по 42 вузькофюзеляжні літаки на місяць, тобто випускає по штуці кожні 7 годин. Темпи випуску сімейства A320 збільшується ще на 4 машини на місяць, після того, як відкриється лінія складання у Mobile(штатAlabama).Роботи над першим літаком підприємство розпочало у лютому 2015 р., а постачання – усічні 2016 р. Темпи випуску моделі A380, як очікується, збільшаться з 2,5 до 3 одиниць на місяць.

Тим часом продовжується нарощування темпів виробництва моделі A330. Зараз Airbus випускає по 10 машин на місяць та розраховує збільшити кількість до 11. Темпи випуску нового авіалайнера A350, що йде на зміну A330, у перспективі мають досягти 13 машин на місяць. Загалом Airbus минулого року поставив замовникам 588 літаків, тобто середні темпи виробництва склали 49 машин на місяць.

Ці цифри разюче контрастують із показниками, які Airbus демонстрував на початку своєї історії, у 1970-і та 1980-і рр., коли літаки A300 збиралися вручну, а темпи випуску не перевищували чотирьох машин на місяць.

Навіть при розробці сімейства A320, яке пішло в серію в 1988 р., питанням оптимізації виробництва приділялася «вторинна увага». А ось A380, навпаки, став першим літаком Airbus, розробники якого і враховували

міркування експлуатаційної ефективності машини і проблеми підготовки серійного виробництва. У цю модель спочатку закладено принципи «Бережливого виробництва», що дуже важливо: якщо не подбати про оптимізацію виробництва на етапі проектування, надалі досягти цього буде дуже важко.

Попит, витягнутий з роботи зі створення моделі A380 (наприклад, у тому, що стосується процесу складання композитного кіля), були використані в програмі модернізації сімейства A320, кульмінацією якої стало відкриття конвеєрної складальної лінії для вузькофюзеляжних літаків, заснованої на принципах «Бережливого виробництва». Сталося це в Гамбурзі в 2006 р. З огляду на те, на які високі темпи виробництва вузькофюзеляжних авіалайнерів мала намір тоді вийти компанія, вона не могла собі дозволити збирати літаки у стапелях. Тому фюзеляж і крило став виготовлятися на конвеєрі з використанням принципів «Бережливого виробництва». Завдяки такому підходу краще контролюється ситуація із постачанням компонентів. Зі збільшенням темпів виробництва шириться і кількість постачальників, а збої у системі постачання стають дедалі критичнішими. Необхідність радикально змінити принципи виробництва, що склалися, стала джерелом окремих проблем – і те ж саме, нехай і в менших масштабах, компанії довелося повторити в 2015 р., коли почався серійний випуск моделі NEO.

З конвеєра гамбурзької складальної кожні 7 годин сходять один фюзеляж літака сімейства A320. Застосування дбайливих ТП збільшило темпи виробництва на 50 %, скоротивши трудомісткість складання на 33 %. Подібні технології впроваджуються в Сен-Назарі (у Франції, де виготовляються передні секції фюзеляжу для A320), а також лінії складання крила в Brighton (Великобританія).

Щоб краще підготуватися до початку виробництва A350, Airbus розвинув досвід, набутий під час роботи над A380, у концепцію «цифрової фабрики». В результаті вдалося впровадити широкий спектр нових технологій і досягти більш високого рівня автоматизації. Ув'язуючи конструкторські рішення з виробничими можливостями на стадії підготовки до виробництва, концепція цифрової фабрики допомагає знизити вартість всього циклу розробки. Організація виробничих потоків, вибір необхідної оснастки та інструментів, а також детальний опис структури виробничих процесів планувалися заздалегідь у вигляді моделювань в електронному середовищі. На Airbus активно використовувалася комп'ютерна симуляція при підготовці виробництва A350, і в цьому полягала кардинальна відмінність від підходу до розробки A380 десять

років тому.

Пристаючи до віртуального планування виробничих процесів, у компанії використовуються вступні дані, що містяться в цифровому макеті. Це необхідно для того, щоб забезпечити максимальну ергономічність виробництва. Так компанія зможе швидше вийти на задані темпи випуску продукції, підвищити продуктивність праці та знизити витрати на медичне обслуговування працівників. У міру збільшення працездатного віку середній вік персоналу зростає і на перший план виходить завдання запобігання травматизму. Виробництво крила А350 потребує підвищеної ергономічності процесів. Стрингери в ньому за товщиною схожі, швидше, на залізничні рейки, тому важливо автоматизувати складальні процеси та знайти такі технологічні рішення, щоб персонал міг дістатися важкодоступних ділянок.

Розробка А350 велася за єдиним цифровим макетом, дані до якого надходили від усіх партнерів за програмою, зайнятих у проектуванні та виробництві. У міру просування програми макет постійно уточнювали, щоб забезпечити безперервний контроль над змінами конфігурації авіалайнера. На відміну від програми А380, в якій використання одразу декількох цифрових макетів та різних засобів проектування призводило до затримок виробництва, у програмі А350 застосовувався уніфікований набір програмного забезпечення по всьому робочому циклу, включаючи виробництво, проектування, управління фінансами, розробку композиційних матеріалів та багато інших аспектів. Єдиний цифровий макет А350 періодично оновлюється зараз, коли програма наближається до стадії серійного виробництва.

Конструкційні особливості А350 призвели до розробки інноваційних методів прецизійного складання. Так, обшивка фюзеляжу складається з великих композитних панелей, що кріпляться до силового набору – на відміну від Boeing 787, фюзеляж якого складається з цілих секцій. Складання такого фюзеляжу – дуже нетривіальне завдання, оскільки точність виготовлення композитних панелей не така велика, як у металевих деталях. У випадку А350 проблема полягала в тому, що не могли використовуватися регульовальні прокладки при установці панелей, а без них процес вимагає великої точності. Як досягти точного калібрування без сотень тонн стаціонарного сталевих оснащення? Airbus вдався до допомоги складальної системи з ЧПК, що використовує дані цифрового макету. Так вдалося забезпечити достатню точність позиціонування

Хоча методики складання А350 і Boeing 787 різняться, обидва виробники застосовують подібні методи, при яких великі складальні одиниці заздалегідь оснащуються системами. Таким чином зменшується час збирання літака

загалом і скорочуються поточні витрати. Наприклад, прокладаючи електропроводку, інші кабелі та трубопроводи над відсіком авіоніки, Airbus монтує їх на допоміжному каркасі – на відміну від традиційного методу, за якого вони кріпляться кронштейнами безпосередньо до поперечних балок набору підлоги. Таке рішення допомогло скоротити час виготовлення секції підлоги над відсіком авіоніки у носовій частині фюзеляжу на 80 %. Поки не було впроваджено нового підходу до архітектури, досягти такої модульності було неможливо.

У міру того як Airbus нарощує темпи виробництва та підвищує якість збирання, планується подальше впровадження автоматизації. Серед нещодавно автоматизованих виробничих процесів – виготовлення вставок у кореневій частині кіля для його посилення. Раніше ця процедура виконувалася вручну та включала процеси вакуумного формування та фрезерування. Тепер процес автоматизованого ливарного пресування дозволяє виготовляти до 5500 вставок поліпшеної якості на рік, скоротивши терміни виробництва на 50 %.

Ще один приклад автоматизації – застосування невеликого робота під назвою «Гнучка свердлильна головка» (FlexibleDrillingHead), розробленого іспанською компанією MTorres. Переміщаючись по поверхні фюзеляжу за допомогою присосок зі швидкістю 3,5 мм за хвилину, цей п'ятикоординатний стокілограмовий апарат висвердлює круглі, подовжені або конічні отвори і вставляє в них заклепки. Так, працюючи на 19-й секції фюзеляжу A380, робот висвердлює загалом 8500 отворів. Апарат допомагає скоротити час складання на 45 % і здатний просвердлити титан, склометалопластик GLARE, а також інші КМ.

Використання автоматизованого процесу лазерного зварювання при монтажі стрингерів на нижніх панелях обшивки A380 допомогло скоротити трудомісткість процесу на 90 %, знизити масу конструкції та підвищити її стійкість до корозії. При виробництві A320NEO, можливо, буде впроваджено зварювання тертям, яке вже застосовують десь у космічній галузі. Цей метод, який можна було б використовувати для з'єднання панелей обшивки та виготовлення крила, обіцяє зниження маси конструкції приблизно на 75 % порівняно з традиційними з'єднаннями заклепками. Airbus розпочав виготовлення перших компонентів A350 методом адитивного виробництва, при якому тривимірний принтер напилює матеріал шар за шаром, формуючи таким чином задану деталь. Першими деталями A350, виготовленими в такий спосіб, стали пластикові кронштейни.

Висновки по розділу 4

1. Наведено аналіз використання складових елементів «Бережливого виробництва» на прикладі світових лідерів авіаційного виробництва: Boeing і Airbus.

2. Наведено данні щодо економічного ефекту від впровадження «Бережливого виробництва».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

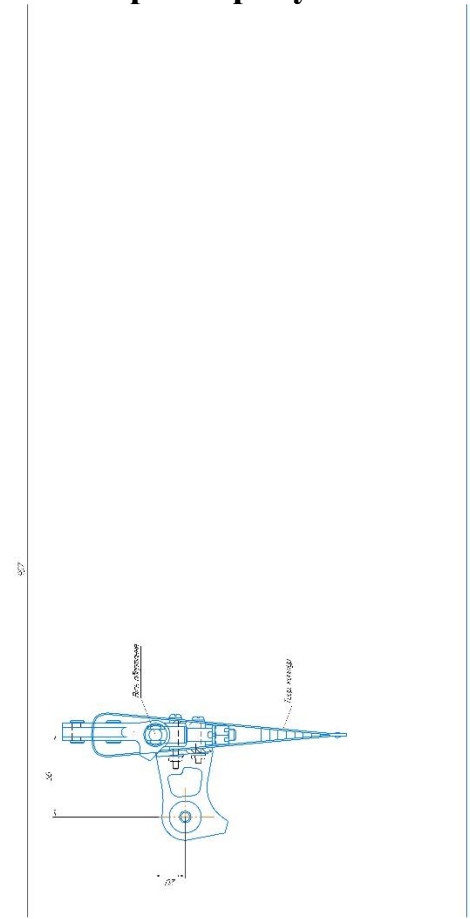
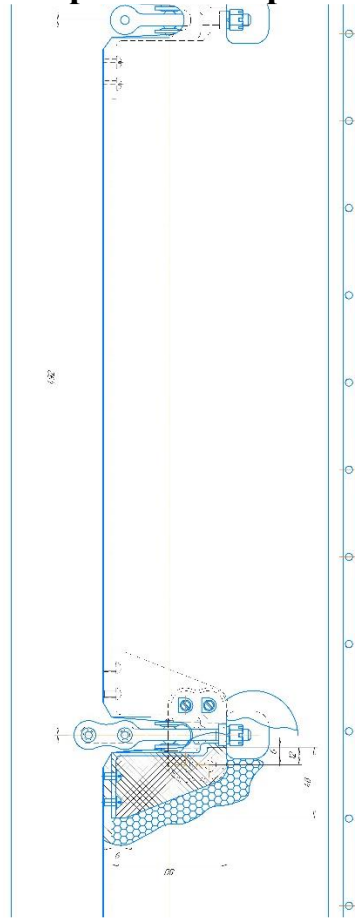
1. Юцкевич С. С., Хижняк С. В. Конструкция конкретного типа воздушного судна. Самолет Ан-140 : учеб. пособ. / С. С. Юцкевич, С. В. Хижняк. – К. : НАУ, 2013. – 160 с.
2. Технология сборки узлов и агрегатов планера самолета с использованием отверстий в качестве сборочных баз: СОУ МПП 49.035-90:2007 / Г. А. Кривов, В. А. Матвиенко, Ю. А. Воробьев – Киев, 2007 – 156 с.
3. 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.
4. Технология производства летательный аппаратов (курсовое проектирование). Под общей ред. В. Г. Кононенко. Изд-во «Вища школа». – Киев, 1974 – 224 с.
5. 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.
6. Григорьев В. П., Ганиханов Ш. В. Приспособления для сборки узлов и агрегатов самолетов и вертолетов: Учеб. пособие. – М.: Машиностроение, 1979. – 140 с.
7. Норми тривалості робочого часу на 2022 рік [Електронний ресурс]. URL: <https://services.dtki.ua/catalogues/worktime/124>(дата звернення: 15.03.2023).
8. Нормы рабочего времени – 2023 (Украина) [Електронний ресурс]. URL:<https://www.buhoblik.org.ua/kadry-zarplata/vremya/4281-norma-rabochego-vremeni-2023.html#5dniv>(дата звернення: 17.03.2023).
9. Технологія виробництва літальних апаратів: Підручник: У 2 кн. – Кн. 2 Технологія складання літальних апаратів / Ю. М. Терещенко, Л. Г. Волянська, К. А. Животовська та ін.; За ред. Ю. М. Терещенка. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2006. – 492 с.Технология сборки узлов и агрегатов планера самолета с использованием отверстий в качестве сборочных баз: СОУ МПП 49.035-90:2007 / Г. А. Кривов, В. А. Матвиенко, Ю. А. Воробьев – Киев, 2007 – 156 с.
10. 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.
11. Технология производства летательный аппаратов (курсовое

- проектирование). Под общей ред. В. Г. Кононенко. Изд-во «Вища школа». – Киев, 1974 – 224 с.
12. 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.
 13. 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.
 14. Технологія виробництва літальних апаратів: Підручник: У 2 кн. – Кн. 2 Технологія складання літальних апаратів / Ю. М. Терещенко, Л. Г. Волянська, К. А. Животовська та ін.; За ред. Ю. М. Терещенка. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2006. – 492 с.
 15. Норми тривалості робочого часу на 2023 рік [Електронний ресурс]. URL: <https://services.dtkit.ua/catalogues/worktime/124>(дата звернення: 15.12.2023).
 16. Набатов А. С. Проектирования технологических процессов в производстве летательных аппаратов и двигателей. – Харьков: ХАИ, 1987.– 96 с.
 17. Глебов Т. Н., Щербина В. А., Шестаков Г. А. Технологическое проектирование цехов. Учебное пособие. – Харьков: ХАИ, 1985.– 93 с.
 18. Константинов Ю. С. Технично-економическое проектирование цехов. Учебное пособие.– Харьков: ХАИ, 1988.– 67 с.
 19. Гавва В. Н., Голованова М. А. Экономическая оценка инженерных решений: Учеб. пособие. – Харьков: Гос. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 1999.– 135 с.
 20. Тарифи на електроенергію в 2023 році [електронний ресурс] // <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/electric/> (дата звернення: 27.12.2023).
 21. Найбільший маркетплейс України [електронний ресурс] // <https://prom.ua/>(дата звернення: 02.01.2024).
 22. Букин, Ю. М. Технология производства самолетов и вертолетов. Сборочно-монтажные и испытательные работы в самолето- и вертолетостроении = Technologies of aircraft manufacturing. Assembling, mounting and testing operations in airplane and helicopter production : конспект лекцій на англ. и рус. яз. / Ю. М. Букин, Ю. А. Воробьев. – Харьков : ХАИ, 2003. – 331 с.
 23. В погоне за совершенством: внедрение «бережливого производства» в компании Boeing (часть 1) [електронний ресурс] //URL: http://www.up-pro.ru/library/production_management/zarubejnyj-opyt/vnedrenie-lean-boeing-4.html(дата звернення: 02.01.2024).
 24. В погоне за совершенством: внедрение «бережливого производства» в

- компаний Boeing (часть 2) [электронный ресурс] //URL: http://www.up-pro.ru/library/production_management/zarubejnyj-opyt/vnedrenie-lean-boeing-2.html(дата звернення: 02.01.2024).
25. Инновация и автоматизация помогают Airbus справиться с растущими планами поставок [электронный ресурс] //URL: <http://www.ato.ru/content/innovaciya-i-avtomatizaciya-pomogayut-airbus-spravitsya-s-rastushchimi-planami-postavok>(дата звернення: 02.01.2024).
26. Джордж, М. Л. «Бережливое производство + шесть сигм» в сфере услуг: Как скорость «бережливого производства» и качество шести сигм помогают совершенствованию бизнеса,» *Модели менеджмента ведущих корпораций*, pp. 80-90, 2005.
27. Сергей Яманов. Лекарство из Японии: кейс по внедрению методов «бережливого производства» [электронный ресурс] //URL: <http://www.executive.ru/knowledge/announcement/1687455/>(дата звернення: 02.01.2024).
28. Воробйов, Ю. А. Правила оформлення навчальних і науково-дослідних документів [Текст] : навч. посіб. / Ю. А. Воробйов, Ю. О. Сисоєв. – 4-те вид., випр. і доп. - Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2019. – 88 с.

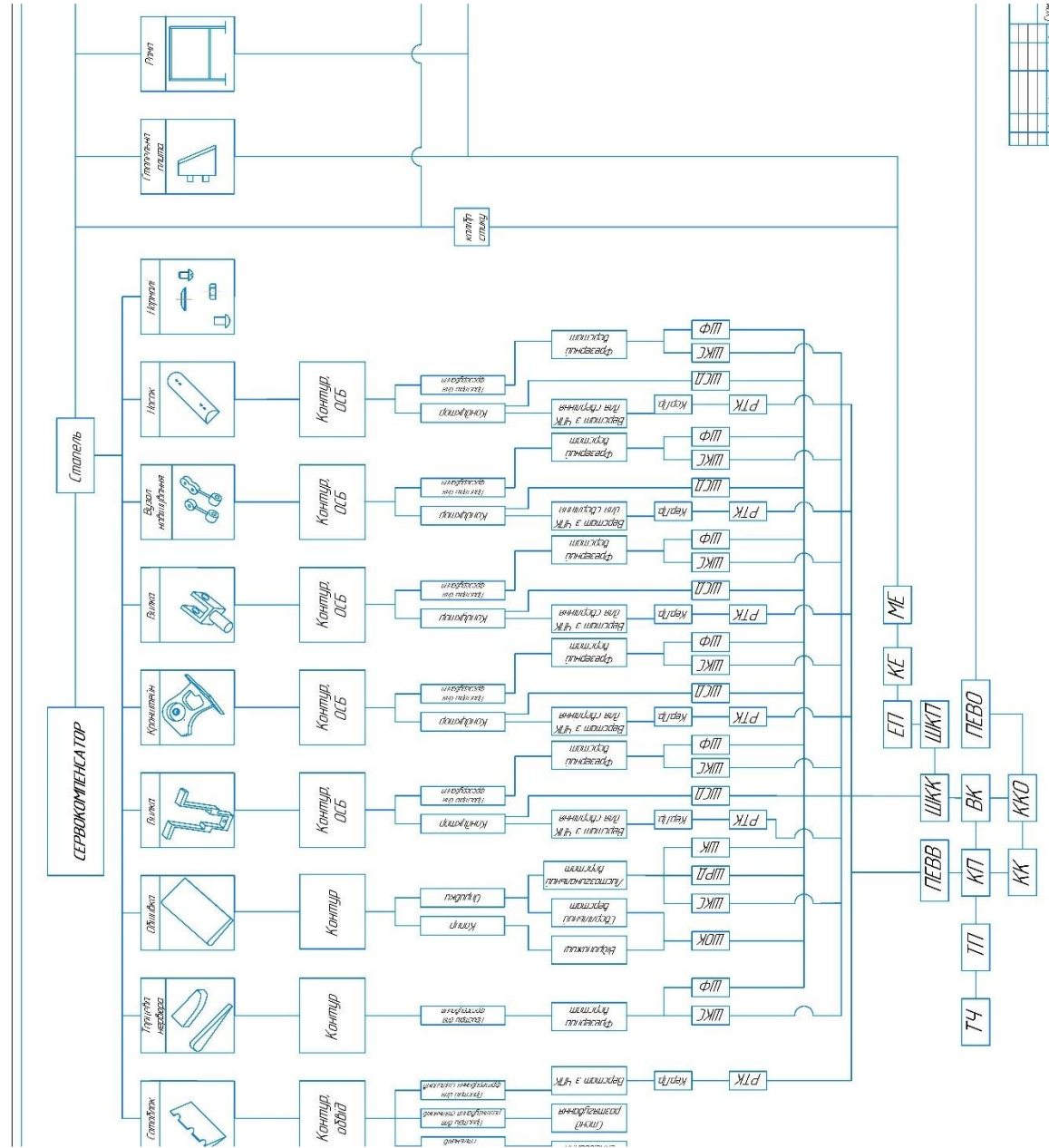
ДОДАТКИ

Додаток А – Складальні креслення сервокомпенсатора елерону



Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
						<u>Документация</u>				
					104.ДП.153.17.001.СК	Складальне креслення				
						<u>Детали</u>				
Справ. №				1	104.ДП.153.17.001.01	Обшивка	1			
				2	104.ДП.153.17.001.02	Сотадлок	1			
				3	104.ДП.153.17.001.03	Вузол навішування	2			
				4	104.ДП.153.17.001.04	Вузол навішування	1			
				5	104.ДП.153.17.001.05	Носок	1			
				6	104.ДП.153.17.001.06	Носок	1			
				7	104.ДП.153.17.001.07	Носок	1			
				8	104.ДП.153.17.001.08	Носок	1			
				9	104.ДП.153.17.001.09	Вилка	3			
				10	104.ДП.153.17.001.10	Торцева нервюра	2			
				11	104.ДП.153.17.001.11	Вилка	3			
				12	104.ДП.153.17.001.12	Вставка	1			
				13	104.ДП.153.17.001.13	Вставка	1			
				14	104.ДП.153.17.001.14	Кронштейн	1			
				15	104.ДП.153.17.001.15	Накладка	3			
				16	104.ДП.153.17.001.16	Втулка	4			
					<u>Стандартные изделия</u>					
		104.ДП.153.17.001 СК								
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Сервокомпенсатор элерону		Лит.	Лист	Листов
	Разраб.	Шаклин А.В.							1	2
	Проб.	Сікульський В.Т.								
	Н.контр.							ХАІ, гр. 163		
	Утв.									

Додаток Б – Схема складання та ув'язування ЗТО та СЧ сервокомпенсатора елерону



**Додаток В–Нормований маршрутно-операційний технологічний процес
складання сервокомпенсатора елерону**

ГОСТ 3.1105-84		
		Зміні, Аркуш Недокум. Під
		K104.02188.163.21
		K104.60
ХАІ, К104	104.ДП.163.17.001	-
Сервокомпенсатор елерону		
L		

**Міністерство освіти та науки України
Національний аерокосмічний університет
ім. М. Є. Жуковського "ХАІ"**

ЗАТВЕРДЖУ

Керівник проекту

Сікулт

(підпис, П.І.Б.)

"___" ___ 2024 р.

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ

на одиничний технологічний процес
складання сервокомпенсатора елерону

Розробив студент гр

Шакл

(підпис, П.І.П.)

"___" ___ 2024 р.

ГОС												
З.Т.					XAJ, K104							104.ДП.163.17.001
Лпер.	Код, найменування операції							Позначення документа				
код, найменування, обладнання	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	Код	ЄН	ВП				
вання деталі, зб. одиниці або матеріалу	Позначення, код						ОПП	ЄВ				
<i>Розкрийна</i>												
<i>Стіл</i>												
<i>КАСТ лист 05 ГОСТ 10292-74</i>												
<i>шлеку за шаблоном, місцем розташування трьох вирізів</i>												
<i>всуму та три вирізи під вузли навішування</i>												
<i>допомогою шаблонів торцювої неревюри, вставки</i>												
<i>всєї неревюри за контуром, згідно з розміткою</i>												
<i>тростий, ножичі, ніж чобітний, шліфувальний папір</i>												
<i>0 Контрольна</i>												
<i>Стіл</i>												
ГОСТ 127.56.6-1000												

										ГОС
<i>В.Т.</i>	XAI, K104									104.ДП.163.17.001
Спер.		Код, найменування операції						Позначення документа		
код, найменування, обладнання		обладнання		СМ	Проф.	Р	УТ	КР	ЄН	ВП
вання деталі, зб. одиниці або матеріалу				Позначення, код						ЄВ
<i>т. 4, 5, 6, 7, кронштейни, вилки, кріплення</i>										
<i>сія для свердління отворів під кронштейни</i>										
<i>простий</i>										
<i>вори на кронштейнах 12 отв. Ø3,6 та 4 отв. Ø2,7</i>										
<i>МСМ21-25, свердло Ø3,6 та Ø2,7 ГОСТ 886-64</i>										
<i>дет. 9 з вилками дет. 11, кріпити, контрити</i>										
<i>ОСТ 2840-54</i>										
<i>дет. 9 і вузли нав'язування дет. 3, 4, кріпити, контрити</i>										
<i>субці</i>										
<i>онжерон у пристрій 63450/Д419, фіксувати</i>										
<i>онжероні по отворах вилки дет. 11 отвори</i>										
<i>МСМ21-25, свердло Ø3,6 та Ø2,7 ГОСТ 886-64</i>										

ГОСТ

В.Т.																						104,ДП.163.17.001		

Опер.	Код, найменування операції	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	Код	ЄН	ВП	Кл
Код, найменування, обладнання										
нування деталі, зб. одиниці або матеріалу										

Стіл

вільність встановлення та складання

25 Підсінна

Верстах

ставка подітій. 12,13 та сотовок подітій. 2

на підсінати по ложжерону вставка, сотовок, затіляти кути

підсінати по ложементу носок подітій. 4, 5, 6, 7

лонжерон у пристрій для склеювання внутрішнього набору, фіксувати итирjami

внутрішній набір (стільниковий блок, вставка та торцеві неревюри), зробити підганання деталей

чати з пристосування внутрішній набор (стільниковий блок, вставка та торцеві неревюри)

и та вийняти лонжерон із пристосування

ГОСТ												
й В.Т.												104.ДП.163.17.001

XAI, K104

Опер.	Код, найменування операції	Позначення документа							
Код, найменування, обладнання	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	Код	ЄН	ВП	Кш
знування деталі, зб. одиниці або матеріалу	Позначення, код					ОПП	ЄВ	Є	Є

55 Кліпання закінюєчки

Стіл

з обшивці місця для свердління отворів під закріплення

простий

7 отв. Ø2 мм

2М/СМ21-25, свердло Ø2 мм ГОСТ 886-64

клепки в отвори

клепки у обшивці

тох КМП-31, підтримка 54350/121

60

Контрольна

Стіл

ГОСТ 3										
й В.Т.									104.ДП.163.17.001	

XAI, K104

Опер. Код, найменування, обладнання звання деталі, зб. одиниці або матеріалу	Код, найменування операції	Позначення документа								
		СМ	Проф.	Р	УТ	КР	Код	ЕН	ВП	Кш
сервокомпенсатор у пристрій										
хронштейн дет. 14										

70 Свердління

Пристрій 63450/Д-099

отв. Ø4 мм по кондуктору в обшивці, вставці та хронштейні

2М/СМ21-25, свердло Ø4 мм ГОСТ 886-64

4 отв. Ø4 → Ø4,2

-15/4,2 × 4,8 × 20 × 130; 9хс

75 Встановлення

Пристрій 63450/Д-099

штейн болтами

ГОСТ 3840-54

ГОСТ													
A.B.				ХАІ, К104								104 ДП.163.17.001	
цький В.Т.													

РМ	Опер.	Код, найменування операції	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	Код	ЄН	ВП	Кш	
Код, найменування, обладнання			Позначення документа									
найменування деталі, зб. одиниці або матеріалу				Позначення, код								

Стіл

зுவати сервокомпенсатор у районі установки вивелох дет. 11

зувати болтові з'єднання

ерметик УЗОМЕС-5

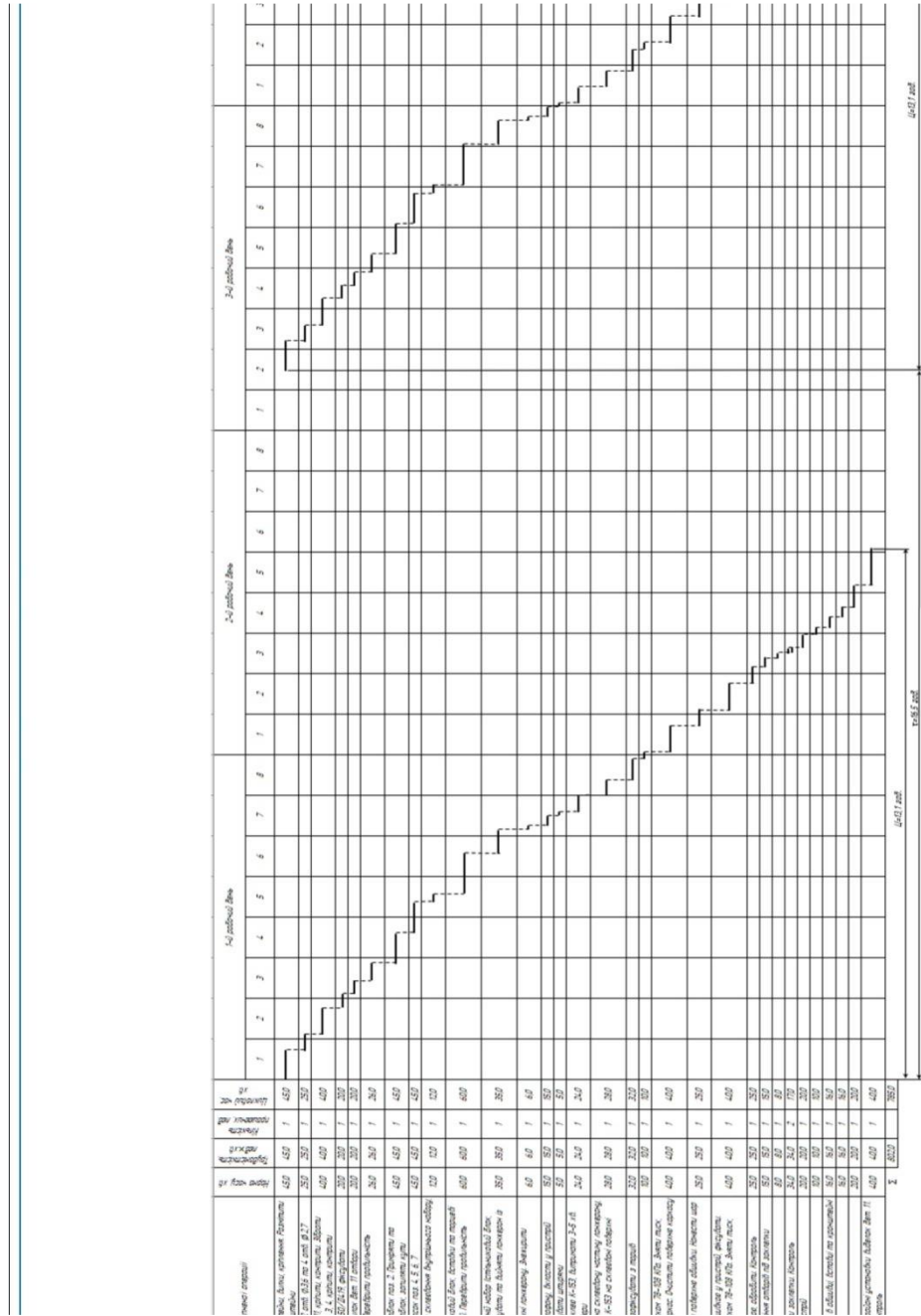
85 Контрольна

Стіл

85 Контрольна

Стіл

Додаток Г – Циклової графік складання сервокомпенсатора елерону

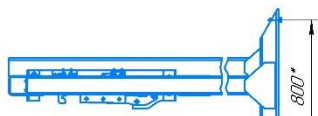
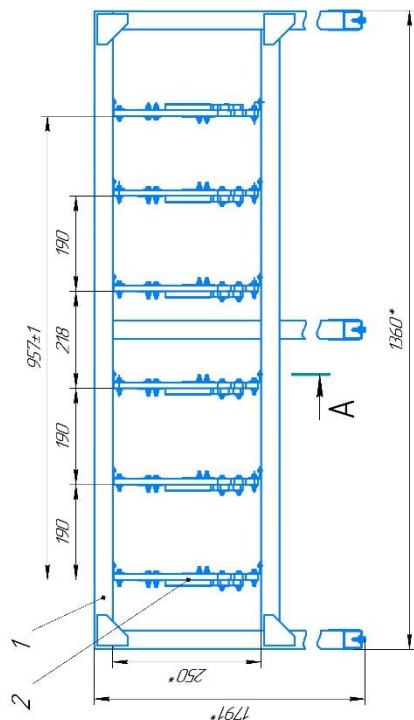
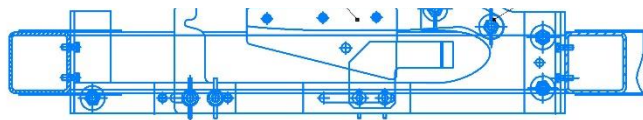


Додаток Д – Схема стапелю складання сервокомпенсатора елерону

1. Станция фрезирования емкостью ХВ-16
 ТУ 6-10-1301-83 зеленого
 2. Зернистость рудильников из расчета градаций
 после вымачивания п. 1 двумя теменными диаметрами
 3. *Размеры в мм

К104				
------	--	--	--	--

A-A (3')



К1

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание						
Перв. примен.				Документація								
			104.ДП.163.17.001.00 СК	Складальне креслення								
				Складальні одиниці								
Справ. №		1	104.ДП.163.17.001.01 СК	Рама	1							
		2	104.ДП.163.17.001.02 СК	Ложемент	6							
		3	104.ДП.163.17.001.03 СК	Притискач	6							
		4	104.ДП.163.17.001.04 СК	Притискач	6							
Підп. і дата				Стандартні вироби								
		5		Болт М8х55 ГОСТ 11296-74	24							
		6		Гайка М8х1,25 ГОСТ 33055-80	12							
Інв. № відр.		7		Шайба 1-8-12 ГОСТ 50439-80	12							
Взам. інв. №												
Підп. і дата												
Інв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<p style="text-align: center;">К104.ДП.163.08.04.000</p> <p style="text-align: center;">Станель складання сервокомпенсатора елерона</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Лит.</td> <td>Лист</td> <td>Листов</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>1</td> </tr> </table> <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">XAI, гр. 163</p>	Лит.	Лист	Листов			1
	Лит.	Лист	Листов									
			1									
	Разр.		Шаклін А.В.									
	Проб.		Сікульський В.Т.									
Н.контр.												
Утв.												

Копировав

Формат А4

Додаток Е – Планування цеху складання крила

