

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

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

Факультет літакобудування

Кафедра технології виробництва літальних апаратів

Пояснювальна записка

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

на тему Технологія та засоби технологічного оснащення
для складання стабілізатора СЛА

ХАІ.104.163.23О.134.1702046 ПЗ

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

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

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

Рудник Владислав Ігорович
(прізвище та ініціали здобувача (ки))

Керівник: Сікульський Валерій Терентійович
(ім'я та прізвище)

Рецензент: Чорний Юрій Вікторович
(ім'я та прізвище)

5. Перелік графічного матеріалу _____

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Конструкторський розділ	Трубаєв С.В. , к.т.н., доцент		
Технологічний розділ	Сікульський В.Т. д.т.н., професор		
Економічний розділ	Сікульський В.Т. д.т.н., професор		

Нормоконтроль _____ Валерій СІКУЛЬСЬКИЙ «17» _____ 01 _____ 2024 р.
(підпис) (ім'я та прізвище)

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
	Конструкторський розділ		
	Технологічний розділ		
	Економічний розділ		

Здобувач _____ Руднік В.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ Валерій СІКУЛЬСЬКИЙ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Зміст

Вступ.....	6
1. Конструкторська частина.....	7
1.1. Короткий технічний опис універсального двомісного легкого літака. Конструктивно-технологічний аналіз конструкції стабілізатора.....	8
1.2. Загальні відомості про об'єкт	9
1.3. Призначення та геометрія базового горизонтального оперення.....	Ошибка! Закладка не определена. 5
1.4. Визначення навантажень, що діють на стабілізатор.....	16
1.5. Вибір положення опор стабілізатора, побудова епюр згинальних моментів і сил, що перерізають.....	18
1.6. Проектування стабілізатора.....	21
1.7. Проектування поясів лонжерону.....	22
1.8. Проектування стінки лонжерону та нервюри.....	23
1.9. Визначення товщини обшивки.....	26
1.10. Проектування кронштейна навішування.....	27
1.11. Проектування силової нервюри.....	28
1.12. Технічні умови виготовлення стабілізатора.....	29
1.13. Оцінка технологічності конструкції стабілізатора.....	30
2. Технологічна частина	32
2.1 Технічний опис конструкції стабілізатора надлегкого літального апарату.....	33
2.2 Технічні умови на виготовлення стабілізатора.....	37
2.3 Оцінка технологічності конструкції стабілізатора.....	38
2.4 Проробка варіантів підвищення рівня технологічності стабілізатора.....	40
3 Директивні технологічні матеріали на складальні роботи.....	41
2.3.1 Розробка можливих варіантів методів складання, схем складання та схем ув'язування оснащення.....	41
2.3.2 Розрахунки допусків на стабілізатор для двох варіантів ув'язування.....	49
2.3.3 Розрахунки точності складання стабілізатора по обводах, порівняння з допуском.....	49
2.3.4 Розрахунки затрат для двох варіантів складання.....	53
2.3.5 Розробка схеми базування складових частин.....	56

2.4	Проектування робочого технологічного процесу складання крила в маршрутному та операційному опису на стандартних бланках-картах з використанням типових технологічних процесів та операцій. Вибір обладнання, устаткування, інструменту.....	57
2.4.1	Нормування двох-трьох операцій технологічного процесу, укрупнене нормування решти операцій.....	59
2.4.2	Укладання ТУ на проектування стапелю складання крила та ТУ на поставку деталей.....	60
2.4.3	Розробка циклового графіка складання. Розрахунки такту, циклу, потрібної кількості робітників, пристроїв.....	61
2.4.4	Заходи з безпеки праці та організації робочого місця.....	63
2.4.4.1	Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що діють у робочій зоні цеху.....	63
2.4.4.2	Методи поліпшення стану робочого середовища за факторами мікроклімату та вентиляції.....	65
2.4.4.3	Способи та засоби покращення стану робочого середовища за факторами освітленості.....	66
2.4.4.4	Заходи щодо пожежної безпеки цеху.....	67
2.5	Проектування засобів технологічного оснащення складальних робіт.....	67
2.5.1	Вибір схеми та компоновки пристрою для складання стабілізатора.....	67
2.5.2	Проектувальні розрахунки на міцність, жорсткість елементів конструкції пристрою для складання стабілізатора.....	69
2.5.3	Конструювання пристрою для складання стабілізатора.....	69
2.5.4	ТУ на проектування та монтаж пристрою для складання стабілізатора.....	71
2.5.5	Розробка укрупненого технологічного процесу виготовлення композитної матриці для складання стабілізатора.....	71
2.5.6	Планування робочого місця.....	72
3.	Економічна частина Ошибка! Закладка не определена.	
3.1.	Розробка стратегії маркетингу.....	75
3.2.	Розрахунок техніко-економічних показників проєктованого цеху.....	80
3.3.	Визначення точки беззбитковості.....	95
4.	Спеціальна частина.....	97
4.1.	Високотехнологічні герметизаційні системи в авіації.....	97
	Список використаної літератури.....	122
	Ошибка! Закладка не определена.	

Вступ

Стрімкий прогрес авіаційної науки і техніки в останні п'ять-десять років дозволили створити літаки, здатні літати з гіперзвуковими швидкостями, перевозити на міжконтинентальних магістралях понад 500 пасажирів одночасно, піднімати до 250 тонн вантажів, здійснювати політ у будь-яких метеоумовах і прокладати шлях по командам бортового комп'ютера. Тим не менш, найбільш поширеним у світі типом літального апарату (ЛА) залишається легкий літак. Разом з іншими ЛА авіації загального призначення (АЗП) легкі літаки сьогодні становлять до 97% світового парку цивільної авіації.

Сучасні літаки авіації загального призначення не поступаються за комфортністю найдосконалішим пасажирським лайнерам, оснащені супутниковим зв'язком і бортовими обчислювальними комплексами, мають економічні двигуни. Як об'єкт проектування легкий літак цікавий багатьма особливостями, відкриває практично необмежені можливості для творчості, оскільки допускає використання різноманітних аеродинамічних форм, конструктивних рішень, різних матеріалів та технологій. З іншого боку, свобода вибору нерідко є причиною появи ситуацій, в яких розробнику важко віддати перевагу одному варіанту з багатьох на основі кількісної оцінки і доводиться покладатися тільки на свій досвід та інженерну інтуїцію.

Метою даного дипломного проекту є проектування легкого багатоцільового літака, здатного знайти застосування в народному господарстві, використовуватися як навчальний, патрульний та санітарний мобільний ЛА.

Завданнями при розробці такого літального апарату є поетапне опрацювання загального аеродинамічного компонування із заданою якістю, вибір раціональної конструктивно-силової схеми літака, опрацювання різних систем та агрегатів літака, їх оптимізація з метою отримання максимальної вагової віддачі, мінімального споживання палива, максимального ресурсу та мінімальної вартості апарату. Всі ці етапи необхідно проводити за допомогою CAD/CAM/CAE систем, так як вони дозволяють мінімально витратити час на концептуальну розробку систем, перевірити різні варіанти конструкції, роботу систем без створення фізичних моделей, а отже з мінімальними витратами коштів.

Опрацювання даного проекту здійснювалася у системі КОМПАС та САТІА.

Конструкторська частина

1.1 Короткий технічний опис універсального двомісного легкого літака. Конструктивно-технологічний аналіз конструкції стабілізатора

По аеродинамічній компоновці літак являє собою підкісний високоплан з силовою установкою, що тягне, триопорним шасі з носовим колесом.

На літаку встановлено поршневий двоциліндровий двигун «Rotax – 912» UL(S) з трилопатеvim гвинтом «Kaspar», «Neuform» переставного (змінюваного) кроку.

Проектований літак призначений для перевезення одного пасажиря, вантажу, проведення транспортно-зв'язкових операцій, аеровізуальних спостережень, патрулювання нафтогазопроводів, автодоріг, ЛЕП, аерофотозйомки, лісо-авіаційних робіт, навчально-тренувальних, спортивних та маршрутних польотів, а також для особистого користування.

Зовнішній вигляд легкого, універсального, двомісного літака представлений на рис. 1.1.

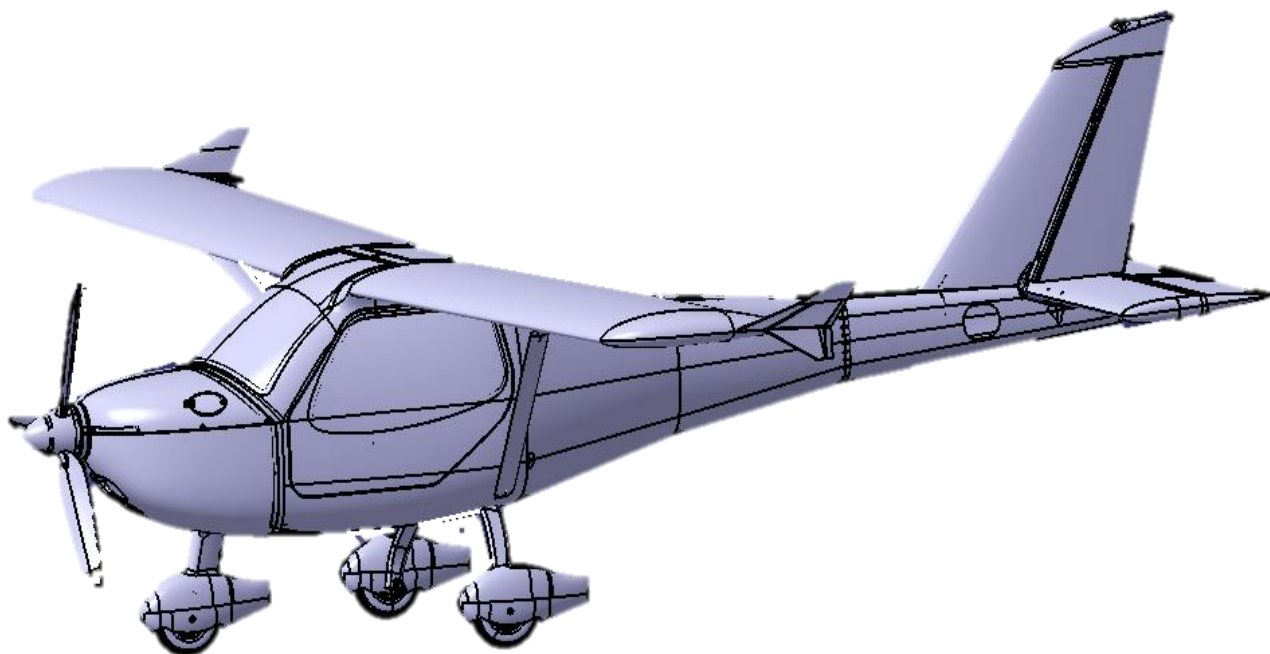


Рисунок 1.1 – Легкий двомісний літак

Переобладнання літака з одного варіанту застосування в інший здійснюється за погодженням із Розробником.

Конструкція та обладнання літака дозволяють виконувати польоти вдень, у простих метеоумовах, над рівнинною та горбистій місцевістю по ПВП польотів до висоти 3000 м.

Для зльоту та посадки можна використовувати майданчики зі штучним покриттям та ґрунтові польові майданчики, з міцністю ґрунту не менше 3 кгс/см².

Висота майданчика над рівнем моря до 2200 м. включно..

1.2 Загальні відомості про об'єкт

Основні геометричні дані..

Довжина літака, 6,5 м

Розмах крила, 9,5 м

Висота літака на стоянці, 2,6 м

Середня аеродинамічна хорда, 1,19 м

Площа крила, 11,3 м²

Навантаження на крило, 53,1 кг/м²

Кабіна:

довжина, 1,56 м

ширина, 1,25 м

висота, 1,08 (1.28) м

Шасі:

колія, 1,8 м

база, 1,5 м

Маса порожнього, 388+12/-12 кг

Максимальна злітна та посадкова маса, 600 кг

Мінімальна маса переднього пілота, 60 кг

Максимальна маса переднього пілота, 100 кг

Максимальна маса комерційного завантаження на правому сидінні пілота (або маса другого пілота) при масі лівого пілота 60...100 кг становить відповідно 95...55 кг

При експлуатації літака можливе перевезення на другому сидінні одного пасажиром масою до 95 кг, при цьому максимальна злітна маса літака не повинна перевищити 600 кг.

Центр тяжіння літака

За будь-яких варіантів завантаження екіпажу, комерційного завантаження та допоміжного обладнання центр тяжіння літака лежить в інтервалі:

гранично-заднє центрування, 39 % САХ

гранично-переднє центрування, 29 % САХ

центрування порожнього літака, 51 ± 1 % САХ

Встановлений діапазон центрувань забезпечується за умови дотримання порядку розміщення пілота на лівому сидінні (60...100 кг), пасажиром (другого пілота) або вантажу в багажному відсіку (95...55 кг).

За умови дотримання цих величин діапазон центрувань забезпечується при будь-якому варіанті заправки паливом.

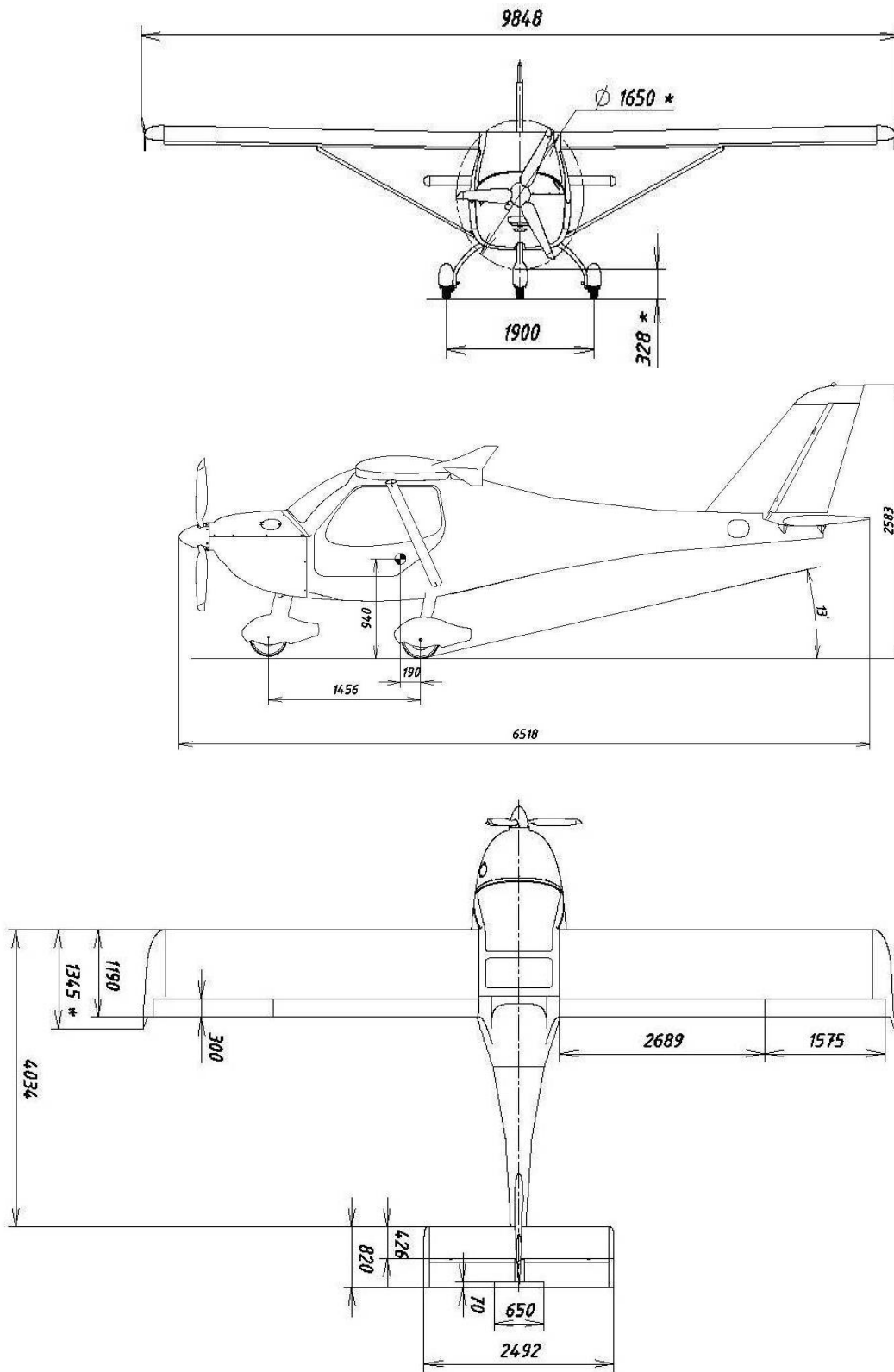


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд літака

Конструкція планера

Планером літака є підкісний високоплан з хвостовим оперенням, неприбирається шасі і закритою кабіною.

Планер має двомісну кабіну з рядним розташуванням пілотів.

До складу планера входять:

- фюзеляж із силового каркаса та закритої кабіни;
- підкісне крило однолонжеронної конструкції з внутрішніми підкосами;
- хвостове оперення;
- триопорне шасі з гальмівними основними колесами та керованим носовим колесом;
- блок навігаційно-пілотажного та радіозв'язкового обладнання..

Основні та другорядні елементи конструкції.

До основних елементів конструкції літака відносяться:

- каркас фюзеляжу;
- крило;
- підкоси крила;
- оперення;
- основна система управління;
- носове та основне шасі.

До другорядних елементів конструкції літака відносяться:

- Допоміжні системи управління:
 - а) керування закрилками;
 - б) керування двигуном;
- Кабіна;
- протипожежна перегородка;
- гальмівна система.

Фюзеляж – основна частина літака. До фюзеляжу кріпляться двигун, крило, хвостове оперення, шасі, у ньому розміщується екіпаж та обладнання.

Фюзеляж складається з металевого каркаса, що складається, у свою чергу, зі звареної ферменної частини, клепанної хвостової балки, а також склопластикової несилової кабіни.

До носової частини каркаса кріпляться передня стійка шасі, педалі управління пілотів, силова установка.

У середній частині каркаса розташовані вузли кріплення основного шасі, підкосів крила, сидінь пілотів, а також багажний відсік та вузли кріплення спассистеми.

До хвостової частини фюзеляжної балки кріпляться кіль, стабілізатор.

Кабіна літака – двомісна, закрита, вентиляційного типу. Конструктивно складається з пластикового обтічника, капотів, стекол, дверей, лючків.

Хвостове оперення розташоване на хвостовій частині балки фюзеляжу. Оперення складається з кіля, керма напрямку, стабілізатора, керма висоти.

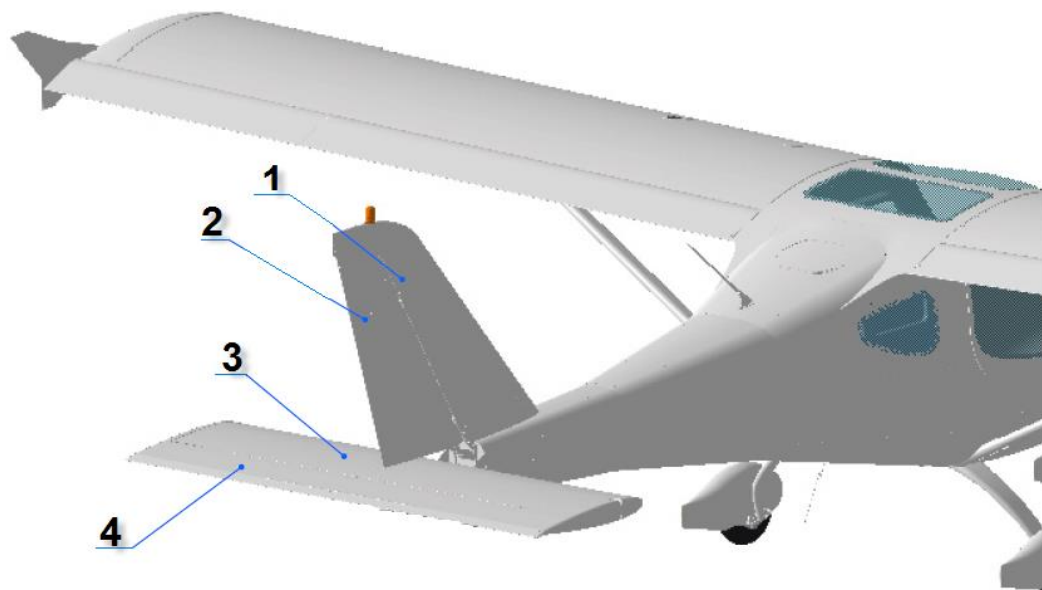


Рисунок 1.3 – Хвостове оперення

1. Кіль
2. Кермо напрямку
3. Стабілізатор
4. Кермо висоти

Кіль має 3 кронштейни для кріплення до хвостової частини балки фюзеляжу. У верхній частині кіля встановлена пластикова закінчування. На задньому

лонжероні є 2 кронштейни для навішування РН. РН розташований на кілі і навішений на двох кронштейнах. Знизу, на першому лонжероні, РН має зварний кронштейн із встановленою гойдалкою для приєднання тросів керування.

Стабілізатор має 4 кронштейни для кріплення до хвостової частини балки фюзеляжу. На кінцевих нервюрах встановлені пластикові закінчення.

РВ розташований на стабілізаторі та навішений на рояльній петлі. На кінцевих нервюрах встановлені пластикові закінчення. РВ має вагові балансири розташовані спереду у пластикових закінченнях. РВ має гойдалку для приєднання тяги керування. На задній стінці РВ встановлено тример.

Кіль конструктивно являє собою лонжеронну схему, що складається з передньої стінки, лонжерону, нервюр, стрінгерів, алюмінієвої обшивки з'єднаних між собою за допомогою пресових та односторонніх заклепок.

На передній стінці встановлено передній вузол кріплення кіля. На поясах лонжерона встановлені задні вузли кріплення кіля. У кінцевій нервюрі встановлені анкерні гайки для кріплення законцівки. На лонжероні кіля встановлено 2 вузли навішування керма напрямку.

Кермо спрямування стінки, нервюр, обшивки. Знизу до стінки за допомогою зварного кронштейна кріпиться гойдалка РН.

Стабілізатор конструктивно являє собою лонжеронну схему, що складається зі стінки, лонжерону, нервюр, стрінгерів, алюмінієвої обшивки з'єднаних між собою за допомогою пресових та односторонніх заклепок. Матеріал, що застосовується в конструкції: Д16Т

На стінці стабілізатора встановлені 2 передні вузли кріплення до фюзеляжної балки. На лонжероні стабілізатора встановлені 2 задні вузли кріплення до фюзеляжної балки.

Кермо висоти конструктивно є лонжеронною схемою, що складається з передньої стінки, задньої стінки, нервюр, алюмінієвої обшивки з'єднаних між собою за допомогою односторонніх заклепок. К задній стінці кріпиться рояльна петля для навішування тримера.

1.3 Призначення та геометрія базового горизонтального оперення

Оперення літака - вільнонесуче, однокільове з розташуванням стабілізатора на фюзеляжі. Горизонтальне оперення призначене для забезпечення стійкості та керованості літака

Для зниження опору та інтерференції між оперенням та фюзеляжем у зоні стику встановлюється заліз кіля та обтічник стабілізатора.

При проектуванні літака особливу увагу займають розрахунки елементів конструкції на міцність.

Під міцністю розуміється властивість елемента, частини або всієї конструкції опиратися руйнуванню під дією розрахункового навантаження. Розрахувати якийсь елемент з умови забезпечення його міцності – це означає визначити навантаження, що діють на нього, правильно вибрати розрахункову схему, конструктивний матеріал і геометричні розміри, при витримуванні яких буде забезпечена задана міцність без перетягування конструкції.

Для забезпечення безпеки польотів конструкція повинна бути виконана з деяким запасом міцності, що забезпечує збереження літального апарату (ЛА) при випадковому виході його за допустимі режими польоту. Цей запас вводиться з допомогою використання коефіцієнта f , званого коефіцієнтом безпеки. При проектуванні та розрахунку на міцність стабілізатора необхідно знати всі зовнішні навантаження, що діють на літак при різних режимах польоту та при посадці. Дійсні експлуатаційні зовнішні навантаження на стабілізатор літака рекомендується визначити за нормами міцності [АІ 23]

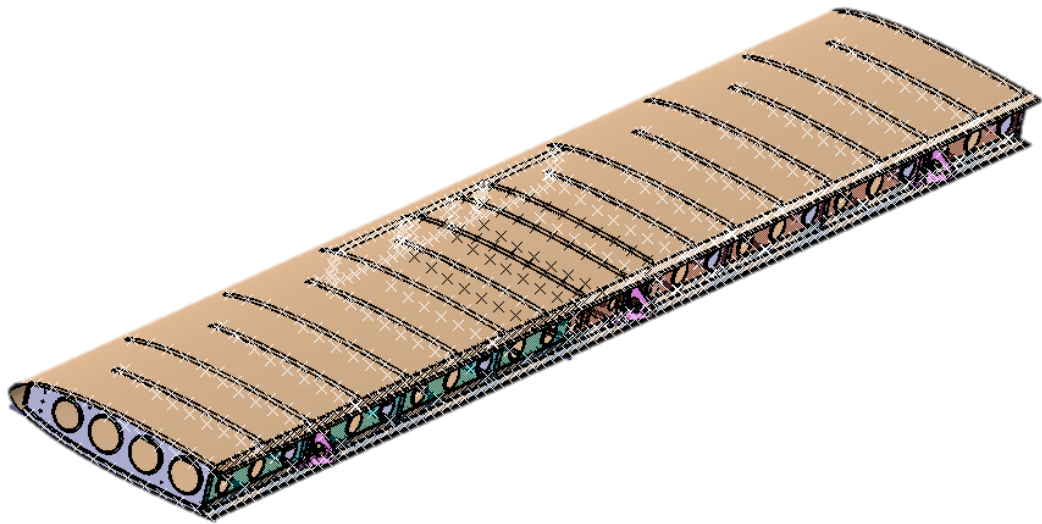


Рисунок 1.4 – Стабілізатор

1.4 Визначення навантажень, що діють на стабілізатор

Стабілізатор є одним з основних агрегатів конструкції високоплана літака і призначений для:

- створення підйомної сили, що врівноважує крутний момент від підйомної сили крила.

У процесі польоту стабілізатор створює підйомну силу при обтіканні його поверхні потоком, що набігає, в результаті чого виникає розподілені по поверхні сили тиску.

Навантаження на горизонтальне оперення можна розділити на:

- врівноважуючі;
- маневрені;
- навантаження у неспокійному повітрі.

Відповідно до норм льотної придатності:

1. Врівноважуюче навантаження

$$D_{\delta\delta}^y = m_z \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2} \cdot \frac{b_{\delta\delta}^{\delta\delta}}{L_{\delta\delta}} \cdot S_K, \quad (1.1)$$

де m_z – коефіцієнт моменту повітряних сил; для нашого типу літака,

$$m_z = 0,2;$$

$\frac{\rho \cdot V^2}{2}$ - швидкісний натиск;

де ρ_n - щільність повітря на висоті Н, $\rho_i = 0,735 \frac{\hat{e}\tilde{a}}{\hat{i}^3}$, $\hat{I} = 5\hat{e}\hat{i}$;

V_{\max} - максимальна швидкість польоту, $V_{\max} = 40 \frac{\hat{i}}{\hat{n}^2}$,

$$\text{тоді } q_{\max} = \frac{0,735 \cdot 40^2}{2} = 588 \frac{\hat{I}}{\hat{i}^2} ;$$

$b_{сax}$ - середня аеродинамічна хорда крила, $b_{\hat{n}\hat{a}\hat{o}} = 1,19 \hat{i}$;

L_{zo} - плече горизонтального оперення, $L_{\hat{a}\hat{i}} = 2,492 \hat{i}$;

S - площа крила (ГО), $S = 11,3 \hat{i}^2$.

Тоді за формулою (1.1):

$$D_{\hat{o}\hat{o}}^y = 0,2 \cdot \frac{0,735 \cdot 40^2}{2} \cdot \frac{1019}{2492} \cdot 11,3 = 543,3 \text{ (Н)}.$$

Розрахункове врівноважує навантаження

$$P_{yp}^p = n_3 \cdot f \cdot P_{yp}^o, \quad (1.2)$$

де $f = 1,5$ и $n_3 = 2,5$,

$$\text{тоді } D_{\hat{o}\hat{o}}^o = 2,5 \cdot 1,5 \cdot 543,3 = 2037,37 \text{ (Н)}.$$

2. Маневрене навантаження.

$$P_{ман}^o = P_{yp}^o + \Delta P_{yp}^o, \quad (1.3)$$

$$\text{де } \Delta P_{yp}^o = \pm k_1 \cdot \frac{G}{S} S_{zo}, \quad (1.4)$$

де $k = 0,25$ - для розрахункового випадку A' при $M \leq 0,85$;

G - вага літака, $G = 600 \hat{e}\tilde{a}$,

$$\text{тоді } \Delta P_{\hat{o}\hat{o}}^y = 0,25 \cdot \frac{600}{11,3} \cdot 2,04 = 27,07 \text{ (Н)};$$

$$P_{\hat{i}\hat{a}\hat{i}}^y = 543,3 + 27,07 = 570,37 \text{ (Н)}.$$

Розрахункове маневрене навантаження

$$P_{ман}^p = n^3 \cdot f \cdot P_{ман}^o \quad (1.5)$$

де $f = 1,5$ и $n_3 = 2,5$,

тоді $P_{i\dot{a}i}^{\delta} = 2,5 \cdot 1,5 \cdot 570,37 = 2138,88$ (Н).

3. Навантаження в польоті у неспокійному повітрі:

$$P_{нев}^{\rho} = P_{ур} + P_{нев} = 0,8 \cdot P_{ур} + 1,5 \cdot C \cdot V_{o_{max}} \cdot S_{zo}, \quad (1.6)$$

де C - коефіцієнт стисливості повітря, $c = 0,9$,

$$P_{нев} = 1,5cV_{o_{max}}S_{z.o.};$$

$$V_{o_{max}} = \sqrt{\frac{0,2 \cdot p \cdot V_{max}^2}{2 \cdot S}} = \sqrt{\frac{0,2 \cdot 0,735 \cdot 40^2}{2 \cdot 1,225}} = 9,79 \frac{m}{s} - \text{швидкість біля землі};$$

Підставляючи отримані результати формулу (1.5), маємо:

$$P_{i\dot{a}i}^{\rho} = 0,8 \cdot 543,3 + 1,5 \cdot 0,899 \cdot 9,79 \cdot 11,3 = 583,82(\text{Н}).$$

Розрахункове навантаження в неспокійному повітрі

$$P_{нев}^p = n^{\rho} \cdot f \cdot P_{нев}^{\rho}, \quad (1.7)$$

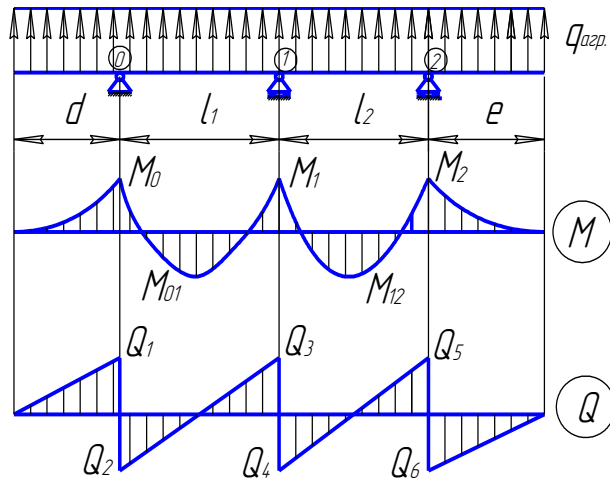
$$P_{i\dot{a}i}^{\delta} = 2,5 \cdot 1,5 \cdot 583,82 = 2189,32(\text{Н}).$$

З розрахунку видно, що найбільшою є в неспокійному повітрі, тому в подальших розрахунках як розрахункове навантаження будемо використовувати отримане значення в неспокійному повітрі, рівне:

$$P^{\delta} = 2189,32(\text{Н}).$$

1.5 Вибір положення опор стабілізатора, побудова епюр згинальних моментів і сил, що перерізують

Розрахункова схема стабілізатора представляється у вигляді балки трьох опорах (рис.1.5)



$$M_0 = M_1 = M_2$$

Рисунок 1.5 – Розрахункова схема стабілізатора триопорна

Зважаючи на те, що проєктований стабілізатор має довжину 2388 мм, вибираємо (для забезпечення живучості стабілізатора, а також для зменшення згинального моменту) триопорну розрахункову схему. При виборі положення опор доцільно конструювати агрегат або його секцію, прагнучи забезпечити рівність згинальних моментів у прольоті над опорами $M_1 = |M_0| = M_2$ або за наявності звуження агрегату $M_1/h_1 = |M_0|/h_0 = M_2/h_2$, де $h_i \approx 0,95 H_i$ - відстань між центрами мас полиць лонжеронів (H_i - будівельна висота профілю у місці опор лонжерону). У нашому випадку звуження в агрегаті відсутнє.

Для триопорної розрахункової схеми завдання визначення реакцій в опорах стабілізатора є статистично невизначеним. Розкриття статичної невизначеності можна провести із залученням теореми про три моменти:

$$M_0 l_1 + 2M_1(l_1 + l_2) + M_2 l_2 = -0,25(q_{01} l_1^3 + q_{12} l_2^3),$$

де M_0, M_1, M_2 – згинальні моменти на опорах 0, 1, 2 (см. рис.4.1);

l_1, l_2 – довжини прольотів між опорами;

q_{01}, q_{12} – середнє погонне навантаження між опорами

Такі розрахунки при $q_{01} = q_{12} = q_{ар}$ проведено та отримано результати:

$$\left. \begin{aligned}
 M_o &= 0,5q_{azp}d^2; M_2 = 0,5q_{azp}e^2; M_1 = \frac{0,25q_{azp}\ell_1^2[1+(\ell_2/\ell_1)^3]-M_o-M_2\ell_2/\ell_1}{2(1+\ell_2/\ell_1)}; \\
 Q_1 &= q_{azp}d; Q_2 = Q_1 - R_o; Q_3 = Q_2 + q_{azp}\ell_1; Q_4 = Q_3 - R_1; Q_5 = Q_4 + q_{azp}\ell_2; \\
 Q_6 &= Q_5 - R_2; R_o = [0,5q_{azp}(d+\ell_1)^2 - M_1]/\ell_1; R_2 = [0,5q_{azp}(e+\ell_2)^2 - M_1]/\ell_2; \\
 R_1 &= 0,5q_{azp}(\ell_1 + \ell_2) + (M_1 - M_o)/\ell_1 + (M_1 - M_o)/\ell_2
 \end{aligned} \right\} \quad (1.8)$$

Зважаючи на те, що $l_1=l_2=0,8325\text{м}$; $d=e=0,362\text{м}$, $q_{ai} = 2189,32\text{ } \hat{I} / \hat{i}$, отримуємо:

$$M_o = 0,5 \cdot 2189,32 \cdot 0,362^2 = 143,44\hat{I} / \hat{i};$$

$$M_2 = 0,5 \cdot 2189,32^2 \cdot 0,362 = 143,44\hat{I} / \hat{i};$$

$$M_1 = \frac{0,25 \cdot 2189,32 \cdot 0,8325^2 [1 + (0,8325/0,8325)^3] - 143,44 - 143,44 \cdot 0,8325/0,8325}{2(1 + 0,8325/0,8325)} = 117,94\hat{I} / \hat{i};$$

$$R_1 = 0,5 \cdot 2189,32(0,8325 + 0,8325) + (117,94 - 117,94)/0,8325 + (117,94 - 143,44)/0,8325 = 1791,98\hat{I} / \hat{i};$$

$$R_2 = [0,5 \cdot 2189,32(0,362 + 0,362)^2 - 117,94]/0,8325 = 432,12\hat{I} / \hat{i};$$

Перерізна сила Q:

$$Q_1 = 2189,32 \cdot 0,8325 = 1822,60\hat{I} / \hat{i};$$

$$Q_2 = 1822,60 - 432,12 = 1390,48\hat{I} / \hat{i};$$

$$Q_3 = 1390,48 + 2189,32 \cdot 0,8325 = 3213,08\hat{I} / \hat{i};$$

$$Q_4 = 3213,08 - 1791,98 = 1421,1\hat{I} / \hat{i};$$

$$Q_5 = 1421,1 + 2189,32 \cdot 0,8325 = 3243,70\hat{I} / \hat{i};$$

$$Q_6 = 3243,70 - 432,12 = 2811,58\hat{I} / \hat{i};$$

Отримані епюри внутрішніх зусиль по довжині стабілізатора представлені на рис. 1.6

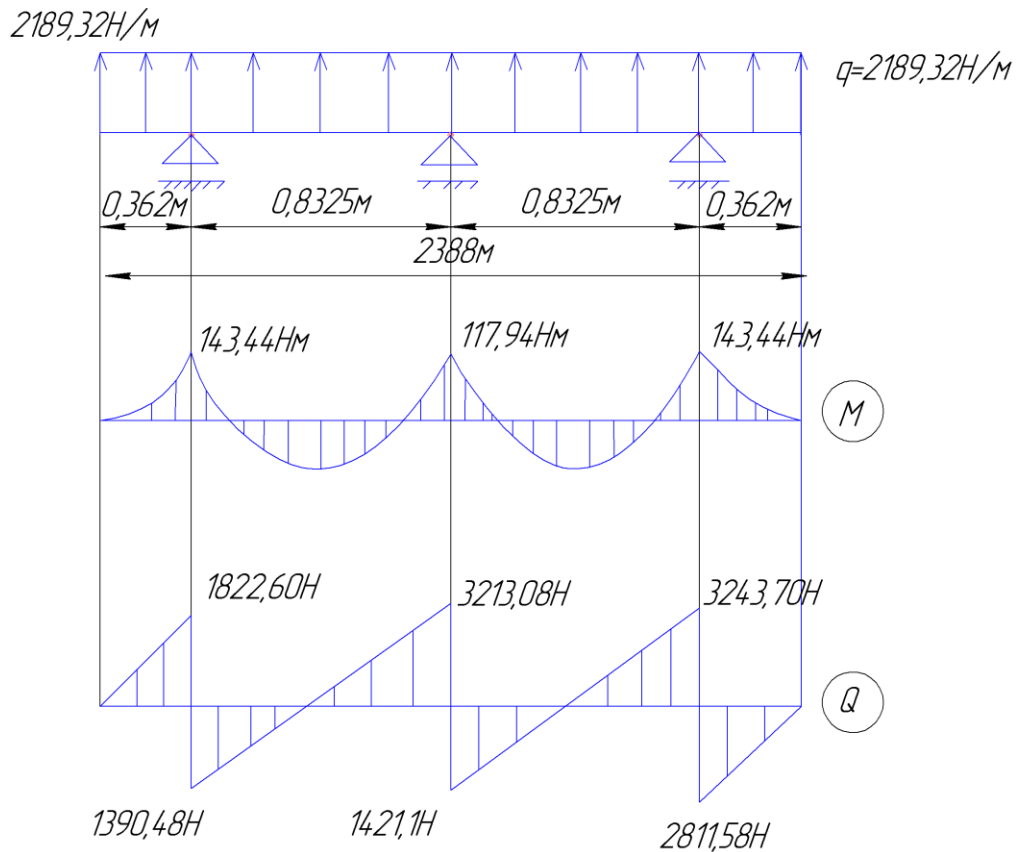


Рисунок 1.6 – Епюри сил, що перерізують, і згинальних моментів по довжині стабілізатора

1.6 Проектування стабілізатора

При виконанні проектувального розрахунку прийемо припущення:

- згинальний момент сприймається поясами лонжерона, що перерізує сила стінкою лонжерона;
- крутний момент сприймається двома замкнутими контурами, утвореними стінкою лонжерона і обшивкою, і розподіляються між контурами пропорційно квадратам їх площ;
- за вісь центрів жорсткості в однолонжеронній конструктивно-силовій схемі агрегату приймається вісь лонжерона, щодо цієї осі визначається момент, що крутить.

Проектувальні розрахунки передбачають:

- Визначення навантажень, що діють на агрегат;
- Вибір положення опор;

- Проектування поясів лонжерону;
- Проектування стінки лонжерону та нервюри;
- Визначення товщини обшивки;
- Проектування кронштейна навішування та рухомих агрегатів;
- Проектування силової нервюри.

1.7 Проектування поясів лонжерону

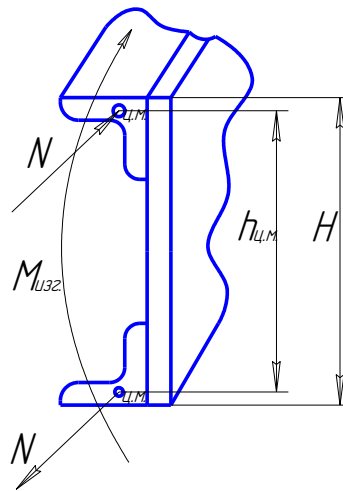


Рисунок 1.7 – Пояс лонжерона

Від дії згинального моменту, який повністю сприймається лонжероном, в поясах лонжерона виникають осьові зусилля N , величина яких обчислюється за співвідношенням.

$$N = \frac{M_{узг}}{h_{ц.м}} = \frac{M_{узг}}{kH}, \quad (1.9)$$

де H – будівельна висота лонжерону (висота профілю у місці розташування лонжерону);

k – коефіцієнт використання будівельної висоти профілю (у першому наближенні $k = 0,95 \dots 0,98$);

$h_{ц.м.} = kH$ – відстань між центрами мас полиць лонжерону.

$$N = \frac{\dot{I}_{\text{сга}}}{k \cdot \dot{I}} = \frac{117,94}{0,97 \cdot 0,066} = 17,869 \text{ кГ}$$

Площа поперечного перерізу пояса визначиться за формулою:

$$F_n = N / \sigma_{\text{разр}}, \quad (1.10)$$

де $\sigma_{\text{разр}}$ – руйнівна нормальна напруга пояса з урахуванням ресурсу в польоті 60000, приймаємо матеріалу AlCuMg2 или 3.1355 (стандарти DIN або WNr) $\sigma_{\delta} = 230 \text{ МПа}$;

Для розтягнутого пояса $\sigma_{\text{разр}} = k\sigma_b$, где σ_b – межа міцності матеріалу, $k = 0.7$ коефіцієнт, що враховує ослаблення пояса отворами під заклепки, що приймається за умов забезпечення заданого ресурсу..

Матеріал AlCuMg2: $\sigma_a = 435 \text{ МПа}$; $A = 72 \text{ МПа}$; $\sigma_{\delta} = 230 \text{ МПа}$;

$$F_n = N / \sigma_{\text{разр}} = \frac{435}{230 \cdot 10^6} = 1,86 \text{ см}^2.$$

$$F_n^{\text{н}} = F_n / 1,2 = \frac{1,86}{1,2} = 1,55 \text{ см}^2.$$

Вибираємо рівнобокий куток №8 : $F=0.734 \text{ см}^2$; $B=25\text{мм}$; $b=1\text{мм}$.

1.8 Проектування стінки лонжерону та нервюру

Товщина стінки $\delta_{\text{ст}}$ визначається за залежністю: $\delta_{\text{ст}} = q_{\Sigma} / \tau_{\text{разр}}$,

$$\text{де } q_{\Sigma} = q_Q - q_{M_{\text{кр}I}} + q_{M_{\text{кр}II}}$$

$q_Q = Q/h_{\text{ст}}$ – потік дотичних зусиль у стінці від сили, що перерізує Q;

$q_{M_{\text{кр}I}}, q_{M_{\text{кр}II}}$ - потоки дотичних зусиль у контурах I и II (рис. 1.8);

$h_{\text{ст}} = H - 2\delta_n$ – висота стінки;

δ_n – товщина полиці пояса лонжерону;

$\tau_{\text{разр}}$ – руйнівна дотична напруга стінки.

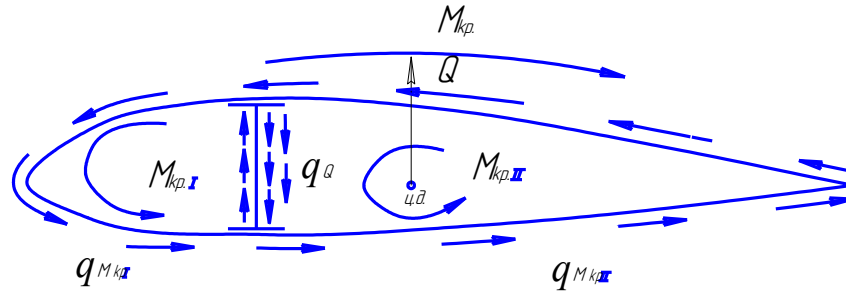


Рисунок 1.8 – Потоки дотичних зусиль

Потоки дотичних зусиль у контурах визначаються за відомою з будівельної механіки формулою Бредта:

$$q_{M_{крI}} = M_{крI} / 2\omega_I; q_{M_{крII}} = M_{крII} / 2\omega_{II}, \quad (1.11)$$

де $M_{крI}, M_{крII}$ – крутні моменти, що сприймаються I і II контуром відповідно;

ω_I, ω_{II} – площі I та II контурів.

$$\omega_I = 0,25 \cdot H \cdot b_{\bar{n}\bar{a}\bar{d}} / 2 = 0,25 \cdot 0,066 \cdot 0,51 / 2 = 0,0042 \text{ } \dot{\text{m}}^2$$

$$\omega_{II} = 0,51 \cdot H \cdot b_{\bar{n}\bar{a}\bar{d}} / 2 = 0,75 \cdot 0,066 \cdot 0,51 / 2 = 0,012 \text{ } \dot{\text{m}}^2$$

Крутні моменти, сприймані контурами, визначимо з умов:

$$\dot{I}_{\bar{e}\bar{d}I} + \dot{I}_{\bar{e}\bar{d}II} = \dot{I}_{\bar{e}\bar{d}}; \dot{I}_{\bar{e}\bar{d}I} / \dot{I}_{\bar{e}\bar{d}II} = \omega_I^2 / \omega_{II}^2; \quad (1.12)$$

$$x_{\bar{a}\bar{a}} = 0,4 \cdot b = 0,4 \cdot 0,51 = 0,204 \dot{\text{m}}; x_{\bar{a}\bar{e}} = 0,25 \cdot b = 0,127 \dot{\text{m}};$$

Розрахункова величина крутного моменту агрегату $M_{кр}$ може бути визначена за наближеною формулою:

$$M_{\bar{e}\bar{d}} = q_{\bar{a}\bar{a}\bar{d}} \cdot z \cdot (x_{\bar{a}\bar{a}} - x_{\bar{a}\bar{e}}) = 2189,32 \cdot 0,8325 \cdot (0,204 - 0,127) = 140,34 \text{ H}\dot{\text{m}};$$

де Z – розрахункова погонна довжина агрегату.

$$\dot{I}_{\bar{e}\bar{d}I} = M_{\bar{e}\bar{d}} \frac{\omega_I^2}{\omega_I^2 + \omega_{II}^2} = 140,34 \frac{0,0042^2}{0,0042^2 + 0,012^2} = 15,31 \text{ H} \cdot \dot{\text{m}};$$

$$\dot{I}_{\bar{e}\bar{d}II} = M_{\bar{e}\bar{d}} \frac{\omega_{II}^2}{\omega_I^2 + \omega_{II}^2} = 140,34 \frac{0,012^2}{0,0042^2 + 0,012^2} = 125,02 \text{ H} \cdot \dot{\text{m}};$$

$$q_{\dot{I}_{\bar{e}\bar{d}I}} = M_{\bar{e}\bar{d}I} / 2\omega_I = 15,31 / 2 \cdot 0,0042 = 1821,42 \frac{\text{H}}{\dot{\text{m}}}$$

$$q_{\dot{I}_{\bar{e}\bar{d}II}} = M_{\bar{e}\bar{d}II} / 2\omega_{II} = 125,02 / 2 \cdot 0,012 = 43409,7 \frac{\text{H}}{\dot{\text{m}}}$$

$$h_{\bar{n}\delta} = H - 2\delta_{i,\hat{a}} = 0,51 - 2 \cdot 0,098 = 0,314 \text{ м}$$

$$q_Q = \frac{Q}{h_{\bar{n}\delta}} = \frac{3213,08}{0,314} = 10232,7 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$q_{\Sigma c\delta} = q_Q + q_{M\hat{e}\delta I} - q_{M\hat{e}\delta II} = 10232,7 + 15,31 - 125,02 = 10122,99 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Визначивши $Q/h_{\bar{n}\delta}^2 = 0,325 \text{ Н/м}^2 = 0,32 \text{ Н/м}^2$ за графіком приймаємо $\tau_{\delta\hat{a}\zeta\delta} = 25 \text{ Н/м}^2$, відповідне йому значення $\ell/h = 0.1$ і обчислюємо товщину стінки лонжерону за залежністю

$$\delta_{\bar{n}\delta} = q_{\Sigma c\delta} / \tau_{\delta\hat{a}\zeta\delta} = 10122,99 / 25 \cdot 10^6 \approx 0,404 \text{ мм}$$

Приймаємо $\delta_{c\delta} = 0,8 \text{ мм}$.

Площа поперечного перерізу стійки визначається за залежністю

$$F_{\bar{n}\delta i\hat{e}\hat{e}\hat{e}} = (Q/h_{\bar{n}\delta} \cdot \tau_{i\delta\hat{a}} - \delta_{\bar{n}\delta}) \cdot l = (3213,08 / 0,314 \cdot 10^{-3} \cdot 55 \cdot 10^{-6} - 0,8 \cdot 10^{-3}) \cdot 105 = 0,059 \text{ м}^2$$

Вибираємо рівнобокий куток №1: F=0.234 см²; B=12мм; б=1 мм

1.9 Визначення товщини обшивки

товщина обшивки повинна задовольняти умовам міцності, технологічним вимогам та умовам аеропружності:

а) умови міцності призводять до співвідношень

$$\delta_{i\hat{a}\phi I} = q_{i\hat{e}\delta I} / \tau_{\delta\hat{a}\zeta\delta}, \delta_{i\hat{a}\phi II} = q_{i\hat{e}\delta II} / \tau_{\delta\hat{a}\zeta\delta} \quad (1.13)$$

де $q_{M_{крI}}, q_{M_{крII}}$ – потоки дотичних зусиль у I та II контурах;

$\tau_{разр}$ – руйнівні дотичні напруги обшивки.

$$\delta_{i\hat{a}\phi I} = q_{i\hat{e}\delta I} / \tau_{\delta\hat{a}\zeta\delta} = 1821,42 / 381 \cdot 10^6 = 4,78 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

$$\delta_{i\hat{a}\phi II} = q_{i\hat{e}\delta II} / \tau_{\delta\hat{a}\zeta\delta} = 43409,7 / 360 \cdot 10^6 = 1,20 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

б) згідно конструктивних, експлуатаційних та технологічних вимог не рекомендується застосовувати обшивку завтовшки менше 0.8 мм.

в) під дією аеродинамічного навантаження $q_{арп}$ обшивка прогинається, максимальний прогин її складе $f_{обш} = cq_e b^4 / E\delta_{обш}^3$, де $c=0$. для умов шарнірного спи-

рання обшивки на стрінгери та нервюри, b - відстань між стрінгерами або нервюрами (менше значення цих двох розмірів). Прогини искажають профіль агрегату, що збільшує аеродинамічний опір. Приймаючи обмеження $f_{обш} / b \leq 0,002$, знайдемо для стабілізатора.

$$\delta_{i\dot{\alpha}} = b\sqrt[3]{9,5q_{\dot{\alpha}} / \dot{A}} = 0,180 \cdot \sqrt[3]{9,5 \cdot \frac{2189,32}{72000 \cdot 10^6}} = 0,12 \text{ ù } ;$$

Беремо більше з отриманих значень та приймаємо $\delta_{i\dot{\alpha}} = 1,8 \text{ ù } .$

1.10 Проектування кронштейна навішування

Розрахункова схема кронштейна - плоска рама зі стінкою, завдання визначення зусиль в елементах кронштейна - статистично невизначена. Розглядаючи кронштейн як двопоясну тонкостінну балку, припустимо, що пояси кронштейна повністю сприймають згинальний момент і працюють на розтягування-стиск, стінка працює на зсув від сили, що перерізує. Розрахункова схема в цьому випадку стає статично визначною і представляє раму АВСД, закріплену на двох опорах А і Д. Опорами є болти кріплення підшви кронштейна до лонжерону або задньої стінки. Розглядається рівновага частини рами А'ВСД'

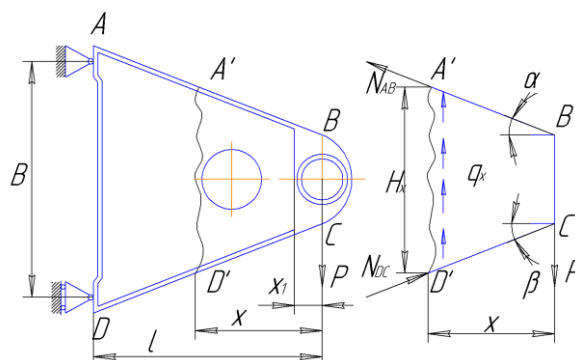


Рисунок 1.9 – Кронштейн навішування

Розрахунок кронштейна навішування було проведено за програмою «Проектування кронштейна навішування».

Вихідні дані.

Розмір навантаження – 432 даН.

Кількість циклів навантаження – 60000

Висота лонжерону у місці кріплення підшви кронштейна – 60 мм.

Відстань від підшви до осі обертання – 46 мм.

Усунення осі обертання щодо осі кронштейна – 0 мм.

Число болтів вгорі або внизу – 4

Матеріал – алюмінієвий метал.

Модуль пружності матеріалу $E = 7200$ даН/мм²

Межа міцності матеріалу – 40 даН/мм²

Межа міцності болта - 120 даН/мм².

Параметри підшипника.

Внутрішній діаметр – 6мм.

Зовнішній діаметр – 14 мм

Зовнішній діаметр внутрішньої обойми – 10 мм

Ширина внутрішньої обойми – 4 мм.

Ширина зовнішньої обойми – 4 мм.

Радіус заокруглень зовнішньої обойми – 0.5 мм.

Товщина вуха кронштейна – 4.4 мм.

Зовнішній діаметр вуха – 21 мм

Параметри кронштейна

Відстань від вузла, мм.	Площа верхнього поясу, мм ² .	Ширина верхнього поясу, мм.	Площа нижнього поясу, мм ² .	Ширина нижнього поясу, мм.	Товщина стінки, мм.
10,5	5,2	2,6	5,2	2,6	0,57
17,6	6,9	3,5	6,9	3,5	0,36
24,7	8,1	4,0	8,1	4,0	0,25
31,8	8,9	4,4	8,9	4,4	0,18
38,9	9,5	4,8	9,5	4,6	0,14
46,0	10,0	5,0	10,0	5,0	0,11

Товщина верхнього пояса – 2,0 мм.

Товщина нижнього пояса – 2,0 мм.

Критичні напруження у верхньому поясі – 23,0 даН/мм²

Критична напруга в нижньому поясі – 23,0 даН/мм²

Діаметр болта – 5 мм.

Товщина підошви – 0,6 мм.

1.11 Проектування силової нервюри

Розрахунок силової нервюри було проведено за програмою «Проектування силової нервюри».

Використовуючи результати розрахунку навантажень, що діють у поясах, підрахуємо геометричні розміри пояса за формулою:

$$\sigma = \frac{0,9 \cdot k \cdot E}{\left(\frac{B}{\delta}\right)^2} = \frac{M}{H \cdot B \cdot \delta}, \quad (1.14)$$

де M чинний момент;

H – висота перерізу;;

k – коефіцієнт спирання поясу;

B – ширина полиці;

d – товщина полиці.

Задаючись товщиною полиці δ , можна обчислити його ширину B за формулою:

$$\sigma = \frac{0,9 \cdot k \cdot E \cdot \delta_3 \cdot H}{M}, \quad (1.15)$$

Приймаючи $\delta = 0,5$ мм, отримаємо $B = 16$ мм.

Отриманий таким чином результат задовольняє умові міцності і в місцеву втрату стійкості полиці і має меншу масу, ніж пропонована в Додатку А.

Остаточно приймаємо $B = 16$ мм; $\delta = 0,5$ мм; $\delta_{\tilde{n}\tilde{o}} = 1,2$ мм.

1.12 Технічні умови виготовлення стабілізатора

Допуски на агрегат:

- на відхилення зовнішнього контуру від теоретичного $\pm 2\text{мм}$;
- допуск на усунення осі лонжерону $\pm 0,5\text{мм}$;
- допуск на розмах $\pm 2\text{мм}$;
- допуск на хорду $\pm 2\text{мм}$;

1. Невказані граничні відхилення розмірів за ОСТ 100022.

2. Деталі БЧ виготовляти за шаблонами із плаза.

3. Перехідний опір трохи більше 2000 мкОм.

4. Вимоги до металізації за ОСТ1 01025

5. Частини головок заклепок, що виступають, фрезерувати з виступом до 0,05мм. Покриття головок після фрезерування ТІ 051-0833-78.

Таким чином, бачимо, що ТУ охоплюють весь фронт робіт з виготовлення стабілізатора. До агрегату пред'являються підвищені вимоги до точності обводів та якості поверхні.

1.13 Оцінка технологічності конструкції стабілізатора

В цілому технологічність конструкції впливає на трудомісткість, собівартість, цикл виробництва, необхідну кваліфікацію робітників і виробничу площу.

Оцінка технологічності може бути якісною та кількісною.

Якісна - це, наприклад, простота геометричних форм, зручність підходів, зручність установки, менші витрати на виготовлення, спрощення операцій.

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

Технологічними називають конструкції, які, забезпечуючи експлуатаційні якості виробу, в процесі виготовлення дозволяють досягти меншої трудомісткості, простоти обробки та збирання, зниження вартості продукції і т.п. Технологічність конструкції літака визначається такими факторами: формою деталей, вузлів та агрегатів; панелюванням та точністю виготовлення агрегатів; конструкцією стиків; способами з'єднання деталей, вузлів та відсіків між собою; матеріалом заготовок та точністю виготовлення деталей; застосуванням нормалізованих деталей та ін.

Проектований стабілізатор відповідає такою вимогою:

- Простота форм поверхонь (у більшості використовують прямолінійні або одинарної кривизни форми).
- Складальні одиниці розчленовані на раціональне число складових частин (обшивки, нервюр, лонжерона).

В основному застосовуються легкооброблювані алюмінієві сплави.

- Настановні бази в основному є складальними.
- Можливість застосування складального пристосування, зібраного із стандартних конструкцій.

Певні труднощі полягають у постановці класних болтів, що вимагає трудомісткої обробки отворів.

Все вище перелічене дозволяє зробити висновок про достатню технологічність стабілізатора.

Технологічна частина

2.1 Технічний опис конструкції стабілізатора надлегкого літального апарату

У якості літака-прототипу надлегкого літального апарату (далі – НЛА) обрано літак CTLS виробництва фірми Flight Design (Херсон, Україна – Esslingen, Німеччина).

CTLS – двомісний, надлегкий спортивний багатоцільовий літак авіації загального призначення. Експлуатується як на бетонних, так і на ґрунтових аеродромах. За спеціально виданими сертифікатами, СТ різних модифікацій літають в Україні, США, Німеччині та інших країнах (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд надлегкого літака CTLS [1]

У конструкції літака закладено низку параметрів, які роблять цей літак затребуваним в Україні:

відповідність вимогам міжнародних норм;

компактність;

автономна експлуатація;

низький рівень витрат на техобслуговування та експлуатацію;

невисока ціна;

можливість застосування вітчизняного та зарубіжного обладнання.

Силова установка літака складається з поршневого двигуна Rotax 912 або Rotax 914 потужністю 100 к.с. і тягучого повітряного гвинта постійного або зміненого кроку. Трилопатовий гвинт виготовлений із композиту.

Льотно-технічні характеристики літака-прототипу надано в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Льотно-технічні характеристики літака CTLS

Геометричні характеристики, м	
Максимальна довжина	6,604
Максимальна висота	2,342
Розмах крила	8,594
Площі, м ²	
Крило	9,98
Горизонтальне оперення	1,60
Вертикальне оперення	1,41
Масові характеристики, кг	
Максимальна злітна вага	600
Маса порожнього літака	326
Об'єм палива, л	130
Льотно-технічні характеристики, км/год	
Максимальна допустима швидкість	300
Крейсерська швидкість	240
Силова установка Rotax 912 ULS	
Потужність злітна (з вхідним ресивером), кВт при 5800 об/мин	73,5
Потужність крейсерська (з вхідним ресивером), кВт при 5500 об/мин	69,0

Літак призначений для польотів на відстані до 2000 км з крейсерською швидкістю до 240 км/год. Літак здатний перевозити дві особи та 50 кг вантажу. Літак використовується як приватний повітряний транспорт, для перевезення дрібних вантажів, навчання льотчиків та перевезення пасажирів.

Злітно-посадкова дистанція літака $L=90$ м, посадкова швидкість $V_n=70$ км/год.

Надлегкий літак CTLS являє собою двомісний безпідкісний високоплан з тришаровою вуглепластиковою обшивкою крила та керованих поверхонь зі

спареним керуванням. Надлегкий літак з КМ виготовлений з вуглеволокна з жорстким пінним наповнювачем та матриці з епоксидної смоли за вакуумною технологією. Вся опорна структура виготовлена з вуглецевих або арамідних тканин. Всі матеріали приходять від західних постачальників і відповідають стандарту DIN або вітчизняним авіаційним стандартам.

Хвостове оперення складається з кіля з кермом напрямку та цільноповоротного горизонтального оперення (ЦПГО) з тримером. Наявність керованого з кабіни тримера на ЦПГО дає можливість пілоту збалансувати літак на потрібній швидкості і в тривалих перельотах не витратити зайві сили на утримання керма керування літака. Використання ЦПГО замість стабілізатора з кермом висоти забезпечує високі маневрені якості літака у всьому діапазоні швидкостей: від максимальної до посадкової.

Хвостове оперення призначене для забезпечення поздовжньої стійкості та керованості. Ці завдання вирішуються утворенням на оперенні змінних за величиною та напрямом аеродинамічних сил, необхідних для забезпечення заданих режимів польоту.

Стабілізатор CTLS має прямокутну форму. За конструктивно-силовою схемою це однолонжеронний стабілізатор з працюючою обшивкою, який кріпитися до кіля.

Конструктивно-технологічна схема членування має надана на рисунку 1.2.

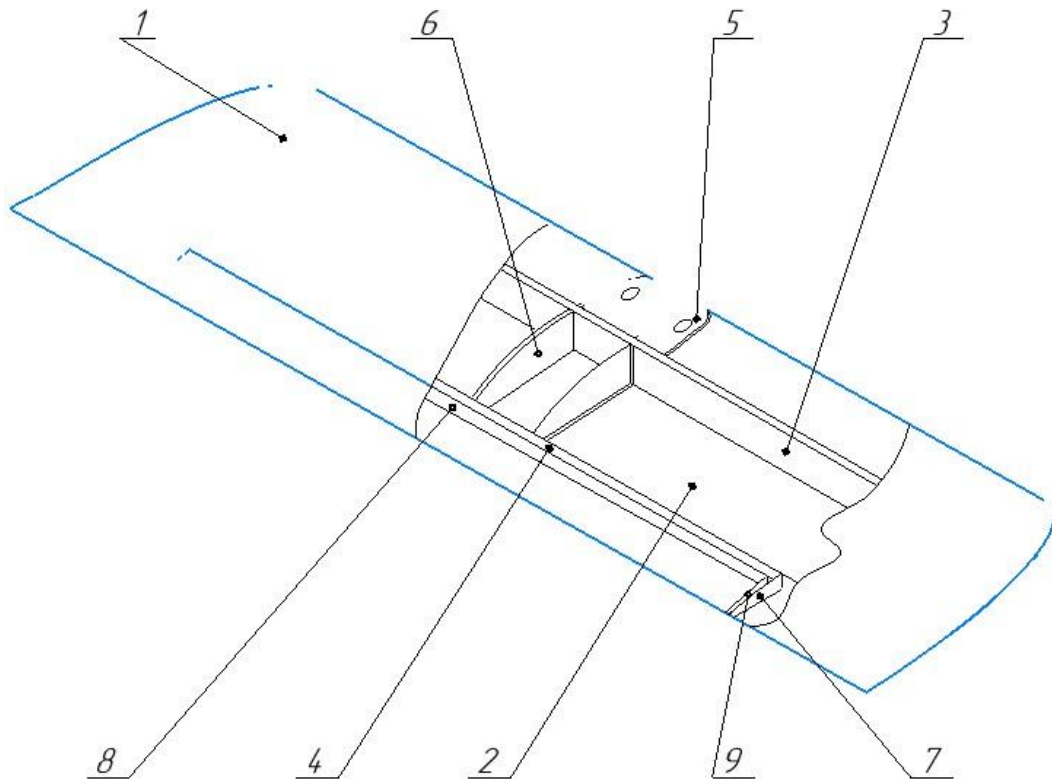


Рисунок 1.2 – Схема членування стабілізатора: 1 – обшивка верхня; 2 – обшивка нижня; 3 – стінка лонжерона; 4 – задня стінка стабілізатора; 5 – носки нервюри стабілізатора передні; 6 – нервюри стабілізатора; 7 – нервюри стабілізатора задні; 8 – стінка тримера; 9 – кінцеві нервюри тримера

Стабілізатор має тришарову обшивку, що працює на зсув та кручення. Усі елементи стабілізатора виготовлені із композиційних матеріалів (далі – КМ). Як заповнювач обшивки застосовується пінопласт Rohacell товщиною 5...5,5 мм. Як матеріал для несучих шарів обшивки, стінки лонжерону та нервюр застосовуються склотканини, вуглетканини та вуглеленти німецького виробництва.

Вимоги до стабілізатора:

1. Аеродинамічні вимоги: стабілізатор повинен створювати найбільше значення C_y за мінімального значення C_x .

2. Вимоги міцності: стабілізатор повинен витримувати всі навантаження, які діють на його складові частини (далі – СЧ) без руйнування конструкції.

3. Вимоги технологічності: конструкція стабілізатора має бути технологічна, тобто повинна забезпечуватись можливість виготовлення при мінімумі виробничих витрат.

4. Вимоги ресурсу: з погляду ресурсу стабілізатор є основним елементом конструкції планера, що визначає його ресурс. Тому ресурс стабілізатора повинен становити 50.000 льотних годин.

5. Вимоги надійності: усі СЧ конструкції стабілізатора і стабілізатор загалом мають бути надійними, тобто забезпечувати безвідмовність роботи протягом заданого терміну експлуатації.

6. Вимоги рівномірності: всі елементи конструкції стабілізатора повинні бути спроектовані таким чином, щоб при дії навантаження, що руйнує, відбувалося одночасне руйнування всієї конструкції.

7. Вимоги мінімуму маси.

Складальне креслення стабілізатора НЛА надано в Додатку А.

2.2 Технічні умови на виготовлення стабілізатора

Технічні умови (далі – ТУ) є переліком вимог, що стосуються точності ув'язування, ступеня закінченості елементів, що входять до складу складальних одиниць (далі – Скл.Од.), можливих відхилень форми і розмірів, вимог до виконання з'єднань, посадок, чистоти поверхні, термічної обробки, а також умов випробування та контролю Скл.Од.

ТУ на виготовлення стабілізатора дозволяє забезпечити задану точність складання, а також несуть особливості виконання деяких операцій складання та оброблення деталей стабілізатора. Вони розробляються на етапі створення складального креслення.

На складальному кресленні наведені такі ТУ:

1. Теоретичне креслення стабілізатора К104.КП.153.10.000ТК.
2. Відхилення від теоретичних обводів стабілізатора не повинні перевищувати ± 1 мм.
3. Обшивка та вхідні деталі виготовляються шляхом викладання з КМ.
4. Складання (склеювання, вклеювання) стабілізатора здійснюється в матриці.

5. Невказана геометрія визначається майстер-моделлю.
6. Невказані напуски тканини – 30 мм.
7. Після викладання забезпечити вакуум 78,45...98,07Па.
8. Видалити розділювальну тканину (поліамідну) після затвердіння смоли.

2.3 Оцінка технологічності конструкції стабілізатора

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

Технологічними називаються конструкції, які, забезпечуючи експлуатаційні якості виробу, в процесі виготовлення дозволяють досягти меншої трудомісткості, простоти обробки та складання, зниження собівартості продукції та ін. Технологічність конструкції стабілізатора визначається такими факторами: формою деталей та підбірок, панелюванням та точністю виготовлення СЧ, конструкцією стиків, способами з'єднання СЧ між собою, матеріалом та точністю виготовлення деталей, застосуванням стандартизованих деталей та елементів.

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

Розглядаючи якісні показники технологічності стабілізатора, можна сказати наступне.

1. Простота аеродинамічних форм агрегатів планера і всіх елементів, що входять в конструкцію.

Стабілізатор – прямий, прямокутної форми в плані і має прості аеродинамічні форми.

2. Переважне застосування поверхонь одинарної кривизни.

Поверхні подвійної кривизни у цій конструкції відсутні.

3. Раціональне членування конструкції на СЧ.

Стабілізатор літака розчленовується на невелику кількість СЧ (див. рисунок 1.2): обшивка верхня; обшивка нижня; стінка лонжерона; задня стінка стабілізатора; носки нервюри стабілізатора передні; нервюри стабілізатора; нервюри стабілізатора задні; стінка тримера; кінцеві нервюри тримера.

4. Широке застосування в конструкції стандартних вузлів та деталей.

Стабілізатор виготовляється із КМ. Стандартні вузли та деталі в даній конструкції не застосовуються, окрім кріпильних елементів.

5. Уніфікація елементів конструкції.

У конструкції стабілізатора застосовані однакові радіуси заокруглення та фаски на однотипних елементах.

6. Максимальне використання у конструкції матеріалів з хорошими технологічними властивостями.

Стабілізатор виготовляється із КМ. Порівняно з металами КМ мають гірші технологічні властивості.

7. Скорочення багато етальності та номенклатури використовуваних марок матеріалів, що призводить до покращення всіх техніко-економічних показників технологічної підготовки виробництва (далі – ТПВ) та складально-монтажних робіт (далі – СМР).

Як заповнювач обшивки та лонжерону застосовується пінопласт. Як матеріал для несучих шарів обшивки, стінки лонжерону і нервюр застосовуються склотканини, вуглетканини та вуглеленти. Усі елементи крила з'єднані між собою сумішшю для склеювання. Кронштейни до нервюр приєднуються за допомогою болтів.

8. Панелювання конструкцій, тобто поділ агрегатів, відсіків, секцій на збірні чи монолітні панелі.

Панелями є верхня та нижня обшивки.

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

Складання стабілізатора вимагає застосування нескладного технологічного оснащення: матриці для складання крила і фіксаторів деталей, що вклеюються.

10. Компонування конструкції складальної одиниці (далі – Скл.Од.) має забезпечувати зручний доступ до місць, які потребують контролю та проведення інших робіт.

Компонування конструкції стабілізатора забезпечує двосторонній доступ не у всіх місцях.

11. Орієнтація конструкцій на певний метод складання.

Для виготовлення стабілізатора використовується метод складання у пристрої.

12. Відсутність надмірно високих вимог до точності розмірів, форм та чистоти обробки поверхонь елементів конструкції.

Відхилення від теоретичних обводів стабілізатора не повинні перевищувати $\square 1$ мм. Це досить висока точність.

Дослідивши вимоги до технологічності стабілізатора, робимо висновок, що стабілізатор НЛА має задовільну технологічність.

2.4 Проробка варіантів підвищення рівня технологічності стабілізатора

Підвищення технологічності конструкції крила досягнемо за рахунок широкого використання КМ, які мають таку технологічну особливість як отримання деталі безпосередньо при отриманні вихідного матеріалу. Тобто відсутні окремі ТП одержання матеріалу із заданими властивостями (металургія), одержання заготівлі (напр. ЗШВ), потім $\square \square$ деталей. При викладанні з композитів присутні лише отримання заготовок (розкрій тканин, стрічок, пінопласту) і викладення у матрицю, тобто виготовлення матеріалу і деталі одночасно. Виготовлення з КМ суттєво знижує трудовитрати; крім того, КМ дозволяє отримувати різні властивості у різних зонах виробу (деталі). Досягається ця анізотропність властивостей укладанням різних несучих шарів під різними кутами до лінії дії напружень там, де це потрібно. Це поряд з малою

питомою вагою композитів забезпечує конструкції мінімальну масу. Стабілізатор збирають за допомогою складання-склейки деталей. Між собою підбірки стикуються та кріпляться болтовими з'єднаннями.

Крім вищесказаного, ще одним фактором на користь технологічності є те, що нескладно процес базування СЧ при остаточному складанні можна здійснити ще при виготовленні деталей та склеювання їх в агрегати літака. Тобто, елементи агрегатів літака, що є настановними та складальними базами, вклеюються при складанні-склейці таким чином, що на остаточному складанні стикування відбувається з базуванням по отворах під стикові болти (далі – ОСБ) та привалочним поверхням. Це трохи ускладнює конструкцію оснастки в цеху виготовлення деталей, зате істотно спрощує ТП остаточного складання та конструкцію складального оснащення.

Технічна ефективність застосування КМ не обмежується зниженням маси конструкції. Безперечною перевагою цих матеріалів, що значною мірою визначає економічну ефективність їх застосування, є зниження трудомісткості виготовлення агрегатів в результаті істотного зменшення кількості СЧ.

3 Директивні технологічні матеріали на складальні роботи

2.3.1 Розробка можливих варіантів методів складання, схем складання та схем ув'язування оснащення

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

Методи складання поділяють за двома основними ознаками:

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

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

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

по складальним отворах (далі – СО);

за базовими отворами (далі – БО);

за розміткою на базовій деталі;

по привалочним поверхням.

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

Найбільшого поширення в сучасному літакобудуванні набули такі методи складання:

По СО або БО;

за розміткою на базовій деталі;

по привалочним поверхням;

у складальному пристрою з базуванням деталей та вузлів на контури;

у складальному пристрою спрощеної конструкції з базуванням деталей та вузлів за спеціальними отворами (КФО, БФО).

Для стабілізатора застосовується метод складання у стапелі з базуванням СЧ за БО та поверхнями фіксаторів. Роль жорсткого носія розмірів у разі виконує саме стапель, розміри якого переносяться на агрегат, що складається. Основні переваги складання у стапелі з базуванням СЧ на контури – висока точність і отримання стабільних розмірів Скл.Од.

За ступенем взаємозамінності виділяються такі методи складання:

метод повної взаємозамінності;

метод неповної або обмеженої взаємозамінності;

метод групової взаємозамінності (селективне складання).

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

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

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

Безпосередньо вид схеми складання визначається характером членування агрегату та видом його підзбірок.

Схема конструктивно-технологічного членування стабілізатора розробляється для більш ефективного виробництва. Остаточну конструкцію ділять на підзбірки, зручніші у виробництві за показниками технологічності. Це дозволяє організувати паралельно-послідовну схему складання панелей і секцій, виділити в паралельне виробництво складання однотипних панелей, що разом з використанням різних прогресивних методів виробництва помітно збільшує продуктивність праці та зменшує цикл складання. При членуванні використовують конструктивні, технологічні та експлуатаційні роз'єми. Ступінь членування також залежить від економічних та виробничих умов.

Схема конструктивно-технологічного членування стабілізатора представлена на рисунку 1.2.

Для стабілізатора НЛА з об'ємом випуску 250 машин на рік найбільш прийнятною є послідовно-паралельна схема складання.

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

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

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

схему конструктивно-технологічного членування;
схему забезпечення взаємозамінності та ув'язування;
ескізи (електронні моделі) складального оснащення;
ескізи (електронні моделі) засобів забезпечення ув'язування по стиках;
технічний опис об'єктів складання та технічні умови на виробництво агрегату;

технічні умови (далі – ТУ) на постачання СЧ.

Директивний ТПС стабілізатора являє собою наступну послідовність складальних операцій:

1. Отримання комплексу вхідних деталей, перевірка наявності маркування на деталях. Перевірка відсутності на деталях механічних пошкоджень, вм'ятин, задирок.
2. Зняття третьої матриці. Обрізання фланця нижньої обшивки стабілізатора, утвореного третьою матрицею.
3. Підготовка до вклеювання матриць обшивок стабілізатора та пристрою для вклеювання внутрішнього набору.

4. Нанесення суміші смоли з затверджувачем на поверхні склеювання нижньої обшивки та внутрішнього набору.
5. Нанесення суміші для склеювання на фланці носових нервюр. Установка носових нервюр у пристрої.
6. Нанесення суміші для склеювання на фланці стінки лонжерону. Встановлення стінки лонжерона у пристрої.
7. Нанесення суміші для склеювання на фланці нервюр. Встановлення нервюр у пристрої.
8. Нанесення суміші для склеювання на фланці задньої стінки. Встановлення задньої стінки у пристрої.
9. Нанесення суміші для склеювання на фланці задніх нервюр. Встановлення задніх нервюр у пристрої.
10. Встановлення пристосування для вклеювання внутрішнього набору на матриці нижньої обшивки стабілізатора.
11. Фіксація внутрішнього набору стабілізатора у пристрої.
12. Заповнення всіх проміжків між поверхнями склеювання сумішшю для склеювання. Видалення зайвої суміші для склеювання. Контроль.
13. Полімеризація протягом чотирьох годин.
14. Зняття пристроїв для вклеювання внутрішнього набору.
15. Підготовка матриці верхньої та нижньої обшивок стабілізатора, деталей внутрішнього набору до закриття. Підготовка поверхні склеювання перед контрольним закриттям.
16. Встановлення втулок стабілізатора.
17. Виконання контрольного закриття. Затягування до упору всіх стяжних болтів.
18. Зняття матриці верхньої обшивки. Контроль.
19. Видалення індикаторів товщини клейового шва та клейкої стрічки.
20. Нанесення суміші смоли з затверджувачем та суміші для склеювання на підготовлені поверхні нижньої та верхньої обшивок стабілізатора.

21. Закриття стабілізатора. Виконання перевероту стабілізатора на 180°.

22. Полімеризація протягом чотирьох годин.

23. Вилучення стабілізатора з матриць.

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

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

1) ув'язування з незалежним переносом інформації про форми та розміри;

2) залежне ув'язування, тобто із залежним перенесенням інформації (копіюванням);

3) ув'язування з компенсацією неузгодженості форми та розмірів.

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

Найбільшого поширення в літакобудуванні набули такі методи ув'язування:

1) плазово-шаблонний метод (ПШМ);

2) еталонно-шаблонний метод (ЕШМ);

3) плазово-інструментальний метод (ПІМ);

4) програмно-інструментальний метод (ПРІМ).

Розглянемо коротко кожен із методів.

Плазово-шаблонний метод (ПШМ).

Цей метод передбачає використання найпростіший у конструктивному відношенні контрольно-вимірального оснащення: плазів, шаблонів та калібрів роз'єму. Першоджерелами ув'язування форм і розмірів є плази суміщених перерізів агрегатів та взаємно відстиківані калібри роз'ємів. При цьому ув'язані на плазі контури окремих плоских перерізів копіюють конструктивні

плази (далі – КП), на які наноситься в графічному вигляді вся інформація про конструкцію агрегату в цих перерізах. Потім за отриманими робочими шаблонами виготовляють методом копіювання деталі, вузли або оснастку. Калібри вузлів використовують для виготовлення елементів конструкції роз'єму (стиків), а також для координації стиків при монтажі фіксаторів роз'єму в СП.

Еталонно-шаблонний метод (ЕШМ).

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

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

Плазово-інструментальний метод (ПІМ).

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

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

ПІМ має такі особливості:

базово-інструментальна ув'язка плазів та шаблонів (досягається розміткою плазів, шаблонів та виконанням у них базових отворів (БО) за допомогою ПК;

перенесення контурів плазів на заготівлі шаблонів та дублювання плазів для провідних заводів;

застосування ПК/ІС для побудови та вимірювань розмірів при виготовленні пристроїв.

Програмно-інструментальний метод ув'язування (ПРІМ).

ПРІМ реалізує незалежний спосіб забезпечення взаємозамінності. Задані геометричні форми обробляються як цифрові координати точок, що сприяє зручному використанню ЕОМ. За допомогою цього методу формується програма для СЧПК, яка забезпечує виготовлення об'єктів виробництва та ЗТО. Незалежно виготовляються шаблони, ЕП, робочі контури рубильників. Складальна оснастка виготовляється за КЧО та таблицями технологічних отворів (що дає координати центрів КФО, МО, ОСБ та взаємне положення окремих плоских перерізів). Метод доповнюється застосуванням ПК/ІС з ЧПК, що дозволяє виготовити будь-яке складальне оснащення.

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

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

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

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

ПРІМ найбільш перспективний з урахуванням розвитку методів математичного забезпечення програм та випуску (придбання) досконалого обладнання з ЧПК. Його використання гарантує високу точність виготовлення та

ув'язування ЗТО та об'єктів конструкції ЛА. Значно покращує мобільність виробництва при зміні виробів, скорочує номенклатуру заготівельного оснащення в цехах і може здешевлювати виробництво ЛА.

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

2.3.2 Розрахунки допусків на стабілізатор для двох варіантів ув'язування

Згідно до [Ошибка! Источник ссылки не найден.] відхилення від теоретичних обводів (допуск) стабілізатора літака не повинні перевищувати $\pm 1,0$ мм.

2.3.3 Розрахунки точності складання стабілізатора по обводах, порівняння з допуском

Визначити можливість застосування того чи іншого методу складання агрегату можна, порівнюючи похибку складання з допуском на об'єктскладання. На точність складання впливають прийняті методи складання агрегату і схема ув'язування засобів технологічного оснащення (далі – ЗТО).

Розглянемо два методи ув'язування: еталонно-шаблонний метод (далі – ЕШМ) і програмно-інструментальний метод ув'язування з використанням верстатів з ЧПК (далі – ПрІМ).

Основні рівняння для розрахунку похибок при теоретико-імовірнісному методі розрахунку точності такі:

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

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

$$ВВ_{\Sigma} = \Delta_{\Sigma} + \frac{\delta_{\Sigma}}{2}; \quad НВ_{\Sigma} = \Delta_{\Sigma} - \frac{\delta_{\Sigma}}{2}, \quad (2.3)$$

де Δ_i та Δ_Σ – відповідно координати середин полів допусків i -го етапу перенесення розмірів та об'єкту, що збирається, в цілому;

n – кількість етапів перенесення розмірів;

A_i – коефіцієнт передачі ($A_i = +1$ – для збільшуючих ланок розмірного ланцюга, $A_i = -1$ – для зменшуючих ланок розмірного ланцюга);

α_i, k_i – параметри кривих розподілу похибок (якщо розподіл похибок підпорядковано нормальному закону, то $k_i = 1, \alpha_i = 0$);

δ_i, δ_Σ – відповідно допуски на i -й етап перенесення розмірів та на об'єкт, що збирається, в цілому;

$ВВ_\Sigma$ та $НВ_\Sigma$ – відповідно верхнє та нижнє граничні відхилення розмірів.

Точність виконання об'єктів складання характеризується відхиленнями основних розмірів від номінальних. Величини відхилень обумовлюються в ТУ та обмежуються допусками.

Похибка складання стабілізатора в стапелі визначається такими складовими:

- 1) похибкою $\delta_{пр}$ носія розмірів, тобто складального пристрою (матриці);
- 2) похибкою базування деталі $\delta_{баз}$;
- 3) похибками від поводок і зміщень, викликаних утворенням з'єднань, прогинами пристрою та іншими похибками, що не залежать від методу складання причин $\delta_{інш}$.

Отже, похибка складання

$$\delta_{скл} = \delta_{пр} + \delta_{баз} + \delta_{інш}. \quad (2.4)$$

При складанні агрегату $\delta_{інш}$ становить близько 30 % від загальної похибки, тобто $\Delta_{інш} = 0,3 \Delta_{скл}$ [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Похибка пристрою визначимо за наступною формулою:

$$\delta_{пр} = \sum \delta_{ТП-пр}, \quad (2.5)$$

Оскільки зазор між ложементом і деталлю дорівнює похибки ув'язування пристрою та деталі $C_{пр.-дет}$, то за наявності притиску:

$$\delta_{совм.баз} + \delta_{фікс} = k_{прит} \cdot C_{ув.баз} \quad (2.6)$$

$$C_{\text{ув.баз}} = \sum \Pi_{\text{незв.етапи}} \quad (2.6)$$

Приймаємо $k_{\text{прит}} = 1$ за відсутності притискачів.

ЕШМ відповідає схема ув'язування, яка надана на рисунку 2.2.

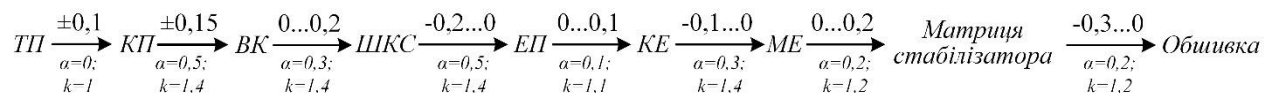


Рисунок 2.2 – Структурна схема ув'язування матриці стабілізатора при ЕШМ

Знайдемо координати середин полів допусків i -го етапу перенесення розмірів та об'єкту, що збирається в цілому:

$$\Delta_{\text{ТП-КП}} = (0 + 0 \frac{0,2}{2}) = 0,0 \text{ мм};$$

$$\Delta_{\text{КП-ВК}} = (0 + 0,5 \frac{0,3}{2}) = 0,075 \text{ мм};$$

$$\Delta_{\text{ВК-ШКС}} = (0,1 - 0,3 \frac{0,2}{2}) = -0,07 \text{ мм};$$

$$\Delta_{\text{ШКС-ЕП}} = (-0,1 + 0,5 \frac{-0,2}{2}) = -0,15 \text{ мм};$$

$$\Delta_{\text{ЕП-КЕ}} = (0,05 - 0,1 \frac{0,1}{2}) = 0,045 \text{ мм};$$

$$\Delta_{\text{КЕ-МЕ}} = (-0,05 + 0,3 \frac{-0,1}{2}) = -0,065 \text{ мм};$$

$$\Delta_{\text{МЕ-Матриця ст-ра}} = (0,1 + 0,2 \frac{0,2}{2}) = -0,12 \text{ мм};$$

$$\Delta_{\text{Матриця ст-ра-Обшивка}} = (-0,15 + 0,2 \frac{-0,3}{2}) = -0,18 \text{ мм}.$$

$$\text{Тоді } \Delta_{\Sigma} = 0,0 + 0,075 - 0,07 - 0,15 + 0,045 - 0,065 - 0,12 - 0,18 = -0,465 \text{ мм};$$

$$\delta_{\text{ст}} = \sqrt{0,1^2 + 0,15^2 \times 1,4^2 + 1,4^2 \times 0,1^2 + 1,4^2 \times (-0,1)^2 + 0,05^2 \times 1,1^2 + (-0,05)^2 \times 1,4^2 + 0,1^2 \times 1,2^2 - 0,15^2 \times 1,2^2} = 0,31 \text{ мм};$$

$$\text{ВВ}_{\text{пр}} = -0,465 + 0,31 = -0,155 \text{ мм}; \text{НВ}_{\text{пр}} = -0,465 - 0,31 = -0,775 \text{ мм}.$$

Так як викладка обшивок здійснюється в матрицях, які одночасно є складальним пристроєм, то похибка на несуміщених етапах відсутня.

Враховуючи що $\delta_{інш} = 0,3\delta_{скл}$, отримаємо

$$ВВ_{обш} = -0,202 \text{ мм}; НВ_{обш} = -1,0 \text{ мм}.$$

На підставі умови виконання заданого допуску на крило $\delta_{скл} \leq [\delta_{гр}]$ можна зробити висновок, що отримана похибка складання стабілізатора в пристрої не перевищує величину допуску на стабілізатор, отже, складання в пристрої при ЕШМ ув'язування прийнятна.

ПрІМ відповідає схема, представлена рисунку 2.3.

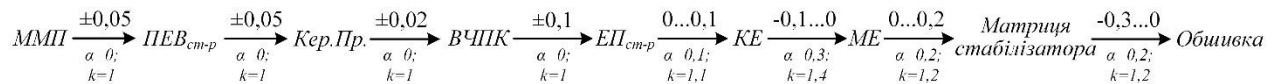


Рисунок 2.3 – Структурна схема ув'язування матриці стабілізатора при ПрІМ

Розрахунок проводимо аналогічно, як і для ЕШМ:

$$\Delta_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n A_i \times \Delta_i + \sum_{i=1}^n \alpha_i \times \frac{\delta_i}{2} \times A_i$$

$$\Delta_{ММП-ПЕВ_{ст-р}} = (0 + 0 \frac{0,1}{2}) = 0,0 \text{ мм};$$

$$\Delta_{ПЕВ_{ст-р}-Кер.Пр.} = (0 + 0 \frac{0,1}{2}) = 0,0 \text{ мм};$$

$$\Delta_{Кер.Пр.-ВЧПК} = (0 + 0 \frac{0,04}{2}) = 0,0 \text{ мм};$$

$$\Delta_{ВЧПК-ЕП_{ст-р}} = (0 + 0 \frac{0,2}{2}) = 0,0 \text{ мм};$$

$$\Delta_{ЕП_{ст-р}-КЕ} = (0,05 - 0,1 \frac{0,1}{2}) = 0,045 \text{ мм};$$

$$\Delta_{КЕ-МЕ} = (-0,05 + 0,3 \frac{-0,1}{2}) = -0,065 \text{ мм};$$

$$\Delta_{МЕ-Матриця ст-ра} = (0,1 + 0,2 \frac{0,2}{2}) = -0,12 \text{ мм};$$

$$\Delta_{Матриця ст-ра-Обшивка} = (-0,15 + 0,2 \frac{-0,3}{2}) = -0,18 \text{ мм}.$$

Тоді $\Delta_{\Sigma} = 0,045 - 0,065 - 0,12 - 0,18 = -0,32 \text{ мм};$

$\delta_{гр}$

$$= \sqrt{0,05^2 \times 2 + 0,02^2 + 0,1^2 + 0,05^2 \times 1,1^2 + (-0,05)^2 \times 1,4^2 + 0,1^2 \times 1,2^2 - 0,15^2 \times 1,2^2}$$

$$= \pm 36 \text{ мм};$$

$$ВВ_{пр} = -0,32 + 0,36 = -0,04 \text{ мм}; НВ_{пр} = -0,32 - 0,36 = -0,68$$

мм.

Враховуючи що $\delta_{інш} = 0,3\delta_{скл}$, отримаємо

$$ВВ_{обш} = 0,052 \text{ мм}; НВ_{обш} = -0,88 \text{ мм}.$$

На підставі умови виконання заданого допуску на крило $\delta_{скл} \leq [\delta_{агр}]$ можна зробити висновок, що отримана похибка складання стабілізатора в пристрої не перевищує величину допуску на крило, отже, складання в пристрої при ПрІМ ув'язування прийнятна.

Вибираємо ПрІМ ув'язування тому, що він дозволяє знизити трудомісткість та цикл ТПВ і як наслідок – витрати. Крім того, цей метод дозволяє без суттєвих витрат переходити на нові та модифіковані вироби.

Враховуючи перелічені вище факти, вибираємо схему складання та ув'язування ЗТО на основі ПрІМ (додаток Б).

2.3.4 Розрахунки затрат для двох варіантів складання

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

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

Собівартість складання розраховується за виразом

$$C = Z + O + E + A, \quad (2.7)$$

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

O – витрати на оснащення, грн/шт.;

E – експлуатаційні витрати, грн/шт.;

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

Визначаємо зарплатню:

$$З = K_{\text{пит}} \times G \times З_{\text{с}}, \quad (2.8)$$

де G – вага об'єкту, що збирається; $G=4,5$ кг;

$З_{\text{с}}$ – тарифна ставка робітників за 1 годину ($З_{\text{с.СО}}=21$ грн/год. при складанні за СО; $З_{\text{с.СП}}=27$ грн/год. – при складанні у СП).

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

$$K_{\text{пит.СО}}=3,1(\text{люд.}\times\text{год.})/\text{кг} \text{ і } K_{\text{пит.СП}}=2,5(\text{люд.}\times\text{год.})/\text{кг} [10].$$

Виходячи з цього, зарплата дорівнює:

$$З_{\text{СО}} = 3,1 \times 4,5 \times 21 = 292,95 \text{ грн},$$

$$З_{\text{СП}} = 2,5 \times 4,5 \times 27 = 303,75 \text{ грн}.$$

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

$$O = \frac{G \times C_{\text{осн}}}{2N} m_{\text{пр}}, \quad (2.9)$$

де $C_{\text{осн}}$ – питома вартість оснащення в гривнях на кілограм ваги об'єкту, що збирається ($C_{\text{осн}}=190$ грн/кг – при складанні за СО і $C_{\text{осн}}=965$ грн/кг – при складанні у СП) [10].

2 – кількість років списання витрат на оснащення;

N – річний об'єм випуску ($N=250$ виробів/рік).

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

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

$$m_{\text{розр}} = \frac{T \times N}{\Phi_{\text{д. осн}} \times P}, \quad (2.10)$$

де T – трудомісткість виготовлення об'єкту в стапелі (згідно до ТП складання $T=10,58$ люд.×год., див. Додаток В);

$\Phi_{\text{д}}$ – дійсний річний фонд робочого часу ($\Phi_{\text{д}}=1987$ год. у 2022 році [11]);

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

$$P_{\text{розр}} = \frac{T \times N}{\Phi_d \times k}, \quad (2.11)$$

де $k=1,1$ – коефіцієнт перевиконання норм ($k=1,1[10]$),

$$\text{тобто } P_{\text{розр}} = \frac{10,58 \times 250}{1987 \cdot 1,1} = 1,21 \text{ люд.}$$

Приймаємо $P_{\text{пр}}=2$.

$$\text{Тоді } m_{\text{розр}} = \frac{10,58 \times 250}{1987 \times 2} = 0,66.$$

Приймаємо $m_{\text{пр}}=1$.

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

$$O_{\text{CO}} = \frac{4,5 \times 190}{2 \times 250} \times 1 = 1,71 \text{ грн}; \quad O_{\text{СП}} = \frac{4,5 \times 965}{2 \times 250} \times 1 = 8,68 \text{ грн.}$$

Визначимо коефіцієнт завантаження пристрою за рівнянням

$$\eta = \frac{m_{\text{розр}}}{m_{\text{пр}}} = 0,75 \dots 1,15, \quad (2.12)$$

$$\text{тобто } \eta = \frac{0,66}{1} = 0,66.$$

Отже, коефіцієнт перебуває поза допустимих меж, але є резерв для підвищення об'єму випуску.

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

$$K = C_{\text{осн}} \times G \times m_{\text{пр}}. \quad (2.13)$$

тобто $K_{\text{CO}} = 190 \times 4,5 \times 1 = 855$ грн, $K_{\text{СП}} = 965 \times 4,5 \times 1 = 4\,342,50$ грн.

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

$$E = 0,625 \frac{V}{N}, \quad (2.14)$$

де V – кубатура виробничого цеху, м^3 :

$$V = h \sum \omega_i m_i, \quad (2.15)$$

де ω_i – площа одного робочого місця, що визначається габаритом пристрою та необхідними проходами, м^2 ;

h – середня висота складального цеху (зазвичай $h=10\dots 14$ м). Приймаємо
 $h=12$ м.

$$\text{Тобто } E_{CO} = 0,625 \frac{10 \times 12}{250} = 0,3 \text{ грн і } E_{СП} = 0,625 \frac{12 \times 12}{250} = 0,36 \text{ грн.}$$

Виходячи з отриманих значень визначимо собівартість:

$$C_{CO} = 292,95 + 1,71 + 0,30 + 0 = 294,96 \text{ грн,}$$

$$C_{СП} = 303,75 + 8,68 + 0,36 + 0 = 312,79 \text{ грн.}$$

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

2.3.5 Розробка схеми базування складових частин

Схема базування – це сукупність настановних баз (далі – НБ), необхідних і достатніх для однозначного базування СЧ (деталей та підбірок) у виробництві з позбавленням необхідної кількості ступенів свободи. Літакові конструкції складаються із СЧ, що характеризуються порівняно великими габаритами та незначною зміною форми під дією власної ваги.

Проектуючи операції встановлення деталей у СП, необхідно вибрати на деталях та вузлах базові поверхні, якими буде вестись установка та фіксація деталей та вузлів. Базові поверхні використовуються як складальні (далі – СБ) або НБ.

СБ визначають взаємне становище збираних СЧ, а НБ – становище СЧ щодо складального пристрою. Вибираючи бази необхідно прагнути дотримання трьох основних принципів базування: єдності, сталості та збігу баз.

При складанні у пристрої необхідно обов'язково дотримання принципу збігу баз, тобто коли як НБ вузлів і деталей приймаються СБ. Це забезпечує найвищу точність складання.

Після складання СЧ стають жорсткими і повинні відповідати вимогам на форму та якість зовнішньої поверхні. Отже, СП покликане забезпечити ці вимоги. Точність забезпечується фіксаторами та затискачами, встановленими на жорстких елементах каркасу пристрою.

Особливістю складання стабілізатора є підвищені вимоги до точності виконання зовнішніх обводів, стику стабілізатора з фюзеляжем.

Схема базування надано на рисунку 2.4.

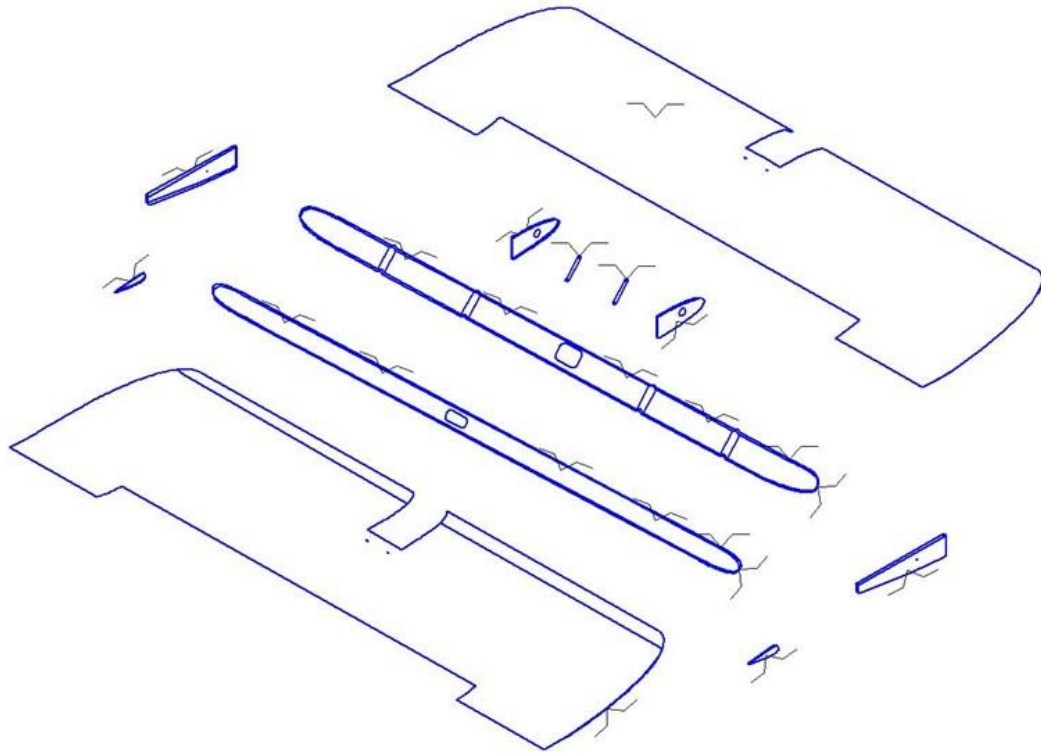


Рисунок 2.4 – Схема базування СЧ стабілізатора

Обшивки базуються на базових поверхнях матриць. Стінка лонжерона базується на поверхнях фіксаторів та упору стінки лонжерону. Носові нервюри базуються на упорі носових нервюр і фіксатори носової нервюри. Нервюри базуються по упору нервюр та фіксаторам нервюр. Задні нервюри базуються по упорам задніх нервюр та фіксаторам задніх нервюр. Задня стінка базується на поверхнях фіксаторів та упору задньої стінки. Наставні втулки базуються по базовим отворах матриці.

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

Технологічний процес складання (далі – ТПС)– це послідовність базування в складальному положенні деталей і підзбірок, їх фіксація та з'єднання між собою способами, передбаченими кресленням або технологічною документацією.

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

Для розробки ТПС використовуються такі вихідні дані:

конструкторське креслення (електронне компонування Скл.Од.) та технічні умови (далі – ТУ) на складання;

обсяг випуску виробів;

директивні технологічні матеріали (далі – ДТМ), схеми членування, складання, ув'язування.

Робоча технологія містить такі відомості про процес складання:

суть операцій та переходів ТП;

інструмент та обладнання, необхідне для кожної операції;

норми часу виконання операцій;

спеціальність, кількість робітників та розряд робіт;

операції контролю.

Порядок процесу складання містить такі операції:

підготовка СЧ до складання;

базування деталей у задане кресленнями (електронним компонуванням Скл.Од.) та технологічною документацією положення;

фіксація СЧ у настановному положенні;

підготовка СЧ до склеювання;

склеювання СЧ;

контроль якості та точності склеювання;

заключні роботи.

Спроектований ТП складання стабілізатора представлений у Додатку

В.

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

Операційний ТП викладення верхньої обшивки стабілізатора з нормами часу надано у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Викладення верхньої обшивки стабілізатора

№ оп.	Зміст операції	Устаткування, інструмент	Норми часу, чол./хв	Кількість одночасно працюючих, чол.
01	Підготувати матриці до викладки	Скребок, вакса WAX W-70	10	1
02	Виконати розкрій поліамідної тканини згідно з кресленням. Виконати розкрій мішківини	Ножиці	5	1
03	Підготувати пінопласт	Ніж, наждачний папір	10	1
04	Нанести суміш смоли з затверджувачем на робочу поверхню матриці	Пензель	10	1
05	Покласти поліамідну тканину на всю робочу поверхню матриці	Пензель	5	1
06	Укласти вуглетканину згідно креслення	Пензель	3	1
07	Перевірити якість виконання п. 1–6		2	1
08	Приготувати суміш для склеювання	Склянка, пензель	20	1
09	Укласти підготовлений пінопласт		1	1
10	Заповнити всі зазори між поверхнями, що склеюються, сумішшю для склеювання. Видалити зайву суміш для склеювання		2	1
11	Укласти вуглеленти у місці встановлення лонжерона стабілізатора	Пензель	2	1
12	Перевірити якість виконання п. 8–11		5	1
13	Укласти вуглетканину згідно креслення	Пензель	5	1

14	Приклеїти номер виробу. Укласти на приклеєний номер один шар склотканини з нахлестом 10 мм	Пензель	5	1
15	Покласти поліамідну тканину	Пензель	10	1
16	Укласти три шари мішковини		8	1
17	Встановити вакуум	Вакуумний насос, штуцери	10	1
18	Перевірити якість виконання п. 3–17			

2.4.2 Укладання ТУ на проектування стапелю складання крила та ТУ на поставку деталей

Технічні умови на проектування стапелю складання крила розробляються виходячи з креслень (електронного компонування, повного електронного визначення) і ТПС агрегату.

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

Стапель – складальне оснащення, конструкція якого забезпечується правильне взаємне базування, фіксацію та з'єднання СЧ із заданою точністю.

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

Основні технічні вимоги:

забезпечення заданої в ТУ точності складання крила, яка повинна бути ув'язана зі ступенем точності стапелю;

збереження точності стапелю протягом усього періоду експлуатації;

збереження стабільного положення базових точок, вузлів і поверхонь, заданих ТУ на складання крила та надійність фіксації елементів, що збираються;

сталість заданих розмірів незалежно від коливань температури;

використання у конструкції стапелю більшої кількості стандартних елементів для здешевлення стапелю та скорочення термінів ТПВ;

раціональні розміри стапелю з метою кращого використання виробничих площ;

забезпечення найбільш вільних підходів для виконання складальних робіт, гарного освітлення, зручності використання інструменту та засобів механізації праці, а також знімання зібраного агрегату;

дотримання правил техніки безпеки.

ТУ на проектування пристрою для складання стабілізатора:

1. Пристрій призначений для складання стабілізатора.

2. Положення стабілізатора у пристрою – горизонтально.

3. У пристрою проводяться такі роботи:

викладка верхньої та нижньої обшивки;

полімеризація обшивок;

базування, фіксація та вклеювання внутрішнього набору стабілізатора;

закривання стабілізатора;

полімеризація стабілізатора.

4. Конструкція пристрою повинна забезпечувати необхідну точність та взаємозамінність агрегату.

5. Передбачити підведення електроенергії для освітлення та живлення засобів ведення ТП, а також підведення живлення повітрям для вакуумування.

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

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

$$\tau = \frac{\Phi_{\text{розр}}}{N}, \quad (3.1)$$

де $\Phi_{\text{розр}}$ – розрахунковий фонд робочого часу в певному календарному періоді;

N – річний об'єм випуску ($N=250$ виробів/рік).

Фонд робочого дня в календарному році визначається за формулою:

$$\Phi_{\text{розр}} = m \times s \times t, \quad (3.2)$$

де m – кількість робочих днів у році ($m=248$ [12]);

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

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

Тоді $\Phi_p = 248 \cdot 1 \cdot 8 = 1984$ год. і $\tau = \frac{1984}{250} = 7,9$ год. (без полімерізації).

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

$$Ц = T/n, \quad (3.3)$$

де T – трудомісткість виготовлення об'єкту (згідно до ТПСТ=10,58 люд.×год., див. Додаток В);

n – кількість одночасно працюючих на складанні об'єкту.

В зв'язку з тим, що частина робіт виконується двома працівниками, а частина одним, а також час на полімерізацію складає 480 хв.=8 год., то

$$Ц = 930 \text{ хв.} = 15,5 \text{ год.}$$

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

Потрібну кількість пристроїв визначимо за такою формулою

$$M_{\text{розр}} = \frac{T \times N}{\Phi_{\text{д.осн}} \times n}, \quad (3.4)$$

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

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

Отримуємо $M_{\text{розр}} = \frac{10,58 \times 250}{1768 \times 2} = 0,74$ шт. Приймаємо $M_{\text{розр}} = 1$ шт.

Цикловий графік представлений у Додатку Г.

2.4.4 Заходи з безпеки праці та організації робочого місця

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

4.4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що діють у робочій зоні цеху

Вимоги безпеки при складанні визначаються видом з'єднань та ЗТО, що застосовуються, номенклатурою виробів і Скл.Од., їх розмірами і масою, серійністю виробництва, організаційною формою складання (стаціонарна, потокова), ступенем механізації процесу та ін.

У цеху робітники потрапляють під вплив фізичних, психофізичних та хімічних факторів.

До фізичних факторів належать:

відсутність чи нестача природного світла;

підвищений рівень шуму на робочому місці;

недостатня освітленість робочої зони;

підвищена пульсація світлового потоку;

підвищений рівень інфрачервоної радіації чи ультрафіолетового випромінювання;

гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхні заготовок, інструментів та обладнання;

розташування робочого місця на значній висоті щодо поверхні землі (підлоги).

До хімічних факторів належать:

загальнотоксичні;

дратівливі;

сенсibiliзуючі (алергенні);

канцерогенні;

мутагенні, що впливають на репродуктивну функцію.

Вони також розрізняються за способом проникнення в організм людини:

- через органи дихання;
- шлунково-кишковий тракт;
- шкірні покриви;
- слизові оболонки.

Наявність металевого пилю, абразивного пилю в повітрі робочої зони складального цеху може призвести до захворювання слюсарів-складальників на пневмокніоз, хронічний пиловий бронхіт, професійну бронхіальну астму. Необхідно передбачати засоби для відсмоктування пилю. У процесі виконання операцій робітники зазнають впливу шуму, небезпеки ураження електричним струмом, парів герметика та епоксидних смол. Крім того, при переміщенні, монтажі та фіксації агрегатів робітники зазнають фізичних навантажень і часто змушені працювати в незручних (обмежених) позах. На ділянках цеху використовуються різні види електрообладнання, а також системи місцевого та переносного освітлення.

Основними вимогами безпеки для складального процесу є:

- заміна операцій, пов'язаних із виникненням небезпечних і шкідливих виробничих факторів, операціями, при яких цих факторів немає або вони мають меншу інтенсивність;
- заміна шкідливих речовин нешкідливими або менш шкідливими, сухих способів обробки пилю мокрими;
- підвищення рівня механізації складальних робіт;
- комплексна механізація та автоматизація виробництва;
- оснащення складальних цехів засобами внутрішньоцехового транспорту;
- застосування засобів колективного та індивідуального захисту працюючих;
- раціональна організація праці та відпочинку з метою профілактики монотонності та гіподинамії, а також обмеження тяжкості праці;

своєчасне отримання інформації про виникнення небезпечних та шкідливих виробничих факторів на окремих технологічних операціях;
впровадження системи контролю та управління технологічним процесом.

2.4.4.2 Методи поліпшення стану робочого середовища за факторами мікроклімату та вентиляції

Виробничий мікроклімат характеризується рівнем температури, вологістю повітря та швидкістю його руху.

Основними напрямками оздоровлення умов праці є:

розробка та організація ТП та конструювання виробничого обладнання з відсутністю або з мінімальним виділенням тепла та вологи у виробничі приміщення;

розробка та організація ТП зі зменшенням фізичних зусиль, напруги уваги та попередженням втоми працюючих.

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

За способом переміщення повітря вентиляція буває:

природна (організована та неорганізована);

штучна (механічна).

Найбільш поширеним видом організованої вентиляції є аерація.

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

Механічна вентиляція усуває недоліки природної вентиляції. При механічній вентиляції повітрообмін досягається за рахунок напору, створюваного відцентровим або осьовим вентилятором.

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

Припливна вентиляція забезпечує подачу чистого повітря до приміщень.

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

У приміщенні аналізованого підприємства створено здорові умови праці, що сприяє збереженню здоров'я працюючих, створюючи передумови для підтримки високого рівня працездатності.

У приміщенні створено оптимальні умови мікроклімату:
температура 21...23 °С в холодний період року, 22...24 °С – в теплий період;

відносна вологість 40...60%.

Приміщення обладнано системою кондиціонування. Зовнішнє повітря, яке подається системою кондиціонування, очищене від пилу. Вікна приміщень регулюються, що дозволяє провітрювання приміщень.

2.4.4.3 Способи та засоби покращення стану робочого середовища за факторами освітленості

Для забезпечення нормальної та безпечної роботи необхідне раціональне та відповідне нормам СН та ПН-4-79 освітлення. Недостатнє освітлення викликає втому робітників, що веде до зниження якості та продуктивність праці, і навіть до травматизму. У цеху передбачено природне та штучне освітлення. Природне освітлення – через світлові ліхтарі та вікна, нормується коефіцієнтом природної освітленості, величина якого визначається нормами та правилами СН та ПН-4-79, залежно від типу освітлення та характеру робіт. У цеху застосовується природне та штучне освітлення: загальне та місцеве. Загальне висвітлення здійснюється газорозрядними люмінесцентними лампами типу ДРЛ-1000. Для місцевого освітлення передбачаються світильники із люмінесцентними лампами. Застосовуються світильники пиловодозахисні з склом, що розсіює, типу МЛ з $\eta=6\%$. Світильники виключають пульсацію світла. Вони розташовуються у ряд над робочими місцями. Ряди розташовуються паралельно до стін і вікон.

Правильно спроектоване та раціонально виконане освітлення виробничих приміщень надає позитивний психофізіологічний вплив на працюючих, сприяє підвищенню ефективності та безпеки праці, знижує втому та травматизм, зберігає високу працездатність.

По конструктивним особливостям природне освітлення поділяється на бічне, здійснюване через світлові отвори у зовнішніх стінах; верхнє – через світлові отвори в покритті та світлоаераційні ліхтарі; комбіноване – поєднання верхнього та бокового.

2.4.4.4 Заходи щодо пожежної безпеки цеху

За загрозою виникнення пожежі виробництва діляться на кілька категорій (ДНАОП 0.01-1.01-95). Цех, що проектується, відноситься до категорії «Д» небезпеки виникнення пожежі.

Для підвищення пожежної безпеки цеху слід провести наступні заходи: розмістити у легкодоступних загальновідомих місцях цеху пожежні щити;

на пожежних щитах розмістити пінні та вуглекислотні вогнегасники; у конторсько-побутовій прибудові розмістити порошкові вогнегасники; оснастити освітлювальні та силові електричні ланцюги запобіжниками; передбачити наявність запасних виходів для евакуації персоналу цеху у разі пожежі;

обладнання приміщень цеху пожежною сигналізацією, що реагує на появу диму та підвищення температури в приміщенні.

5 Проектування засобів технологічного оснащення складальних робіт

2.5.1 Вибір схеми та компоновки пристрою для складання стабілізатора

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

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

Основні технічні вимоги:

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

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

Загалом основні частини складального оснащення такі:

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

2.5.2 Проектувальні розрахунки на міцність, жорсткість елементів конструкції пристрою для складання стабілізатора

Зазвичай каркас СП на міцність не розраховують, а проводять розрахунок на жорсткість. Мета розрахунку стапеля на жорсткість – підбір таких перерізів і розмірів елементів каркасу, при яких їх максимальні деформації від прикладених навантажень не перевищували б значень, що визначаються ТУ на вироб.

В зв'язку с тим, що СП – це матриця для виготовлення СЧ стабілізатора, яка має достатньо жорстку конструкцію, розрахунок на жорсткість не проводимо.

2.5.3 Конструювання пристрою для складання стабілізатора

Проектований СП складається з матриці нижньої обшивки, матриці верхньої обшивки, матриці закінцівки, третьої матриці (для створення сполучного фланця на нижній обшивці).

У СП проводяться такі роботи:

1. Викладають верхню та нижню обшивки.
2. Виконують полімеризацію обшивок.
3. Базують, фіксують та вклеюють внутрішній набір крила.
4. Виконують закривання крила.
5. Виконують полімеризацію крила.

Структура композитної матриці представлена на рисунку 4.1.

Функціональне призначення шарів композитної матриці:

1. Шар суміші № 1 необхідний для створення поверхні, що точно повторює форму майстер-моделі. Склотканина обрізна ЕС 17 – Р316 3 мм(6 мм) виступає як сполучна між шаром суміші № 1 та наступним шаром.
2. Шар суміші № 3 необхідний для підвищення адгезії (приклеювання) між шаром формової смоли і наступним шаром склотканини.
3. Шари склотканини № 92110, № 92140, № 04367 служать для підвищення міцності матриці, а така послідовність забезпечує найбільшу адгезію їх між собою та «плавний» перехід до шарів склотканини «Vetrotex М-123».

4. Шари склотканини «Vetrotex М-123» забезпечують необхідну товщину матриці.

5. Армуючий шар (підсилювач жорсткості), забезпечує збільшення показників міцності матриці.

6. Шари склотканини № 92110, № 92140, № 04367, що йдуть після армуючого шару, необхідні для його захисту від механічних пошкоджень та підвищеної фіксації з попередніми шарами матриці.

7. Фінішний шар поліамідної тканини необхідний для зменшення шорсткості неробочої поверхні.

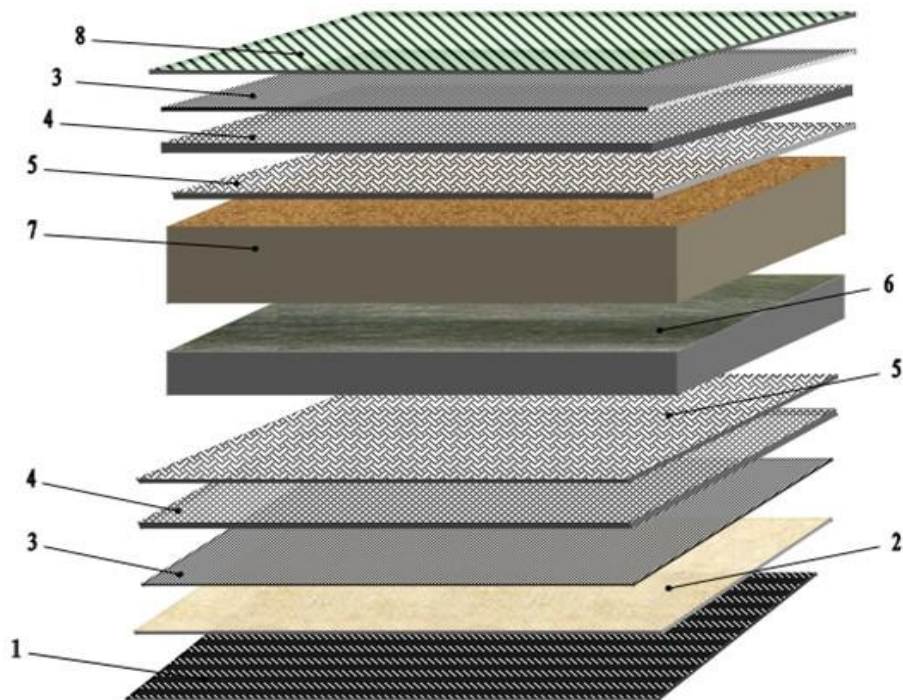


Рисунок 4.1 – Схема внутрішньої структури композитної матриці: 1 – шар суміші № 1 з «убитою» обрізною склотканиною ЄС 17 – Р316 3 мм (6 мм); 2 – шар «Суміші № 3»; 3 – шар склотканини № 92110, просоченою сумішшю № 2; 4 – шар склотканини № 92140, просоченою сумішшю № 2; 5 – шар склотканини № 04367, просоченою сумішшю № 2; 6 – від 1 до 12 шарів склотканини «Vetrotex М-123», просоченою сумішшю № 2; 7 – армуючий шар; 8 – шар поліамідної тканини 98685, просоченої клейовою сумішшю

2.5.4 ТУ на проектування та монтаж пристрою для складання стабілізатора

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

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

ТУ на проектування та монтаж пристрою для складання стабілізатора такі:

1. Призначення СП: для складання стабілізатора.
2. Положення агрегату, що складається, в СП – горизонтальне.
3. Перелік підбірок та деталей у порядку технологічної послідовності складання: верхня та нижня обшивки, внутрішній набір стабілізатора. Подача всіх деталей (підбірок) у СП – зверху. Зібране крило виймається зі СП вгору і вбік.
4. Основні технологічні бази – поверхні майстер-моделі.
5. Взаємозамінними елементами є контури, обводи, довжини.
6. При виготовленні та монтажу СП необхідні креслення (ПЕВ) оснащення, майстер-модель.
6. Механізація ТП складання: зважаючи на простоту агрегату та його невеликих габаритів та маси не будемо застосовувати механізацію елементів СП та механізацію складальних операцій.

2.5.5 Розробка укрупненого технологічного процесу виготовлення композитної матриці для складання стабілізатора

Для виготовлення композитної матриці за основу береться фізична майстер-модель деталі, на якій безпосередньо нарощуємо матрицю та маємо допоміжні елементи для її формування. Перед використанням майстер-моделі необхідно здійснити перевірку на відповідність її геометрії існуючим ко-

нтрольним шаблонам. А також необхідно перевірити її поверхню на наявність механічних пошкоджень: глибоких подряпин, відколів поліефірного покриття.

Виготовлення матриці включає наступні операції:

- 1) виготовлення допоміжних фланців матриці;
- 2) нанесення розділового шару;
- 3) нанесення формувального шару;
- 4) формування тіла матриці;
- 5) встановлення підсилювача жорсткості;
- 6) механічне оброблення матриці;
- 7) відділення матриці від майстер-моделі;
- 8) виготовлення третьої матриці (тільки для створення виробів із сполучним фланцем);
- 9) установка заставних (тільки у матрицях, у яких формуються вироби з отворами);
- 10) термообробка матриці.

2.5.6 Планування робочого місця

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

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

Місце складання оснащують наступними ЗТО:

- а) СП для складання крила;
- б) верстатами для підготовчих та позастапельних робіт;
- в) допоміжним обладнанням, що використовується при складанні (козелками, підставками та ін.);
- г) стелажми для зберігання деталей;

д) повітро- та електропроводкою для підключення механізованого інструменту;

е) комплектом інструменту для складальних робіт (ключами, викрутками, свердлами та ін.).

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

Спрощена схема робочого місця слюсаря-складальника наведена на рисунку 4.2.

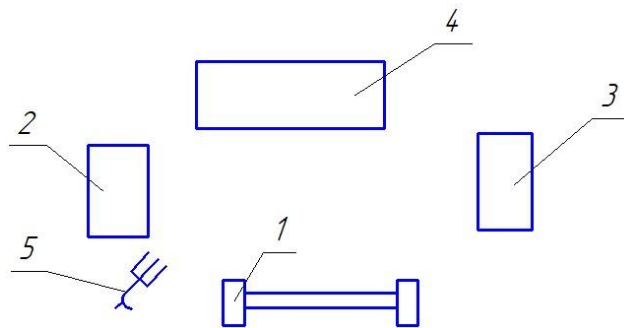


Рисунок 4.2 –Спрощена схема робочого місця слюсаря-складальника: 1 – стапель; 2 – верстат для підготовчих робіт з комплектом інструментів для складальних робіт; 3 – стелажі для зберігання СЧ; 4 – стелаж для готових виробів; 5 – джерело енергії для підключення механізованого інструменту

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

Економічна частина

3.1 Розробка стратегії маркетингу

Процес маркетингу, або узгодження можливостей підприємства та запитів споживачів, протікає у певному зовнішньому середовищі, що визначається основними факторами - політичними, соціальними, економічними, правовими, науково-технічними. Маркетингова діяльність підприємства має враховувати сегментацію ринку (тобто споживачів). Комплекс маркетингу включає в себе тип виробу, його ціну, вплив на споживача з метою здійснення купівлі та доставку товару споживачеві. Якщо вимоги на товар заздалегідь узгоджені із замовником, то значно знижується ризик виробника, а вироби отримують властивості конкурентоспроможності, які є основним критерієм високої якості. Завдання підприємства в галузі підвищення якості продукції на цьому етапі зводяться до визначення групи споживачів, яким можна продати свою продукцію, визначення товарного вигляду та експлуатаційних якостей виробів, їх технічних характеристик..

Вид і експлуатаційні якості виробів визначаються запитамі споживачів і закріплюються під час аналізу кон'юнктури ринку на технічному заданні чи специфікації.

Проектоване підприємство займатиметься випуском легкого літака. Необхідно відзначити, що даний літак може використовуватися як:

1. перевезення пасажирів, дрібних вантажів та пошти;
2. навчання льотчиків;
3. патрулювання лісів, нафтогазопроводів, ліній електропередач;
4. використання як приватного повітряного транспорту.

На даний момент потреба в літаках даного класу дуже велика, про це свідчать маркетингові дослідження зарубіжних та вітчизняних незалежних фірм та підприємств, що виготовляють цю продукцію. Потреба ця обумовлена широким колом завдань, вирішення яких неможливе без використання ЛА даного типу. Саме це викликало насичення ринку продукцією цього типу. Споживачами даної продукції є компанії, що займаються патрулюванням, будь-яких об'єктів (нафтогазопроводів та ін); центри, які здійснюють підготовку льотчиків; за кордоном

великі рівні продажів серед звичайних людей, які бажають додати у своє життя гострих відчуттів. Підтвердженням вище сказаного може стати той факт, що підприємствам геологорозвідки України в 2009 році вимагалось близько 300 машин цього класу.

Основним конкурентом в Україні може стати літак Бекас у різних модифікаціях, що випускається фірмою «Лілієнталь» м. Харків. Але «лілієнтальєвській» Бекас, у всіх своїх модифікаціях, має цілу низку дуже небезпечних для життя споживача недоліків. До них можна віднести цілий ряд недоробок у конструкції літака, низький рівень виробництва, що призводить до отримання продукції сумнівної якості, але так добре завуальованою рекламою і відносно низькою ціною (ціна одного Бекаса-Х32 СХ становить близько 22500 доларів) .

Таким чином, легкий літак є конкурентоспроможним і гідний широкого кола збуту..

Організація збуту

Зазвичай літак продається за прямими поставками. На підприємстві цих цілей існує відділ збуту і зовнішньоекономічних зв'язків. Тут проводиться дослідження ринку, проробляються варіанти потенційних партнерів. У результаті переговорів укладається договір про поставку товару до певного терміну, у певній кількості та за певною ціною..

Реклама

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

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

1) 1) Придбання нових замовлень на продукцію, що вже виробляється.

Реклама має бути спрямована на сам літак. У рамках цієї рекламної діяльності здійснюються такі види реклами, як:

а) Пряма поштова реклама. Виробник адресує рекламу окремим особам у їхній професійній – службовій ролі. Це розсилка рекламних проспектів, описів безпосередньо потенційним споживачам. Крім розсилки різної документації представники замовників запрошуються на виставки, показові польоти.

б) Публікація реклами у спеціалізованих, вузьконаправлених виданнях, розрахованих охоплення необхідного ринку, споживає товари та послуги авіаційного комплексу.

в) Реклама на виставках..

Тут мають на увазі, передусім участь виробника на всіляких виставках (як загального профілю, і спеціалізованих): авіасалонах, авіашоу, проведених у світі. Необхідно насамперед відвідувати ті виставки, які проводяться в регіоні потенційних покупців, оскільки участь у виставці дає можливість не лише представити свою продукцію, а й провести переговори з усіма зацікавленими організаціями; у короткі терміни і централізовано поширити свою рекламну інформацію; зібрати інформацію про конкурентну продукцію. Таким чином, підприємство, здійснюючи тісне співробітництво з іншими авіабудівними фірмами, робитиме посилювальний внесок у рекламну діяльність.

2) Інший напрямок рекламної діяльності підприємства - це придбання замовлень на виробництво принципово нових виробів (наприклад, крила на нові літаки). Об'єктом цієї реклами є безпосередньо підприємство. Таким чином, здійснюючи рекламну діяльність, підприємство розраховує на замовлення у майбутньому. При виході підприємства на повну потужність роботи передбачають застосування різноманітних знижок.

План виробництва та аналіз ризику

Потреба в сировині, матеріалах, енергії, дані про технологію виробництва були описані раніше. При впровадженні у виробництво та при розробці нового ринково орієнтованого виробу, стикаються з наступними труднощами:

1. Невизначеність у досягненні результатів;

2. Суб'єктивність на користь різних ділянок проекту, множинність критеріїв оцінки.

Ризик – міра мінливості та невпевненості віддачі, що складається з очікуваних надходжень. Чим ризикованіша операція, тим більше обсяг прибутку може бути отриманий. При оцінці ризику слід враховувати два фактори:

1. Обсяг фінансування.
2. Чинник часу.

Розрізняють два види ризику:

1. Диверсифікований – це фінансовий ризик фірми. Залежить від нестабільності цін на матеріали, нестабільність попиту на продукцію, що збувається.

2. Недиверсифікований – ризик системи загалом. Залежить від зростання цін на енергоносії, економічної нестабільності в країні, інфляції, метеоумов тощо.

Для зменшення ступеня ризику можливе застосування різних умов при укладанні договору (контракту). Для зведення до мінімуму диверсифікованих ризиків встановлюють у контракті ковзну ціну і форму, за якою вона повинна розраховуватися.

Для компенсації інших типів ризику є страхування. Страхування – це фінансове забезпечення можливої шкоди, зниження чи повна його компенсація.

Кадри та управління

Необхідна кваліфікація робітників визначається з досвіду роботи та складності конкретного технологічного процесу. Формування штату робітників відбувається наступним чином:

- 1) В БТЗ цеху розраховується необхідна кількість основних, допоміжних робітників, інженерно-технічних робітників (ІТР), молодшого обслуговуючого персоналу в цехах (МОП) і подається заявка на необхідних працівників у цех та у відділ кадрів заводу;
- 2) Відділ кадрів направляє працівників до цеху, де вони проходять співбесіду з начальником цеху. Якщо працівник відповідає необхідним вимогам, він зарахований до цеху.

Загальні витрати на розробку проекту літака

Загальні витрати на розробку проекту літака та його запуск за статистикою становлять близько 10 відпускних цін літака. При запланованій середній вартості літака в 40-60 тис. у.о. витрати таким чином становитимуть близько 500 тис. Для зниження ризику та ймовірності серйозних помилок пропонується поділ етапів робіт та їх оплати. Частина витрат (на сертифікаційні роботи, визначення ресурсу та ін.) може виконуватися вже в процесі серійного випуску літаків та отримання прибутку від їх продажу та експлуатації.

Практика проведення проектних робіт і запуску у виробництво нескладних легких літаків без проведення великих досліджень показує, що для досягнення точки викочування на випробування першого літака достатньо витрат, що становлять:

- проектні роботи першої черги – приблизно вартість планера літака, тобто. близько 30 тис. у.о.,
- підготовка виробництва, виготовлення та випробування першого зразка – аналогічно, близько 30 тис. у.о.

Таким чином, літак долає поріг окупності вже з другого продажу. Інші роботи можуть вестися вже в процесі виробництва і компенсувати свою вартість значною мірою прибутком з продажу.

Основним конкурентом в Україні може стати літак Бекас у різних модифікаціях, що випускається фірмою «Лілієнталь» м. Харків. Але «лі-лієнталевксій» Бекас, у всіх своїх модифікаціях, має цілу низку вельми небезпечних для життя споживача недоліків. До них можна віднести цілу низку недоробок у конструкції літака, низький рівень виробництва, що призводить до отримання продукції сумнівної якості, але так добре завуалірованою рекламою і відносно низькою ціною (ціна одного Бекаса-Х32 СХ становить близько 22500 доларів).

Таким чином, проєктований ЛЗ є конкурентоспроможним і гідний широкого кола збуту.

3.2 Розрахунок техніко-економічних показників проектного цеху

Необхідні дані для розрахунку техніко-економічних показників цеху, такі як виробнича програма цеху, фонди часу, кількість обладнання, кількість працівників, розраховані в розділі «Технологічна частина».

Розрахунок фондів заробітної плати

Фонд заробітної плати розраховується за категоріями персоналу цеху: окремо для основних виробничих робітників, для допоміжних робітників та для ІТР, СКП, МОП.

При розрахунках фондів заробітної плати за основу приймається загальноприйнята їх структура: розподіл фондів на пряму (тарифну), основну (пряму з годинними доплатами) та додаткову (денні та місячні доплати) зарплату.

Пряма заробітна плата основних виробничих робітників (ПЗОР) розраховується за формулою

$$ПЗОР = T \cdot i \left(1 + \frac{k_{ym} + k_{um}}{100} \right) \quad (3.1)$$

де: T – трудомісткість (відрядних та погодинних) робіт у запланованому період, год; $\dot{O} = 17800 \text{ і} / \text{ ÷ ù ã$

i – середня годинна ставка за відрядними (часовими) роботами, грн/год;

k_{ym}, k_{um} – нормативи доплат за умови та інтенсивність труда

$$(k_{ym} = 5\%; k_{um} = 0).$$

За співвідношенням 3.1 отримуємо:

$$пзор = 17800 * 200 \left(1 + \frac{5}{100} \right) = 3738000 \text{ грн.}$$

Фонд додаткової заробітної плати виробничим робітником розраховується за формулою:

$$ДЗОР = ПЗОР \left(\frac{k_{прем} + k_{час} + k_{он} + k_{мес}}{100} \right) \quad (3.2)$$

де: $k_{\text{прем}}, k_{\text{час}}, k_{\text{дн}}, k_{\text{мес}}$ – прийняті нормативи преміальних, годинних, денних та місячних доплат, %.

За формулою 3.2 маємо:

$$\text{дзор} = 3738000 \left(\frac{30+10+12+12}{100} \right) = 2392320 \text{ грн.}$$

Таким чином, річний фонд оплати праці виробничим робітником склав:

$$\Phi_{\text{зн.п.р}} = \text{ПЗОР} + \text{ДЗОР} = 373800 + 239232 = 613032 \text{ 0 грн.}$$

Розрахунок прямої та додаткової заробітної плати допоміжним робочим ведемо за формулами:

$$\text{ПЗВР} = n \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot i \left(1 + \frac{k_{\text{ум}} + k_{\text{ум}}}{100} \right) \quad (3.3)$$

$$\text{ДЗВР} = \text{ДЗОР} \left(\frac{k_{\text{дн}} + k_{\text{дн}} + k_{\text{дн}} + k_{\text{дн}}}{100} \right) \quad (3.4)$$

де: n – облікова кількість допоміжних робітників певної професії, чол.;

$\Phi_{\text{д}}$ – річний дійсний фонд часу допоміжних робітників, год;

i – середня годинна ставка допоміжних робітників, грн/год; $i = 20 \text{ грн/год} \div 24 \text{ год} = 0,83 \text{ грн/год}$;

$k_{\text{ум}}, k_{\text{ум}}$ – нормативи доплат за умови та інтенсивність

труда ($k_{\text{ум}} = 5\%; k_{\text{ум}} = 0$);

$k_{\text{прем}}, k_{\text{час}}, k_{\text{дн}}, k_{\text{мес}}$ – прийняті нормативи преміальних, годинних, денних та місячних доплат, %.

Вихідні дані та результати розрахунків представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунок зарплати допоміжним робітникам

Професія	Кіл-ть робочих, чол	Годинна ставка, грн/год	Годовий Фонд часу, год	ПЗВР, грн	ДЗВР, грн	Фонд оплати праці доп. раб, грн
1. Слюсар	1	150	1800	270000	167400	437400
2. Комірник	2	100	1800	180000	111600	291600
3. Електрик	1	120	1800	216000	133920	349920
4. Прибиральник	2	100	1800	180000	111600	291600
Разом	6			846000	524520	1370520

Розрахунок заробітної плати (прямої та додаткової) керівникам, спеціалістам, службовцям та молодшому обслуговувальному персоналу зробимо за формулами:

$$i\zeta i = n \cdot \hat{O}_a \cdot i \left(1 + \frac{k_{\delta\delta}}{100} \right) \quad (3.5)$$

$$\ddot{A}\zeta i = i\zeta i \left(\frac{k_{i\delta\delta i} + k_{-a\tilde{n}} + k_{\tilde{a}i} + k_{i\tilde{a}\tilde{n}}}{100} \right) \quad (3.6)$$

Вихідні дані та результати розрахунку занесемо до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунок заробітної плати керівникам, спеціалістам, службовцям та молодшому обслуговувальному персоналу

Посада	Кількість чол	Годинна ставка, грн/год	Річний фонд часу, год	ПЗВ, грн	ДЗВ, грн	Повна заробітна плата, грн
1. Директор	1	400	1800	741600	474620,4	121620,4
2. Зам. директора	1	300	1800	556200	355960,8	91210,8
3. Нач. виробництва	1	200	1800	370800	237310,2	60810,2
4. Зам. нач. виробництва	1	180	1800	333720	213580	547300
5. Інженери-технологи	4	180	1800	1334880	854320,32	218920,32
6. Нач. ОТК	1	200	1800	370800	237310,2	60810,2
7. Контролери ОТК	2	150	1800	278100	177980,4	45600,4
8. Майстер	2	180	1800	667440	427160,16	109460,16
9. Секретар	1	100	1800	185400	118650,6	304000,6
10. Прибиральниця	1	100	1800	185400	118650,6	30400,6
Разом	15			5024340	3215570,7	1316560,48

Розрахунок площ та обсягу цеху

При компонуванні виробнича площа попередньо визначається за нормативами питомих площ одиницю устаткування. Інші види площ визначаються за укрупненими нормативами. Розрахунок основної виробничої площі наведено в технологічній частині.

Результати розрахунку інших площ та обсягу цеху занесені до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Зведена таблиця площ та обсягів цеху

Найменування площі	Питомий коефіцієнт, k_s	Площа, $S, м^2$	Висота, $H, м$	Об'єм, $V, м^3$
Виробнича		864	6	5184
Допоміжна	0,15	129,6	6	777,6
Складські приміщення	0,2	172,8	6	1036,8
Інша площа	0,05	43,2	6	259,2
Вироб. корпус		1209,6	6	7257,6
Побутові приміщення	0,06	51,84	3,3	171,07
Канторські приміщення	0,15	129,6	3,3	427,68
Разом		1391,04		7856,35

Розрахунок вартості основних фондів

До основних фондів підприємства відносяться: будівлі, споруди, силові машини, робоче обладнання та цехові транспортні засоби, вимірювальні та регулюючі прилади, цінний універсальний інструмент та пристосування, цінний виробничий та господарський інвентар.

Початкову вартість будівлі розраховують за формулою:

$$C_{зд} = V_k \cdot C_k + V_n \cdot C_n \quad (3.7)$$

де: V_k, V_n – обсяги, що займаються у виробничому корпусі та в прибудові до нього;

C_k, C_n – вартість $1 м^3$ виробничого корпусу та прибудови..

За залежністю 3.7 отримуємо: $C_{зд} = 7257,6 \cdot 150 + 598,75 \cdot 200 = 1208390$ грн.

Початкову вартість робочого обладнання обчислюють за залежністю:

$$C_{об} = \sum n \cdot Ц(1 + k_{mp}) \quad (3.8)$$

де: n – прийнята кількість обладнання певного виду, прим.;

Кількість обладнання, кількість працівників розраховані у розділі «Технологічна частина».

k_{mp} – коефіцієнт, що враховує витрати на транспортування та монтаж обладнання;

C – оптова ціна одиниці обладнання, грн./шт.;

Розрахунки зведені до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Витрати придбання основного устаткування цеху

Найменування обладнання	Кількість. шт.	Оптова ціна, грн./шт	Початкова вартість, $C_{об}$ грн
Стикувальний стенд	2	20000	40000
Пристрій для збирання фюзеляжу	2	12000	24000
Пристрій для збирання правої консолі крила	2	10000	20000
Пристрій для збирання лівої консолі крила	2	10000	20000
Пристрій для збирання РН	2	7500	15000
Пристрій для збирання стабілізатора	2	7500	15000
Робочий стіл	4	2000	8000
Інструментальна шафа	4	2500	10000
Разом			152000

Початкову вартість інструменту та пристроїв, що належать до основних фондів, приймають у розмірі 15% вартості обладнання:

$$C_{инстр} = 0,15 \cdot C_{об} = 0,15 \cdot 20099 = 3014,85 \text{ грн.}$$

Початкову вартість виробничого та господарського інвентарю приймають рівною 3% вартості робочого обладнання

$$: C_{хоз} = 0,03 \cdot C_{об} = 0,03 \cdot 20099 = 602,97 \text{ грн.}$$

Розрахунок річних амортизаційних відрахувань

Річні амортизаційні відрахування вартості основних визначають за допомогою норм амортизаційних відрахувань.

Дані про основні фонди та амортизаційні відрахування від їх вартості зведені в таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 – Основні фонди цеху та їх амортизація

Основні фонди	Первісна вартість, грн	Норми амортизаційних відрахувань, %	Річний амортизаційний фонд, грн
Будівлі та споруди	1208390	5	60419,5
Устаткування	20099	15	3014,85
Інструменти та пристрої	3014,85	25	753,71
госп. інвентар	675	25	1687,5
Разом			65875,56

Кошториси витрат на утримання та експлуатацію обладнання

Кошторис витрат на утримання та експлуатацію обладнання складається з ряду статей:

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

Див табл. 3.4

Стаття друга враховує витрати на експлуатацію обладнання.

1. Матеріали для утримання обладнання приймаємо у розмірі 200 грн. на рік одне робоче місце.

2. Заробітна плата та відрахування до фондів у розмірі 37.5% від заробітної плати допоміжних робітників, зайнятих поточним обслуговуванням обладнання.

Стаття третя враховує витрати цеху на поточний ремонт виробничого обладнання, цехових транспортних засобів та інструментів

Стаття четверта враховує витрати цеху на внутрішньозаводське переміщення вантажів: доставку матеріалів із заводських складів, доставку до робочих місць матеріалів, інструментів, вивезення готової продукції, відходів.

Стаття п'ята враховує витрати на відшкодування зносу та відновлення малоцінних та швидкозношуваних інструментів.

Стаття шоста враховує інші витрати цеху на утримання та експлуатацію обладнання і прийнята в розмірі 5% від суми витрат за попередніми статтями.

Результати розрахунків зведено до таблиці 3.6.

Таблиця 3.6– Кошторис витрат на утримання та експлуатацію обладнання

№ статті	Найменування статей витрат	Допоміжні матеріали	Заробітна плата	Відрахування до фондів	Паливо, енергія	Амортизаційні відрахування	Інші витрати	Загальна сума, грн.
1	Амортизація інструменту та пристроїв					753,71		753,71
2	Утримання та експлуатація обладнання	720	179776,8	67416,3				247913
3	Поточний ремонт обладнання	602,97	30996	11468,52				43067
4	Внутрішньозаводське переміщ. вантажів							
5	Відшкодування зносу	178						178
6	Інші витрати						14595	14595
	Усього витрат	1500,97	210772,8	78884,82		753,71	14595,61	306506,71

Кошториси витрат на управління цехом

Кошторис витрат на управління цехами складається з дев'яти статей.

Стаття перша враховує витрати на утримання управлінського персоналу цеху: заробітну плату та відрахування до фондів керівників, спеціалістів (за винятком працівників технологічного бюро).

Стаття друга враховує на заробітну плату та відрахування на фонди працівників технологічного бюро та допоміжних робітників не пов'язаних з експлуатацією та обслуговуванням обладнання.

Стаття третя враховує амортизаційні відрахування до будівель та споруд.

Стаття четверта враховує витрати цеху на утримання будівель, споруд, плату та відрахування прибиральників.

Стаття п'ята враховує витрати на поточний ремонт будівель та споруд, вони прийняті у розмірі 3% вартості будівлі цеху.

Стаття шоста враховує витрати на випробування, досліди та дослідження, раціоналізацію та винахідництво, прийняті у розмірі 500 грн. на рік на одного працівника цеху.

Стаття сьома враховує витрати на охорону праці та промислову санітарію, прийняті на суму 100 грн. на рік одного працюючого.

Стаття восьма враховує витрати на відшкодування зносу МБІ, прийняті у розмірі 10 грн. на рік на одного працівника цеху.

Стаття дев'ята враховує інші витрати загальноцехового призначення (канцелярські тощо), прийняті у розмірі 5% від суми попередніх статей цехових витрат.

Результати розрахунків зведено до таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Кошторис витрат на управління цехом

№ статті	Найменування статей витрат	Допоміжні матеріали	Заробітна плата	Відрахування на со- цстрах	Паливо, енергія	Амортизаційні від- рахування	Інші витрати	Загальна сума, грн.
1	Утримання апа- рату управління		5442,60	2040,97				7483,57
2	Утримання ін- шого персоналу		3113,17	1167,44				4280,61
3	Амортизація буді- вель та споруд.					60419 ,5		60419 ,5
4	Утримання буді- вель та споруд.	12083	92397	34649	120839			571816
5	Поточний ремонт						36251,7	36251,7
6	Раціоналізація						1800	1800
7	Охорона праці						540	540
8	Відшкодування зносу						360	360
9	Інші витрати						767,88	767,88
	Разом	12083	95510,17	37857,41	120839	60419,5	39719,58	683718,66

Визначення загальнозаводських витрат

Кошторис загальнозаводських витрат складається з восьми статей.

Стаття перша враховує витрати на утримання працівників заводу-управління: заробітну плату та відрахування на соціальне страхування керівників, спеціалістів (за винятком працівників технологічного бюро цеху), службовців та МОП. Див табл.3.8

Стаття друга враховує амортизаційні відрахування по будинках (будівля заводууправління, будівлі заводських складів та заводських лабораторій) та інвентарю заводууправління. Див табл.3.8

Стаття третя враховує витрати цеху на утримання будівель та інвентарю заводууправління:

- 1) витрати на матеріали - 1% вартості відповідної будівлі;
- 2) витрати на опалення, вентиляцію, освітлення, водопостачання, каналізацію - 10% вартості відповідної будівлі.

Стаття четверта враховує витрати на поточний ремонт та споруд; вони можуть бути прийняті у розмірі 3% від вартості відповідної будівлі.

Стаття п'ята враховує витрати підприємства на відрядження працівників - вони можуть бути прийняті у розмірі 20 грн. на рік одного працівника підприємства.

Стаття шоста враховує витрати на зв'язок (телефонний, телеграфний, комп'ютерний). на рік на одного працівника підприємства.

Стаття сьома враховує витрати обслуговування кредитів банків і кредитів постачальників, тобто. виплату відсотків як плати за кредит.

Стаття восьма враховує інші витрати загальнозаводського призначення (канцелярські, поштові та ін.); можуть бути прийняті у розмірі 5% від суми попередніх семи статей.

Результати розрахунків зведено до таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Загальнозаводські витрати

№ статті	Найменування статей витрат	Допоміжні матеріали	Заробітна плата	Нарахування на зарплату	Паливо, енергія	Амортизація	Інші витрати	Загальна сума, грн.
1	Утримання працівників заводууправління		5442,60	2040,97				74883,57
2	Амортизація будівель та споруд.					6041,9		6041,9
3	Утримання будівель та споруд.	12083			120839			132922
4	Поточний ремонт						36251,7	36251,7
5	Витрати на відрядження							
6	Витрати на зв'язок						400	400
7	Обслуговування кредитів							
8	Інші витрати						4895,9	4895,9
	Разом	12083	5442,60	2040,97	120839	6041,9	41187,6	255395,07

Розрахунок кошторису витрат на річний обсяг виробництва

Кошторис витрат на річний обсяг виробництва відображає витрати підприємства на річну програму випуску і складається за економічними елементами за статтями калькуляції.

Результати розрахунку відобразимо у таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Кошторис витрат на річний обсяг виробництва

№ статті	Найменування статей витрат	Осн. мат., покуп.	Допоміжні матеріали	Заробітна плата	Нарахування на зарплату	Паливо, енергія	Амортизація	Інші витрати	Витрати за статтями витрат, грн.
1	Сировина, осн. мат.								
2	Купівля. вид.	80000							80000
3	Повернення. відходи								
4	Паливо, енергія.								
5	ПЗОР			373800					373800
6	ДЗОР			239232					239232
7	Відчисл. на соц. заходи О.Р.				229887				229887
8	Підг. та осв. виробництва							30651,6	30651,6

В таблиці 3.10 представлена калькуляція собівартості виробу.

Таблиця 3.10 – Калькуляція собівартості виробу

№ п/п	Найменування статей витрат	Розмір витрат, грн.	Примітки
1	Покупні вироби	80000	
2	ПЗОР	373800	См. п. 3.2
3	ДЗОР	239232	См. п. 3.2
4	Відрахування до фондів	229887	37,5% $\Phi_{зп.п.р}$
5	Підготовка та освоєння вироб.	30651,6	3 табл. 3.9
6	Відшкодування зносу інстр. та ін.	1004,95	3 табл. 3.9
7	Витрати на утрим. та експл. обл.	247913,09	3 табл. 3.9
8	Витрати на упр. цехами	1612548,69	3 табл. 3.9
9	Загальнозаводські витрати	1027269,41	3 табл.3.8
10	Виробнича собівартість	11762306,74	
11	Позавиробничі витрати	11762306,74	1% від заводської собівартості
12	Повна собівартість	12178969,8	
13	Запланований прибуток	3044742,45	25% від повної собівартості
14	Оптова ціна підприємства	15223712,25	
15	ПДВ 20%	3044742,45	
16	ціна з ПДВ	18268454,7	

Основні техніко-економічні показники цеху

Розрахунок основних техніко-економічних показників цеху зведено до таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Основні техніко-економічні показники цеху

№ п/п	Найменування показників	Величина	Одиниці вимірів
1	Річний дохід від реалізації продукції		
	Обсяг випуску продукції	24	штук
	Вартість одного літака	200000	грн
	Річний дохід	400000	грн
2	Балансовий прибуток	27821030,2	грн
3	Кошторис витрат за виробництво	11762306,75	грн
4	Вартість основних фондів	1208390	грн
5	Нормовані оборотні кошти		
6	Чисельність працюючих	36	чоловік
7	Річний фонд оплати праці	613032	грн
8	Площа будівель підприємства	1391,04	м ²
9	Середня місячна зарплата		грн
	Виробничих робітників	3520	
	Допоміжних робітників	1760	
10	Продуктивність праці		
11	Фондовіддача	33,10	
12	Рентабельність капіталу	23,02	
13	Рентабельність обороту	0,69	
14	Оборотність капіталу	33,1	
15	Прибутковість	3,2	

3.3 Визначення точки безбитковості.

Точка безбитковості - це мінімальний розмір продукції, що випускається, на якій забезпечується нульовий прибуток (дохід від продажів дорівнює витратам виробництва).

Розмір критичної програми випуску

Розмір критичної програми випуску річного обсягу продукції - це мінімальний розмір програми випуску продукції, при якому дохід від продаж (РДР) дорівнює витратам виробництва (СЗВ), тобто. прибуток дорівнює нулю.

Річні постійні витрати (РПОВ) визначають відніманням з повної собівартості (СП) перших семи видів витрат без зворотних відходів і множенням цієї різниці на річний обсяг виробництва продукції:

$$ГПОИ = (СП - РМ - ПЗОР - ДЗОР - НЗПР - ИСП - РОП) \cdot N \quad (3.9)$$

Змінні витрати (ПЕІ), що припадають на одирн вироб, складаються із суми витрат перших семи пунктів, але з відрахуванням зворотних відходів:

$$ПЕИ = РМ - ВО + ПЗОР + ДЗОР + НЗПР + ИСП + РОП \quad (3.10)$$

Графічно критичну програму виробництва визначають як проекцію точки перетину двох прямих: РДР та річних витрат виробництва СЗВ.

Графік будують в такий спосіб. На горизонтальній осі відкладають величину річного обсягу випуску продукції. Для цієї величини за формулою 3.9 знаходять ДПОІ та наносять на графіку лінію, паралельну горизонтальній осі, т. як. це постійні річні витрати, і вони залежать від обсягу випуску. Далі будують лінію ПЕІ, що виходить із початку координат, за формулою . Якщо скласти графічно лінії постійних і змінних витрат, виходить лінія річних витрат виробництва (СЗВ), яка від горизонтальної осі на величину постійних витрат. Лінія РДР також виходить з початку координат. На малюнку 3.1 показано графік безбитковості.

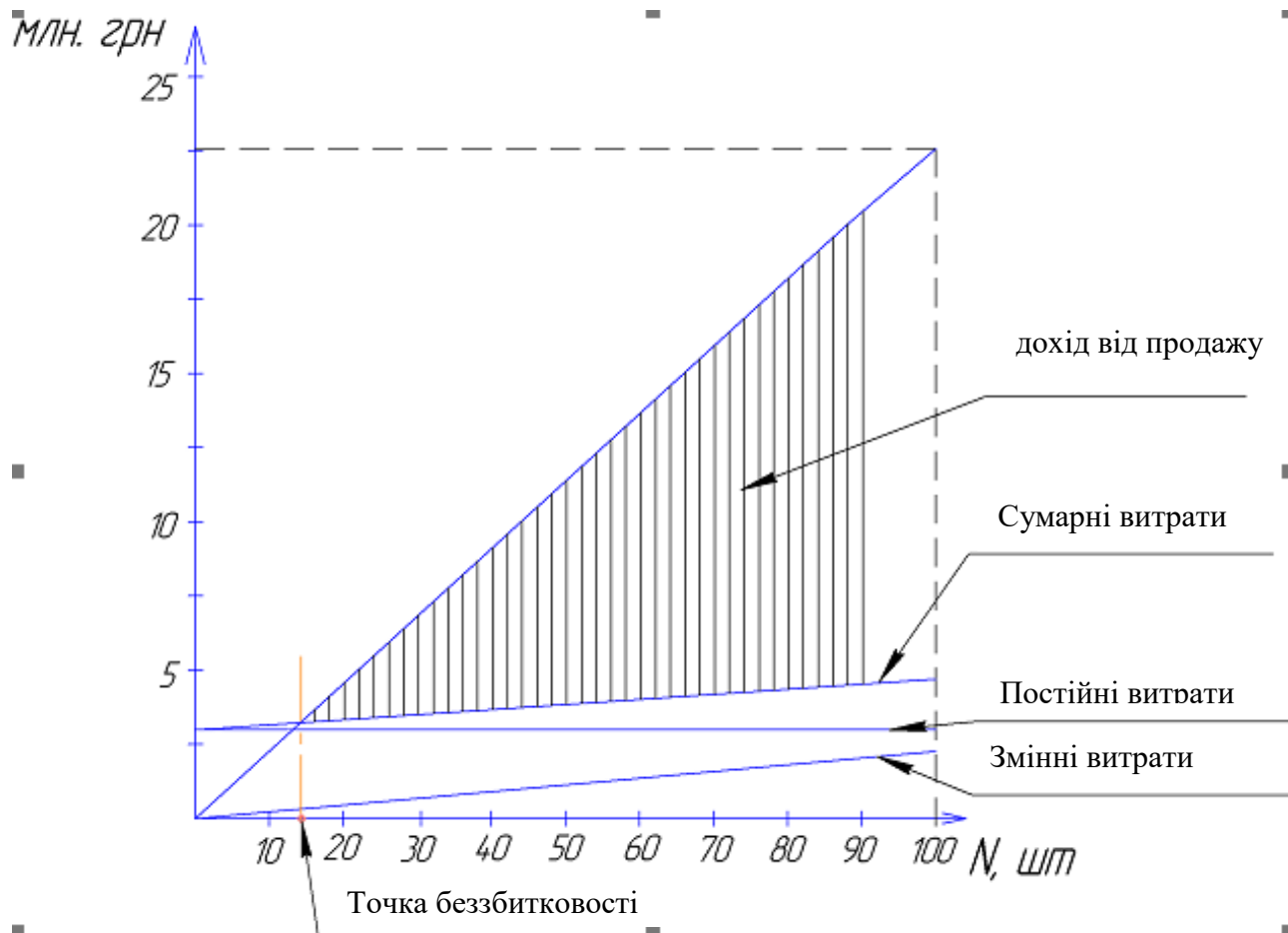


Рисунок 3.1– Графік безбитковості

Спеціальна частина

Вступ

Розвиток авіаційної техніки, створення надшвидкісних літальних апаратів, здатних здійснювати висотні польоти, потребує якісної герметизації (ЛА) конструкцій. У конструкціях літаків більшість агрегатів і відсіків герметизовано: повітряні кабіни для пасажирів, повітряні кабіни для екіпажів, приладові відсіки з повітряним середовищем, спеціальні відсіки з газоподібними робочими середовищами, паливні відсіки крил і кіля, паливні баки, і водяні відсіки фюзеляжів, інші спеціальні відсіки з рідкими робочими середовищами. З підвищенням швидкостей, висот і дальності польоту вимоги до ступеня їхньої герметичності, надійності та довговічності, або ресурсу сильно зросли. Так, деякі герметичні агрегати повинні зберігати непроникність для робочих середовищ протягом 30 років.

В останні роки все частіше зустрічаються цілком герметизовані конструкції фюзеляжів, крил і навіть всього планера, тобто практично всі клепані і болтові шви повинні бути герметичними. В результаті цього обсяг герметизації сильно збільшується і, як правило, супроводжується відповідним зростанням витрати герметиків. На окремих виробках маса герметиків досягає сотень кілограмів, а трудомісткість герметизації - кілька сотень і тисяч годин. Тому стає актуальним завдання зниження маси герметиків при одночасному забезпеченні високої та стабільної якості герметизації агрегатів з найменшими витратами праці та засобів в умовах серійного виробництва. Це завдання може бути вирішена на базі автоматизації та механізації процесів приготування, нанесення герметиків і контролю герметичності агрегатів, що виключають вплив кваліфікації виконавців на результати роботи, а також застосуванням нових прогресивних матеріалів, наприклад анаеробних смол.

Види герметика

Герметики застосовують для ущільнення та герметизації клепаних, зварних та болтових з'єднань, паливних відсіків та баків, різних металевих конструкцій, приладів, агрегатів.

Залежно від призначення та умов роботи розрізняють: атмосферо- та водостійкі, а також масло- та паливостійкі герметики.

За характером прилипання у місцях з'єднань розрізняють поверхневі та внутрішньошовні герметизуючі матеріали. Поверхневі герметики застосовуються у вигляді паст або в'язких розчинів і наносяться в якості ущільнювача між поверхнями деталей, що з'єднуються. Внутрішньошовні герметики застосовуються у вигляді паст, джгутів, стрічок або в'язких рідин, що легко заповнюють нещільності зварних, клепаних або болтових з'єднань.

За ступенем адгезії до герметизованих поверхонь розрізняють герметики, що безпосередньо наносяться на поверхні (герметики з високим ступенем адгезії) і герметики, що наносяться за допомогою підшарових клейових плівок (герметики з невисоким ступенем адгезії). Затвердіння або вулканізація герметиків відбувається після нанесення їх на герметизовані поверхні. Залежно і від складу розрізняють герметики, що твердіють при підвищеній температурі і герметики, що твердіють при звичайній температурі. Залежно від роду основного компонента розрізняють смоляні та каучукові герметики.

Смоляні герметики мають гарну адгезію до металу, тому застосовуються без клейового підшару. Застосовуються як паст, стрічок і плівок. Смоляні герметизуючі матеріали можуть бути на основі термопластичних (оборотні герметики, наприклад, герметик марки У-20) і термореактивних смол (незворотні герметики). Необоротні смоляні герметики можуть бути холодного (герметик марки ВІ 32-3) та гарячого затвердіння (наприклад, стрічка НІАТ-1).

Каучукові герметики мають високі герметизуючі властивості. Вони можуть бути на основі тіоколового та полісилоксанового каучуків.

Тіоколові герметики мають високу водо-, бензо-, і маслостійкість. Вулканізація їх може відбуватися за низької температури. Все це забезпечує їм широке застосування в якості герметика металевих клепаних та інших конструкцій, що

працюють у повітряних та паливних середовищах. Тіоколові герметики застосовуються у вигляді розчинів, стрічок, джгутів та паст.

Полісилоксанові герметики, що мають більшу теплостійкість, ніж тіоколові, застосовуються для герметизації конструкцій, що працюють при високих температурах в середовищі повітря. Вони випускаються у вигляді джгутів та стрічок.

Вимоги до герметиків

Герметики можуть бути класифіковані як статичні або динамічні, залежно від того, відбувається чи ні переміщення загерметизованих деталей відносно один одного. Вал, що обертається в корпусі, приклад типової динамічної системи. Фланцеві сполуки є статичними системами. Вони схильні до малих "мікрорухів" в результаті вібрації, змін навантажень, ударів, поштовхів, температурних змін, передачі навантажень і т.д.

Залежно від призначення та умов роботи розрізняють атмосферостійкі, водостійкі, а також масло-і паливостійкі герметики.

За характером прилипання в місцях з'єднань бувають поверхневі та всередині герметизуючі шовні матеріали. Поверхневі герметики застосовуються у вигляді паст і в'язких розчинів і наносяться в якості ущільнювача між поверхнями деталей, що з'єднуються. Усередині шовні герметики використовуються у вигляді паст, джгутів, стрічок або в'язких рідин, які заповнюють не щільність сполук.

За ступенем адгезії до герметизованих поверхонь розрізняють герметики, що безпосередньо наносяться на поверхні (з високим ступенем адгезії) і герметики, що наносяться за допомогою під прошаркових клейових плівок (з малим ступенем адгезії).

Залежно від складу розрізняють герметики, що твердіють при підвищеній температурі і при звичайній температурі.

Тіоколові герметики одержують на основі полісульфідного каучуку. Сера, що входить до складу основного молекулярного ланцюга, повідомляє плівці високу газо- і пар непроникність. Вони мають високу адгезію до металів. Вони стійкі до палива та олій.

Промисловістю випускаються тіоколові герметики У-30М та УТ-31. Термін служби герметиків – 25 років. Область їх застосування - авіаційна промисловість.

Анаеробні герметики отримують на основі поліакрилатів. Випускаються герметики під назвами анатерм і унігерм (зарубіжна назва-лок-тайт). При затвердінні вони не дають усадки і не вимагають великих тисків. Фізико-механічні властивості деяких герметиків наведені в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 Фізико-механічні властивості деяких герметиків

Герметик	густина, г/см ³	Межа міц- ності, МПа	Відносне подо- вження, %	Робоча тем- пература, °С	Робоче сере- довище
Тіоколовий (У-30М)	1,2-1,4	2,9-3,4	300-400	От –42 до 130	Паливо, олія
Кремнійорганічний	1,02-1,8	1,5-4,5	150-600	От –60 до 300	Різні кліматичні умови
Фторкаучуковий	1,6-3,2	7-14	120-450	От –20 до 250	Паливо, олія, агресивне середовище
Епоксидний	1,5-2,0	6-55	100-150	От 60 до 75	Тропічна атмосфера

Плівка герметиків стійка до вібрації та ударів, вони можуть працювати в агресивних середовищах та при високих тисках, тривало при температурі від -200 до 200 °С, короткочасно до температури 300 °С. Міцність з'єднання при зрушенні у разі використання становить 6 - 17,5 МПа.

Анаеробні герметики застосовують для герметизації мікродефектів у зварних з'єднаннях, виливках, штампованих деталях, для контровки бол-тов, різьбових з'єднань, герметизації трубопроводів та ін.

Недоліком цих герметиків є висока вартість.

Кремнійорганічні герметики відрізняються підвищеною теплостійкістю. Представниками їх є "віксинт". «Віксинт» застосовується для поверхневої герметизації металевих з'єднань, електро-, радіоапаратури, для всередині шовних клепанних і зварних з'єднань; може працювати при температурах від - 60 до 250 ° С; стійок у різних кліматичних умовах; витримує вібрацію та удари.

Епоксидні герметики можуть бути холодного та гарячого затвердіння; працюють в умовах тропічної вологості, при вібраційних та ударних навантаженнях; застосовуються для герметизації металевих та склопластикових виробів. Герметик УП-5-197С застосовується в суднових конструкціях, УП-6-103 – у шахтній апаратурі, УП-5-105-2 – в електрорадіотехнічних виробках, УП-5-122АТ – стійок до палива та олій. Герметики холодного затвердіння можуть працювати тривало при температурі від - 60 до 75 ° С, гарячого затвердіння при температурі від - 60 до 140 ° С

Фторкаучукові герметики тепло-, масло-, паливостійкі, працюють в агресивних середовищах. Основою їх служать низько- та середньо молекулярні каучуки (Ф-4Д, СКФ-26 та ін). У них виключно високі герметизуючі властивості, кислото- та паростійкість. Довго вони можуть працювати при температурі 250 ° С, а 100 -200 год при температурі 300 ° С; негорючі; застосовуються марки СКФ-260НМ, СКФ - 260НМ-2 та ін. Недоліками цих герметиків є незадовільна морозостійкість (- 22 ° С), хоча вони не розтріскуються при температурі до -60 ° С, крім того, вони нестійкі до болю -Шинство гальмівних рідин; недостатньо пластичні, мають високу вартість. Основне застосування фторкаучукові герметики знаходять в автомобільній та авіаційній промисловості. З поліуретанових герметиків застосовують вклад -13-2М, з поліефірних - ПН-33, герметик холодного отвердження, що використовується для герметизації металевих виливків. Властивості герметика: $\sigma_B = 10-15$ МПа, $\sigma_{изг} = 15-21$ МПа.

Методи герметизації з'єднань

Рівень сучасної техніки герметизації агрегатів в літакобудуванні характеризується великою різноманітністю конструктивних способів і технологічних процесів герметизації. Найбільш прогресивним з них, що дозволяє без збільшення маси забезпечити високу якість і надійність герметизації з одночасним

зниженням трудомісткості в 4 ... 6 разів, є введення герметика в канали між остаточно зібраними деталями з'єднань методом нагнітання. Для непрохідних, наприклад стрінгерних, швів найбільший ефект можна отримати за рахунок використання різних видів герметичного кріплення.

Залежно від місця розташування герметиків у з'єднаннях розрізняють три основних методи герметизації: поверхневий (поверхнева герметизація) внутрішньошовний (внутрішова герметизація) і комбінований (комбінована герметизація).

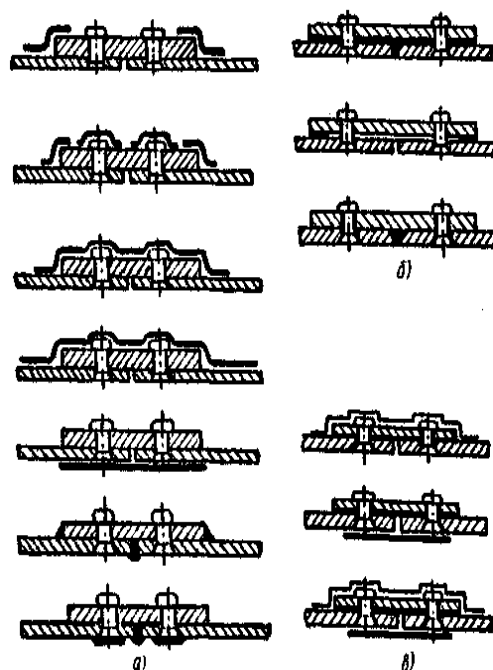


Рисунок. 4.1. Схеми герметизації з'єднань: а) поверхнева; б) внутрішівна; в) комбінована

При поверхневому методі герметизуючі матеріали знаходяться на поверхнях з'єднань, вузлів і агрегатів з боку впливу ізолюваного середовища, (рис.4.1, а) з протилежного боку (у випадках ремонту) і з обох сторін одночасно. При внутрішньошовному методі герметизуючі матеріали наносяться між деталями з'єднання або вузла (рис. 4.1 б). Комбінований метод передбачає використання двох зазначених методів одночасно (рис.4.1, в).

Поверхневий метод герметизації сполук рекомендується застосовувати в тих випадках, коли надлишковий тиск або робоче середовище діють лише з одного боку з'єднання. Найчастіше герметизуючі матеріали наносяться на поверхні з'єднань з боку дії надлишкового тиску або робочого середовища, що ізолюється.

Герметизація з'єднань, вузлів і агрегатів поверхневим методом здійснюється після закінчення їх складання і тому в більшості випадків не вимагає підвищеної точності складання.

Герметизуючі матеріали на поверхні з'єднань рекомендується наносити тільки в зоні швів. Покриття суцільним шаром всієї внутрішньої поверхні відсіку може бути виправдано тільки стосовно багатодетальних недостатньо жорстких клепаних конструкцій паливних відсіків за відсутності доступу всередину.

Найбільш поширені такі способи герметизації з'єднань, вузлів та агрегатів поверхневим методом:

- нанесення на кромки деталей, вузлів і агрегатів попередньо приготовлених пастоподібних самовулканізуючих в гумоподібний стан герметизуючих матеріалів за допомогою шприців і шпательів у вигляді валиків різних перерізів;
- нагнітання пастоподібних герметиків під знімне технологічне оснащення (наприклад, бандажі) по місцях стиків деталей;
- нанесення на кромки деталей сполук пастоподібних однокомпонентних самовулканізованих у гумоподібний стан герметиків з тьюбиків;
- заповнення встановлених на гайки та головки болтів ковпачків пастообразними само вулканізуючими герметиками;
- заповнення рідкими або пастоподібними герметизуючими матеріалами відкритих пазів різного профілю біля кромки з'єднань;
- заповнення вузлів, відсіків і цілих агрегатів рідкими герметизуючими складами з подальшим їх зливом, сушінням, вулканізацією або затвердінням залишилася на поверхні деталі плівки герметизуючого матеріалу;

- місцеве заповнення вузлів, відсіків і агрегатів рідкими герметизуючими складами з подальшим їх зливом, сушінням, вулканізацією або затвердінням залишилася на поверхні деталей плівки застосованого для герметизації матеріалу;
- полив (наприклад, з обертанням) з'єднань, вузлів, відсіків і агрегатів рідкими герметизуючими складами з подальшим їх зливом, сушінням, вулканізацією або затвердінням плівки, що залишилася на поверхнях деталей, застосованого для герметизації матеріалу;
- наплавлення металів на поверхні деталей та з'єднань у місцях стику та нахльостування деталей;
- приварювання металевих ущільнювальних матеріалів до поверхонь з'єднання деталей;
- нанесення на поверхні деталей, з'єднань, вузлів та агрегатів рідких герметизуючих матеріалів або розчинів за допомогою розпилювачів;
- нанесення на поверхні сполук волокнистих матеріалів і смол за допомогою спеціальних пневматичних інструментів;
- часткове або повне занурення деталей, що герметизуються, з'єднань, вузлів і агрегатів у ванни з відповідними герметизуючими матеріалами;
- приклеювання тканинних, металевих та інших стрічок на поверхні з'єднань;
- закривання поверхонь з'єднань спеціальними чохлами;
- напilenня на поверхні сполук пінополіуретанів або інших матеріалів, що спінуються.

При кожному способі поверхневої герметизації застосовувані герметизуючі матеріали повинні задовольняти відповідним технологічним вимогам. Нанесення герметизуючих матеріалів способами занурення, наповнення або поливу призводить до найбільшого обтяження конструкції та збільшення циклу герметизації в порівнянні з іншими способами. Конструкція герметизованих агрегатів при використанні цих способів повинна забезпечувати можливість повного

зливу герметизуючих складів з урахуванням їх максимальної в'язкості. Наприклад, діаметр отвору для зливу герметика УТ-32 має бути 15 – 20 мм.

Внутрішній метод герметизації сполук, вузлів і агрегатів рекомендується застосовувати як при односторонньому, так і при двосторонньому впливі робочих ізолюваних середовищ, які можуть перебувати під надмірним тиском або при змінному впливі перепаду тисків.

При внутрішньошовній герметизації до точності припасування та збирання деталей, з'єднань, відсіків, як правило, пред'являються підвищені вимоги. У більшості випадків максимальні місцеві зазори на довжині 100 - 300 мм між деталями, що з'єднуються, не повинні перевищувати 0,2 - 0,5 мм.

Внутрішній метод герметизації вимагає попереднього складання деталей, з'єднань, вузлів і агрегатів, їх розбирання для підготовки поверхонь деталей, з'єднань, вузлів і агрегатів, видалення задирок, нанесення паст або прокладання плівок і стрічок з проколюванням отворів в них і по-друге остаточного складання.

Щоб уникнути розбирання сполук герметизацію внутрішньо-шовним методом найбільш доцільно виконувати шляхом заповнення пазів по кромках остаточно зібраних деталей або прокладанням між деталями, що з'єднуються, пружних клейових стрічок або іншого типу герметиків, що дозволяють свердлити отвори під заклепки. -Нінь.

Внутрішовний метод герметизації нестикових швів рекомендується виконувати шляхом прокладання щільних гумових кілець під головки болтів. Це знижує трудомісткість герметизації, так як усуваються операції розбирання швів, знежирення деталей і нанесення на них герметиків.

Трудомісткість герметизації нестикових швів відсіків у багатьох випадках може бути знижена шляхом відмови від герметизації замикаючих головок заклепок при якісному їх оформленні в процесі клепок, так як витік у цих місцях не спостерігається.

У деяких випадках внутрішньошовна герметизація агрегатів підвищує вторинну міцність і загальний ресурс роботи конструкції. Застосування внутрішньо-

шовної герметизації із закладкою пастоподібного герметика між деталями з'єднань у процесі складальних робіт викликає збільшення трудомісткості збирання, клепки і постановки болтів не менше ніж у два рази.

Можливість проведення внутрішньошовної герметизації відсіків після закінчення складання забезпечує метод нагнітання, що вигідно відрізняється від інших методів герметизації. Метод внутрішньошовної герметизації нагнітанням заснований на такому конструктивному рішенні, при якому забезпечується мережа безперервних каналів (пазів), що заповнюються герметизуючим матеріалом і розташовуються на стиках герметизованих елементів конструкції. При виконанні такої герметизації герметик під тиском вводиться в канал спорядження відсіку через отвори впорскування. Отвори упорскування свердляться в каналі герметизації через зовнішню обшивку. Після зашприцювання герметика в канал отвір закривається гвинтом з потайною головкою.

У з'єднаннях, що герметизуються нагнітанням герметика в пази після збирання, зазори не повинні перевищувати 0,05 мм. Така точність може бути забезпечена при механічній обробці поверхонь, що сполучаються. Якщо зашприцювання проводити після нанесення поверхневої герметизації, то місцеві зазори допускаються до 0,3 мм.

Характеристики герметиків

При використанні вулканізуючих герметиків слід враховувати, що після введення вулканізуючих компонентів відбувається безперервний процес вулканізації герметика, швидкість якого прямо пропорційна кількості введених вулканізуючих компонентів, температурі і вологості навколишнього повітря. Тому конструктор при проектуванні повинен передбачити, щоб час збирання та клепки герметичних агрегатів було менше часу життєздатності герметиків.

При використанні герметиків особливу увагу треба звертати на значення опору відриву від поверхонь, що герметизуються і, по можливості, уникати роботи герметиків на відрив. Розріджені герметики, як правило, вулканізуються з усадками.

Трудомісткість різних варіантів герметизації сполук поверхневим методом може досягати 200%, а комбінованим і внутрішньошовним - 500%. За рахунок застосування технологічних герметичних сполук можна в кілька разів скоротити цикл і трудомісткість процесів герметизації, що становить 3 - 25% від трудомісткості їх зборки, і виключити приріст конструкцій шляхом їх герметизації.

Працездатність герметичних сполук. У кожному герметичному агрегаті завжди є ряд ділянок, що є найменш надійними у відношенні герметичності. До них належать, по-перше, роз'ємні і рухливі з'єднання деталей і вузлів і, по-друге, силові нероз'ємні з'єднання деталей і вузлів (крім звичайних стрінгерних і шпангоутних швів) у відсіках та агрегатах. Працездатність а, отже, і надійність герметичного з'єднання визначаються такими основними факторами:

- типом застосованого герметизуючого матеріалу, зокрема його фізико-хімічними і механічними (включаючи адгезійні) властивостями;
- характером та величиною навантажень, що діють на з'єднання;
- терміном служби виробу;
- температурним режимом роботи з'єднання (можливими взаємними переміщеннями деталей);
- робочим середовищем (паливо, повітря, інертні гази), в якому повинен працювати герметик.


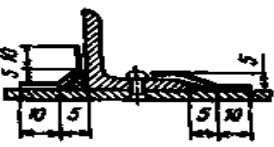
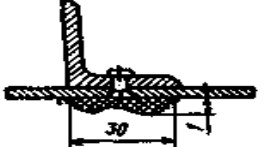

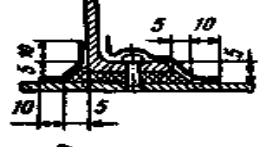
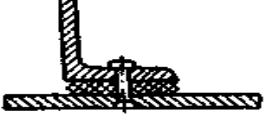
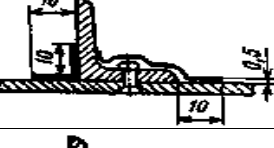
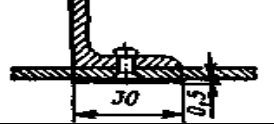
У найважчих умовах, як правило, працюють стикові заклепувальні з'єднання деталей і відповідальні вузли герметичних конструкцій, що вимагають застосування більш складних методів і схем герметизації.

Деякі з можливих схем герметизації стикових і стрінгерних з'єднань герметиками типу УЗОМЕС-5 та У-2-28 наведені в табл. 4.2. При-вага з'єднань за рахунок герметизації, що виконується поверхневим, внутрішнім або комбінованими методами, може становити від 10...20 до 200...250 г/мл.

Таблиця 4.2 Герметизації стикових і стрінгерних з'єднань герметиками.

Схема гермітизації	Основний час гермітизації, хв/пог. м		Привіс, г/пол. м	
	У30 МЭС-5	У-2-28	У30 МЭС-5	У-2-28
	6	0	30	45
	8	0	20	30
	8	1	65	95
	28	2	85	140
	38	4	145	220
	40	2	165	250
	10	2	50	75
	6	-	40...60	60...90
	-	-	950	-
	9	7	80	120
	17	0	100	150
	12	-	110	-
	6	8	30	45

Продовження табл.4.2

	8	10	20	30
	10	12	50	75
	10	12	40	60
	18	20	40	60
	34	40	80	120
	16	20	20	30
	12	20	40	60
	8	10	20	40

Нагнітання герметика

Нагнітання герметика в шов може проводитися через отвори під болти і заклепки, а також через спеціальні технологічні отвори з діаметром, що не перевищує ширину паза. Ширина паза може дорівнювати 5 – 15 мм, глибина – 0,5 – 1,5 мм. Наприклад, при діаметрі болтів 8 мм канавка, розташована по лінії їх установки, може мати розміри 14x15 мм.

Отвори для нагнітання герметика слід розташовувати на рівній відстані один від одного із зовнішнього боку агрегату. Відстань між цими отворами має становити 250 – 500 мм. Після нагнітання герметика отвір має бути закрито заглушкою (коли паз розташовується не по силових точках) або в нього може бути поставлений болт або заклепка.

Переваги цього методу: - Забезпечення необхідної товщини шва, що гарантує високу надійність герметизації; - Можливість герметизації зібраних агрегатів; можливість ремонту підшприцюванням нової порції герметика у разі використання невулканізуючих замазок; - Поліпшення умов праці.

Недоліки методу: - необхідність забезпечення високої точності підгонки деталей, з'єднань конструкції, що значно підвищує трудомісткість складання; - утрудненість ремонту виробу при його розгерметизації у разі використання вулканізуючих герметиків та відсутності люків.

Найбільш поширені способи герметизації з'єднань, вузлів та агрегатів внутрішньошовним методом:

- нагнітання самовулканізуючих герметизуючих складів по зазорам або спеціальним каналам між з'єднаними деталями, вузлами і агрегатами;
- прокладання між конструкційними деталями, що з'єднуються, і вузлами пружних клейових стрічок, плівок, прокладок та інших деталей, а також інших матеріалів перед остаточним складанням з'єднань вузлів і агрегатів;
- попереднє нанесення герметизуючих матеріалів на сполучаються поверхні деталей, що з'єднуються, вузлів і агрегатів і деталей кріплення;
- нанесення липких, пастоподібних та інших матеріалів на поверхні, що сполучаються деталей, вузлів і агрегатів і деталей кріплення перед остаточним збиранням з'єднань, вузлів і агрегатів;
- склеювання деталей та вузлів;
- паяння деталей та вузлів;
- заповнення канавок і спеціальних обсягів композиціями, що само спінуються;
- заповнення зазорів у різьбових з'єднаннях анаеробними смолами;
- нагнітання по каналах між деталями з'єднань невулканізуючих замазок і паст;
- комбінація зазначених способів.

Класифікація матеріалів, що герметизують.

Комбінований метод герметизації з'єднань, вузлів і агрегатів у більшості випадків забезпечує найбільшу надійність і стабільну якість герметичних відсіків і агрегатів.

Цей метод застосовується у випадках впливу різних робочих середовищ з двох сторін з'єднання або коли тиск робочих середовищ або одного середовища з двох сторін неоднакові або поперемінно змінюються. Порівняно з попередніми при цьому методи менший вплив надає кваліфікація виконавців, проте він більш трудомісткий і відрізняється збільшенням маси конструкцій за рахунок герметизації.

У літакобудуванні для герметизації болтових і заклепувальних з'єднань деталей у вузлах і агрегатах можуть застосовуватися різноманітні (за фізичним станом) матеріали: м'які метали (у вигляді прокладок, шайб або ущільнювальних деталей); невулкані-зуючі, невисихаючі пластичні густі пасти або замазки; клеї (плівки, покриття); різної в'язкості пасти та їх розчини, що самовулканізуються в гумоподібний робочий стан; анаеробні та інші смоли.

Найбільш сучасними і поширеними є гумоподібні герметики, що знаходяться в процесі застосування в пастоподібному стані. В'язкість герметиків можна зменшувати до рідинного стану шляхом введення в них розчинників. Для забезпечення необхідної непроникності з'єднань можна застосовувати різні за консистенцією матеріали в залежності від розмірів конструктивних нещільностей, точності припасування і технології виготовлення деталей, методів складання та умов експлуатації.

У процесі застосування герметизуючі матеріали можуть бути поділені на такі групи:

- Рідкі лаки та розчини;
- густі, в'язкі розчини та лаки;
- тиксотропні пасти, що не стікають з вертикальних і похилих поверхонь;
- густі високов'язкі пасти;
- еластичні високов'язкі замазки;
- еластичні прокладки;

- пружні матеріали у вигляді клейових плівок;
- тверді матеріали (клеї, полімери, метали та ін.).

Рідкі склади ущільнювачів рекомендується використовувати для герметизації сполук, що мають невеликі зазори, або для заповнення вузьких щілин і капілярних каналів, а також для отримання суцільних поверхневих герметизуючих покриттів.

Для цих же цілей рекомендуються рідкі герметизуючі матеріали, що не мають розчинників у своєму складі і вулканізуються або затверджуються без усадок. Застосування таких матеріалів усуває небезпеку виникнення пожеж і значно покращує умови праці за рахунок усунення токсикологічної дії розчинників.

В'язкі пасти, що не змінюють своїх властивостей під дією робочих середовищ протягом тривалого часу, використовуються для нагнітання їх по каналах між деталями, що з'єднуються. Для зашприцювання можуть застосовуватися матеріали, що переходять в гумоподібний стан без усадки, а також пластичні замазки.

Особливо зручні для внутрішньошовної герметизації різьбових з'єднань анаеробні смоли, що стверджуються без доступу повітря. Залежно від стійкості до робочих середовищ герметизуючі матеріали, що використовуються в літакобудуванні, діляться на атмосферостійкі; атмосферо- та водостійкі; паливо-та ма- слостійкі.

Залежно від температурних умов та тривалості експлуатації розрізняють герметики для тривалої та короткочасної роботи при високих та невисоких температурах.

Якщо герметик вживається на боці, протилежній тиску, то найкраще застосувати самовулканізуючі матеріали внаслідок вищої адгезії їх до металів. Можна також замінювати їх висихаючими за рахунок випаровування розчинників герметизуючими матеріалами та клеями.

Вибір відповідного герметизуючого матеріалу в кожному випадку виробляє конструктор, зіставляючи умови виробництва та експлуатації літаків з характеристиками герметиків, що є в даному випадку, я вибираю герметик. Semkit.

При цьому слід враховувати спосіб переведення герметизуючого складу в кінцевий робочий стан, наприклад з випаровуванням розчинників або без. Ущільнювальний матеріал (лак, плівка, замазка, пасту) вибирають в залежності від конструкції, прийнятої схеми герметизації та технологічного процесу нанесення герметика з урахуванням відповідності його основним тактико-технічним вимогам.

Вибір типу герметика

На підприємстві застосовуються такі герметики для герметизації паливного бака. Вибір типу герметизуючого складу залежить від безлічі факторів.

Герметик Jefco 9700 FCR, згідно з інструкцією, більше 35% складу; - комерційна таємниця, решта як у епоксидної смоли; - склад схожий на затверджувач до смоли, але 40% складу комерційна таємниця; - склад містить канцерогенні хімікати та може викликати порушення репродуктивної функції.

Тому цей герметик за попередніми даними також дуже небезпечний.

Потрібні особливі умови праці.

Герметик Semkit PR 1422 B2, згідно з анотацією на балоні отруйний і небезпечний для навколишнього середовища. Є вказівки щодо змісту граничного рівня різних небезпечних речовин.:

1. R45 (може заподіяти рак),
2. R52/53 (сильно отруйно для гідробіологічних сполук, може заподіяти небажані довгострокові впливи на водне середовище),
3. R34 (дуже їдко),
4. R20/21 (небезпечний при вдиханні, небезпечний при контакті зі шкірою),
5. R61 (при потраплянні всередину небезпечний),
6. Індекси S35/37/39, S45, S26, S61 обумовлюють спеціальну утилізацію тари та відходів, методи зберігання.

Маркування B2 говорить про використання фільтра – нормальний звичайний за розміром із захистом від неорганічних викидів, наприклад (хлор, сірководород, ціанистий водень).

Тому цей герметик дуже небезпечний.

Необхідні особливі умови праці:

1. Застосування фільтра В2 на захисних масках робочого персоналу;
2. Локалізація ділянки складання крила проектного літака від загального складання літака.
3. Установка витяжної вентиляції на ділянці складання крила проектного літака з гарантованим 2-х кратним обміном повітря.

Герметик Semkit PR 1782 B2 має піктограму - небезпечно для здоров'я.

R52/53 (сильно отруйно для гідробіологічних сполук, може призводити до небажаних довгострокових впливів на водне середовище),

R20/22 (небезпечний при ковтанні, небезпечний при тривалому контакті зі шкірою).

Це означає – герметик Semkit PR 1782 B2 менш небезпечний, ніж розглянуті раніше.

Приготування герметика Semkit PR 1782 B2

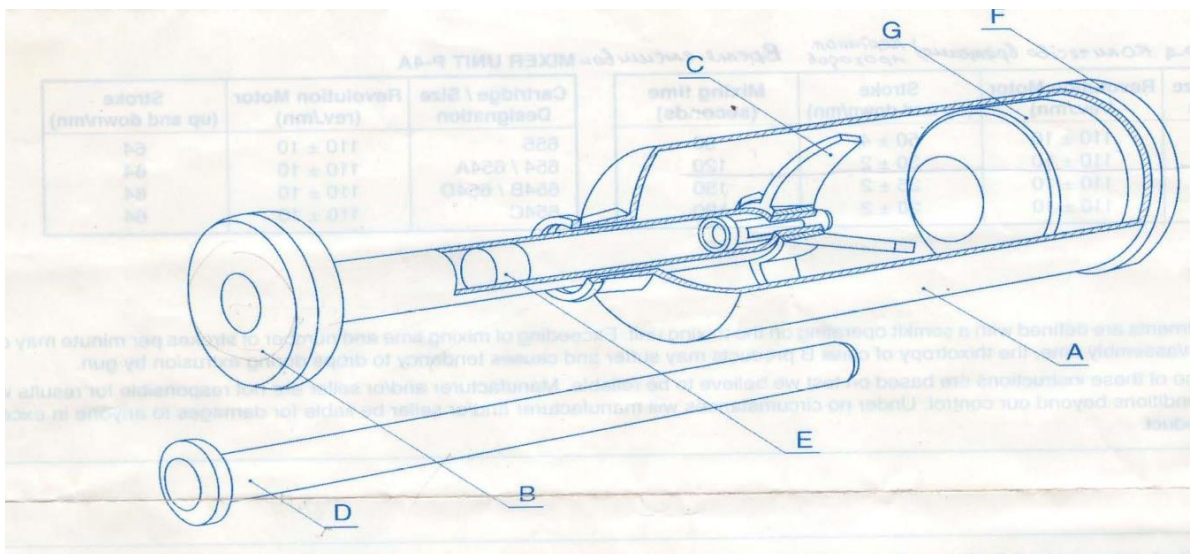


Рисунок 4.2 Пістолета для заповнення герметика: А - патрон; В - прут; С - змішується; D - шомпол; Е - поршень; F- носик; G – кришка.

1. Видалити з патрона А кришку F . (рис.4.2)
2. Вставте шомпол D у прут В.
3. Змішайте матеріал: натисніть і поверніть по спіралі на 90° і за годинниковою стрілкою прут В до кришки G. Потім поверніть прут В у верхнє положення (це один цикл). Кожен цикл повинен простягатися з початку патрона до кришки G. Таких циклів має бути - 64, швидкість обертання прута - 110 ± 10 об / хв., Час змішування - 120 сек
4. Тримайте патрон у руці, встановіть прут у верхнє положення, обертайте прут проти годинникової стрілки та видаліть його з патрона А.
5. Вставте носик у патрон А.
6. Вставте патрон у пістолет. Герметик готовий до застосування.
7. Повне затвердіння герметика відбувається протягом 24 ч. при температурі повітря $25-27^\circ\text{C}$.
8. Зберігати герметик Semkit PR 1782 B2 при температурі $23 \pm 1^\circ\text{C}$ в упаковці

Герметизація заклепувальних з'єднань герметикам Semkit

Герметизацію застосовують для запобігання витоку палива з паливних відсіків. Висока якість зчеплення герметика з поверхнями деталей, що входять в герметизоване з'єднання, забезпечує підготовка поверхонь деталей.

Вона полягає у видаленні слідів вологи, олій, жирів, фарби та інших забруднень.

1. Зачистити поверхню обшивки скотч-брайтом рис.4.2 – колір сірий 800-1000 од./см². скотч-брайт призначений для матування поверхні тобто. створення рисок необхідної глибини для адгезії герметика

2. Знежирити поверхню деталі за допомогою бавовняних серветок, змочених у розчиннику марки Р647 або Р4. Висушіть поверхню деталі протягом 10-15 хвилин на повітрі. Роботу виконувати в гумових рукавичках і захисних окулярах.

3. Перед нанесенням герметика рис 4.2 на обшивку місця біля герметизованої ділянки проклеїти паперовим скотчем на відстані 5 -10 мм на бік від з'єднання.

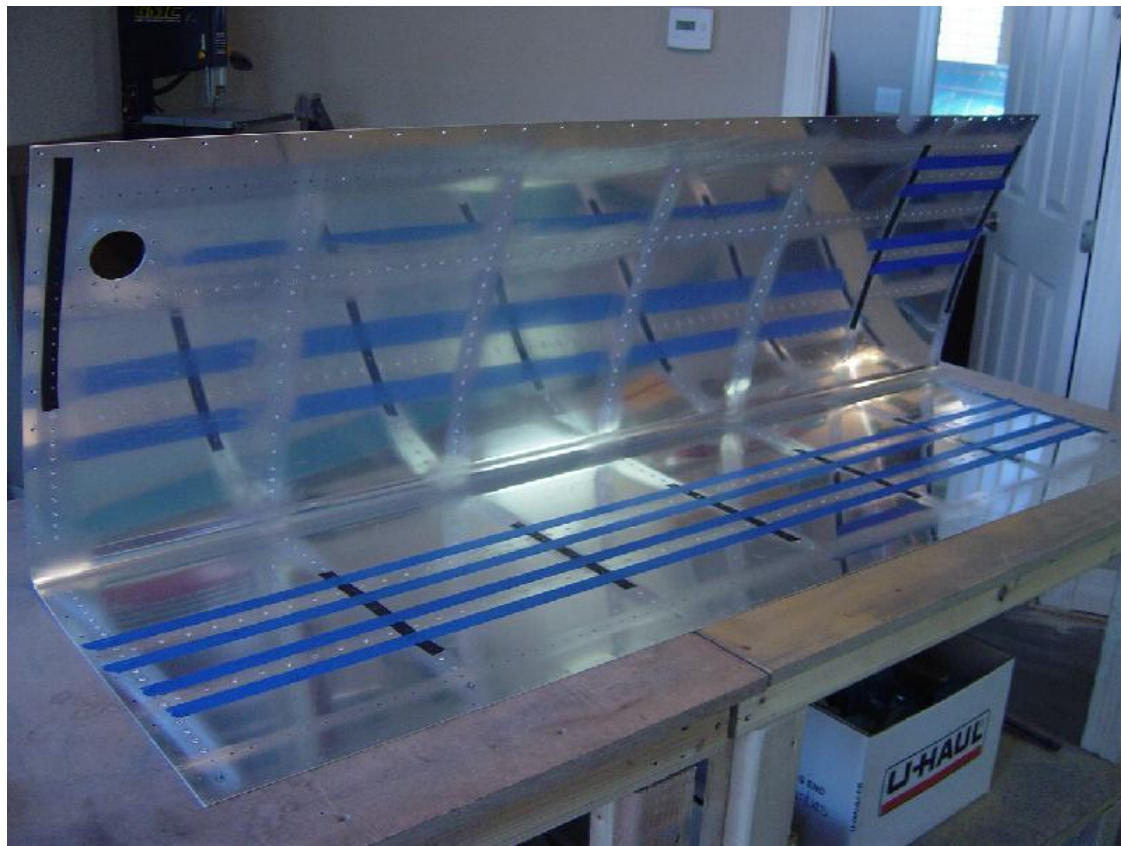


Рисунок 4.2 Проклеювання скотчу на обшивці.



Рисунок 4.3 Нанесенням герметика на обшивку

4. Нанести тонким шаром герметик на поверхні деталей, що герметизуються. Герметик слід наносити не пізніше ніж через 3 години після знежирення поверхні. Залежно від властивостей і стану герметика його наносять шпателем або пензлем.
5. Перед постановкою заклепки в отвір, промазати зворотний бік головки заклепки герметиком. Після утворення замикаючої голівки нанести герметик на з'єднання у вигляді плівки



а)



б)



Рисунок 4.4 а) нанесення герметика на заклепки; б); в) нанесення герметика на заклепки всередині бака.

6. Після виконання заклепувальних з'єднань, акуратно зняти паперовий скотч не підірвавши шар герметика.

7. Встановлення паливної арматури виконувати аналогічно, тобто. підготувати поверхню під герметизацію, промазати поверхні деталей, що згвинчуються, і місце їх установки, нанести герметик у вигляді плівки на передбачувані місця витoku палива.

8. Перед проведенням робіт з герметизації паливного бака звернути особливу увагу до чистоти бака, тобто. відсутність забруднення, стружки, сторонніх предметів.

9. Роботи з герметизації заклепувальних сполук повинні виконуватись у присутності працівника ОУК.

Технологія виконання герметизації паливного бака

Перевірка на герметичність паливного бака проводиться за допомогою накачування повітря в паливний бак рис 9.6. Коли повітря було закачено після цього дивимося на падіння тиску за допомогою манометра. Якщо тиску не падає то бак герметичний, але коли тиску падає, його намазують милом щоб перевірити, де не герметично і якщо з'являтимуться бульбашки ті місця герметизують.

Імовірність того, що може знайдуть місця не за герметизовані. І з огляду на те, що до нього важкий підхід, оскільки це бак крило.



а)



б)

Рисунок 4.5 а), б) перевірка на герметичність паливного бака

Моє бачення використання технології герметизації баків таке ж, як і для МІГ-29. Заливається певна кількість герметика в баки (попередньо підготовлені), а потім їх 24 години обертають у трьох площинах.

Висновки

1. Так як герметизація та випробування паливних баків крила займає 30% обсягу виготовлення крила і ще не відомі результати експлуатації протягом 0,5/1 року польотів, є велика ймовірність того, що ця технологічна та неремонто спроможна конструкція створює в майбутньому великі проблеми, усунути які і перебудуватися у разі зміни конструкції не можлива.

2. При впровадженні палива дуже важливо встановити їхню сумісність із герметиками, що використовуються для паливних баків літаків. При контакті герметиків з паливами навіть при кімнатній температурі герметик швидко руйнується, розм'якшується і відшаровується від поверхні баків.

3. З огляду на те, що при польоті діють різні навантаження на крило, герметик може зруйнуватися при навантаженнях, і бак може потекти в польоті.

Список використаної літератури

1. Flight Design Enjoys a successful airventure 2022. [Електронний ресурс]. URL: <https://flightdesign.com>(дата звернення: 04.03.2023).
2. Технологія виробництва літальних апаратів (складально-монтажні роботи) / Кривцов В.С., Вороб'єв Ю.А., Воронько В.В. та ін.// Навч. посібник до лабораторного практикуму. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2009. – 80 с.
3. Проектування технологічних процесів обробки деталей на верстатах з ЧПК / В. П. Божко. Навч. посібник для студентів машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Х.: Харк. авіац. ін-т. – 1997. – 131 с.
4. Технологія виготовлення деталей літальних апаратів з видаленням припуску [Текст]: підручник/ В.С. Кривцов [та ін]. – Х.: ХАІ, 2010. – 224 с.
5. Технологія виробництва літаків і вертольотів /конспект лекцій: Сікульський В.Т., Д'яченко Ю.В. – Харків : ХАІ, 2019. – 195 с. (ел.ресурс)
6. Проектирование и конструктивно-технологические решения лонжеронного крыла из композиционных материалов: Учеб. пособие / Я. С. Карпов, Ф. М. Гагауз, П. М. Гагауз.– Харьков: ХАИ, 2004. – 143 с.
7. ДСТУ 2974-95 Технологічне підготовлення виробництва. Основні терміни та визначення. Офіц. вид. Вперше ; чинний від 01.07.1996. К. Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і управляючих систем (ДП «НДІ «Система»), 1995. 27 с.
8. Основы технологической подготовки производства в авиастроении: учеб. пособие по диплом. проектированию / В. Е. Зайцев, Ю. М. Букин, Ю. А. Вороб'єв, А. П. Мельничук. – Харьков: ХАИ, 2012. – 184 с.
9. Технология производства летательных аппаратов (курсовое проектирование). Под общей ред. В. Г. Кононенко. Изд-во «Вища школа». – Киев, 1974 – 224 с.
10. 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. Вороб'єв. – Харьков: ХАИ, 2006. – 258 с.
11. Норми тривалості робочого часу на 2022 рік [Електронний ресурс]. URL: <https://services.dtkr.ua/catalogues/worktime/124>(дата звернення: 15.03.2023).
12. Нормы рабочего времени – 2023 (Украина) [Електронний ресурс].

URL:<https://www.buhoblik.org.ua/kadry-zarplata/vremya/4281-norma-rabochego-vremeni-2023.html#5dniv>(дата звернення: 17.03.2023).

