

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

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

Факультет літакобудування

Кафедра технології виробництва літальних апаратів

Пояснювальна записка

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

на тему: «Технологічна підготовка виробництва метального
радіокерованого планера класу F3K із композиційних матеріалів»

XAI.104.163.23O.134.1601021 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)

Кузнєцов Борис Олександрович

(прізвище та ініціали здобувача (ки))

Керівник: Юрій Д'ЯЧЕНКО
(ім'я та прізвище)

Рецензент: Юрій ЧОРНИЙ
(ім'я та прізвище)

Харків – 2024

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

Факультет _____ літакобудування _____
Кафедра _____ технології виробництва літальних апаратів _____
Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____
Галузь знань _____ 13 «Механічна інженерія» _____
(код та найменування)
Спеціальність _____ 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» _____
(код та найменування)
Освітня програма _____ «Технології виробництва та ремонту літальних апаратів» _____
(найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри



(підпис)

Катерина МАЙОРОВА

(ім'я та прізвище)

« _____ » _____ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Кузнецов Борис Олександрович

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи

Технологічна підготовка виробництва метального радіокерованого планера класу F3K із композиційних матеріалів

керівник кваліфікаційної роботи Д'яченко Юрій Веніамінович, к.т.н., доцент

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

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

2. Термін подання здобувачем кваліфікаційної роботи 23.01.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: графік виконання кваліфікаційної роботи; державні та галузеві стандарти; креслення конструкції метального радіокерованого планера; класифікатор виробів авіаційної техніки з ПКМ; річна програма виготовлення композитного метального планера №=65 шт.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати)
Розрахунок тришарового композитного крила, композитного фюзеляжу планера по намотувальній технології. Сучасна технологія виготовлення виробів з ПКМ. Технологія виготовлення композитного метального планера. Розрахунок техніко-економічних показників цеху виробів з ПКМ. Визначення виробничої та повної собівартості виготовлення композитного метального планера за укруп-

ними показниками. Особливості оброблення різанням композиційних матеріалів: оброблення отворів; розрізання та фрезерування ПКМ.

5. Перелік графічного матеріалу: схема конструктивно-технологічного членування; схема складання і ув'язування оснащення; складальне креслення виклеювальної форми для композитного крила металевого планера.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата			
		завдання видав		завдання прийняв	
Конструкторський	Трубаєв С. В., зав. кафедри 103		10.10.2023 р.		05.01.2024 р.
Технологічний	Д'яченко Ю.В., проф. кафедри 104		01.10.2023 р.		10.01.2024 р.
Економічний	Д'яченко Ю.В., проф. кафедри 104		10.11.2023 р.		14.01.2024 р.
Спеціальний	Д'яченко Ю.В., проф. кафедри 104		20.10.2023 р.		12.01.2024 р.

Нормоконтроль


(підпис)

Юрій Д'ЯЧЕНКО « 20 » січня 2024 р.

(ім'я та прізвище)

7. Дата видачі завдання « 01 » жовтня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Розрахунок тришарового композитного крила, розрахунок композитного фюзеляжу планера по намотувальній технології	05.01.2024 р.	
2	Технологія виготовлення композитного металевого планера: формоутворення поверхонь; формування аеродинамічних поверхонь.	07.01.2024 р.	
3	Розробка схеми складання, виготовлення і ув'язки технологічного оснащення	10.01.2024 р.	
4	Визначення виробничої та повної собівартості виготовлення композитного металевого планера	12.01.2024 р.	
5	Особливості оброблення різанням композиційних матеріалів	14.01.2024 р.	

Здобувач


(підпис)

Кузнєцов Б.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи


(підпис)

Юрій Д'ЯЧЕНКО

(ім'я та прізвище)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	7
1.1 Метальний радіокерований планер класу F3K із композиційних матеріалів.....	8
1.2 Технічний опис метального радіокерованого планера	9
1.3 Опис конструкції метального планера моделі «Snipe».....	11
1.4 Розробка варіанта композитної конструкції фюзеляжу планера.....	13
1.4. 1 Розрахунок тришарового композитного крила планера	13
1.4. 2 Розрахунок композитного фюзеляжу планера по намотувальній технології	15
1.5 Технічні умови на складання метального планера	19
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	20
2.1 Особливості підготовки виробництва виробів із ПКМ	21
2.2 Класифікатор виробів авіаційної техніки з ПКМ.....	22
2.3 Сучасна технологія виготовлення виробів з ПКМ.....	25
2.3.1 Технологічне обладнання для розкрою і викладки препрегу	25
2.3.2 Технологія автоклавного формування інтегральних пакетів	27
2.3.3 Технологія прес-камерного формування інтегральних пакетів	30
2.3.4 Вимоги до виклеювальної технологічної оснастки	32
2.3.5 Технологія «сухого» намотування виробів із ПКМ	33
2.3.6 Технологія виготовлення полімерного стільникового заповнювача.....	35
2.4 Технологія виготовлення композитного метального планера	39
2.4.1 Формоутворення поверхонь метального планера.....	40
2.4.2 Формування аеродинамічних поверхонь метального планера.....	43
2.4.3 Складально-монтажні роботи з метального планера	44
2.5 Розробка схеми виготовлення і ув'язки технологічного оснащення	46
2.6 Структура цеху виробів авіаційної техніки з ПКМ.....	47
2.6.1 Розрахунок трудомісткості виготовлення виробів з ПКМ	48
2.6.2 Розрахунок кількості основних робочих	49
2.6.3 Розрахунок кількості допоміжних робочих.....	50
2.6.4 Розрахунок кількості ІТР, СКП і МОП	51
2.6.5 Розрахунок кількості обладнання та інших робочих місць	52
3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	54
3.1 Методика маркетингового вивчення ринку збуту виробів	55
3.1.1 Характеристика метального радіокерованого планера як товару.....	55
3.1.2 Принципи збуту метального радіокерованого планера як товару	56

3.1.3 Вибір політики ціноутворення радіокерованого планера.....	57
3.2 Формування ринку попиту з урахуванням оцінки ризиків	59
3.3 Розрахунок техніко-економічних показників цеху виробів з ПКМ	61
3.3.1 Визначення критичної програми випуску метального планера	64
4 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	67
4.1 Властивості композиційних матеріалів	68
4.2 Класифікація конструкційних пластмас.....	68
4.3 Особливості процесу різання КМ	71
4.3.1 Розрізання листових заготовок із КМ	72
4.3.2 Токарне оброблення заготовок із КМ	72
4.4 Оброблення отворів в заготовках із КМ.....	73
4.4.1 Оброблення отворів в армованих КМ	77
4.4.2 Свердлильні машини з автоматичною подачею	79
4.5 Оброблення виробів із КМ фрезеруванням	80
4.6 Видалення стружки й пилу із зони різання КМ	82
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	84
ДОДАТКИ.....	85

ВСТУП

Сучасний період розвитку авіаційної техніки характерний значним прискоренням темпів принципових змін і удосконалень конструкцій літальних апаратів, використанням високоефективних двигунів, різноманітних композиційних матеріалів і нового електронного бортового обладнання, тому створення літаків нового покоління (як військових, так і цивільних) ведеться із застосуванням сучасних методів автоматизованого тривимірного комп'ютерного проектування, прогресивних технологічних процесів, технологічного обладнання.

Композиційні матеріали широко використовуються в авіаційній промисловості та дозволили інженерам подолати перешкоди, які виникли під час використання матеріалів окремо.

Складові матеріали зберігають свою ідентичність у композитах, разом ці матеріали створюють «гібридний» матеріал із покращеними структурними властивостями. Розробка легких, стійких до високих температур композитних матеріалів дозволить матеріалізувати наступне покоління високоефективних, економічних конструкцій повітряних суден. Використання таких матеріалів зменшить споживання палива, підвищить економічність і знизить прямі експлуатаційні витрати повітряних суден.

Технології виготовлення ПКМ для забезпечення високої якості повітряних суден та технологічні процеси літакобудівного виробництва характеризуються істотними відмінностями в порівнянні з технологічними процесами, застосовуваними в загальному машинобудуванні, через характерні особливості об'єкту виробництва.

Аналіз впровадження полімерних композиційних матеріалів в агрегатах літаків дозволяє зробити наступні висновки:

- першопричинами впровадження ПКМ є їх специфічні характеристики (властивості), що утворюють елементи ефективності щодо аналогічних властивостей традиційних конструкційних матеріалів;
- значна залежність властивостей ПКМ від технологічних параметрів викликає необхідність точного визначення їхніх припустимих границь у кожній технологічній операції процесу виготовлення, а також розробки ефективних технологічних способів, устаткування й оснащення.

Технологічна підготовка виробництва метального радіокерованого планера класу F3K із композиційних матеріалів має враховувати всі ці тенденції та особливості.

1 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

1.1 Метальний радіокерований планер класу F3K із композиційних матеріалів

Авіамоделльний спорт – це технічний вид спорту, де учасники змагаються в конструюванні і виготовленні моделей літальних апаратів (планерів, літаків, вертольотів та іншого), і в управлінні ними в польотах на швидкість, дальність, тривалість польоту і на вищий пілотаж.

Нижче наведено класифікацію всесвітньої федерації авіаційного спорту (FAI) для моделей планерів у категорії F-3 - радіокеровані моделі.

1. Основні класи:

- F3A - пілотажні моделі літаків.
- F3B - моделі планерів (триборство).
- F3C - моделі вертольотів.
- F3D - гоночні моделі літаків.

2. Додаткові класи:

- F3F - моделі планерів для ширяння в динамічних потоках («гірські» планери»)
- F3G - моделі мотопланерів
- F3H - моделі планерів для польотів за маршрутом
- F3I - моделі планерів із запуском буксирним літаком
- F3J - моделі планерів для польотів в термічних потоках на тривалість
- F3K - моделі планерів з металевим стартом «з рук»
- F3L - моделі апаратів легше повітря (повітряні кулі, дирижаблі).

На рисунку 1.1 показано загальний вигляд металевого радіокерованого планера моделі Snipe класу F3K, конструкція якого виконана з полімерних композиційних матеріалів (ПКМ).



а



б

Рисунок 1.1 – Загальний вигляд металевого радіокерованого планера класу F3K перед запуском (а) та у польоті (б)

1.2 Технічний опис метального радіокерованого планера моделі «Snipe»

Схема метального радіокерованого планера моделі «Snipe» класу F3K представлена на рисунку 1.2.

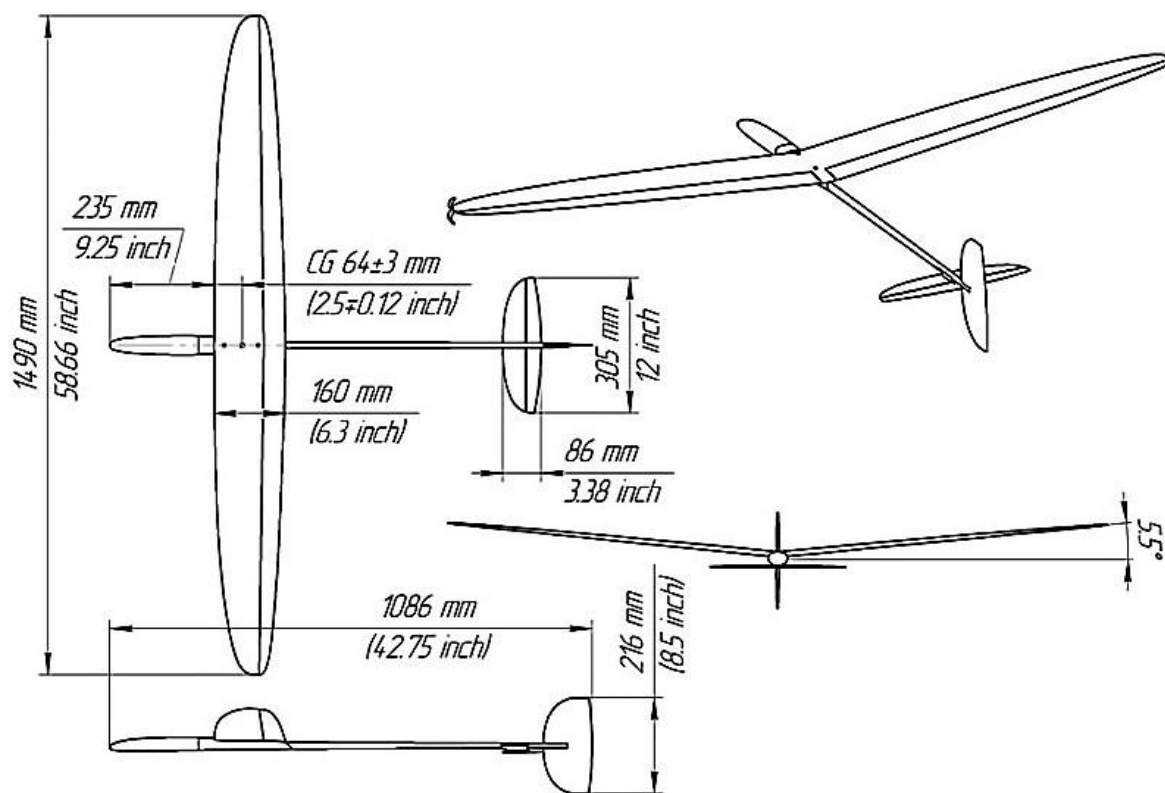


Рисунок 1.2 – Схема метального радіокерованого планера моделі «Snipe»

Характеристики метального радіокерованого планера моделі «Snipe» класу F3K представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики планера моделі «Snipe»

Параметр	Величина
Довжина, мм (inch)	1086 (42,75)
Розмах крила, мм (inch)	1490 (58.66)
Площа крила, дм ² (sq in)	19.65 (304.6)
Профілі крила	AG 455ct, AG 46ct, AG 47ct
Подовження крила, %	7.58
Площа стабілізатора, дм ² (sq in)	2,14 (33.17)
Профілі стабілізатора	originally from Joe Wurtz
Площа килью, дм ² (sq in)	2 (31)
Профілі килью	originally from Joe Wurtz
Польотна вага моделі, гр (oz)	250 (8.8)

Планер моделі «Snipe» запускають розмахом руки, яка тримає металевий планер за крило. Це дозволяє витратити енергію акумуляторів лише для набору висоти, далі застосовується сила повітряних потоків (рисунок 1.3), планер управляється із землі зміною кута нахилу керма висоти на стабілізаторі.

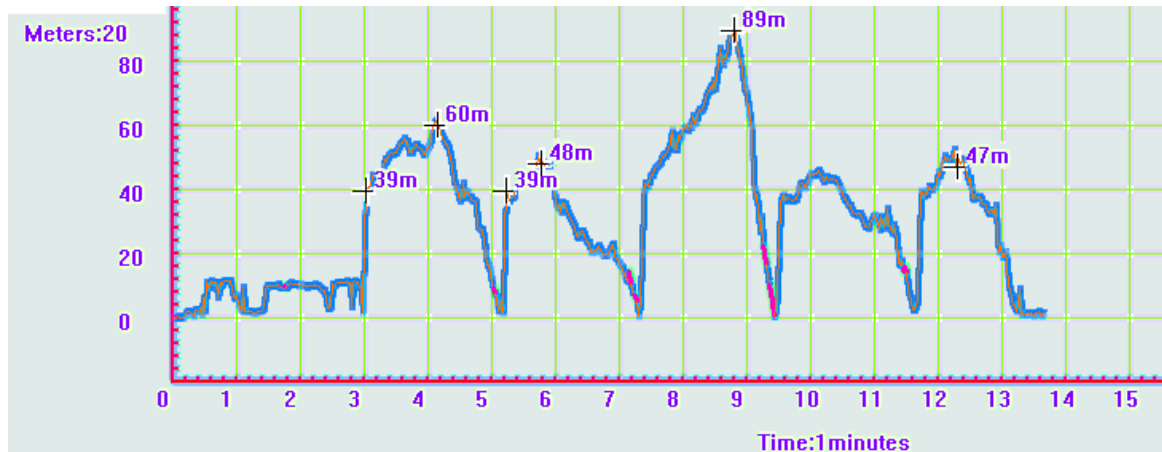


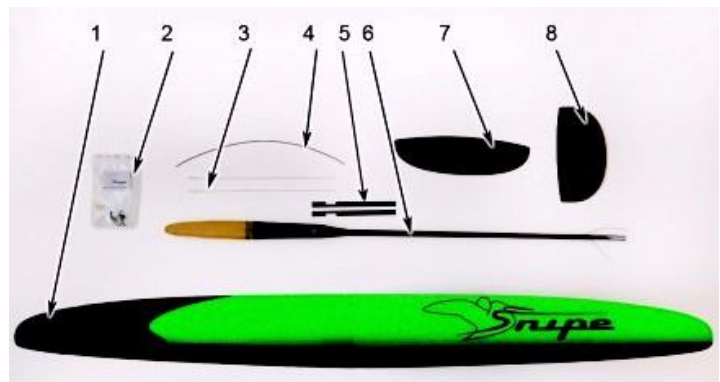
Рисунок 1.3 – Барограма польоту металевий радіокерований планер

Металевий радіокерований планер моделі «Snipe» (рисунок 1.4, а) класу F3K має наступну комплектацію: крило 1, фюзеляж 6, кіль 8, стабілізатор 7, гвинти кріплення 2 крила та стабілізатора, тяги керування елеронами 3 та кермом висоти 4, Т-подібний гак 5 для запуску планера (рисунок 1.4, б).

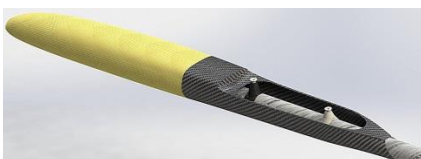
На рисунку 1.4, в показаний загальний вигляд носової частини фюзеляжу радіокерованого планера моделі «Snipe» з вузлом навішування крила, на рисунку 1.4, г - загальний вигляд контейнера радіокерування планером в польоті, на рисунку 1.4, д - загальний вигляд гака для запуску планера у політ.



а



б



в



г



д

Рисунок 1.4 - Металевий радіокерований планер моделі Snipe

1.3 Опис конструкції метального радіокерованого планера моделі «Snipe»

Компонування та загальний вигляд деяких вузлів метального радіокерованого планера моделі «Snipe» представлені на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 - Компонування крила та загальний вигляд деяких вузлів планера «Snipe»: а, в, г - компонування крила: 1 - пінопластовий заповнювач крила; 2, 4 - полиця лонжерона; 3 - стінка лонжерону; 5 - торсіон; 7, 13 - обшивка крила; 6, 12 - обшивка елерону; 8 - колодка стику; 9 - вставка; 10 - накладка; 11 - пінопластовий заповнювач елерону; б - загальний вигляд хвостового оперення; д - розташування тяг управління у центральній частині фюзеляжу

Фюзеляж та крило металевого радіокерованого планера моделі «Snipe» повністю виготовлені із ПКМ: верхня та нижня обшивки крила та фюзеляж, кіль та стабілізатор - з вуглетканини марки 98131, просочення ні - епоксидна смола марки Larit; заповнювач крила - з пінопласту марки Rohacell 51.

Крило планера має жорстку обшивку, елерони крепятся до крила по нижній площині с помощью торсионов (див. рисунок 1.5). Стабілізатор кріпиться до хвостової трубчастої конічної частини фюзеляжу знизу на пілоні, кіль - у проріз конічної трубки хвостової частини фюзеляжу (рисунок 1.6, б).

Розташування тяги керування стабілізатором на трубці хвостової частини фюзеляжу показано на комп'ютерній моделі (рисунок 1.6, а).

У порожнистій носовій частині фюзеляжу (рисунок 1.6, в) розташовується контейнер (див. рисунок 1.4, г) радіокерування планером в польоті.

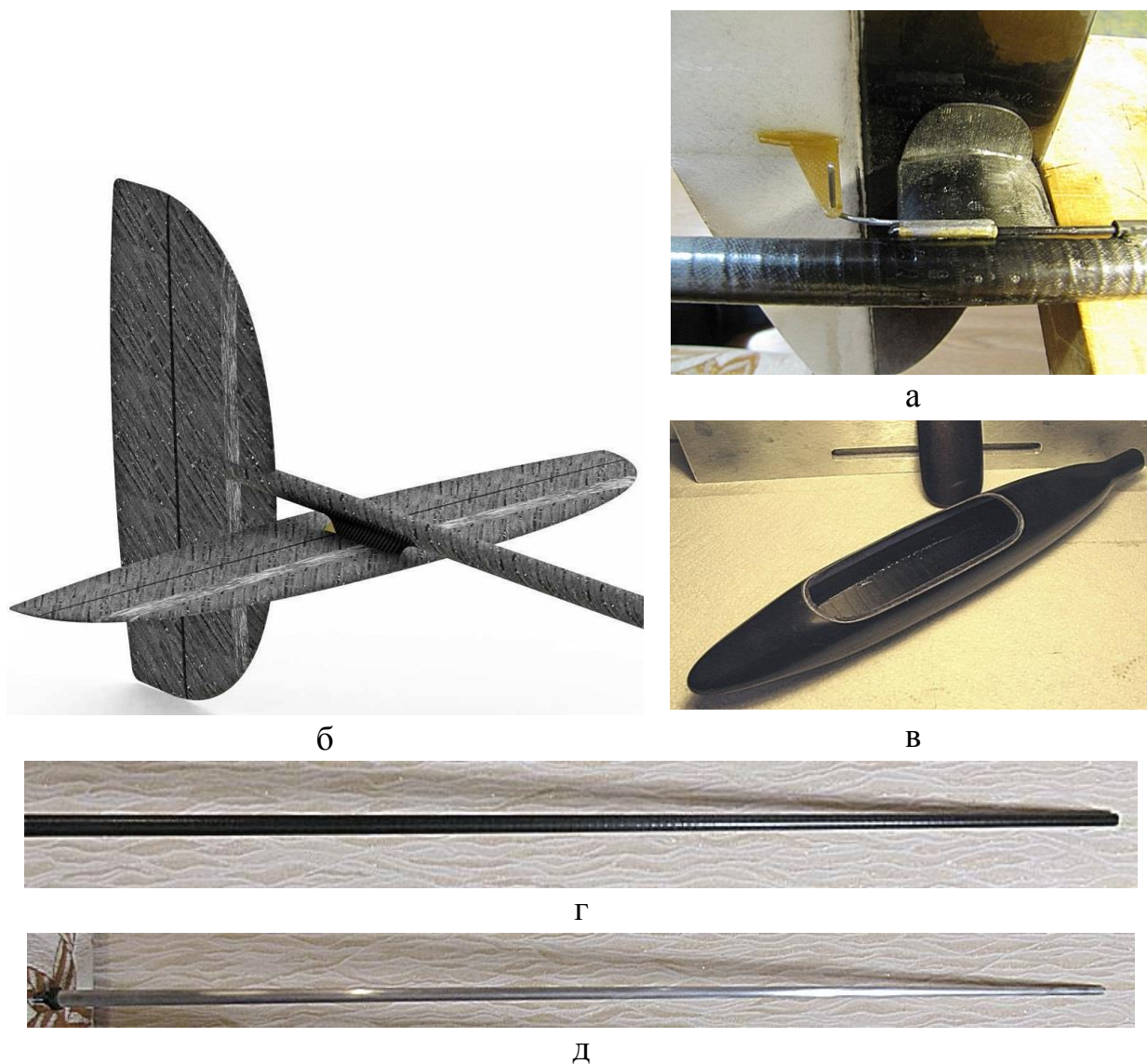


Рисунок 1.6 - Компонування та загальний вигляд деяких вузлів композитного фюзеляжу планера «Snipe»

На рисунку 1.6, г показан загальний вигляд композитної конічної трубки хвостової частини фюзеляжу, на рисунку 1.6, д - загальний вигляд металевої технологічної оправки для виготовлення композитної конічної трубки хвостової частини фюзеляжу методом намотування

1.4 Розробка варіанта композитної конструкції фюзеляжу планера «Snipe»

ПКМ являє собою неоднорідний суцільний матеріал, що складається з двох або більше елементів, серед яких можна виділити армируючі елементи, що забезпечують необхідні механічні характеристики матеріалу, і матрицю, яка забезпечує спільну роботу армуючих елементів [8]. Поведінка ПКМ під дією різних навантажень визначається співвідношенням властивостей армуючих елементів і матриці, а також міцністю зв'язку між ними. У ПКМ високоміцні волокна сприймають основні напруження, що виникають в композиції при дії зовнішніх навантажень, і забезпечують жорсткість і міцність в напрямку орієнтації волокон [10]. Процес конструювання фюзеляжу планера «Snipe» полягає у визначенні жорстких, масових та геометричних характеристик його основних конструктивних елементів.

1.4.1 Розрахунок тришарового композитного крила планера «Snipe»

Вибираємо матеріал проектного трикульового композитного пакету – вуглеткань марки 98131 з кутом укладання шарів $\pm 45^\circ$ та пінопластовий заповнювач марки Rohacell 51. На рисунку 1.7, а представлена розрахункова модель трикульового композитного крила планера «Snipe», на рисунку 1.7, б - темплет для лабораторних випробувань.

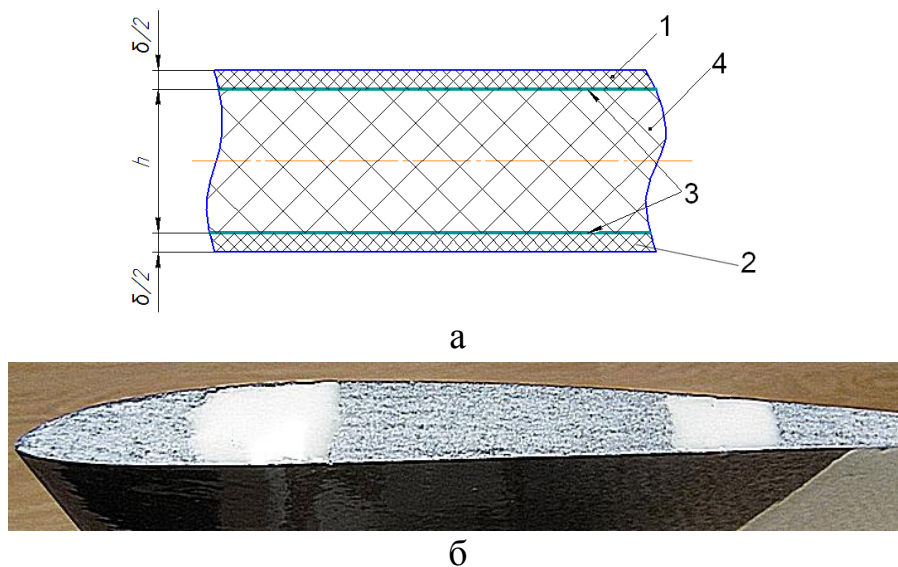


Рисунок 1.7 – Тришарове композитне крило з пінопластовим заповнювачем:

1 - обшивка верхня; 2 - обшивка нижня; 3 - шар клею; 4 - пінопласт

Нижче представлені характеристики матеріалів матеріал проєктованого трикульового композитного пакету.

Углетканина марки 98131: $\rho = 163 \text{ г/м}^2$, $E_1 = 59657,4 \text{ МПа}$, $E_2 = 56357 \text{ МПа}$, $G_{12} = 9044,8 \text{ МПа}$, $\mu_{12} = 0,062$, $\mu_{21} = 0,075$, $F_{1p} = 664,7 \text{ МПа}$, $F_{2p} = 688,2 \text{ МПа}$, $F_{1c} = 430,9 \text{ МПа}$, $F_{2c} = 415,6 \text{ МПа}$, $G_{mc} = 109 \text{ МПа}$, $\delta_0 = 0,18 \text{ мм}$, $\tau_{mc} = 17,3 \text{ ч} 25,4 \text{ МПа}$.

Пінопласт марки Rohacell 51: $F_p = 1,90 \text{ МПа}$, $F_c = 0,9 \text{ МПа}$, $E = 0,07 \text{ ГПа}$, $G_{12} = 0,019 \text{ ГПа}$, $\tau_{mc} = 0,8 \text{ МПа}$, $F_{изг} = 0,07 \text{ ГПа}$, $h = 5,1 \text{ мм}$, $\alpha = 0,524$.

Визначаємо товщини несучих шарів стиснутої панелі з наступних умов:

1. Місцева втрата стійкості;
2. Втрати стійкості на пінопласті.

Розрахунок товщини несучих шарів трикульового композитного пакету із умови місцевої втрати стійкості знайдемо за формулою:

$$\delta = \left[\frac{1,5 \cdot P_{сж} \cdot h \cdot (1 - \mu_{xy} \cdot \mu_{yx})}{b^2 \cdot F_{зан} \cdot \sqrt{E_x \cdot E_y}} \right]^{1/3}, \quad (1.1)$$

де $P_{сж}$ – зусилля в стиснутій обшивці, b – ширина обшивки крила, $F_{зан}$ – міцність заповнювача на стиск, h – висота заповнювача.

$$\text{Тоді } P_{сж} = \frac{M_y}{H} = \frac{7379}{1,25} = 5903,2 \text{ (Н)},$$

де M_y – максимальний згинальний момент, H – висота відповідного перерізу трикульового композитного пакету.

Товщину шару, що несе, з умови обмеження стійкості на пінопласті знаходимо за формулою:

$$\delta = \left\{ \frac{24 \cdot P_{сж} \cdot \alpha \cdot (1 - \mu_{xy} \cdot \mu_{yx})}{\pi \cdot b \cdot E_x \cdot F_{зан} \cdot \left[1 + 2 \cdot \mu_{yx} + 4 \cdot \frac{G_{xy}}{E_x} \cdot (1 - \mu_{xy} \cdot \mu_{yx}) + \frac{E_y}{E_x} \right]} \right\}^{1/3}, \quad (1.5)$$

де α – коефіцієнт, який визначається експериментально для кожного типу пінопласту.

Знайдемо пружні константи шаруватого ПКМ:

$$\overline{E}_1 = \frac{E_1}{1 - \mu_{12} \cdot \mu_{21}} = 5,994 \cdot 10^{10} \text{ Па}, \quad (1.6)$$

$$\overline{E}_2 = \frac{E_1}{1 - \mu_{12} \cdot \mu_{21}} = 5,994 \cdot 10^{10} \text{ Па}, \quad (1.7)$$

$$\overline{B}_{11} = \left[\overline{E}_1 \cdot \cos^4 \varphi + 2 \cdot \overline{E}_1 \cdot \mu_{21} \sin^2 \varphi \cdot \cos^2 \varphi + \overline{E}_2 \cdot \sin^4 \varphi + G_{12} \cdot \sin(2\varphi)^2 \right] = 4,043 \cdot 10^{10} \text{ Па},$$

$$\overline{B}_{12} = \left[(\overline{E}_1 + \overline{E}_2) \cdot \sin^2 \varphi \cdot \cos^2 \varphi + \overline{E}_1 \cdot \mu_{21} (\sin^4 \varphi + \cos^4 \varphi) - G_{12} \cdot \sin(2\varphi)^2 \right] = 2,234 \cdot 10^{10} \text{ Па},$$

$$\overline{B_{22}} = \left[\overline{E_1} \cdot \sin^4 \varphi + 2 \cdot \overline{E_1} \cdot \mu_{21} \sin^2 \varphi \cdot \cos^2 \varphi + \overline{E_2} \cdot \cos^4 \varphi + G_{12} \cdot \sin(2\varphi)^2 \right] = 4,043 \cdot 10^{10} \text{ Па},$$

$$\overline{B_{33}} = \left[(\overline{E_1} + \overline{E_2} - 2 \cdot \overline{E_1} \cdot \mu_{21}) \cdot \sin^2 \varphi \cdot \cos^2 \varphi + G_{12} \cdot \cos(2\varphi)^2 \right] = 2,689 \cdot 10^{10} \text{ Па},$$

$$E_x = \overline{B_{11}} - \frac{\overline{B_{12}}^2}{\overline{B_{22}}} = 2,809 \cdot 10^{10} \text{ Па}, \quad E_y = \overline{B_{22}} - \frac{\overline{B_{12}}^2}{\overline{B_{11}}} = 2,809 \cdot 10^{10} \text{ Па},$$

$$G_{xy} = \overline{B_{33}} = 2,689 \cdot 10^{10} \text{ Па}, \quad \mu_{xy} = \frac{\overline{B_{12}}}{\overline{B_{22}}} = 0,553, \quad \mu_{yx} = \frac{\overline{B_{12}}}{\overline{B_{11}}} = 0,553.$$

Визначаємо товщину шарів вуглетканини з обох умов:

$$\delta = \left[\frac{1,5 \cdot P_{сж} \cdot h \cdot (1 - \mu_{xy} \cdot \mu_{yx})}{b^2 \cdot F_{зан} \cdot \sqrt{E_x \cdot E_y}} \right]^{1/3} = 1,942 \cdot 10^{-4} \text{ (мм)}, \text{ м};$$

$$\delta = \left\{ \frac{24 \cdot P_{сж} \cdot \alpha \cdot (1 - \mu_{xy} \mu_{yx})}{\pi \cdot b \cdot E_x \cdot F_{зан} \cdot \left[1 + 2 \cdot \mu_{yx} + 4 \cdot \frac{G_{xy}}{E_x} \cdot (1 - \mu_{xy} \cdot \mu_{yx}) + \frac{E_y}{E_x} \right]} \right\}^{1/3} = 7,036 \cdot 10^{-4} \text{ (мм)}. \text{ м}.$$

Вибираємо з двох значень більше $\delta = 7,036 \cdot 10^{-4}$ м і визначаємо кількість шарів вуглетканини тришарового композитного крила:

$$n = \frac{\delta}{\delta_0} = \frac{0,7036 \cdot 10^{-3}}{0,18 \cdot 10^{-3}} = 3,909. \text{ Приймаємо кількість шарів вуглетканини } n=4.$$

1.4. 2 Розрахунок композитного фюзеляжу планера «Snipe» по намотувальній технології

Виготовлення композитної оболонки фюзеляжу планера «Snipe» методом намотування, що задовольняє необхідним геометричним і міцностним характеристикам, залежить від точності і повторюваності розрахункових траєкторій укладання стрічки на поверхню оправки і створення на стрічковкладникі намотувального верстата з ЧПК потрібного натягу стрічки.

Важливим етапом в моделюванні багатошарових конструкцій, виготовлених методом намотування з ПКМ, є розробка математичної моделі процесу армування шляхом укладання композиційної стрічки на поверхню оправки.

На основі математичної моделі (рисунок 1.8, а) оцінюється можливість реалізації конкретної схеми армування і отримання необхідних властивостей виробу.

Конструктивна частина оправки визначає форму поверхні композитної трубки фюзеляжу планера «Snipe» в процесі намотування.

Технологічні комльова і консольна частини забезпечують базування оправки в передній і задній бабках намотувального верстата, безперервність процесу намотування, можливість зміни напрямку руху стрічки препрегу в кінці і на початку робочого ходу. На оправці пошарово формують пакет ПКМ з

просоченим зв'язуючим стрічки армуючого матеріалу по схемі суміщеної спірально-перехресного намотування. Стрічка може бути зібрана з ровінгових ниток типу УКН-2500 (вуглецеве волокно).

Від точності розробки цієї моделі багато в чому залежать точність розрахунку параметрів процесу намотування, розрахунок керуючої програми для намотувального обладнання з ЧПК. При моделюванні процесу намотування композитної трубки фюзеляжу планера «Snipe» приймаємо «нитяну» циліндричну (для спрощення розрахунків) модель укладання армуючого матеріалу і розрахунку параметрів цього процесу [7]. Схема укладання стрічки препрегу по циліндричній частини об'ємної моделі довжиною $L_{\text{ц}}$ і кутом поворота стрічки спірального шару $\varphi_{\text{ц}}$ приведена на рисунку 1.8, б.

На основі цієї моделі розраховують параметри процесу намотування оболонки стрічкою кінцевої ширини для оправки, виготовленої по внутрішньому контуру композитної трубки фюзеляжу планера «Snipe» (рисунок 1.8, в).

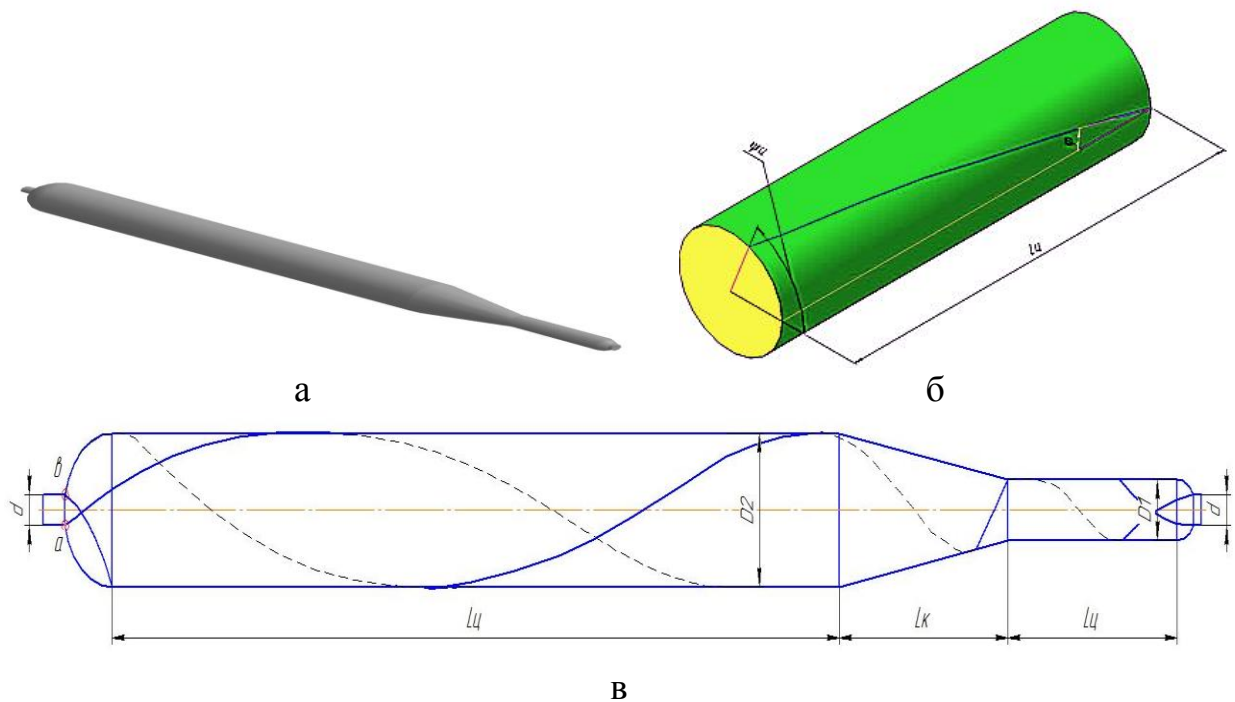


Рисунок 1.8 – Модель оправки для намотування композитної трубки фюзеляжу

При укладанні одного циклу стрічка може повернутися в нижню точку «а» початкового сходу), при цьому об'ємна модель повернеться на кут, кратний 360° , або стрічка може повернутися в верхню точку «в», при цьому об'ємна модель додатково повернеться на кут $360^\circ / K$.

Число K визначає порядок симетрії текстурного шару. Порядок симетрії текстурного шару показує, скільки формується гвинтових текстурних поверхонь одночасно.

При $K = 1$ стрічка, завершивши повний цикл обмотки оправлення, повертається в точку свого первісного сходу.

При $K = 2$ стрічка, завершивши повний цикл, не повернеться у вихідну точку і буде зрушена по відношенню до неї на 180° .

Намотувальний кут повороту об'ємної моделі φ_n з умови рівномірного укладання стрічок по всій поверхні визначають як

$$\varphi_n = 360n \pm \frac{360^\circ}{k}. \quad (1.8)$$

При укладанні стрічки від точки а до точки в об'ємна модель повернеться на кут

$$\varphi_{\text{ц}} = \frac{360^\circ L_{\text{ц}} \tan \varphi}{\pi D}, \quad (1.9)$$

де $L_{\text{ц}}$ – довжина циліндричної частини; D – діаметр циліндра.

Проектування намотувальних даних полягає у визначенні числа стрічок спірального шару, кількості спіральних шарів.

Число стрічок спірального шару визначаємо за співвідношенням

$$k_{\text{л}} = \frac{h_{\text{ц}} \pi \rho D \cos \varphi 10^5}{T k_{\text{нс}}}, \quad (1.10)$$

де $h_{\text{ц}}$ – товщина стрічки в спіральному шарі, мм; φ – кут армування спірального шару, град; T – лінійна щільність стрічки; ρ – масова щільність стрічки, кг/м³; $k_{\text{нс}}$ – кількість ниток в стрічці; D – максимальний діаметр виробу, м.

Мінімальну кількість стрічок в одному шарі визначають як

$$N_{\text{min}} = \frac{2\pi D \cos \varphi}{a}, \quad (1.11)$$

де a – ширина стрічки, мм; 2 – коефіцієнт, що враховує формування спірального шару стрічками одночасно в двох напрямках.

Можливе число спіральних шарів Z при відомій кількості стрічок, визначаємо за формулою

$$Z = \frac{k_{\text{л}}}{N_{\text{min}}}. \quad (1.12)$$

Отримане значення Z округлюють до найближчого цілого числа в бік зменшення і визначаємо необхідну кількість стрічок армуючого матеріалу в одному шарі за формулою

$$N = \frac{k_{\text{л}}}{Z}. \quad (1.13)$$

Для укладання необхідного числа стрічок встик на поверхні виробу обчислюється зсув (додатковий кут повороту) об'ємної моделі

$$\Delta U = \frac{2U_0}{NK}, \quad (1.14)$$

де N – необхідна кількість стрічок армуючого матеріалу в одному шарі;

K – порядок симетрії текстурного шару, що визначається по формулі (1.14) після отримання повного кута повороту об'ємної моделі;

2 – коефіцієнт, що враховує укладання двох стрічок за один цикл;

U_0 – подача на оберт намотувального верстата з ЧПК, мм/об.

Крок укладання стрічки в кільцевому шарі визначають по співвідношенню

$$C = \frac{Tk_{HK}10^{-5}}{h_k}, \quad (1.15)$$

де k_{HK} – кількість ниток в стрічці кільцевого шару;

h_k – товщина матеріалу кільцевого шару, отримана з умови міцності і довговічності конструкції, мм.

Один з розробників програмного забезпечення для складання керуючих програм намотування на верстатах з ЧПК – це д. т. н. Малков І. В., професор кафедри проектування літаків та вертольотів Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» [4].

На рисунку 1.19 приведено схемі комп'ютерного моделювання намотування композитної трубки фюзеляжу планера «Snipe» стрічкою препрегу кінцевої ширини.

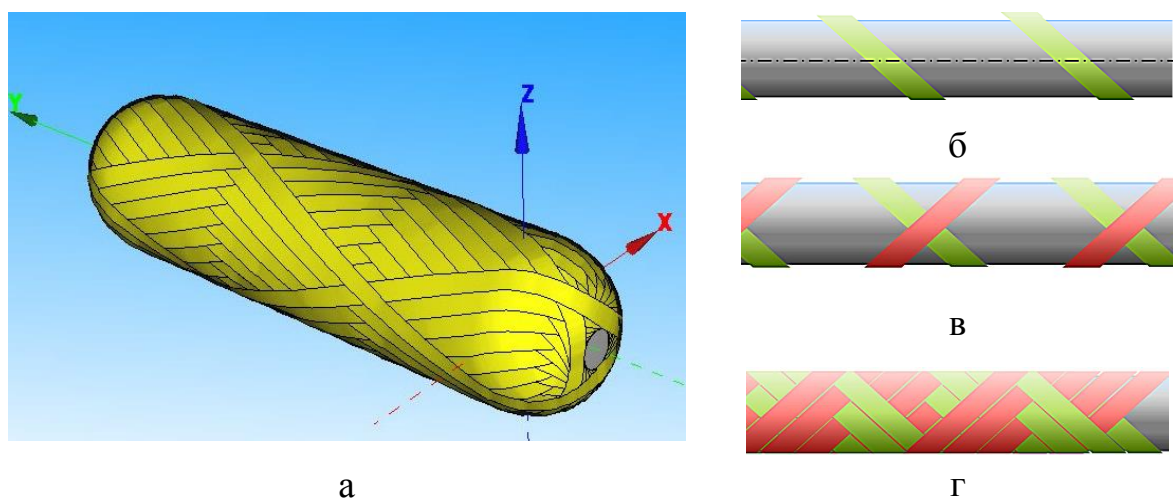


Рисунок 1.19 – Комп'ютерні моделі намотування оболонки стрічкою кінцевої ширини: а - загальна об'ємна; б - першого шару; в - другого шару; г - останнього шару

Вихідні дані для розробки керуючої програми для намотування композитної трубки фюзеляжу планера «Snipe» на верстаті з ЧПК:

- довжина циліндричної частини оправки композитної трубки фюзеляжу планера «Snipe» $L_u=800$ мм;
- максимальний поперечний розмір оправки композитної трубки фюзеляжу планера «Snipe» $D=1,6$ мм;
- кількість шарів армуючого матеріалу $Z=8$;
- товщина стрічки в спіральному шарі $h_c=0,35$ мм;
- ширина стрічки препрегу $a=8$ мм;
- кут армування спірального шару на концевій частині оправки $\varphi=45^\circ$;
- кут армування спірального композитного шару на технологічній частині оправки $\varphi=30^\circ$;
- найбільша товщина намотування оболонки композитної трубки фюзеляжу планера «Snipe» $h_k=2,8$ мм;
- частота обертання стрічковкладальника $n=20$ 1/хв;
- число одночасно працюючих раскладочних головок - чотири.

1.5 Технічні умови на складання металевого радіокерованого планера

1. Плавні відхилення від теоретичного контуру крила планера $\pm 0,2$ мм. Перевірку зовнішнього контуру крила проводити з кроком 100 мм.
2. Непрямолінійність утворюваних зовнішньою поверхнею крила планера не більше 1 мм на 100 мм.
3. Вертикальне зміщення хвостового оперення планера відносно теоретичного положення не більше 1 мм вгору, зміщення вниз не допускається.
4. Непоказані межові відхилення розмірів для неметалевих деталей планера – по ОСТ100429-81.
5. Зовнішній вигляд композитних поверхонь крила, кіля та стабілізатора планера, підготовлених під склеювання, повинен відповідати еталону.
6. Допуск на довжину крила планера ± 1 мм.
7. Незазначені граничні відхилення розмірів Н12, ІТ12 / 2.
8. Після остаточного складання, зовнішню поверхню металевого радіокерованого планера «Snipe» пофарбувати за спеціальною фарбувальною схемою.
9. Зовнішній вигляд остаточно готового металевого радіокерованого планера «Snipe» повинен відповідати еталону, затвердженим розробником.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Особливості технологічної підготовки виробництва виробів із ПКМ

Технічну підготовку виробництва прийнято умовно ділити на три етапи: конструкторську, технологічну і організаційну. Конструкторська підготовка виробництва – сукупність взаємопов'язаних процесів оптимізації номенклатури і конструювання об'єктів виробництва. Технологічна підготовка виробництва (ТПВ) – сукупність процесів технологічного проектування й оснащення виробництва, що забезпечують вибір оптимальних шляхів створення виробу [5].

ТПВ деталей, вузлів, панелей, секцій, відсіків та агрегатів виробів авіаційної та ракетно-космічної техніки із ПКМ містить всі вказані вище складові, але відповідним чином трансформовані з урахуванням специфічних особливостей об'єкта і його обсягу в структурі виробництва (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Схема ТПВ авіаційних конструкцій із ПКМ

2.2 Класифікатор виробів авіаційної техніки з ПКМ

Під класифікацією розуміють упорядкування об'єктів (процесів, явищ) по їхній схожості. Для доцільності проектування і створення цеху виробів із ПКМ необхідно визначити обсяг та об'єкти робіт в цеху [3]. В першу чергу необхідно визначити номенклатуру виробів із ПКМ, необхідну кількість виробів із ПКМ на один літак і на річну програму. При подальшому розрахунку проектного цеху необхідно визначити трудомісткість робіт, розрахувати кількість обладнання і працівників цеху. На основі аналізу об'єктів і обсягу робіт в цеху складається класифікатор виробів із ПКМ.

В основу класифікації закладено принцип конструктивно-технологічної подібності виробів авіаційної техніки з ПКМ [5]. Загалом виробі з ПКМ сучасного літака, вертольота або літального апарату можна розділити на наступні групи і за ознаками, що показані на рисунку 2.2.

Конструктивно-технологічна подібність виробів з ПКМ						
Монолітні		Тришарові			Інтегальні	
		Тип заповнювача			стілникові	з силовим набором
плоскі	криволінійні	стілникові	трубчастий	пінопласт		
Застосування конструктивно-технологічних рішень						
Деталі інтер'єра	КАП, інтер'єр, БАНО, форкіль, коробкаСКП	Стулки шасі, панелі підлоги, обтічникиРЛС	Панелі мотогондол, дефлектори закрилків,секції рулей	Інтер'єр, панелі хвостового оперення й крила	Стулки грузолока, панелі хвостового оперення, гермошпангоути	Панелі залізів, обтічників шасі, панелі фюзеляжу й грузолока,каркаси дверей, панелі фюзеляжу,агрегати механізації крила й хвостового опірення
Тип волокна армуючого матеріалу						
скляне	скляне, вуглецеве	скляне, вуглецеве, органічне	скляне, вуглецеве, органічне	скляне, вуглецеве	скляне, вуглецеве	вуглецеве
Тип матриці						
фенольна, епоксидна	епоксидна	епоксидна	епоксидна	епоксидна, поліімідна	епоксидна	епоксидна
Метод формоутворення						
RTM, RFI, VaRTM, ручне викладення	RTM, RFI, VaRTM, ручне викладення, намотування, 3D-друк	RFI, ручне викладення, АТР	ручне викладення, намотування	ручне викладення, АТР	RFI, ручне викладення, АТР	RFI, ручневикладення,АТР RTM, SQRTM
Ступінь автоматизації ТП						
від низкого досереднього		середній	середній	середній	середній	високий
Матеріал оснащення						
сталь, композит, алюміній, полімерні плити						
Цикл виготовлення						
малий	середній	великий	великий	середній	великий	великий
Тип устаткування						
Автоклав, RTM-оснащення	ВМ, автоклав, піч, 3D-Принтер	ВМ, автоклав	ВМ, автоклав, намотувальний верстат	ВМ, автоклав	ВМ, автоклав	RTM-оснащення, ВМ, автоклав, намотувальний верстат

Рисунок 2.2 - Класифікація ознак створення авіаційних конструкцій із ПКМ

Аналізуючи класифікацію, можна відзначити наступні її особливості:

- за останні роки кількість допоміжних операцій значно скоротилася, цьому сприяла розробка сучасних матеріалів, що не вимагають попередніх операцій по підготовці армуючих наповнювачів перед їх просоченням (апретування, снування, розшліхтовка, випалювання);

- спостерігається тенденція зниження обсягів самостійного виготовлення препрегів (операція просочення) за рахунок використання готових препрегів імпортованих виробників високої й стабільної якості;

- процеси приготування клеїв не вимагають окремих операцій по підготовці їх компонентів (розігріву й розчинення компонентів). Клеї та герметики постачаються в готовому вигляді в шприцах або спеціальних змішувачах, що забезпечують механізоване змішування компонентів безпосередньо перед використанням у потрібних пропорціях;

- у зв'язку зі збільшенням автоматизованих операцій, з'явилися операції по підготовці й налагодженню обладнання перед роботою, такі як завантаження матеріалу для розкрійних і викладальних машин, завантаження файлів розкрою або укладання, позиціонування оснащення перед роботою з лазерними проекторами та ін.;

- група основних процесів значно розширилася за рахунок появи й розвитку двох нових груп: безавтоклавних і адитивних технологій.

Цей напрямок дає розвиток безавтоклавним процесам формування, таким як RTM (resin transfer molding), RFI (resin film infusion), і VARTM (vacuum-assisted resin transfer molding).

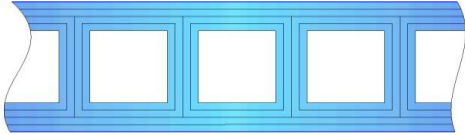
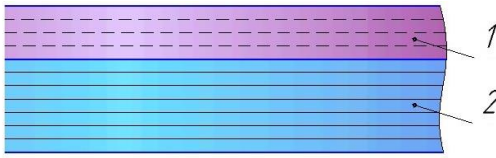
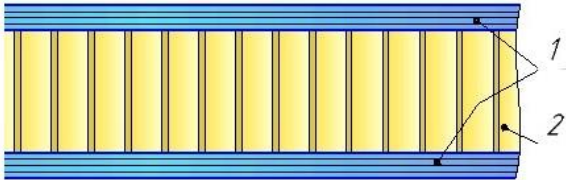
Скловолокно часто використовується для таких конструкцій літаків як обтічники, кінці крил та інше. Скловолокно також використовується для виготовлення лопатей гвинта вертольоту. Перевагами скловолокна є нижча вартість порівняно з іншими ПКМ, стійкість до хімічної корозії..

Вуглецеві волокна дуже жорсткі та міцні, до шести разів жорсткіші за скловолокна. Вуглецеве волокно використовується для конструкцій літаків, таких як балки підлоги, стабілізатори, елементи керування польотом, а також основна структура фюзеляжу та крила. До переваг відноситься висока міцність і стійкість до корозії. До недоліків можна віднести більш низьку електропровідність, тому для частин літака, які схильні до ударів блискавки, необхідна блискавкозахистна сітка. Ще одним недоліком вуглецевого волокна є його висока вартість [10].

У волокнистих композитах високоміцні та високомодульні волокна сприймають основні напруження, що виникають у композиції при дії зовнішніх навантажень, надаючи їй жорсткість і міцність у напрямку орієнтації волокон.

В таблиці 2.1 показані основні типи конструкцій виробів авіаційної та ракетно-космічної техніки із ПКМ із ПКМ.

Таблиця 2.1- Основні типи конструкцій виробів із ПКМ

Схематичне зображення	Вид з'єднання, матеріал
Монолітні конструкції	
	Монолітна шарувата конструкція (вугілля-, боро-, склопластик)
	Монолітна інтегральна конструкція (вугілля-, боро-, склопластик)
Двошарові конструкції	
	Клейове з'єднання: 1 – неметалічний шар (ПКМ, теплозахист, радіопоглинаюче покриття); 2 – ПКМ
Тришарові суцільні конструкції	
	Клейове з'єднання: 1 - ПКМ; 2 - пінопласт; 3 - ПКМ
Стільникові конструкції	
	Клейове з'єднання: 1 - обшивка з ПКМ; 2 – стільники (поліамідний папір, склопластик, фольга)

Вироби з ПКМ монолітної конструкції виготовляють шляхом викладення шарів відповідного матеріалу на виклеєчну форму з подальшим формуванням за заданим режимом.

Вироби з ПКМ тришарової конструкції виготовляються шляхом викладення шарів матеріалу, а також викладення закладного елемента (заповнювач) в порожнину між обшивками на виклеєчну форму з подальшим формуванням.

У дипломному проекті розглядається технологічна підготовка виробництва металеного радіокерованого планера із ПКМ, конструкція якого має монолітні та тришарові вузли та агрегати.

2.3 Сучасна технологія виготовлення виробів з ПКМ

ПКМ становлять основну частину матеріалів які застосовуються в конструкції деталей, вузлів, панелей, секцій, відсіків та агрегатів сучасних виробів авіаційної та ракетно-космічної техніки. Їх використання вимагає створення нових методів проектування та розробки нових технологічних процесів і засобів оснащення. При цьому слід забезпечити їх наступність в дослідному і серійному виробництві. Це пояснюється тим, що в агрегатах з ПКМ технологія є приналежністю креслення і в значній мірі визначається складом і типом оснащення для їх виготовлення [8].

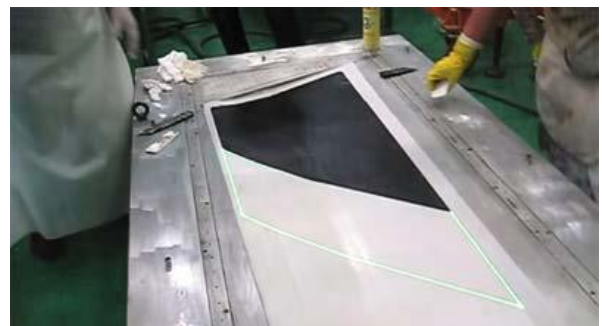
2.3.1 Технологічне обладнання для розкрою і викладки препрегу

Для підвищення якості викладки препрегу застосовують розкрійні машини з ЧПК для автоматичного різання препрегу і лазерні проектори для контурної проекції при викладенні препрегу на технологічне оснащення. Автоматичний розкрій рулонного препрегу для виробів з ПКМ виробляють на плотері з ЧПК серії SC американської фірми Eastman (рисунок 2.3, а). Максимальна швидкість розкрою - 1,8 м / с, ширина робочої зони столу 1,1 - 5,0 м, довжина робочої зони столу від 1,6 до 50 м, абсолютна похибка розкрою не більше $\pm 0,2$ мм.

Етап ручної викладки шарів препрегу на виклеєчну форму за допомогою лазерного проектора моделі LAP (США) показаний на рисунку 2.3, б.



а

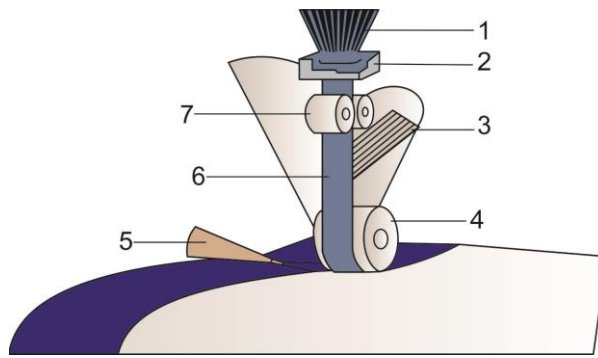


б

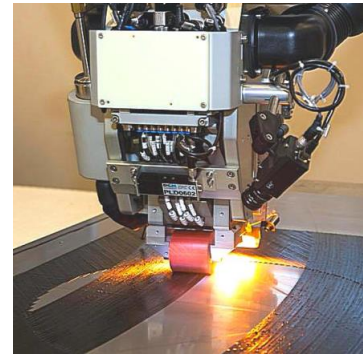
Рисунок 2.3 - Розкрій рулону препрегу для композитних виробів (а) та ручна викладка препрегу за допомогою лазерного проектора (б)

Для запобігання утворенню складок і підвищення якості формування пакетів з ПКМ викладку шарів препрегу у вигляді стрічок здійснюють за допомогою шестикоординатного поворотного блоку на спеціальних установках з ЧПК.

На рисунку 2.4, а показана схема автоматичного викладання стрічки препрегу на технологічне оснащення, на рисунку 2.4, б - загальний вид поворотного блоку з притискним роликом і нагрівальної головою.



а

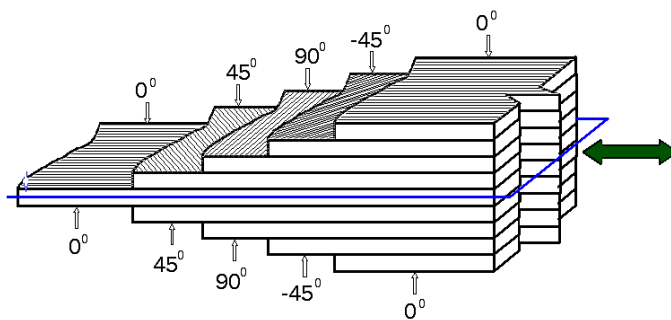


б

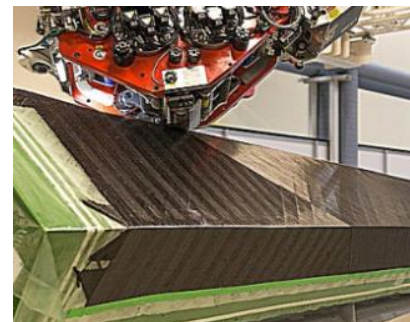
Рисунок 2.4 - Схема і загальний вигляд блоку автоматичного викладання стрічки препрегу: 1 - волокна ПКМ; 2 - формувач стрічки; 3 - ніж; 4 - ролик притисної; 5 - головка нагрівальна; 6 - стрічка препрегу; 7 - ролики подачі стрічки

Необхідна кількість шарів і кути викладки препрегу забезпечуються автоматично за керуючою програмою. Вбудована система контролю тиску і температура притисного ролика забезпечує стабільність технологічного процесу і високу якість властивостей формованих виробів [10].

На рисунку 2.5 показаний приклад автоматичного викладання на технологічне оснащення стрічкового препрегу для пакета лонжерона.



а



б

Рисунок 2.5 - Схема розташування шарів препрегу (а) і загальний вигляд установки з ЧПК для викладання шарів стрічкового препрегу (б)

Спеціальне програмне забезпечення Fiber Sim для викладочного обладнання з ЧПК забезпечує вирішення таких технологічних завдань [9].

- розподіл композитних виробів на шари;
- розподіл шару на геометричні елементи в залежності від ширини матеріалу препрегу і схеми викладки;
- формування контурів плоских розгортки;
- підготовка керуючих програм для розкрійного устаткування;
- підготовка комп'ютерних даних для проєкційних лазерів з урахуванням положення реперних точок на технологічному оснащенні.

2.3.2 Технологія автоклавного формування інтегральних пакетів

Схема виклеєчної форми для автоклавного формування пакетів з шарів препрегу для композитних виробів показана на рисунку 2.6, а.

Етап викладання на пакет перфорованої розділової плівки і всмоктуючого шару з тканини об'ємного плетіння показан на рисунку 2.6, б.

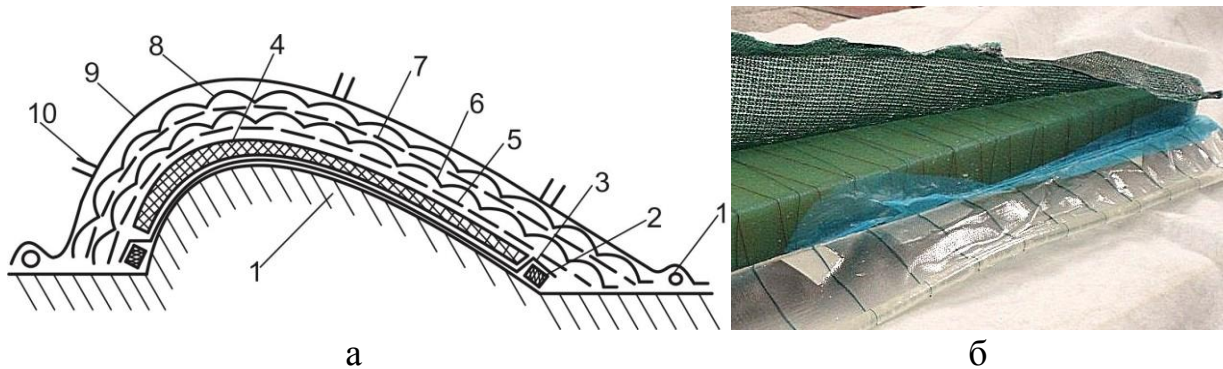
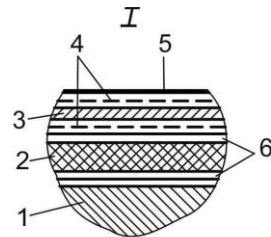
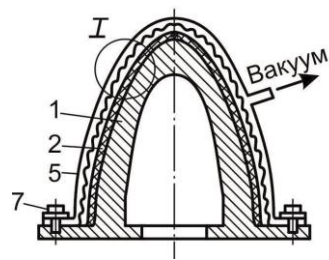


Рисунок 2.6 - Схема виклеєчної форми (а) і етап викладання шарів препрегу (б) для формування композитних пакетів

Викладання шарів препрегу вручну або автоматично на технологічному оснащенні для автоклавного формування виконують в наступній послідовності (див. рисунок 2.6, а):

- знежирення робочої поверхні виклеєчної форми 1;
- нанесення антиадгезійного шару 3;
- викладання вручну необхідної кількості шарів заздалегідь розкроєного препрегу 4 або автоматичне викладання стрічки препрегу;
- установлення обмежувачів 2 для виключення можливого зсуву пакету препрегу при формуванні;
- монтаж в зоні технологічного припуску не менше двох термопар;
- установлення на зовнішній шар пакету перфорованої розділової плівки 5 і всмоктуючого шару 6 з тканини об'ємного плетіння;
- установлення цулаги 7, що представляє собою жорстку оболонку з тонколистового металу, еквідистантну поверхні пакета лонжерона;
- монтаж дренажного шару 8 для забезпечення рівномірного розподілу розрідження під вакуумним мішком;
- підгонка під розмір виклеєчної форми вакуумного мішка 9 з штуцерами 10 для приєднання вакуумної системи;
- герметизація вакуумного мішка еластичним джгутом 11.

Виклеєчна форма для автоклавного формування композитних інтегральних пакетів з малою кривизною має типову схему, що показана на рисунку 2.7.



а

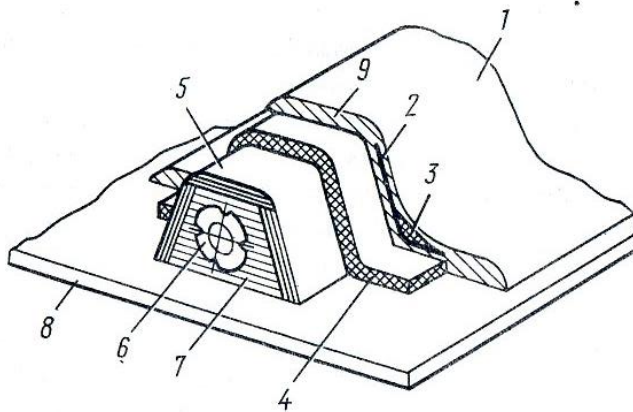


б

Рисунок 2.7 - Схема (а) та загальний вигляд (б) виклеєчної форми для автоклавного формування композитних пакетів з малою кривизною: 1 - оправка; 2 - пакет препрегу; 3 - цулага; 4 - шар дренажний; 5 - мішок вакуумний; 6 - шар розділовий; 7 - кріплення вакуумного мішка

Для забезпечення рівномірного розподілу тиску при вакуумному автоклавному формуванні застосовують пористі дегазаційно-адсорбційні матеріали у вигляді матів, які укладають на робочу поверхню елементів, що склеюються.

Еластичні цулагі використовують для формування композитних пакетів препрегу коробчатої форми, їх виготовляють з дотриманням еквідистантного контуру на товщину формованих пакетів (рисунок 2.8).



а



б

Рисунок 2.8 - Схема (а) і етап складання вакуумного мішка (б) формування композитних пакетів: 1 - подушка повітряна; 2 - препрег підсилюючий; 3 - композиція, яка спінюється; 4 - пакет композитного препрегу; 5 - вкладиш формоутворювальний; 6 - штуцер подачі повітря; 7 - вкладиш жорсткий; 8 - плита; 9 - цулага

Для забезпечення рівномірного розподілу тиску при вакуумному автоклавному формуванні застосовують пористі адсорбційні матеріали у вигляді матів, які укладають на робочу поверхню елементів, що склеюються (рисунок 2.9).

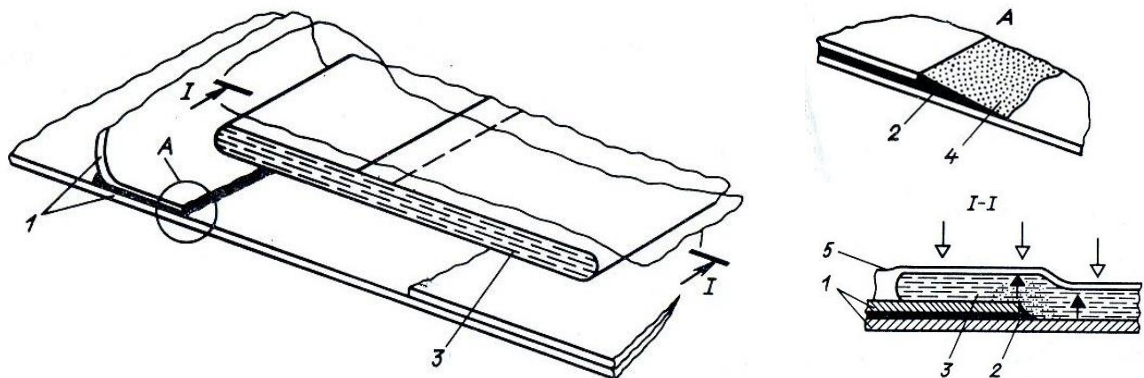


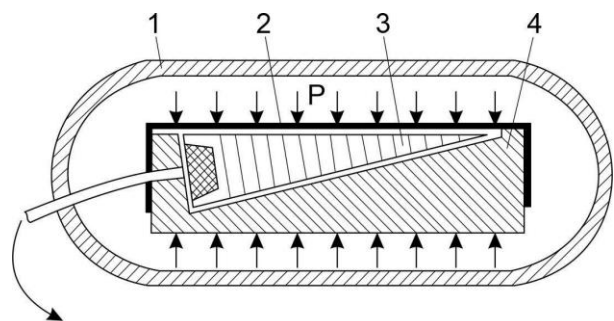
Рисунок 2.9 - Схема розташування адсорбційного матеріалу:

- 1 – елемент конструкції з ПКМ; 2 - клей; 3 - матеріал адсорбційний;
4 - шов клейовий відформований; 5 - мішок вакуумний

На рисунку 2.10, а показаний етап упаковки виклеєчних форм виробничої партії композитних пакетів у вакуумні мішки для подальшого формування в автоклаві. Упаковані виклеєчні форми ставлять на технологічний візок, який закатують в автоклав, і підключають дренажний канал виклейкової форми до автономної системи вакуумування автоклава (рисунок 2.10, б).



а



б

Рисунок 2.10 - Вакуумування виклеєчних форм композитних пакетів:

- 1 – автоклав; 2 – вакуумний мішок; 3 – пакет з ПКМ; 4 – прес-форма

Після перевірки герметичності вакуумного мішка виклеєчної форми закривають кришку автоклава і створюють розрідження в середині вакуумного мішка величиною 0,8 МПа і надмірного тиску в автоклаві до 3,0 МПа [12].

Формування по заданому температурному режиму і тиску підтримується в автоклаві автоматично. Після охолодження виконують скидання тиску в автоклаві і вакууму під мішком, відкривають кришку автоклава, викочують технологічний візок і знімають відформовані пакети.

2.3.3 Технологія прес-камерного формування інтегральних пакетів

Створення інтегральних пакетів (рисунок 2.11) як технологічних складальних одиниць композитної конструкції складається з наступних операцій [8]:

- розкрій препрега, клейових плівок на заготовки і їх розмітка;
- комплектація інтегральних пакетів з заготовок;
- викладка інтегральних пакетів на оправку;
- вакуумування інтегральних пакетів та їх підпресування в автоклаві.

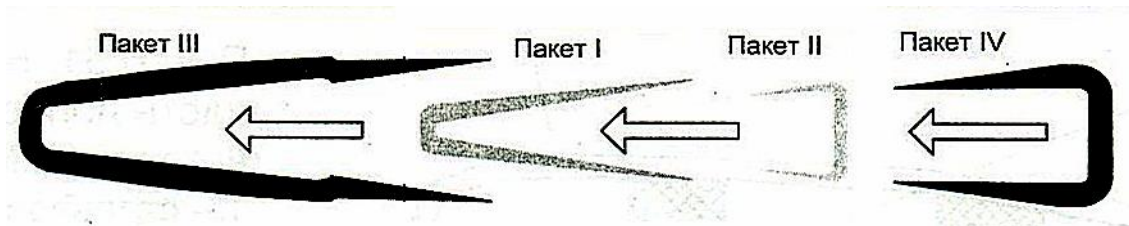


Рисунок 2.11 – Схема членування композитної конструкції на інтегральні пакети

Прес-камерне формування композитних виробів полягає в склеюванні попередньо відформованих пакетів в прес-формі (рисунок 2.12). Викладення інтегральних пакетів проводиться по осях, нанесеним на оправці.

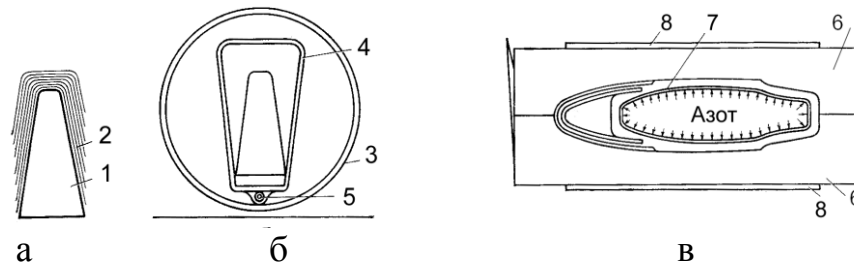


Рисунок 2.12 – Основні етапи прес-камерного формування:

- а - складання пакета; б - попередня опресовування пакета;
- в - формування виробу; 1 - оправка; 2 - набір розкросених листів препрегу; 3 - автоклав; 4 - мішок; 5 - вакуумна трубка;
- 6 - прес-форма; 7 - гумовий мішок; 8 - трубчастий електронагрівач

На технологічну оправку по довжині встановлюють спеціальну пневматичну камеру з еластичної силіконової гуми. Камеру обмотують фторопластовою плівкою в якості антиадгезійних шару. Потім на оправку з технологічним набором викладають інтегральні пакети композитного виробу.

На зібраний пакет накладаються технологічна цулага, два шари дренажної тканини, і все це поміщається в вакуумний мішок (рисунок 2.13, а). Оправка з зібраним пакетом встановлюють в прес-форму (рисунок 2.13, б), де виконується формування композитного виробу.

Остаточне формування оболонки композитного виробу відбувається при ступінчастому підвищенні та витримкою температури. Після охолодження прес-форми до температури навколишнього середовища виконують виїмку відформованого композитного виробу і видалення оправки з внутрішнього каналу (рисунок 2.13, в).

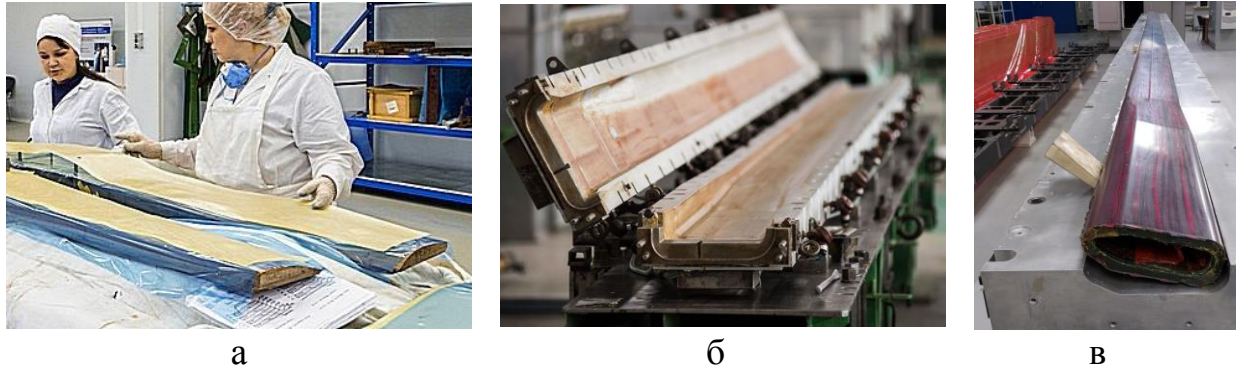


Рисунок 2.13 - Оснащення для прес-камерного формування

Основними параметрами якості на цьому етапі є режими формування: тиск формування, температура нагріву, швидкість підйому температури, час витримки при заданій температурі і тиску. На наступному етапі прес-камерного виготовлення композитного виробу роблять обрізку технологічного припуску, з якого виготовляють зразки для підтвердження хіміко-фізичних властивостей відформованого виробу вимогам конструкторської і технологічної документації.

Підгонка розмірів поверхонь пакетів, що сполучаються перед прес-камерним формуванням проводиться на спеціалізованому фрезерному верстаті з ЧПК. Верстат оснащений системою висувних штоків-актуаторів з пневматичними вакуумними присосками [9].

На рисунку 2.14, а показаний етап прив'язки базових осей деталі з ПКМ, встановленої на висувні штоки-актуатори, до системи координат фрезерного верстата з ЧПК; на рисунку 2.14, б - етап фрезерування поверхонь.



Рисунок 2.14 - Підгонка поверхонь пакету з ПКМ на верстаті з ЧПК

2.3.4 Вимоги до виклеювальної технологічної оснастки

Основним першоджерелом, яке визначає розміри і форму виробів з ПКМ методом викладення, є поверхня виклеювальної технологічної оснастки, на якій здійснюється формування (рисунок 2.15, а).

Забезпечення взаємозамінності композитних виробів виконується на основі незалежного перенесення інформації про форму та розміри виробу на виклеювальну оснастку шляхом використання математичного опису, обладнання з ЧПК і програмних систем обробки геометричної та технологічної інформації (рисунок 2.15, б). Застосування просторової твердотільної чисельної моделі поверхні (рисунок 2.15, в) в сукупності з різними пакетами програмного забезпечення дозволяє точно конструювати всі елементи виклеювальної оснастки [6].

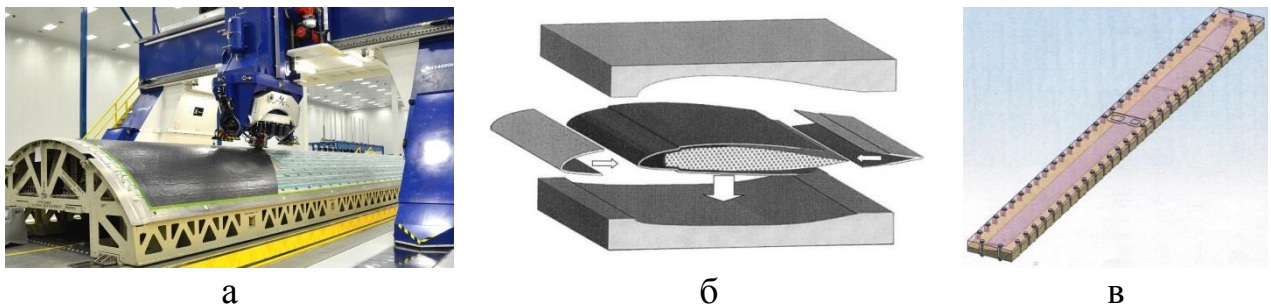


Рисунок 2.15 - Перенесення інформації про форму та розміри виробу з ПКМ на виклеювальну технологічну оснастку

Конструкція виклеювальної технологічної оснастки для виробів із ПКМ повинна відповідати наступним експлуатаційним вимогам [7]:

- забезпечувати багаторазове формування виробів з ПКМ при температурі до 220 °С і тиску до 5 МПа;
- мати співставний з виробом, що формується, коефіцієнт теплового розширення (КТР) матеріалу, а в разі їх відмінності – враховуватися при проектуванні виклеювальної оснастки;
- точність формотвірної поверхні виклеювальної оснастки по відношенню до теоретичного контуру, в залежності від вимог до конструкції виробу з ПКМ, повинна становити від $\pm 0,5$ до $\pm 1,0$ мм;
- шорсткість робочої поверхні виклеювальної оснастки повинна бути в межах від 2,5 до 0,63 мкм.

Виклеювальна технологічна оснастка для виконання цих вимог має жорстку ферменну конструкцію, приклади якої показані на рисунку 2.16.

Робоча поверхня виклеювальних форм зазвичай складається із зварених та попередньо відформованих товстолистових алюмінієвих або сталевих секцій.

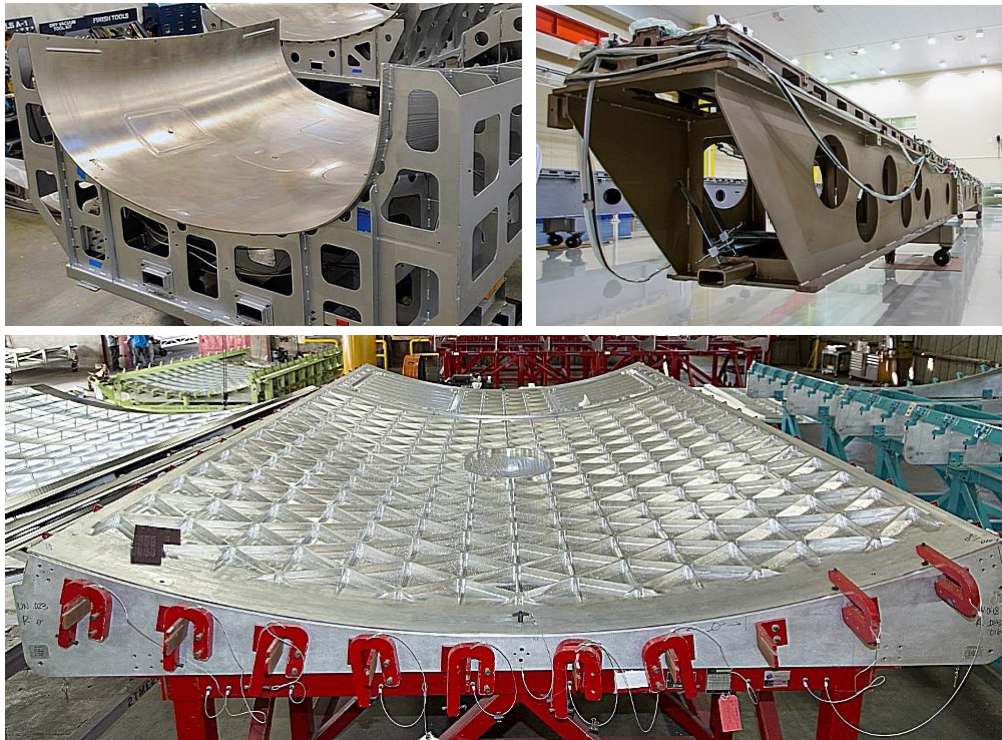


Рисунок 2.16 - Приклади виклеювальних форм для виробів із ПКМ

Після закріплення секцій на рамі виробляють високоточну обробку робочої поверхні виклеювальних форм на п'ятикоординатних фрезерних верстатах з ЧПК (рисунок 2.16, а, б).

Для контролю геометричних параметрів виклеювальної технологічної оснастки застосовують лазерні трекери (рисунок 2.16, в) і координатно-вимірювальні машини з ЧПК [6].



а



б



в

Рисунок 2.16 - Фрезерування (а, б) та контроль (в) робочої поверхні виклеювальних форм

2.3.5 Технологія «сухого» намотування виробів із ПКМ

Метод «сухого» намотування полягає в тому, що волокнистий армуючий матеріал перед формуванням попередньо просочують сполучником на спеціальних установках.

Для «сухого» намотування виробів із ПКМ найчастіше застосовують спірально-перехресний тип укладання армуючого матеріалу. В цьому випадку стрічка препрегу заданої ширини, зазвичай 10 мм, укладається на оправку з подачею, що перевищує ширину стрічки в ціле число раз. Залежно від розрахункового кута намотування задають відповідну частоту обертання оправки і швидкість поздовжніх робочих ходів стрічковкладальника [10].

Стрічка препрегу укладається на оправку шарами з автоматично регульованим натягом. Найбільш поширена кінематика намотувальних верстатів з одночасними обертальним і поступальним рухами чотирьох стрічковкладальників 4 в барабані 5 при нерухомій оправці 2 (рисунок 2.17).

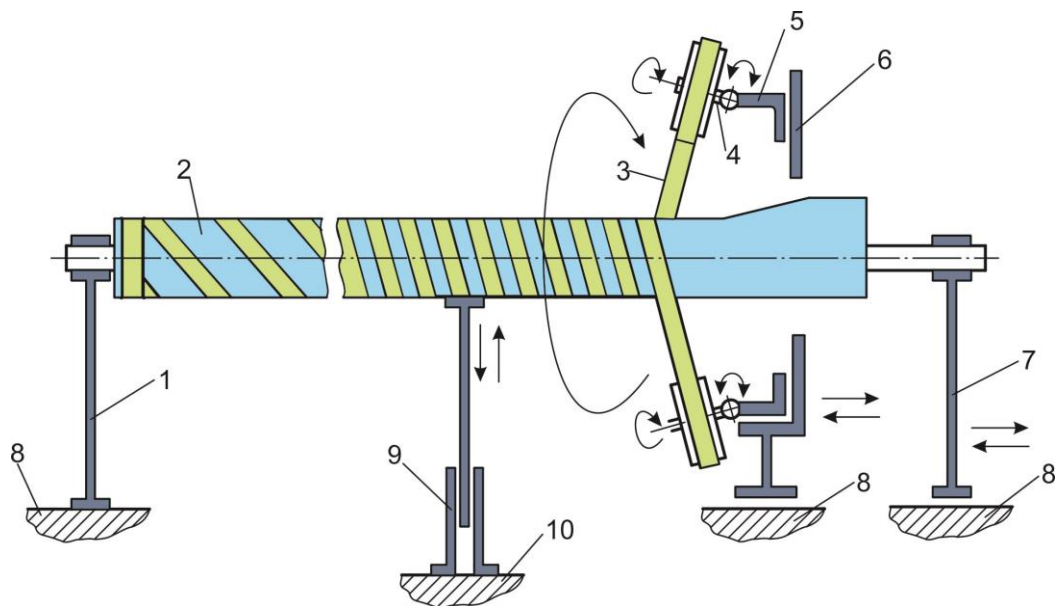


Рисунок 2.17 - Кінематика намотувального верстата з ЧПК:

- 1 – бабка передня; 2 – оправка з антиадгезійною плівкою;
3 – стрічка; 4 – стрічковкладальник; 5 – барабан; 6 – каретка,
7 – бабка задня; 8 – станина верстата; 9 – опора; 10 – піддон

За прямий і зворотний робочі ходи каретки 6 з барабаном 5 по станині верстата 8 (повний прохід) формується один спірально-перехресний виток з чотирьох стрічок, що закривають частину поверхні оправки.

Другий виток має певне зміщення (крок) по відношенню до першого, яке залежить від кута між площиною витка і віссю оправки, ширини стрічки і габаритних розмірів виробу. Процес намотування відбувається до тих пір, поки не буде закрита вся поверхня оправки і, таким чином, сформований один повний спіральний шар.

На рисунку 2.18, а показано компонування намотувального верстата з ЧПК фірми Mikrosam (США) для виготовлення виробів із ПКМ, на рисунку 2.18, б - загальний вигляд робочого місця оператора верстата.

Модульний принцип компоновання намотувальних верстатів з ЧПК дозволяє змінювати довжину робочого ходу каретки з стрічковкладальником за рахунок переміщення задньої бабки (рисунок 2.18, в).

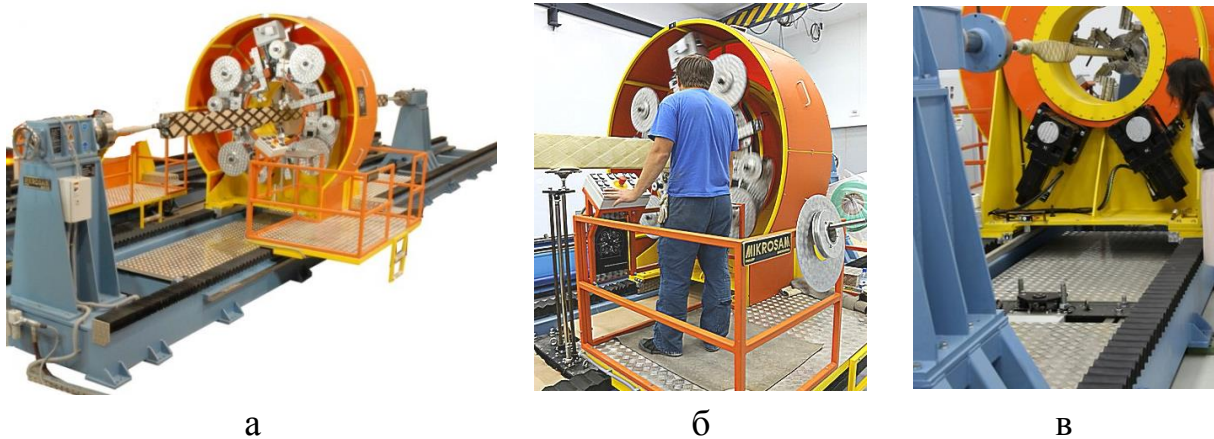


Рисунок 2.18 – Загальний вигляд намотувального верстата з ЧПК

Частота обертання барабана з стрічковкладальниками і лінійна швидкість переміщення каретки синхронізуються системою ЧПК намотувального верстата. Спіральне намотування може бути багатовхідним, коли стінки композитного виробу формуються стрічками, які намотуються під визначеними кутами в кожному з несучих шарів.

Зміна кута намотування на різних ділянках і окремих шарах формованого пакету дозволяє оптимально розподілити стрічковий армуючий матеріал в поздовжньому і окружному напрямку по шарам і досягти максимальної міцності величин вихідних волокон препрегу від діючих навантажень [8].

Остаточне формування намотаного композитного виробу проводиться в прес-формі за визначеним графіком нагрівання і охолодження.

На початковій стадії нагрівання відбувається зрідження епоксидного сполучного, після якого подається тиск в пневматичні камери і остаточне змикання прес-форми, потім починаються технологічні етапи желатинізації і стеклування композитного сполучного. Процес завершується тригодинним періодом дополімерізації при температурі 180°C і повільним зниженням температури до 50°C.

2.3.6 Технологія виготовлення полімерного стільникового заповнювача

Спеціальний поліамідний папір Nomex американської фірми Dupont, незважаючи на його високу вартість порівняно з алюмінієвою фольгою, має високі антикорозійні властивості і дозволяє перейти до неметалевих стільникових конструкцій літальних апаратів. Створення в НДІТМ (м. Дніпро) спеціального паперу – полімерсотопласта марки ПСП-1 дозволило розробити вітчизняну серійну технологію виготовлення полімерних стільникових конструкцій з ПКМ.

Полімерні стільникові пакети з рулонного матеріалу марки ПСП-1 виготовляють у наступній технологічній послідовності [12]:

- нанесення клейових смуг рідкого клею ВК-25 на рулонний полімерний папір марки ПСП-1 і складання пакета (установка для нанесення клейових смуг моделі УНКП-1, автомат складання пакета моделі АСП-1);
- склеювання стільникового пакета (гідравлічний прес з електричним підігрівом пакета моделі Д-2938);
- обрізання пакета (машина для різання паперу моделі БР-125К);
- розкроювання пакета на заготовки (верстат з ЧПК);
- висікання листів пакета (гідравлічний прес моделі ДБ-2430);
- розтягнення стільникового пакета (установка моделі УРБП-1);
- фіксування розтягнутого стільникового пакета (термічна піч з індукційним нагріванням).

Схему технологічної лінії виробництва полімерних стільникових пакетів з рулонного матеріалу марки ПСП-1 показано на рисунку 2.19.

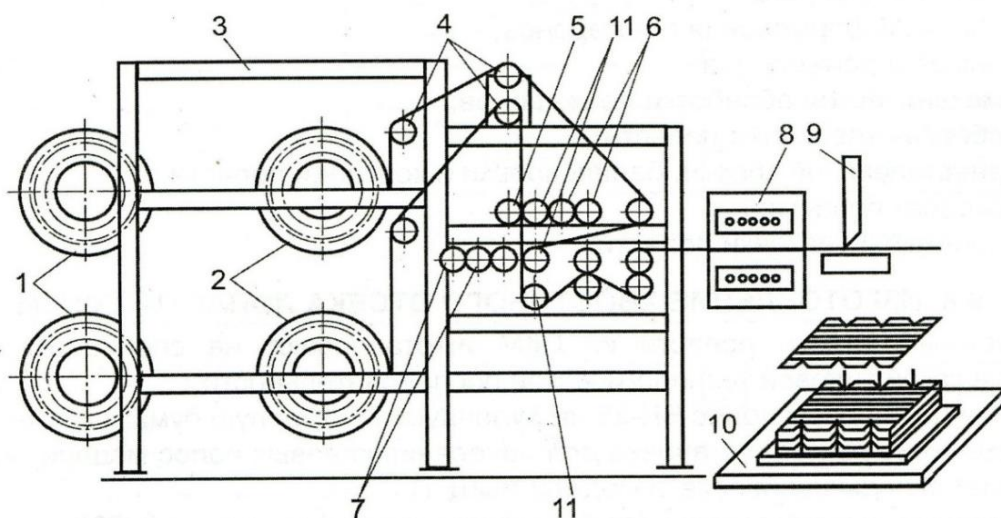


Рисунок 2.19 - Схема технологічної лінії: 1 – рулони паперу; 2 – змотувальний пристрій; 3 – станина; 4, 11 – напрямні валики; 5 – притискні валики; 6 – клеєноснальні валики; 7 – валики, що передають клей; 8 – сушильна камера; 9 – різальний пристрій; 10 – пристрій складання пакета

Протяжка препрега рулонного полімерного паперу при нанесенні та сушінні клейових смуг відбувається зі швидкістю 3 м/хв. Після цього рулон автоматично розрізається на листові заготовки завдовжки 920 мм.

Листи укладають на складальну плиту пристрою складання пакета, базуючи на штирі. Кожен лист укладається зі зміщенням клейових смуг на півкроку щодо попереднього, так що смуги одного листа утворюються між смугами попереднього. Потім зверху укладають другу складальну плиту.

Між пакетом та кожною з плит прокладають поліетиленову плівку та гумовий лист для захисту плит від клею та рівномірної передачі тиску.

Далі стільниковий пакет упаковують у вакуумний мішок і завантажують у камеру установки НВЧ-нагріву. Внаслідок того, що теплопровідність полімерного паперу невелика, пакет прогрівається струмом НВЧ, цикл прогрівання пакета з 500 аркушів не перевищує 20 хв. Готові стільникові пакети обрізають, зважують, визначають об'ємну масу (для полімерсотопласта марки ПСП-1 норма має становити $25 \pm 5 \text{ кг/м}^3$).

Відмінною особливістю технологічного процесу розтягування стільникового заповнювача з полімерного паперу є необхідність фіксування форми розтягнутого стільникового блока в оснастці, оскільки полімерний папір має високу пружність і вільний пакет після розтягування змінює форму [12].

Схема розтягування блока з полімерсотопласта марки ПСП-1 показано на рисунку 2.20, а. Фіксація стільникового блока 1 у розтягнутому стані виконується стрижнями 3 за допомогою шпильок 2. До обох боків стільникового блока перед розтягуванням приклеюють тканину марки 500.

Загальний вигляд технологічної плити з розтягнутим стільниковим блоком з полімерсотопласта марки ПСП-1 показано на рисунку 2.20, б.

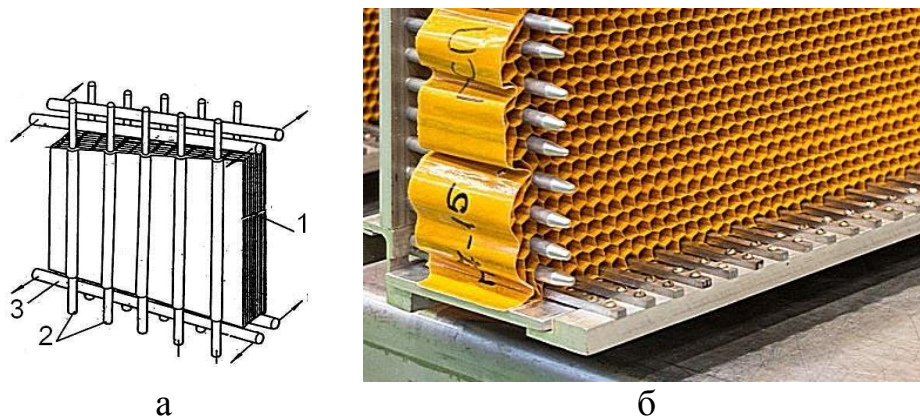


Рисунок 2.20 - Схема розтягування стільникового блока (а) та загальний вигляд пристрою для фіксування блока на технологічній плиті (б): 1 – стільниковий пакет; 2 – шпилька; 3 – стрижень

Далі полімерний стільниковий блок термостатують у термічній камері при температурі 190°C протягом п'яти годин.

Розрізання стільникових блоків з полімерсотопласта марки ПСП-1 виконують на стрічкопилному верстаті моделі ЛС-80 із системою витяжки пилу та екрануванням робочої зони, верстатник працює в респіраторі та головному уборі (рисунок 2.21, а).

Стільниковий блок встановлюють на штирі технологічної плити із системою витяжки пилу. Розрізання стільникових блоків з полімерсотопласта вико-

нують стрічковими дрібнозубими пилами (крок зубів – 3 мм) при швидкості різання 1200 м/хв і подачі не більше 1 м/хв (рисунок 2.21, б). На рисунку 2.21, в показано стільниковий блок з полімерсотопласта після розрізання.

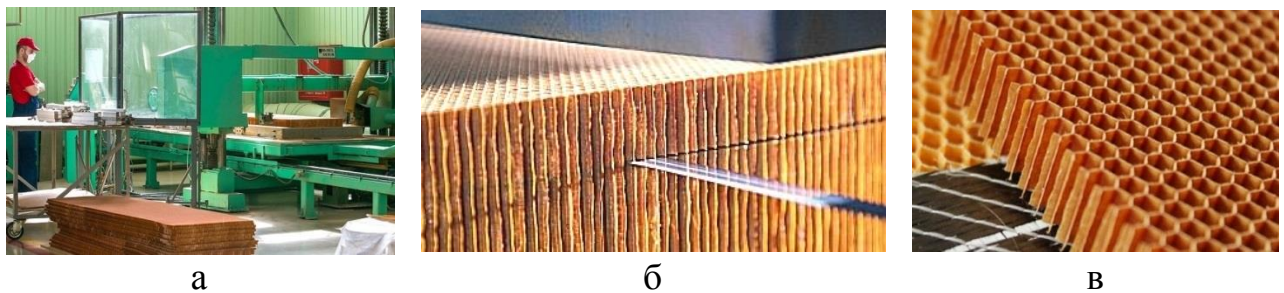


Рисунок 2.21 - Загальний вигляд стрікопильного верстата та розрізаних стільникових блоків з полімерсотопласта

Для зачищення ворсистих після розрізання торців виконують шліфування площини кожного з двох торців стільникового блока на плоскошліфувальному верстаті дрібнозернистою абразивною стрічкою.

Для стільникових конструкцій вузлів механізації крила літака й хвостових відсіків лопаті вертольота потрібно обробляти торці стільникових заповнювачів, безпосередньо з'єднаних з елементами аеродинамічного обводу, утвореного процентними поверхнями.

Фрезерування бічних поверхонь стільникових блоків, а також торців стільників здійснюють на спеціальному верстаті з ЧПК моделі РФП-6. Стільниковий заповнювач фрезерують спеціальними грибковими фрезами зі швидкорізальної сталі HSS діаметрами 50 і 100 мм. Обробляючи вгнутий бік, торці стільникового блока базують на площині першої технологічної плити (рисунок 2.22, а), опуклий бік – на другій технологічній плиті-супутнику по вже обробленій увігнутій поверхні стільників (рисунок 2.22, б) [9].

Оброблення вгнутої поверхні стільникового заповнювача й виготовлення технологічної плити-супутника здійснюється за однією керувальною програмою, що забезпечує високу точність ув'язки.

Перед обробленням стільниковий блок закріплюють на технологічних плитах за допомогою спеціального легкоплавкого клею – поліетиленгліколю марки ПГ-115 (на схемах для наочності показаний червоним кольором).

Поліетиленгліколь – це тверда водорозчинна речовина, яка плавиться при температурі 50 °С, у розплавленому стані – легкорухлива рідина, застигає при кімнатній температурі, має гарну адгезію до металевих поверхонь.

Для розкріплення стільникового блока та стільникового заповнювача клей перетворюють на рідкий стан шляхом нагрівання технологічних плит, в які вмонтовані трубчасті електронагрівачі.

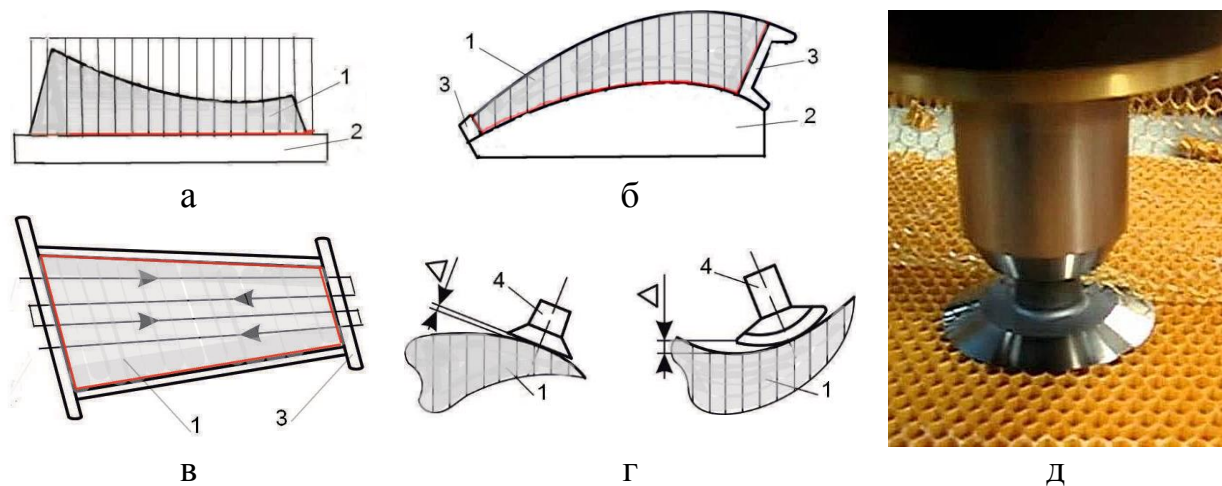


Рисунок 2.22 - Схеми базування і оброблення торців стільникового блока: 1 – заповнювач стільниковий; 2 – плита технологічна; 3 – каркас верстатного пристрою; 4 – фреза грибкова

За точністю найбільш раціональною є човникова схема п'ятикоординатного оброблення вздовж процентних ліній (рисунок 2.22, в). У цьому випадку глибина огранювання Δ на опуклому й увігнутому (рисунок 2.22, г) боках стільникового заповнювача не перевищує $\pm 0,04$ мм. Прийнятий режим різання: частота обертання грибкової фрези – 18000 хв^{-1} , хвилинна подача – до 3500 мм/хв .

Етап фрезерування грибковою фрезою стільникового заповнювача з полімерсотопласта марки ПСП-1 показано на рисунку 2.22, д.

Шліфування застосовують для отримання поверхонь стільникового заповнювача високої точності. Плоскі поверхні стільникових блоків шліфують на стрічкошліфувальних верстатах абразивними стрічками, а криволінійні – на спеціальних шліфувальних верстатах з ЧПК. Режим шліфування витримують у діапазоні: швидкість різання – $5 \dots 10 \text{ м/с}$, хвилинна подача – $3000 \dots 5000 \text{ мм/хв}$.

2.4 Технологія виготовлення композитного металюного планера

Незважаючи на невеликі розміри, виготовлення агрегатів композитного металюного планера (крила, кіля та стабілізатора) та окремих вузлів (пілонів кріплення крила та стабілізатора, обтічника та трубки фюзеляжу) має повністю відповідати вимогам до технології виготовлення виробів із ПКМ [4].

Першоджерелом геометричної інформації про форму і розміри композитного виробу служить його повна твердотільна математична модель. Створення математичної моделі дозволяє здійснити завдання об'ємної ув'язки елементів виробу і викресного оснащення безпосередньо на стадії проектування [10].

2.4.1 Формоутворення поверхонь металельного планера

Автоматичний розкрій рулонного препрегу для обшивок крила, кіля та стабілізатора композитного металельного планера можна проводити на плотері з ЧПК (рисунок 2.23, а) або ручними механізованими ножицями (рисунок 2.23, б) по лініях, що світяться від лазерного проектора.

Лазерний проектор створює на робочій поверхні розкрійного столу послідовність точкових зображень червоного або зеленого кольору відповідно до конфігурації та розмірів листових заготовок препрегу (рисунок 2.23, в).

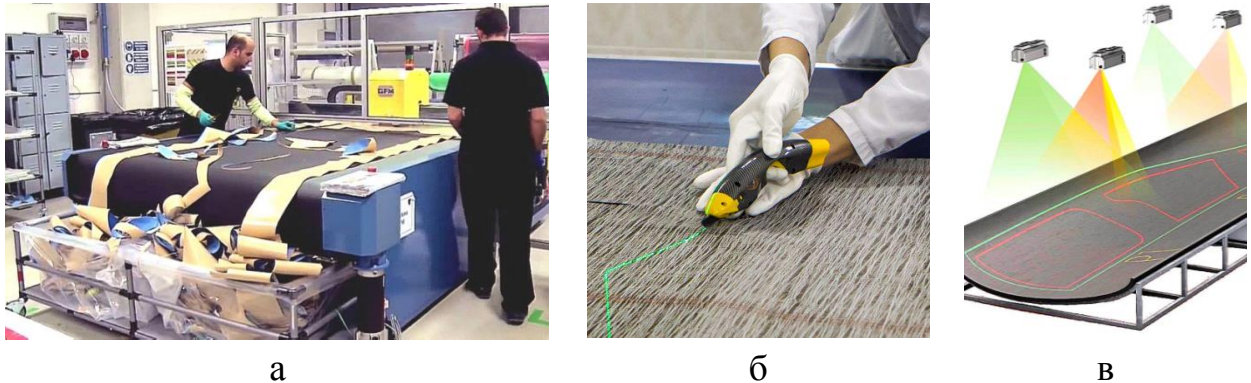


Рисунок 2.23 – Обладнання та оснащення для розкрою препрега композитного металельного планера

Фрезерування пінопластового заповнювача крила (рисунок 2.24, а), кіля та стабілізатора (рисунок 2.24, б) композитного металельного планера виконують на спеціалізованому фрезерному верстаті з ЧПК моделі РФП-6 [1].

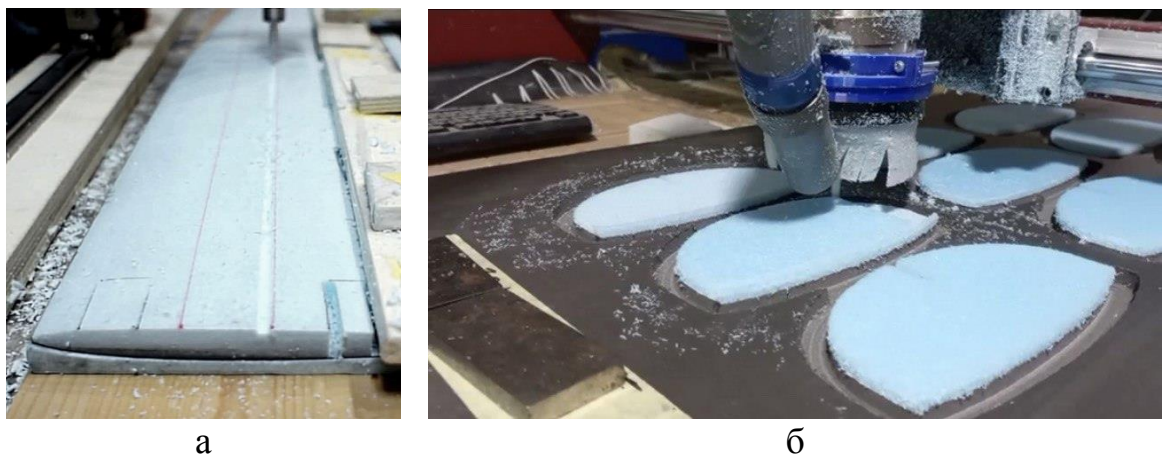


Рисунок 2.24 – Фрезерування пінопластового заповнювача

Для видалення стружки та пилу із зони фрезерування композитного виробу на верстатах з ЧПК передбачено витяжну вентиляцію (див. рисунок 2.24, б).

Для намотування препрега на трубку фюзеляжу композитного металельного планера використовується спеціальна установка зі схемою намотування, яка показана на рисунку 2.25, а. Зовнішній вигляд фрагмента трубки фюзеляжу

після намотування показаний на рисунку 2.25, б. Далі в консольній частині трубки на верстаті з ЧПУ фрезерують паз для приклеювання кіля металевого планера. Профіль фрезерованого паза (рисунок 2.25, в) пов'язаний з аеродинамічним контуром кіля через повний електронний опис металевого планера.

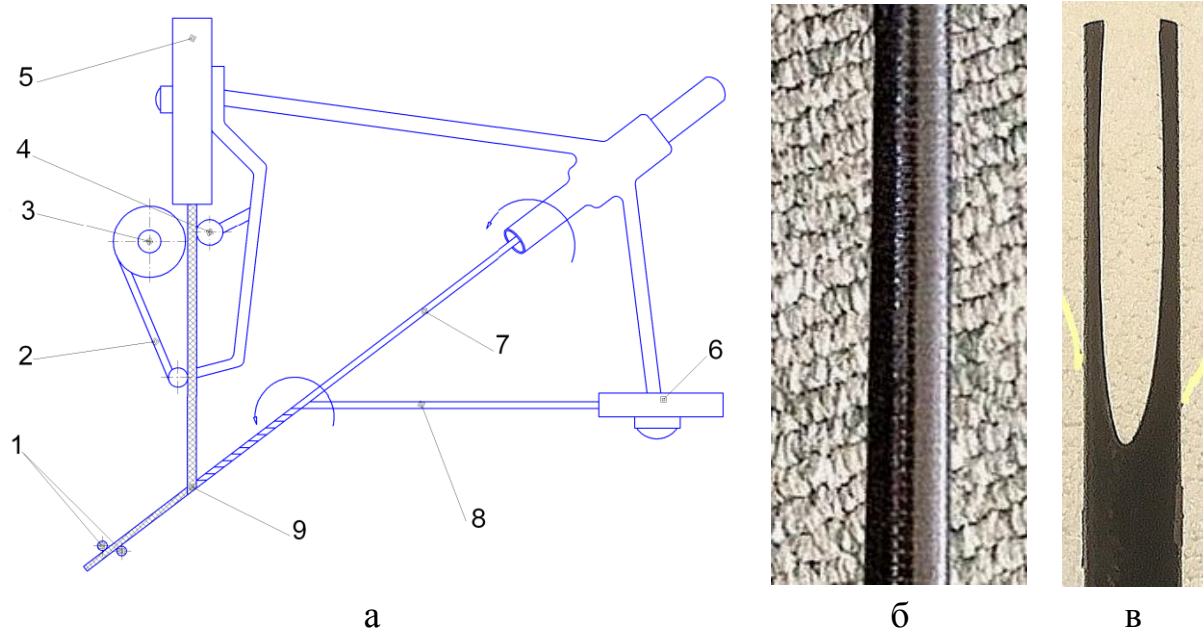


Рисунок 2.25 – Схема установки (а) та загальний вигляд фрагментів (б, в) трубки фюзеляжу: 1 – ролики направляючі; 2, 3, 4 – елементи напрямку і розвороту стрічки; 5 – вертлюг лівий з котушкою і стрічкою; 6 – вертлюг правий з розділовою плівкою; 7 – оправка; 8 – намотувана розділова плівка; 9 – намотувана стрічка

Підготовка робочої поверхні виклеювального оснащення для формоутворення поверхонь крила, кіля та стабілізатора композитного металевого планера включає виконання наступних операцій:

- перевірити загальний стан і комплектність технологічної оснастки на відповідність вимогам конструкторської документації;
- очистити і видалити з робочої поверхні оснащення залишки сполучного матеріалу скребками з м'якого металу і за допомогою бавовняних серветок;
- знежирити робочі поверхні оснащення розчином нефрасу, потім ацетоном за допомогою серветок з бавовняної тканини. Просушити протягом 15 хвилин після кожного знежирення при кімнатній температурі;
- приготувати і нанести на форму розділове мастило СК-5. Нанести розділове мастило СК-5 на технологічне кріплення.

Формування стінки лонжерону крила, кіля та стабілізатора металевого планера виконують у наступній технологічній послідовності:

1. Викласти вугле-джгут (ровінг) марки IMS 65 на поверхню виклеювальної форми. Стежити за рівномірним і максимально щільним приляганням по всій довжині. Складки, бульбашки не допускаються;

2. Додати ще 5 шарів вугле-джгута в матрицю форми. Стежити при укладанні кожного шару вугле-джгута за рівномірним і максимально щільним приляганням по всій довжині. Складки, бульбашки не допускаються;

3. Викласти розділовий шар з поліпропіленової плівки;

4. Встановити всередину форми 2 поверх поліпропіленової плівки 1 прямокутний склопластиковий вкладиш 3, як показано на рисунку 2.26;

5. Укласти по краях форми вакуумні трубки, обмотані дренажною склотканиною, яка оброблена антиадгезійною рідиною;

6. Укласти поверх цулаг два-три шари дренажної склотканини;

7. Укласти поверх прямокутного склопластикового вкладиша два-три шари дренажної склотканини;

8. Викласти і приклеїти по фланцях форми і поверх зони герметизації вакуумний мішок. Вакуумний мішок повинен лежати вільно, зі складками в місцях зміни контуру форми. Приєднати до вакуумних трубок гнучкі шланги;

9. Включити вакуумний насос, провести вакуумування конструкції. Тиск на мановакуумметрі має бути не менше 0,09 МПа. Перекрити вентиль вакуумної магістралі. Вакуум не повинен падати більш ніж на 0,05 МПа протягом п'яти хвилин.

Метальний гачок (рисунок 2.27) потрібен для того щоб пілот міг запустити планер в повітря, на якусь висоту.

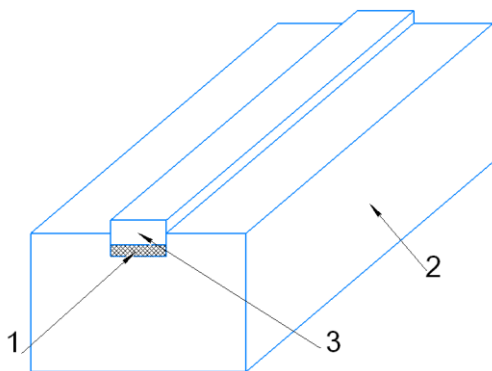


Рисунок 2.26 – Схема формування стінки лонжерону крила, кіля та стабілізатора

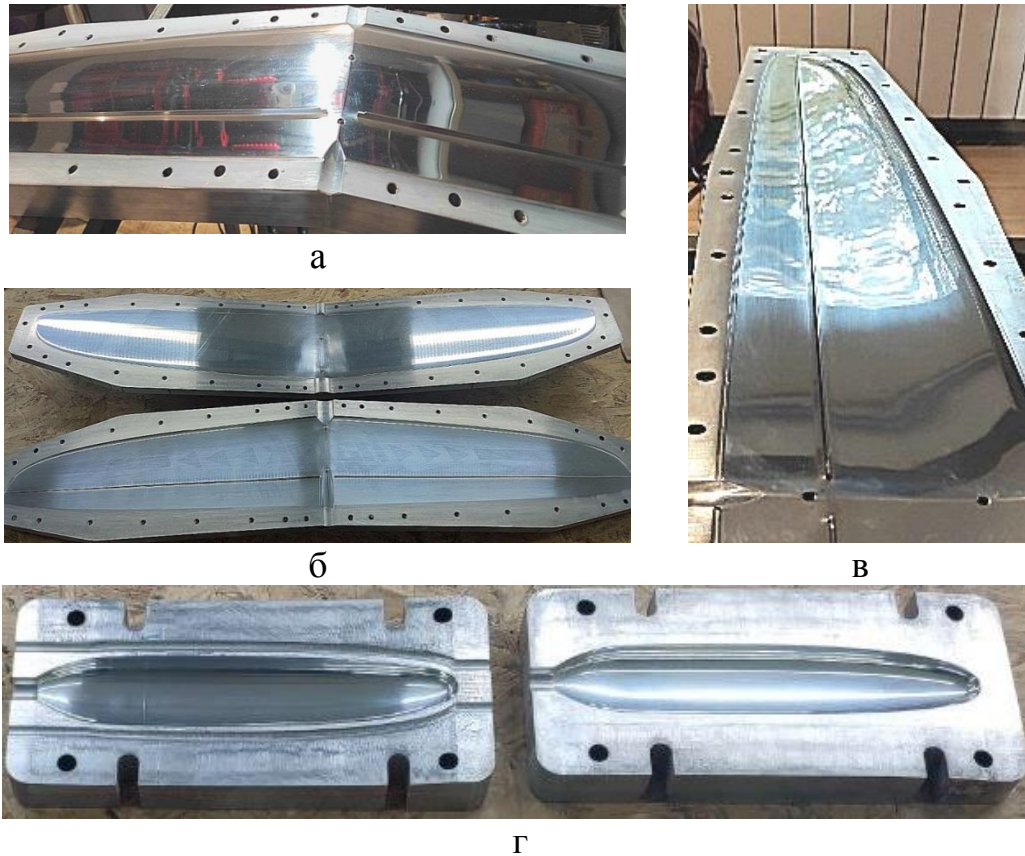


Рисунок 2.27 – Загальний вигляд метального гачка

Для виготовлення метального гачка використовують двокомпонентну епоксидну смолу Larite LR-285 та вугле-джгут (ровінг) марки IMS 65. Виклеювальна форма для формування метального гачка виготовляється на фрезерному верстаті з ЧПК [9].

2.4.2 Формування аеродинамічних поверхонь металюного планера

Попередньо розкросений препрег або багатошаровий пакет із препрега на основі вуглецевих волокон укладають у виклеювальну форму крила (аналогічно для кіля та стабілізатора металюного планера) (рисуюнок 2.27).



Рисуюнок 2.27 – Загальний вигляд виклеювальних форм металюного планера: а - крила; б - стабілізатора; в - крила з розділювальною плівкою; г - обтічника фюзеляжу

На зібраний пакет накладаються технологічна цулаг, два шари дренажної тканини, і все це поміщається в вакуумний мішок (рисуюнок 2.28).



Рисуюнок 2.28 – Загальний вигляд: а - пінопластового заповнювача крила з полицею лонжерону; б - вакуумного мішка для формування крила

Складання крила метального планера виконують на нижній та верхній півматрицях форми в наступній послідовності:

1. Викласти на препрег додатковий шар препрегу в місцях концентраторах для збільшення міцності крила планера. Стежити за рівномірним і максимально щільним приляганням по всій довжині. Складки, бульбашки не допускаються. Повторити дію з верхньою формою півматриці;

2. При укладанні заготовок препрегу ущільнювати кожен шар, прікатуючи від середини до країв

3. Викласти на препрег лонжерон з вугле-джгута по всій довжині півматриці форми крила згідно з кресленням. Стежити за рівномірним і максимально щільним приляганням по всій довжині лонжерона, складки, бульбашки не допускаються. Повторити дію з верхньою формою півматриці.;

4. Викласти на препрег навіску елерона з арамідного волокна по довжині елерона згідно з кресленням. Складки, бульбашки не допускаються;

5. Вставити попередньо підготовлену стінку лонжерона в попередньо фрезерований пінопластовий наповнювач в технологічний паз згідно з кресленням;

6. Встановити по передній кромці попередньо підготовлений пінопластовий наповнювач з стінкою згідно з кресленням;

7. Залити двокомпонентну епоксидну смолу з мікросферою в пази пінопластового наповнювача під кріплення крила. Бульбашки не допускаються;

8. Провести складання двох півматриць форми;

9. Закріпити за допомогою технологічного кріплення півматриці форм. Стежити за максимально повним змиканням півматриці один з одним, величина зазору не повинна бути більше 0..0,5мм.

10. Помістити форму з деталлю в автоклав. Закрити кришку автоклава і виставити температуру по режиму:

- нагрівання до $(65 \pm 5) ^\circ\text{C}$ зі швидкістю $(1,0-2,5) ^\circ\text{C хв}$, витримати 5 год;

- охолодження до $(30-40) ^\circ\text{C}$ зі швидкістю $(1,0-2,5) ^\circ\text{C/хв}$.

Виготовлення хвостового оперення(стабілізатора з рулем висоти та кіля з рулем напрямлення) планера здійснюється аналогічно.

2.4.3 Складально-монтажні роботи з метального планера

Елементи керування метального планера (рисунок 2.29, а) - це тяги для керування елеронами, стабілізатором та кермом напрямку. Для керування елеронами (рисунок 2.29, в) використовується жорстка тяга з дроту марки ОВС діаметром 1,5 мм. Керування стабілізатором та кермом напрямку виконується за допомогою «м'яких тяг» у вигляді корду діаметром 0,5 мм (рисунок 2.29, б).

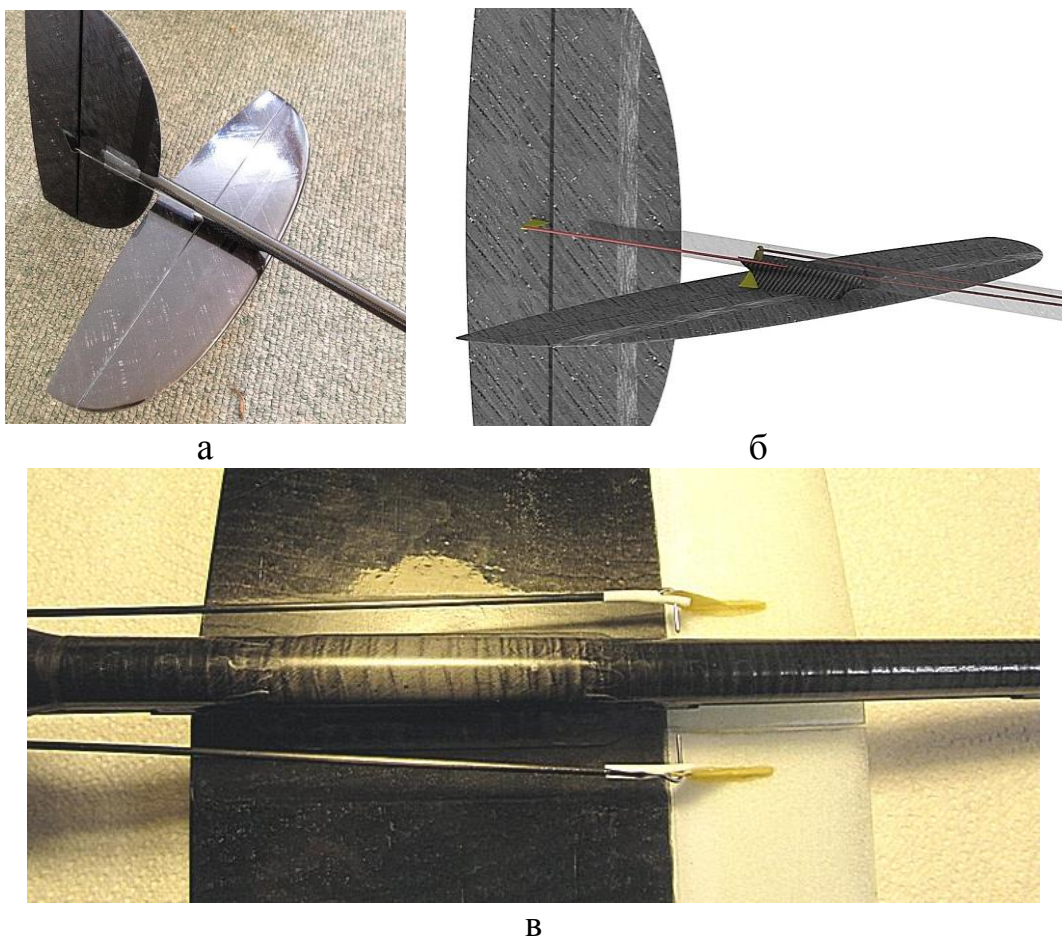


Рисунок 2.29 – Елементи керування металального планера

У торці крила металального планера прорізається паз під розмір гачка, паз заповнюється смолою Larite LR-285 з мікросферами як наповнювач та вставляється гачок (рисунок 2.30, а).

На рисунку 2.30, б показаний загальний вигляд системи радіокерування польотом металального планера, до складу якої входить акумулятор, сервомеханізм марки KST X-08, радіоприймач для прийому виконавчих команд з наземного пульта управління в руках авіамоделіста.

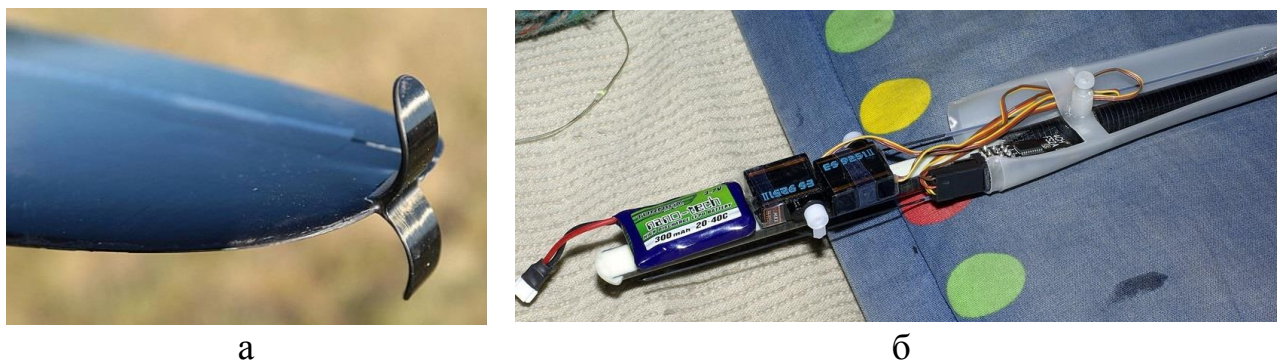
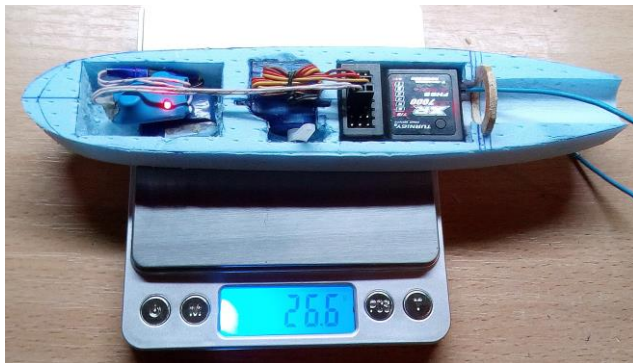


Рисунок 2.30 – Крило з вклеєним гачком (а) та система радіокерування польотом (б) металального планера

Для зважування окремих блоків (рисунк 2.31, а) або металевго планера в повній комплектації (рисунк 2.31, б) використовують ваги спеціального призначення моделі GliderCG F3K/DLG.



а



б

Рисунок 2.30 – Зважування окремих блоків (а) або металевго планера в повній комплектації (б)

Перевага використання ваг моделі GliderCG F3K/DLG полягає в тому що можливе одночасне зважування та визначення центру мас. Усі значення наочно показуються на інформативному моніторі.

2.5 Розробка схеми виготовлення і ув'язки технологічного оснащення

На промисловому підприємстві технологічна підготовка визначає не тільки швидкість і якість запуску нових виробів у виробництво. Достовірність і повнота інформації, що отримується на етапі технологічної підготовки, багато в чому гарантує ефективність планування та управління ресурсами підприємства.

САПР технологічних процесів дозволяє оперативно отримати та обробити подібну інформацію, а саме:

- проектувати технологічні процеси в автоматизованих режимах;
- розраховувати матеріальні і трудові витрати на виробництво;
- автоматично формувати усі необхідні комплекти технологічної документації, використовувані на підприємстві;
- підтримувати актуальність технологічної інформації за допомогою процесів управління змінами [5].

Підставою для проектування технологічних процесів виготовлення виробів з ПКМ є електронні моделі складальної одиниці (ЕМСО) і електронні моделі деталей (ЕМД), сформовані на базі електронного макету виробу.

Сучасний підхід до проектування і виробництва високотехнологічної та наукомісткої продукції, полягає в використанні комп'ютерної техніки і сучасних інформаційних технологій, що має на увазі створення єдиного інформаційного простору (рисунк 2.31).



Рисунок 2.31 – Сучасні автоматизовані системи для етапів життєвого циклу авіаційної техніки

У Додатку представлена схема забезпечення взаємозамінності і ув'язки технологічного оснащення для метального планера з ПКМ.

2.6 Структура цеху виробів авіаційної техніки з ПКМ

Відповідно до номенклатури виробів авіаційної техніки згідно з класифікатором цех виробів з ПКМ включає в себе наступні ділянки:

1. Заготівельну.
2. Підготовки технологічної оснастки.
3. Виготовлення тришарової конструкції.
4. Виготовлення монолітних і клеєшарових конструкцій.
5. Автоклавного термостатування.
6. Технічного обслуговування виклеювальних форм та пресформ.
7. Механічної обробки.

На кожній з ділянок проводяться наступні види робіт.

На заготівельній ділянці:

- приготування сполучних;
- приготування клеїв;
- приготування герметиків;
- приготування препрегів;
- виготовлення стільникового та пінопластового заповнювача.

На ділянці підготовки оснастки:

- підготовка робочої поверхні оснащення;
- перевірка оснащення на герметичність.

На ділянках виготовлення виробів з ПКМ:

- розкрій тканини;
- виготовлення монолітних і клеєслоїстих конструкцій або складання конструкцій з наповнювачами;
- герметизація і вакуумування пакетів.

На ділянці термостатування виконують формування виробів в печах і автоклавах.

На ділянці підготовки технологічної оснастки:

- розбирання форм;
- очищення оснащення і її герметизація.

На ділянці механообробки:

- обрізка виробів по розмітці;
- зачистка обшивок з ПКМ;
- порізка заготовок з пінопласту.

2.6.1 Розрахунок трудомісткості виготовлення виробів з ПКМ

Визначимо трудомісткість виготовлення номенклатури деталей з розбивкою по класах деталей, за даними існуючого виробництва. Результати представимо у вигляді таблиці 2.2.

З урахуванням того що цех розрахований на багатосерійне виробництво, а дані трудомісткості реального виробництва - на дрібносерійне, введемо коефіцієнт посилення норм $k_{yn}=0,9$.

Річна програма випуску комплекту композитного металевого планера у навчальних цілях складає $N = 65$.

Робота в цеху виробів з ПКМ проводиться у шкідливих умовах (пари сполучного, клеїв і ін.), тому в цеху укорочений робочий день.

Дійсний річний фонд часу основних робітників становить 1610 годин.

Таблиця 2.2 – Трудомісткість за типовими представниками виробів з ПКМ

Типовий представник	Трудомісткість на один літак, люд.·год
<i>Крило, киль, стабілізатор планера</i>	34,8
Тример елерона	18,05
Хвостова частина елерона	180,6
Дефлектор	225,56
Інтерцептор	75,2
Трудомісткість виготовлення тришарових конструкцій	537,19
Рогова компенсація елерона	10,8
Бокові нервюри склопластикові	18,5
<i>Обтекатель, трубка планера</i>	6,5
Лонжерон елерона	126
Обтікачі	108
Трудомісткість виготовлення монолітних конструкцій	281,8

Трудомісткість виготовлення виробів з ПКМ по ділянках цеху для річної програми наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Трудомісткість виготовлення виробів по ділянках цеху

Ділянки цеху	Трудомісткість на один виріб, люд.·год	Трудомісткість на програму, люд.·год
Заготівельна	401,31	24078
Підготовки оснастки	147,42	8845
Тришарових конструкцій	537,19	32231
Клеєшарових конструкцій	281,8	16908
Термостатування	368,55	22113
Розбирання форм	212,94	12776
Механообробки	409,50	24570
Усього	2358,69	141521

2.6.2 Розрахунок кількості основних робітників

Кількість основних робітників розраховується виходячи з трудомісткості виготовлення виробу і визначається за формулою

$$n_{\text{расч}} = \frac{\sum_{i=1}^N t_i \cdot N_{iT}}{\Phi_D \cdot k_{BH} \cdot K_M}, \quad (2.1)$$

де $n_{\text{расч}}$ – розрахункова кількість основних робітників;

t_i – трудомісткість виготовлення одного виробу першого найменування;

N_{iT} – річна програма випуску виробу i -го найменування;

$\sum_{i=1}^N t_i \cdot N_{iT}$ – повна трудомісткість по всім видам робіт, виконуваних робіт-

никами однієї професії;

Φ_d – дійсний річний фонд часу робочого;

k_{BH} – середній коефіцієнт виконання норм ($k_{BH}=1.25$);

K_m – коефіцієнт багатоверстатного обслуговування ($K_m=1.2$).

Розрахункова кількість робочих округляється до найближчого більшого цілого числа. Результати розрахунків наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Кількість основних робітників цеху виробів з ПКМ

Професія	Φ_d , год	Розряд	Трудовісткість робіт, люд.·год	Кількість робочих	
				Розрахункове, люд.	Прийняте, люд.
Верстатник	1610	3-5	24078	9,97	10
Слюсар підготовки оснастки		3-5	8845	3,66	4
Слюсар-складальник тришарових конструкцій		3-5	32231	13,35	13
Слюсар-складальник клеєшарових конструкцій		3-5	16908	7,00	7
Оператор термостатування		3-5	22113	3,12	3
Слюсар		3-5	12776	5,29	5
Верстатник		3-5	24570	10,17	10

2.6.3 Розрахунок кількості допоміжних робочих

Розрахунок кількості допоміжних робітників проводиться за нормами обслуговування на одне робоче місце основного робітника. Розрахунки зведені в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Кількість допоміжних робочих цеху виробів з ПКМ

Професія	Кількість, люд.
Наладчики	2
Електромонтери	2
Слюсарі по ремонту обладнання	4
Слюсарі з обслуговування обладнання	2
Слюсарі ПРИН	3
Комірник ИРК	2
Комірники виробничих складів	6
Транспортні робочі	4
Прибиральники цеху	5
Контролери	8

2.6.4 Розрахунок кількості ІТР, СКП і МОП

Кількість ІТР, СКП, МОП визначається штатним розкладом в залежності від кількості основних робочих (таблиця 2.6).

Таблиця 2.6 – Розрахунок кількості ІТР, СКП и МОП

Підрозділ цеху	Посада	Кількість, люд.
Керівництво цеху	Начальник цеху	1
	Заступник начальника з виробництва	1
	Заступник начальника з ТПВ	1
Виробництво	Старший майстер	2
	Змінний майстер	6
Підготовка виробництва	Начальник техбюро	1
	Технолог	5
	Технік по інструменту	1
	Майстер ПРИН	1
	Зав ІРК	1
ПДБ	Начальник ПДБ	1
	Плановик	3
	Диспетчер	2
	Технік по матеріалам	1
БТЗ	Начальник БТЗ	1
	Нормувальник	2
	Економіст	1
Група механіка	Механік цеху	1
	Енергетик цеху	1
	Майстер по обладнанню	1
БТК	Начальник БТК	1
	Контрольний майстер	2
ИТОГО ІТР по цеху		37
ПДБ	Нарядчик	1
	Обліковець	1
	Бухгалтер	1
Загальне обслуговування	Секретар-машиніст	1
	Завгосп	1
ИТОГО СКП по цеху		6
Загальне обслуговування	Прибиральник конторських приміщень	2
ИТОГО МОП по цеху		2
Усього		45

Чисельність працюючих в цеху виробів з ПКМ зведена в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 – Чисельність працюючих в цеху виробів з ПКМ

Категорія працюючих	Кількість
Виробничі робітники	52
Допоміжні робітники	40
ИТР	37
СКП	6
МОП	2
Всього	137

2.6.5 Розрахунок кількості обладнання та інших робочих місць

Загальна кількість технологічного обладнання цеху виробів з ПКМ визначається як сума одиниць окремих видів обладнання, необхідних для виготовлення всієї номенклатури цеху (ділянки).

Розрахункова кількість однотипного обладнання визначається за формулою

$$C_{\text{расч.і}} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i N_{\text{ГОД.і}}}{\Phi_{\text{ді}} \cdot k_{\text{одн.і}} \cdot k_{\text{вн}}}, \quad (2.2)$$

де $C_{\text{расч.і}}$ – розрахункова кількість обладнання даного виду на ділянці;

t_i – трудомісткість виготовлення i -го виробу на обладнання даного типу;

$N_{\text{ГОД.і}}$ – річна трудомісткість виготовлення i -го виробу;

$\Phi_{\text{ді}}$ – дійсний річний фонд часу роботи обладнання у відповідності з прийнятим режимом роботи;

$k_{\text{одн.і}}$ – середня кількість робочих які працюють на даному виді обладнання або робочому місці;

$k_{\text{вн}}$ – коефіцієнт, що враховує середнє виконання норм робочим.

Отримана в результаті розрахунку дробова кількість обладнання округляється до найближчого більшого числа.

Додаткове обладнання при проектуванні цехів застосовується в залежності від особливостей технологічного процесу. Кількість обладнання розраховується по ділянках.

Результати розрахунків зведені в таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 – Кількість обладнання та інших робочих місць

Найменування обладнання по ділянках		Модель	Кількість
Заготівельна			
Установка для просочення склотканини		УПСТ-1000М	2
Установка для просочення стрічок		УЛС-3	2
Холодильна камера		КХС-2-6	2
Підготовки форм			
1	Стіл з бортовим відсмоктувачем		5
2	Стіл для інструментів		5
Виготовлення тришарових конструкцій			
1	Стіл з бортовим відсмоктувачем		13
2	Підставка з препрегом		13
3	Шафа для зберігання матерії		13
4	Стіл для інструментів		13
5	Шафа для зберігання наповнювачів		13
Виготовлення монолітних і клеєшарових конструкцій			
1	Стіл з бортовим відсмоктувачем		7
2	Підставка с препрегом		7
3	Шафа для зберігання матерії		7
4	Стіл для інструментів		7
5	Шафа для зберігання наповнювачів		13
Термостатування			
1	Автоклав	«Шольц»	2
2	Термопіч	ПАП-3	4
Розбирання форм			
1	Стіл з бортовим відсмоктувачем		5
1	Стіл для інструментів		5
1	Шафа для зберігання використаних оправок		5
Механообробки			
1	Настільний свердлильний верстат	ПС-12А	1
2	Стрічкова пилка	ЛС-80	1
3	Фрезерний верстат з ЧПК	МА 655А	2
4	Універсальний фрезерний верстат	6Н89	2
5	Верстат для однобічної клепки	1СПГ-5	1
6	Прес для клепки методом розкочування	ПКРС-1	1

3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Методика маркетингового вивчення ринку збуту виробів

Основними напрямками маркетингу в сфері збуту є вивчення попиту на продукцію, формування асортименту, регулювання ціни продажу, створення вигідного портфеля замовлень [13].

Філософія маркетингу збуту дозволяє осмислити, як, яким чином виробник повинен організувати процес збуту з виділенням інструментів успішного просування готової продукції до кінцевого покупця. При здійсненні маркетингу стає зрозумілою інформація: які товарні одиниці і за якою ціною користуються підвищеним попитом у споживачів і приносять максимальну віддачу на кожен рубль, вкладений в виробничий процес [13].

При цьому маркетинг сприяє об'єктивній оцінці переваг і недоліків, наявних у основного конкурента. В результаті керівництво приймає зважені рішення про формування концепції партнерства з використанням прихованих резервів реструктуризації компанії і можливої диверсифікації.

Головною цільовою функцією маркетингу збуту є освоєння вигідною товарної ніші з урахуванням впливу факторів ринкового середовища і застосування перспективних маркетингових комунікацій.

Маркетинг збуту - цілісна сукупність форм і методів управління процесом реалізації виробленої продукції в результаті перетворення товарів у гроші з урахуванням задоволення запитів споживачів і отримання наміченої прибутку. Тільки продавши товар і отримавши прибуток, підприємство-виробник досягає кінцевої мети: витрачений капітал приймає грошову форму, в якій він може повторити свій кругообіг [13].

3.1.1 Характеристика метального радіокерованого планера як товару

Щорічно під егідою FAI проводиться чемпіонат світу або чемпіонат Європи з авіамодельного спорту, Кубок світу, який складається з низки етапів, та інші міжнародні змагання.

Авіаційний моделізм – це один із найцікавіших, найпопулярніших і найкорисніших видів технічної творчості молоді і школярів. Як засіб організації розумового дозвілля і активного відпочинку дітей, заняття з авіамоделізму значною мірою сприяють їх загальному і політехнічному навчанню [8].

Кубок світу – це індивідуальний залік спортсменів, який проходить в декілька етапів в різних країнах. Ці змагання проводяться з 1995 року. Чемпіонат світу з авіамодельного спорту відбувся у 2023 році в США.

На цих змаганнях учасники демонструють свої конструкторські, інженерні та метеорологічні навички, запускаючи моделі метального радіокерованого планера класу F3K (рисунок 3.1).



а



б

Рисунок 3.1 - Приклади (а) та методика (б) запуску метального планера

Змагання проходять окремо як для дорослих, так і для юніорів, а також мають командний залік. Крім того, з 2021 року введена додаткова жіноча класифікація в кожній віковій категорії. Українська збірна з авіамоделювання в складі п'яти дорослих спортсменів і семи юніорів долучилася до чемпіонату й мала змогу позмагатися з 16 іншими країнами, 448 спортсменами і у восьми класах моделей.

3.1.2 Принципи збуту метального радіокерованого планера як товару

Сьогодні багато промислових фірми створюють у себе добре налагоджений збутової апарат, мають власні канали збуту з активним використанням власної дистриб'юторської або дилерської мережі. Збутова комерційна діяльність на промисловому підприємстві багатогранна, вона починається з встановлення комерційних взаємовідносин з покупцями в рамках формування портфеля замовлень. Перехід промислових підприємств до організації виробничо-збутової діяльності на принципах маркетингу повинен супроводжуватися змінами організаційної структури управління, характеру роботи, стилю мислення господарського керівництва [13].

Формування організаційних структур маркетингу має дуже велике значення в умовах перехідної економіки, оскільки від їх відповідності зовнішнім умовам і внутрішньому середовищі підприємства залежить реалізація маркетингової стратегії.

Договір поставки визначається як договір, відповідно до якого постачальник-продавець, який здійснює комерційну діяльність, зобов'язується передати в обумовлений термін вироблені чи закуплені їм товари покупцеві для викорис-

тання у підприємницькій діяльності або в інших цілях, не пов'язаних з особистим, сімейним і іншим подібним використанням. При здійсненні комерційних угод договір є основним документом, який регламентує відносини партнерів.

При цьому необхідно бачити різницю між збутом продукції та її реалізацією. Момент збуту готової продукції вважається момент відвантаження продукції за межі підприємства-виготовлювача, а момент реалізації настає при надходженні грошей від покупця на розрахунковий рахунок постачальника.

Договір поставки виконує наступні функції [13]:

- юридично закріплює відносини між партнерами;
- встановлює порядок і способи виконання зобов'язань;
- передбачає способи захисту забезпечення зобов'язань.

Партнери, що укладають договір поставки, передбачають в ньому такі умови: дата укладення договору; повне найменування сторін; кількість і асортимент товарів, коли в даній галузі щодо поставки товару товар без упаковки. Основні обов'язки покупця: прийняти продукцію в місці і в термін, зазначені в договорі, сплатити ціну товару, передбачену договором, нести всі витрати і ризики, яким може піддатися продукція після передачі на неї права власності покупцю.

Коли в договорі може бути зазначено, що покупець повинен вивезти матеріальні ресурси зі складу підприємства-постачальника. Це означає, що всі обов'язки з транспортування і комерційний ризик лягають на покупця. Такі умови найбільш вигідні для підприємства-постачальника.

3.1.3 Вибір політики ціноутворення

При встановленні ціни враховуються особливості поставки. Якщо передбачається поставка матеріальних ресурсів на склад покупця, в ціну повинні бути включені транспортні витрати і витрати страхування вантажу. Коли передбачається поставка продукції зі складу постачальника, ціна враховує тільки її вартість.

Ціна в договорі може бути твердою (фіксованою) і ковзною, тобто з наступною фіксацією. При зазначеній твердою ціною в договорі визначається конкретна цифра, яка не підлягає змінам при оплаті покупцем. Загальновідомо, що фіксована ціна в умовах інфляції вигідна тільки покупцеві. Тому постачальник, щоб убезпечити себе від збитків, вимагає передбачення в договорі 100 % передоплати.

Якщо в момент укладення договору важко визначити конкретну ціну, сторони можуть передбачити фіксацію вихідної ціни, яка протягом виконання договору може змінюватися за узгодженим партнерами методом. Така ціна називається ковзною; вона є по суті ринковою ціною в момент виконання догово-

ру. Цифра ковзної ціни з наступною фіксацією в договорі не відбивається. В цьому випадку в розділі «Особливі умови договору» вказуються точні способи визначення ковзної ціни.

Обсяг збуту (реалізації) продукції визначає результати фінансово-господарської діяльності підприємства, від нього залежить розмір доходів і прибутку. У практиці комерційної діяльності велике значення має своєчасне і економічно грамотне виконання збутових функцій. Навіть невеликі відхилення від запланованих робіт можуть мати негативні для підприємства наслідки. Тому завданням аналізу збутової діяльності є виявлення причин збоїв в збутовому процесі і їх усунення. Необхідно ще раз помститися, що збут готової продукції фіксується в момент її відвантаження за межі підприємства, а реалізація фіксується в момент надходження грошей на рахунок підприємства.

Збутову діяльність підприємства доцільно аналізувати за наступними напрямками [13]:

- аналіз виконання договірних зобов'язань перед покупцями по поставках продукції;
- аналіз якості продукції, що поставляється покупцям продукції;
- аналіз показників результативності збутової діяльності;
- аналіз впливу збутової діяльності на прибуток підприємства.

Показники результативності збутової діяльності доцільно використовувати для аналізу комерційної роботи відділу збуту підприємства. До них насамперед належить обсяг реалізації продукції. Цей показник слід приймати або в натуральних одиницях виміру, або в порівнянних цехах, щоб виключити вплив цін на зростання обсягу реалізації продукції. Активність збутової діяльності можна оцінити кількістю укладених і виконаних контрактів з покупцями.

Зміна середньої вартості одного виконаного контракту показує, як змінилася частка покупців (великих, середніх, малих) в загальному обсязі збуту продукції підприємства. Визначається цей показник шляхом ділення обсягу реалізованої продукції за певний період до кількості виконаних за цей період контрактів з покупцями.

Говорячи про аналізі впливу збутової діяльності на прибуток підприємства, слід зазначити, що збут продукції як складова частина комерційної діяльності робить вирішальний вплив на розміри доходів і прибутку. Таким економічним категоріям, як збут і прибуток, в розвинених країнах ринкової економіки приділяється велика увага. Відомо, що прибуток залежить не тільки від кількості реалізованої продукції, але і від частки постійних витрат підприємства. Тому для економіки розвинених країн характерне виділення із загальних витрат на виробництво і збут продукції постійних і змінних витрат. Це характерно для тих країн, де застосовується система обліку витрат під назвою «директ-

костинг». При цій системі собівартість продукції визначається тільки за змінними витратами. Решта витрат відносяться на прибутки і збитки підприємства.

У контракт на поставку виробу вноситься чотири позиції [13]:

1. Одиниця зміни ціни – це кількісна характеристика товару, залежна від характеру товару і світової практики.

2. Базис ціни – встановлюють, які витрати вкладаються в ціну товару і здійснюються за рахунок продавця, а які понад ціну – за рахунок покупця.

3. Валюта ціни – ціна може бути виражена у валюті країни імпортера, експортера або третьої сторони.

4. Спосіб фіксації цін – ціна визначається або відразу, або після укладення контракту.

Розрізняють чотири види цін [13]:

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

Для метального радіокерованого планера використовується змінна ціна, яка нараховується на момент виконання контракту, шляхом перегляду базової ціни з урахуванням зміни у витратах виробництва за період виконання замовлень на товар.

Маркетинг виділяє чотири основні види цінової стратегії на ринку [13]:

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

Зазвичай метальний радіокерований планер продається за прямими поставками. На підприємстві для цих цілей існує відділ збуту і зовнішньоекономічних зв'язків. Тут проводиться дослідження ринку, опрацьовуються варіанти можливих партнерів. В результаті переговорів укладається договір про поставку товару до певного терміну, в певній кількості і за певною ціною.

3.2 Формування ринку попиту з урахуванням оцінки ризиків

Рекламна стратегія на промисловому підприємстві формується, щоб визначити переваги продукції, передати інформацію про них потенційному споживачу та сформувані у нього рішення про придбання продукції виробничо-технічного призначення [13].

В умовах сучасної економічної глобалізації, формування ефективної маркетингової та рекламної стратегії є актуальною проблемою для кожного промислового, а саме машинобудівного, підприємства. Ефективно сформована ре-

кламна стратегія допомагає охопити цільову аудиторію рекламними повідомленнями про продукцію виробничо-технічного призначення, і встановити міцні взаємовідносини споживачів і машинобудівних підприємств.

Маркетингова та рекламна стратегії в різних сферах виробничої діяльності має суттєві особливості, тобто мають різний зміст і цільову спрямованість окремих функцій, які залежать від кола розв'язуваних питань [13].

Ці особливості визначаються, насамперед, характером і кінцевим призначенням виробленої продукції, специфікою її виробництва і споживання і витікаючими звідси відмінностями в якісному складі споживачів, їхніх вимогах до продукції і підприємства, яке її виробляє.

Принцип галузевої орієнтації базується на урахуванні особливостей галузі продукції виробничо-технічного призначення при формуванні рекламної стратегії. Таким чином, специфіка продукції має важливе значення та впливає на тип засобів реклами, рекламного впливу та інші складові рекламної стратегії.

Принцип професійної відповідності акцентує увагу, що при формуванні рекламної стратегії потрібно детальне вивчення та відповідність професійним стандартам, нормативам і правилам, прийнятим у сфері реклами [9].

Формування рекламної стратегії продукції виробничо-технічного призначення має свої особливості, та специфічні питання, які вирішуються за допомогою вибору ефективних інструментів рекламної стратегії. Один із важливих етапів формування рекламної стратегія машинобудівного підприємства є вибір каналів рекламних комунікацій, тому що складний механізм впливу різних інструментів реклами на поведінку споживачів і зростання продажів визначає успішність сформованої рекламної стратегії машинобудівного підприємства.

До традиційних засобів масової інформації відносять: телевізійну рекламу, спеціалізовані газети та журнали, зовнішню рекламу, друковану рекламу, виставки, змагання авіамоделістів (рисунки 3.2, а), рекламні сувеніри.



а



б

Рисунок 3.2- Приклади реклами

Друкована реклама – це засіб реклами, надрукований на спеціально виготовлений в рекламних цілях продукції, яка не є періодичним виданням, і розраховане переважно на зорове сприйняття споживачів (рисунк 3.2, б).

На підприємствах використовують наступні види друкованої реклами:

- каталог – друковане видання, сформоване у вигляді брошури або книги, що містить перелік продукції, складене в певному порядку;
- проспект – рекламний засіб, в якому рекламується продукція або певна група товарів, що відноситься до однієї товарної категорії, представлена інформація більш розгорнута про кожний вид продукції, добре ілюстрований і якісно надрукований;
- буклет – видання, розміри якого зменшуються за рахунок багаторазового складання в «гармошку». Розрахований на короточасне використання і в більшості випадків на одноразове прочитання;
- упаковка – паперова оболонка продукції. Крім функції збереження товару, упаковка має велике рекламне значення, головним її завданням є привернути увагу споживача до продукції.

3.3 Розрахунок техніко-економічних показників цеху виробів з КМ

Розряд основних виробничих робітників цеху - не нижче четвертого.

Годинна тарифна ставка виробничих робітників цеху - 92 грн.

Річна програма випуску метального планера NB=65 шт.

Трудомісткість виготовлення одного комплексу композитних вузлів та деталей метального планера без складальних робіт складає 2686 люд.·год.

Цех виробів із КМ авіаційного заводу працює в одну зміну.

Тривалість виробничого циклу виготовлення одного комплексу композитних вузлів та деталей метального радіокерованого планера класу F3K без складальних та монтажних робіт дорівнює 80 год.

Річна програма запуску N3, шт., у виробництво метального планера розраховується за формулою

$$N3 = NB \cdot (1 + ПН/100) = 65 \cdot (1 + 6/100) = 68,94 \text{ шт.},$$

де ПН – технічні неминучі витрати, ПН=6%. Приймаємо N3 = 69 шт.

Для визначення собівартості одного комплексу композитних вузлів та деталей метального радіокерованого планера необхідно визначити [13]:

- вартість основних матеріалів;
- зворотні відходи;
- заробітню плату виробничих працівників(основних та додаткових);
- відчислення у фонд ЄСВ з заробітних плат;
- загальновиробничі постійні та змінні витрати;
- витрати на освоєння нових моделей метального планера.

Собівартість виробу обчислюється як

$$C_{\text{Вир}} = BМ - ЗВ + ОЗПР + ДЗПР + ЄСВПР + Пев + ПоВ + ВПВ.$$

Трудомісткість виробничої партії з одного комплекту композитних вузлів та деталей метального планера розраховують як

$$ТГ = ТГ_{\text{шт}} \cdot NЗ,$$

де $ТГ_{\text{шт}}$ – трудомісткість виготовлення одного комплекту композитних вузлів та деталей метального планера без складальних та монтажних робіт;

$NЗ$ – річна програма запуску у виробництво одного комплекту композитних вузлів та деталей метального планера.

$$\text{Тоді } ТГ = 2686 \cdot 69 = 171904 \text{ год.}$$

Основна заробітна плата виробничих робітників складає

$$ОЗПР = ТГ \cdot СГС,$$

де $СГС$ – середня годинна ставка.

До промислово-виробничого персоналу підприємства належать такі працівники: основні виробничі (таблиця 3.1) і допоміжні робітники, фахівці (інженерно-технічні працівники), службовці, молодший обслуговуючий персонал.

Таблиця 3.1 – Кількість основних виробничих робочих цеху

Професія	Розряд	Трудомісткість робіт на річну програму, люд.·год	Кількість робочих
Верстатник	4	24078	10
Слюсар комплектування оснастки		8845	4
Слюсар-складальник тришарових стільникових конструкцій з ПКМ		32231	13
Слюсар-складальник тришарових пінопластових конструкцій з ПКМ		16908	7
Оператор автоклавного обладнання		22113	3
Слюсар-інструментальник		12776	5
Слюсар-складальник монолітних формованих конструкцій з ПКМ		24570	10
Загальна кількість			52

Середня годинна ставка $СГС$ складає

$$СГС = \frac{ГС_{III} \cdot 1,65 \cdot КВР_{IV}}{КВР},$$

де $ГС_{III}$ – годинна ставка *III* розряду;

$КВР_{IV}$ – кількість виробничих робітників *IV* розряду.

Тоді

$$СГС = \frac{1,65 \cdot 92 \cdot 52}{52} = 151,8 \text{ грн.}$$

Витрати на сировину та матеріали ($BМ$) визначають як [13]:

$$BM = HM \cdot CM \cdot \left(1 + \frac{HT}{100}\right),$$

де HM – маса расходних матеріалів (для виробів з ПКМ, у тому числі металевий планера, це вуглеволокно, вакуумна плівка, герметизуючий шар, поглинаючий шар, жертвовий шар, роздільна плівка, епоксидна смола, гелькоат).

Для річної програми виготовлення металевий планера $HM=65 \cdot 0,6=39$ кг,

HT – норматив транспортних витрат, %; $HT=1,5\%$;

CM – ціна кілограму композиційного матеріалу, приймаємо в середньому ціну 3000 грн/кг. Тоді

$$BM = 39 \cdot 3000 \cdot \left(1 + \frac{1,5}{100}\right) = 118755 \text{ грн.}$$

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

$$ЗВ = HM \cdot \left(1 - \frac{KBM}{100}\right) \cdot CM \cdot 0,1,$$

де KBM – коефіцієнт використаних матеріалів, %; $KBM=82,8\%$.

Тоді

$$ЗВ = 117 \cdot \left(1 - \frac{82,8}{100}\right) \cdot 3000 \cdot 0,1 = 6037,2 \text{ грн.}$$

Основна заробітна плата виробничих робітників складає

$$ОЗПР=171904 \cdot 151,8=7127139,84 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата виробничих робітників визначається як

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

де $НДО$ – норматив додаткової заробітної плати робочих, %; $НДО=45\%$.

Тоді

$$ДЗПР = 7127139,84 \cdot \frac{45}{100} = 3207213,9 \text{ грн.}$$

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

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

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

$$ЄСВПР = (7127139,84 + 3207212,928) \cdot \frac{22}{100} = 2273557,42 \text{ грн.}$$

Сума постійних загальновиробничих витрат є нормативом від заробітної плати основних робітників визначається за формулою

$$ПоВ=65\% \cdot ОЗПР=65\% \cdot 7127139,84=4632640,9 \text{ грн.}$$

Сума змінних загальновиробничих витрат є нормативом від заробітної плати основних робітників та визначається за формулою

$$\text{Пев} = 80\% \cdot \text{ОЗПР} = 80\% \cdot 7127139,84 = 5707711,9 \text{ грн.}$$

Витрати на підготовку виробництва (ВПВ) визначають нормативом від матеріальних витрат та основної заробітної плати виробничих робітників для виробу - комплекту композитних вузлів та деталей металюного планера:

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

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

$$\text{ВПВ} = (2182656 + 7127139,84) \cdot \frac{6}{100} = 558587,75 \text{ грн.}$$

Виробнича собівартість партії виробів - комплекту композитних вузлів та деталей металюного планера складе

$$\begin{aligned} \text{СВир} &= 218265,6 - 3698,69 + 7127,13 + 3207,21 + 2273,55 + 4632,64 + 5707,7 \\ &+ 558587,7 = 256525,2 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Виробнича собівартість одного виробу - комплекту композитних вузлів та деталей металюного планера складе

$$\text{СВ} = \frac{\text{СВир}}{N3} = \frac{256525,2}{69} = 4008,21 \text{ грн.}$$

Витрати на збут одного виробу - комплекту композитних вузлів та деталей металюного планера визначаються за формулою

$$\text{ВЗБ} = 5\% \cdot \text{СВ} = 5\% \cdot 4008,21 = 2004,1 \text{ грн.}$$

Повна собівартість партії виробів - комплектів композитних вузлів та деталей металюного планера, враховуючи витрати на збут, складе

$$\text{СВ}_{\text{ПОВНА}} = N3 \cdot (\text{ВЗБ} + \text{СВ}) = 69 \cdot (2004,1 + 4008,21) = 269351,45 \text{ грн.}$$

Повна собівартість одного виробу - комплекту композитних вузлів та деталей металюного планера складе

$$\text{СВ}_{\text{ВИРОБУ}} = \frac{\text{СВ}_{\text{ПОВНА}}}{N3} = \frac{269351,45}{69} = 4208,61 \text{ грн.}$$

3.3.1 Визначення критичної програми випуску металюного планера

Розмір критичної програми РКП річного обсягу випуску продукції – це мінімальний розмір програми випуску продукції за рік, при якому дохід від продажів РДР дорівнює витратам виробництва РВВ, тобто прибуток дорівнює нулю [13]. Розмір програми випуску комплекту композитних вузлів та деталей металюного планера визначаємо графічно.

Точка беззбитковості – розмір партії продукції, що випускається, при якій забезпечується «нульовий прибуток», тобто прибуток від продажу дорівнює витратам виробництва [13]. Графічно критичну програму виробництва визначаємо як проекцію точки перетинання двох прямих: річного доходу від реалізації РДР

і річних витрат виробництва РВВ. Результати розрахунків собівартості комплексу композитного металевого планера зведено до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Визначення собівартості комплексу композитних вузлів та деталей металевого планера

Найменування величин	Позначення	Значення, грн
Витрати на сировину і матеріали	ВМ	218265,6
Основна зарплата виробничих робітників	ОЗПР	7127,13
Додаткова зарплата виробничих робітників	ДЗПР	3207,21
Нарахування до фонду ЄСВ на заробітну плату виробничих робітників	ЄСВПР	2273,55
Постійні загальновиробничі витрати	ПоВ	4632,64
Змінні загальновиробничі витрати	ПеВ	5707,7
Витрати на підготовку виробництва	ВПВ	55858,77
Виробнича собівартість партії виробів	СВир	256525,19
Виробнича собівартість одного виробу	СВ	4008,21
Витрати на збут	ВЗБ	2004,1
Повна собівартість партії виробів	СВ _{ПОВНА}	269351,45
Повна собівартість одного виробу	СВ _{ВИРОБУ}	4208,61
Ціна на виріб без НДС	ЦВ	4629,47

Річні постійні витрати РПоВ визначаємо за трьома видами витрат і множенням цієї суми на річний обсяг запуску у виробництво $NЗ$, заданий у вихідних даних для виробу - комплексу композитних вузлів та деталей металевого планера

$$РПоВ = (ПоВ + ВЗ) \cdot NЗ,$$

де ВЗ – виробнича собівартість

$$ВЗ = СВ \cdot \frac{NЗ}{100},$$

де $NЗ$ – норматив витрат на збут

$$ВЗ = 4008,2 \cdot \frac{5}{100} = 201,41 \text{ грн};$$

$$РПоВ = (4632,64 + 201,41) \cdot 69 = 297778,04 \text{ грн}.$$

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

$$ЗмВ \cdot NВ.$$

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

$$ЗмВ = СВир - ПоВ = 256525,19 - 4632,640 = 21019,87 \text{ грн}.$$

Лінію річного доходу від реалізації РДР, яка також виходить із початку координат, визначаємо за формулою [13]:

$$РДР = ЦВ \cdot NВ,$$

де ЦВ – оптова ціна на виріб. Тоді

$$РДР = 4629,47 \cdot 65 = 277768,69 \text{ грн.}$$

Розмір критичної програми РКП розраховуємо за формулою [13]:

$$РКП = \frac{РПоВ}{ЦВ-ЗМВ}, \text{ РКП} = \frac{2977780,43}{277768,69-21019,87} = 47,07 \approx 47 \text{ шт.}$$

Кошторис витрат на виробництво річного комплекту композитних вузлів та деталей метального планера складе

$$РВВ = СВ \cdot NV = 4008,21 \cdot 65 = 240492,37 \text{ грн.}$$

Точка беззбитковості виготовлення комплектів композитних вузлів та деталей метального планера показана на графіке (рисунок 3.2).

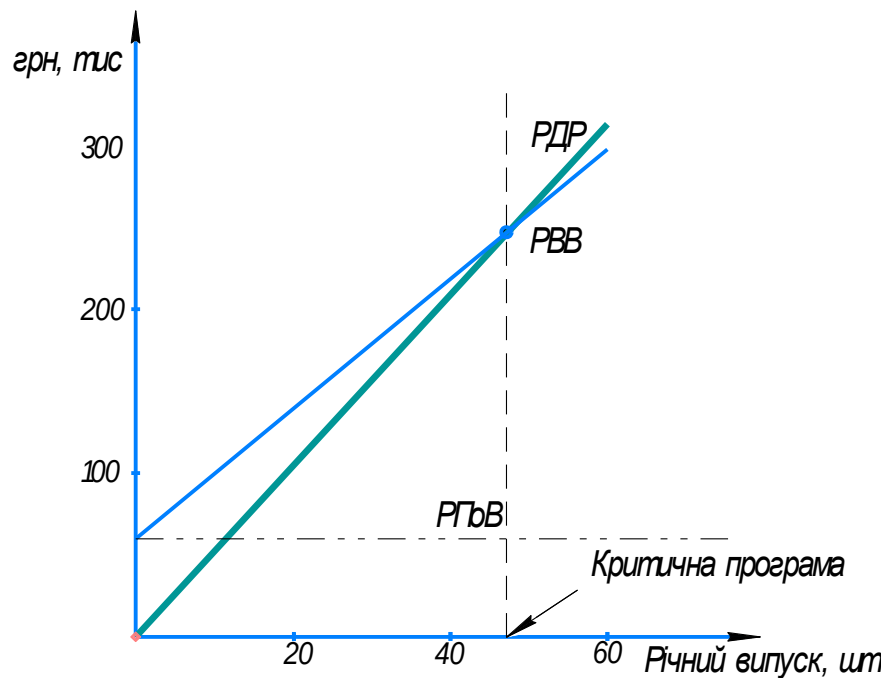


Рисунок 3.2 – Точка беззбитковості виготовлення комплектів композитних вузлів та деталей метального планера

Висновки

В економічному розділі дипломного проекту був проведений розрахунок витрат на виготовлення комплекту композитних вузлів та деталей метального планера, який показує:

- розрахункова повна собівартість $СВ_{ПОВНА}$ виготовлення річного комплекту складає 269351,45 грн;
- повна собівартість одного комплекту $СВ_{ВИРОБУ}$ складає 4208,61 грн.

4 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

«ОСОБЛИВОСТІ ОБРОБЛЕННЯ РІЗАННЯМ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ»

4.1 Властивості композиційних матеріалів

Композиційні матеріали (КМ) – це конструкційні матеріали, що складаються з матриці (основи) і розподіленого в ній армувального матеріалу. Як армувальний матеріал можуть застосовуватися волокна скла, вуглецю, бору, органічні волокна [8].

КМ мають широкий діапазон властивостей: вищу, ніж у металевих конструкційних матеріалів, питому міцність; низьку чутливість до концентраторів напруження; високу корозійну стійкість; радіопрозорість [10].

Високі показники КМ з питомої міцності, жорсткості й опірності втомі у поєднанні зі специфічними властивостями – радіопрозорістю, високою демпфірувальною здатністю, низькою теплопровідністю – зумовили широке їх використання в конструкціях сучасних ЛА [10].

Оброблення різанням КМ використовують під час виготовлення широкої номенклатури традиційних деталей – обшивок, стрингерних панелей, накладок, поясів, багат шарових панелей зі стільниковим заповнювачем. Технологічні вузли з КМ – балки, шпангоути, лонжерони, відсіки агрегатів – потеребують значного часу оброблення з видаленням зайвого матеріалу.

При цьому застосовуються практично всі наявні види обробки різанням: розкроювання заготовок, точіння, фрезерування, свердління, шліфування та ін. Оброблення різанням КМ має низку специфічних особливостей, які зумовлені здебільшого особливостями структури й властивостями оброблюваного матеріалу: неоднорідністю, низькою теплопровідністю, наявністю волокон тощо.

У той же час процес різання КМ супроводжується тими самими явищами, що й процес різання металів: стружкоутворенням, силовими й тепловими явищами, інтенсивним спрацьовуванням інструменту [9].

4.2 Класифікація конструкційних пластмас

Конструкційні пластмаси, до яких за класифікаційними ознаками належать КМ, різняться як за складом, так і за фізико-механічними властивостями. Аналіз властивостей і складу використовуваних конструкційних пластмас дає можливість визначити основні характеристики, за якими їх треба зараховувати до тієї або іншої групи за оброблюваністю різанням. У першу чергу, це змінення властивостей сполучного під час нагрівання, що й визначає різницю в умовах різання цих типів матеріалів [7].

За стійкістю до нагрівання сполучного матеріалу конструкційні пластмаси поділяють на два класи – термопластичні й термореактивні (рисунки 4.1).

До складу *термореактивних* пластмас як сполучний матеріал входять переважно фенолформальдегідні смоли. Ці види смол під час виготовлення деталей під впливом тепла й тиску переходять у необоротний стан, тобто у процесі нагрі-

вання вони не розм'якшуються.

Термопластичні пластмаси, на відміну від термореактивних, під впливом підвищеної температури розм'якшуються.



Рисунок 4.1 - Класифікація пластмас за стійкістю до нагрівання

Кожний клас конструкційних пластмас, у свою чергу, поділяють на групи за оброблюваністю різанням:

1. Термопластичні пластмаси:
 - без наповнювача (оргскло, фторопласти, капрон, вініласти);
 - з порошкоподібним металевим наповнювачем (пластмаси на основі фторопласту або полістиролу з домішками порошків міді, свинцю, дисульфиду молібдену).
2. Термореактивні пластмаси:
 - з газоповітряним наповнювачем (пінопласти, поропласти);

- з порошкоподібним наповнювачем (фенопласти);
- з волокнистим наповнювачем (склопластики, органопластики, боропластики, вуглепластики, гібридні матеріали);
- з шаруватим і листовим наповнювачами (гетинакси, текстоліти).

Матеріали, що належать до однієї групи, схожі за своїм складом, властивостями й агрегатним станом, тому закономірності їх різання однакові. Це виправдовується для всіх груп матеріалів, за винятком пластмас з волокнистим наповнювачем, до яких згідно з класифікацією належать КМ. Річ у тому, що такі КМ, як високоміцні скло-, органо-, боро- та вуглепластики, маючи однакову волокнисту структуру, сильно різняться за своїми фізико-механічними властивостями [10].

Групу пластмас із волокнистим наповнювачем доцільно поділити на низку підгруп за складом і властивостями наповнювача й сполучного, схемою армування матеріалу.

Область застосування КМ в конструкції сучасного пасажирського літака показано на рисунку 4.2, лопатей вертольота – на рисунку 4.3.

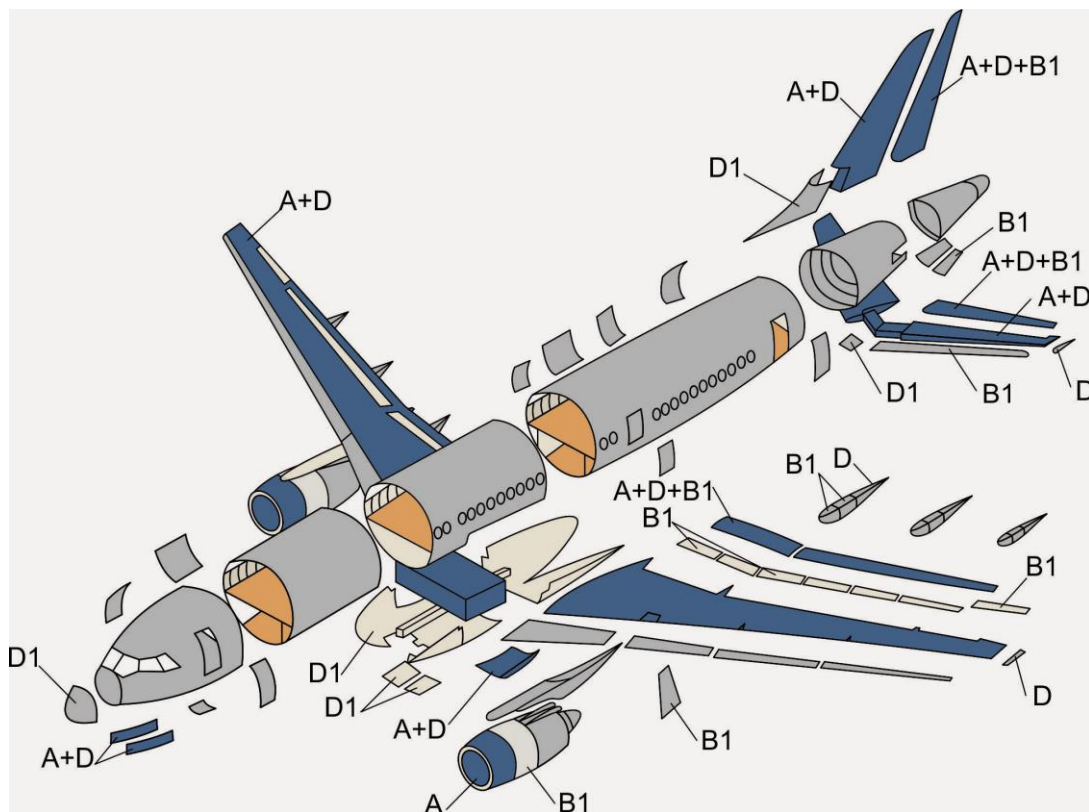


Рисунок 4.2 - Область застосування КМ у конструкції сучасного літака:

A – вуглецева стрічка; D – склотканина; B1 – вуглецева тканина для стільникових конструкцій; D1 – склотканина для стільникових конструкцій

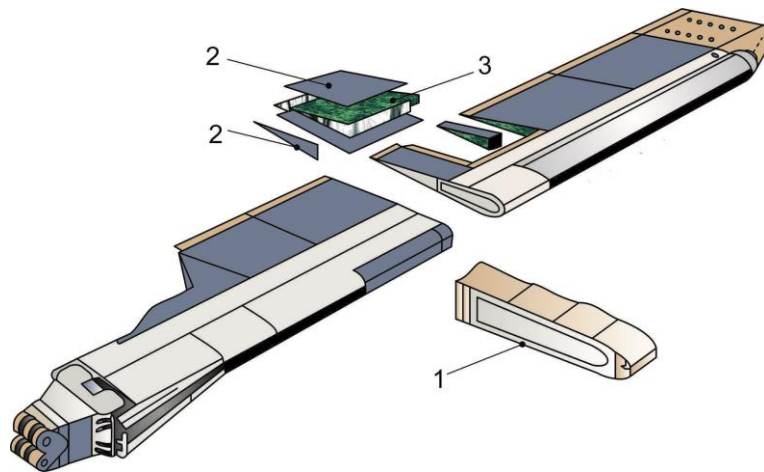


Рисунок 4.3 - Типова схема розташування КМ у лопаті сучасного вертольота: 1 – склотканина; 2 – органотекстоліт; 3 – стільниковий заповнювач з полімерсотопласта

Як імпортозаміщення російських КМ на ДП «АНТОНОВ» та інших підприємствах авіаційного та ракетно-космічного профілю України успішно застосовують [10] препреги американської компанії HEXCEL марок HexPly M21/34%/UD194/IMA та HexPly M21/40%/285T2. До складу цих препрегів входять вуглецеві волокна марки IMA і вуглецева тканина 285T2 на епоксидному сполучному марки M21. Матеріалом для композитного лонжерона лопатей сучасних вертольотів є препрег на основі склотканини марки 120, просоченої епоксидним сполучним марки M21HexPly M21/45%/120 компанії HEXCEL.

4.3 Особливості процесу різання КМ

Характерні особливості оброблення різанням КМ [12]:

1. Схильність до сколювання низки КМ у процесі різання, що призводить до значного збільшення шорсткості поверхні, а також до викришування поверхонь оброблюваної заготовки під час входження й виходу інструменту. Спрацювання інструменту в міру оброблення ще більше посилює вплив цього чинника.

2. Неоднорідність будови матеріалу й різна твердість його складових частин, що утруднює отримання низької шорсткості поверхні. Унаслідок цього допустимий ступінь спрацювання інструменту залежить від *технологічних критеріїв спрацювання*, перш за все від збільшення шорсткості поверхні.

3. Сильний вплив матеріалу на інструмент через наявність компонентів з високими абразивними властивостями.

4. Погане відведення тепла із зони різання через знижену теплопровідність КМ і, отже, перегрівання різальних кромek інструменту. З цієї причини критерієм максимально допустимої швидкості різання часто є поява обвуглення поверхневого шару оброблюваної поверхні.

5. Інтенсивне пилоутворення, особливо під час оброблення різанням термореактивних КМ, що призводить до необхідності примусово видаляти пил і стружку із зони різання за допомогою спеціальних пристроїв.

6. Складність використання МОР через гігроскопічність оброблюваного матеріалу та його хімічну взаємодію з МОР, що спричиняє змінення фізико-механічних властивостей КМ. Під час оброблення термореактивних КМ охолодження рідиною застосовувати не можна, оскільки при цьому утворюється паста з пилоподібної стружки й рідини, яка налипає на робочі поверхні інструменту й ускладнює оброблення. Тому найчастіше в процесі оброблення КМ різанням для охолодження використовується стиснене повітря.

Перелічені особливості оброблення різанням КМ свідчать про те, що просте перенесення закономірностей процесу різання металів на ці матеріали неприпустиме [8].

У процесі виготовлення виробів з КМ застосовують такі характерні види обробки різанням: розрізання заготовок, точіння, свердління, розгортання й нарізування різі, фрезерування, шліфування.

4.3.1 Розрізання листових заготовок із КМ

Листові заготовки з КМ розрізають на верстатах стрічковими й дисковими пилами, дисковими фрезами, абразивними кругами.

Щоб уникнути значного перегрівання, не рекомендується здійснювати розрізання листів із КМ у великих пакетах. Щоб запобігти вібраціям і розтріскуванню листів, необхідно забезпечити жорстке кріплення їх на верстаті з використанням дерев'яних підкладок. Під час розрізання листів із КМ особливу увагу слід приділяти гостроті різальних кромek клинового інструменту.

Фасонне розрізання листів із КМ здійснюється стрічковими дрібнозубими пилами (крок зубів – до 5 мм) при швидкості різання 1000...1500 м/хв і швидкості руху подачі до 1 м/хв.

Прямолінійне різання листів із КМ виконується також абразивними кругами зернистістю 24 – 46, діаметром 300...350 мм і завтовшки 3...6 мм з охолодженням МОР при такому режимі різання: $v = 40...50$ м/с, $S_o = 0,3...0,6$ м/хв.

4.3.2 Токарне оброблення заготовок із КМ

Точіння заготовок із КМ здійснюється швидкорізальними й твердосплавними різцями при ретельному доведенні робочих поверхонь інструменту пастою з карбіду бору. Величини глибини різання й подачі для точіння деталей із КМ вибирають виходячи з умов стабільного видалення стружки без намотування на деталь, інакше відбувається розм'якшення оброблюваної поверхні та зчеплення її зі стружкою. Для точіння заготовок із КМ, які через наявність абразивів

інтенсивно впливають на інструмент, застосовують різальний інструмент, оснащений пластинами з твердих сплавів марок ВКЗМ і ВК6М.

Для оброблення виробів з особливо міцних видів КМ, наприклад вуглепластиків, широко використовуються алмазні інструменти, які оснащені вставками із надтвердих матеріалів (НТМ) (рисунок 4.4).

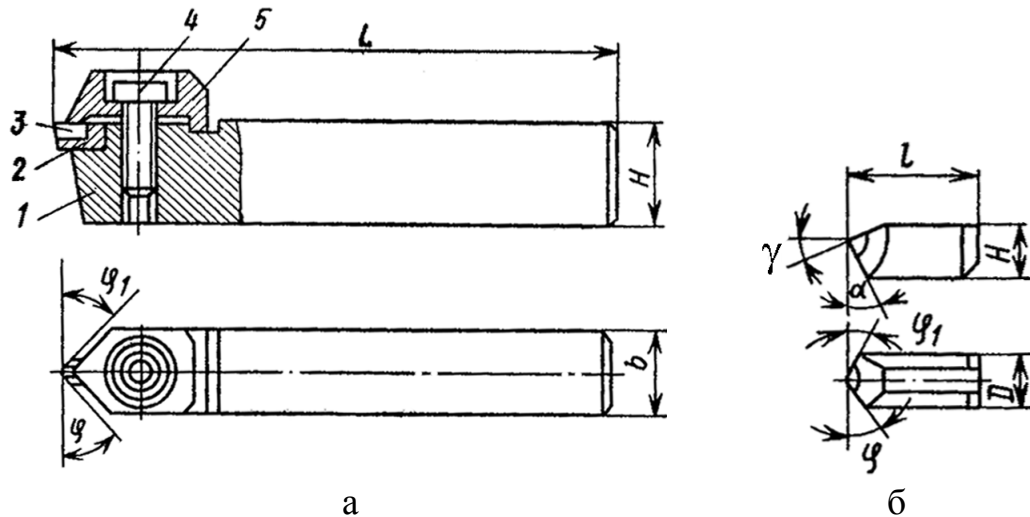


Рисунок 4.4 - Збірний різець, оснащений вставкою із НТМ:
а – конструкція різця; б – параметри різального елемента

Збірний різець (див. рисунок 4.4, а) виконано у вигляді корпусу 1, в якому за допомогою гвинта 4 і спеціальної накладки 5 (що править за стружколам) закріплено різцеву вставку 2 або безпосередньо різальний елемент 3 із НТМ циліндричної, призматичної або пластинчастої форми.

Різцева вставка – це металевий корпус з упаяними в паз кристалами синтетичного алмазу марки АСПК. Конструктивні розміри кристалічних вставок стандартизовані (див. рисунок 4.4, б): $\gamma = -5...8^\circ$; $\alpha = 10...12^\circ$; $\varphi = 15...45^\circ$; $\varphi_1 = 15...45^\circ$; $l = 18...30$ мм; $D = 5...16$ мм; $H = 4...12$ мм.

Режим різання заготовок із КМ на зразок вуглепластиків алмазним інструментом має такі значення: $v = 800...1000$ м/хв, $S_o = 0,04$ мм/об.

4.4 Оброблення отворів в заготовках із КМ

Свердління заготовок із КМ є одним із найпоширеніших видів обробки. На рисунку 4.5 зображено рекомендовані форми заточки різальної частини й конструкції свердел зі швидкорізальних сталей і твердих сплавів.

Свердла зі швидкорізальних сталей (див. рисунок 4.5, а) із формами заточки різальної частини типу Н (нормальна), П (подвійна) і ПРК (з підрізувальними різальними кромками) застосовують для свердління отворів у склопластиках, свердла з твердих сплавів (див. рисунок 4.5, б) з такими самими формами заточки – у скло-, вугле- і боропластиках.

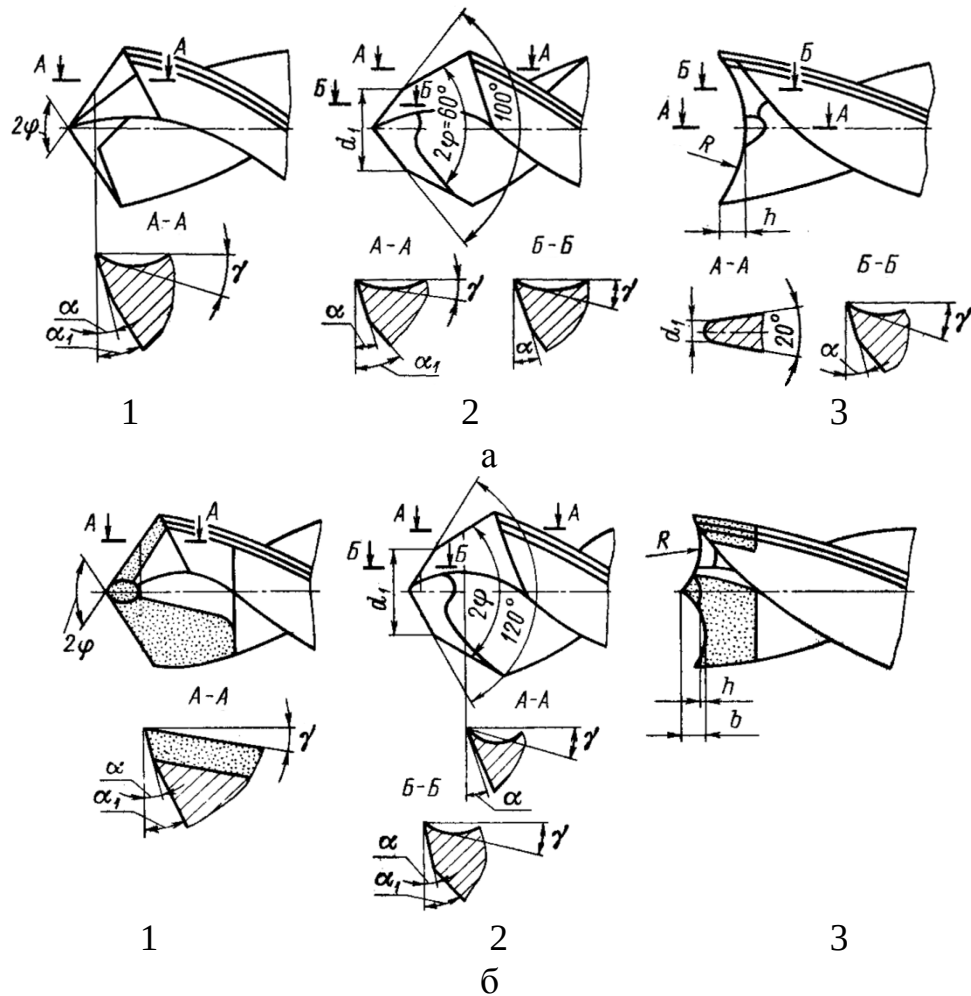


Рисунок 4.5 - Форми заточки різальної частини свердел зі швидкорізальних сталей (а) і твердих сплавів (б):

1 – Н; 2 – П; 3 – ПРК

Найбільше на якість оброблення отворів і спрацювання свердел впливає кут при вершині свердла 2ϕ (рисунок 4.6). Область оптимальних значень кутів лежить у діапазоні $85^\circ - 90^\circ$, що забезпечує мінімальну величину механічних пошкоджень.

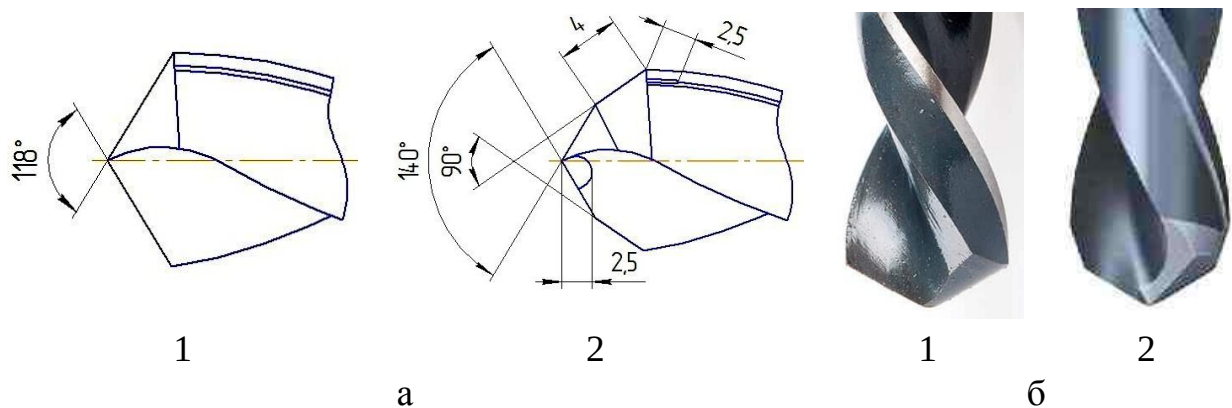


Рисунок 4.6 - Геометричні параметри різальної частини (а) та загальний вигляд (б) стандартних свердел: 1 – Н; 2 – П

Застосування подвійного заточування та полірованих стружкових канавок зменшує тертя, дозволяє відвести стружковий шар від обробленої поверхні та направити по дну стружкової канавки (рисунки 4.7).

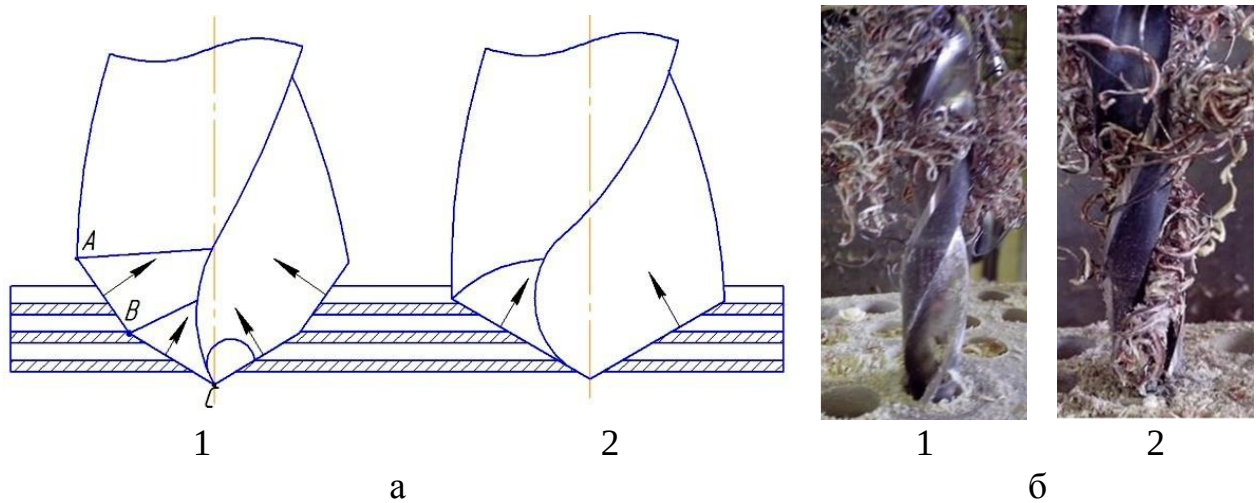


Рисунок 4.7 - Схема руху (а) та загальний вигляд (б) стружки залежно від форми заточування різальної частини свердла: 1 – П; 2 – Н

У точці *B* на перетині різальних кромки *AB* і *BC* свердла з подвійним заточуванням (див. рис. 4.7, а, 1) відбувається дроблення стружки, що полегшує її транспортування по стружкових канавках і запобігає утворенню щільних пакетів стружки.

Лезовий інструмент, що застосовується для оброблення отворів у КМ, має відповідати таким вимогам [9]:

- величина заднього кута різання α має бути максимально збільшена до $20...30^\circ$, що сприяє меншому викришуванню сполучного, а отже, й зменшенню шорсткості поверхні отвору;
- величина переднього кута γ має бути в межах $0...15^\circ$ з міркувань оптимального стружкоутворення. Зі збільшенням переднього кута спостерігається ворсистість кромки отворів, особливо в момент виходу куточків свердла з отвору;
- зменшення кута нахилу канавки ω до $10...15^\circ$ і використання свердел з широкою полірованою канавкою покращує відведення стружки й сприяє підвищенню якості оброблення отворів;
- різальна кромка має бути гострозаточеною;
- стружкові канавки для виключення прилипання продуктів різання мають бути підвищеної ширини та відполіровані.

Щоб запобігти налипанню стружки на інструмент під час свердління, рекомендується наносити на поверхню канавки свердел дисульфід молібдену. Використовувати у процесі свердління МОР не рекомендується, оскільки останні

змішуються з пилом та утворюють пасту, яка ускладнює свердління.

Спрацювання свердел відбувається внаслідок тертя задніх поверхонь об поверхню різання, напрямних стрічок – об оброблювану поверхню.

За критерій спрацювання свердел зазвичай беруть величину спрацювання по задній грані h_z різальної кромки свердла (рисунок 4.8).

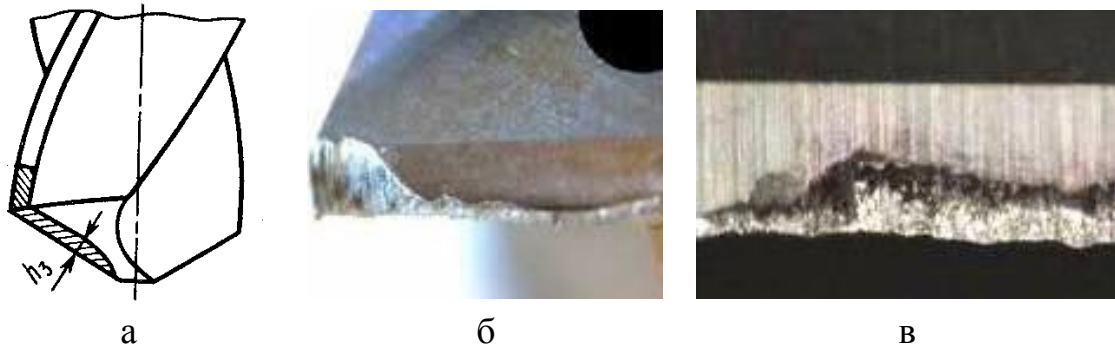


Рисунок 4.8 - Схема спрацювання різальної кромки свердла по задній грані (а) та загальний вигляд різальної кромки, що спрацьована (б, в)

Допустима величина спрацювання інструменту для оброблення різанням КМ набагато нижча, ніж для металевих заготовок, і для свердел становить 0,1...0,15 мм.

Режим різання для свердління деталей із КМ вибирають так, щоб забезпечити необхідні показники шорсткості поверхні й періоду стійкості інструменту.

Свердління на великих подачах спричиняє відшаровування матеріалу на вхідному й вихідному торцях отвору, на малих – призводить до ворсистості поверхні отвору. Зі збільшенням подачі понад 0,3 мм/об якість отворів погіршується. У діапазоні швидкостей різання від 10 до 40 м/хв ворсистість поверхонь отворів зменшується.

Зенкування гнізд у заготовках із КМ під потайні заклепки й болти рекомендується виконувати на свердлильно-зенкувальних установках комбінованим інструментом – свердлом-зенківкою. Для зенкування гнізд використовують чотири- і шести зубі зенківки. Збільшення кількості зубів зенківок до шести сприяє зменшенню шорсткості поверхні оброблених гнізд і підвищенню стійкості інструменту. Різальні кромки зенківок мають бути гостро заточені. Про спрацювання зенківок свідчить поява ворсинок та огранування поверхні лунок.

Розгортання отворів у деталях із КМ здійснюється машинними розвертками стандартної конструкції зі вставками з твердих сплавів. Розвертки мають задню або задню й передню напрямні втулки, які рухаються по обертових кондукторних втулках. Рекомендується брати такі геометричні параметри для робочої частини розверток і режиму різання: $\gamma = 0^\circ$, $\alpha = 8^\circ$, $2\phi = 15^\circ$, $v = 20...40$ м/хв, $S_0 = 0,1...0,6$ мм, $t = 0,2...0,3$ мм.

На точність оброблення отворів впливає різномірність матеріалів у розсвердлюваному пакеті: для однорідних пакетів (КМ – КМ) точність дещо вища, ніж для змішаних (КМ – метал).

Нарізування різи на деталях із КМ здійснюється різцями, фрезами, плашками. Зазвичай нарізування внутрішньої різи під деталі кріплення з КМ виконується мітчиками.

Висока пружність КМ у процесі утворення нитки різи спричиняє затиснення інструменту, що знижує точність оброблення й призводить до браку внаслідок отримання рваного профілю. Щоб уникнути затиснення інструменту, передній кут мітчиків роблять від'ємним у діапазоні від -5 до -10° .

Для зниження інтенсивності тертя пера мітчика роблять якомога вузькими при мінімальній їх кількості (два або три) з полірованими канавками й шліфованим профілем. Хороші результати дає хромування робочих поверхонь мітчиків.

Зовнішній діаметр мітчиків слід збільшувати на $0,05...0,15$ мм, зважаючи на усаджування нарізованих отворів. Рекомендується проводити хіміко-термічне оброблення мітчиків ціануванням, у процесі оброблення застосовувати охолодження повітрям.

Під час нарізування різи мітчиками зі швидкорізальних сталей швидкість не повинна перевищувати 15 м/хв.

4.4.1 Оброблення отворів в армованих КМ

Найважливішим показником якості отворів у виробках авіаційної та ракетно-космічної техніки є їх розмірна точність, яка має забезпечити необхідний характер посадки в механічному з'єднанні та гарантувати працездатність з'єднання стикового агрегату ЛА в цілому [11].

Найбільшу трудність становить оброблення отворів для встановлення металевих втулок у змішаному пакеті «композит – титанова фольга» (наприклад, для лопаті НГ бойового вертольота – це отвори діаметром 33Н7).

Композитний лонжерон лопаті НГ такого вертольота виготовляють методом автоматичного «сухого» спірального намотування 12 шарів стрічкового препрега зі склонитки на металеву оправку з подальшим затвердінням у пресформі. Склострічки шириною 10^{+1} мм виготовляють зі склонитки на спеціальній установці моделі УЛС-3М.

У комлевій частині лонжерона встановлено комбіновані пакети посилення, що складаються з шарів титанової фольги марки ОТ4-0-0,1×220 та високоміцної склотканини марки Т-10-14 (рисунок 4.9).

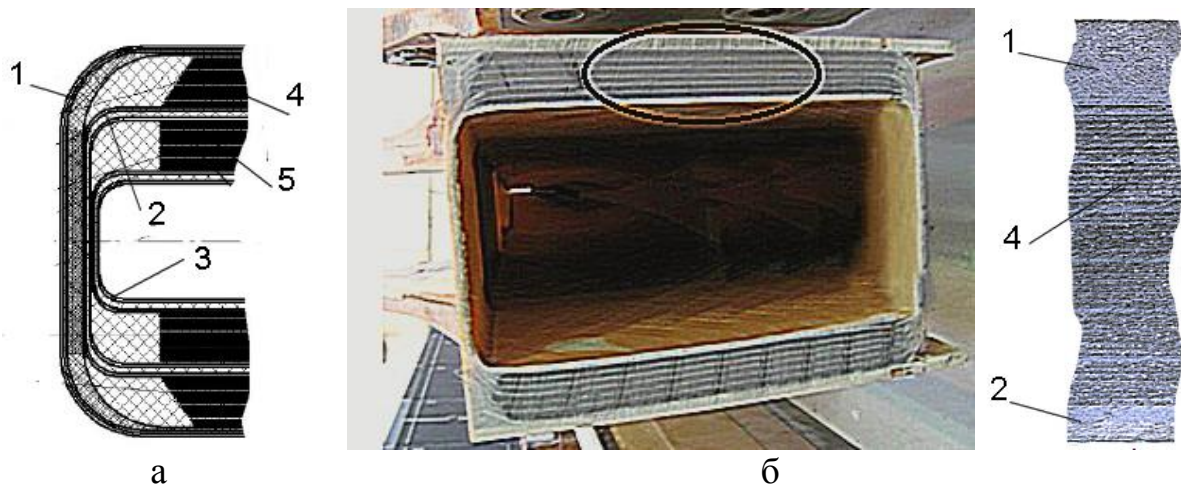


Рисунок 4.9 - Схема розташування (а) пакетів посилення у комлевій частині (б) композитного лонжерона: 1, 2, 3 – шари стрічкового препрега; 4, 5 – пакети посилення

Такі КМ належать до VI групи оброблюваності (I група – однорідні полімери, що найбільш легко обробляються, VI – важкооброблювані армовані композити з анізотропією властивостей) [7].

Наявність металевих шарів ускладнює виконання отворів заданої якості по всій товщині пакета через термічну та механічну дію стружки на поверхню отворів у композитних шарах, а також утворення задирок у металевих шарах.

Чергування шарів композитного матеріалу та титанової фольги призводить до періодичного змінення механічних і теплофізичних властивостей інтегрального пакета в зоні різання, а також його оброблюваності при осьовому переміщенні інструменту. Різальні кромки інструменту перерізають по черзі тверді скляні волокна препрега, менш тверде полімерне сполучне і в'язку важкооброблювану титанову фольгу.

Найбільш небезпечним дефектом є розшаровування між сусідніми шарами армування вздовж напрямку. Основною причиною появи розшаровування є високе значення осьової сили, що діє, величина якої в основному визначається подачею.

Структурна анізотропія та дискретність властивостей армованого титановою фольгою склопластику призводять до того, що отвір набуває овалоподібної форми.

Титанова фольга, що має набагато більшу теплопровідність, порівняно з КМ буде прогріватися на значні відстані від зони різання, впливаючи на віддалені шари композита і знижуючи міжшарову міцність по межі «склопластик – титанова фольга».

Моделювання теплових полів виявило переривчасте змінення температури в процесі різання – при переході різальної кромки свердла з шару композита

на шар металу відбувається її стрибкоподібне збільшення. Значення піків тепла при переході свердління з шару титанової фольги на шар композита вище, ніж з композита на титанову фольгу.

У зв'язку з цим маршрут оброблення кожного отвору в пакеті армованого КМ на верстаті з ЧПК містить [8]:

- свердління;
- два переходи розсвердлювання;
- контурне фрезерування;
- два переходи зенкерування;
- два переходи розгортання (попереднє та чистове).

4.4.2 Свердлильні машини з автоматичною подачею

Операції оброблення отворів у важкодоступних місцях розташування композитних вузлів у планері літака або вертольота потребують застосування компактного свердлувального обладнання. Таким обладнанням є свердлильні машини з автоматичною подачею (СМАП). Завдяки автоматичному циклу виключається безпосередня участь слюсаря-складальника в процесі свердлення, що, у свою чергу, знижує ризик отримання бракованих отворів.

Провідними світовими виробниками СМАП є фірми Atlas Copco (Швеція), Desoutter (Франція), Dotco & Cleco (США), Lubbering (Німеччина) [9]. Вибір конкретної моделі СМАП залежить від складу та товщини змішаного пакета, необхідної точності та шорсткості отвору.

Виділення дрібнодисперсних частинок наповнювача, змішаного зі сполучним, утворення летких токсичних речовин під час оброблення отворів у КМ при використанні СМАП накладають особливі вимоги до виробничої санітарії. На рисунку 4.10, а показано компоновальну схему СМАП моделі ST1200 компанії Desoutter (Франція), на рисунку 4.10, б – загальний вигляд СМАП такої моделі з приєднаним шлангом витяжної вентиляції зони оброблення отворів.

Висока адсорбційна здатність КМ не дозволяє використовувати в процесі свердління МОР у вигляді струменя емульсії.

У конструкції всіх СМАП у разі оброблення армованих пакетів, що містять титанові сплави та КМ, передбачено використання МОР у вигляді масляного туману. Для приготування та дозування масляного туману в конструкції СМАП передбачено знімний блок з масляною, в яку заправляють МОР. Блок виконує імпульсну подачу масляного туману, частота імпульсів, витрата масла та повітря за один імпульс мають регулюватися. Конструкція СМАП дозволяє ступінчасто задавати режими різання в такому діапазоні: подача від – 0,02 до 0,20 мм/об, частота обертання – від 150 до 6500 1/хв.



Рисунок 4.10 - Компонувальна схема (а) та загальний вигляд (б) СМАП ST1200:

1 – вібратор; 2 – маслянка; 3 – регулятор частоти обертання; 4 – патрон із щілинною насадкою; 5 – штуцер витяжної вентиляції; 6 – регулятор подачі; 7 – пускова кнопка; 8 – пневматична турбіна; 9 – кнопка аварійної зупинки; 10 – регулятор кількості циклів оброблення; 11 – штуцер пневматичної мережі

4.5 Оброблення виробів із КМ фрезеруванням

Для оброблення виробів із КМ фрезерування не є визначальною операцією й застосовується значно рідше, ніж точіння, свердління або розрізання. Щоб уникнути розшаровування КМ, оброблення слід здійснювати за схемою збіжного фрезерування, тобто напрям обертання фрези має збігатися з напрямом руху подачі заготовки). Значною мірою на стійкість інструменту впливають геометричні параметри його різальної частини (рисунок 4.11), тому їх слід правильно вибрати. У процесі фрезерування деталей із КМ змінення головного заднього α і переднього γ кутів зуба фрези впливає на стійкість інструменту й стружкоутворення так само, як і під час точіння.

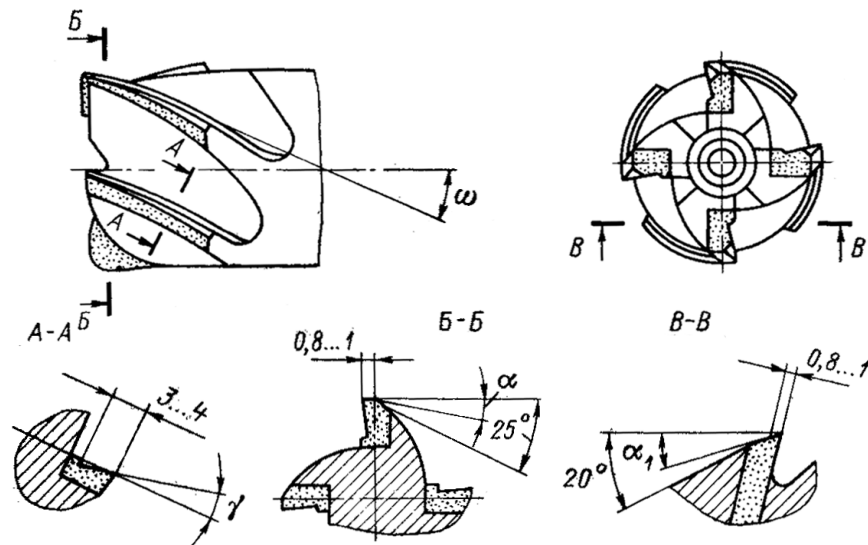


Рисунок 4.11 - Типова конструкція твердосплавної кінцевої фрези

Скло- та вуглепластики фрезерувати можна твердосплавними фрезами. Доцільніше застосовувати інструмент із вольфрамокобальтових твердих сплавів, причому сплави з меншим умістом кобальту є стійкішими. Фрезерувати боропластики твердосплавними фрезами практично неможливо через їх надто швидке спрацювання [10].

Допустима величина спрацювання фрез не повинна перевищувати 0,5 мм для чорнової обробки і 0,3 мм для чистової.

Кількість стружки під час фрезерування деталей із КМ значно більша, ніж під час оброблення металевих деталей, тому використовують фрези з більш широкими канавками між зубами. Це не знижує міцності інструменту, оскільки сили різання під час оброблення виробів із КМ відносно малі.

Контурну обробку КМ після формування виконують кінцевими фрезами з різноспрямованими спіральними канавками (рисунок 4.12, а).

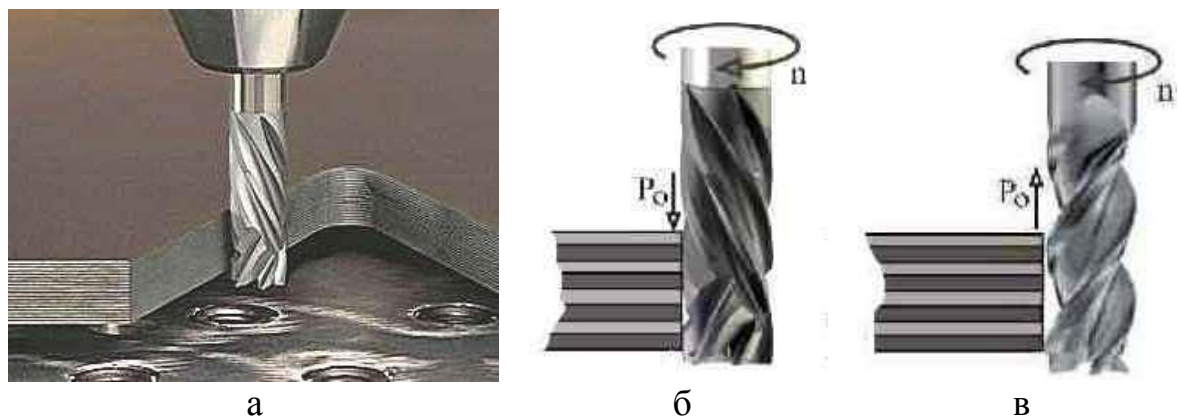


Рисунок 4.12 - Кінцева фреза з різноспрямованими спіральними канавками

Осьова сила різання завдяки такій конструкції кінцевої фрези стискає пакет КМ (рисунок 4.12, б), що дозволяє уникнути його розшарування. Стандартна кінцева фреза при обробці різанням розтягує пакет (рисунок 4.12, в), що може призвести до його розшарування [9].

У процесі фрезерування деталей із КМ дуже ефективним є використання інструментів, оснащених вставками із НТМ. У цьому разі конструкція інструменту не відрізняється від конструкції фрез із твердих сплавів, змінні ножі (наприклад, торцевих фрез) є вставками із НТМ марки АСБ.

Для контурного та об'ємного фрезерування композитних виробів застосовують кінцеві фрези, які мають шар із синтетичного алмазу марки АС15 зернистістю не нижчою за 400/315 (рисунок 4.13).

Абразивна обробка деталей із КМ має такі переваги порівняно з різанням клиновим інструментом: менша шорсткість поверхні, відсутність відколків і тріщин. Високої ефективності абразивного оброблення можна досягти, лише правильно підбираючи характеристики круга для конкретного виду КМ [8].

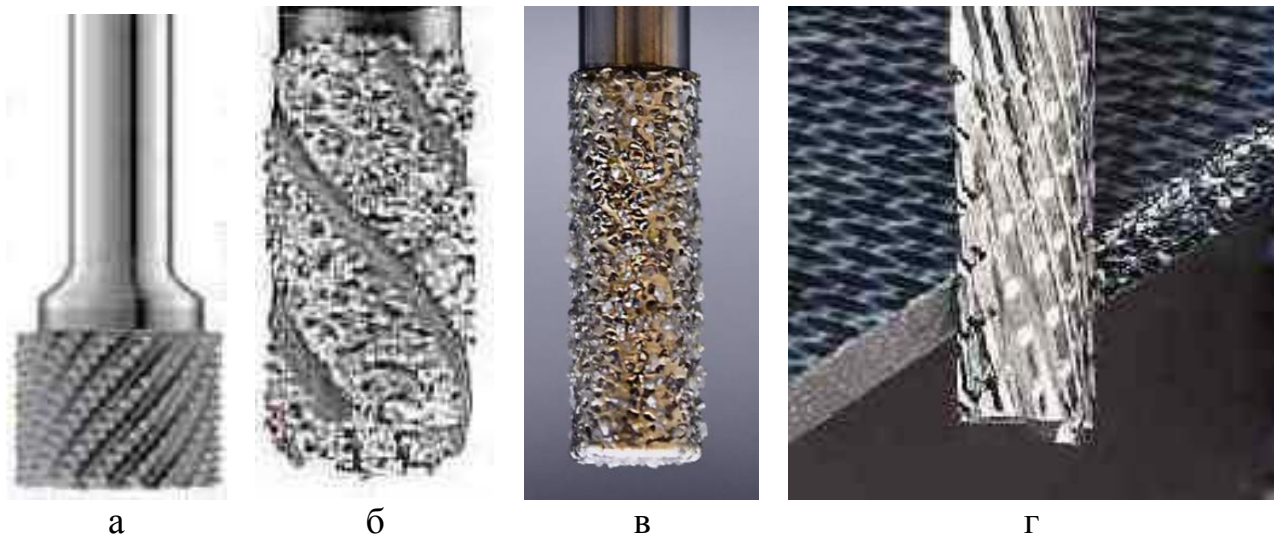


Рисунок 4.13 - Кінцеві фрези з алмазною кулькою для видів обробки: а – чорновий; б – напівчистовий; в – чистовий; г – приклад фрезерування обшивки з КМ

Найчастіше для цього використовують корундові круги. Наприклад, для круглого зовнішнього шліфування деталей із КМ використовують корундові круги зернистістю 60, твердістю М1 при режимі різання: $t = 0,2 \dots 0,4$ мм за умови, що швидкість руху подачі не перевищує 0,24 м/хв і швидкість різання круга $v = 30 \dots 35$ м/с.

4.6 Видалення стружки й пилу із зони різання КМ

Для видалення стружки та пилу із зони фрезерування на верстатах із ЧПК передбачено спеціальну витяжну вентиляцію (рисунок 4.14, а).

Витяжна вентиляція має систему гнучких трубопроводів і приймач-уловлювач для видалення стружки і пилу безпосередньо із зони фрезерного оброблення (рисунок 4.14, б).

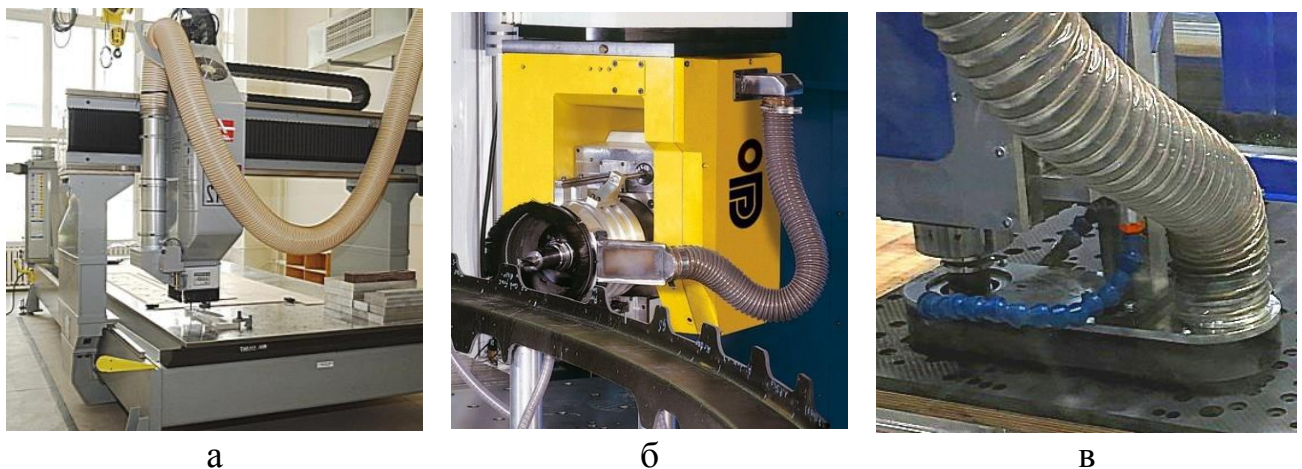


Рисунок 4.14 - Загальний вигляд витяжної вентиляції на верстаті з ЧПК (а), приймача стружки та пилу із зони фрезерування (б) та свердління (в) КМ

Спеціальна конструкція інструментів дає можливість захоплювати стружку й пил безпосередньо в зоні різання інструменту. На рисунку 4.15, а зображено конструкцію спеціального самообертового різця з твердого сплаву, який застосовується для зовнішнього обточування заготовок із КМ [9].

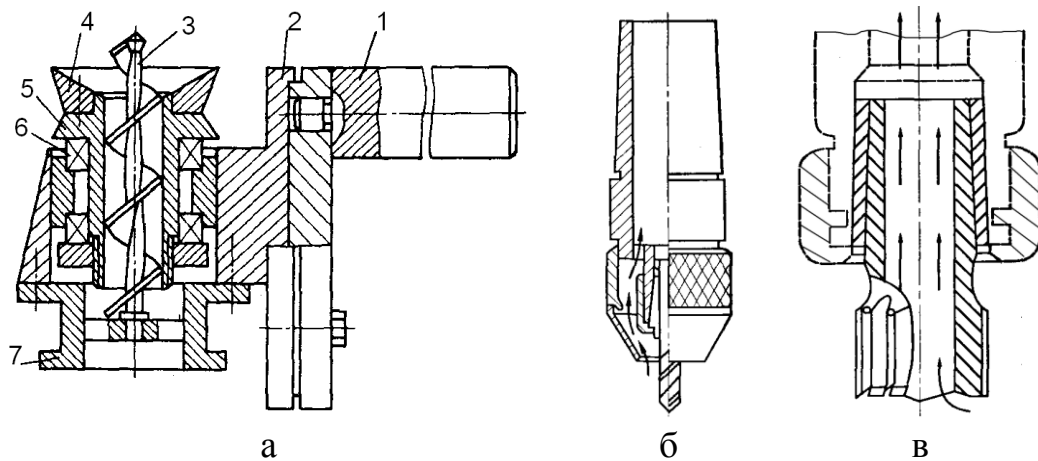


Рисунок 4.15 - Інструменти спеціальних конструкцій для оброблення деталей із КМ:

а – токарний різець із стружковідвідним пристроєм;

б – цанговий патрон з кільцевою щілиною; в – порожниста фреза

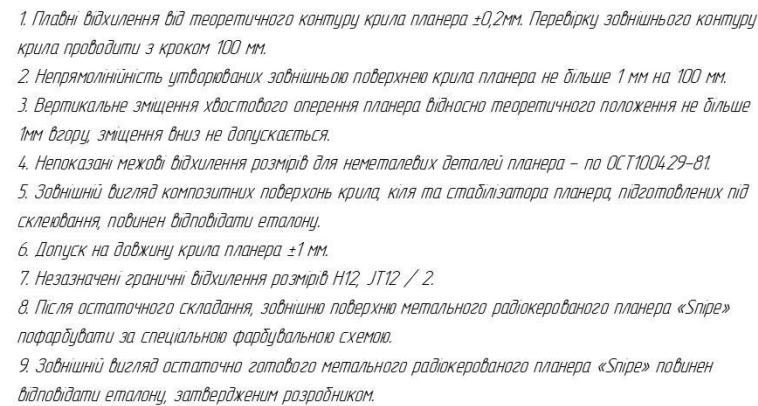
Оправка 1 закріплена у різцетримачі верстата. Самообертовий різець 4 установлений у втулці 5, яка сполучена з корпусом 2 через підшипники 6. До патрубку 7, з'єднаного з корпусом 2 гвинтами, закріплений шнек 3. Патрубок 7 сполучений із системою витяжної вентиляції. У процесі оброблення різець обертається, і по гвинтових канавках шнека стружка прямує до каналу витяжної вентиляції.

Під час свердління пил і стружка відводяться через цанговий патрон з кільцевою щілиною (рисунок 4.15, б), під час фрезерування – через центральний отвір в інструменті (рисунок 4.15, в).

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Богуслаєв, В. О. Основи технології машинобудування : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закладів / В. О. Богуслаєв, В. І. Ципак, В. К. Яценко. – Запоріжжя : Мотор Січ, 2003. – 336 с.
2. ДСТУ 2232-93. Базування та бази в машинобудуванні. Терміни та визначення. – Введ. 01.07.94. – Київ : Держстандарт України, 1994. – 35 с.
3. ДСТУ 2391-94. Система технологічної документації. Терміни та визначення. – Введ. 22.10.94. – Київ : Держстандарт України, 1994. – 47 с.
4. Проектування деталей, вузлів і агрегатів літака: навч. посіб. / Л.А. Малащенко, В.І. Рябков, А.А. Кобилянський, О. Г. Лебединський. Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 1996. - 86 с.
5. Основи технології літакобудування : навч. посіб. Кн. 3. Зміст і методи технологічної підготовки виробництва літаків / Ю. О. Боборикін, В. Т. Сікульський, В. Л. Малащенко, С. Г. Кушнарєнко. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2008. – 76 с.
6. Сучасні методи координатних вимірювань в авіа- та ракетобудуванні : навч. посіб. / Ю. В. Д'яченко, К. В. Майорова, І. О. Воронько та ін. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2019. – 96 с.
7. Чумак, М. Г. Матеріали та технологія машинобудування : підручник / М. Г. Чумак. – Київ : Либідь, 2012. – 368 с.
8. Baker, A. A. Composite Materials for Aircraft Structures / A. A. Baker. – Eurospan, 2004. – 400 p.
9. Fundamentals of CNC Machining. Desk Copy. A Practical Guide for Beginners / Autodesk, Inc., printed in USA. – 2014. – 256 p.
10. Technology of aircraft production with implementation of composite materials : study book / S. A. Bychkov, O. V. Gaidachuk, V. Ye. Gaidachuk et al. – Kyiv : ISDO, 2005. – 376 p.
11. Кириченко Л.С. Сертифікація та якість продукції в сучасних умовах господарювання / Л.С. Кириченко, Н.М. Чернухіна. – Львів, 2015. – 215 с.
12. Технологія виготовлення деталей літальних апаратів з видаленням припуску : підручник. Ч. 1 / Ю. В. Д'яченко, В. Т. Сікульський, І. О. Воронько та ін. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2023. – 232 с.
13. Маркетингові дослідження: навчальний посібник / Н.О. Мартинович, В.Г. Горник, Е.Б. Бойченко. Київ: «Видавництво Людмила», 2021. - 323 с.

ДОДАТКИ

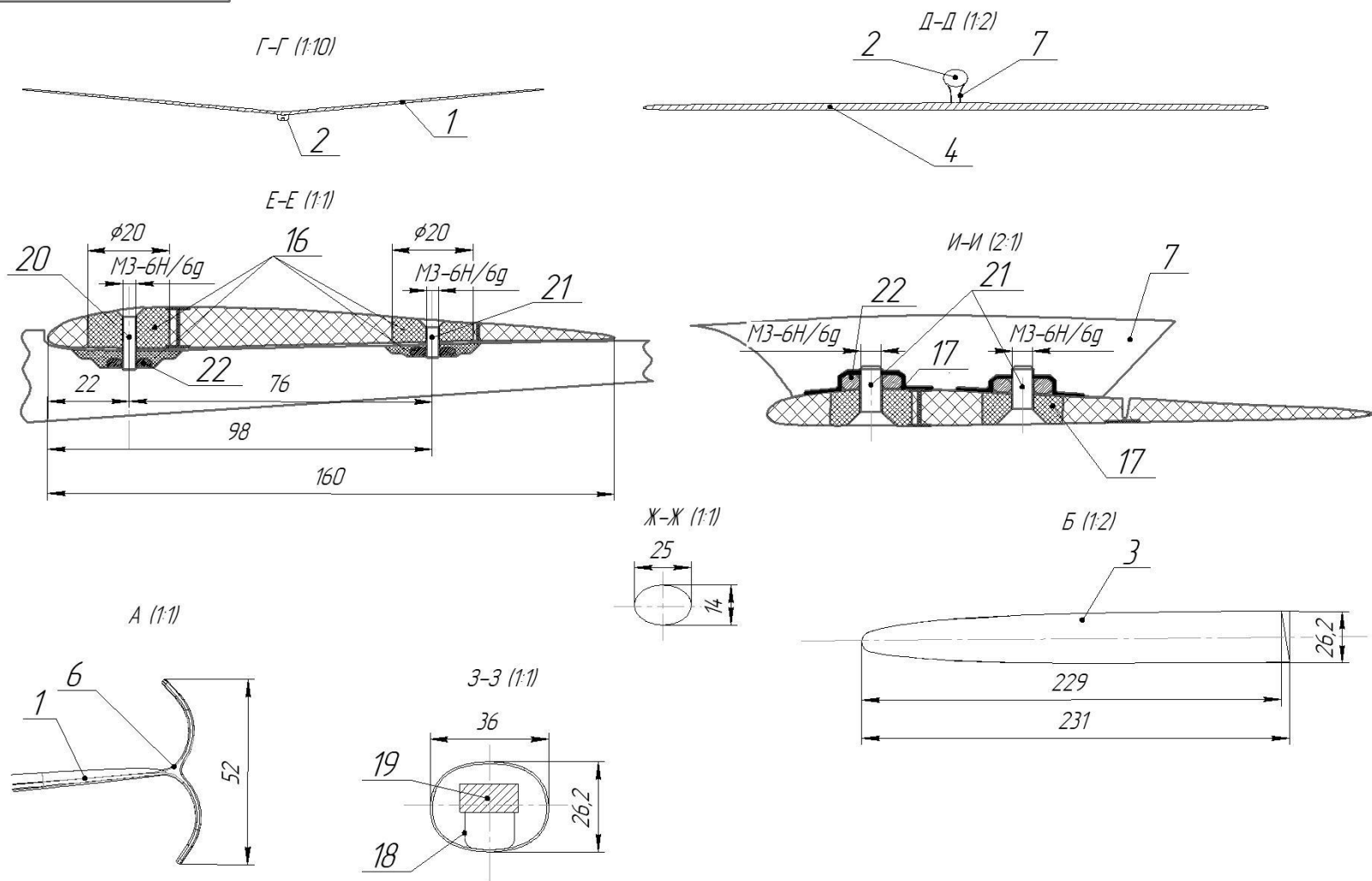
[illegible]

Формат А3

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АКСОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.
 Изм. № подл. Подп. и дата
 Изм. № подл. Подп. и дата

Не для коммерческого использования

К104.ДП.163.07.0001СК



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

К104.ДП.163.07.0001СК

Копировал

Формат А3

Лист
2

Инв. № подл.			Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата		Справ. №		Перв. примен.																
Формат	Зона	Поз.	Обозначение			Наименование			Кол.	Масса	Материал			Примечание															
						<u>Документация</u>																							
		3	K104.ДП.163.07.0001СК			Складальне креслення.			2																				
						<u>Детали</u>																							
		1	K104.ДП.163.07.0001			Крыло			1																				
		2	K104.ДП.163.07.0002			Фюзеляж			1																				
		3	K104.ДП.163.07.0003			Колпак			1		Kevlar 49 T 965																		
		4	K104.ДП.163.07.0004			Стабілізатор			1																				
		5	K104.ДП.163.07.0005			Кіль			1																				
		6	K104.ДП.163.07.0006			Гачок			1		Carboline IMS 65																		
Изм. Лист № докум. Подп. Дата Разраб. Кущенцов Б.О. Пров. Трубаев С.В. Н.контр. Утв. K104.ДП.163.07.0001СК Планер ХАІ, зр.163 Лит. Лист Листов 1 3																													

Не для коммерческого использования

Копировал

Формат А4

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Инв. № подл.			Подп. и дата			Взам. инв. №			Инв. № дубл.			Подп. и дата		
Формат	Зона	Поз.	Обозначение			Наименование			Кол.	Масса	Материал			Примечание
		7	K104.ДП.163.07.0007			Пілон			1		Kordcarbon 3K 200г/м2			
		8	K104.ДП.163.07.0008			Обшивка					Carboline SC 36 ±45			
		9	K104.ДП.163.07.0009			Наповнювач					Rohacell 30 IG-F			
		10	K104.ДП.163.07.0010			Лонжерон					Carboline IMS 65			
		11	K104.ДП.163.07.0011			Стінка лонжерона					Carboline IMS 65			
		12	K104.ДП.163.07.0012			Стінка елерона					Carboline IMS 65			
		13	K104.ДП.163.07.0013			Навіска елерона					Kevlar 49 T 965			
		14	K104.ДП.163.07.0014			Навіска руля висоти					Kevlar 49 T 965			
		15	K104.ДП.163.07.0015			Навіска руля направлення					Kevlar 49 T 965			
		16	K104.ДП.163.07.0016			Посилення кріплення крила (твердий наповнювач)					Стружка Carboline IMS 65 Larit LR-285+мікросфера			
		17	K104.ДП.163.07.0017			Посилення кріплення стабілізатора (твердий наповнювач)					Стружка Carboline IMS 65 Larit LR-285+мікросфера			
		18	K104.ДП.163.07.0018			Баластна камера								
		19				Сервопривід								KST X08
						Стандартные изделия								

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

K104.ДП.163.07.0001СК

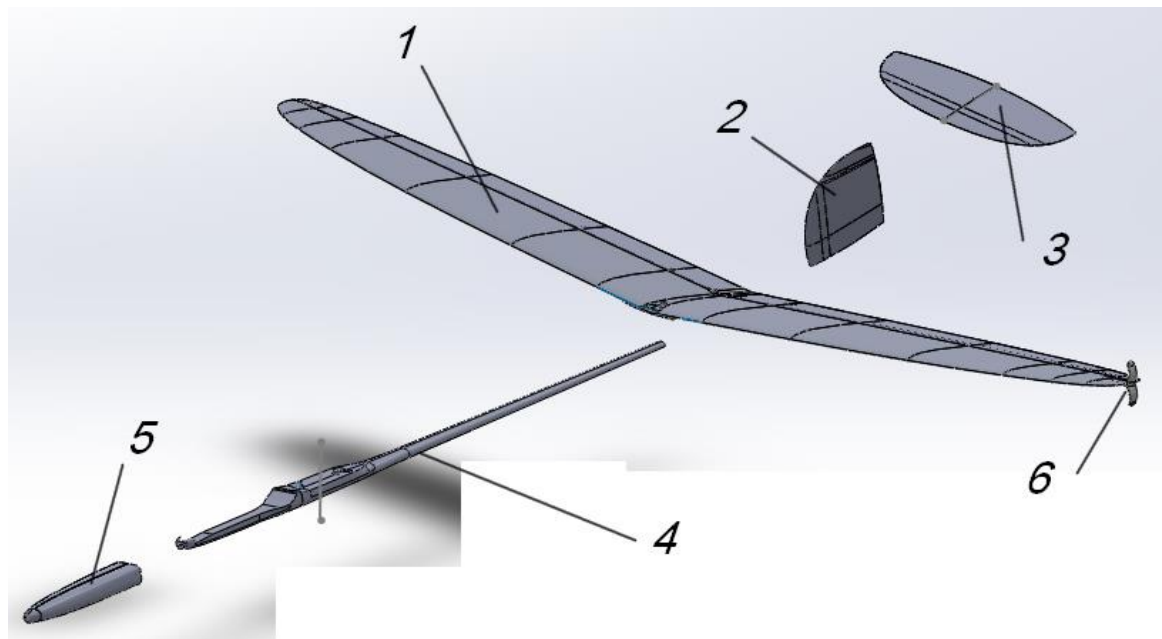
Лист
2

Не для коммерческого использования
Копировал
Формат A4

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022-2020 "АККОМ-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

[illegible]

СХЕМА КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЧЛЕНУВАННЯ МЕТАЛЬНОГО РАДІОКЕРОВАНОГО ПЛАНЕРА МОДЕЛІ «SNIPE»



- 1 – крило
- 2 – кіль
- 3 – стабілізатор
- 4 – фюзеляж
- 5 – ковпак
- 6 – гачок для запуску планера

Загальний вигляд



ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ВИРОБІВ З ПКМ

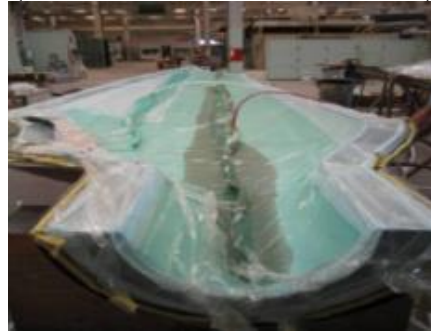
РУЧНИЙ ВИКЛАД

(hand lay-up)



ВАКУУМНІ ТЕХНОЛОГІЇ

(VIP, VIMP, VARTM, RFI)



ПРЕСУВАННЯ

(DMC, BMC, SMC)



НАПИЛЕННЯ

(spray lay-up)



ПРОСИЛЮВАННЯ ПІД ТИСКОМ У ФОРМІ

(RTM)



АВТОКЛАВНЕ ФОР- МУВАННЯ

(autoclave molding)



НАМОТАННЯ

(filament winding)



ПУЛТРУЗІЯ

(pultrusion)



Не для коммерческого использования Копировал Формат А4

Не для коммерческого использования Копировал Формат А4

										ГОСТ 3.1105-84		форма 2		
Дубл.														
Взам.														
Подл.														
										K104.02100.16307	7	1		
				ХАИ, K104		K104.ДП.163.07.00		-		-				
										Обшивка крила метального планера з КМ		ДП	-	-
Міністерство освіти і науки України Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "ХАІ"														
ЗАТВЕРДЖУЮ Керівник проекту _____ (підпис) (П.І.Б.) " _ " _____ 2024 р.														
КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ на операційний технологічний процес виготовлення <u>обшивки крила метального планера з КМ</u>														
Розробив ст. 163 групи _____ (підпис) (П.І.Б.) " _ " _____ 2024 р.														
ТЛ														
1														

ГОСТ 3.1118-82 форма 2																
Дубл.																
Взам.																
Подл.																
										02100.16307		2				
Розроб.	Кузнецов Б.О.			ХАІ, К104			К104.ДП.163.07.00			-		104.60121.00002				
Затверд.	Д'яченко Ю.В.			Обшивка крыла металлического планера з КМ										ДП	-	-
Н.контр.																
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа						
Б	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Назва деталі,ск.одиниці або матеріалу					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
Р01	Вхідний контроль використовуючих матеріалів					Обладнання, пристосування, інструмент					Розряд робочого		Норма часу	Характер норми		
02																
А03	БТК цеху провести вхідний контроль використовуючих матеріалів															
04	(вихідних компонентів клеїв, звязуючих) на відповідність															
005	вимогам ГОСТ, ТУ, ОСТ по біркам.															
06	За збіганням гарантійного терміну зберігання й заміні партії компонентів направити клеї															
07	та звязуючі на випробування до ЦЗЛ. До отримання результатів перевірки і оформлення															
08	використовувати категорично забороняється в виробництві. Контроль БТК.															
09																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
МК/ОК Обшивка крыла металлического планера з КМ 2																

ГОСТ 3.1118-82 форма 16															
Дубл.															
Взам.															
Подл.															
										02100.16307		3			
										K104.ДП.163.07.00		104.60121.00002			
A	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции				Обозначение документа						
B	Код,наименование,оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Назва деталі,ск.одиниці або матеріалу				Обозначение,код				ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.		
01	Підготовка форми				Обладнання, пристосування, інструмент				Розряд робочого		Норма часу		Характер норми		
A02	1. Виконати підготовку форми згідно ТИ;														
03	2. Обезжирити поверхню форми нефрасом, робочу поверхню - ацетоном.														
004	Підготовка матеріалів														
005	Матеріали, які використовуються для виготовлення зазначених деталей (плівка ППН-ТС, герметизуючий джгут														
06	УТ-3, нефрас С2-80 / 120, ацетон технічний) повинні пройти вхідний контроль ЦЗЛ на відповідність вимогам ГОСТ,														
007	ТУ і надходити в цех з біркою ВТК, де вказано № протоколу ЦЗЛ і дата перевірки.														
08	Контролювати придатність препрегів: Т-10-14-5-211Б + 5-211Б, стрічка ЛЕСБ + 5-211Б.														
009	Термін зберігання препрегу:														
10	при T = (5-7) °C - не більше 6 місяців														
11	при T = (18-20) °C - не більше 3 місяців														
12	Транспортувати форму для виклейкі зі складу на робоче місце. Кран-балка а = 2м, стропи чотиригілковий а = 2м,														
13	візок 538-1987.														
14	Підготовка форми. Серветка х / б, нефрас С2-80 / 120, ацетон технічний, плівка ППН-ТС, джгут герметизуючий														
15	УТ-3, рукавички х / б, рукавички гумові, тканину ИФП-1, стрічка липка, антиадгезійне мастило СК-5, паста ВП-2.														
16	Площа зачистки - 5,3м ²														
МК/ОК Обшивка крила металевого планера з КМ															
														3	

ГОСТ 3.1118-82 форма 16																
Дубл.																
Взам.																
Подп.																
											02100.16307		4			
											K104.ДП.163.07.00		104.60121.00002			
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа						
Б	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Назва деталі,ск.одиниці або матеріалу					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
А01						Обладнання, пристосування, інструмент					Розряд робочого		Норма часу	Характер норми		
02	Виготовлення вакуумного мішка (ППН-ТС-8м, ІФЛ-1-8м, довжина джгута УТ-3-8м)															
003	Нанесення розділового шару СК-5 - 1 шар															
004	Перевірка герметичності форми. Пристосування для контролю герметичності 6574.72-805 вакуумметр ДВ															
005	верхня межа вимірювань - МПа, клас точності 1,5 ГОСТ 2405-88.															
06	Виготовлення вакуумного мішка															
007	1. Підготовка плівки ППН-ТС.															
008	2. Відмотати, відміряти, відрізати необхідну кількість довжини для заготовки мішка.															
009	3. Відмотати, відміряти, відрізати необхідну кількість довжини для заготовки щільного															
010	джгута Герлен-УТЗ.															
011	4. Обезжирити форму та плівку ППН-ТС в зоні приклейки. Висушити на протязі 20 хв.															
012	5. На підготовлену поверхню форми викласти джгут Герлен-УТЗ та плівку ППН-ТС.															
13	6.Прикатати отриманий вакуумний мішок в зоні склеювання роликом, забезпечивши герметичність вакуумного мушку.															
14	7. Перевірити форму на герметичність.															
15	8. Зняти вакуумний мішок, обережно скласти в спеціально відведене місце.															
16	9. Нанести на форму розділовий шар СК-5															
МК/ОК Обшивка крила металельного планера з КМ 4																

ГОСТ 3.1118-82 форма 16															
Дубл.															
Взам.															
Подл.															
											02100.16307	4			
											K104.ДП.163.07.00	104.60121.00002			
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа					
Б	Код,наименование,оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Назва деталі,ск.одиниці або матеріалу				Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
A01					Обладнання, пристосування, інструмент					Розряд робочого		Норма часу	Характер норми		
02															
003	Виготовлення формуючого пакету														
04															
05	1. Викласти на форму один шар лавчанової тканини.														
A06	2. Розкрити вхід. "Обшивка", викласти пошарово, прикатати роликом.														
07	3. Встановити вакуумний мішок.														
008															
009															
010															
011															
012															
013															
014															
015															
016															
МК/ОК Обшивка крила метального планера з КМ															
														5	

ГОСТ 3.1118-82 форма 16																
Дубл.																
Взам.																
Подл.																
											02100.16307	6				
											K104.ДП.163.07.00	104.60121.00002				
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа						
Б	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Назва деталі,ск.одиниці або матеріалу					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
A01	Термообробка					Обладнання, пристосування, інструмент					Розряд робочого		Норма часу	Характер норми		
02																
003	1. Встановити форму на візок автоклава. Закотити візок із формою в автоклав.															
004	2. Підключити шланги вакуумної системи автоклава до форми.															
005	3. Увімкнути вакуумну систему, переконатися в герметичності формуючого пакету. Перевірити															
06	відсутність натягу вакуумного мішку або його зависання на поверхні форми.															
007	4. Підключити термopару.															
008	5. Закрити автоклав і виконати термообробку виклеювання по регламенту робіт на автоклаві.															
009	6. Відчинити автоклав, відключити термopару, відєднати вакуумні шланги, викотити візок															
10	7. Зняти вікуумний мішок із форми разом із джгутом і дренажною сіткою.															
11																
12																
13																
14																
15																
16																
МК/ОК Обшивка крила металельного планера з КМ															6	

ГОСТ 3.1118-82 форма 16																
Дубл.																
Взам.																
Подп.																
										02100.16307			7			
										K104.ДП.163.07.00			104.60121.00002			
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа						
Б	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Назва деталі,ск.одиниці або матеріалу					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
A01	Механічна обробка					Обладнання, пристосування, інструмент					Розряд робочого		Норма часу	Характер норми		
02																
O03	1. Обрізати обшивку по розміченим контурам. Видалити пилові смоли.															
O04	2. Зачистити поверхню обшивки видаливши глянець смоли,															
05	видалити глянець із внутрішньої поверхні обшивки.															
O06	3. Провести візуальний огляд, при явних пошкодженнях видалити пошкоджений шар.															
O07	4. Виконати зачищення і шпетлювання нерівностей. Обрізати обшивку по лінії розмітці.															
O08	5. Балансування															
O09	6. Контроль БТК															
A10	Взвішування															
11																
O12	1. Взвісити обшивку. Значення маси записати в технічний паспорт.															
13																
A14	Остаточний контроль															
O15	1. Контролювати геометричні розміри обшивки на відповідність кресленню і розмітці на формі.															
O16	2. Контролювати відсутність непроклеювань за протоколом фізлабораторії.															
МК/ОК		Обшивка крила метального планера з КМ													7	