

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

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

Факультет літакобудування

Кафедра технології виробництва літальних апаратів

Пояснювальна записка

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

на тему «Технологія оснащення та організація виробництва відокремленої частини крила літака типу АН-178»

ХАІ.104.1-96А.23О.134.7-9/22-1ф ПЗ

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

(код та найменування)

Спеціальність 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»

(код та найменування)

Освітня програма «Технології виробництва та ремонту літальних апаратів»

(найменування)

Опанасенко Володимир Олександрович

(прізвище та ініціали здобувача (ки))

Керівник: Юрій ВОРОБІЙОВ

(ім'я та прізвище)

Рецензент: Сергій ІВАНОВ

(ім'я та прізвище)

Харків – 2024

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

Факультет _____ літакобудування _____

Кафедра _____ технології виробництва літальних апаратів _____

Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____

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

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

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

«_____» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

_____ Опанасенко Володимир Олександрович _____

(прізвище, ім'я та по батькові)

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

керівник кваліфікаційної роботи _____ Воробйов Юрій Анатолійович, д.т.н., професор _____

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

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

2. Термін подання здобувачем кваліфікаційної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати) _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) _____

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Конструкторський розділ	Воробйов Ю. А., професор	04.12.2023	08.01.2024
Технологічний розділ	Воробйов Ю. А., професор	04.12.2023	08.01.2024
Економічний розділ	Воробйов Ю. А., професор	04.12.2023	08.01.2024
Спеціальний розділ	Воробйов Ю. А., професор	04.12.2023	08.01.2024

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

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач_____
(підпис)**Опанасенко В.О.**_____
(прізвище та ініціали)**Керівник кваліфікаційної роботи**_____
(підпис)**Юрій ВОРОБЙОВ**_____
(ім'я та прізвище)

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	8
1.1 Конструктивно-технологічний аналіз базової конструкції відокремленої частини крила літака типу Ан-178.....	9
1.2 Проектувальний розрахунок конструкції відокремленої частини крила на міцність. Обґрунтування прийнятих рішень розрахунками	13
1.3 Технічні умови на складання відокремленої частини крила.....	19
1.4 Аналіз технологічності відокремленої частини крила.....	23
Висновки по розділу 1	25
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	26
2.1 Аналіз існуючого виробництва, технологічні заходи щодо підвищення якості виробу та ефективності виробництва.....	27
2.2 Розробка та обґрунтування схеми конструктивно-технологічного членування відокремленої частини крила	27
2.3 Розробка схеми складання відокремленої частини крила та маршрутного (директивного) технологічного процесу складання. Обґрунтування методів складання та необхідної номенклатури складальних пристроїв для крила та вхідних підзбірок.....	29
2.4 Розробка схеми ув'язування заготівельного і складального оснащення для складання відокремленої частини крила	31
2.5 Визначення типових операцій, розробка та нормування маршрутно-операційного технологічного процесу складання відокремленої частини крила	35
2.6 Обґрунтування засобів ведення складального процесу, його механізації й автоматизації	37
2.7 Розробка операційного технологічного процесу для складання панелі нижньої відокремленої частини крила.....	38
2.8 Розробка схеми базування при складанні відокремленої частини крила.....	39
2.9 Розробка технічних умов на проектування і конструкцію складального пристрою відокремленої частини крила.....	41
2.10 Розробка конструкції представника оснащення другого порядку.....	43

2.11 Виконання технічного проекту оснащення або устаткування для механізації (автоматизації) процесу складання відокремленої частини крила	44
2.12 Визначення типу виробництва відокремленої частини крила	45
2.13 Визначення організаційної форми складання відокремленої частини крила	47
2.14 Розробка циклового графіку складання відокремленої частини крила	48
2.15 Виконання технологічних розрахунків цеху. Обґрунтування структурного складу цеху агрегатного складання відокремленої частини крила	49
2.16 Розробка компонування корпусу складальних цехів і компонування цеху агрегатного складання відокремленої частини крила зі схемою вантажопотоків	58
2.17 Обґрунтування і розробка планування цеху складання відокремленої частини крила	59
2.18 Розробка заходів щодо організації робочих місць, механізації та автоматизації робіт	60
2.19 Забезпечення якості складання відокремленої частини крила	61
2.20 Описання прийнятої системи управління якістю продукції	62
Висновки до розділу 2	63
3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	64
3.1 Визначення чисельності та фонду заробітної плати робітників цеху складання відокремленої частини крила	65
3.2 Визначення виробничої собівартості виготовлення відокремленої частини крила	69
3.3 Визначення повної собівартості виготовлення відокремленої частини крила	71
3.4 Визначення критичної програми випуску відокремленої частини крила	72
Висновки по розділу 3	73
4 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	74
4.1 Особливості конструкцій трубопроводів повітряних систем літаків	75
4.2 Статичні методи виготовлення елементів трубопроводів	76
4.3 Високоенергетичні імпульсні методи обробки. Гідродинамічне штампування	78

	6
4.4 Принципи роботи і опис гідродинамічної штамповки.....	79
4.5 Аналіз дефектів тонкостінних деталей трубопроводів, отриманих гідродинамічним штампуванням.....	80
4.6 Методи забезпечення точності деталей та їх характеристика.....	82
4.7 Способи інтенсифікації та підвищення стабільності процесів гідроударної калібрування на прес-гарматах.....	85
Висновки по розділу 4	86
ВИСНОВКИ.....	87
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	88
ДОДАТКИ.....	90

ВСТУП

Літакобудування є однією з найбільш прибуткових і водночас найбільш капіталоемних галузей машинобудування.

Проте на ринку постійно зростає попит на транспортні літаки. Оскільки літак – найшвидший транспортний засіб. До нього пред'являється ряд вимог: економічність, надійність, безпеку, технологічність, експлуатаційні вимоги. Виготовлення літака дуже складний і трудомісткий процес. Для забезпечення відповідності літака вище перерахованим вимогам необхідна розробка безлічі конструкторської, технологічної та дослідницької документації.

Як об'єкт виробництва літак має ряд особливостей:

- велика номенклатура і кількість деталей планера. На літаку є велика кількість різноманітного обладнання, приладів та механізмів. Кількість деталей в конструкції планера досягає ста тисяч одиниць і більше, що тягне за собою застосування численних і різноманітних технологічних процесів;

- велика номенклатура використовуваних матеріалів. В даний час приблизно 60% загальної кількості деталей літака виготовляється з легких сплавів, 25% – з легованих сталей, інші – з композиційних матеріалів;

- складність просторових форм. Значні габарити розмірів і недостатня жорсткість більшості елементів конструкції планера. Саме цим обумовлено застосування численних складальних, монтажних та інших пристосувань і спеціальних технологічних методів забезпечення взаємозамінності вузлів, панелей і агрегатів;

- велика трудомісткість монтажно-складальних робіт, регулювальних і випробувальних робіт. Велике число різноманітних нероз'ємних з'єднань за допомогою клепання, пайки, зварювання, запресовки і т. д. Для герметизації відсіків застосовують герметики та спеціальне обладнання для їх нанесення;

- високі вимоги до якості літака. Якість літака як об'єкта виробництва являє собою комплекс його тактико-технічних характеристик і показників, що характеризують надійність його в експлуатації.

Однієї з основних частин планера літака 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.

1 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

1.1 Конструктивно-технологічний аналіз базової конструкції відокремленої частини крила літака типу Ан-178

Крило літака типу Ан-178, що проектується – стріловидне, високорозташоване, великого подовження, вільнонесуче, прямокутної форми в плані на ділянці між нервюрами 3 та трапецієподібної форми на ділянках нервюр 3-28. зовнішні обводи крила по перетинах утворені набором профілів різної товщини.

крило навішені на фюзеляжі за схемою верхньоплана за допомогою чотирьох вузлів. на крилі встановлені два пілона, до яких кріпляться гондоли, в яких розміщені двоконтурні турбореактивні двигуни.

крило складається з центроплана і двох відокремлених частин крила, з'єднаних між собою фланцевими стиками (рис. 1.2).

конструктивно-силова схема відокремленої частини крила – кесонна. основний силовий елемент – кесон, утворений 1 та 2 лонжеронами, верхньою та нижньою панелями обшивок та нервюрами відокремленої частини крила.

відокремленої частини крила оснащена механізацією передньої кромки (носок, що відхиляються, три секції передкрилків) та задньої кромки (дві секції та п'ять секцій інтерцепторів). на задній кромці в кінцевій частині відокремленої частини крила розташовані елементи керування – елерони та п'ять секцій інтерцепторів, які працюють в глісадному та елеронному режимах, а також режимі гальмування.

кесон відокремленої частини крила являє собою чотири герметизовані паливні баки-відсіки, розділені нервюрами 3, 12, 22, 28 (відсік по нервюрах 22-28 – сухий).

лонжерони відокремленої частини крила – складальної конструкції. у стінках лонжеронів є отвори для монтажу паливної системи. на лонжероні 1 кріпляться кронштейни для установки механізмів навіски носка, що відхиляється та секцій передкрилків. на лонжероні 2 кріпляться кронштейни для установки механізмів навіски закрилків, елеронів та інтерцепторів.

Верхня панель складається з набору трьох збірних панелей. Кожна панель складається з обшивки і набору стрингерів. Середні панелі від нервюри № 20 до № 22, від № 22 до № 27, від № 27 до № 28 -Знімні. На верхній панелі, в районі нервюри № 4, розташована заливна горловина паливної системи.

Нижні панелі кесона (1, 3) – складальної конструкції, складаються з обшивки і набору стрингерів. Середня панель (2) – монолітної конструкції з люками-лазами. Між нервюрами 20 і 22 на нижній панелі виконані люки для установки та монтажу паливних насосів.

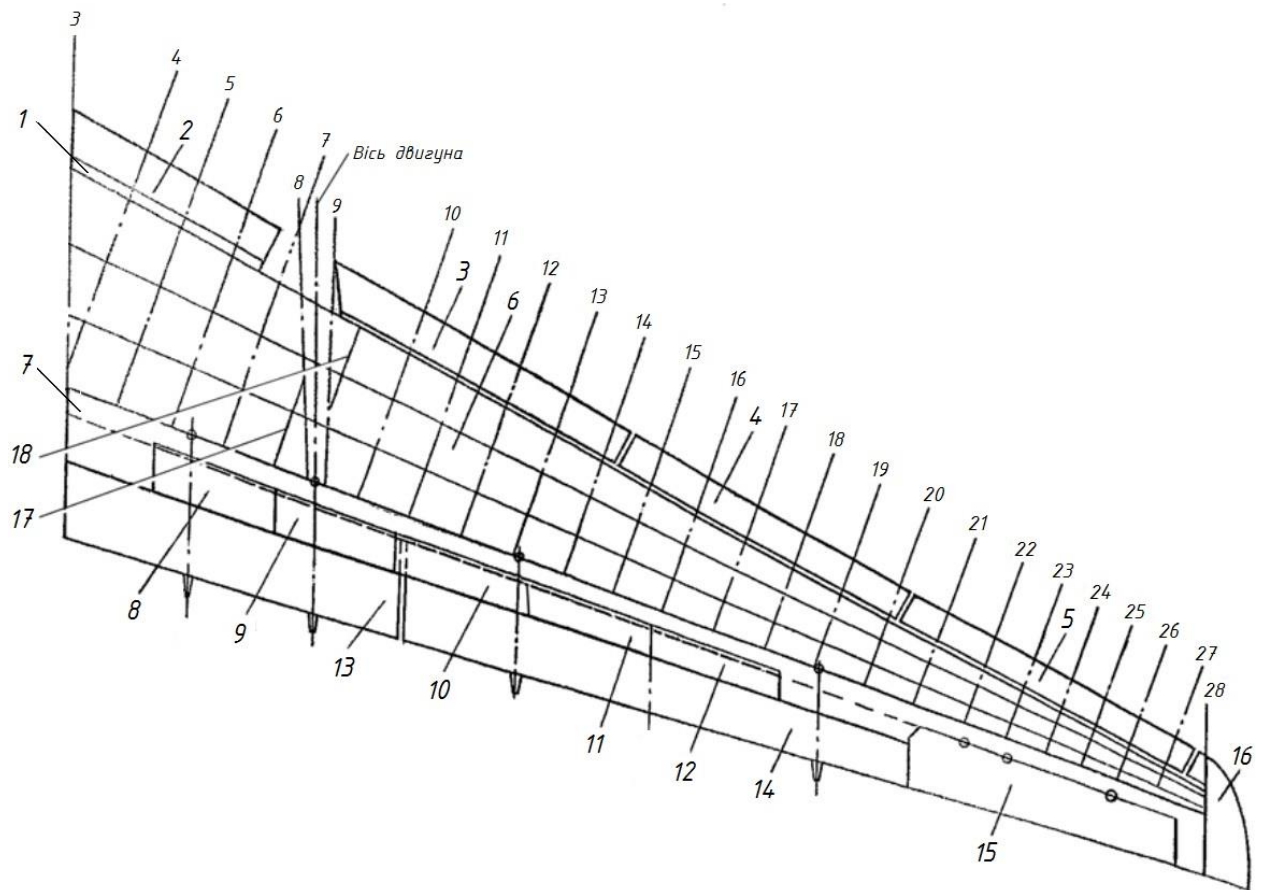


Рисунок 1.2 – Відокремлена частина крила літака типу Ан-178:

- 1 – носовий відсік відокремленої частини крила; 2 – носок, що відхиляється;
 3 – передкрилок (секція 1); 4 – передкрилок (секція 2); 5 – передкрилок (секція 3); 6 – кесон відокремленої частини крила; 7 – хвостовий відсік відокремленої частини крила;
 8 – інтерцептор (секція 1); 9 – інтерцептор (секція 2); 10 – інтерцептор (секція 3); 11 – інтерцептор (секція 4); 12 – інтерцептор (секція 5);
 13 – закрилок (секція 1); 14 – закрилок (секція 2); 15 – елерон;
 16 – закінцівка; 17 – балки 1; 18 – балки 2.

Поперечний набір складається з нервюр балочної конструкції. Нервюри 3, 20 і 27 – герметичні, нервюри 12, 17 і 20 – напівгерметичні. На нервюрах 8 та 9 встановлені кронштейни вузлів навішування пілона кріплення двигунів. На нервюрах 6, 8, 9, 13 та 19 встановлені кронштейни кріплення вузлів навішування закрилка.

На нервюрі 5 по лонжерону 1 встановлений кронштейн з гніздом для основного підйомника літака.

На нервюрах 22, 23, 24 і 26 встановлені кронштейни вузлів навішування елерона. На нервюрах 4 і 6 – кронштейни вузлів навішування відхиляється носка. У зоні нервюр 10, 13, 16, 19, 22 і 26 на передньому лонжероні встановлені кронштейни навіски секцій передкрилка.

У стінках нервюр виконані отвори для перетікання палива, отвори для фланців і прохідники трубопроводів та агрегатів паливної системи.

Нервюри кріпляться до верхніх, нижніх панелей та лонжеронів болтами і заклепками за допомогою стійок, книців та компенсаторів.

Носова частина відокремленої частини крила розташована перед лонжероном 1 та кріпиться до нього. Носова частина складається з трьох частин: кореневої, середньої і кінцевий.

Коренева частина розташована в районі носка що відхиляється, середня носова частина розташована в районі кріплення пілона силової установки, кінцева частина – в районі передкрилків.

Хвостова частина відокремленої частини крила служить для розміщення різного обладнання та комунікації систем літака.

Хвостова частина розташована за лонжероном 2 та складається з каркаса, верхній і нижніх панелей. Каркас виконаний з нижніх і верхніх балок, нервюри, кронштейнів кріплення агрегатів управління і стійок, до яких кріпляться книці для установки панелей обшивок. Каркас кріпиться до кесона відокремленої частини крила і кронштейнів механізмів закрилків. Між нервюрами 11-12, 14-15, 16-17 і 22-24 встановлені платформи для кріплення приводів управління секцій інтерцепторів і елерона.

Верхня панель включає три панелі виконані з композиційних матеріалів з сотовим заповнювачем, панелі 3, 6, 9, 12,14 і 19 – з КМ і кришок люків 5, 8, 11,15 і 17 – з КМ, мають заповнювач з мікросферотекстоліта.

Сотові панелі кріпляться до каркасу болтами, панелі – болтовими і заклепувальний з'єднаннями, кришки люків – за допомогою замків.

Нижня панель хвостовій частині складається з знімних панелей і однієї незнімної, між нервюрами 27-28. Всі панелі – сотової конструкції з композиційних матеріалів, крім панелей між нервюрами 21-22, 22-24, 24-26 і 26-27, виконаних з рифтами жорсткості.

Закінцівка крила розташована на кінці кожної відокремленої частини крила і служить для додання крилу обтічної форми і для розміщення аеронавігаційних вогнів. Закінцівка кріпиться до відокремленої частини крила по нервюрі 28.

Закінцівка складається з обтічника законцовки, діафрагми і обтічника БАНУ. На задній кромці закінцівки встановлені три статичні розрядники.

Від'ємні частини крила стикуються з центропланом по нервюрі 3 (лівої і правої). Стик – фланцевий, виконаний по всьому периметру роз'єму. Болтові з'єднання затягнуті тарований затягуванням.

Колодязі верхнього стику повністю заповнені мастилом АМС-3. Стінки нижніх колодязів стику, головки болтів, шайби і гайки змазані рівним шаром

мастила АМС-3 товщиною 2-3 мм. Стик по верхній поверхні закритий щілинними стрічками, по нижній – залізом фюзеляжу з крилом.

В таблиці 1.1 наведено основні матеріали, що застосовуються в конструкції відокремленої частини крила та їх механічні властивості.

Таблиця 1.1 – Механічні властивості конструктивних матеріалів

Позначення	Найменування	Механічні властивості		
		σ_B , МПа	$\Sigma_{0,2}$, МПа	Δ , %
1973Т2	Сплав алюмінієвий високоміцний	600	540	8
1161Т	Сплав алюмінієвий	432	324	5
1163Т	Сплав алюмінієвий	450	360	10
В95пчТ2	Сплав алюмінієвий високоміцний	550	420	7
Д16чТ	Сплав алюмінієвий	440	285	4
1933Т3	Сплав алюмінієвий високоміцний	500	420	8
ВТ22	Сплав титановий	1100	990	7
Д16чАМВХ	Сплав алюмінієвий	235	–	10

Конструктивно-технологічна характеристика з'єднань, що застосовуються в конструкції відокремленої частини крила:

1 Заклепочні з'єднання.

Кількість заклепок, розклепують ударним способом, є одним з ознак технологічності конструкції планера і має скорочуватися до мінімальних значень шляхом оптимальних конструктивних рішень, технологічних прийомів в процесі серійного виробництва літака.

У конструкції відокремленої частини крила заклепочні з'єднання включають високо ресурсні та звичайні заклепки. Матеріал заклепок – В65, Д18.

Загальна кількість заклепок в конструкції відокремленої частини крила – 65100 шт., з них 17600 шт. клепають ударним способом, що становить 27%.

Діаметр заклепок – від 3 до 5 мм.

Типорозміри заклепок, що застосовуються по ОСТ1 34040-79, ОСТ1 34045-79, ОСТ1 34053-79, ОСТ1 34087-80, ОСТ1 34089-80, ОСТ1 34052-85.

2 Болтові з'єднання.

Загальна кількість болтів в конструкції відокремленої частини крила – 7268 шт., Матеріал болтів – титан ВТ-16 та сталь 30ХГСА.

Отвори під болти виконуються по Н7, Н9, Н12 квалітетам.

Розподіл кількості отворів по квалітетах і діаметрам представлено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Розподіл отворів по квалітетах та діаметрам

Квалітет отвору	Діаметр отвору								Всього
	5	6	8	10	12	14	16	18	
H7	3560	1450	208	10	–	–	–	–	5228
H9	120	152	60	24	36	42	12	8	454
H12	868	600	74	44	–	–	–	–	1586
Всього	4548	2202	342	78	36	42	12	8	7268

1.2 Проектувальний розрахунок конструкції відокремленої частини крила на міцність. Обґрунтування прийнятих рішень розрахунками

Конструктивно-силова схема відокремленої частини крила – моноблочна. При моноблочній схемі відокремленої частини крила характеризується потужним стрингерним набором, товстої обшивкою та слабкими поясами лонжеронів.

Вихідні дані для розрахунку:

$Q_y = 355$ кН – сила, що перерізує;

$M_x = 2490$ кН/м – згинальний момент;

$M_z = 235$ кН/м – крутний момент;

$S_{пер} = 0,907$ м² – площа поперечного перерізу кесона;

$H_{л-н1} = 0,353$ м – будівельна висота профілю лонжерона 1;

$H_{л-н2} = 0,328$ м – будівельна висота профілю лонжерона 2;

Матеріал верхнього пояса лонжерона – В95пчТ2 ($\sigma_g = 550$ МПа);

Матеріал нижнього пояса лонжерона – Д16чТ ($\sigma_g = 440$ МПа);

Матеріал стінки лонжерона – Д16чАТ ($\sigma_g = 435$ МПа);

Матеріал обшивки верхньої панелі – 1973Т2 ($\sigma_g = 560$ МПа);

Матеріал обшивки нижньої панелі – 1161Т ($\sigma_g = 432$ МПа);

Матеріал стрингерів верхній панелі – В95пчТ2 ($\sigma_g = 550$ МПа);

Матеріал стрингерів нижній панелі – 1163Т ($\sigma_g = 450$ МПа).

1 Визначимо товщину обшивки за формулою:

$$\delta = \frac{M_x}{2S_{пер}\tau_{роз}}, \quad (1.1)$$

де $\tau_{роз}\sigma_g$ – дотичне напруження, що руйнує.

$$\delta_{верхн. обш} = \frac{235 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,907 \cdot 0,3 \cdot 560 \cdot 10^6} = 0,8 \text{ мм},$$

$$\delta_{нижн. обш} = \frac{235 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,907 \cdot 0,3 \cdot 432 \cdot 10^6} = 1,0 \text{ мм}.$$

Відстань між стрингерами t визначаємо з умови хвилястості поверхні відокремленої частини крила:

$$\frac{\delta}{t} \geq \sqrt{\frac{(1-\mu^2)\rho_0}{32E\bar{y}}}, \quad (1.2)$$

де $\mu = 0,3$ – коефіцієнт Пуассона,

$E = 0,71 \cdot 10^5$ МПа – модуль пружності матеріалу обшивки,

$\bar{y} = 0,002$ – відносний прогин.

$$\rho_{верх} = \frac{G_0}{2S} = \frac{388,08}{3 \cdot 86,7} = 1,5 \text{ кПа} \text{ – тиск на верхній поверхні крила,}$$

$$\rho_{низ} = \frac{2 \cdot 388,08}{3 \cdot 86,7} = 3 \text{ кПа} \text{ – тиск на нижній поверхні крила.}$$

Виходячи з теоретичного креслення відокремленої частини крила базового варіанту, крок стрингерів по верхній панелі $t = 110$ мм, по нижній – $t = 120$ мм.

Звідси:

$$\delta = 3 \sqrt{\frac{(1-\mu^2)\rho_0 t^3}{32E\bar{y}}}, \quad (1.3)$$

$$\delta_{верхн. пан} = 3 \sqrt{\frac{(1-0,3^2)3 \cdot 0,11^3}{32 \cdot 0,71 \cdot 10^{11} \cdot 0,002}} = 2,3 \text{ мм},$$

$$\delta_{нижн. пан} = 3 \sqrt{\frac{(1-0,3^2)1,5 \cdot 0,11^3}{32 \cdot 0,71 \cdot 10^{11} \cdot 0,002}} = 2,1 \text{ мм}.$$

При підборі поздовжніх силових елементів спочатку знаходять зусилля, які сприймаються верхньої і нижньої половинами перетину. Середню висоту перетину знаходимо за формулою:

$$H_{cp} = \frac{1}{2}(H_{л-н1} + H_{л-н2})\mu, \quad (1.4)$$

$$H_{cp} = \frac{1}{2}(0,353 + 0,328)0,98 = 0,334 \text{ м}.$$

Визначимо осьові зусилля в панелях:

$$N_{пан} = \frac{M_{зг}}{H_{ср}}, \quad (1.5)$$

$$N_{пан} = \frac{2490 \cdot 10^3}{0,334} = 7455 \text{ кН.}$$

Зусилля $N_{пан}$ представимо у вигляді суми зусиль сприймаються полками лонжеронів і обшивкою спільно зі стрингерами відокремленої частини крила:

$$N_{пан} = N_{л-н} + N_{СО},$$

де $N_{СО} = \eta N_{пан}$,

$\eta = 0,6$ – коефіцієнт, що визначає частку від зусилля $N_{пан}$, сприйняту стрингерами з обшивкою.

$$N_{СО} = 0,6 \cdot 7455 = 4473 \text{ кН,}$$

$$N_{л-н} = N_{пан} - N_{СО},$$

$$N_{л-н} = 7455 - 4473 = 2982 \text{ кН.}$$

2 Виконаємо підбір поздовжнього силового набору в розтягнутій зоні. Зусилля в розтягнутій зоні визначається рівністю:

$$N_{СО}^P = n \sigma_{ср}^P \left(k_2 F_{ср}^P + k_3 \varphi^P \delta_H t_H \right) \quad (1.6)$$

де $n = 15$ шт – кількість стрингерів в зоні, що розтягується,

$\sigma_{ср}^P = 0,75 \sigma_{в ср} = 0,75 \cdot 450 = 337$ МПа – напруження, що руйнує стрингер,

$k_2 = 0,9$ – коефіцієнт, що враховує ослаблення поперечного перерізу стрингера отворами під заклепки,

$k_3 = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує ослаблення поперечного перерізу обшивки отворами під заклепки,

$\varphi^P = \frac{\sigma_{в обш}}{\sigma_{в ср}} = \frac{432}{450} = 0,96$ – коефіцієнт, що враховує відмінності в

діаграмах деформації обшивки і стрингера.

Звідси знаходимо площу перетину розтягнутого стрингера:

$$F_{ср}^P = \frac{1}{k_2} \left(\frac{N_{СО}^P}{n \sigma_{ср}^P} - k_3 \varphi^P \delta_H t_H \right), \quad (1.7)$$

$$F_{ср}^P = \frac{1}{0,9} \left(\frac{4473 \cdot 10^3}{15 \cdot 337 \cdot 10^6} - 0,8 \cdot 0,96 \cdot 0,002 \cdot 0,12 \right) = 6,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Підбираємо з сортаменту профіль з найближчої більшою площею поперечного перерізу:

$$1163\text{T-ПР105-7} \quad (F = 6,924 \text{ см}^2)$$

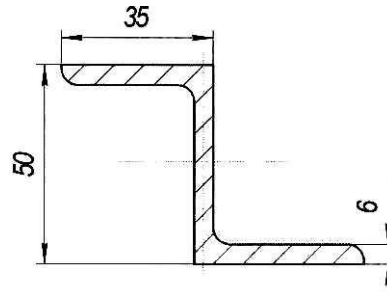


Рисунок 1.3 – Стрингер нижній панелі

Уточнимо осьове зусилля:

$$N_{CO}^P = 15 \cdot 337 \cdot 10^6 (0,9 \cdot 6,924 \cdot 10^{-4} + 0,8 \cdot 0,96 \cdot 0,002 \cdot 0,12) = 4538 \text{ кН.}$$

Визначимо осьове зусилля, що сприймається нижніми поясами лонжерона:

$$N_{л-н} = N_{nan} - N_{CO},$$

$$N_{л-н} = 7455 - 4538 = 2917 \text{ кН.}$$

З іншого боку:

$$N_{л-н} = \sigma_{л-н}^P \cdot F_{л-н}^P \cdot k_2,$$

де $\sigma_{л-н}^P = 0,75 \sigma_{\sigma_{л-н}} = 0,75 \cdot 440 = 330 \text{ МПа}$ – руйнівне напруження пояса нижнього лонжерона.

Звідси сумарна площа розтягнутих полиць лонжеронів:

$$F_{л-н}^P = \frac{N_{л-н}}{\sigma_{л-н}^P \cdot k_2}, \quad (1.8)$$

$$F_{л-н}^P = \frac{2917 \cdot 10^3}{330 \cdot 10^6 \cdot 0,9} = 9,82 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Розподілимо отриману площу між лонжеронами 1, 2 пропорційно квадратах будівельних висот:

$$F_{л-н1}^P = \frac{0,353^2 \cdot F_{л-н}^P}{n \sigma_{л-н}^P} = 1,158 (9,82 - F_{л-н1}^P)$$

$$F_{л-н1}^P = \frac{11,371}{2,158} = 5,27 \text{ см}^2,$$

$$F_{л-н2}^P = 9,82 - 5,27 = 4,55 \text{ см}^2,$$

3 Виконаємо підбір поздовжнього силового набору в стиснутій зоні.

Зусилля в стиснутій зоні визначається рівністю:

$$N_{CO}^3 = n\sigma_{стр}^3 (F_{стр}^3 + F_{обш}^3) \quad (1.9)$$

де $n = 17$ шт – кількість стрингерів в зоні, що стискається,

$F_{обш}^3$ – площа приєднаної обшивки.

$$F_{обш}^3 = 30\delta_{обш}^2, \quad (1.10)$$

$$F_{обш}^3 = 300,0025^2 = 1,875 \text{ см}^2.$$

Крило вважається добре спроектованим, якщо критичне напруження стрингера близько до межі міцності матеріалу стрингера. Припускаючи, що стрингер буде, приймаємо $\sigma_{стр}^c = 0,9\sigma_{в.л-н}^c = 0,9 \cdot 550 = 495 \text{ МПа}$.

Таким чином, знайдемо площу перерізу стиснутого стрингера:

$$F_{стр}^c = \frac{N_{CO}^c}{n\sigma_{стр}^c} - F_{обш}^c, \quad (1.11)$$

$$F_{стр}^c = \frac{4473 \cdot 10^3}{17 \cdot 330 \cdot 10^6} - 1,875 \cdot 10^{-4} = 3,44 \text{ см}^2.$$

Знаючи потрібну площу стрингера, підбираємо з сортаменту профіль: В95пчТ2-ПР315-4 ($F = 3,972 \text{ см}^2$).

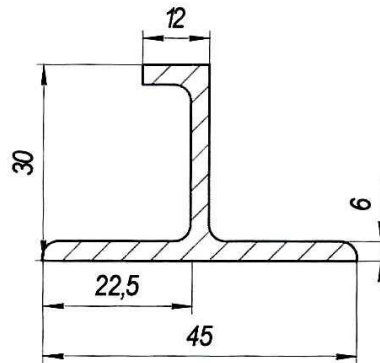


Рисунок 1.4 – Стрингер верхньої панелі

Після вибору стрингера слід уточнити параметри, значення яких були при наближено:

$$\sigma_{кр.стр} = 0,9\sigma_{в стр}^c \frac{1+\nu}{1+\nu+\nu^2}, \quad (1.12)$$

$$\nu = \frac{\sigma_{в стр}^c}{\sigma_e}, \quad (1.13)$$

де $\sigma_e = \frac{kE}{\left(\frac{b}{\delta}\right)^2}$ – Ейлерове критичне напруження,

$b = 24$ мм – ширина полиці стрингера, яка втрачає стійкість,
 $\delta = 4$ мм – товщина полиці стрингера, яка втрачає стійкість,
 $k = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує умови закріплення,
 $E = 0,71 \cdot 10^5$ МПа – модуль пружності матеріалу стрингера.

$$\sigma_e = \frac{1,2 \cdot 0,71 \cdot 10^{11}}{\left(\frac{24}{4}\right)^2} = 2366,7 \text{ МПа.}$$

$$\nu = \frac{550}{2366,7} = 0,232,$$

$$\sigma_{кр.стр} = 550 \frac{1 + 0,232}{1 + 0,232 + 0,232^2} = 522 \text{ МПа.}$$

Так як, $\sigma_{кр.стр} > \sigma_{стр}^6$, то в якості руйнівного напруження стрингера приймаємо $\sigma_{стр}^6 = 495$ МПа.

Ширину приєднаної обшивки $2c$, що працює з напругою стрингера, визначимо за формулою:

$$2c = 1,9\delta \sqrt{\frac{E}{\sigma_{стр}}}, \quad (1.14)$$

$$2c = 1,9 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{0,71 \cdot 10^{11}}{495 \cdot 10^6}} = 56 \text{ мм.}$$

$$F_{обш}^6 = (2c + m)\delta, \quad (1.15)$$

де $m = 24$ мм – величина міжряддя заклепувального шва кріплення стрингера до обшивки.

$$F_{обш}^6 = (0,056 + 0,025)0,025 = 2 \text{ см}^2.$$

Уточнимо осьове зусилля:

$$N_{CO}^3 = 17 \cdot 495 \cdot 10^6 \left(3,972 + 2 + F_{обш}^3 \right) \cdot 10^{-4} = 5025,4 \text{ кН,}$$

Визначимо осьове зусилля сприймається верхніми поясами лонжерона:

$$N_{л-н} = N_{пан} - N_{CO},$$

$$N_{л-н} = 7455 - 5025,4 = 2429,6 \text{ кН.}$$

З іншого боку:

$$N_{л-н} = \sigma_{л-н}^c \cdot F_{л-н}^c, \quad (1.16)$$

де $\sigma_{л-н}^c$ – руйнівне напруження пояса верхнього лонжерона.

Для його визначення задаємо відношення ширини відокремленої частини крила полки лонжерона до її товщини $\frac{b}{\delta} = 5$, руйнівне напруження

пояса верхнього лонжерона $\sigma_{л-н}^c = 560$ МПа,

Звідси сумарна площа стиснутих полиць лонжеронів:

$$F_{л-н}^c = \frac{N_{л-н}}{\sigma_{л-н}^p}, \quad (1.17)$$

$$F_{л-н}^c = \frac{24,29 \cdot 562 \cdot 10^3}{560 \cdot 10^6} = 4,82 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Розподілимо отриману площу між лонжеронами 1 та 2 пропорційно квадратах будівельних висот:

$$F_{л-н1}^c = \frac{0,353^2 \cdot F^c}{n \sigma_{л-н}^p} = 1,158 \left(4,82 - F_{л-н1}^p \right),$$

$$F_{л-н1}^c = \frac{5,581}{2,158} = 2,59 \text{ см}^2,$$

$$F_{л-н2}^c = 4,82 - 2,59 = 2,23 \text{ см}^2.$$

1.3 Технічні умови на складання відокремленої частини крила

1 Вимоги до форми і якості зовнішньої поверхні відокремленої частини крила.

Зовнішні поверхні відокремленої частини крила розбиваються на три зони: 0, 1 та 2, які відрізняються вимогами до точності виконання форми і якості обробки зовнішньої поверхні (рис. 1.5).

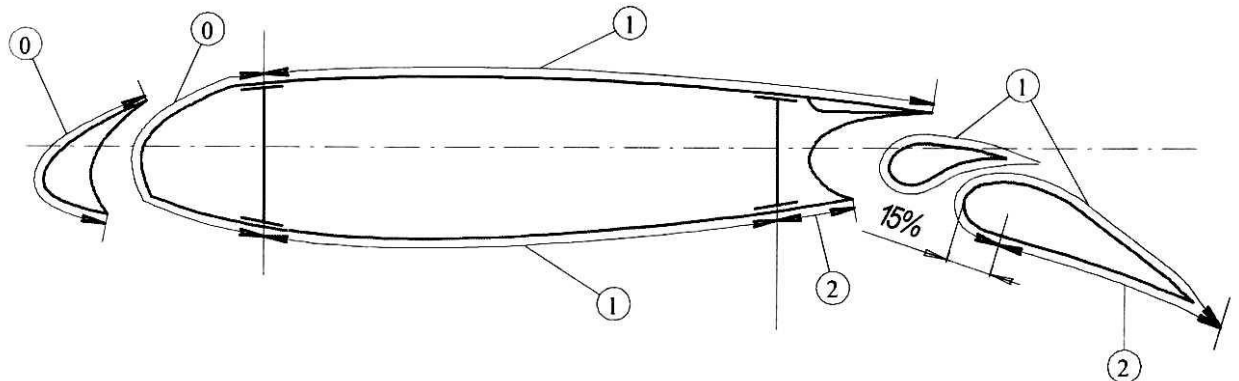


Рисунок 1.5 – Схема зон поверхні відокремленої частини крила

Вимоги до форми і якості зовнішньої поверхні відокремленої частини крила представлені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Вимоги до форми і якості зовнішньої поверхні відокремленої частини крила

№ п/п	Параметр відхилень від зовнішньої поверхні	Значення параметру, мм		
		зона 0	зона 1	зона 2
1	Виступання головок потайних заклепок	> 0,05	> 0,05	> 0,1
2	Утяжка обшивки навколо головки заклепки	> 0,05	> 0,1	> 0,2
3	Виступання потайних головок незнімних болтів і гвинтів	> 0,05	> 0,05	> 0,05
4	Западання потайних головок незнімних болтів і гвинтів	> 0,05	> 0,02	> 0,02
5	Виступання потайних головок знімних болтів і гвинтів	> 0,05	> 0,05	> 0,05
6	Западання потайних головок знімних болтів і гвинтів	> 0,05	> 0,25	> 0,25
7	Уступи на стиках листових обшивок, незнімних панелей, технологічних люках	> 0,1	> 0,2	> 0,1
8	Уступи на кришках експлуатаційних люків, знімних панелях,	> 0,2	> 0,25	> 0,4
9	Точність форма відокремленої частини крила в плані (по хорді)	±4		
10	Точність форма відокремленої частини крила в плані (за розмахом)	±10		
11	Відхилень зовнішніх обводів агрегатів відокремленої частини крила від теоретичного контуру	> 0,5	> 1,0	> 1,5
12	Величина хвилястості поверхні агрегатів відокремленої частини крила в межах допуску на невписання в ТК	> 0,001	> 0,002	> 0,003
13	Допуск на виготовлення зубів механізації та керування (по хорді)	±2		
14	Висота сходинки між задньою кромкою носка, що відхиляється (передкрилка) і нерухомою частиною відокремленої частини крила	±1		

2 Вимоги до складання кесонної частини відокремленої частини крила:

2.1 Кесон відокремленої частини крила повинен відповідати кресленням та ТУ.

2.2 Виконання прохідних швів повинна проводитися на герметик У30МЕС-5М. Виконання інших з'єднань здійснюється із застосуванням заповнювач ВЗ-27М, а також без нього.

2.3 Допустиме відхилення на відстань між лонжеронами ± 1 мм.

2.4 Зсув нервюр щодо теоретичних осей нервюр $< \pm 1$ мм.

2.5 Допустиме відхилення стійок лонжеронів щодо ТКК ± 1 мм.

2.7 При двухрядном болтовому або заклепувальний шві допускається відхилення величини міжряддя ± 2 мм.

2.8 Оброблення отворів під болти з натягом виробляти по Н7 з шорсткістю Ra 1,6 Для всіх болтів зняти фаски під галтелі:

- $\varnothing 5, \varnothing 6$ мм = $0,7^{+014} \times 45^\circ$;
- $\varnothing 8, \varnothing 10$ мм = $0,7^{+016} \times 45^\circ$.

2.9 Після остаточної тарованій затяжки болтів на гайку і виступаючу різьбову частину, що знаходяться поза кесона, нанести контрольну мітку червоною фарбою.

3 Вимоги до складання носового відсіку відокремленої частини крила:

3.1 Носовий відсік повинен відповідати кресленням та ТУ, що діють.

3.2 Потайні заклепки, що виходить на ТК більше 0,05 мм, фрезерувати. Сліди фрези на зовнішній поверхні обшивки не допускаються. Покриття фрезерованих головок – місцеве хімоксидування.

3.3 У рухливих з'єднаннях типу «вуха-вилка» мінімальний зазор між вухом і вилкою 1 мм.

3.4 Допустимі відхилення осей силових нервюр ± 1 мм, інших ± 2 мм. Допустимі відхилення по кроку кріплення ± 2 мм.

3.5 При двухрядном болтовому або заклепувальний шві допускається відхилення величини міжряддя ± 1 мм.

3.6 Допускається западання різьбової частини болтів в пакет до 1 мм для болтів кріплення знімних панелей і люків, що встановлюються на анкерних гайках.

3.7 В пакетах з композиційними матеріалами заклепки встановлювати головкою, що замикає з боку шайби або металевої деталі.

3.8 Відхилення осі обертання носків, що відхиляється по його опор не більше 0,5 мм.

4 Вимоги до складання хвостового відсіку відокремленої частини крила:

4.1 Хвостовий відсік повинен відповідати кресленням та ТУ, що діють.

4.2 Потайні заклепки, що виходить на ТК більше 0,05 мм, фрезерувати. Сліди фрези на зовнішній поверхні обшивки не допускаються. Покриття фрезерованих головок – місцеве хімоксидування.

4.3 У рухливих з'єднаннях типу «вухо-вилка» мінімальний зазор між вухом і вилкою 1 мм.

4.4 Допустимі відхилення осей силових нервюр ± 1 мм, інших ± 2 мм. Допустимі відхилення по кроку кріплення ± 2 мм.

4.5 Сходинки в плані між двома поруч розташованими панелями по їх задній кромці не більше 4 мм.

4.6 Відхилення площин механізмів від теоретичних не більше 0,5 мм.

4.7 Встановлені на відокремленої частини крила елерони повинні повертатися плавно, без ривків і заїдань.

4.8 Допустимі відхилення осей обертання елеронів і інтерцепторів від теоретичної осі обертання по опорах не більше 0,5 мм. Контролювати оснащенням.

4.9 Допустимі відхилення осей обертання інтерцепторів від співвісності не більше 0,5 мм. Контролювати оснащенням.

5 Вимоги до складання ДСЕ з ПКМ:

5.1 Агрегати з ПКМ і встановлюються на них ДСЕ з ПКМ повинні відповідати кресленням і ТУ.

5.2 Агрегати та деталі з ПКМ не повинні піддаватися ударам і іншим механічним пошкодженням, що викликають пошкодження типу пробоїн (проколів), забоїн, подряпин. Інакше зробити неруйнівний контроль.

5.3 Для запобігання в конструкціях з ПКМ розшарування всі клепальні роботи на ділянках установки кріплення виконувати тільки безударним інструментом.

5.4 Поверхні виходять на ТК повинні бути рівними, гладкими без хлопунів і вм'ятин, без складок і сходинок, що перевищують товщину одного моношару, без виходу текстури та інших відхилень.

5.5 На торцях деталей після обрізки не допускаються забоїни, відколи, розшарування.

5.6 Для зовнішніх поверхонь деталей і агрегатів відокремленої частини крила, що виходять на ТК перед їх фарбуванням допускаються:

- плавне відхилення від контуру не більше 0,5 мм на довжині 1 м;
- складки (утяжки) глибиною не більше 0,5 мм, шириною не більше 3 мм, довжиною до 50 мм в 3-х місцях на 1 м² поверхні;
- проступання текстури тканини та точкові вм'ятини з глибиною дефектів не більше 0,2 мм;
- подряпини глибиною не більше 0,1 мм, довжиною не більше 100 мм в кількості не більше 3-х штук на 1 м поверхні.

1.4 Аналіз технологічності відокремленої частини крила

Технологічність конструкції – сукупність властивостей конструкції виробу, які проявляються у можливості оптимізації витрат праці, коштів, матеріалів і часу при технічній підготовці виробництва, виготовленні, експлуатації та ремонту конструкцій виробів того ж призначення при забезпеченні встановлених значень показників якості і прийнятих умов виготовлення, експлуатації та ремонту.

Технологічність – властивість конструкції, закладена в ній при проектуванні і дозволяє отримати виріб з заданим рівнем якісних характеристик і високими техніко-економічними показниками у виробництві і експлуатації.

Оцінку технологічності конструкції відокремленої частини крила будемо оцінювати якісним методом. При якісній оцінці технологічності вважається достатнім виявити характер відмінності в очікуваних витратах ресурсів, а не ступінь цієї відмінності як при кількісній оцінці. Якісна оцінка допустима на всіх стадіях проектування виробу.

Конструкція відокремленої частини крила відповідає цілому ряду загальних вимог технологічності, а саме:

1 Простота форм, поверхонь.

Форма обводів відокремленої частини крила визначається аеродинамічними вимогами, тому вимагає достатньої точності виготовлення, високої чистоти поверхні, що виходить в потік. Фоми відокремленої частини крила виконані по лінійному утворенні, крім закінцівки та обтічників механізмів закрилків Спрощення форм елементів конструкції агрегату, можна отримати раціональним КТЧ відокремленої частини крила.

2 Раціональне членування відокремленої частини крила.

Раціональне членування конструкції дозволяє отримати ряд істотних переваг при проектуванні і експлуатації. КТЧ виконується на стадії ескізного проектування, коли визначені тільки обводи.

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

Параметри стандартних вузлів і деталей ретельно відпрацьовані, виготовлення організовано на спеціалізованих підприємствах, що визначає високу якість і низьку собівартість стандартних вузлів і деталей, внаслідок чого їх широко застосовують в конструкціях.

4 Максимальне використання в конструкції матеріалів, які легко піддаються обробці та раціональних заготовок.

Виконання цієї вимоги дозволяє значно знизити трудомісткість обробки деталей, полегшити їх деформування при зміні форми, спростити оброблення отворів під з'єднувальне кріплення. При цьому підвищується продуктивність праці, а також коефіцієнт використання матеріалу. Номенклатуру раціональних заготовок обирають за умовами виробництва, використовуючи методи раціонального розкрою. Але при цьому геометрична форма деталей повинна сприяти цьому. До які легко піддаються обробці матеріалів відносять традиційні алюмінієві та титанові сплави. До раціональних заготівлях, як правило, відносять точні штампування для великогабаритних деталей, точне лиття, профілі різного сортаменту.

У конструкції відокремленої частини крила використовуються такі матеріали: Д16Т, 1163Т, 1163АТ, 1161Т, 1973Т2, 1933, В95чтТ2, ВТ22. Ці матеріали добре зарекомендували себе у виробництві літальних апаратів і забезпечують достатню міцність при малій вазі. Також в конструкції відокремленої частини крила використовуються ПКМ, що характеризуються простотою формоутворення і малою питомою вагою.

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

Розрахунок розмірних ланцюгів обумовлює необхідну точність виготовлення деталей і складальних одиниць, а також точність монтажу та регулювання систем. Вихідні первинні допуски задають в технічній документації на літак. Технологічні розмірні ланцюги розраховує технолог, що дає можливість оптимізувати вибрані методи складання, методи виготовлення деталей і забезпечення взаємозамінності, які в свою чергу впливають на технологічність виробу.

Таким чином, точність розмірів при виготовленні і складанні можна змінювати, зберігаючи, проте, задану якість об'єкта. При зниженні точності зменшується трудомісткість і собівартість. Витрати виробництва при обробці поверхонь деталей залежать від класу необхідної чистоти (шорсткості) і способу обробки. Точіння, шліфування, полірування, хонінгування, обробка дробом і інші процеси повинні бути унормовані технічною документацією. При цьому рівень чистоти обробки поверхонь слід задавати обґрунтовано, тому що в протилежному випадку можуть виникнути складності при виробництві і контролі, які погіршать технологічність конструкції.

Конструкція відокремленої частини крила дозволяє вести складання з компенсацією похибок виготовлення деталей і складальних одиниць. Компенсація забезпечується компенсаторами, кницями.

6 Наявність підходів для контролю якості.

Для забезпечення цієї вимоги в конструкції відокремленої частини крила передбачені люки, знімні і відкидні панелі і підходи для контролю всіх можливих елементів конструкції.

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

Дотримання цієї вимоги є одним з головних, так як для конструктора це найбільш ефективний метод досягнення належного рівня технологічності.

Спираючись на якісний аналіз технологічності конструкції можна зробити висновок, що конструкція відокремленої частини крила є достатньо технологічною та може виготовлятися серійно.

Висновки по розділу 1

В конструкторському розділі виконано наступні завдання:

- проведено конструктивно-технологічний аналіз відокремленої частини крила;
- виконано розрахунок конструкції відокремленої частини крила на міцність;
- складено технічні умови на виготовлення та проведено аналіз технологічності відокремленої частини крила;
- проведено аналіз технологічності відокремленої частини крила.

При проектуванні конструкції відокремленої частини крила була проведена робота по забезпеченню її технологічності і, як показав аналіз, вона задовольняє практично всім основним вимогам, що говорить про її достатню технологічність.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Аналіз існуючого виробництва, технологічні заходи щодо підвищення якості виробу та ефективності виробництва

Критерієм, що характеризує тип виробництва, є кількість і трудомісткість виробів, що виготовляються, рівень застосовуваної техніки і ступінь спеціалізації.

В даному випадку тип виробництва дрібносерійний. З аналізу існуючого виробництва у цеху-прототипі (ДП «Антонов», агрегатно-складальний цех 18), можна зробити висновок, що кількість продукції, перш за все, забезпечується правильною підготовкою і веденням технологічного процесу, станом обладнання, інструменту, оснащення, кваліфікацією робітників і їхнього ставлення до своєї праці.

З підсумку, можна сказати, що дане виробництво недостатньо розвинене технологічно, в умовах великого замовлення було б малоефективним. Але на увазі малого об'єму сучасних замовлень, технологія відповідає пред'явленим вимогам до виробництва.

При серійному виробництві, пропонуються наступні заходи для підвищення ефективності виробництва:

- створення спеціалізованих цехів, що займаються вузловими та секційним складанням; створення цеху панелей, в котрому будуть збиратися панелі для усіх відсіків фюзеляжу;
- так як більше 90% з'єднань виконуються клепаними або клеєклепаними з'єднаннями високий рівень розвитку технології виробництва такого роду з'єднань дозволяє автоматизувати і механізувати клепально-складальні роботи шляхом застосування автоматичного і пресового обладнання, свердлильно-зенковальних пристроїв;
- застосування різних механізованих і автоматизованих пристроїв в складальних стапелях, окрім механізованого інструменту.

2.2 Розробка та обґрунтування схеми конструктивно-технологічного членування відокремленої частини крила

Під членуванням відокремленої частини крила розуміють його поділ конструктивними, експлуатаційними і технологічними роз'ємами на агрегати, відсіки, секції, панелі, вузли та деталі.

Роз'єм – це сукупність складальних баз, що становлять поверхню і роз'єднує в заданому місці планер на частини.

Конструктивними називають роз'єми, викликані відмінністю в функціях окремих елементів планера, різкою різницею в конструкції окремих

частин, застосуванням різних матеріалів, відносним переміщенням окремих ланок і частин конструкції.

Експлуатаційними називають роз'єми, які визначають за вимогами експлуатації-транспортування, заміни окремих частин, зручності підходів при регламентних оглядах.

Технологічними називають роз'єми, що спрощують складання і монтаж, що підвищують техніко-економічні показники виробництва з урахуванням програми випуску виробів.

Роз'єми конструктивно оформляються у вигляді стиків: фланцевих, вилчастих, телескопічних, стрічкових, роз'ємних (за допомогою болтів, гвинтів, шпильок і т.п.) і нероз'ємних (за допомогою заклепок, зварювання, пайки, склеювання). Використання різних схем роз'ємів і типів стиків визначається тим, які вимоги при членуванні прийняті за основні. Можливе поєднання конструктивних, експлуатаційних і технологічних роз'ємів, що зменшує масу конструкції. Збільшення монолітності конструкції зменшує число стиків. Надмірно дрібне членування, як і велика монолітність, можуть бути за певних умов неефективними.

Сучасний досвід проектування і виробництва літаків доводить, що правильне їх членування на агрегати, відсіки, панелі і вузли забезпечує:

- поділ і спеціалізацію праці при проектуванні та виробництві, що сприяє скороченню термінів випуску агрегату і підвищення його якості;
- застосування паралельних схем складання, що скорочує виробничий цикл;
- поліпшення умов праці при складанні вузлів, секцій та агрегату в цілому;
- полегшення транспортування при виготовленні та ремонті;
- використання механізації та автоматизації складальних робіт, що веде до підвищення продуктивності праці;
- полегшення ремонту літака.

З урахуванням вищевикладених міркувань конструкція відокремленої частини крила розчленована на наступні конструктивні одиниці:

- лонжерон 1;
- лонжерон 2;
- носова частина;
- хвостова частина;
- секція панелей верхніх (нерв'юри 3-22);
- секція панелей верхніх (нерв'юри 22-28);
- панелі верхні знімні;

- секція панелей нижніх (нервюри 3-22);
- панель нижня (нервюри 22-28);
- нервюри;
- закінцівка;
- вузли навішування пілона двигуна;
- механізм управління механізацією крила;
- обтічники механізмів управління закрилками;
- носок, що відхиляється;
- секція передкрилків;
- секція закрилків;
- елерон;
- секції інтерцепторів.

Прийняте членування дозволяє досягти наступного:

- комплексно механізувати та автоматизувати процеси складання;
- забезпечити найкращі умови контролю якості операцій складання;
- зменшити цикл складання;
- забезпечити транспортування вузлів, секцій відсіків та агрегату відокремленої частини крила в цілому.

Схема конструктивно-технологічного членування відокремленої частини крила літака типу Ан-178 представлено в додатках.

2.3 Розробка схеми складання відокремленої частини крила та маршрутного (директивного) технологічного процесу складання. Обґрунтування методів складання та необхідної номенклатури складальних пристроїв для крила та вхідних підбірок

Схема складання – послідовність подачі деталей та складальних одиниць на складання.

Залежно від ступеня членування конструкції на складальні одиниці, ступеня диференціації складальних та монтажних робіт виділяють наступні схеми складання:

- послідовна;
- паралельна;
- паралельно-послідовна.

Послідовна схема складання застосовується для конструкції агрегатів літака в умовах одиничного або дрібносерійного виробництва, коли в схемі членування не виділені панелі. Деталі та дрібні складальні одиниці

послідовно нарощують на базову деталь або встановлюють на фіксатори складальних пристроїв. Тут, як правило, всі монтажні роботи виконують після складання-стикування.

По даній схемі складання та монтаж виконують в умовах, в яких важко застосовувати механізацію процесів. Це значно збільшує показники трудомісткості робіт та цикл складально-монтажних робіт. Найчастіше застосовується для складання складних вузлів і панелей.

Паралельна схема застосовується для складання агрегатів та відсіків, розчленованих на панелі і вузли, які складаються паралельно (незалежно один від одного). Монтажні роботи повністю або частково переносять на панелі. Широко використовують засоби механізації і автоматизації операцій установки кріплення. При роботі за даною схемою забезпечується висока якість робіт, різко скорочуються трудомісткість та цикл складально-монтажних робіт.

Паралельно-послідовна схема використовується при складанні агрегатів, розчленованих на панелі, які складаються паралельно, потім стикуються, а після цього виконують монтажні роботи на складеному агрегаті. Величина трудомісткості і циклу складально-монтажних робіт займає проміжне місце між послідовної та паралельної схемами складання.

Складання відокремленої частини крила ведеться по паралельно-послідовної схемою:

1 В окремих пристроях ведеться складання відокремленої частини крила та вхідних конструктивних одиниць: верхніх і нижніх панелей, нервюр, лонжеронів, носової і хвостової частин, закінцівки, обтічників механізмів управління закрилками.

2 Вузли та панелі в порядку черговості, що задається схемою складання, надходять в складального пристрою відокремленої частини крила де відбувається їх взаємне з'єднання.

3 Відокремленої частини крила надходить на стенди позастапельного складання, де ведеться монтаж систем.

4 Відокремленої частини крила надходять в стенд розробки роз'єму, де проводитиметься їх нівелювання і розробка фланцевих стиків.

5 Відокремленої частини крила транспортується на ділянку герметизації, де проводяться поверхнева герметизація баків-кесонів, опресовування повітрям та випробування паливної, дренажної систем на герметичність, там же остаточно встановлюються знімні панелі КЧК і кришки люків-лазів.

6 Відокремленої частини крила надходить в стенд комплектації крила механізацією і управлінням, де монтуються системи управління

передкрилками, закрилками, елеронами і інтерцепторами, навішуються передкрилки, закрилки, елерони і інтерцептори, проводиться їх вписування в теоретичний контур і попередня відпрацювання систем управління.

7 Відокремленої частини крила з механізацією та управлінням відправляється в цех загального складання на стиковку з фюзеляжем.

Методи складання поділяють за двома основними ознаками:

1 Спосіб базування складальних одиниць при операціях по установці.

Виділяються наступні методи складання:

- складання за кресленням;
- складання по розмітці;
- складання по базових отворах (БО);
- складання по складальних отворах (СО);
- складання з застосуванням складального пристрою.

За цією ознакою при складанні відокремленої частини крила застосовується в основному складання із застосуванням складального пристрою, що забезпечує найбільшу точність, що вимагає складної складальної оснастки. Практично всі вузли, панелі та відокремленої частини крила складаються за цим методом з базуванням по зовнішньому контуру. Тільки несилкові нервюри складаються по складальним отворах (СО), тому що при їх установці на крило використовуються компенсатори та книці, що компенсують похибки складання нервюр. При складанні по СО не потрібно складного складального оснащення, що значно здешевлює та скорочує процес технологічної підготовки виробництва.

2 Ступінь взаємозамінності деталей, вузлів, панелей та відсіків.

Виділяються наступні методи складання:

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

При складанні відокремленої частини крила використовується метод неповної або обмеженої взаємозамінності з компенсацією похибок, який дозволяє істотно спростити технологію заготівельних та складальних робіт.

2.4 Розробка схеми ув'язування заготівельного і складального оснащення для складання відокремленої частини крила

Ув'язка – це властивість двох або більше сполучених складових частин одного виробу, що забезпечує можливість їх складання та спільного застосування у виробі.

Існують наступні методи ув'язування:

1 Плазово-шаблонний метод (ПШМ).

Даний метод полягає в тому, що агрегат викреслюється на плазі, за яким потім виготовляються жорсткі носії форм і розмірів: шаблони, зразки поверхні, макети стиків і т.д. Даний метод використовується в основному для ув'язування плоских вузлів.

2 Еталон-шаблонний метод (ЕШМ).

Еталонно-шаблонний метод забезпечення взаємозамінності базується на використанні наступної контрольної-вимірювальної оснащення: плаза, шаблонів, еталонів поверхні агрегатів і відсіків, контрелалонів, монтажних еталонів агрегатів, калібрів, контркалибрів і майстер-плит. У цьому методі першоджерелом ув'язування заготівельно-складальної оснастки є еталон поверхні. Він являє собою просторовий плазми, тому що несе розмітку базових отворів поперечного та поздовжнього набору і розмітку положення стикових вузлів. Даний метод використовується при великосерійному виробництві при ув'язці просторових вузлів.

3 Координатно-шаблонний метод (КШМ).

У цьому методі першоджерелом ув'язування використовують комплекти ШКК та креслення пристроїв, які дають координати центрів монтажних отворів і отворів стикових болтів. Для монтажу складальних пристроїв використовують плаз-кондуктор та інструментальний стенд. КШМ використовується при виробництві літаків важкого і середнього типу.

4 Метод об'ємної ув'язування (МОУ).

Даний метод, на відміну від попередніх, забезпечує високий рівень ув'язування деталей бортових систем між собою і з деталями каркаса. Для вирішення завдань створення в сфері підготовки виробництва спеціальної об'ємної контрольної оснастки, що забезпечує еталонування елементів бортових систем, використовується МОУ, який передбачає виготовлення базового зразка і об'ємного плаза. Базовий еталон являє собою в натуральну величину виконаний макет поверхні агрегату з встановленими на ній калібрами стикових вузлів. Об'ємний плаз – це просторове контрольне оснащення, в якій еталонуються всі елементи конструкції агрегату. Він ефективний при великосерійному виробництві літаків з високим ступенем насиченості бортовими системами.

5 Програмно-інструментальний метод (ПІМ). Незалежний спосіб забезпечення взаємозамінності, заснований на використанні електронно-обчислювальної техніки для завдання і обробки вихідної інформації на устаткуванні з ЧПУ, що використовуються для виготовлення оснастки. Метод дозволяє широко використовувати засоби механізації та автоматизації

технологічних процесів на всіх етапах виготовлення оснастки і деталей. Незалежно виготовляються шаблони, зразки поверхні, робочі контури рубильників, що веде до різкого скорочення термінів підготовки виробництва, зменшення трудомісткості обробки робочих контурів. Метод доповнюється застосуванням інформаційних систем та ПК, що дозволяє виготовити складальні пристрої будь-якої складності.

Для вибору метода ув'язування заготівельної та складальної оснастки проведемо розрахунок точності виконання обводу відокремленої частини крила для методів програмно-інструментального методу (ПРИМ) та еталонно-шаблонного методу (ЕШМ).

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

$$\delta_{ск} = \delta_{пр} + k_{приж} C_{конт.пр.дет} + \delta_{ін}, \quad (2.1)$$

де $\delta_{пр}$ – допуск на пристрою;

$C_{конт.пр.дет}$ – похибка ув'язування контуру для пристрою і деталі;

$k_{приж}$ – коефіцієнт, що залежить від кількості прижимів, $k_{приж} = 0,1$;

$\delta_{ін}$ – частина допуску на складання, обумовлена іншими похибками від поводок і зсувів, викликаних утворенням з'єднань, прогинами пристрою в процесі складання та іншими незалежними від методу складання причинами, $\delta_{ін} = 0,4\delta_{ск}$.

Величина допуску на пристрій $\delta_{пр}$ визначається сумою похибок на етапах перенесення розмірів від першоджерела ув'язування використовуваного методу ув'язування до пристрою:

$$\delta_{пр} = \sum \Delta \pm \sqrt{\sum \left(\frac{\delta_i}{2}\right)^2}; \quad (2.2)$$

де Δ_i – координата середини поля допуску окремого етапу переносу:

$$\Delta_i = \frac{BO + HO}{2}; \quad (2.3)$$

$\frac{\delta_i}{2}$ – половина поля допуску окремого етапу переносу:

$$\frac{\delta_i}{2} = \frac{BO + HO}{2}; \quad (2.4)$$

BO – нижнє граничне відхилення розмірів від номінального значення;

HO – верхнє граничне відхилення розмірів від номінального значення.

Похибка ув'язування контуру пристрою і деталі $C_{конт.пр.дет}$ визначається відхиленнями на незв'язаних етапах перенесення розмірів:

$$C_{\text{конт.пр.дет}} = \sum \Delta \pm \sqrt{\sum \left(\frac{\delta_i}{2}\right)^2}. \quad (2.5)$$

Схеми перенесення розмірів для методів ПРИМ і ЕШМ показані на рис. 2.1 і 2.2.

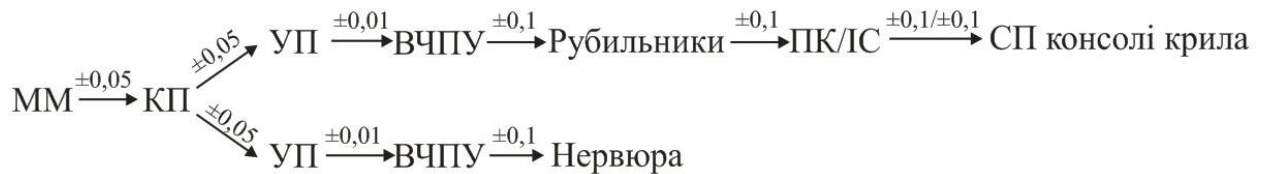


Рисунок 2.1 – Схема перенесення розмірів для методу ПРИМ

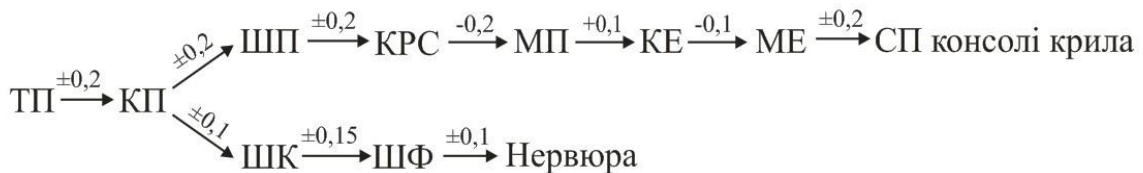


Рисунок 2.2 – Схема перенесення розмірів для методу ЕШМ

Відповідно приведених схем маємо:

1 Похибка виготовлення пристрою складатиме:

- для ПРИМ:

$$\delta_{np} = \pm \sqrt{0,01^2 \cdot 5 + 0,05^2 \cdot 2} = \pm 0,23 \text{ мм.}$$

- для ЕШМ:

$$\delta_{np} = (-0,1 + 0,05 - 0,05) \pm \sqrt{0,2^2 \cdot 3 + 0,1^2 + 0,05^2 \cdot 2} = -0,1 \pm 0,37 \text{ мм.}$$

2 Похибка ув'язування контуру пристрою і деталі складатиме:

- для ПРИМ:

$$C_{\text{конт.пр.дет}} = \pm \sqrt{0,05^2 \cdot 2 + 0,1^2 \cdot 7} = \pm 0,27 \text{ мм.}$$

- для ЕШМ:

$$C_{\text{конт.пр.дет}} =$$

$$= (-0,05 - 0,1 + 0,05 - 0,05) \pm \sqrt{0,05^2 \cdot 3 + 0,2^2 \cdot 2 + 0,15^2 + 0,1^2 \cdot 2} =$$

$$= -0,15 \pm 0,36 \text{ мм.}$$

Отже, похибка складання становить:

- для ПРИМ:

$$\delta_{ск} = \frac{(-0,23 \pm 0,1 \cdot (\pm 0,27))}{0,6} = -0,43 \text{ мм;}$$

$$\text{НО} = -0,43 \text{ мм;}$$

$$\text{ВО} = 0,43 \text{ мм.}$$

- для ЕШМ:

$$\delta_{ск} = \frac{(-0,1 \pm 0,37 + 0,1 \cdot (-0,15 \pm 0,36))}{0,6} = -0,19 \pm 0,68 \text{ мм};$$

$$НО = -0,87 \text{ мм};$$

$$ВО = 0,49 \text{ мм}.$$

Порівнюючи отримані результати з допуском на відокремлена частина крила по ТУ ($\delta_{ск} = \pm 1 \text{ мм}$), визначаємо, що необхідної точності задовольняють обидва методи, але для ув'язування складальної і заготівельної оснастки виготовлення відокремлена частина крила застосовуємо метод ПРИМ як більш точний і менш дорогий, ніж ЕШМ.

Схему ув'язування заготівельного і складального оснащення для складання відокремленої частини крила літака типу Ан-178 представлено в додатках.

2.5 Визначення типових операцій, розробка та нормування маршрутно-операційного технологічного процесу складання відокремленої частини крила

Технологічний процес – це частина виробничого процесу, яка містить цілеспрямовані дії по зміні і визначення стану предмета праці. В даному випадку ми розробляємо одиничний технологічний процес складання відокремленої частини крила, який враховує конкретну конструкцію, технологічні умови складання і заданий тип виробництва. При цьому при маршрутному описі ТП скорочено описуються в послідовності їх виконання по окремих робочих місць без вказівки переходів і технологічних режимів.

Операційне опис ТП – це повний опис технологічних операцій на даному робочому місці, із зазначенням окремих переходів (наприклад, свердління отворів під заклепку, зенкування під заставу головку заклепки, осадку стержня і т.д.), настановних баз при складанні.

В цілому, технологічна операція – це закінчена частина технологічного процесу, виконувана на одному робочому місці.

Маршрутно-операційний опис ТП – це скорочений опис технологічних операцій в послідовності їх виконання з повним описом окремих операцій, деяких переходів, із зазначенням засобів технічного оснащення (ЗТО), кваліфікації розряду робітників і нормування операцій з подальшим визначенням технологічної собівартості складання відокремленої частини крила.

Розробка робочого ТП залежить від типу виробництва, виду виробництва і конкретної конструкції відокремленої частини крила.

У нашому випадку тип виробництва – серійний, вид виробництва – складальне.

Нормування операцій дозволяє встановити мінімально необхідний час її виконання при мінімальному числі робочих з встановленим якістю об'єкта.

Розрахунок операційного часу проводиться з урахуванням основного і допоміжного часу. Основний час – це частина штучного часу, що витрачається безпосередньо на зміну і подальше визначення стану предмета праці. Допоміжний час – це частина штучного часу, що витрачається на виконання прийомів, необхідних для забезпечення дій робітника в основний час. Основний і допоміжний час складають оперативний час.

В цьому випадку при реалізації ТП складання відокремленої частини крила використовуємо, в основному, стандартний інструмент (свердла, розгортки, зенкування, свердлильні машини, клепальні молотки, а також універсальний слюсарний інструмент). Як устаткування використовуємо підйомно-транспортні засоби типу кран-балки для виймання відокремленої частини крила з складального пристрою. Також використовуємо помости навколо СП і верстати на етапі позастапельного складання.

Для здійснення розробленого техпроцесу необхідно оформити технічні умови на поставку вузлів і деталей відокремленої частини крила (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – ТУ на поставку вузлів для складання відокремленої частини крила

Найменування	Ступінь закінченості ДСЕ
Лонжерон 1	складений з відмінностями від креслення: <ul style="list-style-type: none"> • КФО в стінці; • по роз'єму (н-ра 3) – техприпуск 3 мм; • діаметр ОСБ по роз'єму з центропланом на 4 мм менше номіналу; • НО в поясах в сторону панелей.
Лонжерон 2	складений з відмінностями від креслення: <ul style="list-style-type: none"> • КФО в стінці; • по роз'єму (н-ра 3) – техприпуск 3 мм; • діаметр ОСБ по роз'єму з центропланом на 4 мм менше номіналу; • НО в поясах в сторону панелей.
Носова частина	складений з відмінностями від креслення: <ul style="list-style-type: none"> • нижні відкідні панелі не встановлені; • по верхніх панелях, в сторону панелей кесона – техприпуск 5 мм.

Продовження таблиці 2.1

Найменування	Ступінь закінченості ДСЕ
Хвостова частина	складений з відмінностями від креслення: <ul style="list-style-type: none"> нижні відкідні панелі не встановлені; по верхніх панелях, в сторону панелей кесона – техприпуск 5 мм.
Нервюри 4-7, 10-28	складений з відмінностями від креслення: <ul style="list-style-type: none"> компенсатори та книці не встановлені; НО в стінках і поясах в сторону стійок лонжеронів.
Нервюри 8, 9	виготовлені відповідно креслення: <ul style="list-style-type: none"> НО в сторону лонжеронів та панелей; попередні ОСБ під кріплення кронштейнів навішування пілону.
Панель верхня	складений з відмінностями від креслення: <ul style="list-style-type: none"> знімні панелі встановлені на техкріпленні; по роз'єму (н-ра 3) – техприпуск 3 мм.
Панель нижня	складений з відмінностями від креслення: <ul style="list-style-type: none"> люки-лази не встановлені; по роз'єму (н-ра 3) – техприпуск 3 мм.
Закінцівка	складений з відмінностями від креслення, припуск обшивки зі сторони нервюри 28 – 5 мм.

2.6 Обґрунтування засобів ведення складального процесу, його механізації й автоматизації

У сучасному літакобудівному виробництві рівень механізації складальних процесів (відношення трудомісткості робіт, виконуваних механічними засобами, до загальної трудомісткості складання) коливається в дуже широкому діапазоні:

- часткова механізація, при якій механізовані засоби застосовують лише на деяких складальних операціях, а основна частка робіт здійснюється вручну за допомогою найпростішого немеханізованого інструменту;
- комплексна механізація, коли всі основні робочі операції виконуються за допомогою механізованих інструментів і пристроїв;
- часткова автоматизація, коли частина процесів складання здійснюється із застосуванням автоматизованих засобів, а інші операції виконуються складальниками за допомогою механізованих інструментів і пристроїв;
- комплексна автоматизація, що представляє собою вищу форму механізації складання – на цьому ступені всі робочі операції, а також операції

регулювання сполучень і контролю зібраних складальних одиниць і виробів виконуються машинами-автоматами під наглядом наладчиків.

Технологічний процес складання та організація складальних робіт обумовлюють застосування тих чи інших засобів механізації, причому, з одного боку, ступінь досконалості організації складання впливає на техніко-економічну ефективність механізації, а з іншого – раціональна механізація сприяє вдосконаленню організації складання.

Основними передумовами для автоматизації складальних процесів служать достатні стабільність і обсяг продукції, що випускається.

Ефективність застосування автоматизованих пристроїв при складанні обумовлюють:

- ідентичність операцій при складанні різних виробів або складальних одиниць;
- значна трудомісткість складання;
- наявність високого браку в процесі ручного складання;
- небезпека отримання травми і висока вартість складання.

Одним із засобів, що полегшують автоматизацію складання і підвищують ступінь універсальності автоматичних складальних ліній, є змішане застосування в них позицій автоматичного і ручного складання, а також компонування складальних установок з нормалізованих агрегатів і складальних одиниць, що допускають перекомпонування.

2.7 Розробка операційного технологічного процесу для складання панелі нижньої відокремленої частини крила

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

Робоча технологія містить такі відомості про процес складання:

1 Суть операцій і переходів технологічного маршрутно-операційного процесу. Послідовність їх повинна відповідати певним планам. У загальному випадку процес складання виконується в наступному порядку:

- підготовка деталей до складання;
- установка деталей в заданому кресленням положенні;

- фіксація деталей в установленому положенні;
- підготовка деталей до з'єднання;
- з'єднання деталей;
- контроль точності і якості з'єднань;
- заключні роботи.

2 Інструмент та обладнання, необхідне для кожної операції.

3 Норми часу на виконання операцій.

4 Спеціальність, кількість робітників і розряд робіт.

5 Операції контролю.

Складальне креслення та технологічний процес складання панелі нижньої відокремленої частини крила представлені в додатках.

2.8 Розробка схеми базування при складанні відокремленої частини крила

База – сукупність точок, ліній, поверхонь, щодо яких конструюється положення будь-яких інших точок, ліній, поверхонь, що відносяться до деталей або складальних одиниць, що складаються. По області застосування бази підрозділяють на конструкторські, технологічні і вимірвальні. Далі будемо розглядати тільки технологічні бази, які в свою чергу поділяються на установчі і складальні.

Установчі бази – це поверхні, лінії, точки, які використовуються для надання вузла або деталі необхідного положення щодо обраної системи координат, інших деталей, оснастки.

Складальні бази – це поверхні, лінії, точки, що належать деталями, що складаються і безпосередньо беруть участь в утворенні з'єднання. Від узгодження складальних баз залежить характер процесу складання (необхідність підгонки деталей).

У виробі, що складають кожен його елемент повинен займати щодо інших елементів строго зазначене положення. Для виконання цієї умови необхідно досягти визначеності базування кожного встановлюваного елемента виробу, що забезпечує необхідну якість геометричних контурів конструкції і складальної одиниці в цілому.

Для розробки схеми базування необхідно дотримуватися трьох основних принципів базування:

- єдності баз;
- постійності баз;
- збігу баз.

Схеми базування вузлів відокремленої частини крила представлені на рис. 2.3–2.8.

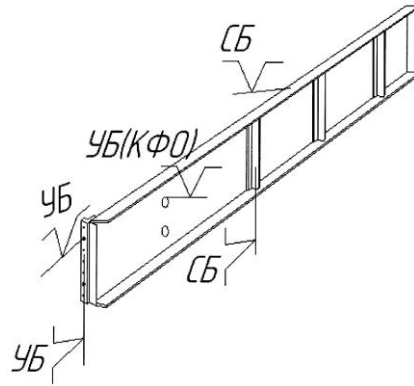


Рисунок 2.3 – Схема базування лонжерону

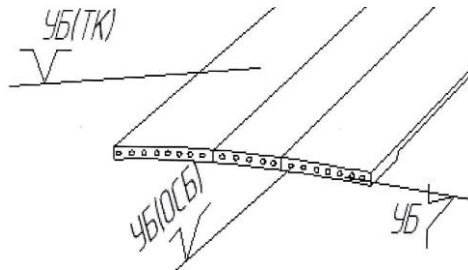


Рисунок 2.4 – Схема базування панелі

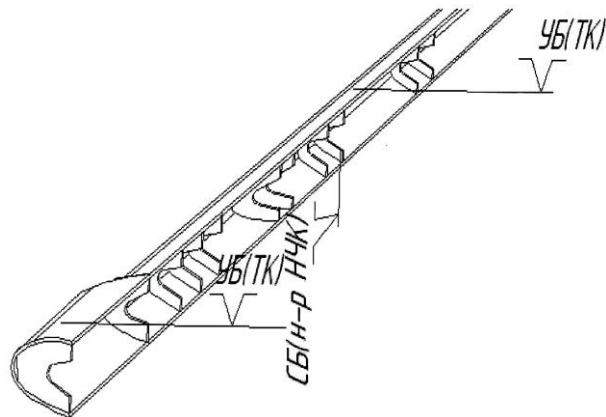


Рисунок 2.5 – Схема базування носового відсіку

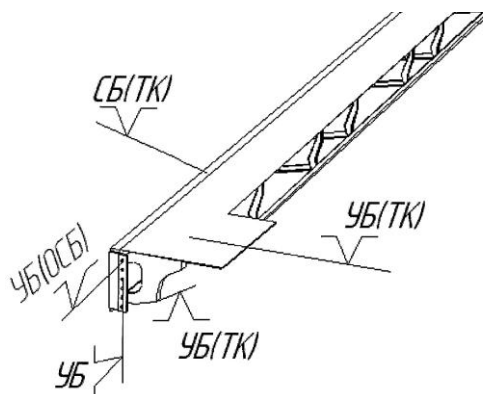


Рисунок 2.6 – Схема базування хвостового відсіку

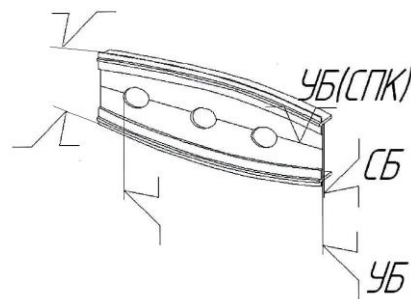


Рисунок 2.7 – Схема базування нервюри

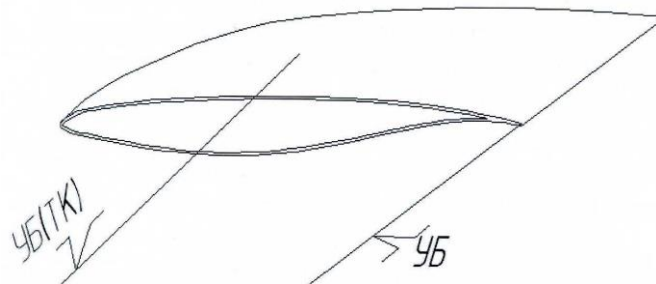


Рисунок 2.8 – Схема базування закінцівки

2.9 Розробка технічних умов на проектування і конструкцію складального пристрою відокремленої частини крила

Складальний пристрій – це пристрій, конструкція якого забезпечує правильне взаємне розташування, фіксацію і з'єднання вузлів і деталей, що входять в конструкцію заданого об'єкта.

Складальний пристрій відокремленої частини крила складається з наступних основних елементів:

- 1 Вертикальних колон забетонованих в фундамент;
- 2 Нижньої і верхньої подовжніх балок, виготовлених із зварених швелерів і листів. На балках встановлені залиті НІАТ-НЦ вилки для установки обвідних та точкових фіксаторів, а також для установки монтажних плит та калібрів при монтажі СП.
- 3 Підставок звареної конструкції під нижню подовжню балку, забетоновані в фундамент.
- 4 Перекладини для установки стапельної плити.
- 5 Рубильників, виготовлених з плит Д16Т на верстаті з ЧПУ.
- 6 Стапельної плити по роз'єму відокремленої частини крила з центропланом, виготовлену зі сталевих плит, оброблюваного по товщині, за шаблоном роз'єму.

Оброблення отворів проводиться за кондукторною плитою, виконаної з майстер-плити. Монтаж стапельної плити проводиться за допомогою монтажної плити.

На стапельну плиту переноситься інформація з майстер-плити:

- вісь лонжерона 1;
- вісь лонжерона 2;
- теоретичний контур крила;
- стики панелей;
- осі стрингерів.

7 Фіксаторів КФО по лонжеронах 1, 2.

8 Фіксаторів вузлів навішування елеронів і механізмів закрилків.

9 Фіксаторів механізмів передкрилка.

10 Фіксаторів вузлів навішування пілона двигуна, встановлених на окремій стаціонарній колоні.

11 Ложемета по задній кромці крила, встановленого на реперному майданчику нижньої балки СП.

12 Монтажних реперів, які встановлюються безпосередньо при монтажі каркаса складального пристрою, і призначених для кріплення елементів каркаса між собою.

Загальний вигляд складального пристрою відокремленої частини крила літака типу Ан-178 представлено на рис. 2.9

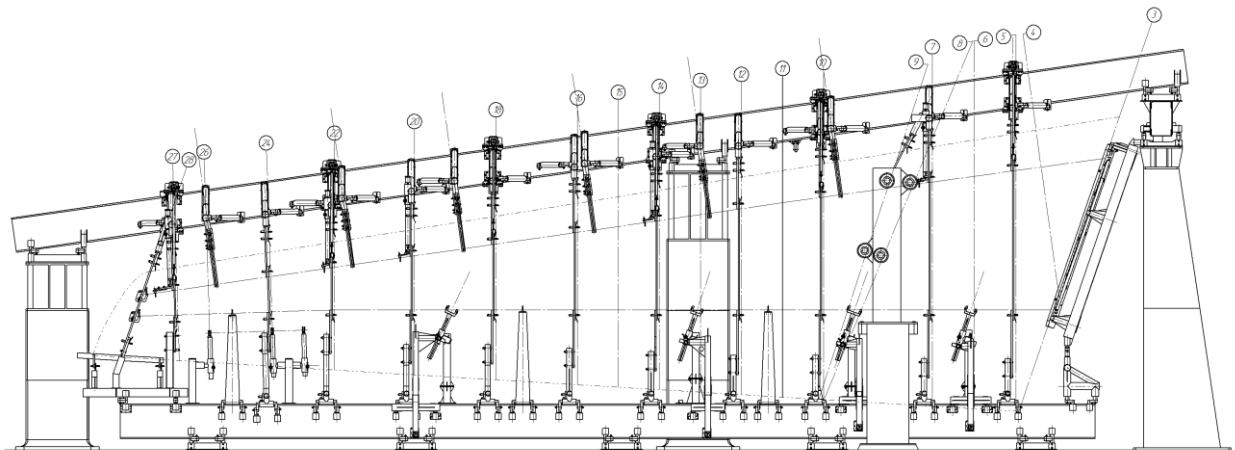


Рисунок 2.9 – Складальний пристрій відокремленої частини крила

Технічні вимоги, що пред'являються до СП відокремленої частини крила:

- 1 Монтаж проводити по монтажним плитам;
- 2 Рубильники обробляти на верстатах з ЧПУ з відхиленням від ТК не більше 0,3 мм;
- 3 Стапельну плиту виготовляти по майстер-плиті;
- 4 Складальний пристрій повинен забезпечувати складання відокремленої частини крила відповідно до вимог ТУ на виготовлення агрегату.

Роботи в СП ведуться ручним і переносним механізованим інструментом. Виймання складеного відокремленої частини крила проводиться в сторону і вгору. Підйом та транспортування відокремленої частини крила здійснювати верхнім транспортом за допомогою траверси, з'єднаної зі спеціальним пристроєм призначеним для виймання відокремленої частини крила зі складального пристрою.

2.10 Розробка конструкції представника оснащення другого порядку

Оснащення другого порядку є фізичним носієм розмірів і форм, з якими у встановлених межах точності повинно відповідати виробниче оснащення. Виробниче оснащення, в свою чергу, є фізичним носієм розмірів і форм, з якими повинна також з певною точністю відповідати деталь або виріб.

Оснащення другого порядку є носієм розмірів і форми для виготовлення і контролю виробничої оснастки, за яким встановлюється співвідношення між отворами, поверхнями або обводами певної деталі, поєднаної деталі або вузла або частини вузла.

Оснащення другого порядку застосовується для:

1 Забезпечення взаємозамінності між деталями або вузлами конструкції літака в тих випадках, коли необхідні допуски не можуть бути забезпечені при звичайних методах виробництва;

2 Виготовлення і перевірка застосовуваної в літакобудуванні виробничої та контрольної оснастки, особливо в тих випадках, коли потрібне дублююче оснащення;

3 Визначення розташування отворів, обводів, поверхонь і критичних точок кріплення; зазвичай оснащення відтворює одну або більше деталей контрольованого вузла;

4 Ув'язування між собою еталонів, що стикаються або пов'язаних конструкцій.

В даній роботі оснащенням другого порядку є калібр секції 1 передкрилка. Він призначений для монтажу фіксаторів механізмів 3 та 4 передкрилка.

В основі конструкції лежить каркас, зварений з труб (рис. 2.10). Фіксатори, що виготовляються на верстаті з ЧПУ. У фіксаторах виконуються по два фіксуючих отвори Ø8Н9 для фіксації при монтажі макетних рейок механізмів передкрилка. Репера монтується на каркас на інструментальному стенді і призначені для установки калібру на складальний пристрій.

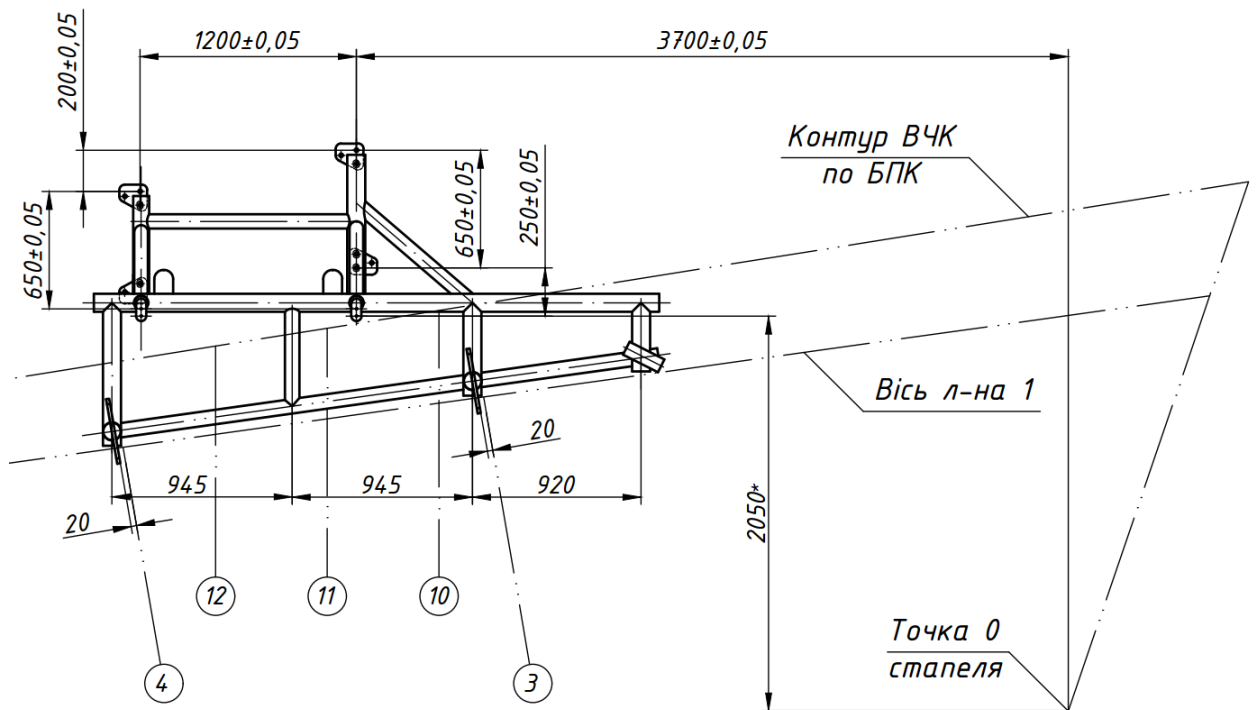


Рисунок 2.10 – Калібр секції 1 передкрилка

Креслення калібру секції 1 передкрилка представлено в додатках.

2.11 Виконання технічного проекту оснащення або устаткування для механізації (автоматизації) процесу складання відокремленої частини крила

Механізація виробничих і допоміжних робіт сприяє створенню безпечних умов праці, покращує організацію виробництва і підвищує продуктивність праці.

В даному випадку розроблено пристрій для виймання відокремленої частини крила зі складального пристрою, кантування в горизонтальне положення і транспортування.

Пристрій складається з траверси, рами для кантування відокремленої частини крила і ложементів для закріплення пристосування на відокремленої частини крила.

Виймка відокремленої частини крила зі складального пристрою проводиться вгору. Після цього відокремлена частина крила встановлюється на козелки і кантується в горизонтальне положення. Схема виймання, кантування і транспортування зображена на малюнку рис. 2.11.

Перед експлуатацією траверсу необхідно випробувати статичним навантаженням, на 25% перевищує вантажопідйомність траверси, протягом

10 хвилин. Після зняття навантаження в траверсі не повинно бути видимих залишкових деформацій і тріщин в зварювальних швах.

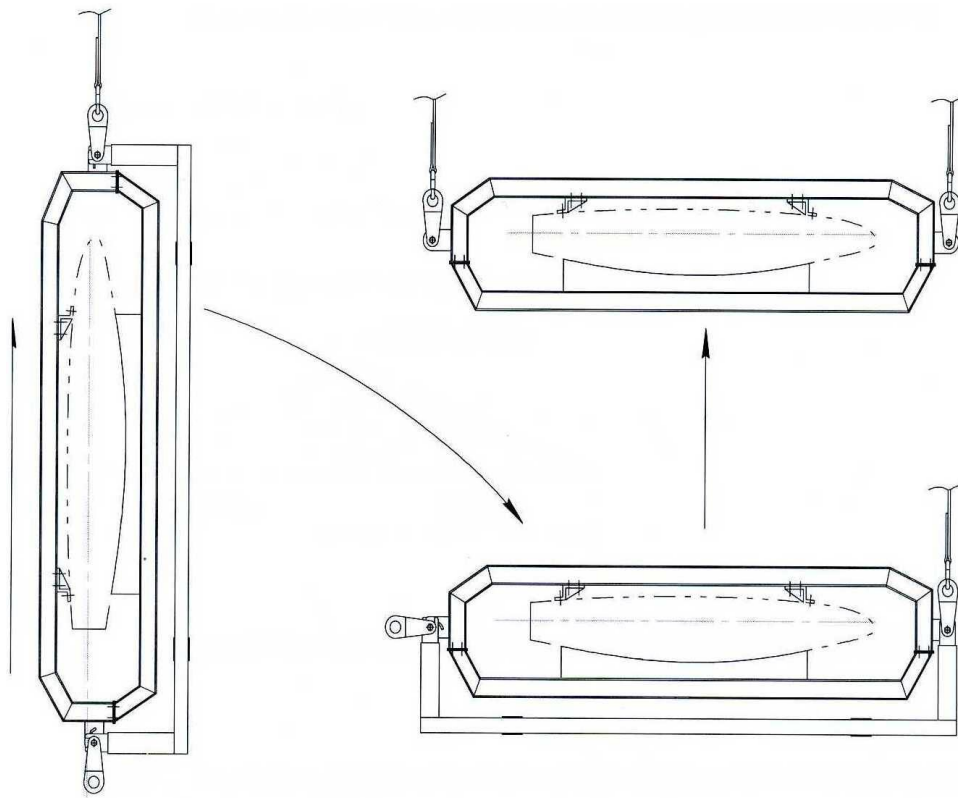


Рисунок 2.11 – Схема виймання, кантування і транспортування відокремленої частини крила

2.12 Визначення типу виробництва відокремленої частини крила

Тип виробництва – це класифікаційна категорія виробництва, яка виділяється за ознаками широти номенклатури, регулярності, стабільності й обсягу випуску виробів.

Основними характеристиками типу виробництва є:

- обсяг випуску – кількість виробів певних найменувань, типорозмірів і виконань, що виготовляються або ремонтуються підприємством або його підрозділом протягом планованого інтервалу часу;
- програма випуску – перелік найменувань виробів, що виготовляються із зазначенням обсягу випуску і терміну виконання по кожному найменуванню;
- коефіцієнт закріплення операцій, що є відношенням числа всіх різних технологічних операцій, виконаних чи таких, що потрібно виконати, протягом місяцю, до числа робочих місць.

Залежно від обсягу виробництва і програми випуску продукції розрізняють три основних типи виробництва:

1 Одиничне виробництво характеризується широкою номенклатурою виробів, що виготовляються чи ремонтуються, і малим обсягом випуску виробів.

Характерними ознаками цього виробництва є такі:

- укрупнена розробка технологічних процесів;
- на кожному робочому місці виконуються різні операції без їхнього періодичного повторення;
- обладнання на виробничій ділянці розташовується групами по типах верстатів.

Одиничне виробництво універсальне, тобто воно охоплює різні типи виробів, тому воно повинно бути підготовлене до виконання різноманітних завдань, для чого таке виробництво має бути оснащено комплектом універсального устаткування. Пристрій для обробки виробів, ріжучий і вимірювальний інструмент також універсальні. Зазначені особливості одиничного виробництва зумовлюють відносно високу собівартість виробів, що виробляються.

2 Серійне виробництво характеризується обмеженою номенклатурою виробів, що виготовляються чи ремонтуються періодично повторюваними партіями, і порівняно великим обсягом випуску виробів.

Воно має наступні характерні ознаки:

- поопераційна розробка технологічних процесів;
- на кожному робочому місці виконується кілька періодично повторюваних операцій;
- устаткування на виробничій ділянці розташовується відповідно до послідовності виконання етапів технологічного процесу по групах операцій (операції попередньої чорнової обробки, операції чистової обробки й операції остаточної, оздоблювальної обробки).

Залежно від кількості виробів у партії чи серії і значення коефіцієнта закріплення операцій розрізняють дрібносерійне, середньо серійне і крупно серійне виробництво.

Серійне виробництво більш економічне від одиничного, тому що краще використання устаткування, спеціалізація робітників, збільшення продуктивності праці забезпечують зменшення собівартості продукції.

Серійне виробництво, на відміну від масового, має значно більший обсяг незавершеного виробництва і більш тривалий виробничий цикл. При цьому істотно ускладнюються планування й облік виробництва.

3 Масове виробництво – характеризується вузької номенклатурою і великим обсягом випуску виробів, що безупинно виготовляються чи ремонтуються протягом тривалого часу, і має наступні характерні ознаки:

- поопераційна ретельна розробка технологічних процесів;
- на кожному робочому місці виконується тільки одна безупинно повторювана операція.

- устаткування на виробничій ділянці розташовується відповідно до послідовності виконання операцій технологічного процесу.

Для проектування цеху складання відокремленої частини крила необхідно уточнити тип виробництва. Аналіз складання відокремленої частини крила показує, що для складання характерні наступні принципи:

- поопераційна розробка технологічних процесів;
- на кожному робочому місці виконується кілька, періодично повторюваних операцій;
- обладнання на виробничій ділянці розташовано відповідно послідовності виконання етапів технологічного процесу по групам операцій;
- для складання відокремленої частини крила використовується спеціалізоване обладнання.

На підставі вище викладеного для складання відокремленої частини крила вибираємо серійний тип виробництва.

У серійному виробництві зазвичай використовують операційну або потокову форму складання. Для середньої серії випуску виробів можливе використання операційної форми, яка характеризується тим, що весь технологічний процес розбивається на операції, що виконуються певними робітників для всієї кількості об'єктів складання.

Спеціалізація робітників досягається за рахунок закріплення робіт за робітниками відповідної кваліфікації. Така розбивка доцільна при достатній трудомісткості програм, що забезпечує повне завантаження робітників.

2.13 Визначення організаційної форми складання відокремленої частини крила

Організація технологічного процесу складання включає в себе три основні форми:

- бригадна, де весь комплекс технологічних операцій виконується одним робітником або бригадою робітників (застосовується в основному в дослідному виробництві);
- операційна, така форма передбачає виконання робочими певних, закріплених за ними операцій технологічного процесу складання;
- операційно-потокова.

У серійному виробництві застосовують операційно-потоккову організаційну форму.

Операційно-потоккова форма виробництва характеризується ритмічним повторенням в часі і просторі операцій або групи операцій технологічного процесу складання. Така форма виробництва виконується у вигляді потокової лінії.

2.14 Розробка циклового графіку складання відокремленої частини крила

Цикловий графік – це технологічний документ, який регламентує процес виконання складання, монтажу, випробувань авіаційної конструкції та в ньому вказують наступну інформацію:

- зміст укрупнених операцій або завдань;
- послідовність виконання завдань і об'єднань їх на робочих стендах потокової лінії;
- загальну тривалість виконання кожного завдання і його складових частин;
- трудомісткість виконання завдання і цикловий час;
- кількість робітників, що одночасно виконують певне завдання.

Вихідними даними для виконання циклового графіка служить технологічний процес, загальна трудомісткість складання, програма випуску, такт, встановлена щільність робочих місць.

Трудомісткість складання відокремленої частини крила становить – 8013,55 н/г, річна програма випуску – 25 виробів.

Характер циклового графіка визначається тактом випуску виробів. Тактом називають відрізок часу між послідовним випуском з робочого місця наступних один за одним виробів.

Величину такту визначають за формулою:

$$T = \frac{\Phi_p}{A}, \quad (2.6)$$

де Φ_p – фонд робочого часу на рік, $\Phi_p = 1818$ н/г;

A – річна програма випуску, $A = 25$ виробів.

$$T = \frac{1818}{25} = 72,5 \approx 72 \text{ годин.}$$

Циклової графік характеризується також тривалістю циклу складання відокремленої частини крила. Технологічним циклом називають робочий час, протягом якого виріб виготовляється від початку до кінця. Величина циклу

складання залежить від фронту робіт і кількості виконавців на кожному завданні і визначається за формулою:

$$Ц = \frac{T_{\text{ВИГ}}}{n}, \quad (2.7)$$

де $T_{\text{ВИГ}}$ – трудомісткість виготовлення об'єкта;

n – кількість одночасно працюючих на складанні об'єкта.

$$Ц = \frac{8013,55}{168} = 48 \text{ годин.}$$

Виконання заданої програми випуску виробу має бути забезпечено необхідною кількістю пристроїв і робітників.

Циклової графік складання відокремленої частини крила представлено в додатках.

2.15 Виконання технологічних розрахунків цеху. Обґрунтування структурного складу цеху агрегатного складання відокремленої частини крила

Основними вихідними даними для проектування агрегатно-складального цеху є:

- виробнича програма випуску виробу;
- креслення загального вигляду виробу;
- директивна технологія виготовлення виробу;
- схема технологічних і експлуатаційних членувань виробу;
- схема складання;
- креслення комплексу складальних пристосувань;
- технічні умови на складання виробу;
- трудомісткість робіт за видами та по обладнанню.

2.15.1 Розрахунок трудомісткості складання відокремленої частини крила

У даній роботі спроектовано цех складання відокремленої частини крила. Проектований цех відноситься до агрегатно-складальних цехів.

Складання відокремленої частини крила включає в себе: достапельне складання вузлів (нервюр, лонжеронів, панелей, закінцівок), загальне складання відокремленої частини крила в стапелі, позастапельне складання.

На дільницях вузлові та панельні складальні роботи виконують в складальних пристосуваннях та на козелках. Свердління і клепаання вузлів виконують на свердлильних установках і клепальних пресах, а також

пневмомашинами, клепальними молотками. Виконують постановку кріплення, фрезерування закладних і покриття ґрунтом замикаючих головок заклепок.

На дільницях стапельного складання відокремленої частини крила виконують роботи з свердління, зенкування, клепання, оброблення отворів. На дільницях позастапельного доопрацювання виконують доведення чистоти кесона відокремленої частини крила всередині та його герметизацію та ґрунтовку.

Для забезпечення виробництва в цех надходять деталі, нормалі, матеріали з механічних, заготівельних, агрегатних цехів і відділів постачання, крім цього в процесі складання цех користується послугами з нанесення ґрунтовки.

Трудомісткість технологічного процесу складання відокремленої частини крила складається з суми трудомісткості технологічних процесів складання його частин. Їх сумарні трудомісткості складання в свою чергу складаються з трудомісткості технологічних процесів складання вузлів, панелей, секцій, стапельного і позастапельного складання (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Трудомісткість складання вузлів відокремленої частини крила

№ п/п	Види робіт	Трудомісткість, н/год	
		виробу	річної програми
1	Складання 1 лонжерона (прав + лів)	475,0	11875,0
2	Складання 2 лонжерона (прав + лів)	475,0	11875,0
3	Складання носової частини (прав + лів)	475,0	11875,0
4	Складання хвостової частини (прав + лів)	190,0	4750,0
5	Складання панелі нижньої (прав + лів)	665,0	16625,0
6	Складання панелі верхньої (прав + лів)	570,0	14250,0
7	Складання нервюр відокремленої частини крила (прав + лів)	285,0	7125,0
8	Свердління на СЗУ (прав + лів)	285,0	7125,0
9	Пресове клепання на КП-503М (прав + лів)	190,0	4750,0
10	Стапельне складання відокремленої частини крила (прав + лів)	1710,0	42750,0
11	Позастапельне складання відокремленої частини крила (прав + лів)	380,0	9500,0
12	Розроблення стиків на ФР-20 (прав + лів)	95,0	2375,0
13	Герметизація кесонів відокремленої частини крила (прав + лів)	380,0	9500,0

Продовження таблиці 2.2

№ п/п	Види робіт	Трудомісткість, н/год	
		виробу	річної програми
14	Випробування на герметичність (прав + лів)	570,0	14250,0
15	Комплектація відокремленої частини крила управління та механізацією (прав + лів)	1235,0	30875,0
	Трудомісткість 1 виробу	8013,55	200338,8
	Трудомісткість комплекту	16027,1	400676,3

Трудомісткості за видами робіт виконуваних в цеху складання відокремленої частини крила наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Розподілення трудомісткості по видам робіт

№ п/п	Види робіт	Трудомісткість, н/год
1	Клепально-складальні	9704,0
2	Механоскладальні	2908,8
3	Свердильно-зенкувальні	937,5
4	Клепальні на пресах	640,8
5	Фрезерувальні на ФР-20	144,9
6	Герметизувальні	579,9
7	Випробувальні	1111,2
	Всього	16027,1

2.15.2 Розрахунок необхідної кількості робітників цеху

До складу працюючих в агрегатно-складальному цеху входять: основні виробничі робітники, допоміжні робітники, молодший обслуговуючий персонал, інженерно-технічні робітники, службовці.

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

$$P = \frac{T_{\text{вир}} \cdot A}{\Phi_{\text{д}} \cdot K_{\text{вн}}}, \quad (2.8)$$

де $T_{\text{вир}}$ – трудомісткість складання відокремленої частини крила, н/год;

A – розрахункова річна програма, $A = 25$ шт;

$\Phi_{\text{д}}$ – дійсний річний фонд робочого часу, $\Phi_{\text{д}} = 1974$ год.;

$K_{\text{вн}}$ – плановий коефіцієнт виконання норм, $K_{\text{вн}} = 1,2$.

$$P = \frac{16027,1 \cdot 25}{1974 \cdot 1,2} = 167,5 \text{ чол.}$$

Приймаємо 168 виробничих робітників.

Відомості про прийняту кількість ОВР представлені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Відомість основних виробничих робітників по цеху

№ п/п	Найменування професії	К-ть, чол.	За розрядами			
			3	4	5	6
1	Клепальник-складальник	101	25	35	30	11
2	Слюсар механоскладальних робіт	30	5	6	13	6
3	Свердловщик на СЗУ	10		4	4	2
4	Клепальник КП-503М	7		3	3	1
5	Оператор ФР-20	2			1	1
6	Герметизувальники	6		2	2	2
7	Слюсарі-випробувачі	12	3	4	3	2
	Всього	168	33	54	56	25

Кількість допоміжних робітників, ІТР, службовців та МОП приймається за штатним розкладом. На базі сформованого досвіду приймати цю групу працюючих можна в процентному відношенні від числа виробничих робітників. Причому відсоток в залежності від рівня механізації та автоматизації виробничих процесів повинен коригуватися.

Кількість допоміжних робітників визначається за формулою:

$$P_{\text{доп}} = \frac{P}{100} \cdot 20\% = \frac{168}{100} \cdot 20\% = 33,6.$$

Приймаємо $P_{\text{доп}} = 34$ чол.

Кількість допоміжних робітників за посадами наведена в табл. 2.5.

Таблиця 2.5– Розрахунок допоміжних робітників за посадами

№ п/п	Посади	Кількість робітників, чол.
1	Слюсар з обладнання	10
2	Слюсар ПРІН	4
3	Верстатник ПРІН	3
4	Комірник ІРК	1
5	Комірник ПРОСК	1
6	Роздавальник креслень	1
7	Транспортний робочий	4
8	Кранівник	1
9	Контролер	5
10	Комплектувальник	1
11	Прибиральник цеху	3
	Всього	34

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

Кількість ІТР визначається за формулою:

$$P_{\text{ІТР}} = \frac{P}{100} \cdot 20\% = \frac{168}{100} \cdot 20\% = 33,6.$$

Приймаємо $P_{\text{ІТР}} = 34$ чол.

Кількість службовців визначається за формулою:

$$P_{\text{сл}} = \frac{P}{100} \cdot 5\% = \frac{168}{100} \cdot 5\% = 8,4.$$

Приймаємо $P_{\text{сл}} = 8$ чол.

Кількість МОП визначається за формулою:

$$P_{\text{МОП}} = \frac{P}{100} \cdot 2\% = \frac{168}{100} \cdot 2\% = 3,3.$$

Приймаємо $P_{\text{МОП}} = 3$ чол.

Отримані розрахункові дані кількості робітників ІТР, службовців і МОП за посадами вносимо до табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Чисельність ІТР, службовців та МОП в цеху

	Посади	Кількість робітників, чол.
Керівники	Начальник цеху	1
	Зам. начальника цеху з виробництва	1
ІТР	Начальник техбюро	1
	Начальник БТК	1
	Начальник ПДБ	1
	Начальник БТЗ	1
	Технолог	10
	Плановик	3
	Диспетчер	2
	Механік цеху	2
	Контрольний майстер	5
	Змінний майстер	6
Службовці	Нарядник	2
	Обліковець	2
	Архіваріус	2
	Завгосп	1
	Секретар	1
МОП	Прибиральниця	3
Всього		45

Загальне число робітників у цеху дорівнює:

$$P_{\Sigma} = P_{\text{ОВР}} + P_{\text{доп}} + P_{\text{ІТР}} + P_{\text{сл}} + P_{\text{МОП}} = 168 + 34 + 34 + 8 + 3 = 247 \text{ чол.}$$

2.15.3 Розрахунок необхідної кількості оснащення та обладнання

Розрахунок кількості обладнання, оснащення та робочих місць в цеху складання відокремленої частини крила при роботі в одну зміну здійснюється за формулою:

$$C_{\text{об}} = \frac{T_{\text{шт}} \cdot A}{\Phi_{\text{еф}} \cdot n \cdot K_{\text{вн}}}, \quad (2.9)$$

де $T_{\text{шт}}$ – нормований час на складання в даному пристосуванні;
 $\Phi_{\text{еф}}$ – ефективний річний фонд роботи обладнання, $\Phi_{\text{еф}} = 1953$ год.;
 n – кількість одночасно працюючих на даному робочому місці;
 $K_{\text{вн}}$ – коефіцієнт виконання норм, $K_{\text{вн}} = 1,2$.

Прийнята кількість верстатів ($C_{\text{пр}}$) визначено округленням отриманого розрахункового значення ($C_{\text{р}}$) до більшого цілого числа.

Коефіцієнт завантаження ($K_{\text{зо}}$) обладнання за часом може бути визначений як відношення розрахункової кількості обладнання до прийнятого:

$$K_{\text{зо}} = \frac{C_{\text{р}}}{C_{\text{пр}}}. \quad (2.10)$$

Розрахунок необхідної кількості складальних пристроїв та обладнання цеху складання відокремленої частини крила заносимо до таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Розрахунок кількості СП та обладнання

№ п/п	Найменування оснастки	$T_{\text{шт}}$, н/год.	n , чол.	$C_{\text{р}}$, шт.	$C_{\text{пр}}$, шт.	$K_{\text{зо}}$
1	СП 1 лонжерона (прав + лів)	950,0	5	1,79	2	0,89
2	СП 2 лонжерона (прав + лів)	950,0	5	1,98	2	0,99
3	СП носової частини (прав + лів)	950,0	5	1,64	2	0,82
4	СП хвостової частини (прав + лів)	380,0	2	1,97	2	0,98
5	СП панелі нижньої (прав + лів)	1330,0	7	1,89	2	0,95
6	СП панелі верхньої (прав + лів)	1140,0	6	1,97	2	0,98
7	УСП нервюр відокремленої частини крила (прав + лів)	570,0	3	4,35	5	0,87
8	СЗУ	570,0	3	3,33	4	0,83
9	КП-503М	380,0	2	3,42	4	0,85
10	Складальний пристрій відокремленої частини крила (прав + лів)	3420,0	18	1,91	2	0,96
11	Стенд позастанпельного складання (прав + лів)	760,0	4	1,61	2	0,80

Продовження таблиці 2.7

№ п/п	Найменування оснастки	$T_{шт}$, н/год.	n , чол.	C_p , шт.	$C_{пр}$, шт.	K_{30}
12	ФР-20	190,0	1	1,55	2	0,77
13	Стенд герметизації відокремленої частини крила (прав + лів)	760,0	4	1,55	2	0,77
14	Стенд випробування на герметичність (прав + лів)	1140,0	6	1,98	2	0,99
16	Стенд комплектації відокремленої частини крила управління та механізацією (прав + лів)	2470,0	13	1,89	2	0,95
	Всього	16027,1	–	–	37	0,89

У агрегатно-складальних цехах крім основного технологічного обладнання, що визначається розрахунком, вживаються додаткові не розрахункові преси і верстати, необхідні для операцій по доопрацюванню.

До категорії допоміжного обладнання в агрегатно-складальних цехах відносяться верстати, комплектуючі групу цехового механіка по ремонту обладнання і пристосувань.

У агрегатно-складальних цехах крім основного технологічного обладнання, що визначається розрахунком, використовуються додаткові не розрахункові верстати та преси, необхідні для операцій по доопрацюванню.

До категорії допоміжного обладнання в агрегатно-складальних цехах відносяться верстати, комплектуючі групу цехового механіка по ремонту обладнання і пристосувань.

Склад додаткового нерозрахованого та допоміжного обладнання приймається відповідно до статистичних даних в залежності від кількості виробничих робітників у цеху (табл. 2.8).

Таблиця 2.8 – Додаткове обладнання цеху

№ п/п	Види робіт	Кількість, шт.	Площа, м ²
1	Настільно-свердильний верстат	3	–
2	Клепальний прес КП-204	2	18
3	Точило шліфувальне	1	–
4	Верстак	84	126
5	Токарно-гвинторізний верстат	1	8
6	Вертикально-свердильний верстат	1	8
7	Універсально-фрезерний верстат	1	10
8	Точило шліфувальне	2	–
9	Плита розміточна	1	–
	Всього	97	170

2.15.4 Розрахунок потрібних площ

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

Площі цеху по функціональному призначенню класифікують на виробничі і допоміжні.

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

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

При попередній опрацювання планувальної схеми виробничу площа цеху $F_{\text{вир}}$ визначаємо по таблиці 2.9, куди занесені статистичні норми питомих площ $F_{\text{пит}}$.

Таблиця 2.9 – Виробнича площа цеху

№ п/п	Найменування оснастки	$C_{\text{пр}}$, шт.	$F_{\text{пит}}$, м ²	$F_{\Sigma \text{пит}}$, м ²
1	СП 1 лонжерона (прав + лів)	2	42	84
2	СП 2 лонжерона (прав + лів)	2	42	84
3	СП носової частини (прав + лів)	2	42	84
4	СП хвостової частини (прав + лів)	2	44	88
5	СП панелі нижньої (прав + лів)	2	48	96
6	СП панелі верхньої (прав + лів)	2	48	96
7	УСП нервюр відокремленої частини крила (прав + лів)	5	6	30
8	СЗУ	4	50	200
9	КП-503М	4	50	200
10	Стапель складання відокремленої частини крила (прав + лів)	2	70	140
11	Стенд позастапельного складання (прав + лів)	2	70	140
12	ФР-20	2	20	40
13	Стенд герметизації відокремленої частини крила (прав + лів)	2	75	150
14	Стенд випробування на герметичність (прав + лів)	2	75	150
15	Стенд комплектації відокремленої частини крила управлінням та механізацією (прав + лів)	2	85	170
	Всього	37	–	1752

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

$$F_{\Sigma \text{пиг}} = F_{\text{пиг}} \cdot C_{\text{пр}}. \quad (2.11)$$

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

$$F_{\Sigma} = F + F_{\text{нер}} = 1752 + 170 = 1922 \text{ м}^2.$$

Цей показник залежить від габаритних розмірів застосовуваних пристроїв і транспортних засобів, останні визначають ширину проїздів між пристроями.

Таким чином виробничу площу, необхідну для розміщення пристосувань та обладнання дорівнює 1922 м^2 . Для того щоб врахувати проходи і проїзди між пристосуванням, отриману площу множимо на 1,2. Тоді отримуємо:

$$F_{\text{вир}} = 1,2F = 1,2 \cdot 1922 \approx 2306 \text{ м}^2.$$

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

До допоміжних відносяться площі, займані ділянками для ремонту обладнання і оснастки, майстернями по ремонту пристосувань, інструменту; приміщеннями для чергових слюсарів, електромонтерів і т.д.; для контролю; для цехових енергетичних і санітарно-технічних установок; магістральними проїздами.

Допоміжні площі становлять 25-27% від виробничої площі:

Визначимо допоміжну площу за формулою:

$$F_{\text{доп}} = \frac{F_{\text{вир}}}{100} \cdot 25\% = \frac{2306}{100} \cdot 25\% = 576 \text{ м}^2.$$

Тоді загальна площа цеху розміщена в виробничому корпусі дорівнює:

$$F_{\text{заг}} = F_{\text{доп}} + F_{\text{вир}} = 2306 + 576 = 2882 \text{ м}^2.$$

Як правило, розподіл допоміжних площ виконуються так:

- майстерня цехового механіка – 60 м^2 ;
- матеріальні склади – 50 м^2 ;
- ІРК – $0,25 \text{ м}^2$ на одного виробничого робітника.

Для нашого цеху: $F_{\text{ІРК}} = 0,25 \cdot 168 = 42 \text{ м}^2$.

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

$$F_{\text{ІРК}} + F_{\text{МЦМ}} + F_{\text{МС}} = 60 + 50 + 42 = 152 \text{ м}^2.$$

Отриману різницю розподіляють в таких пропорціях:

$$F = 576 - 152 = 442 \text{ м}^2.$$

- склад нормалей – 5%:

$$F_{\text{ск.норм}} = \frac{424}{100} \cdot 5\% = 21 \text{ м}^2.$$

- склад деталей (ПРОСК) – 65%:

$$F_{\text{ск.дет}} = \frac{424}{100} \cdot 65\% = 276 \text{ м}^2.$$

- кладовка дрібної технологічної оснастки – 10%:

$$F_{\text{ск.осн}} = \frac{424}{100} \cdot 10\% = 42 \text{ м}^2.$$

- місця вузлів – 20%

$$F_{\text{міс.вузл}} = \frac{424}{100} \cdot 20\% = 84 \text{ м}^2.$$

2.16 Розробка компонування корпусу складальних цехів і компонування цеху агрегатного складання відокремленої частини крила зі схемою вантажопотоків

Принципова технологічна схема агрегатно-складального цеху повинна відповідати ряду вимог. Перш за все, повинна бути підпорядкована вимогам організації поточного виробництва. Це особливо необхідно, якщо врахувати, що продукція цеху має великі габарити, відносно великі маси і на різних етапах технологічного процесу малу жорсткість агрегатів, тому при компонуванні цеху необхідно уникати зайвої невиправданої транспортування агрегатів від операції до операції, будь-якої можливості зворотних і петлеподібних переміщень агрегату і його частин в процесі виробництва. Необхідно прагнути до того, щоб геометрична форма цеху була витягнута у вигляді прямокутника в напрямку ходу технологічного процесу. Виробничі відділення повинні розміщуватися по прямій в такій технологічній послідовності: відділення вузлових складань, відділення складання вузлів і панелей, відділення складання агрегату і монтажу систем. Все технологічне обладнання повинно розміщуватися по ходу технологічного процесу.

При проектуванні цехів істотними виробничим фактором, від якого залежатимуть розміри площ, проїздів і проходів, висоти промислових будівель, компоновка всіх виробничих цехів в просторі, є вантажні потоки.

Потоки можна класифікувати за видами руху: прямолінійний потік, потік зигзагоподібний, кільцевої потік, U-подібний потік.

Передача деталей від операції до операції по ходу технологічного процесу повинна відповідати умовам прямого виробництва, тобто прямолінійним переміщенню вантажів або переміщення вантажів по найкоротшому шляху.

В основі проектування вантажопотоків лежить технологічний процес виготовлення деталей, вузлів і агрегатів. Найбільш ефективною формою організації вантажопотоку є поточкові лінії, автоматичні лінії. Чим чіткіше форма поточкового виробництва, тим легше організувати рух вантажів.

Для зручності переміщення вантажів передбачено проїзд шириною 4 м. Всі ділянки мають вихід до проїзду для зручності приймання вантажів і транспортування, готових вузлів на інші ділянки відповідно до технологічного процесу.

2.17 Обґрунтування і розробка планування цеху складання відокремленої частини крила

Планування цеху – це взаємне розташування виробничих, допоміжних, конторських-побутових приміщень і робочих місць.

Планування складальних пристроїв і обладнання в агрегатно-складальних цехах залежить від габаритів, прийнятої схеми технології, яка повинна передбачати не тільки складання агрегатів в СП, але поза стапельне складання.

Планування залежить від прийнятої сітки колон, довжини, необхідної для розміщення всього технологічного обладнання. У цеху прийнята сітка колон 24×12 м. Висота до ферм від підлоги визначимо за формулою:

$$A = C + Z + K + H + M, \quad (2.12)$$

де A – висота корпусу до нижнього пояса ферми;

C – висота найвищого СП;

Z – зазор між верхньою точкою СП і агрегатом;

M – висота агрегату, що транспортується краном;

K – габаритні розміри траверси і строп;

H – відстань від гака до нижнього пояса ферми;

$$A = 2,85 + 0,5 + 4 + 1,4 + 2,2 = 11,7 \text{ м}$$

Приймаємо стандартне значення 12 м.

Рекомендована сітка і висота дають можливість в подібних корпусах здійснювати виробництво літаків будь-якого типу. При цьому виїмка агрегатів і транспортування їх проводиться над СП.

При виконанні планування цеху необхідно прагнути до найбільш економному використанню площі. Для прийняття рішень, при подібних

технологічних варіантах планувань, встановлені норми мінімально допустимих розривів між елементами будівельних конструкцій і СП. У плані цех являє собою прямокутник. Побутові та конторські приміщення розташовані в торці будинку на 1 і 2 поверхах з кроком колон 6×6 м.

2.18 Розробка заходів щодо організації робочих місць, механізації та автоматизації робіт

Планування робочого місця повинна сприяти економії рухів в роботі та забезпечувати зручність підходів до всього обладнання, розміщеного на робочому місці, в той же час робоче місце повинно займати якомога менше виробничої площі.

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

Місце складання оснащується таким обладнанням:

- пристроями для складання вузла, секції, агрегату;
- верстаками для підготовчих і позастапельних робіт;
- допоміжним обладнанням, яке використовується при складанні (козелками, підставками та ін.);
- стелажми для зберігання деталей;
- підведенням повітря та електропроводкою для підключення механізованого інструменту;
- підйомно-транспортними пристроями для закладання та виймання;
- комплектом інструменту для складальних робіт (ключами, викрутками, свердлами, гайковертами механічними, дрелями пневматичними і ін.).

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

Робочий інструмент повинен бути скомплектована за видами виконуваної роботи та повинен зберігатися в інструментальному ящику.

З метою безпеки, кожен робітник повинен бути оснащений спецодягом. Роботи повинні проводитися на справному обладнанні і тільки справним інструментом.

За протипожежний стан також несуть відповідальність начальник цеху в цеху і майстер на ділянці. Майстер повинен вести роз'яснювальну роботу серед робітників про правила пожежної безпеки, стежити за наявністю

протипожежного інвентарю на ділянці, стежити за дотриманням робочих пожежної безпеки.

Правила пожежної безпеки зміст всіх робочих місць в чистоті і порядку. Забороняється захаращувати проїзди і проходи, запасні виходи і проїзди з приміщень і цеху. Протипожежний інвентар та засоби сповіщення про пожежу та гасіння повинні, постійно знаходитися в справному стані, знаходиться на видних місцях і мати вільний допуск до них.

Виконання правил з техніки безпеки та пожежної безпеки попереджає травматизм і нещасні випадки в цеху, на ділянці.

У цеху агрегатного складання використана вентиляційна витяжна система, в яку влаштовано пиловловлювач, призначений для очищення повітря від механічних частинок.

2.19 Забезпечення якості складання відокремленої частини крила

Якість продукції є сукупність організаційної структури, розподіл повноважень і відповідальності, процедур, процесів і ресурсів, що забезпечує загальне керівництво якістю.

Система технічного контролю (об'єкта контролю), контрольні операції, технічне оснащення, режими, методи, засоби механізації та автоматизації контрольних операцій, є невід'ємною частиною виробничого процесу, розробляються одночасно з розробкою технології виробництва.

Контроль якості в процесі виробництва повинен забезпечувати впевненість у тому, що виробничий процес здійснюється в керованих умовах і продукція виробляється в повній відповідності з вимогами документації розробника. Ці умови, залежно включають проведення всіх передбачених видів контролю та необхідних впливах, спрямованих на забезпечення якості матеріалів (основних та допоміжних), технологічного обладнання, оснащення, процесів і процедур, програмного забезпечення ЕВМ і верстатів з ЧПУ, персоналу технологічної підготовки виробництва і виробничого середовища.

Контроль якості включає проведення наступних перевірок:

1 Вхідний контроль якості матеріалів, напівфабрикатів і покупних комплектуючих виробів на відповідність державним і галузевим стандартам.

2 Контроль продукції, що виконується виробничим робочим протягом всього періоду своєї роботи на підставі технологічної документації, а також контроль продукції майстром.

3 Операційний контроль якості продукції (суцільний або вибіркового); виконуваний працівниками ОТК.

4 Приймальний контроль (остаточний) і випробування складних одиниць.

5 Вхідний контроль деталей, складальних одиниць в цеху споживача, що надійшли з цехів-виробників, працівниками ОТК.

6 Контроль якості та випробування продукції, що проводяться незалежною інспекцією.

Для виконання операцій контролю застосовуються такі пристрої і інструменти:

- універсальний інструмент, призначений для визначення багатьох параметрів: індикатори, лінійки, штангенциркулі, щупи, мікрометри і т. д;
- визначальних інструмент, призначений для визначення наступних параметрів: діаметра, контуру, малки і т. д;
- спеціальні контрольні пристрої та стенди.

2.20 Описання прийнятої системи управління якістю продукції

Для забезпечення якості на підприємстві прийнята комплексна система управління якістю продукції – це регламентована нормативними документами сукупність взаємопов'язаних технічних, економічних заходів, методів і засобів, спрямованих на встановлення, забезпечення і підтримку необхідного рівня якості від її проектування до експлуатації.

Управління якістю будується на принципах:

1 Стандартизації. Цей принцип полягає в тому, що всі інші функції і вимоги регламентуються державними і галузевими стандартами, а також стандартами підприємства.

2 Системності. Цей принцип полягає в тому, щоб система в цілому і кожен її елемент забезпечували оптимальний рівень якості продукції з мінімальними витратами.

3 Оптимальності. Цей принцип полягає в тому, що процеси планування, розробки, виробництва і експлуатації виробів розглядається у взаємозв'язку.

4 Динамічності. Цей принцип полягає в тому, щоб дана система передбачала своє вдосконалення і розвиток з урахуванням вимог техпроцесу.

5 Наступності. Цей принцип передбачає використання передового досвіду розробки і впровадження досвіду роботи інших підприємств.

6 Автоматизації. Цей принцип передбачає автоматизацію та механізацію функцій і процесів системи з застосуванням математичних методів обчислювальної техніки

Функції цієї системи наступні:

1 Функція планування включає в себе:

- річне, квартальне планування показників якості продукції по цехах і підрозділах;
- оперативне місячне планування показників якості продукції і якості праці;
- розробку комплексних заходів і програм забезпечення надійності, якості, експлуатаційного досконалості виробу.

2 Функція нормування полягає в розробці нормативних показників якості продукції, праці і систем експлуатації, а також в розробці вимог до продукції заводів-постачальників і розробників виробів за їх якістю.

3 Функція контролю включає в себе відомчий і інспекційний контроль, технічний контроль якості продукції, контроль якості основного виробничого процесу (нормативно-технічної документації, матеріалів, напівфабрикатів, комплектуючих виробів, інструменту, оснащення, праці виконавця), а також аналіз і оцінку фактичного рівня якості продукції в порівнянні з заданим.

4 Функція обліку представляє собою обробку інформації про відхилення фактичного рівня якості продукції від заданого і про витрати по забезпеченню фактичного рівня якості продукції.

5 Функція регулювання полягає у виробленні керуючих впливів на виробничий процес і реалізації їх з метою усунення відхилення фактичного рівня якості продукції від заданого і включає спеціальні заходи економічного, організаційного, технічного і соціального характеру.

Висновки до розділу 2

В технологічному розділі виконано наступні завдання:

- розроблено схеми конструктивно-технологічного членування, схеми складання, схеми ув'язування заготівельного і складального оснащення для складання та схеми базування при складанні відокремленої частини крила;
- розроблено операційний технологічний процес складання відокремленої частини крила та панелі нижньої консолі крила;
- розроблено ТУ на проектування і конструкцію складального пристрою відокремленої частини крила;
- розроблено конструкцію представника оснащення другого порядку;
- розроблено цикловий графік складання відокремленої частини крила;
- виконано технологічні розрахунки та розроблено планування цеху складання відокремленої частини крила.

3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Визначення чисельності та фонду заробітної плати робітників цеху складання відокремленої частини крила

3.1.1 Розрахунок фонду оплати праці основних виробничих робітників

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

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

Тарифні ставки розрядів прийняті із діючих на ДП «АНТОНОВ»

Основну заробітну плату виробничих робітників (*ОЗВР*) для виробу (річної програми випуску) відокремленої частини крила розраховують за формулою:

$$ОЗВР = TP \cdot СВТС, \quad (3.1)$$

де *TP* – трудомісткість річної програми складання відокремленої частини крила, $TP = 400676,3$ н/год (табл. 2.2);

СВТС – середня вартість тарифної ставки, грн.

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

$$CP = \Sigma(P \cdot КОВР) / \Sigma КОВР, \quad (3.2)$$

$$СВТС = \Sigma(КОВР \cdot ВТС) / \Sigma КОВР, \quad (3.3)$$

де *КОВР* – кількість основних виробничих робітників;

P – розряд виконуваних робіт;

ВТС – вартість тарифної ставки.

Склад основних виробничих робітників, середній розряд і середня годинна ставка наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Штат ОВР за розрядами і середньої годинної ставки

Розряд робіт, <i>P</i>	Кількість ОВП, <i>КОВР</i> , чол.	Годинна ставка <i>ВТС</i> , грн.	Розрахункові дані	
			<i>P</i> · <i>КОВР</i>	<i>КОВР</i> · <i>ВТС</i>
3	33	30,57	99,0	1008,8
4	54	38,91	216,0	2101,1
5	52	45,86	280,0	2568,2
6	25	52,81	150,0	1320,3
Всього	168	–	745,0	6998,4

Середній розряд складає:

$$CP = 745,0 / 168 = 4,43,$$

середня відрядна тарифна ставка:

$$CBTC = 6998,4 / 168 = 41,66 \text{ грн.}$$

Розрахуємо основну заробітну плату виробничих робітників:

$$OZBP = 400676,3 \cdot 41,66 \text{ грн} = 16690934,5 \text{ грн}$$

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

$$ДЗВР = OZПВП \cdot НДО / 100, \quad (3.4)$$

де *НДО* – норматив величини додаткової заробітної плати відносно основної, *НДО* = 35 %.

$$ДЗВР = 16690934,5 \cdot 35 / 100 = 5841827,1 \text{ грн.}$$

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

$$ЄСВ = (OZBP + ДЗВР) \cdot НЄСВ / 100, \quad (3.5)$$

де *НЄСВ* – норматив відрахувань ЄСВ, *НЄСВ* = 22 %.

$$ЄСВ = (16690934,5 + 5841827,1) \cdot 22 / 100 = 4957207,5 \text{ грн}$$

Фонд оплати праці основних виробничих робітників складає **27489969,1 грн.**

3.1.2 Розрахунок фонду оплати праці допоміжних робітників

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

Заробітну плату допоміжних робітників визначаємо залежно від їх розрядів, виду оплати праці і відпрацьованого часу. Отже, з кожної професії допоміжних робітників необхідно визначити три показники заробітної плати за нижче наведеними формулами.

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

$$OZДР = ЧДР \cdot ДЧ \cdot СОЧ, \quad (3.6)$$

де *ДЧ* – дійсний фонд часу, відпрацьованого робітником за рік;

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

ЧДР – чисельність допоміжних робітників і-тої професії.

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

$$ДЗДР = OZДР \cdot НДО / 100, \quad (3.7)$$

де HDO – норматив величини додаткової заробітної плати відносно основної, $HDO = 15,5 \%$.

Відрахування єдиного соціального внеску із заробітної плати допоміжних робітників (ЄСВДР) визначаємо за формулою:

$$\text{ЄСВДР} = (\text{ОЗДР} + \text{ДЗДР}) \cdot \text{НЄСВ} / 100, \quad (3.8)$$

Розраховані показники фонду заробітної плати допоміжних робітників занесені до табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Склад допоміжних робітників та розрахунок фонду їх оплати праці

Професія	ЧДР, чол	ДЧ, люди/год	СОЧ, грн./год	ОЗДР, грн	ДЗДР, грн	ЄСВДР, грн	Всього, грн
Слюсар з обладнання	10	1993	43,6	868948,0	134686,9	220799,7	1224434,6
Слюсар ПРІН	4	1993	39,75	316887,0	49117,5	80521,0	446525,5
Верстатник ПРІН	3	1993	35,23	210640,2	32649,2	53523,7	296813,1
Комірник ІРК	1	11	4338	47718,0	7396,3	12125,1	67239,4
Комірник ПРОСК	1	11	4338	47718,0	7396,3	12125,1	67239,4
Роздавальник креслень	1	11	3600	39600,0	6138,0	10062,4	55800,4
Транспортний робочий	4	11	3825	168300,0	26086,5	42765,0	237151,5
Кранівник	1	11	4955	54505,0	8448,3	13849,7	76803,0
Контролер	5	11	5532	304260,0	47160,3	77312,5	428732,8
Комплектувальник	1	11	3600	39600,0	6138,0	10062,4	55800,4
Прибиральник цеху	3	11	3600	118800,0	18414,0	30187,1	167401,1
Всього	34	–	–	2216976,2	343631,3	563333,6	3123941,1

Фонд оплати праці допоміжних робітників складає **3123941,1 грн.**

3.1.3 Розрахунок фонду оплати праці керівників, ІТР, службовців та МОП

Кількість керівників, ІТР, службовців і МОП визначають за нормами чисельності, нормам керованості і обслуговування або у відсотках – від кількості основних виробничих робітників.

Штатний розклад прийнятих робітників та оклади встановлені згідно діючих на підприємстві норм організації та оплати праці. Додаткова заробітна плата складає 25% основної заробітної.

Розраховані величини фонду заробітної плати керівників, фахівців, службовців і МОП відображено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Склад керівників, ІТР, службовців і МОП та розрахунок фонду їх оплати праці

Професія	ЧДР, чол	ДЧ, люди/год	СОЧ, грн./год	ОЗДР, грн	ДЗДР, грн	ЄСВДР, грн	Всього, грн
Начальник цеху	1	11	10831	119141,0	29785,3	32763,8	181690,0
Зам. нач. цеху з виробництва	1	11	9964	109604,0	27401,0	30141,1	167146,1
Начальник техбюро	1	11	8872	97592,0	24398,0	26837,8	148827,8
Начальник БТК	1	11	8872	97592,0	24398,0	26837,8	148827,8
Начальник ПДБ	1	11	8872	97592,0	24398,0	26837,8	148827,8
Начальник БТЗ	1	11	8872	97592,0	24398,0	26837,8	148827,8
Технолог	10	11	7787	856570,0	214142,5	235556,8	1306269,3
Плановик	3	11	6345	209385,0	52346,3	57580,9	319312,1
Диспетчер	2	11	6005	132110,0	33027,5	36330,3	201467,8
Механік цеху	2	11	8872	195184,0	48796,0	53675,6	297655,6
Контрольний майстер	5	11	7005	385275,0	96318,8	105950,6	587544,4
Змінний майстер	6	11	7907	521862,0	130465,5	143512,1	795839,6
Нарядник	2	11	4987	109714,0	27428,5	30171,4	167313,9
Обліковець	2	11	4010	88220,0	22055,0	24260,5	134535,5
Архіваріус	2	11	4987	109714,0	27428,5	30171,4	167313,9
Завгосп	1	11	4338	47718,0	11929,5	13122,5	72770,0
Секретар	1	11	5105	56155,0	14038,8	15442,6	85636,4
Прибиральниця	3	11	3600	118800,0	29700,0	32670,0	181170,0
Всього	45	–	–	3449820,0	862455,0	948700,5	5260975,5

Фонд оплати праці керівників, ІТР, службовців і МОП складає **5260975,5 грн.**

Результати річного загальноцехового фонду оплати праці занесені до табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Річний фонд оплати праці робітників цеху складання відокремлених частин крила

Назва категорії робітників	Кількість робітників, чол	Основна заробітна плата, грн	Додаткова заробітна плата, грн	Відрахування ЄСВ, грн	Річний фонд оплати праці, грн
Основні виробничі робітники	168	16690934,5	5841827,1	4957207,5	27489969,1
Допоміжні робітники	34	2216976,2	343631,3	563333,6	3123941,1
Керівників, фахівців, службовців і МОП	45	3449820,0	862455,0	948700,5	5260975,5
Всього	247	22357730,6	7047913,4	6469241,7	35874885,7

Річний фонд оплати праці всіх робітників проектового цеху становить **35874885,7 грн.**

3.2 Визначення виробничої собівартості виготовлення відокремленої частини крила

Витрати на сировину і матеріали (B_{CM}) для одиниці виробу відокремленої частини крила розраховуються за формулою:

$$B_{CM} = HM \cdot ЦМ, \quad (3.9)$$

де HM – маса матеріалів складальних деталей, $HM = 4096$ кг;
 $ЦМ$ – середня ціна матеріалів для деталей, $ЦМ = 300$ грн/кг.

$$B_{CM} = 4096 \cdot 300 = \mathbf{1228800,0 \text{ грн.}}$$

Повернені відходи ($ПВ$) складального виробництва розраховуються за формулою:

$$ПВ = (HM \cdot (1 - KBM / 100)) \cdot ЦМ \cdot 0,1, \quad (3.10)$$

де KBM – коефіцієнт використання матеріалів, $KBM = 95$ %.

$$ПВ = (4096 \cdot (1 - 95 / 100)) \cdot 300 \cdot 0,1 = \mathbf{6144,0 \text{ грн.}}$$

Основну заробітну плату виробничих робітників ($ОЗВР$ 1 виробу) для 1-го виробу відокремленої частини крила розраховують за формулою:

$$ОЗВР \text{ 1 виробу} = T \cdot СВТС, \quad (3.11)$$

де T – трудомісткість програми складання одного виробу відокремленої частини крила,

$T = 16027,1$ н/год (табл. 2.2);

$СВТС$ – середня вартість тарифної ставки, $СВТС = 41,66$ грн.

$$ОЗВР \text{ 1 виробу} = 16027,1 \cdot 41,66 = \mathbf{667639,4 \text{ грн.}}$$

Визначимо додаткову заробітну плату виробничих робітників для 1-го виробу відокремленої частини крила за формулою:

$$ДЗВР \text{ 1 виробу} = ОЗВР \text{ 1 виробу} \cdot НДО / 100, \quad (3.12)$$

$$ДЗВР \text{ 1 виробу} = 667639,4 \cdot 22 / 100 = \mathbf{233673,8 \text{ грн.}}$$

Визначимо відрахування ЄСВ із заробітної плати основних виробничих робітників, який включається у собівартість 1-го виробу відокремленої частини крила, за формулою:

$$ЄСВВП \text{ 1 виробу} = (ОЗВР \text{ 1 виробу} + ДЗВР \text{ 1 виробу}) \cdot НЄСВ / 100, \quad (3.13)$$

$$ЄСВВП \text{ 1 виробу} = (667639,4 + 233673,8) \cdot 35 / 100 = \mathbf{198288,9 \text{ грн.}}$$

Фонд оплати праці основних виробничих робітників для 1-го виробу відокремленої частини крила складає **1099602,1 грн.**

3.2.1 Розрахунок змінних загально виробничих витрат

Змінні загально виробничі витрати (*ЗмЗВ*), що припадають на заплановану річну програму випуску відокремленої частини крила включають в себе наступні елементи:

- витрати на допоміжні матеріали;
- витрати на силову енергію;
- внутрішньозаводське переміщення вантажів;
- обслуговування виробничого процесу і контроль за ним;
- оплату праці робітників, зайнятих на цих роботах;
- відрахування ЄСВ з заробітної плати цих категорій робітників;
- інші витрати (обслуговування і контролю виробничого процесу).

Визначимо змінні загально виробничі витрати за формулою:

$$ЗмЗВ = ОЗВР \text{ I виробу} \cdot НЗмЗВ / 100, \quad (3.14)$$

де *НЗмЗВ* – норматив змінних загально виробничих витрат, *НЗмЗВ* = 50 %.

$$ЗмЗВ = 667639,4 \cdot 50 / 100 = \mathbf{333819,7 \text{ грн.}}$$

3.2.2 Розрахунок постійних загально виробничих витрат

Постійні загально виробничі витрати (*ПсЗВ*), що припадають на заплановану річну програму випуску відокремленої частини крила включають в себе наступні елементи:

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

Визначимо постійні загально виробничі витрати за формулою:

$$ПсЗВ = ОЗВР \text{ I виробу} \cdot НПсЗВ / 100, \quad (3.15)$$

де *НПсЗВ* – норматив постійних загально виробничих витрат, *НПсЗВ* = 95 %.

$$ПсЗВ = 667639,4 \cdot 95 / 100 = \mathbf{634257,4 \text{ грн.}}$$

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

$$ВОВ = (ВСМ + ОЗВР \text{ I виробу}) \cdot НОВ / 100, \quad (3.16)$$

де *НОВ* – норматив витрат на підготовку і освоєння виробництва, *НОВ* = 7 %.

$$ВОВ = (1228800,0 + 667639,4) \cdot 7 / 100 = \mathbf{132750,8 \text{ грн.}}$$

Виробничу собівартість ($С_{Вир}$) 1-го виробу відокремленої частини крила розраховуємо за формулою:

$$\begin{aligned} С_{Вир} = & ВСМ - ПВ + ОЗВР \text{ 1 виробу} + ДЗВР \text{ 1 виробу} + \\ & + ЄСВВП \text{ 1 виробу} + ЗмЗВ + ПсЗВ + ВОВ, \end{aligned} \quad (3.17)$$

$$С_{Вир} = 3423086,0 \text{ грн.}$$

3.3 Визначення повної собівартості виготовлення відокремленої частини крила

Повна собівартість ($С_{Пов}$) виробу розраховуємо за формулою:

$$С_{Пов} = С_{Вир} + АВ + ВЗ, \quad (3.18)$$

де $АВ$ – адміністративні витрати підприємства;

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

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

$$АВ = ОЗВР \text{ 1 виробу} \cdot НАВ / 100, \quad (3.19)$$

де $НАВ$ – норматив адміністративних витрат, $НАВ = 8\%$.

$$АВ = 667639,4 \cdot 8 / 100 = 53411,2 \text{ грн.}$$

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

$$ВЗ = С_{Вир} \cdot НЗ / 100, \quad (3.20)$$

де $НЗ$ – норматив витрат на збут, $НЗ = 1,5\%$.

$$ВЗ = 3423086,0 \cdot 1,5 / 100 = 51346,3 \text{ грн.}$$

Визначимо повну собівартість ($С_{Пов}$) виробу:

$$С_{Пов} = 3527843,4 \text{ грн.}$$

Визначимо податок на додану вартість ($ПДВ$), який становить 20% від виробничої собівартості виробу.

$$ПДВ = С_{Вир} \cdot 20 / 100, \quad (3.21)$$

$$ПДВ = 3423086,0 \cdot 20 / 100 = 684617,2 \text{ грн.}$$

Прибуток ($ПР$) повинен становити 25% від виробничої собівартості виробу.

$$ПР = С_{Вир} \cdot 25 / 100 \quad (3.22)$$

$$ПР = 3423086,0 \cdot 25 / 100 = 855771,5 \text{ грн.}$$

Визначимо планову оптову ціну на виріб ($ЦВ$) з податком на додану вартість.

$$ЦВ = С_{Пов} + ПР + ПДВ, \quad (3.23)$$

$$ЦВ = 3527843,4 + 855771,5 + 684617,2 = 4383614,8 \text{ грн.}$$

Собівартість та призначенні ціни зведені до табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Собівартість та ціна виготовлення відокремленої частини крила

№ п/п	Найменування показників	Величина, грн
1	Витрати на сировину і матеріали	1228800,0
2	Повернені відходи	6144,0
3	Основна зарплата виробничих робітників	667639,4
4	Додаткова зарплата виробничих робітників	233673,8
5	Відрахування до фонду ЄСВ із заробітної плати ВР	198288,9
6	Змінні загальновиробничі витрати	333819,7
7	Постійні загальновиробничі витрати	634257,4
8	Витрати на підготовку і освоєння виробництва	132750,8
9	Виробнича собівартість	3423085,9
10	Адміністративні витрати	53411,2
11	Витрати на збут	51346,3
12	Повна собівартість	3527843,4
13	ПДВ (20%)	684617,2
14	Прибуток (25%)	855771,5
15	Ціна виробу	4383614,8

3.4 Визначення критичної програми випуску відокремленої частини крила

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

Визначимо розмір річних постійних витрат (*РПОВ*) за формулою:

$$РПОВ = (ПсЗВ + АВ + ВЗ) \cdot А, \quad (3.24)$$

де *А* – розрахункова річна програма, *А* = 25 шт;

$$РПОВ = (634257,4 + 53411,2 + 51346,3) \cdot 25 = \mathbf{18475371,2 \text{ грн.}}$$

Визначимо суму змінних витрат (*ЗМВ*) за формулою:

$$ЗМВ = СВир - ПсЗВ, \quad (3.25)$$

$$ЗМВ = 3423086,0 - 634257,4 = \mathbf{2788828,5 \text{ грн.}}$$

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

$$РКП = РПОВ / (ЦВ - ЗМВ), \quad (3.26)$$

$$РКП = 18475371,2 / (4383614,8 - 2788828,5) = \mathbf{12 \text{ шт.}}$$

В точці беззбитковості (*РДТБ*) величина доходу буде наступною:

$$РДТБ = ЦВ \cdot РКП, \quad (3.27)$$

$$РДТБ = 4383614,8 \cdot 12 = \mathbf{50783550,0 \text{ грн.}}$$

Висновки по розділу 3

В даному розділі роботи було проведено розрахунок собівартості складання відокремленої частини крила літака типу Ан-178.

В результаті розрахунку виробнича собівартість відокремленої частини крила склала – 3423085,9 грн., ціна відокремленої частини крила – 4383614,8 грн. Також був проведений аналітичний розрахунок критичної програми випуску (12 виробів), при цьому дохід в точці беззбитковості складає – 50783550,0 грн.

4 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Особливості конструкцій трубопроводів повітряних систем літаків

Конструкція високоресурсного трубопроводу включає в себе велику кількість уніфікованих елементів, що утворюють нерухомі (зварні) і обмежено-рухливі з'єднання, що компенсують кутові і лінійні переміщення. Набір елементів дозволяє отримати трубопровід будь-якої конфігурації з гранично обмеженою кількістю спеціальних деталей. Дані деталі або їх складові частини мають оболонки обертання середніх розмірів (до 300 мм). Вони в основному використовуються в якості різного роду закінцівок трубопроводів повітряних систем, кілець ущільнювачів, кожухів камер згоряння і газоповітряних трактів двигуна, елементів нероз'ємних з'єднань.

До розглянутих деталей пред'являються підвищені вимоги по точності форм і розмірів як за умовами експлуатації, так і з точки зору стикування з іншими деталями, наприклад для закінцівок трубопроводів. Жорсткі вимоги до точності стикуються поверхонь пред'являє і складання під зварювання, тому що відхилення в розмірах призводять до виникнення неприпустимих монтажних напружень, які є причиною виникнення тріщин, зниження рівня надійності та ресурсу.

Отримання точних деталей, що задовольняють вимогам малих допусків креслення, можливо при реалізації силового впливу на заготовку, що перевищує межу текучості деформованого матеріалу.

Вибір способу формоутворення і калібрування деталей залежить від їх розмірів і геометрії, величини проштамповки та перехідних радіусів, матеріалу заготовки, обсягу випуску і технологічних можливостей виробництва.

Широке застосування в конструкціях трубопроводів протикригової системи (ПКС), системи підготовки повітря (СПП) та системи кондиціонування повітря (СКП) жаростійких і нержавіючих сталей, титанових та інших сплавів, що мають високі характеристики міцності, але низькі технологічні властивості, призвели до значного зростання потрібних для деформування зусиль.

Проблемою, яка істотно затрудняє виготовлення уніфікованих елементів, є невисока точність поставляються промисловістю суцільнотягнутих труб.

4.2 Статичні методи виготовлення елементів трубопроводів

Відомий спосіб виготовлення елементів трубопроводів точінням з прутка або товстостінної труби не можна вважати допустимим для авіаційних конструкцій. Крім малої продуктивності процесу і властивим йому низьким коефіцієнтом використання металу (а продуктивність процесу ще більш знижується і витрати на інструменти і пристосування ростуть при виготовленні тонкостінних і титанових деталей) різко падають експлуатаційні якості деталей. Дослідження отриманих цим методом деталей, показало, що ресурс їх не відповідає мінімально допустимим нормам. Перерізання волокон прокату різко знижує пружність деталей і їх втомну міцність. Тому природно замінити обробку різанням штампуванням листових трубчастих заготовок.

Найбільш широко використовується способи отримання деталей з просторових заготовок традиційними технологічними процесами: формоутворення на пресах з розтискними пуансонами, ротаційно-радіальною роздачею або обтиском, виготовленням деталей термічною формовкою, статичним штампуванням гумою та рідиною.

В останні роки все більше застосування знаходять високоенергетичні процеси імпульсної металообробки;

1 Формоутворення на пресах з розтискними пуансонами. Сутність процесу полягає в пластичній деформації заготовки або її поясів радіальною розтяжкою матеріалу розтискними пуансонами, при осьовому переміщенні всередині них конуса. Для деталей розглянутих габаритних розмірів процес здійснюється на звичайних пресах на штампах з розтискними пуансонами. Цим способом отримують деталі з плавним зміною форми.

Основними недоліками формоутворення розтискними пуансонами є:

- низька точність деталей внаслідок їх огранки;
- складність оснащення;
- велике число переходів;
- використання багатоперехідних штампів;
- обмеженість застосування способу для виготовлення деталей складних просторових форм.

2 Ротаційно-радіальне профілювання і калібрування кільцевих деталей здійснюється шляхом безперервного обертання циліндричної заготовки щодо деформуючих і профілюючих роликів, рівномірно розташованих по колу і радіально впливають на заготовку. Необхідний профіль деталей формується парами пов'язаних профілюючих роликів, а розмір, деталі по діаметру досягається радіальною роздачею заготовки.

Цей спосіб характеризується більш високою точністю, ніж попередній, має ширші технологічними можливостями. Але на ряду з цим, він має ряд істотних недоліків, які в специфічних умовах авіабудування недопустимі:

- зниження міцності деталей через порушення цілісності волокон;
- викликаного зсувними деформаціями;
- невисока якість поверхні через послідовного пластичного деформування ділянок заготовки;
- низька продуктивність процесу;
- неможливість отримання перехідних радіусів;
- порівнянних з товщиною матеріалу;
- труднощі виготовлення деталей малих габаритів (до 30 мм).

3 Виготовлення деталей термічною формовкою. Цей спосіб використовується для калібрування деталей з прямолінійними утворюючими поверхнями. Сутність процесу полягає в наступному. Заготівка-обечайка встановлюється на оправлення, що має еквідистантну внутрішньої поверхні деталі форму і виконану з матеріалу з коефіцієнтом лінійного розширення, більшим ніж у матеріалу заготовки. Оправлення і заготівка спільно нагріваються. Так як діаметр оправки збільшується більше, то вона, розтягуючи обечайку, надає їй свою форму. Після витримки, необхідної для структурної стабілізації, оправлення і деталь спільно охолоджуються.

Розглянутий спосіб, володіючи високими точносних можливостями, є низько продуктивним, для цілого ряду матеріалів вимагає проведення його в нейтральному середовищі або вакуумі. Негативними сторонами його є також велика енергоємність багатоперехідних, а відповідно і споживання кількості оправок, стійкість яких не висока.

4 Статичне штампування гумою і рідиною, основною перевагою є те, що для здійснення процесу деформування необхідний тільки один тип інструменту: матриця або пуансон. Відповідна частина штампа, маючи можливість змінювати форму, дозволяє отримувати деталі просторових форм, що містять звужуються вихідні перетину, затінені зони, піднутрення. Технологічні процеси формоутворення легко піддаються механізації та автоматизації. Обмежене застосування штампування гумою і рідиною пояснюється:

- труднощами формування ділянок з малими радіусами кривизни;
- особливо при виготовленні деталей з високоміцних і важко деформованих матеріалів;
- неможливістю створення на поверхні заготовки поля тиску, близького до потрібного.

Отже, зниження коефіцієнта корисної дії (ККД) обладнання і далеко не повне використання його енергоємності. Крім того, гума при великих ступенях деформації має невисоку стійкість; використання ж рідинних, в якості передавального середовища спричиняє великі труднощі зі створенням високого рівня тисків і проблемою ущільнень формуючої порожнини.

Розглянуті способи отримання деталей з трубчастих заготовок вимагають також виконання ручних робіт по доопрацюванню, які по трудомісткості для деталей складної конфігурації часто є основними.

4.3 Високоенергетичні імпульсні методи обробки. Гідродинамічне штампування

Використання імпульсних процесів штампування показало їх великі технологічні можливості. Практично необмежений енергетичний потенціал, висока точність деталей, можливість отримання складних форм з перехідними радіусами, порівнянними з товщиною заготовки, в тому числі і з високоміцних і важкоформуємих матеріалів, простота і економічність зумовили значний інтерес, який виявляють технологи до імпульсних методів. Їх область застосування в металообробку розширюється з кожним роком.

До імпульсних високоенергетичних методів обробки слід віднести штампування вибухом бризантних вибухових речовин, деформаційно-газове, магнітно-імпульсне, електрогідравлічне або ударне штампування.

Штампування вибухом бризантних вибухових речовин застосовується в основному для отримання великогабаритних деталей, коли існуюче пресове обладнання не може забезпечити їх виготовлення. Низький необхідний рівень механізації, невисокі витрати на обладнання і оснащення, універсальність обладнання визначили доцільність вибухового штампування при невеликих обсягах виробництва.

Інші методи імпульсної металообробки легше піддаються механізації, але при використанні цих прогресивних методів виявляються недоліки, які обмежують область їх застосування:

- порівняно невисокий рівень тиску реалізується при детонаційному-газової штампуванні дозволяє використовувати його для обробки тонколистових матеріалів з відносно невисокими характеристиками міцності (АМГ-2М, Д16АМ і ін.);
- застосування методу магнітно-імпульсної обробки стримує недостатня стійкість індукторів і непридатність його для формоутворення складних трубчастих деталей з матеріалів з низькою електропровідністю;

- електродинамічній обробці властиві значні витрати електричної енергії і габарити накопичувача, недостатня стійкість електродної системи, і особливо, при штампуванні на максимальних зарядах.

Поява гідрударного методу обробки зробило реальним завдання створення нової технології, оскільки усунуло головну трудність гідроштампування – необхідність ущільнення системи «прес-штамп-заготовка» і дало можливість активно управляти зовнішнім навантаженням в широкому діапазоні як за величиною амплітудного тиску, так і за тривалістю.

В даний час створена гамма установок для гідрударною обробки, що відрізняються в основному джерелом розгону снаряда, що генерує в передавальній середовищі хвилю тиску (порох, стиснене повітря, гідродинамічний привід, горючі газові суміші). Серед різноманіття гідрударних установок виділяються своїми позитивними якостями установки з пороховим енергоносієм, відомі як прес-гармати для гідродинамічної штамповки. Поряд з такими загальними достоїнствами, як універсальність, легке переналадження, високий рівень механізації і автоматизації, відповідність рівню оптимальної кувальної машини за узагальненими критеріями для ковальсько-пресового устаткування сучасного виробництва, вони мають велику енергооснащеність, отже і великі технологічні можливості.

4.4 Принципи роботи і опис гідродинамічної штамповки

Гідродинамічне штампування (ГДШ) засноване на деформації заготовки імпульсом тиску рідини, по якій наноситься удар твердим тілом – поршнем, розігнаним до швидкості 30-250 м/с в циліндричному гладкому стовбурі енергією стисненого газу, отриманого в робочій камері тим чи іншим способом (наприклад, при горінні пороху або іншого енергоносія). Схема організації робочого процесу дозволяє регулювати зовнішнє навантаження за величиною розташування енергії поршня, тобто за швидкістю його зіткнення з рідиною (рис 4.1).

Розробка процесів і обладнання гідродинамічної штамповки на прес-гарматах зробило реальним завдання створення нової технології, оскільки усунули головну трудність – необхідність герметизації гідростатичної камери, що знаходиться під високим тиском, необхідним для отримання точних деталей. Розроблені прес-гармати мають можливість широкого варіювання величиною і часом навантаження імпульсу, високою питомою енергоємністю, великим діапазоном здійснюваних технологічних процесів,

легкою переналадкою і високою продуктивністю, технологічною універсальністю.

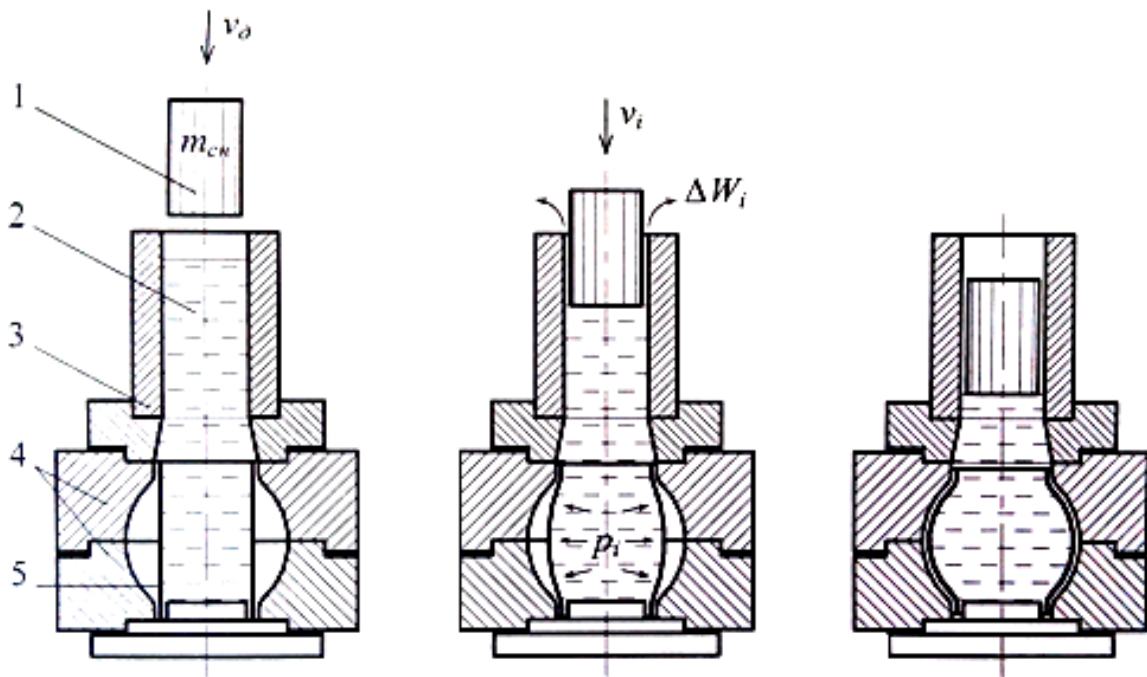


Рисунок 4.1 – Принципова схема ГДШ:

1 – снаряд; 2 – передавальне середовище; 3 – перехідник ствола; 4 – оснастка;
5 – заготовка; m_{cn} – маса снаряда; v_d – дульна швидкість снаряда;
 v_i – поточна швидкість снаряда; p_i – значення поточного тиску в формуючій
камері; ΔW_i – різниця втрати

4.5 Аналіз дефектів тонкостінних деталей трубопроводів, отриманих гідродинамічним штампуванням

Однією з основних причин, що ускладнюють інтенсивний розвиток в області гідродинамічної штамповки, є мала вивченість динамічних процесів, що відбуваються в енерго-технологічних вузлах установок, відсутність достатньо повних методик розрахунку параметрів процесів і міцних показників штампувального оснащення. Це призводить до порушення нормальної роботи при штампуванні деталей.

Основна роль в досягненні високої точності при гідродинамічному калібруванні деталей з важкодеформуючих матеріалів відводиться носіям форми – штампувальному оснащенню. Технологічна зона гідродинамічних установок стовбурного типу оснащена пристроями, що дозволяють використовувати уніфіковане штампувальне оснащення. При цьому роз'ємні матриці, в залежності від конфігурації штампованої деталі, можуть бути як з горизонтальним, так і з вертикальним роз'ємом.

Однак, досвід експлуатації гідродинамічного обладнання в умовах серійного виробництва показав, що однозначного критерію в оцінці застосовності штампів з вертикальним або горизонтальним роз'ємом для виготовлення різних елементів трубопроводів на сьогоднішній день не існує.

Аналіз причин виникнення дефектів в трубчастих деталях показав можливість систематизації цих причин. У таблиці 4.1 зведені найбільш характерні, часто виникають види дефектів. З таблиці видно, що такі дефекти, як утворення гофрів, складки, вм'ятини на поверхні деталей, недоштамповка елементів рельєфу, руйнування в окружному і меридіональному напрямках, є наслідком порушення режимів технологічних операцій або наявності дефектів в заготовках. Разом з тим, аналіз показав, що систематичними і самими важковиправними є дефекти, обумовлені напруженням матеріалу заготовки. Подолання напруження в деталях на виробництві досягається шляхом збільшення формуючого імпульсу тиску в гідравлічній камері (ГК) прес-гармати. Однак, це призводить до утворення відбитка стику напівматриць на поверхні деталі. Рішення даної проблеми вимагає наукового підходу і поглибленого дослідження.

Таблиця 2.1 – Характерні дефекти в особливо тонкостінних елементах повітряних систем, що штампуються на гідроударному обладнанні

№ п/п	Вид дефекту	Можливі причини дефекту
1	Гофри, складки, вм'ятини	<ul style="list-style-type: none"> • попадання передавальної рідини в порожнину між матрицею і деталлю; • повітряні пробки; • хвильові процеси в передавальній рідині.
2	Недоштамповка	<ul style="list-style-type: none"> • мала пластичність матеріалу заготовки; • напруження матеріалу заготовки; • утворення повітряних пробок; • потрапляння передавальної рідини між матрицею і деталлю.
3	Окружні та меридіональні розриви	<ul style="list-style-type: none"> • не виконана термообробка; • штампування за один перехід деталей з великим ступенем витяжки; • неправильне розташування волокон матеріалу; • наявність концентраторів на заготівку (ризки, подряпини, вм'ятини, потрапляння сторонніх часток між заготівкою і матрицею); • при розриві по шву – не виконано зміцнення (усадка, проковка) зварного шва; • при розриві в районі шва – не виконана термообробка.

Продовження таблиці 2.1

№ п/п	Вид дефекту	Можливі причини дефекту
4	Еліпсність	<ul style="list-style-type: none"> • еліпсність заготовки на етапі поставки; • різниця товщини стінки заготовки за прикладом; • неправильний вибір напрямку волокон в зварений заготівлі; • розкриття матриці; • напруженість матеріалу заготовки.
5	Перевищення розміру відштампованої деталі розміру матриці	<ul style="list-style-type: none"> • недостатня жорсткість штампувального оснащення; • перевищення допустимого значення зовнішнього навантаження; • неправильний затиск штампувального блоку; • напруженість матеріалу заготовки.
6	Відбиток або розрив по лінії стику напівматриць	<ul style="list-style-type: none"> • перевищення допустимого значення зовнішнього навантаження; • недостатня жорсткість штампувального оснащення; • деформація силових елементів обладнання; • неправильне закриття штампувального блоку.

4.6 Методи забезпечення точності деталей та їх характеристика

Процес деформування заготовки в матрицю при імпульсному навантаженні можна розбити на три етапи.

Перший етап – прискорений рух під дією імпульсу тиску в передавальному середовищі.

Другий етап – вільне деформування заготовки за рахунок придбання на першому етапі кінетичної енергії.

Третій етап – зіткнення заготовки з матрицею і пруження. Заключний третій етап деформування заготовки називається калібрувальним.

Аналіз процесів калібрування розглядав питання зовнішнього навантаження. При цьому не бралися до уваги показники точності деформування виробів і їх характеристики. Разом з тим, для виробів авіаційної техніки точність, взаємозамінність і міцність мають першорядне значення.

В даний час відсутня єдина думка про точності можливості імпульсних процесів штампування, немає достатньо чіткого уявлення про механізм явища, що приводить до зниження точності штампованих деталей. Відсутня методика визначення величини відхилення профілю деталі від робочого контуру матриці.

Операція калібрування, як правило, виконується на оснащенні та обладнанні, що і формування. Відхилення профілю деталі від профілю матриці для класичних схем імпульсного калібрування є прямим наслідком процесу пружного розвантаження матеріалу заготовки. Це небажане явище більшою мірою характерно для металів, що важкодеформуються і сплавів. Процес пружного розвантаження матеріалу заготовки описується узагальненим законом Гука, з якого випливає, що визначальними в даному процесі є механічні властивості матеріалу заготовки, а так само його напружений стан. Тому досягнення заданої точності деталі можливо або за допомогою зміни схеми напруженого стану матеріалу деталі, або шляхом коригування профілю матриці. Розглянемо деякі прийоми інтенсифікації калібрувальних процесів імпульсної металообробки, засновані на управлінні напруженим станом матеріалу трубчастої заготовки.

Спосіб примусової подачі матеріалу торців заготовки в зону деформування найбільш ефективний при граничних значеннях величини витяжки матеріалу заготовки. Недоліком даного прийому є утворення в деталях дефектів, викликаних впливом інерційних сил торцевих частин заготовки – гофри, козирки, складки. Ускладнена так само синхронізація торцевого впливу і калібрування імпульсу тиску в гідравлічній камері.

Ідея застосування відбивачів (центральної тіл) в процесах імпульсного калібрування трубчастих деталей відкриває хорошу можливість управління енерго-силовими потоками передавальних рідин в формуючих камерах. Найбільш ефективним є використання центральної тіл при отриманні деталей зі складним рельєфом, малими перехідними радіусами, великої локальної витяжкою. Застосування даного способу вимагає проведення додаткових розрахунків при конструюванні штампувального оснащення, що пов'язано з необхідністю точної побудови профілю центрального тіла для створення максимального ефекту віддзеркалення.

Принцип гідродинамічної мультиплікації тиску заснований на зменшенні обсягу формуючої рідини, що стискається до високого тиску. Здійснюється це за допомогою диференціального поршня, розташованого в гідравлічній камері. У слідстві різниці площ поршня, величина тиску в формуючій камері значно перевершує тиск в навантажувальній камері. Область застосування цього методу обмежується габаритами калібрування деталей, оскільки збільшення обсягу камери високого тиску вимагає значного збільшення обсягу камери низького тиску, що в значній мірі збільшує металоємність оснастки.

Ні в одному з описаних способів інтенсифікації не враховуються пружно-пластичні коливання попередньо напруженої заготовки. З цієї точки

зору найбільший інтерес представляє робота, яка присвячена дослідженню точнісних можливостей імпульсних процесів калібрування кільцевих деталей. У цьому методі необхідна точність деталей забезпечується підбором оптимальної швидкості зіткнення заготовки з матрицею. Характеристикою визначального відхилення розмірів деталі після припинення дії навантаження, є напруження матеріалу. В даному випадку величина напруження зводиться до нуля за рахунок пластичної деформації заготовки при ударі об матрицю.

У таблиці 4.2 наведені значення коефіцієнта K при зіткненні зі сталевою матрицею кільцевих заготовок з основних типів сплавів.

Таблиця 4.2 – Значення коефіцієнта K для основних типів сплавів

№ п/п	Матеріал заготовки	K
1	Сталь	0,50
2	Титановий сплав	0,63
3	Алюмінієвий сплав	0,74

У таблиці 4.3 наведені значення граничних швидкостей зіткнення для заготовок з різних матеріалів.

Таблиця 4.3 – значення граничних швидкостей зіткнення для заготовок з різних матеріалів

№ п/п	Матеріал матриці	Матеріал заготовки	V_c , м/с
1	Сталь	Сталь 12X18H10T	250
2	Сталь	Титановий сплав ОТ4-1	320...350
3	Сталь	Алюмінієвий сплав АМг-2М	200

Досвід промислового застосування вибухового штампування показав, що даний спосіб підвищення точності деталей володіє істотними недоліками, зумовленими зниженням стійкості оснащення при великих швидкостях зіткнення.

Виділимо характерні дефекти в штампувальному оснащенні, що призводять до утворення браку в деталі, або роблять неможливим її виготовлення:

- пластичне «зварювання» заготовки з матрицею;
- втрата геометричних розмірів робочого профілю матриці;
- руйнування елементів рельєфу, радіусів;
- пластичні деформації стягуючого бандажа;
- руйнування оснастки.

Стійкість штампового оснащення при таких умовах навантаження буде надзвичайно низькою, що неприйнятно для великосерійного виробництва. Крім того, забезпечення рекомендованих швидкостей зіткнення заготовки з матрицею пов'язане з великими труднощами.

4.7 Способи інтенсифікації та підвищення стабільності процесів гідроударної калібрування на прес-гарматах

Серед способів інтенсифікації процесу деформування заготовок методом ГДШ на прес-гарматах, найбільш ефективними для отримання високоточних деталей виявляються основні:

- штампування із застосуванням приєднаних мас (ПМ);
- штампування з застосуванням порожнинних вставок (ПВ);

На рис. 4.2 представлені типові схеми процесів гідроударного калібрування елементів повітропроводів із застосуванням гумових ПМ. Позитивний ефект, обумовлений помітним підвищенням точності штампованих деталей, був отриманий при калібрування гумовими ПМ наконечників трубопроводу. Як показала перша серія випробування, стійкість модифікованих склянок визначається, в основному, точністю виконання на них профілю деталі, що калібрується.

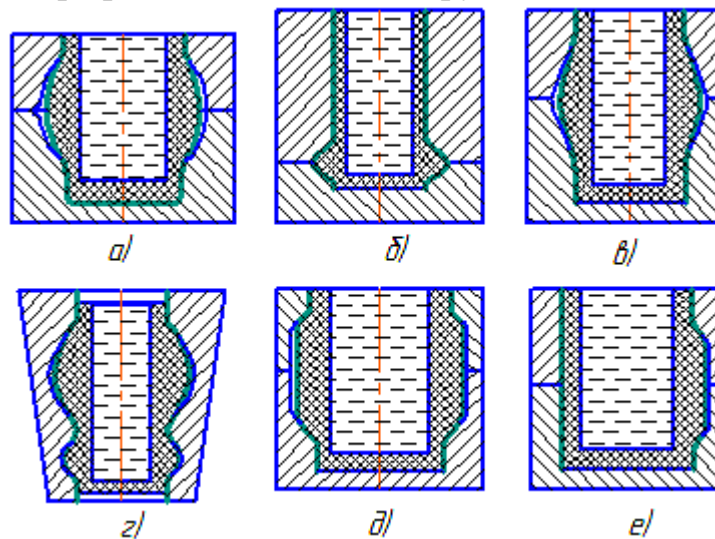


Рисунок 4.2 – Схеми типових процесів гідроударного калібрування з застосуванням спеціальних гумових ПМ:

- а) – сфера; б) – фланець; в) – конус; г) – посилена куля;
 д) – перехідник; бандаж; е) – асиметричний перехідник

Підвищення ефективності процесу гідроударного калібрування, а отже і підвищення точності штампованих деталей стало можливим із застосуванням спеціальних порожнинних вставок (ПВ).

Спосіб інтенсифікації процесу ГДШ за допомогою ПВ ефективний і простий. Штамповка технологічна, не вимагає при виготовленні додаткових матеріальних витрат, добре працює в автоматичному циклі. Можливі варіанти поєднання ПВ і ПМ.

На рис.4.3 представлені схеми типових процесів штампування з ПВ. Отримані при обробці серійних технологій результати, показали помітну перевагу штампування з ПВ, що виразилося в підвищенні точності штампованих деталей, економії енергоресурсів, збільшення терміну служби штампового оснащення.

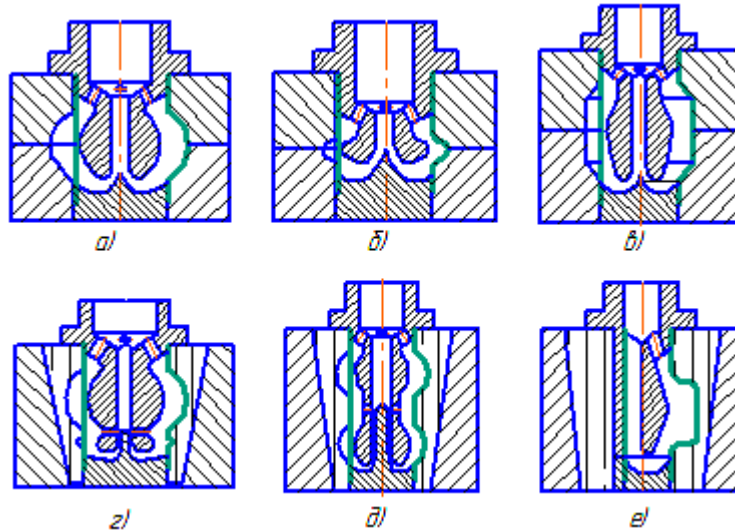


Рисунок 4.3 – Схеми типових процесів ГДШ з порожнинними вставками:
 а) – сфера; б) – фланець; в) – перехідник; г) – посилена сфера;
 д) – вставка; е) – трійник

Висновки по розділу 4

В даному розділі роботи було проведено аналіз дефектів тонкостінних деталей трубопроводів повітряних систем літака, виготовлених методом гідродинамічного штампування.

ВИСНОВКИ

В даній роботі були розглянуті питання пов'язані з технологією, оснащенням та організацією виробництва відокремленої частини крила літака типу АН-178.

Пояснювальна записка роботи складається з чотирьох розділів: конструкторського, технологічного, економічного та спеціального.

В конструкторському розділі виконано наступні завдання:

- проведено конструктивно-технологічний аналіз конструкції відокремленої частини крила літака типу Ан-178;
- розроблено варіант конструкції відокремленої частини крила та обґрунтовано прийняте рішення розрахунками;
- складено технічні умови на виготовлення та проведено аналіз технологічності відокремленої частини крила.

В технологічному розділі виконано наступні завдання:

- розроблено схеми конструктивно-технологічного членування, схеми складання, схеми ув'язування заготівельного і складального оснащення для складання та схеми базування при складанні відокремленої частини крила;
- розроблено операційний технологічний процес складання відокремленої частини крила та панелі нижньої відокремленої частини крила;
- розроблено ТУ на проектування і конструкцію складального пристрою відокремленої частини крила;
- розроблено конструкцію представника оснащення другого порядку;
- розроблено цикловий графік складання відокремленої частини крила;
- виконано технологічні розрахунки та розроблено планування цеху складання відокремленої частини крила.

В економічному розділі було проведено розрахунок собівартості складання відокремленої частини крила літака типу Ан-178.

В результаті розрахунку виробнича собівартість відокремленої частини крила склала – 3423085,9 грн., ціна виробу – 4383614,8 грн. Також був проведений аналітичний розрахунок критичної програми випуску (12 виробів), при цьому дохід в точці беззбитковості складає – 50783550,0 грн.

В спеціальному розділі було проведено аналіз дефектів тонкостінних деталей трубопроводів повітряних систем літака, виготовлених методом гідродинамічного штампування.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Букин Ю. М. Технология производства самолетов и вертолетов. Сборочно-монтажные и испытательные работы в самолето- и вертолетостроении: конспект лекций / Ю. М. Букин, Ю. А. Воробьев. – Харьков: ХАИ, 2001. – 178 с.
2. 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 лекций на англ. и рус. яз. / Ю. М. Букин, Ю. А. Воробьев. – Харьков: ХАИ, 2003. – 331 с.
3. Воробйов, Ю. А. Правила оформлення навчальних і науково-дослідних документів [Текст] : навч. посіб. / Ю. А. Воробйов, Ю. О. Сисоев. – 4-те вид., випр. і доп. - Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2019. – 88 с.
4. Гавва В. М., Раздимаха Т. П. Обґрунтування господарських рішень і оцінювання ризиків : підручник. Харків: ХАІ, 2008. 272 с.
5. Економіка підприємства : підручник / за ред. С. Ф. Покропивного. Київ: КНЕУ, 2006. 528 с.
6. З'єднання деталей та агрегатів з композиційних матеріалів / Я. С. Карпов. – Х.: Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут», 2006 – 359 с.
7. Конструкції літаків: Підручник для студентів авіаційних спеціальностей/ Житомирський Г. І. - М.: Машинобудування, 1991 – 400 с.
8. Конструкція літаків: Навч. посібник для авіаційних вузів / Гребеньков О. А. – М. Машинобудування, 1984. – 240 с.
9. Набатов А. С. Технологічне проектування ділянок та цехів: навч. посібник з курсів. та диплом. проектування – Х.: Нац. аерокосм. унів-т, «ХАІ», 2003. – 81 с.
10. Основы технологии производства летательных аппаратов : учеб. пособие / А. С. Чумадин и др. М. : Наука и технологии, 2005. 912 с.
11. Основы технологической подготовки производства в авиационной промышленности : учеб. пособие по диплом. проектированию / В. Е. Зайцев, Ю. М. Букин, Ю. А. Воробьев, А. П. Мельничук. – Харьков : ХАИ, 2012. – 184 с.
12. Проектирование самолетов: Учебник для вузов / С. М. Егер, В. Ф. Мишин, Н. К. Лисейцев и др. Под ред. С. М. Егера. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 616 с.

13. Проектування та конструктивно-технологічні рішення панелей з композиційних матеріалів: навчальний посібник / Я. С. Карпов, П. М. Гагауз, Ф. М. Гагауз, Т. А. Литвинова. – Х.: Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут», 2010 – 180 с.
14. Проектування та конструювання з'єднань деталей з композиційних матеріалів / Я. С. Карпов, С. П. Кривенда, В. І. Рябков. – навчальний посібник з курсового та дипломного проектування. – Х.: Харківський авіаційний інститут, 1997 – 201 с.
15. Розрахунок на міцність крила великого подовження: навчальний посібник / Л. А. Евсеев. – Х.: Харківський авіаційний інститут, 1985 – 106 с.
16. Современные технологии агрегатно-сборочного производства самолетов / А. И. Пекарш та ін. М. : Аграф-пресс, 2006. – 229 с.
17. Технологическое обеспечение авиационного производства / под общ. ред. Г. Б. Строганова. 2-е изд., доп. М. : Машиностроение, 1991. 367 с.
18. 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.
19. 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.
20. 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.
21. Тихомиров В.А. Основы проектування літакобудівних заводів та цехів. – М.: Машинобудування, 1975.
22. Точилин П. В., Сагателян Г. Р., Назаров Ю. Ф. Методика расчета экономической эффективности внедрения наукоемких технологий // Новые технологии XXI века. 2001. № 1. С. 29–34.
23. Характеристики авіаційних профілів: навчальний посібник для авіаційних вузів / А. С. Кравець – М., 1939 – 213 с.
24. Щетинин Г. М., Лысов М. И., Буров В. М. Механизация образования соединений при сборке авиационных конструкций. М. : Машиностроение, 1987. 256 с.

ДОДАТКИ