

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»
Факультет літакобудування
Кафедра технології виробництва літальних апаратів

Пояснювальна записка

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

на тему Технологія, оснащення та організація виробництва панелей та
обтічників пасажирського регіонального літака з КМ
ХАІ.104.163.21О.134.1601103 ПЗ

Виконав: здобувач (ка) 6 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)

Дашко Є.А.
(прізвище та ініціали здобувача (ки))

Керівник: Ольга ШИПУЛЬ
(ім'я та прізвище)

Рецензент: Микола ЛИСИХ
(ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Дипломний проект магістра: 118 с., 21 рис., 31 табл., 9 додатків, 38 джерел.

Об'єкт дослідження – впровадження конструкцій з КМ із застосуванням сучасних технологій їх виготовлення.

Ціль роботи – модернізація елементів конструкції носового відсіку пасажирського літака типу Airbus A310 шляхом впровадження елементів з КМ.

Методи дослідження: статистичний, аналітичний методи розрахунку, програмне забезпечення.

Результати дипломного проекту магістра та його новизна: в результаті виконання дипломного проекту магістра отримані наступні результати:

- 1) Розраховано замінні елементи конструкції літака з композитних матеріалів аналогічні вихідним;
- 2) Розроблено механізм автоматизації процесу виготовлення виробів з КМ;
- 4) Спроектовано цех композитних матеріалів та розраховано його основні характеристики;
- 5) Техніко-економічні показники роботи цеху;
- 6) Перспективні технологічні рішення в області обробки детонуючими газовими сумішами;

ЛІТАК, ПАНЕЛЬ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ЦЕХ, КОМПОЗИТ, СОБІВАРТІСТЬ.

Умови отримання: за письмовим дозволом завідуючого кафедри технології виробництва літальних апаратів Національного аерокосмічного університету ім. Н.С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут».

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ 1

1	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	6
1.1	Формування зовнішнього вигляду літака на основі статистичних даних	6
1.1.1	Опис конструкції пасажирського літака	6
1.1.2	Технологічні особливості конструкції пасажирського літака	8
1.1.3	Конструктивно–технологічний аналіз конструкції носової частини фюзеляжу пасажирського літака.....	9
1.2	Розробка модифікованої конструкції носової частини фюзеляжу пасажирського літака	10
1.2.1	Опис модифікованої панелі із застосуванням шаруватих конструкцій	10
1.3	Розрахунок модифікованої панелі на міцність	14
1.4	Порівняльна оцінка мас варіантів панелі.....	17
1.5	Технічні умови на виготовлення носової частини фюзеляжу пасажирського літака	17
2	ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.	19
2.1	Конструктивно-технологічний аналіз об'єктів виробництва в цеху полімерно-композиційних матеріалів (ПКМ)	19
2.2	Розробка класифікатора деталей, що оброблюються.....	22
2.2.1	Вимоги, що пред'являються до класифікатора деталей.....	22
2.2.2	Класифікатор деталей із КМ	22
2.3	Обґрунтування методів та засобів виготовлення за типами деталей та вузлів згідно з класифікатором. Підбір типових технологічних процесів	23
2.3.1	Методи та засоби виготовлення деталей у цеху КМ	23
2.3.2	Підготовчі технологічні процеси	24
2.3.3	Аналіз вихідної інформації для проектування технологічного процесу	28
2.3.4	Підбір типових технологічних процесів	30
2.4	Розробка операційних технологічних процесів для виробів з ПКМ	31
2.4.1	Сутність методу виготовлення тришарових конструкцій з ПКМ.	31
2.4.2	Основні технологічні операції процесу виготовлення тришарових конструкцій	32
2.4.3	Перелік типових основних та допоміжних матеріалів, що використовуються при виготовленні деталей тришарових конструкцій	32
2.4.4	Засоби технологічного оснащення для виготовлення виробів тришарової конструкції	36

2.4.5	Опис технологічних процесів.....	39
2.5	Розробка конструкції оснастки.....	45
2.5.1	Технічні вимоги до конструкції оснастки.....	45
2.5.2	Аналіз конструктивних схем формоутворюючого оснащення	46
2.5.3	Розробка конструкції технологічного оснащення для виготовлення передньої частини обтічника.....	48
2.5.4	Розробка технологічного оснащення для виготовлення бічної панелі	49
2.6	Розробка схеми виготовлення та ув'язки оснащення	51
2.7	Розробка приладу для механізації робіт	52
2.8	Розрахунок та планування цеху виготовлення виробів з ПКМ.....	54
2.8.1	Структура цеху композиційних матеріалів	54
2.8.2	Розрахунок трудомісткості виготовлення деталей у цеху КМ.....	55
2.8.3	Розрахунок фондів часу	57
2.8.4	Розрахунок кількості основних робочих.....	58
2.8.5	Розрахунок кількості допоміжних робочих.....	59
2.8.6	Розрахунок кількості ІТП, СКП та МОП.....	60
2.8.7	Розрахунок кількості обладнання та інших робочих місць	62
2.8.8	Розрахунок висоти цеху.....	65
2.8.9	Розрахунок площ та об'ємів будівель цеху	66
2.8.10	Компонування цеху, що проектується	69
2.9	Опис системи управління якістю продукції.....	70
2.9.1	Якість продукції.....	70
2.9.2	Сутність системи управління якістю продукції	71
2.9.3	Методи досягнення якості	72
3	ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ. Аналіз ринку збуту регіонального пасажирського літака, визначення техніко-економічних показників роботи цеху ПКМ	73
3.1	Характеристики товару.....	73
3.2	Аналіз ринку	73
3.2.1	Маркетинг.....	75
3.3	Виробництво	76
3.4	Коротка характеристика цеху	77
3.5	Обґрунтування системи праці.....	77
3.6	Визначення фонду оплати праці на підприємстві	78
3.6.1	Розрахунок фондів заробітної плати виробничих робітників	78
3.6.2	Розрахунок фондів заробітної плати допоміжних робітників	79
3.6.3	Заробітна плата інженерно-технічним робітникам.....	81
3.7	Визначення вартості основних фондів цеху та річних амортизаційних відрахувань.....	84
3.8	Витрати на експлуатацію та утримання обладнання.....	86

3.9	Витрати на управління цеху.....	90
3.10	Визначення витрат на основні матеріали, покупні вироби та зворотні відходи.....	93
3.11	Розрахунок кошторису витрат на річний обсяг виробництва.....	93
3.12	Розрахунок планової собівартості та відпускних цін виробів.....	97
3.13	Розрахунок техніко-економічних показників цеху.....	98
3.14	Планова собівартість та ціна одиниці виробу.....	100
4	СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ «ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ У ГАЛУЗІ ОБРОБКИ ДЕТОНУЮЧИМИ ГАЗОВИМИ СУМІЩАМИ У ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ»	103
4.1	Перспективні процеси для застосування високочастотної газової детонації.....	103
4.2	Схема установки для детонаційного нанесення покриттів на основі високочастотного генератора ударних хвиль.....	107
4.3	Результати експерименту з детонаційного нанесення покриттів з використанням високочастотного генератора ударних хвиль.....	111
4.4	Перспективи застосування розроблених технічних рішень для детонаційного штампування.....	115
	Висновки.....	120
	Перелік джерел.....	121
	<i>додаток А</i> ГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ ДО КОНСТРУКТОРСЬКОГО РОЗДІЛУ.....	124
	<i>додаток Б</i> ГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ ДО ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗДІЛУ.....	125
	<i>додаток В</i> ГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ ДО ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗДІЛУ.....	126

1 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

1.1 Формування зовнішнього вигляду літака на основі статистичних даних

1.1.1 Опис конструкції пасажирського літака

Регіональний пасажирський літак (прототипом є – Airbus A310) призначений для перевезення від 100 до 150 пасажирів для авіаліній дальністю до 3000 км.

Це літак великої місткості, який зможе виконувати пасажирські та вантажопасажирські перевезення, та експлуатуватися на злітно-посадкових аеродромах 1В класу (рисунок 1.1).

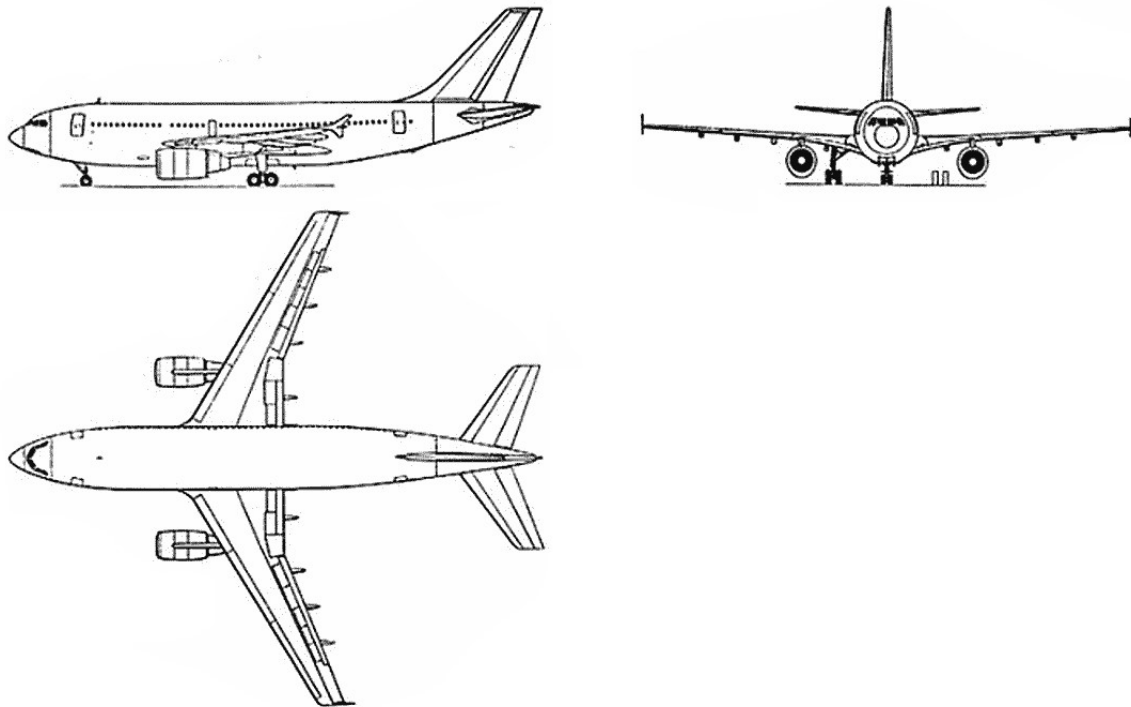


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд регіонального пасажирського літака

Конструкція літака передбачає низку параметрів [1, 2], які роблять цей літак ефективним та затребуваним як для закордонних, так і для українських авіакомпаній:

- для аеродромів 1го класу (4D за міжнародною класифікацією);
- можливість виконувати пасажирські та вантажопасажирські перевезення;
- відповідність вимогам міжнародних норм;
- рівень комфорту регіональних літаків;
- зручна в експлуатації конструкція для техобслуговування та експлуатації;

- крейсерський діапазон швидкостей, дальності та комфортності;
- здатність до конкуренції з зарубіжними літаками-аналогами;
- можливість застосування вітчизняного та зарубіжного обладнання.

Літак має такі варіанти виконання:

- пасажирський літак від 100 до 150 пасажирів;
- вантажний;
- адміністративний;
- спеціального виконання (військовий, заправний, патрульний тощо).

Як силові установки використано два турбовентиляторні двигуни з високим ступенем двоконтурності.

GE CF6-80C2A8, які створені на базі серійного сертифікованого двигуна TF39, що забезпечує необхідні тактико-технічні вимоги, а також роботу та функціонування всіх систем літака. На літаку встановлено радіозв'язкове та радіонавігаційне обладнання для польотів вдень, вночі та у складних метеоумовах.

Літак являє собою моноплан з вільно несійним надкритичним крилом. Фюзеляж літака є герметизованою напівмонококовою рамною конструкцією, круглою в поперечному перерізі. Оперення літака - консольної конструкції, звичайного типу, зі стрілоподібністю по всіх поверхнях. Його конструкція виконана із широким застосуванням композиційних матеріалів. Так, наприклад, з вуглепластику виконуються панелі та обтічники кіля, керма напряду та керма висоти. Це дає значне зниження маси конструкції.

Крило літака - низько розташоване вільно несійне зі стріловидністю 28°.

За конструктивно-силовою схемою крило кесонної конструкції та кріпиться до фюзеляжу за допомогою спеціальних вузлів. Оперення літака - консольної конструкції, звичайного типу, зі стрілоподібністю по всіх поверхнях. Його конструкція виконана із широким застосуванням композиційних матеріалів.

Масові характеристики літака:

а) Маса конструкції планера	38125 кг;
маса фюзеляжу	13648,75 кг;
маса крила	14640 кг;
маса оперення	2897,5 кг;
маса шасі	6938,75 кг;
б) Маса пустого спорядженого літака	113000 кг.

Геометричні характеристики:

довжина	46,76 м;
висота	15,8 м;
розмах крила	43,48 м;
площа крила	214 м ² ;
площа ГО	60,17 м ² ;
площа ВО	32,23 м ² ;
колія шасі	9,6 м;

база шасі

14,9 м.

1.1.2 Технологічні особливості конструкції пасажирського літака

Основою для дизайну цього літака стала модель А300 В4. Конструкція літака за своїми конструктивно-технологічними особливостями володіє високою наступністю по відношенню до конструкції літака А300 (за виключенням довжини фюзеляжу і площі та розмаху крила).

Основна номенклатура матеріалів, напівфабрикатів, що застосовуються в конструкції планера та систем, є традиційною та освоєною авіапромисловістю.

Основні матеріали [3], що застосовуються на фюзеляжі:

- обшивка – 1163АТВ та 1163АКВ, Д16Т, Д16чАМВ, Д16АТМ;
- типові стрингери – Д16чТ;
- силові шпангоути, кронштейни – 1933Т3;
- підкладні листи у місцях вирізів – 1163АМВ.

Максимальні габарити заготовок обшивок одинарної та подвійної кривизни не більше 1800x7000 мм.

Типова довжина заготовок для стрингерів не більше 7000 мм.

Конструктивно-технологічне рішення, що впливає на технологію виготовлення фюзеляжу:

- застосування класних металевих конструкцій автоклавного склеювання (підсилювальні листові підкладки у місцях вирізів під люки, вікна, двері тощо) з використанням клею ВК-51А гарячого затвердіння;
- клеєклепанні поздовжні та поперечні стики на клею ВК-27 (по підшару ВК-25);
- застосування заклепок підвищеного ресурсу герметичності із зменшеною висотою заставної головки для панелі фюзеляжу;
- застосування в зоні підвищених акустичних навантажень шаруватих клейових обшивок із товщиною пакета 2-2,5 мм;
- максимально доцільне в економічному плані для даного класу машин застосування на фюзеляжі КМ (обтічники шасі, РЛС та ХЧ, панелі пасажирського салону та багажного відсіку);
- розташування основних опор шасі на фюзеляжі;
- стик фюзеляжу з ОЧК – фланцевий.

Як герметизуючі матеріали та матеріали антикорозійного захисту в конструкції фюзеляжу застосовані герметики УЗО, МЕС-5М, ВІТЕФ-1НГ, заповнювачі

ВЗ-27М, ґрунти ЕП-021Ч та ЕП-0215, емаль ЕП-140, протикорозійні засоби НГ-222, що дозволяє застосувати традиційну технологію та існуючі засоби механізації.

Рулі напряму та висоти – змішаної конструкції (металевий каркас, обшивка з ПКМ) та у виробництві вимагатимуть освоєння окремих технологій.

У конструкції шасі застосовані матеріали, технологія яких освоєна промисловістю – сталь 30ХДСНМА-ВД; титанові сплави ВТ-22, ВТ-16, алюмінієвий сплав 1933Т3.

Для серійного виробництва літаків не знадобиться нового технологічного обладнання.

З традиційного високопродуктивного обладнання, у тому числі з ЧПУ, за основними видами виробництва буде задіяно:

- з механообробки: ПФП-5С, ФП-7, ФП-17, МА-855, МА-655С;
- за поверхневим зміцненням: ДОК-1, ВУД-1000, пристрої з місцевого пневмодинамічного зміцнення типу ПДН;
- з заготівельно-штампувального виробництва: РО-3М, ОП-3, БДУ-2М, КГЛ-1, QRD-600, ПГР-7, ПГР-6, РФП-2, РЧЕ-250 і так далі;
- з агрегатно-складального виробництва: клепальний прес КП-204М, свердлильно-клепальний автомат АК-5,5-2,4, АК-2,2-0,5;
- ручний механізований інструмент типу СМ, РМ, КМП, МП тощо.

Для виготовлення шаруватих конструкцій та конструкцій із ПКМ необхідно на серійному підприємстві мати електричний автоклав типу «Шольц» та термопечі типу "ТАТ-3М".

З метою забезпечення широко кооперованого серійного виробництва літака на підприємствах України стик крила з центропланом виконують фітинговим, з'єднання кіля та стабілізатора з фюзеляжем також фітингове.

1.1.3 Конструктивно-технологічний аналіз конструкції носової частини фюзеляжу пасажирського літака

Фюзеляж пасажирського літака – круглого перерізу діаметром 5640 мм та довжиною 46760 мм, напівмонококової конструкції. У фюзеляжі розташована кабіна екіпажу, пасажирська кабіна, що включає пасажирський салон та службове приміщення. Під підлогою розміщені багажно-вантажний та технологічний відсіки, ніша передньої опори шасі.

Поперечний силовий набір фюзеляжу складається з 61 шпангоута. Шпангоути № 6 та № 47 умовно ділять фюзеляж на носову, середню та хвостову частини. Герметичність кабін забезпечується шпангоутами № 1 – № 47. Ліхтар розташовано між шпангоутами № 1 – № 4. Пасажирський салон розташовано між шпангоутами № 7 – № 46. Аварійний вихід розташовано між силовими шпангоутами № 22 та № 23. Передня опора шасі розташована у носовій частині та кріпиться до силового шпангоуту № 7.

На літаку є:

- вхідні двері – трап;
- службові двері;

- вантажні двері;
- аварійний люк;
- люк підпільного багажно-вантажного відсіку.

У носовій частині фюзеляжу літака Airbus A310 виділено такі підзбірки:

- нижній відсік з підлогами та нішою шасі (шп1-7, стр15л/пр.);
- верхні секції панелей з каркасом ліхтаря (шп1-7, стр28л/пр.);

Панелі носової частини подвійної кривизни з'єднані між собою поздовжніми стиками стрингерами 28, 28а. Поздовжні стики панелей виконані «внахлест». Поперечний технологічний стик по шпангоуту 4 виконаний "встик" на накладній панелі.

Як по поздовжнім, так і поперечним стикам панелей клепка виконана на клеї ВК-51А заклепками АНЧ-300, АНЧ-301 Зазори по поперечним стикам $1,5 \pm 0,5$ мм заповнюються герметиком ВІТЕФ-1НТ.

Широке панелювання носової частини дозволяє використовувати передові методи складання з використанням базових отворів (БО). У кожній секції всіх обводів шпангоутів передбачено по два-три БО.

Ліхтар є звареною конструкцією зі сталевих (СР1-2А) профілів.

Усі панелі збірні, стрингерного типу виконані з листа 1163 АТВ товщиною 2 мм з привареним точковим електрозварюванням (ТЕЗ) стрингерами кутового перерізу.

Пояси стрингерів Z-подібного перерізу виконані з Д16Т. Кріплення секцій обводів здійснюється за допомогою заклепувальних з'єднань.

Нижній відсік носової частини складається з підлоги пілотів з нішою шасі, шпангоуту 1, низинок шпангоутів 2-7 та нижніх панелей. Обшивка панелей виконана з листа 1163 АТВ завтовшки 2 мм, підлога пілотів – Д16Т завтовшки 2,5 мм з приклепаними стрингери кутового перерізу.

Застосування клеєклепанних та клейозварювальних сполук покращує вібростійкість та ресурс літака.

1.2 Розробка модифікованої конструкції носової частини фюзеляжу пасажирського літака

У цій роботі покращення конструкції носової частини фюзеляжу спрямоване на зменшення маси, за рахунок застосування тришарової панелі замість збірної.

1.2.1 Опис модифікованої панелі із застосуванням шаруватих конструкцій

У зв'язку зі зростанням вимог до сучасних літальних апаратів все більш широке застосування отримують конструкції з високою питомою міцністю, що складаються з меншої кількості деталей, що з'єднуються в єдине ціле за допомогою склеювання. Вирішення цього питання полегшується застосуванням

шаруватих конструкцій зі стільниковим або іншим заповнювачем. Базова панель представлена на Рисунку 1.2.

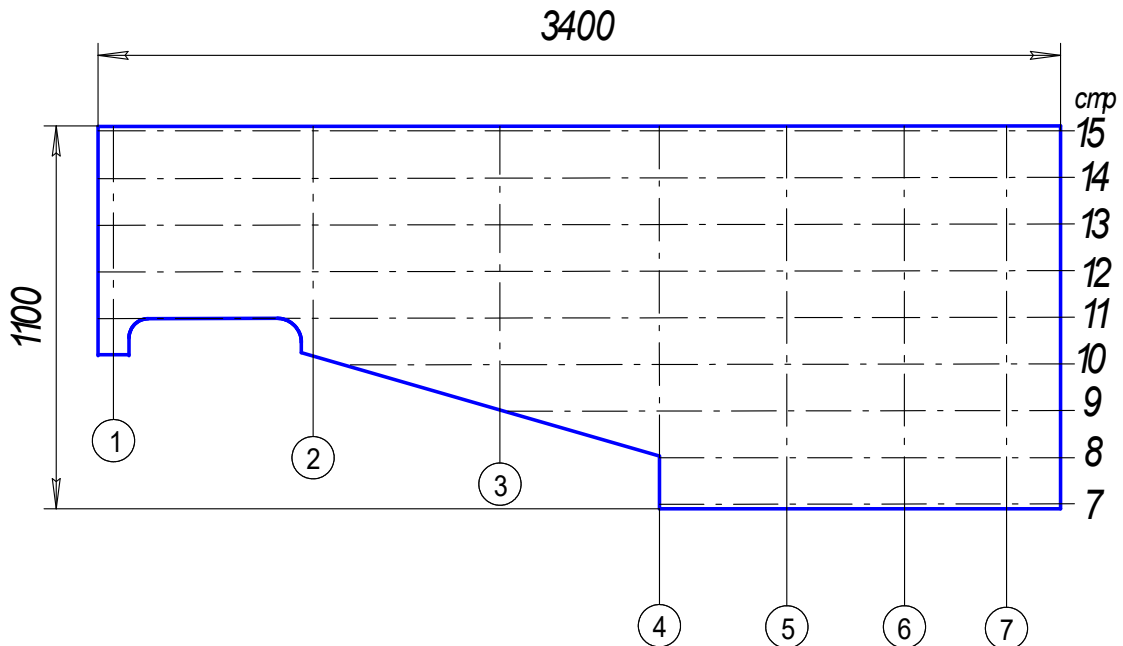


Рисунок 1.2 – Конструктивно-силова схема носової нижньої панелі фюзеляжу
(вихідний варіант)

Шаруваті конструкції являють собою листові обшивки, між якими знаходиться заповнювач, який забезпечує спільну роботу обшивок і необхідну жорсткість конструкції.

Як заповнювачі в шаруватих конструкціях застосовуються:

- стільникові заповнювачі, що виготовляються з різних матеріалів: алюмінієві, склотканини, титанові сплави, нержавіючі сталі тощо;
- заповнювачі у вигляді гофрів;
- заповнювачі вафельного типу;
- заповнювачі з пінопласту.

Стільникові конструкції є одним з різновидів шаруватих і є поєднанням обшивок і стільникового заповнювача, розташованого між ними.

Заповнювач надає конструкції жорсткості, підвищеної стійкості, термо-, звуко-, електроізоляційних властивостей.

Загальна стійкість стільникових конструкцій у багато разів перевищує стійкість листів, що входять до неї. А саме тим, що вона має момент інерції перерізу значно більший, ніж одношарова конструкція тієї ж ваги, оскільки несійні шари перебувають у певній відстані один від одного (10-30 мм).

Підвищена стійкість стільникових конструкцій при стисканні та зсуві дозволяє конструювати їх без підкріплення поздовжнім набором зі збільшенням відстаней між шпангоутами. Панелі із стільниковим заповнювачем, володіючи

високою стійкістю, дозволяють застосовувати несійні обшивки товщини 0,3...0,6 мм, що дуже важливо для зниження ваги конструкції.

Стільникові конструкції мають такі суттєві переваги перед конструкціями, виконаними з обшивок, підкріплених стрингерами та шпангоутами:

- велику питому міцність (відношення межі міцності до маси);
- найкращі характеристики втомної міцності;
- проектування складальних вузлів потребує меншої трудомісткості;
- включають меншу кількість деталей, що становлять вузол або агрегат.

Конструкції зі стільниковим заповнювачем застосовують у різних галузях народного господарства, але їх високі характеристики міцності і мала вага знайшли широке застосування в літакобудуванні. Прикладом такого широкого застосування можуть бути літаки: С-5А, С-141, L-1011 фірми «Lockheed»; В-737, В-777, В-2 фірми "Boeing"; і т.д.

Стільникові заповнювачі в залежності від застосовуваних матеріалів поділяються на дві групи:

1. Заповнювачі малої густини. До них відносяться стільникові заповнювачі з паперу, склотканини, а також із алюмінієвих сплавів. Основним способом з'єднання елементів конструкції цієї групи є склеювання.

2. Заповнювачі великої густини. До цієї групи входять стільникові заповнювачі з нержавіючих сталей та титану. Елементи таких стільникових заповнювачів з'єднують за допомогою зварювання, а обшивки зі стільниковим заповнювачем - пайкою або зварюванням.

Заповнювачі другої групи застосовують в основному в конструкціях, що працюють в умовах високих температур та інтенсивних навантажень.

Застосовуються стільникові зв'язуючі з різною формою клейки. Широкого поширення набули заповнювачі з шестигранною формою стільникового осередку, оскільки вони більш технологічні, мають найбільшу площу стільникової поверхні і, отже, площу склеювання з обшивкою. Розмір стільникового осередку визначається довжиною її меж.

Стільникові конструкції виготовляють з дренажними отворами або без них в залежності від клейових композицій, які застосовуються для їх склеювання.

Дренажні отвори виконуються для видалення летких речовин із стільникових осередків.

Площа шаруватих конструкцій із алюмінієвих сплавів в окремих випадках досягає сотні квадратних метрів.

Всі перераховані вище переваги привели до вибору як модифікованого варіанта частини конструкції, що складається, варіант шаруватої панелі з трубчастим заповнювачем.

При цьому мається на меті за рахунок застосування шаруватих панелей у конструкції зменшити кількість стрингерів і шпангоутів, отримати виграш у вазі без зниження міцності. На рисунку 1.3 представлена модифікована панель.

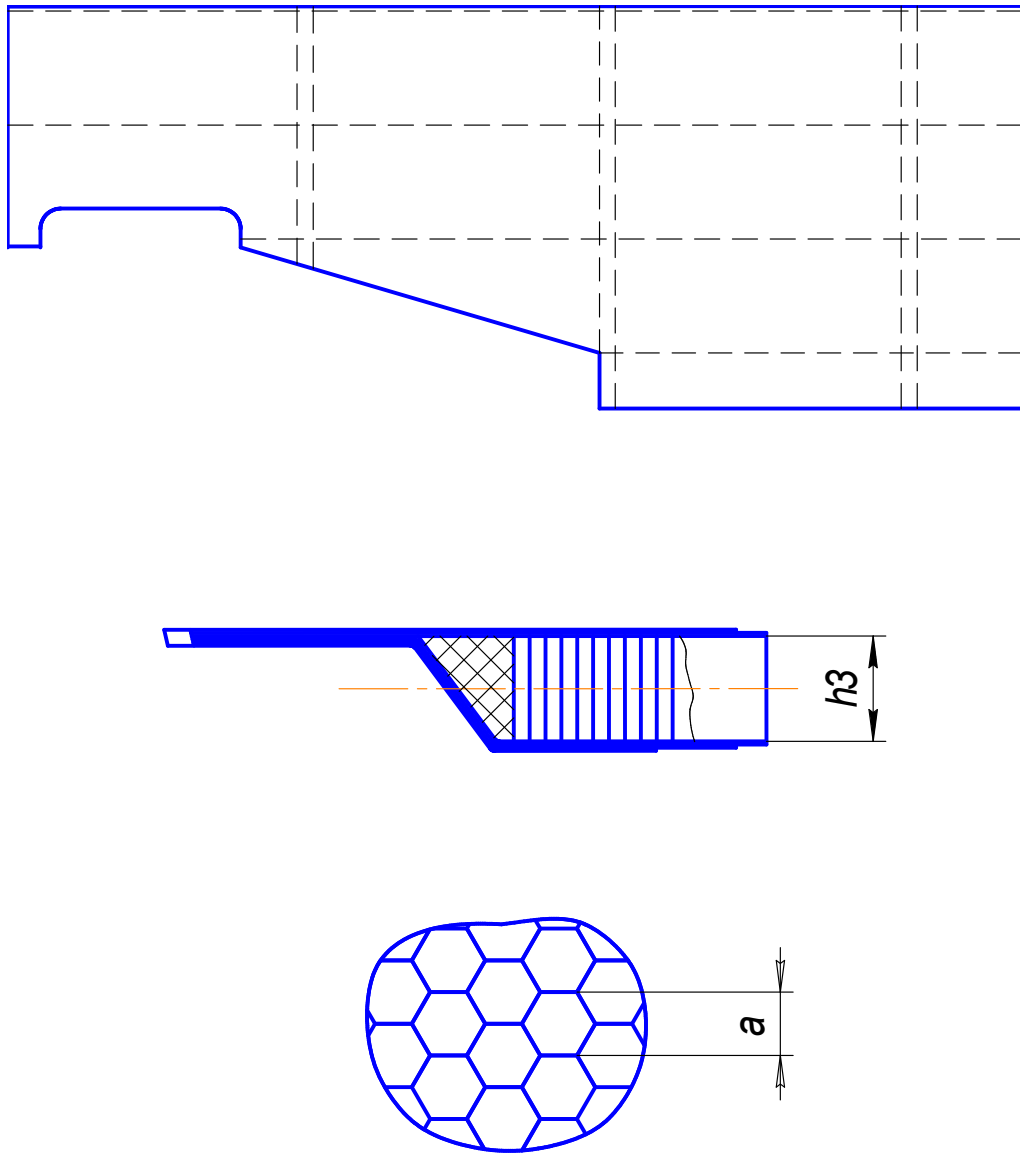


Рисунок 1.3 - Панель зі стільниковим заповнювачем

Креслення модифікованої панелі представлено у додатку А

Для перевірки на міцність модифікованої панелі необхідно знати величини навантажень, що діють у зоні розташування панелі. Ці величини взяті з графіків аеродинамічних продувок.

Згинальний момент, що навантажує панель нормальними напругами, дорівнює:

$$M_{згmax}=264,7 \text{ (кН}\cdot\text{м)};$$

$$M_{згmin}=123,4 \text{ (кН}\cdot\text{м)};$$

Крім того, панель навантажена поперечною силою:

$$Q=25,1 \text{ (кН)}$$

і крутний момент:

$$M_{кр}=31,5 \text{ (кН}\cdot\text{м)}.$$

Вихідними даними (рисунок 1.4) для розрахунку навантажень є $M_{зг}$ та поперечний переріз фюзеляжу.

Для круглого перерізу $M_{зг}$ сприймається панелями верхнього та нижнього обводів. У них діють поздовжні сили:

$$P_{повзд}=M_{зг}/H, \quad (1.1)$$

де $H=0,9 D$.

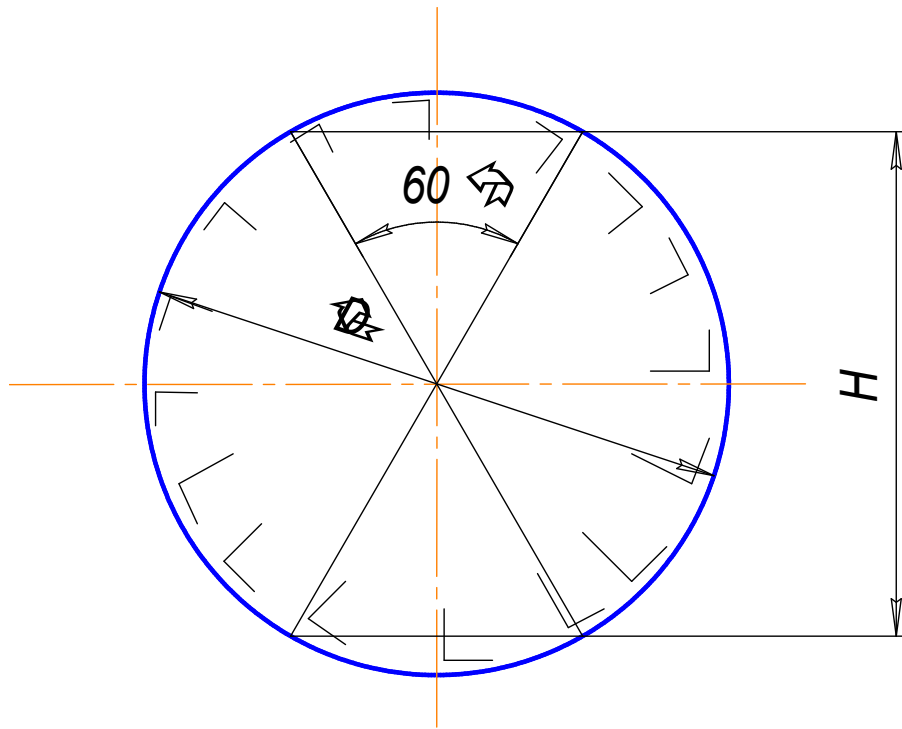


Рисунок 1.4 – Схема для визначення розрахунку навантажень

При обтіканні повітряним потоком на поверхні фюзеляжу виникають місцеві аеродинамічні навантаження, які можуть досягати величини:

$$P_{н \text{ аер}}=(0,7 \dots 1,0) \cdot 10^5 \text{ (Па)}.$$

У герметичних фюзеляжах діють значні розподілені навантаження від надлишкового внутрішнього тиску:

$$P_{надл}=(0,4 \dots 0,8) \cdot 10^5 \text{ (Па)}.$$

Сумарне розподілене навантаження від $P_{н \text{ аер}}$ та $P_{надл}$ в середньому становить:

$$P_{\Sigma}=(0,7 \dots 1,3) 10^5 \text{ (Па)}.$$

1.3 Розрахунок модифікованої панелі на міцність

Для розрахунку на міцність модифікованої панелі необхідно визначити параметри панелі зі стільниковим заповнювачем:

- $\delta_{\text{нш}}$ - товщина несійних шарів;
- h_3 - висота стільникового заповнювача;
- a – розмір стільникової комірки;
- S_3 - товщина фольги стільникового заповнювача;

Обираються матеріали шаруватої конструкції:

- несійний шар Д16АТ;
- соти АМГ2-М;
- клей ВК-32-200.

Необхідні параметри панелі з умов, що вага 1 м² панелі зі стільниковим заповнювачем дорівнює вазі 1 м² обшивки з Д16АТ завтовшки 1 мм.

Вага 1 м² листа (F) з Д16АТ товщиною 1 мм (δ):

$$m = F \cdot \delta \cdot \rho = 1 \cdot 0,001 \cdot 2750 = 2,750 \text{ (кг)}$$

Визначаються параметри панелі зі стільниковим заповнювачем, виходячи з інтенсивності навантажень, будівельної висоти та габаритів панелі:

$$\delta_{\text{нс}} = 0,3 \text{ мм}; S_3 = 0,025 \text{ мм}; a = 6 \text{ мм}; h = 12 \text{ мм}.$$

Проводиться розрахунок на міцність тришарової панелі, попередньо зробивши такі припущення: панель працює на стиск і тому критичні напруження визначаються за емпіричними формулами, справедливими як до, так і за межами пропорційності.

$$\sigma_{\text{кр}} = \sigma_{\text{В}} \frac{1+\nu}{1+\nu+\nu^2}, \quad (1.2)$$

$$\tau_{\text{кр}} = \tau_{\text{В}} \frac{1+\nu}{1+\nu+\nu^2}, \quad (1.3)$$

де $\sigma_{\text{ч}}$ - тимчасовий опір матеріалу при розтягуванні;
 $\tau_{\text{ч}}$ - тимчасовий опір при зрушенні.

$$\nu = \sigma_{\text{ч}} / \sigma'_{\text{кр}}; \nu = \tau_{\text{ч}} / \tau'_{\text{кр}} \quad (1.4)$$

де $\sigma'_{\text{кр}}$, $\tau'_{\text{кр}}$ – критичні напруження стиснення та зсуву до межі пропорційності.

Введемо коефіцієнт $\frac{1}{(1+g)^2} < 1$, який враховує несправність гіпотези плоских перерізів для тришарової панелі.

Тоді

$$\sigma'_{\text{кр}} = \frac{1}{(1+g)^2} \sigma_0,$$

де σ_0 – критичну напругу, підраховану за умови справності гіпотези плоских перерізів для тришарової панелі.

$$g = \frac{10,8 \cdot h \cdot S \cdot E_{\text{нш}}}{b^2 \cdot G}, \quad (1.5)$$

де E – модуль пружності несійних шарів,
 G – модуль зсуву матеріалу заповнювача.

$$G_0 = \frac{43E_H \cdot J_{\text{пог}}}{b^2 \cdot F_{\text{пог}}}, \quad (1.6)$$

де $J_{\text{пог}}$ – погонний момент інерції;
 $F_{\text{пог}}$ – площа поперечного сечення панелі.

$$J_{\text{пог}} = 2\delta_H \left(h_3 + \frac{\delta_H}{2}\right)^2 \approx 2\delta_H \cdot h_3^2 \quad (1.7)$$

$F_{\text{пог}} = 2\delta_H$, тоді отримуємо

$$\sigma_0 = \frac{43E_{\text{НШ}}}{(b/h_3)^2} \Rightarrow \sigma'_{\text{кр}} = \frac{1}{(1+g)^2} \cdot \frac{43E_{\text{НШ}}}{(b/h_3)^2} \quad (1.8)$$

Необхідні дані щодо матеріалів [3] несійних шарів та стільникового заповнювача представлені нижче.

Для Д16АТ:

- | | |
|-------------------------------------|--------------------|
| – $E_H=7200$ МПа; | $\tau_q=31$ МПа; |
| – $C_H=27$ МПа; | $\sigma_q=47$ МПа; |
| – $\gamma=2,75$ г/см ³ ; | $\mu=0,33$. |

Для АМ2-М:

- | | |
|-------------------------------------|--------------------|
| – $E_H=68646,5$ МПа; | $\tau_q=31$ МПа; |
| – $\sigma_3=264,78$ МПа; | $\sigma_q=27$ МПа; |
| – $\gamma=2,68$ г/см ³ ; | $\mu=0,3$. |

Після підстановки даних отримаємо:

$$g = \frac{10,8 \cdot h_3 \cdot \delta_{\text{НШ}} \cdot E_H}{b^2 \cdot G_3} = \frac{10,8 \cdot 12 \cdot 0,6 \cdot 7200}{270^2 \cdot 20,24} = 0,04,$$

$$\sigma'_{\text{кр}} = \frac{1}{(1+0,04)^2} \cdot \frac{43 \cdot 7200}{(270/12)^2} = 565 \text{ (МПа)}.$$

Критична напруга зсуву для тришарової панелі до межі пропорційності визначається:

$$\tau'_{\text{кр}} = \frac{10,8R_1 \cdot E_H}{(b/h_3)^3}, \quad (1.9)$$

де R_1 – залежить від a/b для різних g , $R_1=4,2$.

$$\tau'_{\text{кр}} = \frac{10,8 \cdot 4,2 \cdot 7200}{(270/12)^2} = 645 \text{ (МПа)}.$$

$$\nu' = \frac{31}{645} = 0,05, \quad \tau'_{\text{кр}} = 31 \frac{1+0,05}{1+0,05+0,05^2} = 30,9 \text{ (МПа)}.$$

Розрахуємо нормальні та дотичні напруги. Сила, що перерізує, і згинальний момент взяті з графіків аеродинамічних продувок фюзеляжу ЛА:

$$Q=25,1 \text{ кН}; M_{\text{изг}}=123,4 \text{ кН}\cdot\text{м}; M_{\text{кр}}=31,5 \text{ (кН}\cdot\text{м)}.$$

$$\tau_0 = \frac{Q}{5,3R \cdot \delta_{\text{НШ}}} = \frac{25,1 \cdot 10^3}{5,3 \cdot 1,55 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3}} = 509 \text{ (МПа)},$$

$$\sigma_0 \frac{3M_{\text{ЗГ}}}{2 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \delta_{\text{НШ}}} = \frac{3 \cdot 123,4 \cdot 10^3}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,41^2 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3}} = 49,4 \text{ (МПа)},$$

$$\tau = \frac{M_{\text{кр}}}{2\pi R^2 \cdot 2\delta_{\text{НШ}}} = \frac{31,5 \cdot 10^3}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,41^2 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3}} = 2,1 \text{ (МПа)}.$$

Як можна бачити, умови виконуються, розрахункові нормальні та дотичні напруги не перевищують гранично допустимих.

1.4 Порівняльна оцінка мас варіантів панелі

Для того, щоб провести вагове порівняння двох варіантів панелі бічної нижньої правої, необхідно з'ясувати обсяг кількісних з'єднань у силовому наборі базової панелі, викликаний застосуванням тришарової обшивки [5].

Як зазначалося раніше параметри тришарової панелі (1 м²) підбиралися з умови рівності маси 1 м² тришарової панелі і 1 м² листа з Д16АТ товщиною 1 мм. Таким чином, обшивка базової конструкції та тришарова обшивка рівні по масі та в масовому порівнянні їх можна не враховувати.

Оскільки товщина обшивки в вихідному варіанті дорівнює 1 мм, то вираш у вазі дорівнює масі обшивки з 1163АТВ товщиною 0,5 мм на ділянці шпангоутів 1-7.

Площа поверхні, зайнятої панеллю, становить 3,74 м², зміна маси:

$$\Delta M = \Delta S \cdot \delta \cdot \gamma = 3,74 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 2,75 \cdot 10^3 = 5,14 \text{ (кг)}.$$

Зміна маси відбулася також за рахунок скорочення числа стрингерів кріплення.

Зокрема скорочено стрингери 7-15. Середня маса стрингера становитиме 0,2 кг. Зменшення кількості заклепок призвело до зменшення маси самої конструкції на 0,1 кг.

Таким чином, загальне зменшення маси конструкції за рахунок модифікації становить:

$$\Delta M_{\text{заг}} = 5,14 + 7 \cdot 0,2 + 0,1 = 6,64 \text{ (кг)}$$

1.5 Технічні умови на виготовлення носової частини фюзеляжу

пасажирського літака

Технічні умови (ТУ) являють собою перелік вимог до точності ув'язки, ступеня закінченості елементів, що входять до складу складального агрегату [4], можливим відхиленням форми та розмірів, виконання з'єднань і посадок, чистоті поверхні, термічної обробки, а також до умов випробування та контролю виробу, що складається:

1. Вимоги до зовнішніх обводів та поверхонь за технологічною інструкцією;
2. Зазори в стиках лючків та листів обшивки в поздовжньому та поперечному напрямках допускається не більше 0,5...1,0 мм та місцеві до 0,8 мм на довжині 500...800 мм;
3. Зчленування, що виходять на зовнішню поверхню виробу, повинні бути загерметизовані з обов'язковим заповненням зазору на всю його глибину за ВІ;
4. Допускається непрямолінійність заклепувального шву ± 1 мм;
5. Виступання потайних головок гвинтів та ботів допускається 0,15 мм;
6. На поверхні літака не допускаються хлопуні, вм'ятини;
7. Не допускаються задираки, риси, граненість панелей, що виходять на зовнішній контур;
8. Відхилення від ТКФ зовнішньої поверхні ліхтарів допускається до 1 мм;
9. Між головним обтічником та конструкцією фюзеляжу по стику дозволяється виступ величиною до 0,5 мм за потоком та проти потоку на розмітці не більше 50 % периметра стику;
10. * - розміри для довідок;
11. Допускається звивистість вісей стрингерів фюзеляжу в межах 1 мм на 1 м довжини стрингера.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.

2.1 Конструктивно-технологічний аналіз об'єктів виробництва в цеху полімерно-композиційних матеріалів (ПКМ)

Полімерно-композиційні матеріали (ПКМ) – це конструкційні матеріали, що складаються з матриці (основи) з розподіленням у ній армуючим матеріалом. В якості армуючого матеріалу можуть застосовуватись волокна скла, вуглецю, бору та органічного волокна [5]. До основних видів полімерних матриць (зв'язуючих) відносять термопластичні матриці (термопласти) та затвердіваючі (реактопласти), які є полімерними (полімероутворюючі) реакційними системами. Композиційні матеріали (КМ) мають широкий діапазон якостей, що перевершують за питомою міцністю, жорсткістю та опором алюмінієві, магнієві, титанові сплави та сталі. Це дозволяє значно знизити масу конструкції літака. Деталь з композиту може мати вагу до 80% нижче ніж аналогічна металева. КМ мають низьку чутливість до концентраторів напруження, володіють гарною корозійною стійкістю, радіопрозорістю та ін. Але вони мають і ряд недоліків: нестабільність значень характеристик та анізотропія властивостей, невелика міцність міжшарового здвигу, складність ремонту та проблематична утилізація.

Властивості КМ можна синтезувати, змінюючи типи матриці та армуючих волокон, їх об'ємного співвідношення, кількість шарів, орієнтацію армування відносно діючих навантажень, змішуючи різноманітні типи волокон та ще безліч способів.

При аналізі матеріалу конструкції слід враховувати те, що:

- Для елементів, що працюють на розтягування, найбільш доцільні скляні або органічні волокна (скляні мають меншу вартість, а органічні – меншу щільність);
- На стискання більш високою міцністю володіють боропластики. Вони разом з вуглепластиками мають найбільшу живучість;
- Найбільша міцність та жорсткість при зрушенні досягається направленням армування волокон 45°;
- Найбільша ударна міцність, в'язкість та тріщиностійкість характерна для органопластиків (найбільш крихкі - вуглепластики);
- Найбільш термостійкими є вуглецеві та боро волокна ($t=500\dots900\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- Більш легкі конструкції з КМ можуть виявитись більш вигідними навіть при великій вартості самих КМ, бо, знижуючи масу планера, вони дозволяють знизити витрати палива, збільшити цільове навантаження та дальність польоту. Останнє приводить до збільшення ефективності літака.

Забезпечення якісного виготовлення виробів, конструкція яких постійно ускладнюється, з мінімальними витратами засобів у необхідні строки багато в чому визначається технологічністю конструкції.

Технологічність конструкції – це властивості, що дозволяють при оптимальній собівартості та трудомісткості, за умови забезпечення якості, застосовувати найбільш прогресивні технологічні процеси.

Технологічними називають конструкції, які, забезпечуючи експлуатаційні якості виробу, у процесі виготовлення дозволяють досягти найменшої трудомісткості, простої викладки, обробки та складання, зниження собівартості.

Під комплексом властивостей конструкції, що забезпечують технологічність, передбачається реалізація наступних основних вимог [4]:

- простота аеродинамічних форм агрегатів;
- простота всіх елементів, що входять у конструкцію;
- точність виготовлення агрегатів;
- раціональні способи з'єднання деталей, вузлів, відсіків між собою;
- раціональне членування та компоновка деталей, вузлів та відсіків між собою;
- можливість забезпечення взаємозамінності вузлів та агрегатів;
- забезпечення високої наступності конструкції;
- наявність зручних підходів до місць з'єднання;
- обмеження кількості використаних марок матеріалів;
- максимальне використання у конструкції деталей з матеріалів, що володіють найкращими технологічними властивостями;
- використання нормалізованих деталей;
- забезпечення можливості максимальної механізації формоутворення;
- доцільне проставлення розмірів, враховуючи особливості обробки деталей на певних видах технологічного обладнання;
- забезпечення зручностей технічного обслуговування та ремонту.

Відпрацювання конструкції на технологічність забезпечується на всіх стадіях створення моделі.

Проаналізуємо на технологічність носовий обтічник:

- поверхня обтічника має подвійну кривизну;
- обтічник викладається за один технологічний перехід, що скорочує цикл виробництва, але збільшує трудомісткість;
- для виготовлення обтічника використовується мала номенклатура матеріалів;
- використовуються стандартні елементи кріплення.

Проаналізуємо на технологічність панель:

- поверхня панелі має подвійну кривизну;

- панель викладається за один технологічний перехід, що скорочує цикл виробництва, але збільшує трудомісткість;
- для виготовлення панелі використовується мала номенклатура матеріалів;
- використовуються стандартні елементи кріплення.

Виробництво виробів з ПКМ містить ряд специфічних процесів, що потребують для їх проектування реалізацію оснащення та спеціалістів певної кваліфікації [5]. В силу особливостей, ці процеси проектуються під конкретне обладнання й оснащення та реалізуються в певних виробничих умовах відповідно до розроблених для кожного з них теорій. Специфічні процеси взаємно зумовлені та пов'язані у єдиний виробничий процес виготовлення конкретної деталі. Всі вони мають загальну особливість – перетворення вихідних матеріалів у продукти заданої якості з найменшими витратами праці для умов, що розглядаються.

Сучасне серійне авіаційне підприємство виготовляє велику номенклатуру виробів з ПКМ. Для цього призначені окремі площі. Сукупність цих виробничих площ є цех.

Цех, що проектується в даній роботі, відноситься до групи випускаючих вироби з ПКМ та є одним з основних цехів літакобудівного підприємства.

Взагалі, деталі ЛА з ПКМ можна розділити на наступні групи за такими ознаками:

За розміщенням деталей в конструкції планера:

- Деталі, що виходять на зовнішній контур планера;
- Деталі внутрішнього оснащення літака.

За типом конструкції:

- Тришарові конструкції;
- Монолітні конструкції;
- Клеєшаруваті конструкції.

За видом зв'язуючого:

- З сотовим заповнювачем;
- З трубчатим заповнювачем;
- З пінним заповнювачем.

За видом матеріалів, що використовуються:

- Склопластик;
- Вуглепластик;
- Органопластик.

Для доцільності проектування та створення цеху КМ необхідно визначити об'єм та об'єкти робіт у цеху.

В цеху, що розглядається, будуть виготовлятися вироби, що входять до складу носового та бортового відсіків, ОЧК монолітної та тришарової конструкцій, з вуглепластику та склопластику.

В першу чергу необхідно визначити номенклатуру деталей, що оброблюються, необхідну їх кількість на одну машину та річну програму. В подальшому розрахунку цеху, що проектується, необхідно визначити трудомісткість робіт, розрахувати кількість обладнання та робочих цеху. На основі об'єктів та об'єму робіт у цеху складається класифікатор виробів.

2.2 Розробка класифікатора деталей, що оброблюються

2.2.1 Вимоги, що пред'являються до класифікатора деталей

Класифікатор деталей з КМ розроблюється по цеху з метою визначення, уточнення спеціалізації цеху, використання групових та поточних методів обробки

До класифікатора пред'являються такі вимоги:

- класифікатор деталей по цехах виконують на кальці із заповненням усіх даних класифікаційних відомостей групи деталей (ТФ-47905), кальки є контрольним екземпляром та повинні зберігатися у заступника начальника цеху з підготовки виробництва;
- з кальки знімають чотири копії, які розподіляються до технологічного бюро цеху, начальника технологічного бюро цеху, до ПДБ та відділу головного технолога;
- номенклатура ділянок цеху має відповідати класифікаційним групам деталей;
- при вступі до цеху документа на введення нових або анульованих деталей, начальник технологічного бюро визначає, у яких класифікаційних відомостях мають бути здійснені зміни;
- технолог, відповідаючи вказівкам начальника технологічного бюро, здійснює відповідні зміни у всіх технологічних документах;
- при введенні нових деталей класифікатор дозволяється наповнювати новими групами, а поодинокі найменування вводити в іншу групу деталей.

2.2.2 Класифікатор деталей із КМ

До конструктивно-технологічних параметрів відносяться тип конструкції, матеріал, форми деталей та технологічний процес виготовлення деталей [5]. Відповідно до цих параметрів можна виділити такі класифікаційні ознаки деталей з КМ:

1. За видом підкріплення обшивки;
2. За способом виконання підкріплення;
3. За видом заповнювача;
4. За видом застосовуваного матеріалу;
5. За видом конструкції;
6. За габаритами деталі.

Оскільки специфіка застосування різних матеріалів позначається на технологічних прийомах, режимах обробки (формування), умовах праці, доцільно розділити типові представники на вигляд застосовуваних матеріалів.

Вироби з КМ можна розділити на два класи: монолітні конструкції та конструкції із заповнювачем (тришарові). За переліченими вище ознаками ці класи діляться на підкласи, в яких розписані варіанти конструкцій деталей і методи з виготовлення.

Класифікатор представлений у додатку Б.

2.3 Обґрунтування методів та засобів виготовлення за типами деталей та вузлів згідно з класифікатором. Підбір типових технологічних процесів

2.3.1 Методи та засоби виготовлення деталей у цеху КМ

Існують чотири основні методи формоутворення виробів із ПКМ: викладка, намотування, пултрузія, напилення, а також різні варіанти комбінування цих методів. Найбільш поширеним методом є ручне викладення, оскільки літакові деталі мають складну геометрію. Спосіб дає можливість отримувати деталі різної конфігурації та розмірів. Але через невелику продуктивність і шкоду організму людини необхідно застосовувати у виробництві механізовані процеси викладки.

У класифікаторі представлені різні типи деталей, які через різноманітність застосовуваних матеріалів і конструктивно-технологічних особливостей мають різні методи та засоби виготовлення. Деталі монолітної конструкції виготовляються шляхом викладення шарів відповідного матеріалу на форму, що виклеює, з подальшим формоутворенням по заданому режиму. Деталі тришарової конструкції виготовляються шляхом викладки шарів матеріалу, а також викладки заставного елемента (заповнювача) у порожнину між обшивками на форму з клейкою з подальшим формуванням по заданому режиму.

Нижче наведено підготовчі технологічні процеси для виготовлення деталей з ПКМ, а також розроблено типові технологічні процеси виготовлення основних об'єктів з КМ, які представлені в класифікаторі (див. додаток В).

2.3.2 Підготовчі технологічні процеси

Виробництво виробів із полімерних композиційних матеріалів починається з підготовчих технологічних процесів: підготовка вихідних армуючих матеріалів, приготування та контролю компонентів сполучного, приготування препрегів.

Підготовка армуючих матеріалів

Підготовка армуючих матеріалів включає кілька технологічних операцій контроль на відповідність паспортним даним, розшлітовку, апретування. Контроль вихідної арматури полягає у випробуванні її на відповідність технічних вимог механічних характеристик, розмірів, номера нитки, щільності тканини або стрічки, вміст вологи, замаслювача. Також проводять контрольні випробування розривної міцності арматури [5].

Як армуючий матеріал, для виготовлення інтегральних і монолітних конструкцій з ПКМ використовуються тканини зі скловолокна та вуглепластика. Фізико-механічні характеристики деяких склотканин наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Фізико-механічні властивості тканин Т-10-80 и Т-10-14

Марка тканини	Маса на одиницю площі, г/м ²	Номінальна товщина тканини, мм	Розривне навантаження Н (кгс), не менше	
			Основа	Уток
Т-10-80	290,7	0,25	3136 (320)	1764 (180)
Т-10-14	290,7	0,23	2940 (300)	1568 (160)

При роботі зі склотканини можливе виділення в повітряне середовище виробничих приміщень скляного пилу. Пил дратівливо діє на слизові оболонки верхніх дихальних шляхів і шкірні покриви працюючих, викликає свербіж шкіри. Для захисту органів дихання під час роботи з тканиною необхідно застосовувати респіратори, а для захисту шкірного покриву захисні дерматологічні засоби. Робочі в цехах під час роботи з тканиною всі операції повинні виконувати у захисному спецодязі відповідно до норм техніки безпеки.

Приготування зв'язуючих

Приготування зв'язуючих розглянемо з прикладу сполучного ЕДТ-69Н.

Для приготування сполучного спочатку необхідно приготувати його вихідні компоненти:

перевірити придатність компонентів для отримання сполучного ЕДТ-69Н за даними паспортів, що супроводжують вихідні партії компонентів;

провести розрахунок кількості компонентів для приготування сполучного відповідно до рецептури та концентрації;

зробити подрібнення охолоджених смол та УП-631У на шматку розміром не більше 20 мм до завантаження їх у реактор-змішувач, зберігати у холодильнику;

приготувати 3-5% розчин смоли КДА у спирті та до використання зберігати його в герметично закритій ємності.

Зв'язуючі ЕДТ-69Н застосовується для виготовлення скло-, органо- та комбінованих пластиків у вигляді 50-70% розчину в спирто-ацетоновій суміші.

Рецептура сполучного подано у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Рецептура зв'язуючого ЕДТ-69Н

Найменування компонентів	Масова доля компонентів зв'язуючого, м.ч
Епоксидна модифікована смола КДА (1 сорт)	19±0,1
Смола епоксидна ЕТФ	19±0,1
Смола епоксидна УП-631У	19±0,1
Затверджувач №9	3,1±0,1
Спирт етиловий	24±0,1
Ацетон	16±0,1

Приготування зв'язуючого проводиться в емальованому або з нержавіючої сталі реакторі-змішувачі, забезпеченій мішалкою якірного типу, трубчастим холодильником прямої та зворотної дії, системою обігріву та охолодження, постійно діючим пристроєм для контролю та регулювання температури розчину сполучного в реакторі-змішувачі, люком для завантаження. кришкою, а також нижнім зливним отвором із запірним краном. Перед приготуванням і після використання сполучного нижня частина реактора-змішувача промивається технічним ацетоном для видалення залишків продуктів, що не розчинилися.

Процес приготування зв'язуючого ЕДТ-69Н проводять відповідно до технологічного паспорта та інструкцій на його виготовлення.

Процес приготування включає наступні операції:

Зважити необхідну кількість ацетону, подрібненої смоли УП-631У та завантажити через лійку в реактор-змішувач.

Закрити герметично завантажувальний люк реактора, включити мішалку, відкрити зворотний холодильник і перемішувати перемішування при температурі 40-45 °С протягом 50-60 хвилин.

Зважити необхідну кількість подрібненої смоли ЕТФ, смоли КДА з урахуванням розчиненої в спирті, спирту етилового з урахуванням кількості, використаної для розчинення смоли КДА, затверджувача №9 і завантажити їх по черзі через завантажувальну лійку в реактор-змішувач.

Герметично закрити люк завантажувального реактора, включити мішалку, обігрів, відкрити зворотний холодильник, включити прилади для контролю температури.

Перемішування маси вести при температурі 63,2 °С протягом 2,5-3 годин. Відлік часу перемішування проводити з досягнення температури розчину 60 °С.

Контроль закінчення процесу приготування сполучного здійснювати візуально, по повноті розчинення затверджувача №9 у пробі сполучного.

Приготування зв'язуючого охолодити в реакторі до кімнатної температури і злити через 2-3 шари марлі в скляні пляшки або в металеві фляги, що щільно закриваються. На тару із сполучними встановити бирку із зазначенням марки сполучного та дати виготовлення.

Контроль якості сполучного проводять відповідно до таких вимог операцій, що проводяться:

1. відбір проби для контролю зв'язуючого проводити при температурі 20-50 °С;
2. визначити за допомогою ареометра щільність зв'язуючого при даній температурі;
3. визначити концентрацію зв'язуючого на номограмі;
4. при необхідності зробити коригування концентрації додаванням спирто-ацетонової суміші (температура суміші не нижче 200 °С) або розчину сполучного згідно з правилом «хреста»;
5. результати контролю записати до журналу та виписати бирку на партію.

Готовий зв'язуюче ЕДТ-69Н зберігати в щільно закритій тарі в складному приміщенні при температурі не нижче 20 °С в умовах виключення потрапляння вологи та прямих сонячних променів.

При температурі нижче 15 °С можлива викристалізація смоли УП-631 з розчину зв'язуючого. Для розчинення смоли, що випала, необхідно розчин сполучного нагріти до температури 45 °С і перемішувати до повного зникнення осаду. Гарантійний термін зберігання сполучного трохи більше 6 місяців із моменту виготовлення.

Приготування рифтів з мікросферотекстоліту

Підкладні рифти, що виготовляються з композиції мікросферотекстоліту МСТ-С ТІ 59-1046-89, є матеріалом із щільністю 750-800 кг/м³ на основі

затвердженого синпрегу з епоксидного сполучного ЕДТ-69Н, скляних мікросфер МСО-А9 та склотканини Т-10-80.

Рифти виготовляються вирізуванням з готових відформованих плит-заготівель мікросферотекстоліту на відрізному верстаті, а потім припасуванням перед операцією формування до необхідного розміру.

Приготування препрегів

Приготування препрегів включає технологічні операції просочення армуючого матеріалу сполучним і його подальшу сушіння. Ці операції проводять у просочувальних машинах і поєднані у часі.

Сутність процесу приготування препрега полягає у нанесенні сполучного на армуючий матеріал, його рівномірному розподілі та фіксуванні шляхом сушіння. Просочення проводиться на вертикальних просочувальних машинах типу УПСТ-1000М, УЛЗ-3.

Процес приготування препрега на основі армуючого матеріалу Т-10-80(14) і сполучного ЕДТ-69Н включає такі операції:

1. Перевірити працездатність вентиляції, вузлів просочувальної машини та чистоту перевалочних валків.

2. Встановити рулони матеріалу, що просочується, і розділової плівки в розмотують пристрої.

3. По тканинопроводу установки протягнути заправне полотно і з'єднати тканину, що просочується, із заправним полотном поліетиленовою плівкою за допомогою механізму з'єднання.

4. Встановити на контрольно-регулюючих приладах потрібні температурні режими по зонах сушильних камер, включити вентиляцію та обігрів, температурні величини зон наведені у таблиці 2.3.

5. Включити систему протяжки і відрегулювати швидкість руху матеріалу, що просочується ($V_{пр}=0,8-1,2$ м/хв).

6. Після досягнення необхідної температури по зонах сушильної камери, залити у ванну розчин зв'язуючого необхідної концентрації (50-60%), включити систему протяжки. При підході кінця просоченого матеріалу до приймального пристрою заправний кінець обрізати, з'єднати просочений матеріал з розділювальною плівкою і заправити на приймальну бобіну.

Таблиця 2.3 – Величина температури в зонах сушильної камери просочувальної машини

Перша зона, °С	Друга зона, °С	Третя зона, °С
65	75	85

У процесі просочення слід контролювати такі параметри:

- температуру в сушильній камері просочувальної машини за потенціометрами;
- рівень сполучного у просочувальній ванні;
- швидкість просочення контрольного приладу на пульті установки;
- температуру сполучного (20 ± 5) °С.

2.3.3 Аналіз вихідної інформації для проектування технологічного процесу

Для розробки технологічного процесу інформація поділяється на базову, керівну та довідкову.

До керівної інформації належить відомості, що містяться у програмних документах міністерства з розвитку галузі:

- плани підвищення технічного рівня виробництва;
- плани випуску засобів технологічного оснащення;
- стандарти всіх рівнів на технологічні процеси та методи управління ними;
- плани на придбання обладнання;
- документація на перспективні техпроцеси;
- відомості з документів щодо захисту навколишнього середовища від шкідливого впливу даного виду виробництва, техніки безпеки, виробничі інструкції;
- керівні технічні матеріали.

До довідкової інформації відносяться відомості, що містять у технологічних довідниках та каталогах, матеріалах на вибір технологічних нормативів.

До основної інформації для розробки технологічного процесу належить базова, яка містить:

- креслення типових деталей;
- технологічні умови на виготовлення деталей;
- робочий технологічний процес на типові представники деталей із нормами часу, а також відсоток перевиконання норм за видами робіт;
- обсяг випуску виробів та запасних частин до них;
- терміни підготовки виробництва;
- відомість умов постачання заготовок;

– основні паспортні дані обладнання.

Сукупність розроблених процесів, здійснюваних з метою перетворення вихідних матеріалів (напівфабрикатів чи сировини) на готову продукцію, називається виробничим процесом.

У виробничий процес входять такі операції: підготовка виробництва, організація постачання та транспорту, контроль тощо.

Частина виробничого процесу безпосередньо пов'язана із зміною якісного стану об'єкта виробництва (наприклад: форми, розмірів, фізичного стану об'єкта, механічних властивостей матеріалу чи деталі), називається технологічним процесом.

Технологія виробництва ЛА з ПКМ складається з тих же стадій та операцій виготовлення деталей, що й створення металевих виробів. Проте продукція низки початкових стадій виготовлення ЛА з ПКМ має деякі відмінності.

Всі технологічні процеси виробництва ЛА з композиційних полімерних матеріалів можна розділити на основні і допоміжні.

До основних технологічних процесів відносяться:

1. формоутворення – проводять надання деталі геометричних параметрів, що виготовляється, відповідно до вимог конструкторської документації;
2. формування – задають деталі, що виготовляється, стабільну форму і необхідні міцнісні властивості;
3. механічна обробка – припасування деталі до розмірів, зазначених у конструкторській документації;
4. складання – зібрання деталей в одну цілу конструкцію, якщо вона складається з кількох деталей.

До допоміжних технологічних процесів відносять:

1. підготовчі процеси – можуть включати ряд таких операцій як: підготовка оснащення, розкрий матеріалу тощо;
2. приймання-здавання – проводять після проведення складальних операцій конструкції деталі, перед встановленням на ЛА;
3. ремонтно-відновлювальні процеси проводять у разі, якщо в ході експлуатації відбулося руйнування конструкції деталі.

У технологічній документації наведено схеми типових технологічних процесів виготовлення типових деталей із композиційних матеріалів та докладний склад операцій.

Типові операції, які використовуються при виготовленні деталей з композиційних матеріалів:

- контроль вхідних матеріалів;
- підготовка оснащення;
- розкрий матеріалів;
- виготовлення оправок;

- приготування сполучного;
- виготовлення препрегу;
- виготовлення вакуумного мішка;
- викладення пакета;
- термообробка;
- транспортування;
- розпресування;
- вилучення оправок;
- механообробка;
- підготовчі роботи перед склеюванням;
- нанесення клею;
- складання-склейка деталей;
- остаточний контроль БТК та заповнення технологічного паспорта;
- заповнення порожнини заповнювачем.

2.3.4 Підбір типових технологічних процесів

Нижче представлений типовий технологічний процес виготовлення деталей, які входять у розроблений класифікатор.

Типовий технологічний процес на виготовлення панелей та обтічників включає:

- вхідний контроль матеріалів;
- транспортування;
- підготовка форм;
- підготовка оправок для намотування трубок;
- намотування трубок;
- викладання оболонок;
- складання каркасу;
- транспортування;
- розпресування та контроль зовнішнього вигляду;
- механічна обробка;
- неруйнівний контроль;
- виготовлення та випробування зразків свідків;
- встановлення накладок та свердління дренажних отворів;
- встановлення вкладишів;
- підготовка поверхні під нанесення лакофарбового покриття;
- нанесення лакофарбового покриття;
- зважування;
- остаточний контроль.

2.4 Розробка операційних технологічних процесів для виробів з ПКМ

2.4.1 Сутність методу виготовлення тришарових конструкцій з ПКМ

Тришарові конструкції знайшли широке застосування в літакобудуванні (поверхні керування, елементи фюзеляжу, крила, елементи повітряних гвинтів, панелі, обтічники). Тришарові конструкції застосовують у виготовленні обводотворчих деталей, що виходять на зовнішній обвід ЛА.

Застосування тришарових конструкцій дозволяє отримати первісну (монолітну) форму деталі, що має складну форму поперечних перерізів, з рифтами, ребрами жорсткості за один перехід. Далі, якщо це необхідно, проводиться механообробка зовнішньої чи внутрішньої поверхні деталі.

Деталі тришарової конструкції можна виготовити одинарної та невеликої подвійної кривизни, можна отримати тришарові конструкції з вогнезахисним шаром (як з боку теоретичного контуру, так і з боку внутрішньої обшивки).

Суть отримання тришарових конструкцій полягає в тому, що спосіб виготовлення елемента конструкції ЛА здійснюється шляхом пресування тиском, для формування внутрішніх порожнин використовують еластичні гумові вкладиші - оправки (тришарові конструкції з трубчастим заповнювачем), полімеросотопласт (трьохшарові конструкції з стільниковим заповнювачем), пінополіуретан. із заповнювачем).

Розглянемо тришарові конструкції із трубчастим заповнювачем, який формується за допомогою гумових вкладишів – оправок. Оправлення мають властивість об'ємного температурного розширення для утворення необхідного тиску пресування. На еластичні вкладиші спочатку викладають шари антиадгезійного покриття, потім шарами викладають композиційний матеріал. Після цього заготовку поміщають у замкнуту форму, яку потім нагрівають до температури полімеризації сполучного - термокомпресійний метод. Поява необхідного тиску пресування забезпечується тим, що при нагріванні еластичні вкладиші розширюються під впливом сил температурного розширення. Можна також використовувати порожнисті полівінілхлоридні (ПВХ) оправки, у цьому випадку утворення необхідного тиску пресування на стінки трубок забезпечується за рахунок різниці тисків розрядженого вакууму у вакуумному мішку та тиск автоклава - вакуум-автоклавне формування. Останній спосіб застосовується для виготовлення тришарових конструкцій із стільниковим та пінополіуретановим заповнювачами.

Однак, незважаючи на всі переваги виготовлення тришарових конструкцій з різними видами заповнювачів є ряд недоліків, зокрема, у місцях перетину заповнювача та внутрішнього шару обшивки утворюється порожнина з повітрям (непроклей) через неповне піддавлення препрега оправкою або тиском у цих місцях.

Щоб уникнути такого недоліку, можна використовувати метод просочення під тиском виготовлення тришарових конструкцій. Сутність методу полягає в

наступному: оправлення з намотаним або прикладеним зв'язуючим поміщається в замкнуту форму (вакуумну камеру), в яку під тиском нагнітається зв'язуюче. Рідке зв'язуюче насосом прокачується через арматуру, при цьому з неї видаляється повітря, напрямок руху якого збігається з напрямком руху рідини. Це підвищує продуктивність та якість просочення. Можна в широких межах варіювати величину тиску за допомогою спеціальних насосів, що суттєво ускладнює та подорожчає процес. Якість просочення зв'язуючого сполучною визначається загальною кількістю повітряних пір у композиції.

Цей метод дозволяє отримати виріб досить великих габаритів зі стабільними фізико-механічними та діелектричними показниками.

Маршрутна технологія виготовлення панелі та передньої частини обтічника шасі викладена у технологічній документації (див. додаток В).

2.4.2 Основні технологічні операції процесу виготовлення тришарових конструкцій

Основні технологічні операції процесу виготовлення тришарових конструкцій включають:

- приготування вихідних матеріалів (армуючий зв'язуюче, сполучне, антиагдезійне мастило та ін.);
- просочування армуючих зв'язуючих та зберігання препрегів (можна використовувати готові препреги);
- підготовка поверхні формуючого оснащення;
- викладення зовнішньої обшивки та заповнювача;
- герметизація торців правок (для ПХВ оправок);
- остаточне формування конструкції;
- пресування;
- розпресування та видалення оправок;
- механічна обробка;
- запресування накладок або приклеювання заздалегідь виготовлених профілів або рифтів.

2.4.3 Перелік типових основних та допоміжних матеріалів, що використовуються при виготовленні деталей тришарових конструкцій

Перелік типових основних матеріалів застосовуваних під час виготовлення деталей тришарових конструкцій наведено у таблиці 2.4.

Перелік типових допоміжних матеріалів застосовуваних під час виготовлення деталей тришарових конструкцій наведено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.4 – Основні матеріали

Матеріал	Позначення НТД	Призначення
Склотканина Т-10-80	ГОСТ 19170-73	Армуючий зв'язуюче
Склотканина Т-10-14	ГОСТ 19170-2001	Армуючий зв'язуюче
Зв'язуюче ЕДТ-69Н	ТУ1-595-25-277-89	Сполучна речовина для армуючих зв'язуючих
Ацетон	ГОСТ 2603-79	Компонент зв'язуючого
Смола епоксидна ЕТФ	ТУ6-05-1885-80	Компонент зв'язуючого
Смола епоксидна модифікована КДА	ТУ6-05-1380-76	Компонент зв'язуючого
Затверджувач №9	ТУ6-14-22-159-83	Компонент зв'язуючого
Спирт етиловий ректифікований технічний	ГОСТ 18300-87	Компонент розчину зв'язуючого

Продовження таблиці 2.4

Матеріал	Позначення НТД	Призначення
Пінополіуретан ЕТ	140ТИ59-1008-96	Виготовлення елементів жорсткості
Герметик «ВІКСИНТ» У-2-28		Виготовлення вкладишів (оправок)
Клей ВК-9	ПИ 1.2.178-81	Склеювання деталей з склопластика

Таблиця 2.5 – Допоміжні матеріали

Матеріал	Позначення НТД	Призначення
Нефрас С2-80/120	ТУ38.401-67-108-92	Знежирювання оснастки
«Сигбол»	ТУ38.101741-48	Антистатична добавка у Нефрас
Ацетон технічний	ГОСТ 2768-84	Знежирювання деталей, оснастки, інструменту
Плівка поліетиленова	ГОСТ 10354-82	Роздільний шар для препрегів
Плівка фторопластова товщиною 20 мкм	ГОСТ 24222-80	Роздільний шар при формуванні
Лакотканина марки Ф-4Д-М-1-006-Б	ТУ301-05-422-89	Роздільний шар при формуванні

Продовження таблиці 2.5

Матеріал	Позначення НТД	Призначення
Змазка СК-5	РТИ 59-1016	Роздільний шар при формуванні
Тканина фільтрована з синтетичних ниток арт. 56208 або арт. 56207	ГОСТ 15978-93	«Жертовний» шар для створення шорсткості поверхні
Плівка поліамідна неорієнтована ППН-ТС	ТУ6-19-255-84	Виготовлення вакуумних мішків
Стрічка герметизуюча Герлен-УТ	ТУ5772-016-05108038-2001	Кріплення вакуумних мішків до оснастки
Серветки з бавовняних тканин		Просочення та знежирення поверхонь
Марля побутова бавовняна	ГОСТ 11109-90	Фільтрування зв'язуючого
Клей 88-НП	ТУ38.105540-85	Склеювання та фіксація
Шкірка шліфована на тканинній основі, №16-20	ГОСТ 5009-82	Зачищення деталей від облою та зашкурювання обшивок
Рукавички гумові		Захист рук
Рукавички бавовняні		Захист рук

2.4.4 Засоби технологічного оснащення для виготовлення виробів тришарової конструкції

Засоби технологічного оснащення для виготовлення виробів тришарової конструкції приведені у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Засоби технологічного оснащення

Найменування, модель, тип	Призначення
Установка для просочування тканин із вертикальною сушильною камерою типу УПСТ-1000 М	Виготовлення препрегів на основі тканин
Апарати з механічним пристроєм, що переміщує типу 4109-0.040-06К-01 або 4109-0.025-06К-01	Приготування (перемішування зв'язуючого) ЕДТ-69Н
Камери холодильні з температурою охолодження до -5°C	Зберігання препрегів
Термопіч, температура нагрівання 200°C , перепад не більше $\pm 5^{\circ}\text{C}$, регулювання та контроль температури із записом діаграм, оснащена вакуумною системою	Вакуумне формування деталей
Вакуумний насос типу ВН-26	Створення вакууму для формування деталей
Найменування, модель, тип	Призначення

Найменування, модель, тип	Призначення
Автоклав електричний типу «Шольц» з робочою температурою 200 °С, що забезпечує тиск до 5 кгс/см ²	Вакуум-автоклавне формування деталей

Продовження таблиці 2.6

Найменування, модель, тип	Призначення
Ваги технічні, діапазон вимірювання маси 0 – 50 кг, похибка не більше 10 г.	Зважування зв'язуючого
Ваги технічні, діапазон вимірювання маси 0 – 10 кг, похибка не більше 5 г.	Зважування сполучного, готових деталей
Ваги аналітичні типу ВЛА-200	Контроль якості сполучного та препрега
Шафа сушильна електрична лабораторна типу СНОЛ 3,5/3М	Контроль якості сполучного та препрега
Термометр лабораторний, діапазон вимірювання температури - не менше 0-50 °С, похибка виміру - трохи більше 1,5 °С, ціна поділки - 0,5 °С	Вимірювання температури навколишнього середовища
Психометр (гігрометр психрометричний), діапазон вимірювання відносної вологості - от 40 до 90 %, температури –	Вимірювання відносної вологості та температури повітря приміщень

від 0 до 40 °С, ціна розподілу шкал - 0,2°С, допустима похибка термометрів $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$	
Ареометр	Вимірювання щільності зв'язуючого

Продовження таблиці 2.6

Найменування, модель, тип	Призначення
Ємності алюмінієві, емальовані або з нержавіючої сталі з кришками, що герметично закриваються.	Зберігання сполучного
Скляні пляшки	Зберігання розчинників
Стіл з бортовим відсмоктувачем	Розкрій та викладення препрегу
Ніж сталевий (сталь Р6М5)	Розкрій препрегу
Ножиці	Розкрій дренажу, розділових плівок, препрегу
Ролик прокатний	Ущільнення заготовок препрегу при викладанні
Пензлі плоскі волосяні несинтетичні шириною до 50 мм (малярні)	Нанесення мастила СК-5 на оснащення; нанесення зв'язуючого ФП-520 на обшивки, торці сот, вкладиші

Технологічне оснащення (форми сталеві або алюмінієві, цулаги, шаблони та інші елементи)	Викладення та розкрій препрегів, формування деталей
Лінійна металева, L=1000 мм, ціна поділки- 1мм	Розмітка препрегу, визначення розмірів деталей
Штангельциркуль, межа вимірів - від 0 до 150 мм, ціна поділки - 0,1 мм	Вимірювання товщини деталей

Продовження таблиці 2.6

Найменування, модель, тип	Призначення
Пилосос типу ППВМ	Видалення продуктів зачистки
Скребки з м'якого металу	Очистка оснастки
Перфоратор голчастий	Виконання перфорації у розділових плівках

2.4.5 Опис технологічних процесів

Розробка технологічного процесу формоутворення

Технологічним процесом формоутворення називають комплекс технологічних операцій, що забезпечують надання виробу у формоутворюючому оснащенні заданої незворотної форми. Існує чотири основні методи формоутворення виробу з композиційних полімерних матеріалів: викладка, намотування, пултрузія і напилення, а також всілякі варіанти комбінування цих методів [5].

Для виробів раціональним буде прийняття технологічного методу формування деталі – ручна викладка. Переваги даного методу є такі фактори:

- універсальність, можливість отримання виробів різної конструкції та габаритів;
- низька вартість оснастки;
- короткий період запуску у виробництво;

– можливість введення різних заставних елементів у конструкцію.

До недоліків цього методу можна віднести такий фактор, як низька продуктивність.

Процес викладки полягає в пошаровому наборі пакета розкрою препрега відповідно до схеми укладання на робочу поверхню формуютьовальної оснастки. При викладанні шарів армуючого матеріалу допускаються нахльст або зазори 1,5...2 мм. Після укладання кожного шару пакет необхідно ущільнювати прикочуванням ролика через розділювальну плівку. Це застосовують для того, щоб видалити повітря, що потрапило між шарами, і для посилення зчеплення шарів.

Технологічні процеси пишуть з урахуванням відповідних технологічних інструкцій.

Підготовка поверхонь формуючого оснащення

Підготовка робочої поверхні оснастки включає виконання наступних операцій:

1. Перевірити загальний стан та комплектність оснастки на відповідність КД.
2. Очистити та видалити з робочої поверхні оснастки сполучного скребками з м'якого металу та за допомогою бавовняних серветок.
3. Знежирити робочі поверхні Нефрасом, потім ацетоном за допомогою серветок із бавовняної тканини. Просушити протягом 15-25 хвилин після кожного знежирення при кімнатній температурі.
4. Приготувати та нанести на форму розділову мастило СК-5. Нанести роздільне мастило СК-5 на технологічне кріплення. Приготування та нанесення мастила СК-5 проводити відповідно до вимог технологічної вказівки.

Підготовка оправок для намотування трубок при виготовленні тришарової конструкції із трубчастим заповнювачем

Підготовка виоксинтових оправок до намотування трубок включає виконання наступних операцій:

1. Видалити з оправок відпрацьовану фторопластову плівку. Контролювати геометричні розміри оправок за перерізом та довжиною.
2. Оглянути оправки щодо відсутності механічних ушкоджень (тріщин, порізів).
3. Якщо при намотуванні стрічки на верстаті не передбачена операція обмотки оправок поліпропіленовою плівкою, обернути оправки плівкою вручну, не допускаючи незахищених місць (дозволяється фіксувати плівку клеєм 88НП).

Зберігати підготовлені оправки, запакувавши їх у поліетиленову плівку для запобігання можливим забрудненням.

Підготовка заповнювачів під час виготовлення тришарових конструкцій

Підготовка стільникового заповнювача:

Термообробити стільниковий заповнювач (необхідну кількість сотоблоків) у печі при температурі (110-120) °С протягом однієї години.

Операцію виконати не раніше, ніж за 3 години до початку встановлення сот на клей ВК-41 (ВК-51).

Намотування трубчастого заповнювача:

Намотування стрічки препрегу на оправлення проводиться на ділянці намотування оправок.

Схема намотування склострічки (кут нахилу, кількість шарів, величина перехльосту) повинна відповідати вимогам креслення на конструкцію, що виготовляється.

У процесі намотування трубчастого заповнювача здійснювати візуальний контроль якості обмотки оправок, перевіряючи рівномірність намотування та відсутність зазорів між витками, щільність прилягання стрічки до оправлення.

До кожного комплекту намотаних оправок прикладати бирку із зазначенням номера партії та дати намотування склострічки.

Зберігати обмотані оправки загорнутими в поліетиленову плівку. Терміни та умови зберігання – згідно з термінами та умовами зберігання препрегів за технологічною інструкцією. Зберігання оправок у невпакованому вигляді понад 4 години (від намотування до упаковки та розпакування до викладки) не допускається.

Формування тришарової конструкції

Зі стільниковим заповнювачем:

- Викласти на форму 1 шар лавсанової тканини, так званий «жертвний шар».
- Розкроїти вхідну деталь «обшивка», викласти шари 1...3, прикачати роликом.
- Розкроїти вхідну деталь «посилення», викласти шари 4-5, прикачати роликом. Схема орієнтації верств на кресленні.
- Встановити шаблон на форму, розмітити межі встановлення вкладки, стільникового заповнювача. Розкроїти і поступово вкласти клейову плівку на пакет деталі по розмітці. Розкроїти стільниковий заповнювач.
- Встановлення вкладишів, стільникового заповнювача на ВК-41. Зібраний пакет зверху накрити клейовою плівкою ВК-41. Розкроїти вхідну деталь «внутрішня обшивка», викласти шари, прикатати роликом. Розкроїти вхідні «посилення» та «накладка», викласти шари, прикачати роликом. У зоні припуску встановити термопару, заізолювати відкриті кінці фторопластової плівкою та липкою стрічкою ЛТ-19 або ЛТ-38. На виготовлену деталь зверху укласти цулагу, закріпивши її в 16 місцях липкою стрічкою.

- Виготовити зразки-свідки для випробувань.

З трубчастим заповнювачем:

- Зробити згідно з кресленням розкрий препрега на заготовки, не знімаючи захисного шару поліетиленової плівки з напрямком основи, зазначеним на кресленні.
- На підготовлену оснастку викласти згідно з вимогами креслення пошарово заготовки розкритої препрегу, попередньо знявши захисний шар поліетиленової плівки. Окремі заготівлі препрегу укладати в стик, перехльост не допускається (викладку верхньої та нижньої обшивки проводити відповідно на верхній та нижній поліматриці форми).
- При укладанні заготовок препрегу ущільнювати кожен шар, прикочуючи від середини до країв. У тих місцях ущільнення роликком недоступне, ретельно пригладжувати препрег, сухими бавовняними серветками. Складки, бульбашки – не допускаються.
- Складання каркаса проводити на нижній напівматриці форми в наступній послідовності:
 - Встановити по передній кромці попередньо затверділі вставки із пластику згідно креслення.
 - Встановити у зонах торцевих нервюр технологічні прокладки з фторопласта формування пазів під установку нервюр.
 - Викласти на нижню обшивку обмотані препрегом віксінтові оправки згідно з кресленням. Стежити за рівномірним і максимально щільним приляганням оправок один до одного і до обшивки по всій поверхні форми.
 - Нанести в зони жолобника трубчастого заповнювача суспензію на основі мікросфер
 - МС-А9 та сполучного ЕДТ-69Н. Встановити на трубчастий заповнювач технологічні прокладки із фторопласту для формування пазів під установку нервюр.
 - Зняти з верхньої напівматриці викладену верхню обшивку та укласти її поверх трубчастого заповнювача.
 - Допускається складання напівформ без видалення обшивки з верхньої напівматриці.
 - На верхню та нижню обшивки встановити гнучкі полімерні цулаги.
- Провести складання двох напівматриць форми за допомогою технологічного кріплення. Стежити за максимально повним змиканням напівматриць один з одним, величина зазору не

повинна бути більше 0,3 мм. Укласти по краях форми вздовж трубчастого заповнювача вакуумні трубки, обмотані дренажною склотканиною, обробленою антиадгезійною рідиною.

- Укласти поверх цулаг два-три шари дренажної склотканини.
- Викласти та приклеїти по фланцю форми та поверх зони герметизації вакуумний мішок. Вакуумний мішок повинен лежати вільно зі складками в місцях вимірювання контуру форми. Підключити до вакуумних трубок гнучкі шланги.
- Підключити вакуумний насос та пристрій для контролю герметичності, зробити вакуумування конструкції. Тиск на мановакуумметрі має бути не менше ніж 0,09 МПа. Перекрити вентиль вакуумної магістралі. Вакуум не повинен падати більш ніж на 0,05 МПа протягом трьох хвилин.

Пресування

Термокомпресійне формування

- Форму з викладеним пакетом помістити у термопіч.
- Встановити термопласти. Режим вести по термопарі, що відстає;
- Закрити термопіч, зробити формування за режимом:
- Включити обігрів та підняти температуру до (85 ± 5) 0С зі швидкістю
- $(0,5-2,0)$ 0С/хв, витримати $(30-40)$ хв;
- Підняти температуру до (1255) 0С зі швидкістю $(0,5-2,0)$ 0С/хв, витримати протягом трьох годин;
- Охолодити до температури $(30-40)$ 0С зі швидкістю $(0,5-2,0)$ 0С/хв;
- Діаграму додати до технологічного паспорта.

Вакуум-автоклавне формування

- Помістити форму з деталлю в автоклав. Підключити форму до вакуумної системи автоклаву. Встановити термопар на вакуумний мішок. Контрольний мановакуумметр підключати індивідуально до вакуумної деталі;
- Підключити вакуумний насос, здійснити вакуумування. Досягти показань на вакуумметрі не менше 0,09 МПа;
- Закрити кришку автоклава та зробити формування за режимом:
- Включити обігрів та підняти температуру до (85 ± 5) 0С зі швидкістю
- $(0,5-2,0)$ 0С/хв, витримати $(30-40)$ хв;
- Знизити надлишковий тиск до $(0,25-0,30)$ МПа;

- Підняти температуру до (125 ± 5) 0С зі швидкістю $(0,5-2,0)$ 0С/хв, витримати протягом трьох годин;
- Зняти надлишковий тиск;
- Охолодити до температури $(30-40)$ 0С зі швидкістю $(0,5-2,0)$ 0С/хв.
- Діаграму додати до технологічного паспорта.
- Розпресування та видалення оправок
- Зняти технологічне кріплення, зняти вакуумний мішок, видалити дренажну склотканину, вакуумні трубки та профілі для формування ребер (для вакуум-автоклавного формування).
- Зняти верхню напівматрицю, знімні вставки по кромках деталі;
- Видалити вікитові оправки із порожнин трубчастого заповнювача;
- Видалити залишки розділової плівки з порожнин трубчастого заповнювача стисненим повітрям або спеціальним шомполом;
- Зняти відформовану деталь із нижньої напівматриці.

Механічна обробка

Механічна обробка формованих деталей полягає в обрізанні технологічних припусків, розтині отворів, виконанні вирізів, доведенні поверхні деталі, що підлягають склеюванню, до необхідної шорсткості зашкурюванням [5].

Механічна обробка КМ має низку специфічних особливостей, що відрізняють її від обробки металів. У той же час процесу механічної обробки КМ притаманні ті ж явища, що і при обробці металів: стружкоутворення, інтенсивне зношування різального інструменту.

Основними особливостями КМ, що визначають специфіку їхньої механічної обробки, є:

- яскраво виражена анізотропія властивостей, що призводить до зменшення якості поверхні залежно від кута армування;
- низька адгезійна міцність по межі наповнення та сполучного, що призводить до розшарування, а отже, до зниження ефективності;
- висока твердість армуючого матеріалу, порівнянна з твердістю ріжучого інструменту;
- абразивні властивості зв'язуючого, що призводять до швидкого стирання інструменту;
- високі пружні властивості КМ обумовлюють зношування задньої кромки інструменту.

Ці особливості вимагають виконання певних правил під час обробки ПКМ:

- Через малі (порівняно з обробкою металів) сил різання потужність верстатів для механічної обробки ПКМ може бути зменшена в 5-10 разів. Це дає можливість широко застосовувати пневматичний

інструмент і тим самим знижує енергетичні витрати та підвищує безпеку праці;

- Ріжучі кромки інструменту необхідно виконувати із твердих сплавів або з алмазним напиленням. Вони мають бути гостро заточені та мати велике значення задніх кутів. Канавки для відведення стружки повинні бути збільшені для її розміщення та швидкого відведення, щоб не відбувалося її налипання внаслідок низької теплопровідності КМ;
- Необхідно мати набір ручного інструменту.

За виконання технологічних процесів механічної обробки керуються технологічною інструкцією «Механічна обробка деталей з ПКМ».

Виконання вирізів під вузли навішування здійснюється у спеціальних пристосуваннях на фрезерному верстаті.

2.5 Розробка конструкції оснастки

2.5.1 Технічні вимоги до конструкції оснастки

Розробка та проектування конструкції формоутворювальної оснастки для деталей з ПКМ - процес складний, рішення якого включає ряд таких основних вимог:

- вибір оптимальної конструкції оснастки з метою отримання якісних деталей за мінімальних витрат;
- вдосконалення організації виробництва та впровадження системи тотального контролю якості продукції з метою зниження витрат виробництва та запобігання браку.

Основною ж метою створення технологічного оснащення є отримання виробу, що задовольняє технологічним вимогам, що пред'являються до нього, з мінімальними витратами на його виготовлення.

У разі виробництва деталей із ПКМ, коли в процесі їх виготовлення формуються властивості матеріалу конструкції, оснащення має забезпечувати досягнення наступних цілей:

- одержання необхідного ступеня геометричної точності деталі;
- отримання регламентованої структури та властивостей матеріалів конструкції;
- мінімальні витрати на виготовлення деталі з урахуванням виконання термінів та заданої серійності.

Для дослідного виробництва характерно створення у мінімальні терміни оснащення, що забезпечує виготовлення 1-2 деталей з необхідними властивостями матеріалу та геометричними параметрами. Виготовлення деталей орієнтоване на висококваліфікованих працівників.

Для серійного виробництва характерно створення оснастки, що забезпечує виготовлення заданої серії деталей з необхідними властивостями матеріалу та геометричними параметрами за мінімальних витрат. Виготовлення деталей орієнтоване на працівників низької та середньої кваліфікації.

Для виконання поставленої мети на стадії проектування можуть бути обрані різні конструктивно-технологічні рішення оснастки. Вибір оптимального конструктивно-технологічного рішення оснащення включає не тільки техніко-експлуатаційні та економічні параметри, а й критерії, що характеризують саме оснащення [4]:

- точність виготовлення формуючої поверхні, для отримання потрібних геометричних параметрів після формування деталі;
- жорсткість;
- вплив різниці коефіцієнтів лінійних температурних розширень деталі та оснастки. У зв'язку з тим, що процес формування деталі з ПКМ відбувається при підвищеній температурі, а знімання деталі з оснастки проводиться після охолодження системи «деталь-оснащення», різниця коефіцієнтів лінійних температурних розширень матеріалів деталі та оснастки впливає на внутрішні напруження, що виникають в деталі, її короблення після зняття з оснащення;
- теплоємність оснастки, маса оснастки та енергія для її нагрівання повинні бути мінімальними при виконанні вимог жорсткості та теплопровідності;
- критерій забезпечення допустимого перепаду температури у виробі. З метою більш раціонального використання енергоємного обладнання бажано максимально скоротити час перебування виробів, що формуються в автоклаві. Для реалізації цієї мети необхідно зменшити час контролю вакууму у робочій зоні автоклаву та цикл термічної обробки виробів;
- критерій забезпечення герметичності робочого обсягу;
- критерій забезпечення необхідного ресурсу оснастки.

2.5.2 Аналіз конструктивних схем формуючого оснащення

Конструкції формуючої оснастки, що застосовуються в сучасному авіабудуванні, можуть бути об'єднані в кілька груп:

- монолітна з виливка;
- монолітна з плити;
- на точкових опорах;
- каркасна.

Монолітне оснащення характеризується високою жорсткістю і міцністю і дозволяє реалізувати велику різноманітність форм виробів, що виготовляються. Залежно від способу виготовлення розрізняють монолітні конструкції з виливки та плити.

Оснащення монолітної конструкції з виливка складається з декількох цільнолитих блоків. Перевагою такого оснащення є порівняно мала матеріаломісткість та трудомісткість технології виготовлення напівфабрикатів блоків, а також низькі витрати для затвердіння деталей. Однак дуже обмежені можливості ливарного виробництва в отриманні якісних напівфабрикатів необхідних великих розмірів та необхідність подальшої механічної обробки на металорізальному устаткуванні знижує ефективність литого оснащення.

Для виготовлення оснастки монолітної конструкції з плити можуть бути використані сталеві або алюмінієві сплави. При експлуатації такого оснащення суттєвою проблемою є сплави та забезпечення температурного режиму у виробі внаслідок скрутного теплообміну із зовнішнім середовищем.

Загальним недоліком монолітних конструкцій оснастки слід вважати їхню велику масу. Цього недоліку позбавлена конструкція, що є тонкостінною формотворчою оболонкою, укріпленою на точкових опорах. Регулювання висоти опор дає можливість часом переналагоджувати оснащення такого типу виробництва деталей різних форм. Тонкостінна оболонка має низьку матеріаломісткість, енергоємність і забезпечує широкий теплообмін заготівлі із зовнішнім середовищем, проте несприятливі умови силового навантаження негативно позначаються на жорстких та міцнісних якостях. Це зумовлено локальним впливом на оболонку із боку точкових опор.

Істотно послабити несприятливий вплив опорних пристроїв, при збереженні інших переваг тонкостінного оснащення, вдається в конструкції каркасного типу, де оболонка спирається на систему каркасу, завдяки чому контактні реакції розподілені вздовж ліній контакту. У цих конструкціях використовуються як односпрямовані стінки, так і стінки, що утворюють перехресну систему, аналогічно розташування осередків у литому оснащенні. Поряд з представленими вище, дуже перспективними є композитні конструкції оснастки у вигляді підкріпленої оболонки, що підтримується кронштейнами. У випадку з полімерним оснащенням коефіцієнти термічного розширення оснастки та деталі дуже близькі.

У багатьох конструкціях оснастки основа виконується у вигляді суцільної плити, що робить оснастку досить жорсткою, проте помітно збільшує її масу. Прагнення полегшення конструкції призвело часом до заміни плити плоскою рамою, звареної зі швелерів, чи просторової фермою. Крім зниження загальної маси оснащення стрижневі основи покращують теплообмін формотворчої поверхні із середовищем.

Вибір конструктивного виконання формотворчої оснастки та розмірів складових її елементів є результатом комплексного обліку всіх технологічних, експлуатаційних та економічних факторів.

2.5.3 Розробка конструкції технологічного оснащення для виготовлення передньої частини обтічника

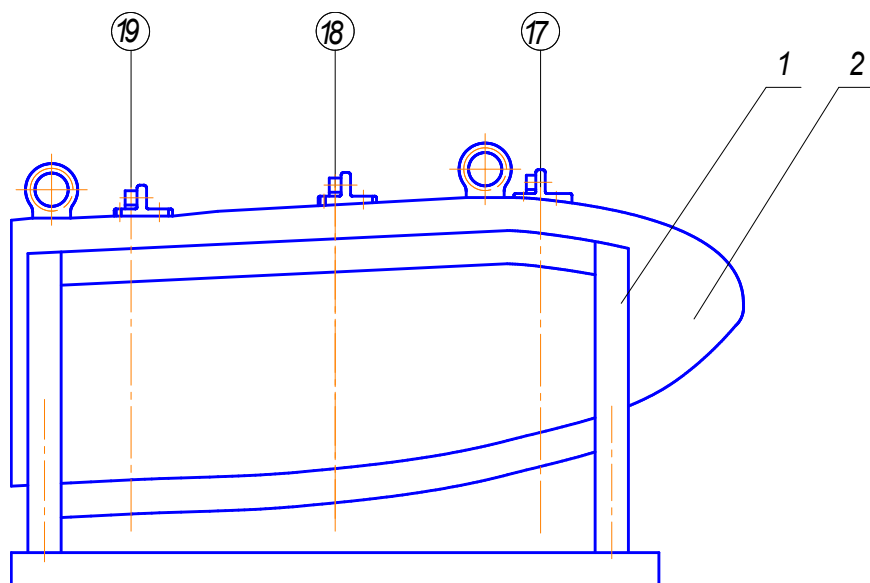
Через складну форму передньої частини обтічника шасі, яка в окремих перерізах досягає подвійної кривизни, конструкція форми для виклеювання теж має складну конфігурацію з рядом переваг і недоліків. Зважаючи на те, що при виготовленні передньої частини обтічника шасі застосовується вакуумно-автоклавний спосіб формування, то і конструкція форми повинна відповідати вимогам цього способу. Тому форма для виклеювання виготовляється з цільнолитого шматка металу за програмою на верстатах з ЧПУ. Розглянемо переваги та недоліки даної конструкції (Рисунок 2.1).

Перевагою даного типу конструкції є:

- висока жорсткість конструкції форми та, головне, формоутворювальних поверхонь;
- висока міцність.
- достатній запас за температурним режимом формування

Недоліками є:

- дуже висока собівартість виготовлення форми;
- дуже висока трудомісткість та цикл виготовлення форми;
- великі габарити та вага;
- складність експлуатації форми для виклеювання.



1 – рама; 2 – форма для виклеювання

Рисунок 2.1 – Форма для виклеювання передньої частини обтічника шасі

Як видно, недоліків набагато більше ніж переваг. Тому доцільніше було б виготовлення форми «дешевшим» способом, наприклад, здійснити виготовлення формоутворюючої поверхні з КМ, а каркаса форми - з високоміцної сталі. Це спричиняє зниження собівартості виробництва, а й підвищення трудомісткості виготовлення, циклу виробництва. У ланцюжок виготовлення форми для виклеювання передньої частини обтічника шасі додається виготовлення оправки для формування формуючої поверхні та її ув'язування з наступними деталями, що входять до конструкції.

Іншим способом модернізувати конструкцію оснастки є заміна способу формування.

Зразки-свідки для механічних випробувань вирізаються із технологічного припуску деталі. Слід зазначити, що найбільш точні результати дадуть зразки, взяті з середини деталі, але це недоцільно з конструктивних міркувань і міцності.

Складальний креслення форми для виклеювання представлений у додатку Б даної роботи.

2.5.4 Розробка технологічного оснащення для виготовлення бічної панелі

Конструкція панелі має ряд особливостей, і в цілому має досить складну конфігурацію з обводами подвійної кривизни. Зважаючи на великі габаритні розміри панелі, форма для виклеювання виготовляється складною, а саме, з трьох напівматриць (рисунок 2.2). Оскільки бічна панель – це деталь з обводоутворюючою поверхнею, то в конструкції форми для виклеювання доцільно використовувати рубильники.

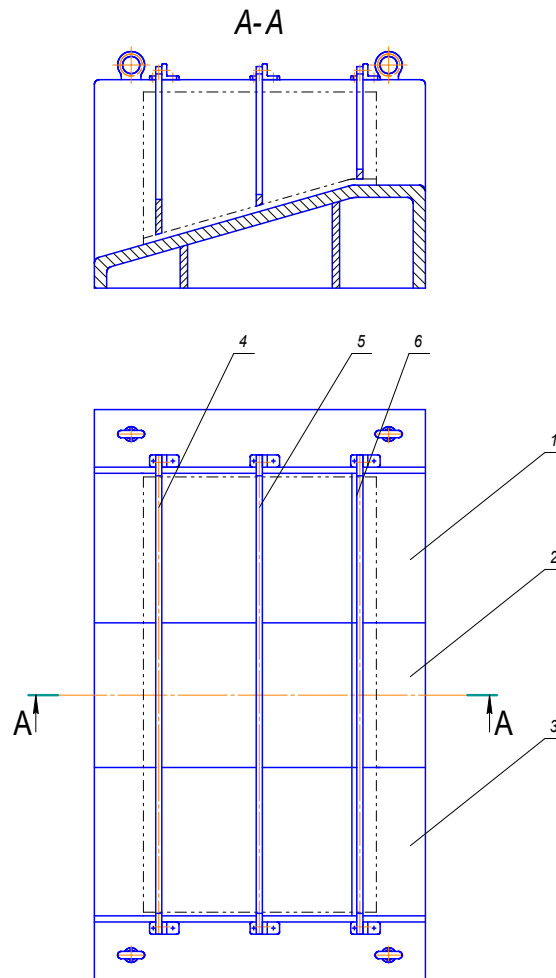


Рисунок 2.2 – Форма для виклеювання бічної панелі: 1, 2, 3 – півматриці; 4, 5, 6 – рубильники.

Напівматриці виготовляються за програмою на верстатах з ЧПУ із високоміцної сталі та складаються безпосередньо на ділянці підготовки форм для виклеювання по БО, які є одночасно і отворами під болтові з'єднання. Для зменшення маси конструкції були вирізи полегшення, але для забезпечення жорсткості були додані ребра жорсткості в кількості трьох штук. Напівматриці складаються за допомогою класних болтів діаметром 10 мм у трьох місцях на кожному стику. Кожен стик напівматриць заповнюється герметиком для забезпечення герметичності форми.

Для однозначного позиціонування рубильників застосуємо класні штифти.

Перевагою даної конструкції є її порівняно низька собівартість за достатньої жорсткості конструкції.

Недоліком цієї конструкції форми для виклеювання є необхідність ув'язування напівматриць між собою, як елемент ув'язки можуть використовуватися отвори під болти. Другим недоліком є можлива розгерметизація стиків напівматриць під час вакуумно-автоклавного формування.

Складальний креслення форми для виклеювання представлений у додатку Б даної роботи.

2.6 Розробка схеми виготовлення та ув'язки оснащення

Взаємозамінність – здатність (властивість) складової частини конструкції замінити таку саму складову частину без погіршення якості виробу та додаткових технологічних операцій.

Одним із шляхів забезпечення взаємозамінності є порівняння деталей за характерним загальним параметром, або ув'язування розмірів.

Ув'язування – це узгодження розмірів деталей, що сполучаються.

Для забезпечення взаємозамінності використовують такі основні методи ув'язування заготівельної та складальної оснастки: плазово-шаблонний метод (ПШМ), еталонно-шаблонний (ЕШМ), координатно-шаблонний метод (КШМ), метод об'ємної ув'язки (МОУ) та метод координатно-аналітичної ув'язки (МКАУ) [4].

Розглянемо (коротко) перелічені методи:

1. ПШМ є простим і дешевим методом ув'язування, проте він найменш точний при ув'язуванні пристроїв для складання агрегатів. Метод застосовують для складання плоских вузлів (лонжеронів, шпангоутів, нервюр та ін.) та монтажу комунікацій (трубопроводів та електроджгутів).

Першоджерелом ув'язування в ПШМ є теоретичний плащ (ТП).

2. ЕШМ забезпечує дуже високу точність ув'язування оснастки по обводам та стикам. Однак цикл підготовки виробництва та витрати при ньому виявляються дуже великими. Цей метод застосовується для порівняно невеликих ЛА, що характеризуються високими швидкостями польоту.

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

3. КШМ забезпечує високу точність ув'язування оснастки по обводах, але менш точний при ув'язуванні її по стиках. Цикл підготовки виробництва та витрати при використанні КШМ скорочуються. Метод використовують для виробництва ЛА важкого та середнього класу, переважно середніх та високих швидкостей польоту.

Першоджерелом ув'язування в КШМ є теоретичний плащ.

4. МОУ забезпечує високу точність по обводам і стикам, а також ув'язування трас та комунікацій. Метод обмежений габаритами виробу та високою вартістю.

Першоджерелом ув'язування є базовий стандарт. Засобами ув'язки є: плази та шаблони, об'ємний плаз та монтажний еталон (для виготовлення та ув'язування складальних пристроїв).

5. МКАУ є найновішим і одночасно найпрогресивнішим методом ув'язування. Тут на основі математичної моделі та аналітичного еталона створюють керуючі програми на верстаті з ЧПУ для виготовлення як деталей виробу, так і шаблонів та елементів складального оснащення (рубильників, фіксаторів, калібрів стиків, виклеювальних форм). МКАУ дозволяє скоротити у кілька разів терміни підготовки виробництва та витрати у виробництві, забезпечує широкі можливості щодо кооперації виробництва.

Першоджерелами ув'язування в МКАУ є або аеродинамічна модель, або комп'ютерна математична модель.

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

У даній роботі для забезпечення взаємозамінності та ув'язування оснастки застосовується МКАУ, у зв'язку з тим, що форми виклеєння необхідно виготовляти на верстатах з ЧПУ для забезпечення точності теоретичних контурів виробів з КМ.

У додатку Б представлена схема забезпечення взаємозамінності та ув'язування оснастки для типових конструктивних рішень (типових представників), які виготовлятимуться у цеху КМ згідно з класифікатором.

2.7 Розробка приладу для механізації робіт

Зважаючи на те, що виробництво виробів з КМ завдає колосальної шкоди організму людини і ручна праця малопродуктивна, доцільно застосовувати різні пристрої для механізації та автоматизації робіт, що виконуються в цеху. До них відносяться різні види верстатів для викладки, верстати для намотування трубчастого зв'язуючого. Якщо процес механізації форми для виклеювання або процесу викладки неможливий або недоцільний, то можна механізувати сам процес підготовки виробництва.

Тому в даному розділі було розроблено апарат подачі препрега на ділянках викладки монолітних та тришарових конструкцій з ПКМ, який представлений у додатку Б та на Рисунку 2.3.

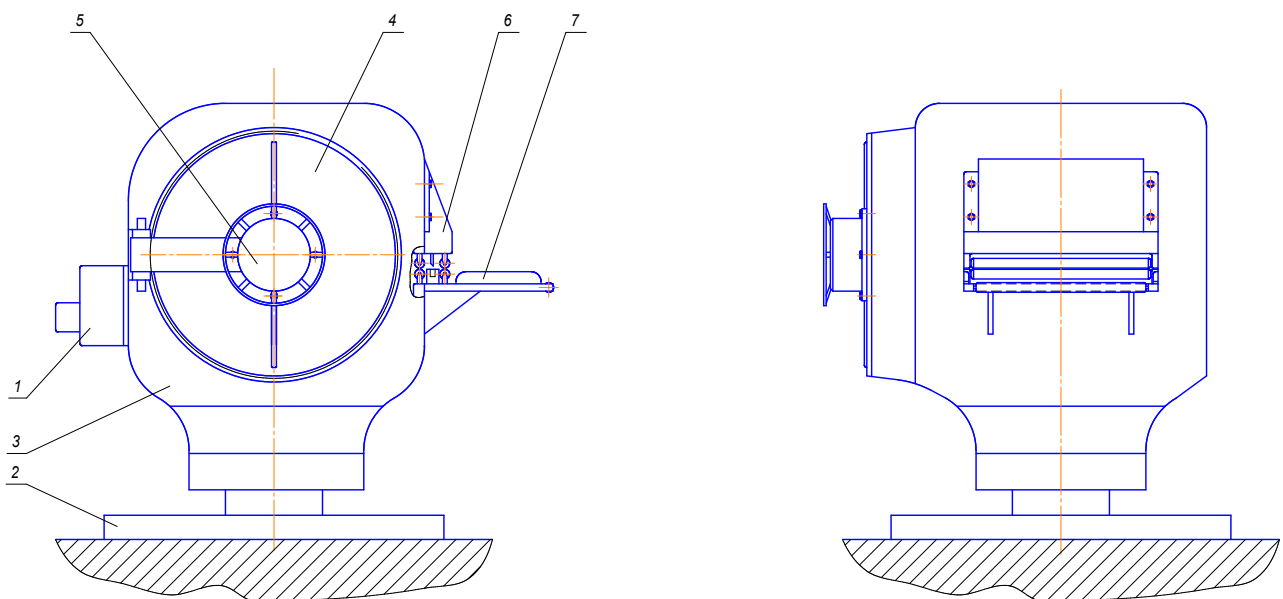


Рисунок 2.3 – Апарат для подачі препрегу: 1 - електропривід; 2 – станина; 3 - рама, 4 - люк, 5 - прилад повороту, 6 - кожух, 7 – стіл

Опис апарату

Апарат складається з наступних основних вузлів: станина, електропривод, рама, люк, пристрій повороту, кожух, стіл, шарнір.

Станина виконана звареною конструкцією з листового матеріалу та служить для розміщення на ній основних вузлів верстата.

Електропривод служить для живлення механізму повороту люка, пристрою типу кондиціонер для підтримки постійного мікроклімату (температури і вологості всередині корпусу), а також для приводу повороту станини щодо рами.

Рама виконана звареною конструкцією з листового матеріалу або литої з легованої сталі, і служить для зберігання котушки з препрегом і входить до системи подачі препрегу.

Люк із пристроєм повороту служать для швидкого доступу усередину корпусу. Для кращої герметизації люк з корпусом з'єднується за допомогою різьблення. Пристрій повороту виконаний з електричним приводом для повороту люка та герметизації внутрішньої порожнини корпусу. Люк підвішений на шарнірне з'єднання.

Кожух виготовлений звареною конструкцією, що містить додаткову пару роликів, ніж для відрізання необхідної довжини препрегу. Пристрій розрізу препрегу здійснює рухи у вертикальній площині. Верхній ролик з'єднаний з кожухом по посадці, що ковзає, і на кінці має пружину для зворотно-поступального руху.

Стіл виконаний зварною конструкцією, на кінці передбачено ролик для безперешкодного переміщення препрегу. Стіл має борти, щоб уникнути непередбаченого переміщення.

Робота на апараті

Порядок роботи на апараті включає виконання наступних операцій:

1. Відкрити люк апарату та перевірити справність валу, змастити підшипники валу.
2. Висунути внутрішню раму разом із валом, зняти заглушку.
3. Надіти котушку з препрегом на вал, поставити заглушку в положення, засунути внутрішню раму до початкового положення.
4. Вставити кінець препрегу у ролики, зафіксувати.
5. Закрити люк, увімкнути пристрій повороту люка та здійснити поворот до упору.
6. Увімкнути пристрій типу «кондиціонер» і довести температуру внутрішньої камери до необхідного значення ТУ зберігання препрегу.
7. Здійснити роботу системи подачі препрегу, за необхідності використовувати ніж для обрізання необхідної довжини препрегу.

2.8 Розрахунок та планування цеху виготовлення виробів з ПКМ

2.8.1 Структура цеху композиційних матеріалів

Відповідно до прийнятої технології та номенклатури виробів (згідно з класифікатором) цех композиційних матеріалів включає наступні ділянки [6, 7]:

- заготівельна;
- підготовки оснастки;
- виготовлення тришарових конструкцій;
- виготовлення монолітних та клеєслоїстих конструкцій;
- термостатування;
- розбирання форм;
- механообробки;
- зберігання хімікатів та препрегів.

На кожній із ділянок проводяться такі види робіт:

На заготівельній ділянці:

- приготування сполучних;
- приготування препрегів;
- приготування герметиків;
- приготування клеїв;
- розмелювання смол;
- виготовлення заповнювачів (трубчастого, стільникового, пінополіуретанового).

На ділянці підготовки оснастки:

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

На ділянках виготовлення КМ конструкцій виготовляються такі види робіт:

- розкрій тканини;
- виготовлення монолітних та клеєшаруватих конструкцій та складання конструкцій із заповнювачами;
- герметизація та вакуумування пакетів.

На ділянці термостатування:

- формування виробів у печах та автоклавах.

На ділянці розбирання форм:

- розбір форм;
- очищення оснастки;
- миття та герметизація оснащення.

На ділянці механообробки:

- обрізання деталей по розмітці, зашкурювання;
- зачистка обшивок із КМ;

- різання заготовок.

На ділянці зберігання хімікатів та препрегів:

- складування хімікатів;
- зберігання препрегів.

2.8.2 Розрахунок трудомісткості виготовлення деталей у цеху КМ

Визначимо трудомісткість виготовлення номенклатури деталей із розбивкою за класами деталей, за даними існуючого виробництва. З урахуванням того, що цех, що проектується, розрахований на крупносерійне виробництво, а дані трудомісткості реального виробництва взяті з дрібносерійного виробництва, введемо коефіцієнт посилення норм $k_{ун} = 0,9$. Результати подаємо у вигляді таблиці 2.7.

Річну програму випуску комплектів виробів із КМ прийемо $N=70$. Загальна трудомісткість виготовлення номенклатури деталей у цеху КМ на річну програму випуску 70 комплектів складає 123985,4 години, а на один комплект - 1771,22 години.

Таблиця 2.7 – Трудомісткість за класами та типовими представниками деталей на ділянках складання конструкцій

Клас	Типовий представник	Трудомісткість на один виріб, год.	Кіл-ть виробів на літак, шт.	Трудомісткість виробу на один літак, год.
Монолітні конструкції	Обтічник роговий	6,8	2	13,6
	Обтічний кільовий	3,64	1	3,64
	Носок обтічника	4,35	2	8,7
	Кришка	3,0	2	6,0
	Короб нижній	3,54	2	7,08
	Лонжерон елерона	6,3	2	12,6
	Бокові нервюри та заглушки склопластикові	1,85	10	18,5
Трудомісткість виготовлення монолітних конструкцій				70,85

Клас	Типовий представник	Трудомісткість на один виріб, год.	Кількість виробів на літак, шт.	Трудомісткість виробу на один літак, год.
Тришарові конструкції	Дефлектор	56,39	4	225,56
	Інтерцептор	37,6	2	75,2
	Панель верхня	30,5	1	30,5
	Обтічник РЛС	51,39	1	51,39
	Панель передня	13,63	2	27,26
	Передня частина ОШ	77,62	2	155,23
	Сервокомпенсатор елерона	18,89	2	37,78
	Тример елерона	18,05	2	36,1
	Хвостова частина елерона	65	2	130
Трудомісткість виготовлення тришарових конструкцій				769,02

Взявши за 100% повну трудомісткість цеху, і маючи розбивку трудомісткості по ділянках цеху у відсотках, можна визначити трудомісткості по ділянках цеху в годиннику на один виріб і для річної програми випуску.

Трудомісткість виготовлення виробів на ділянках цеху (для річної програми) наведено у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Трудомісткість виготовлення виробів на ділянках цеху

№ п/п	Найменування ділянки	Трудомісткість, %	Трудомісткість на один виріб, год.	Трудомісткість на річну програму, год.
1	Заготовча ділянка	15	279,41	19558,7
2	Ділянка підготовки оснастки	5	93,14	6519,8
3	Ділянка виготовлення тришарових	50	769,02	53831,4

	конструкцій			
4	Ділянка виготовлення монолітних конструкцій		70,85	4959,5
5	Ділянка термостатування	14	260,78	18254,6
6	Ділянка розбирання форм	6	111,76	7823,2
7	Ділянка механообробки	8	149,01	10430,7
8	Ділянка зберігання хімікатів та препрегів	2	37,25	2607,5
	Всього	100	1771,22	123985,4

2.8.3 Розрахунок фондів часу

Розрізняють такі фонди часу робітників та обладнання:

- календарний;
- режимний (номінальний);
- дійсний (розрахунковий).

Режимний фонд часу роботи робітників та обладнання представлений у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Режимний фонд часу роботи цеху

Число годин роботи в неділю	Режимний фонд часу		
	робочих, ч	обладнання в одну зміну, ч	обладнання в дві зміни, ч
36	2070	2030	4060

Дійсний річний фонд часу – запланований час, який робітник чи устаткування відпрацьовують з урахуванням неминучих втрат часу, які входять у технічну норму часу. Справжній річний фонд часу розраховується за формулою 2.1:

$$\Phi_{\text{д}} = \Phi_{\text{РЕЖ}} \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right), \quad (2.1)$$

де $\Phi_{\text{реж}}$ – режимний фонд часу роботи;

α - процент планових втрат часу для робочих або обладнання.

Слід враховувати, що робота у цеху проводиться у шкідливих умовах (пари сполучного, клеїв та ін.), тому в цеху – укорочений робочий день.

Дійсний річний фонд часу робітників складає 1610 годин.

2.8.4 Розрахунок кількості основних робочих

Кількість основних робочих, зайнятих на нормованих роботах, розраховується виходячи з трудомісткості виготовлення виробу і визначається за формулою 2.2:

$$n_{\text{расч}} = \frac{\sum_{i=1}^N t_i \cdot N_{i\text{T}}}{\Phi_{\text{д}} \cdot k_{\text{ВН}} \cdot K_{\text{м}}}, \quad (2.2)$$

де $n_{\text{розрах}}$ – розрахункова кількість робочих;

t_i – трудомісткість виготовлення одного виробу i -го найменування;

$N_{i\text{T}}$ – річна програма випуску виробу i -го найменування;

$\sum t_i \cdot N_{i\text{T}}$ - повна трудомісткість по всім видам робіт, що виконуються

робочими однієї професії;

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

$k_{\text{ВН}}$ – середній коефіцієнт виконання норм ($k_{\text{ВН}}=1,25$);

$K_{\text{м}}$ – коефіцієнт багатостанкового обслуговування ($K_{\text{м}}=1,1$).

Розрахункова кількість робочих у разі дробового числа округляється до найближчого більшого цілого числа. Результати розрахунків наведено у таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Кількість основних робочих цеху

№ пп	Професія	Ф _д , год	Розряд	Трудомісткість робіт на річну програму, год	Кількість робочих	
					Розрахункова, люд.	Прийнята, люд.
1	Станочник	1610	3-5	19558,1	8,83	9
2	Слюсар підготовки оснастки	1610	3-5	6519	2,99	3

3	Слюсар-збиральник тришарових конструкцій	1610	3-5	53831,4	24,31	25
4	Слюсар-збиральник монолітних та клеєшаруватих конструкцій	1610	3-5	4959,5	2,71	3
5	Оператор термостатування *	1610	3-5	18254,6	3,2	4
6	Слюсар	1610	3-5	7823,2	3,53	4
7	Станочник	1610	3-5	10430,7	4,71	6
8	Комірник	1610	5	2607,5	1,17	2
ВСЬОГО						56

* - $k_{BH}=1,1$; $K_M=4$

2.8.5 Розрахунок кількості допоміжних робітників

Розрахунок кількості допоміжних робітників проводиться за нормами обслуговування одне робоче місце основного робітника. Розрахунки зведені до таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Кількість допоміжних робітників

№ пп	Професія	Кількість чоловік
1	Наладчики	2
2	Електромонтери	2
3	Слюсарі по ремонту обладнання	4
4	Слюсарі по обслуговуванню обладнання	2
5	Слюсарі ПРИН	3
6	Комірники ИРК	2
7	Архіваріус	1
8	Комірники виробничих складів	6

№ пп	Професія	Кількість чоловік
9	Транспортні робітники	4
10	Прибиральники цеху	4
11	Контролери	8
ВСЬОГО		38

2.8.6 Розрахунок кількості ІТП, СКП та МОП

Кількість ІТП, СКП, МОП визначається штатним розкладом залежно від кількості основних робітників (таблиця 2.10).

Чисельність працюючих ІТП, СКП, МОП у цеху зведено до таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Кількість ІТП, СКП и МОП

Підрозділ цеху	Посада	Кількість, чол.
Керівництво цеху	Начальник цеха	1
	Зам. начальника по виробництву	1
	Зам. начальника по підготовці виробництва	1
Виробництво	Старший майстер	2
	Змінний майстер	6

Продовження таблиці 2.12

Підрозділ цеху	Посада	Кількість, чол.
Підготовка виробництва	Начальник технологічного бюро	1
	Технолог	5
	Технік по інструменту	1
	Майстер ПРИН	1
	Завідуючий ИРК	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
ВСЬОГО ІТП по цеху		37
Підготовка виробництва	Архіваріус	1
ПДБ	Нарядчик	1
	Обліковець	1
	Бухгалтер	2
Загальне обслуговування	Секретар	1
	Завгосп	1
ВСЬОГО СКП по цеху		7

Продовження таблиці 2.12

Підрозділ цеху	Посада	Кількість, чол.
Загальне обслуговування	Прибиральники адміністративно-побутових приміщень	2
ВСЬОГО МОП по цеху		2
ВСЬОГО		46

Чисельність робочих у цеху з розподіленням їх за категоріями зведена в таблицю 2.13.

Таблиця 2.13 – Чисельність працюючих у цеху

Категорія працюючих	Кількість чоловік
Виробничі робітники	56
Допоміжні робітники	38
ІТП	37
СКП	7
МОП	2
ВСЬОГО	140

2.8.7 Розрахунок кількості обладнання та інших робочих місць

Загальна кількість технологічного устаткування цеху окреслюється сума одиниць окремих видів устаткування, необхідні виготовлення всієї номенклатури цеху (дільниці).

Розрахункова кількість однотипного обладнання визначається за формулою 2.3:

$$C_{\text{расч.об.}} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i \cdot N_{\text{год.т.}}}{\Phi_{\text{д.о.}} \cdot k_{\text{срд.р.}} \cdot k_{\text{вн}}}, \quad (2.3)$$

де $C_{\text{розрч.об.}}$ - розрахункова кількість обладнання даного виду на дільниці;
 t_i – трудомісткість виготовлення i -го виробу на обладнання даного типу;
 $N_{\text{річн. т}}$ – річна трудомісткість виготовлення i -го виробу;
 $\Phi_{\text{д.о.}}$ – дійсний річний фонд часу роботи обладнання відповідно до прийнятого режиму роботи;

$K_{\text{срд.р.}}$ – середня кількість працюючих на даному виді обладнання або робочому місці;

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

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

Додаткове обладнання під час проектування цехів приймається залежно від особливостей технологічного процесу.

Автоклави та печі працюють у дві зміни, тому для розрахунку їх кількості були прийняті фонди часу 3820 годин та 3995 годин відповідно. Решта обладнання працює в одну зміну, виходячи з коефіцієнта завантаження.

Ділянки виготовлення тришарових конструкцій та монолітних конструкцій працюють у дві зміни.

Кількість обладнання розраховується за дільницями. Результати розрахунків зведені до таблиць 2.14.

Таблиця 2.14 – Розрахунок кількості обладнання та інших робочих місць

№ пп	Найменування обладнання	Позначення	Кількість
Заготовча ділянка			
1	Установка для просочення склотканини	УПСТ-1000М	2
2	Верстат для намотування трубчастого заповнювача		2
3	Установка для просочування стрічок	УЛС-3	2
4	Промисловий холодильник	ВС-4-045-3	2
5	Стіл з бортовим та нижнім відсмоктувачем		7
6	Шафа		4
7	Шафа витяжна		5
8	Стіл майстра		1
Ділянка підготовки форм			
1	Стіл з бортовим відсмоктувачем		4
2	Шафа для інструментів		4

Продовження таблиці 2.14

№ пп	Найменування обладнання	Позначення	Кількість
3	Шафа витяжна		1
4	Стелаж поличковий		2
Ділянка виготовлення тришарових конструкцій			
1	Стіл з нижнім та бортовим відсмоктувачем		9
2	Пристрій для розмотування препрегу		9

3	Шафа для зберігання матерії		9
4	Шафа для інструментів		9
5	Шафа для зберігання зв'язуючих		9
6	Стіл майстра		1
Ділянка виготовлення монолітних конструкцій			
1	Стіл з нижнім та бортовим відсмоктувачем		5
2	Пристрій для розмотування препрегу		5
3	Шафа для зберігання матерії		5
4	Шафа для інструментів		5
5	Шафа для зберігання зв'язуючих		5
Ділянка термостатування			
1	Автоклав	«Шольц»	2
2	Термопіч	ПАП-3	3
Ділянка розбирання форм			
1	Стіл з бортовим відсмоктувачем		6
2	Стіл для інструментів		6

Продовження таблиці 2.14

№ пп	Найменування обладнання	Позначення	Кількість
3	Шафа для зберігання використаних оправок		6
Ділянка механообробки			
1	Настільний свердлильний верстат	2М112	1
2	Стрічковий верстат	ЛС80-01	1
3	Вертикально-фрезерний верстат	6Р12	1

4	Фрезерно-свердлильний верстат	JET JMD-3	1
5	Верстат слюсарний		5
6	Стіл з нижнім та бортовим відсмоктувачем		5
7	Шафа		2
8	Стелаж поличковий		2
9	Стіл майстра		1
Ділянка зберігання хімікатів та препрегів			
1	Шафа витяжна		4
2	Промисловий холодильник	BC-4-045-3	2

2.8.8 Розрахунок висоти цеху

Висота промислової будівлі складаються з низки величин – технологічних складових цього параметра будівлі.

На Рисунку 2.4 представлено розрахункову схему для визначення висоти цеху.

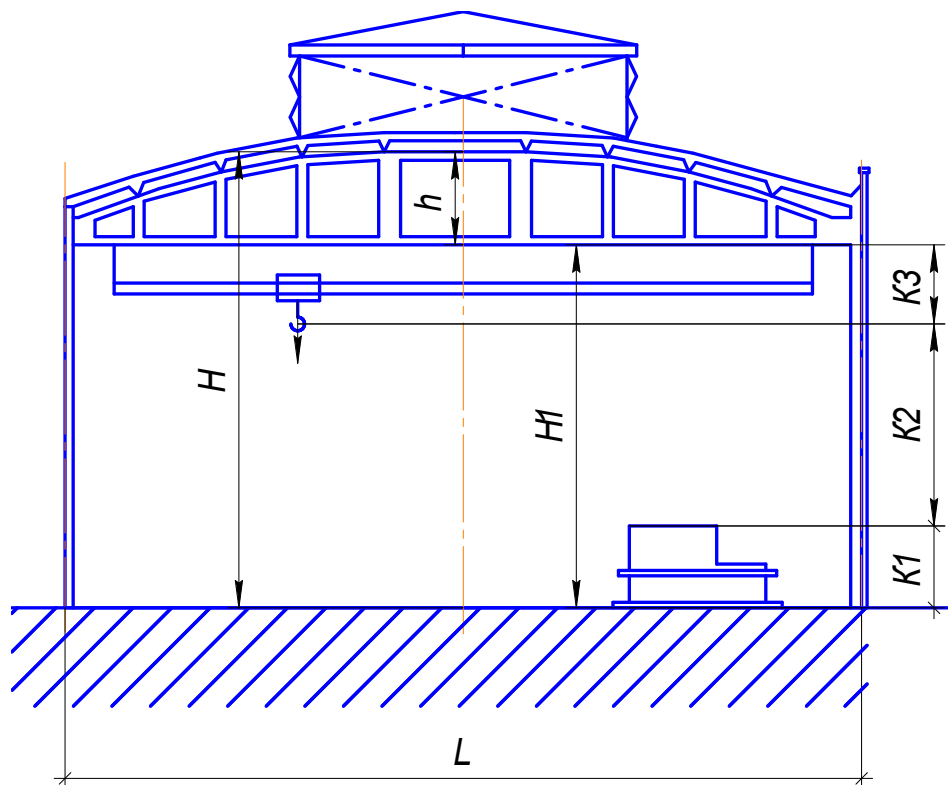


Рисунок 2.4 – Визначення висоти цеху

H – висота прольоту;

H_1 – висота до підкранових шляхів;

L – ширина прольоту;

K_1 – висота обладнання;

K_2 – зазор між обладнанням та гаком;

K_3 – відстань від підкранових колій до гака;

h – відстань від перекриття до рейок.

Висота корпусу визначається з нерівності: $H \geq h + K_1 + K_2 + K_3$;

Після підстановки чисельних розмірів отримаємо:

$$H = 2100 + 8760 + 2600 + 2000 = 15700(\text{мм})$$

Оскільки при максимальному значенні висоти обладнання на просочення не передбачається наявність кран-балки, пов'язаним з краном параметром K_2 можна знехтувати, а в інших перерізах корпусу висота обладнання не перевищує значення 2,5 м. Тому приймаємо стандартне значення висоти корпусу, що дорівнює 9,600 м.

2.8.9 Розрахунок площ та об'ємів будівель цеху

Вся площа цеху за своїм призначенням ділиться на виробничу, допоміжну, складську, конторсько-побутову та іншу.

Виробнича площа – площа ділянок, у яких виробляється виготовлення чи збирання виробів основного виробництва, і навіть перебувають контрольні ділянки, завантажувальні площі, розташовані для переміщення робочих і цехового транспорту.

При компонуванні цеху виробнича площа визначається за нормативами питомих площ на одиницю устаткування чи одне робоче місце.

Результати розрахунку виробничих площ зведено до таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 - Виробнича площа цеху

№ пп	Найменування ділянки	Площа, м ²
1	Заготівельні ділянки	464
2	Ділянка підготовки оснастки	164
3	Ділянка виготовлення тришарових конструкцій	465
4	Ділянка виготовлення монолітних конструкцій	265
5	Ділянка термостатування	566
6	Ділянка розбирання форм	173
7	Ділянка механообробки	472
8	Ділянка зберігання хімікатів та препрегів	119
ВСЬОГО		2688

Допоміжна площа – площа ділянок, призначених для ремонту обладнання, ремонту та виготовлення інструменту. Результати розрахунку допоміжної площі зведено до таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Допоміжна площа цеху

№ пп	Найменування приміщень	Площа, м ²
1	Слюсарна ділянка	16
2	Ділянка електриків	75
3	Кладова матеріалів та запчастин	42,0
4	Майстерня ПРИН	151
ВСЬОГО		284

Складська площа – площа цехових комор, призначених для зберігання та видачі матеріалів, напівфабрикатів тощо. Результати розрахунку складських площ зведено до таблиці 2.17.

Таблиця 2.17 – Складська площа цеху

№ пп	Найменування приміщень	Площа, м ²
1	Склад оснащення	153
2	ІРК	42
3	Матеріальні комори (МАСК, ПРОК, СГД)	200
4	Архів	18
ВСЬОГО		413

Інша площа – площа вентиляційних установок, електрощитової, площа тамбурів, корпусних проїздів, проходів тощо. Інша площа визначається у відсотках від виробничої площі та становить 1187 м² (прийнято компоновочно).

Адміністративно-побутова площа – площа приміщень адміністративно-технічних служб, вбиралень, душових, санітарних вузлів, курільних кімнат тощо.

Розрахунок адміністративно-побутових площ зведено до таблиці 2.18.

Таблиця 2.18 – Адміністративно-побутова площа

№ п/п	Найменування приміщень	Площа, м ²
1	Кабінет начальника цеху	36
2	Кабінет зам. начальника цеху	18
3	Кабінет секретаря	18
4	БТК	18
5	Кабінет старшого майстра	18
6	ПДБ	18
7	БТЗ	18
8	Технологічне бюро	36
9	Бюро цехового механіка	18

Продовження таблиці 2.18

№ п/п	Найменування приміщень	Площа, м ²
10	Кабінет енергетика цеху	18
11	Кабінет завгоспу	18
12	Роздягальні чоловічі	144
13	Роздягальні жіночі	108
14	Санітарні вузли жіночі	18
15	Санітарні вузли чоловічі	18
16	Сходові клітки, проходи	396
17	Приміщення вентиляційних установок	36
18	Приміщення прибиральної техніки	18
ВСЬОГО		972

Результати розрахунків площ цеху зведено до таблиці 2.19.

Таблиця 2.19 – Результати розрахунків площ цеху

№	Найменування площ	Площа, м ²
---	-------------------	-----------------------

п/п		Виробнича частина	Адміністративно-побутова частина	Всього
1	Виробнича	2688	-	2688
2	Допоміжна	284	-	284
3	Складська	413	-	413
4	Адміністративно-побутова	36	522	558
5	Інша	1187	450	1637
ВСЬОГО		4608	972	5580

Розрахунок будівельного обсягу корпусу цеху зведено до таблиці 2.20.

Таблиця 2.20 – Розрахунок обсягу цеху

№ пп	Найменування корпусу	Будівельний об'єм, м ³
1	Виробнича частина	38707,2
2	Адміністративно-побутова частина	6998,4
ВСЬОГО		45705,6

2.8.10 Компонування цеху, що проектується

На компонувавальному плані цехи пов'язують виробничі та допоміжні ділянки цеху, враховують його розташування щодо інших цехів. На план наносяться магістральні та цехові проїзди та проходи; вибирають ширину прольоту; крок колон; довжину прольоту; висоту корпусу; Викреслюють вертикальні розрізи будівель. Компонувальна схема також має визначити місця складів, комор, ремонтних служб.

При розробці компонування виробничої частини корпусу було обрано сітка колон 24,0×12,0 м. Нанесені на плані зображення та розміри викреслено в масштабі 1:200.

Після компонування цеху розробляють планування обладнання по ділянках, що визначається технологічним процесом деталей, що виготовляються, обсягом випуску виробів і організацією виробництва.

Адміністративно побутова прибудова – двоповерхова, має розміри у плані

54,0x9,0 м. Сітка колон – (6+3)x6. Висота поверху – 3,6 м.

Компонування та планування проектованого цеху виготовлення виробів з ПКМ представлено у додатку Б.

2.9 Опис системи управління якістю продукції

2.9.1 Якість продукції

Якість продукції являє собою сукупність організаційної структури, розподіл повноважень та відповідальності, процедур, процесів та ресурсів, що забезпечує загальне керівництво якістю. Вплив системи якості поширюється попри всі етапи від початкового визначення й до кінцевого задоволення вимог і потреб споживача [4]. Ці етапи та види діяльності включають:

1. Маркетинг, пошук та вивчення ринку.
2. Аналіз якості конструкторської документації, одержаної від розробника.
3. Матеріально-технічне постачання.
4. Підготовка виробництва та розробка технологічної документації.
5. Виробництво.
6. Контроль, проведення випробувань та обстежень.
7. Реалізація продукції.
8. Експлуатація.
9. Технічна допомога в обслуговуванні та ремонті.
10. Утилізація.

Система технічного контролю (об'єкти контролю, контрольні операції та їх послідовність, технічне оснащення, режими, методи, засоби механізації та автоматизації контрольних операцій) є невід'ємною частиною виробничого процесу, що розробляється одночасно з розробкою технології виробництва [4].

Контроль якості у процесі виробництва повинен забезпечувати впевненість у тому, що виробничий процес здійснюється в керованих умовах та продукція виробляється у повній відповідності до вимог документації розробника. Керовані умови включають проведення всіх передбачених видів контролю та необхідних коригувальних впливів, спрямованих на забезпечення якості матеріалів (основних та допоміжних), технологічного обладнання, оснащення, процесів та процедур, програмного забезпечення ЕОМ та верстатів з ЧПК, персоналу, технологічної підготовки виробництва та виробничого середовища.

Контроль якості включає проведення таких перевірок:

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

Контроль продукції, що виконується виробничим робітником протягом усього періоду своєї роботи, на підставі технологічної документації, а також контроль продукції майстром.

Операційний контроль якості продукції (суцільний чи вибірковий), що виконується працівниками БТК.

Приймальний (остаточний) контроль та випробування складальних одиниць.

Вхідний контроль деталей, складальних одиниць у цеху-споживачі, що надійшли з цехів-виробників працівниками БТК.

Контроль якості та випробування продукції, які проводяться незалежною інспекцією – представником замовника.

Для виконання операцій контролю застосовуються такі пристрої та інструменти:

універсальний інструмент, розрахований для визначення багатьох параметрів індикатори, лінійки, штангенциркулі, щупи, мікрометри тощо.

граничний інструмент, розрахований визначення таких параметрів: діаметра, контуру, малки тощо.

спеціальні контрольні пристрої та стенди.

2.9.2 Сутність системи управління якістю продукції

Система управління якістю продукції на підприємстві - це регламентована нормативними документами сукупність взаємопов'язаних технічних, економічних заходів, методів і засобів, спрямованих на встановлення, забезпечення та підтримку необхідного рівня якостей від її проектування до експлуатації. Система якості входить органічною складовою в систему управління виробничою діяльністю в цілому і здійснюється на чотирьох рівнях виробництва [4]:

1. Підприємство, завод.
2. Служби основних фахівців.
3. Цех, відділ.
4. Ділянки, робочі місця.

Чотирирівнева система будується на основі деталізації функцій підсистем. Система будується на реалізації загальних та спеціальних функцій (підсистем) управління якістю.

До загальних відносяться функції: планування, контролю, обліку, аналізу та оцінки, регулювання. Спеціальні функції – це підготовка виробництва, організація виробництва, метрологічне забезпечення, технічний контроль, матеріально-технологічне постачання, стандартизація, стимулювання підвищення якості, гарантійне обслуговування та доопрацювання виробів.

Взаємозв'язок функції системи управління якістю продукції з виробничим процесом утворює замкнений цикл управління.

Функція регулювання полягає у виробленні керуючих впливів на виробничий процес з реалізацією через спеціалізовані функції економічного, організаційного, технічного та спеціального характеру, спрямованих на ліквідацію різних відхилень від заданого рівня якості продукції.

2.9.3 Методи досягнення якості

Стратегія прискорення соціально-економічного розвитку країни передбачає всіляку інтенсифікацію виробництва з урахуванням науково-технічного прогресу.

Одним із дієвих шляхів вирішення проблеми інтенсифікації виробництва, підвищення продуктивності праці, прискорення соціально-економічного розвитку є повсюдне покращення якості продукції.

У промисловості накопичено великий досвід управління якістю продукції різними методами: організаційними, плановими, економічними, які тісно пов'язані між собою і лише в сукупності забезпечують високу якість кінцевої продукції.

Питання якості продукції та продуктивності праці нерозривно пов'язані між собою, і на практиці при вирішенні конкретних питань удосконалення технологій, обладнання, механізації та автоматизації мають вирішуватись одночасно.

3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.

Аналіз ринку збуту регіонального пасажирського літака, визначення техніко-економічних показників роботи цеху ПКМ

3.1 Характеристики товару

У даній дипломній роботі розглядається продукція виготовлення деталей та вузлів із ПКМ. Ці деталі виготовляються переважно зі склопластику або вуглепластику. Форми для виклеювання виготовляються на верстатах з ЧПУ, що гарантує високу якість обводотворних поверхонь, а значить і вироби в цілому.

У цеху, розташованому біля авіаційного підприємства, виготовляються такі вироби: монолітні і тришарові конструкції з різними заповнювачами. Композиційні матеріали мають меншу масу порівняно з металом, у чому їхня перевага, але недоліком є проблема з їхньою утилізацією. Упаковкою для цих деталей є дерев'яна тара. Як маркування використовується цифровий шифр.

Об'єктом виробництва цеху, що проектується, є панелі та обтічники з ПКМ регіонального літака. У цеху виготовляються елементи механізації крила з ПКМ, але ці деталі не входять до детального розгляду цієї роботи. Обтічники виготовляються різної форми та типорозмірів автоклавним методом формування. Загалом виготовляється 70 комплектів панелей та обтічників для пасажирського регіонального літака з різними конструктивними особливостями, наприклад, тришарові конструкції з заповнювачами (стільниковими, пінними, трубчастими), а також монолітні конструкції з вуглепластиковим чи склопластиковим волокном.

Продукція цеху перестає бути окремим товаром, і застосовується лише у сукупності з іншими деталями літака. Тому надалі розглядатимемо продукцію цеху КМ, як продукт виробництва та товар, що надається на ринок. Умовно приймаємо комплект деталей, як одиницю товару цеху КМ, куди входять перераховані вище вироби.

3.2 Аналіз ринку

Ринок – це сукупність актів купівлі-продажу, умов реалізації товару.

У процесі виробництва виробу виробник стикається з проблемою – велика кількість покупців, які мають різні вимоги. Задовольняючи ці вимоги можна досягти великого обсягу продажів, але це вимагатиме великих фінансових витрат. Тому виділяють певну частину споживачів чи частину ринку, які мають однорідні вимоги до товару, тобто проводять сегментацію ринку.

Сегментація ринку – розбивка ринку на чіткі групи покупців, кожному з яких можуть знадобитися різні товари чи комплекси маркетингу.

Вибір стратегії сегментації залежить від наступних факторів:

- від виду продукції;
- від становища підприємства на ринку;
- від фінансового стану підприємства;
- від вироблених можливостей підприємства.

При розгляді способів сегментації попередньо вивчають такі дані:

- Географічні;
- Демографічні;
- Соціально-економічні;
- Психологічні.

У зв'язку з пандемією COVID-19, починаючи з січня 2020 року, об'єми авіаперевезень значно скоротились. Так, за даними ІКАО, загальні об'єми пасажирських авіаперевезень скоротились на 60%.

У зв'язку з широкомасштабними обмежувальними заходами, закриттям кордонів та введеними у всьому світі обмеженнями на поїздки до квітня загальний обсяг пасажирських перевезень скоротився на 92% порівняно з рівнем 2019 року, при цьому обсяг міжнародних перевезень знизився загалом на 98 %, а обсяг внутрішніх авіаперевезень – на 87 %.

Розглянемо сегментацію ринку споживачів регіональних літаків за географічним принципом та за зниженням обсягів пасажирських перевезень станом на 2021 рік. (таблиця 3.1, рисунок 3.1).

Таблиця 3.1 – Обсяги регіональних перевезень по світу

Регіони	Провізна ємність	Об'єм перевезень, %
Європа	-58%	- 770 млн.
Північна Америка	-43%	- 596 млн.
Латинська Америка та Карибський басейн	-53%	- 198 млн.
Африка	-	-
Близький Схід	-60%	- 132 мл.
Азія та Тихий Океан	-45%	- 916 млн.

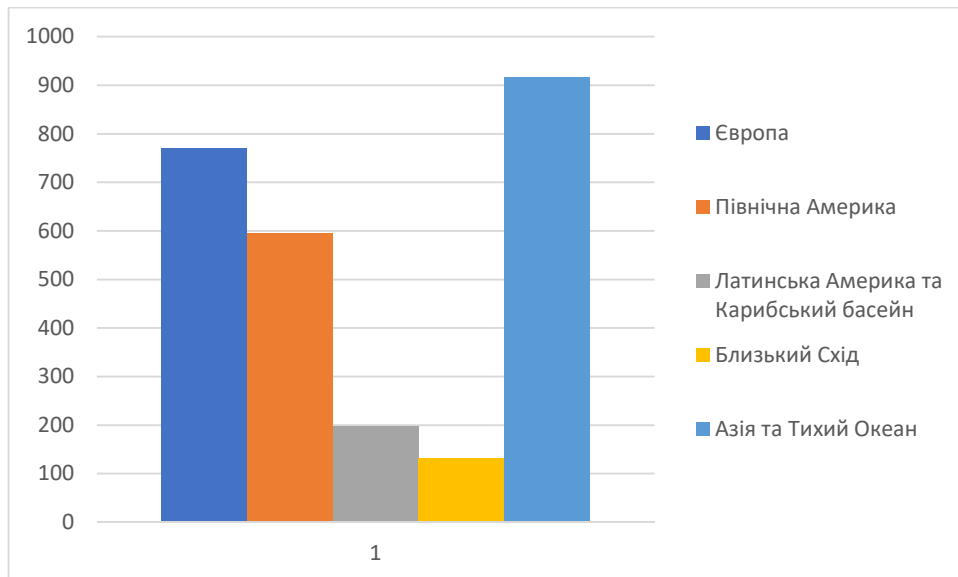


Рисунок 3.1 – Сегментація ринку споживачів регіональних літаків за зниженням обсягів пасажирських перевезень станом на 2021 рік

Але на даний момент ситуація з пандемією покращується, обмеження знімаються та виробництва авіаційного напрямку знову починають збільшувати об'єми виготовлення продукції, попит на вироби з ПКМ знову зростає. Оскільки тенденція використання ПКМ у конструкції ЛА поширюється, даний товар матиме рентабельність навіть при малих об'ємах виготовлення ЛА.

У придбанні товару цього підприємства можуть бути зацікавлені сторонні підприємства та організації, що випускають вироби авіабудівної промисловості. Насамперед, це організації країн СНД, Близького Сходу та Африки, тобто. країн, що не мають на своїй території заводів із цехом, подібним до розглядуваного.

Звідси приймаємо, що програма випуску виробів з КМ для даного типу регіонального літака має становити 65 - 70 комплектів на рік. Прийmemo остаточно програму випуску 70 комплектів.

У придбанні даного товару також можуть бути зацікавлені організації, що експлуатують продукцію, що випускається на авіаційному заводі, яка з якихось причин вийшла з ладу або вимагає модернізації.

3.2.1 Маркетинг

Маркетинг – це процес планування та управління розробкою виробів і послуг, цінової політикою, просування товарів до споживачів і ринків збуту, щоб досягнути у такий спосіб різноманітність призводило до задоволення потреб як окремих осіб, і організацій.

Маркетинг – вид людської діяльності, яка спрямовується задоволення потреб і потреб шляхом обміну. В основі поняття "маркетинг" (англійський marketing) лежить термін "ринок" (англійський market).

Удосконалюючи технологію і знижуючи собівартість виготовлення продукції, необхідно прагнути розширювати ринок збуту і, перш за все, у країнах світу, що не мають своєї авіаційної промисловості.

Такий товар, як деталі з ПКМ, слід прагнути поширювати безпосередньо, підписуючи контракти, або через посередників.

Існує безліч концепцій ціноутворення [8]. Маркетинг виділяє сім основних цінових стратегій над ринком:

1. Стратегія високих цін.
2. Стратегія низьких цін (проникнення).
3. Стратегія диференційованих цін (система знижок та надбавок).
4. Стратегія конкурентних цін.
5. Стратегія цінового лідера.
6. Стратегія гнучких цін (залежно від попиту та пропозиції).
7. Стратегія ув'язування ціни з якістю.

Всі види цінової стратегії застосовні для літака середнього типу в залежності від типу життєвого циклу товару, від характеристик та особливостей ринку збуту, наявності конкурентів.

У початковий період найбільш придатною є концепція проникнення ринку, тобто. коли в початковий момент ціна встановлюється трохи вище за собівартість (тобто помірною) і ставиться мета - завоювати ринок збуту. З освоєнням виробництва собівартість знижується, а ціна залишається незмінною – збільшується прибуток.

Для стимулювання збуту необхідно використовувати такі методи як реклама: реклама продукції в різних друкованих виданнях, на телебаченні, участь підприємства у різноманітних виставках, що дозволяють великій кількості покупців ознайомитися з виробами, показати їх з кращого боку, а також організація післяпродажного обслуговування клієнтів.

3.3 Виробництво

Потужностей для забезпечення випуску наміченої програми вистачає, необхідна потужність взята під час проектування цеху. Необхідне покращення показників товару. Необхідно проводити науково-дослідні роботи, удосконалювати технологію, матеріали, впроваджувати нові технології виробництва виробів із ПКМ, які відповідатимуть усім вимогам, що висуваються до них, та матимуть високу якість. Контроль провадиться силами БТК. Що стосується сертифікації, оскільки літак сертифікований, комплектуючі деталі теж є сертифікованими. Розмір площ та кількість обладнання розраховано у технологічній частині проекту.

3.4 Коротка характеристика цеху

Проектований цех КМ є цехом виготовлення обводотворчих виробів.

Цех займає такі площі:

- виробнича – 2688 м²;
- допоміжна – 284 м²;
- адміністративно-побутова – 558 м²;
- інша – 1637 м².

Загальна площа цеху становить 5580 м².

На підставі розрахунку штатів цеху за проектом цех має чисельність працівників за категоріями:

- виробничі робітники – 56 осіб;
- допоміжні робітники – 38 осіб;
- ІТП – 37 осіб;
- СКП та МОП – 9 осіб.

Загальна чисельність працівників цеху – 140 осіб, які організовані за технологічними ознаками виготовлення деталей із ПКМ. Річна програма випуску складає 70 комплектів.

Для обладнання термостатичної ділянки та ділянки виготовлення монолітних та клеєшаруватих конструкцій передбачено двозмінний режим роботи, для решти ділянок – однозмінний режим роботи.

3.5 Обґрунтування системи праці

Заробітна плата є частиною суспільного продукту, що йде на особисті потреби робітників, ІТП, службовців і обґрунтовується якістю витраченої ними праці.

Розмір заробітної плати залежить від підвищення економічної ефективності такого господарства та зростання продуктивності праці.

Тому основним завданням в організації заробітної плати є перетворення її на потужний стимулятор зростання продуктивності праці, якості продукції та підвищення економічної ефективності підприємства.

Оплата праці слюсарів-збирачів виробів із ПКМ – відрядно-преміальна. Це найбільш прогресивна форма оплати праці, якщо необхідно підвищення продуктивності праці без шкоди якості деталей, що виготовляються. Премія виплачується у повному обсязі за умови дотримання умов преміювання.

В основу системи оплати праці ІТП та СКП покладено штатно-окладну систему. Розмір окладу залежить від складності та відповідальності виконуваної роботи, а також від кваліфікації працівника.

Єдиний соціальний внесок на загальнообов'язкове державне соціальне страхування (скор. ЄСВ) - консолідований страховий внесок в Україні, збір якого

здійснюється в системі загальнообов'язкового державного страхування в обов'язковому порядку на регулярній основі та становить 22%.

3.6 Визначення фонду оплати праці на підприємстві

Фонд заробітної плати розраховується за категоріями персоналу: окремо для основних виробничих робітників, для допоміжних робітників, для керівників, фахівців, службовців та обслуговуючого персоналу [8].

При розрахунку фондів заробітної плати за основу приймається загальноприйнята їхня структура: розподіл фондів на пряму та додаткову зарплату. Коефіцієнти, що враховують розряд працюючого, його посаду тощо, та величини окладів взято згідно з «Галузевою угодою авіаційної промисловості України на 2019-2020 роки».

Розряд робочих не нижче третього розряду. Мінімальна заробітна плата у погодинному розмірі (МЗП) – 36,93 грн (Згідно п.5 ст.38 Бюджетного кодексу України розмір мінімальної заробітної плати визначається в Законі про Державний бюджет на відповідний рік. Наразі місячна мінімальна зарплата в Україні складає 6500 грн.).

3.6.1 Розрахунок фондів заробітної плати виробничих робітників

Пряма заробітна плата (ПрЗП) визначається за формулою 3.1:

$$\text{ПрЗП} = T \cdot \bar{e} \left(1 + \frac{\bar{k}_{\text{ип}} + \bar{k}_{\text{уп}}}{100\%} \right), \quad (3.1)$$

де T – трудомісткість робіт у запланований період (н.ч.);

e – середня годинна ставка на відрядні роботи;

$k_{\text{ип}}$ и $k_{\text{уп}}$ – середнє за цехом значення нормативи доплат за умови та інтенсивність праці, %; $k_{\Sigma} = 24\%$.

Середня годинна ставка e обчислюється за формулою 3.2:

$$\bar{e} = \frac{\sum_{k=1}^6 e_k n_k}{\sum_{k=1}^6 n_k}; \quad (3.2)$$

де e_k – годинна ставка K -го розряду;

n_k – кількість робочих K -го розряду.

Вихідні дані та обчислення зведені в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Вихідні дані

Розряд робітників	Кількість робітників, чол.	Годинна ставка e , грн./год	Розрахункові дані $e_k \times n_k$
3	37	51,625	1910,125
4	17	59	1003
5	2	68,45	136,9
ВСЬОГО	56		3050

Тоді, за формулою 3.2:

$$\bar{e} = \frac{3050}{56} = 56,48(\text{грн/год}).$$

Трудомісткість робіт, що виконується виробничими робітниками, дорівнює $T=123985,4$ годин. Розрахуємо ПрЗП згідно з формулою 3.1:

$$\text{ПрЗП} = 123985,4 \cdot 56,48 \cdot 1,24 = 8683342,28(\text{грн})$$

Розрахуємо додаткову заробітну плату за формулою 3.3:

$$\text{ДЗП} = \text{ПрЗП} \cdot (K_{\text{год}} + K_{\text{дн}} + K_{\text{міс}})/100 \quad (3.3)$$

де $K_{\text{год}}$, $K_{\text{дн}}$, $K_{\text{міс}}$ – прийняті нормативи годинних, денних та місячних доплат, %

$$\text{ДЗП} = 8683342,28 \cdot (10 + 12 + 16)/100 = 3299670,06(\text{грн})$$

Повна заробітна плата виробничих робітників є сумою прямої та додаткової заробітної плати. Повна заробітна плата складає:

$$\text{ПЗП} = 8683342,28 + 3299670,06 = 11983012,34(\text{грн}).$$

3.6.2 Розрахунок фондів заробітної плати допоміжних робітників

Заробітна плата допоміжних робітників розподіляється за статтями кошторису витрат на утримання та експлуатацію обладнання та кошторису цехових витрат [8].

Пряма заробітна плата розраховується за формулою 3.4:

$$\text{ПрЗП}_i = n_i \cdot \Phi_{di} \cdot \bar{e} \cdot \left(1 + \frac{K_{\text{ип}_i} + K_{\text{уп}_i}}{100\%}\right), \quad (3.4)$$

де n_i – кількість допоміжних робітників;

$\Phi_{di}=1610$ ч – річний дійсний фонд часу;

e_i – середня годинна ставка допоміжних робітників;

$K_{\text{уп}_i}=12\%$, $K_{\text{ин}_i}=12\%$ - норматив доплат за умови та інтенсивність праці.

Додаткова заробітна плата допоміжним робітникам визначається за формулою 3.5:

$$\text{ДЗП}_i = \text{ПрЗП}_i \cdot (\text{К}_{\text{годі}} + \text{К}_{\text{дні}} + \text{К}_{\text{місі}}) / 100 \quad (3.5)$$

де $\text{К}_{\text{годі}}=10$; $\text{К}_{\text{дні}}=12$; $\text{К}_{\text{місі}}=16$ - прийняті нормативи премій, вартових, денних та місячних доплат.

Результати занесено до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Заробітна плата допоміжних робітників

Найменування професії	Кількість, чол.	Годинна ставка,	Оклад, грн.	Фд, год	Розряд	Зарплата за один рік, грн.			ЗП робітника + доплати за рік, грн.
						ПЗП	ДЗП	Річний фонд	
Наладчик	2	68,4	1102	161	4	273307,16	103856,7	377163,88	188581,94
Електромонтер	2	59,0	9499	161	3	235575,2	89518,58	325093,78	162546,89
Слюсар з ремонту обладнання	4	68,4	1102	161	4	546614,32	207713,4	754327,76	188581,94
Слюсар ПРИН	3	68,4	1102	161	4	409960,74	155785,1	565745,82	188581,94
Комірник	1		6700	161		80574,704	30618,39	111193,09	111193,09
Комірник ІРК	2		6700	161		161149,41	61236,78	222386,18	111193,09
Комірник виробничого складу	6		6700	161		483448,22	183710,3	667158,55	111193,09

Продовження таблиці 3.3

Найменування професії	Кількість, чол.	Годинна ставка,	Оклад, грн.	Ф _д , год	Розряд	Зарплата за один рік, грн.			ЗП робітника + доплати за рік, грн.
						ПЗП	ДЗП	Річний фонд	
Архіваріус	1		6500	161 0		78159,06	29700,4 4	107859,5	107859,5
Транспортний робітник	4		1265 0	161 0		608502,7 2	231231	839733,75	209933,4 4
Завідувач ІРК	1		9499	161 0		117787,6	44759,2 9	162546,89	162546,8 9
Контролер	8		9499	161 0		942300,8	358074, 3	1300375,1	162546,8 9
ВСЬОГО						3937380	149620 4	5433584	1704759

3.6.3 Заробітна плата інженерно-технічним робітникам

Пряма заробітна плата розраховується за формулою 3.6:

$$\text{ПЗП} = n_i \cdot \Phi_{di} \cdot \bar{O}_i \cdot \left(1 + \frac{K_{yни}}{100}\right), \quad (3.6)$$

де n_i - чисельність робітників;
 Φ_{di} - річний дійсний фонд часу, місяць;
 O_i - середній оклад працівника;
 $K_{yни} = 12\%$ - норматив доплат за умови праці.

Додаткова заробітна плата керівникам, спеціалістам та МОП визначається за формулою 3.7:

$$\text{ДПЗ} = \text{ПЗП} \cdot \frac{K_{годі} + K_{дні} + K_{місі}}{100}, \quad (3.7)$$

де $K_{годі} = 10$; $K_{дні} = 12$; $K_{місі} = 16$ - прийняті нормативи премій, вартових, денних та місячних доплат.

Результати зведені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Заробітна плата інженерно-технічних працівників

Найменування професії	Кількість, чол.	Ставка	Фд, год	Зарплата за один рік, грн.			Зарплата одного робітника з урахуванням доплат, грн.
				ПЗП	ДЗП	Річний фонд	
Начальник цеху	1	27500	1992	369600	140448	510048	42504
Зам. начальника з виробництва	1	24100	1992	323904	123083,52	446987,52	37248,96
Зам. начальника з підготовки виробництва	1	23850	1992	320544	121806,72	442350,72	36862,56
Старший майстер	2	20625	1992	554400	210672	765072	31878
Змінний майстер	6	12650	1992	1020096	387636,48	1407732,48	19551,84
Начальник тех. бюро	1	24100	1992	323904	123083,52	446987,52	37248,96
Технолог	5	16071	1992	1079971,2	410389,056	1490360,256	24839,3376
Майстер ПРІН	1	14209	1992	190968,96	72568,2048	263537,1648	21961,4304
Начальник ПДБ	1	16953	1992	227848,32	86582,3616	314430,6816	26202,5568
Плановик	3	14705	1992	592905,6	225304,128	818209,728	22728,048
Диспетчер	2	14209	1992	381937,92	145136,4096	527074,3296	21961,4304

Продовження таблиці 3.4

Найменування професії	Кількість, чол.	Ставка	Фд, год	Зарплата за один рік, грн.			Зарплата одного робітника з урахуванням доплат, грн.
				ПЗП	ДЗП	Річний фонд	
Нарядчик	1	6700	1992	90048	34218,24	124266,24	10355,52
Обліковець	1	6500	1992	87360	33196,8	120556,8	10046,4
Бухгалтер	2	12300	1992	330624	125637,12	456261,12	19010,88
Начальник БТЗ	1	24900	1992	334656	127169,28	461825,28	38485,44
Нормувальник	2	12650	1992	340032	129212,16	469244,16	19551,84
Економіст	1	13800	1992	185472	70479,36	255951,36	21329,28
Майстер з обладнання	1	12650	1992	170016	64606,08	234622,08	19551,84
Контрольний майстер	2	12650	1992	340032	129212,16	469244,16	19551,84
Секретар-машиніст	1	6500	1992	87360	33196,8	120556,8	10046,4
Технік з інструменту	1	10250	1992	137760	52348,8	190108,8	15842,4
Завгосп	1	14209	1992	190968,96	72568,2048	263537,1648	21961,4304
Технік за матеріалами	1	10250	1992	137760	52348,8	190108,8	15842,4
Механік цеху	1	22700	1992	305088	115933,44	421021,44	35085,12

Продовження таблиці 3.4

Найменування професії	Кількість, чол.	Ставка	Фд, год	Зарплата за один рік, грн.			Зарплата одного робітника з урахуванням доплат, грн.
				ПЗП	ДЗП	Річний фонд	
Енергетик цеху	1	22700	1992	305088	115933,44	421021,44	35085,12
Начальник БТК	1	21230	1992	285331,2	108425,856	393757,056	32813,088
Всього				8713676,2	3311196,94	12024873,1	647546,12

Заробітну плату МОП наведено у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Заробітна плата МОП

Найменування професії	Кількість, чол.	ПЗП, грн.	Річний фонд, грн.
Прибиральник адміністративно-побутових приміщень	2	9750	234000
Прибиральник цеху	5	9750	585000
ВСЬОГО			819000

3.7 Визначення вартості основних фондів цеху та річних амортизаційних відрахувань

До основних фондів цеху відносяться будівлі та споруди, силові машини та робоче обладнання, вимірювальні та регулюючі прилади та пристрої, транспортні засоби, інструмент, виробничий та господарський інвентар.

Розрахунок вартості будівлі цеху можна здійснити за нормативами вартості 1 м³ будівлі. При розрахунку обсягу будівлі необхідно враховувати його зовнішні розміри (таблиця 3.6).

Таблиця 3.6 – Площі та обсяг будівлі

№ п/п	Найменування показників	Одиниця виміру	Виробнича частина	Адміністративно-побутова частина	Усього по корпусу
1	Виробнича площа	м ²	2688	-	2688
2	Допоміжна площа	м ²	284	-	284
3	Складська площа	м ²	413	-	413
4	Адміністративно-побутова площа	м ²	36	522	558
5	Інша площа	м ²	1187	450	1637
Загальна площа			4608	972	5580
Обсяг		м³	38707,2	6998,4	45705,6

Початкову вартість будівлі розраховують за формулою 3.8:

$$C_{\text{буд}} = V_k \cdot C_k + V_n \cdot C_n, \quad (3.8)$$

де V_k, V_n – обсяги, що займаються у виробничій частині корпусу та прибудові до нього;

C_k, C_n – вартість 1 м² виробничої частини корпусу та адміністративно-побутової прибудови: $C_k=26900$ грн; $C_n=22650$ грн.

$$C_{\text{буд}} = 4608 \cdot 26900 + 972 \cdot 22650 = 145971000 \text{ грн}$$

Початкову вартість робочого обладнання та підйомно-транспортних засобів обчислюють за формулою 3.9:

$$C_{\text{об}} = 1,1 \sum_{i=1}^m n_i \cdot y_i (1 + k_{\text{мп}}) \quad (3.9)$$

де n_i – прийнята кількість обладнання, шт.;

m – кількість видів основного обладнання, встановленого у цеху;

$k_{\text{мп}}$ - коефіцієнт, що враховує витрати на транспортування та монтаж обладнання ($k_{\text{мп}}=0,1$);

Коефіцієнт $k=1,1$ враховує балансову вартість підйомно-транспортних засобів, додаткового та допоміжного обладнання.

Початкову вартість вимірювальних та регулюючих приладів можна прийняти – 4 % від балансової вартості робочого обладнання, цінного універсального інструменту та пристроїв – 15 %. Балансову вартість цінного виробничого та господарського інвентарю можна прийняти рівною 3% балансової вартості робочого обладнання цеху.

Величину річних амортизаційних відрахувань звітного періоду визначають шляхом застосування норм амортизації до балансової вартості груп основних фондів початку звітного періоду.

Величину річних амортизаційних відрахувань можна визначити за формулою 3.10:

$$A_{p.n.} = C_{\delta it} \cdot \frac{H_{ai}}{100}, \quad (3.10)$$

де H_{ai} – норма амортизації; $C_{\delta it}$ – балансова вартість.

Результати розрахунку зведемо до таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Вартість основних фондів цеху та річних амортизаційних відрахувань

Найменування	Вартість, грн.	Норма амортизаційних відрахувань, %	Амортизаційні відрахування, грн.
Будівля	316 171 200,00	5	15 808 560,00
Устаткування	39 902 590,50	15	5 985 388,58
Підйомно-транспортні засоби	3 000 000,00	25	750 000,00
Прилади	1 596 069,00	15	239 410,35
Інструмент	5 995 259,00	25	1 498 814,75
Інвентар	1 196 051,00	25	299 012,75
ВСЬОГО	367 861 169,50	-	24 581 186,43

3.8 Витрати на експлуатацію та утримання обладнання

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

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

Загальну суму амортизаційних відрахувань за перерахованими основними фондами цеху, перерахованими основними фондами цеху, визначають за формулою 3.11 [8]:

$$A_{\text{Год}} = \sum(N_{ai}/100) \cdot C_{\text{б}} \quad (3.11)$$

де N_{ai} – норма амортизаційних відрахувань по i -му виду основних фондів;
 $C_{\text{б}}$ – балансова вартість i -го виду основних фондів.

$$A_{\text{Год}}=24\,581\,186,43 \text{ (грн.)}$$

Стаття друга враховує витрати на експлуатацію обладнання:

а) плата за матеріали для утримання обладнання:

$$C = n_{\text{об}} \times 127,5 = 48 \times 127,5 = 6120 \text{ (грн.)};$$

б) зарплата слюсарям, наладчикам, електрикам, допоміжним робітникам:

$$C = 1\,229\,882,22 \text{ (грн.)};$$

в) відрахування на загальнообов'язкове соціальне страхування становлять 22 % від річного фонду зарплати слюсарям, наладчикам, електрикам, допоміжним робітникам:

$$C_{\text{страх}} = 1\,229\,882,22 \times 0,22 = 477\,194,3 \text{ (грн.)};$$

г) оплата палива та енергії:

$$C_{\text{пе}} = 35 \times 1800 = 63\,000 \text{ (грн.)};$$

д) інші витрати:

$$C_{\text{ів}} = \sum C \times 2 \%;$$

$$C_{\text{ів}} = 23\,450 \text{ (грн.)};$$

Стаття третя враховує витрати на ремонт виробничого обладнання:

а) допоміжні матеріали:

$$C_{\text{доп}} = 75\,120,5 \text{ (грн.)};$$

б) заробітна плата слюсарям ПРИН та ремонтникам:

$$C_{\text{зп}} = 1\,320\,073,5 \text{ (грн.)};$$

в) відрахування на загальнообов'язкове соціальне страхування – 22 % від $C_{\text{зп}}$:

$$C_{\text{страх}} = 0,22 \times 1\,320\,073,583 = 512\,188,5 \text{ (грн.)}.$$

Стаття четверта враховує витрати цеху на внутрішньозаводське переміщення вантажів, доставку матеріалів, напівфабрикатів із заводських складів та інших цехів; доставку до робочих місць матеріалів, деталей та інструментів; вивіз із цеху готової продукції, напівфабрикатів, відходів [8]:

а) заробітна плата транспортних робітників:

$$C_{\text{тр}}=608502,72 \text{ (грн.)};$$

б) відрахування на загальнообов'язкове соціальне страхування:

$$C_{\text{страх}}=0,22 \times 608502,72=236099,0 \text{ (грн.)};$$

в) оплата послуг транспортному цеху заводу за користування транспортним засобом:

$$C_{\text{корист}}=(C_{\text{тр}}+C_{\text{страх}}) \times 50\%=422300,8 \text{ (грн.)}.$$

Стаття п'ята враховує витрати на відшкодування зносу та відновлення інструменту, МШП та пристроїв загального призначення:

а) відшкодування зносу та відновлення:

$$C_{\text{відн}}=95676,3 \times 10/1000=956,75 \text{ (грн.)};$$

б) заробітна плата:

$$C_{\text{страх}}=540715,4 \text{ (грн.)};$$

в) відрахування на загальнообов'язкове соціальне страхування:

$$C_{\text{страх}}=0,22 \times 540715,4=209797,6 \text{ (грн.)};$$

Стаття шоста враховує інші РСЕО:

$$C_{\text{інш}}=77633,3 \text{ (грн.)};$$

Результати проведених розрахунків занесемо до таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Кошторис витрат на утримання та експлуатацію обладнання

Найменування статей витрат	Допоміжні матеріали, грн.	Заробітна плата, грн.	Відрахування до фондів, грн.	Паливо, енергія, грн.	Амортизаційні відрахування, грн.	Послуги і інших цехів, грн..	Сума, грн.
Амортизація обладнання	-	-	-	-	24 581	-	24 581
транспортних засобів	-	-	-	-	186,43	-	186,43

Продовження таблиці 3.8

Найменування статей витрат	Допоміжні матеріали, грн.	Заробітна плата, грн.	Відрахування до фондів, грн.	Паливо, енергія, грн.	Амортизаційні відрахування, грн.	Послуги і інших цехів, грн..	Сума, грн.
Експлуатація обладнання	6120,0	1 229 882,22	477194,3	63000	-	23450,0	1799646,52
Поточний ремонт обладнання	75120,5	1 320 073,583	512188,5	-	-	-	1907382,58
Утримання та експлуатація транспорту	-	608502,72	236099,0	-	-	422300,8	1266902,52
Відновлення інструменту	956,75	540715,4	209797,6	-	-	-	751469,75
Інші	-	-	-	-	-	77633,3	77633,3
ВСЬОГО	82197,25	3 699 173,92	1435279,4	63000	24 581 186,43	523384,1	30 384 221,10

Норматив витрат на утримання та експлуатацію обладнання можна визначити за формулою 3.12:

$$H_{\text{руео}} = (\text{РУЕО} / \text{ПЗОР}) \times 100 \%, \quad (3.12)$$

де РУЕО – всього витрат на утримання та експлуатацію обладнання, грн.;
ПЗОР – пряма заробітна плата основних робітників, грн.

$$H_{\text{руео}} = (1525029,1 / 3356863,27) \times 100\% = 45,43 \%$$

Питомі витрати на утримання та експлуатацію обладнання визначимо за формулою 3.13:

$$K_{\text{руео}} = \text{PCEO} / T, \quad (3.13)$$

де T – нормована трудомісткість річного обсягу робіт обладнання, люд-год.

$$K_{poco} = 1525029,1 / 2030 = 751,245 \text{ (грн.)}$$

3.9 Витрати на управління цеху

Кошторис витрат на управління цехом складається з кількох статей.

Стаття перша враховує витрати на утримання управлінського персоналу цеху:

а) заробітна плата ПЗП = 477194,3 грн.;

б) відрахування на соц. страхування $C_{страх} = 185151,38$ грн.

Стаття друга враховує витрати на зарплату та відрахування на соц. страхування працівників тех. бюро та допоміжних робітників, не пов'язаних з експлуатацією та обслуговуванням обладнання (підготовців, контролерів, комірників):

а) заробітна плата ПЗП = 2183311,7 грн.;

б) відрахування на соц. страхування $C_{страх} = 847124,9$ грн.

Стаття третя враховує амортизаційні відрахування по будівлям, спорудам і т.д.:

$$C_{ам.буд.} = 15\,808\,560,00 \text{ грн.}$$

Стаття четверта враховує витрати цеху на утримання будівель, споруд, інвентарю:

– Витрати на опалення, вентиляцію, освітлення будівель можуть бути прийняті у розмірі 1% від вартості будівлі цеху:

$$C = 3\,161\,712 \text{ грн.}$$

– Витрати на утримання будівель у чистоті:

а) витрати на матеріали – 0,1 % вартості будівлі цеху:

$$C_m = 316171,2 \text{ грн.};$$

б) заробітна плата та відрахування на соц. страхування прибиральників цеху:

$$ПЗП = 585000 \text{ грн.};$$

$$C_{страх} = 226980 \text{ грн.}$$

Стаття п'ята враховує витрати на поточний ремонт будівель та споруд та приймається у розмірі 2% вартості будівель цеху:

$$C = 7357223,3 \text{ грн.}$$

Стаття шоста враховує витрати на випробування, досліди та дослідження:

$$C = n_{\text{роб}} \times 150 = 140 \times 150 = 21000,00 \text{ грн.}$$

Стаття сьома враховує витрати на охорону праці та промислову санітарію. Ці витрати можуть бути ухвалені -98 грн. на одного працюючого на рік:

$$C = n_{\text{роб}} \times 98 = 140 \times 98 = 13720 \text{ грн.}$$

Стаття восьма враховує витрати на відшкодування зносу малоцінного інвентаря, що швидко зношується. Ці витрати можуть бути прийняті – 115 грн. на одного працюючого на рік:

$$C = n_{\text{роб}} \times 30 = 140 \times 115 = 16100 \text{ грн.}$$

Стаття дев'ята враховує витрати на загальноцехові призначення (канцелярські та ін.). Їх приймаємо у розмірі 1% від суми попередніх статей цехових витрат:

$$C_{\text{інш}} = C_{\text{заг}} \times 0,01 = 311992,48 \text{ грн.}$$

Кошторис цехових витрат представлений у таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Кошторис витрат на управління цехом

Найменування витрат	Допоміжні матеріали, грн.	Заробітна плата, грн.	Відрахування на соцстрах, грн.	Паливо, енергія, грн.	Амортизаційні відрахування, грн.	Інші витрати, грн.	Сума, грн.
Утримання апарату управління	-	477194,3	185151,38	-	-	-	662345,68
Зміст іншого персоналу	-	2183311,7	847124,9	-	-	-	3030436,6

Продовження таблиці 3.9

Найменування витрат	Допоміжні матеріали, грн.	Заробітна плата, грн.	Відрахування на соцстрах, грн.	Паливо, енергія, грн.	Амортизаційні відрахування, грн.	Інші витрати, грн.	Сума, грн.
Амортизаційні відрахування	-	-	-	-	15 808 560	-	15 808 560
Утримання будівель	316171,2	585000	226980	3 161 712	-	-	4 289 863
Ремонт	-	-	-	-	-	7357223,3	7357223,3
Випробування, раціоналізація виробництва	-	-	-	-	-	21000	21000
Охорона праці	-	-	-	-	-	13720	13720
Відшкодування зносу інвентарю	-	-	-	-	-	16100	16100
Інші витрати	-	-	-	-	-	-	311992,48
ВСЬОГО	3245506	1259256,28	3161712	15808560	7408043,3	4218164	31511241,26

3.10 Визначення витрат на основні матеріали, покупні вироби та зворотні відходи

Витрати на основні матеріали, покупні вироби та зворотні відходи визначимо за формулою (3.14):

$$C_{\text{мат}} = 1,05 \cdot N_{\text{витр}} \cdot C_{\text{пл}}; \quad (3.14)$$

де 1,05 – транспортно-заготівельні витрати;
 $N_{\text{витр}}$ – норма витрати матеріалу на одиницю виробу;
 $C_{\text{пл}}$ – заводська ціна 1кг. матеріалу.

Виходячи з формули 3.14, вартість матеріалу на річну програму цеху можна визначити за формулою 3.15:

$$C_{\text{мат}} = \sum_{i=1}^p N_{\text{витр}} \cdot C_{\text{пл}} \cdot N, \quad (3.15)$$

де N – річна програма запуску виробів окремих найменувань;
 p – кількість найменувань виробів цеху.

Кошторис витрат цеху на утримання та експлуатацію обладнання включає: витрати на амортизаційні відрахування від вартості виробничого обладнання, на утримання транспортних засобів та цінного інструменту, витрати на внутрішньозаводське переміщення виробів.

Кошторис цехових витрат передбачає: витрати на утримання апарату управління цехом, цехового персоналу, що не належить до апарату управління, допоміжних робітників, амортизаційні відрахування від вартості будівель, витрати на утримання будівель, інші витрати.

Загальні відрахування на соціальне страхування становлять 22 %.

3.11 Розрахунок кошторису витрат на річний обсяг виробництва

Кошторис витрат на річний обсяг виробництва відображає витрати підприємства на річну програму запуску і складається за економічними елементами та за статтями калькуляції, що розраховані раніше.

Він являє собою зведений план усіх витрат підприємства на майбутній період виробничо-фінансової діяльності та складається з метою визначення загальної суми витрат підприємства (за економічними елементами) і взаємної ув'язки цього розділу з іншими розділами бізнес-плану підприємства.

Кошторис витрат за річний обсяг виробництва наведено у таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Кошторис витрат на річний обсяг виробництва

№ п/п	Найменування статей витрат	Елементи витрат, грн.							
		Сировина, основні матеріали, покупні вироби, напівфабрикати	Допоміжні матеріали	Заробітня плата	Нарахування на заробітну плату	Паливо, енергія	Амортизаційні відрахування	Інші витрати	Витрати за статтями витрат
1	Сировина та основні матеріали	35908,5							359089,5
2	Покупні вироби та напівфабрикати	423482,4							423482,4
3	Повернені відходи	88529,1							88529,1
4	Паливо та електроенергія					378185,76			378185,76
5	ПЗП робітникам			11271542,9					11271542,9
6	ДЗП робітникам			3060410,1					3060410,1

Продовження таблиці 3.10

№ п/п	Найменування статей витрат	Елементи витрат, грн.							
		Сировина, основні матеріали, покупні вироби, напівфабрикати	Допоміжні матеріали	Заробітня плата	Нарахування на заробітну плату	Паливо, енергія	Амортизаційні відрахування	Інші витрати	Витрати за статтями витрат
7	Відрахування до фондів				437335 8,56				437335 8,56
8	Підготовка та освоєння виробництва							3492 67	349267
9	Відшкодування зносу							7853 1,5	78531, 5
10	Витрати обладнання		6904 1,9	167574 4,3	650188 ,7	44550	2698097 3,25	3265 33,3	297470 31,45
11	Витрати управління цехом		3466 7	230121 9,69	892873 ,2	346670 ,2	1733351 ,4	6959 970, 6	122687 52,09

12	Страхова ння майна							1303 87,9	130387 ,9
13	Витрати з економ. елемента м	87110 1	1037 08,9	183089 17	591642 0,46	769405 ,96	2871432 5	7844 690,3	625285 68,26

3.12 Розрахунок планової собівартості та відпускних цін виробів

Калькуляція собівартості та відпускних цін виробів наведена у таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Калькуляція собівартості та відпускних цін виробів

№ пп	Найменування статей калькуляції	Витрати, грн.
1	Сировина та основні матеріали	359089,5
2	Покупні вироби та напівфабрикати	423482,4
3	Повернені відходи	88529,1
4	Паливо та електроенергія	378185,76
5	ПЗП робітникам	11271542,9
6	ДПЗ робітникам	3060410,1
7	Відрахування до фондів	4373358,56
8	Підготовка та освоєння виробництва	349267
9	Відшкодування зносу	78531,5
10	Витрати обладнання	29747031,45
11	Витрати управління цехом	12268752,09
12	Страховання майна	130387,9
13	Цехова собівартість	182 126 500

№ пп	Найменування статей калькуляції	Витрати, грн.
14	Повна собівартість	238 329 000
15	Запланований прибуток	24 481 000
16	Оптова ціна	264 810 000
17	НДС	52 962 0000
18	Відпускна ціна	317 772 000

3.13 Розрахунок техніко-економічних показників цеху

Техніко-економічні показники за призначенням поділяються на абсолютні та відносні (питомі).

До абсолютних показників відносяться [8]:

- річний дохід від реалізації;
- вартість основних фондів;
- величина нормованих оборотних коштів;
- чисельність працюючих;
- річний фонд оплати праці;
- площа будівель підприємства.

До відносних показників належать:

- середня заробітна плата;
- виробіток на одного працівника;
- фондвіддача;
- рентабельність капіталу;
- рентабельність обороту;
- прибутковість.

Річний прибуток від реалізації продукції визначають множенням річної програми випуску виробу відпускну ціну виробів. Отримані таким чином за кожним виробом величини потім підсумовують.

Виробіток на одного працівника характеризує рівень продуктивності праці та визначають розподілом річного доходу про реалізацію продукції на кількість працівників підприємства.

Фондовіддачу обчислюють поділом річного випуску продукції вартість основних фондів підприємства. Укрупнено, вважаємо річний випускати продукцію рівним річному доходу від продукції.

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

Балансову прибуток розраховують як різницю між річним доходом від продукції і на повної собівартістю річного випуску продукції.

Прибутковість розраховують розподілом річного доходу реалізації продукції на повну собівартість річного випуску продукції.

Результати розрахунків наведено у таблиці 3.12.

Таблиця 3.12 – Техніко-економічні показники цеху

№ пп	Найменування показників	Розмір показника
1	Річний випуск (комплектів)	70
2	Річний дохід цеху (грн.)	317 772 000
Праця та заробітна плата		
3	<u>Кількість працюючих у цеху (чол.):</u>	140
	- виробничих робітників	56
	- допоміжних робітників	38
	- ІТП	37
	- СКП	7
	- МОП	2
4	<u>Фонди оплати праці (грн.):</u>	11271542,9
	- виробничих робітників	5366381,57
	- допоміжних робітників	2096506,97
	- ІТП	3060223,8
	- СКП	377709,4
	- МОП	819000
5	<u>Продуктивність праці (грн./чол.):</u>	
	- виробіток на одного робітника	2269800
6	<u>Собівартість (грн.):</u>	182 126 500
	- витрати на керування цехом	20659298,1

№ пп	Найменування показників	Розмір показника
	- витрати на утримання та експлуатацію цехом обладнання	30 384 221,10
	- інші витрати	131082980,8
Основні засоби		
7	<u>Вартість основних фондів (грн.):</u>	367 861 169,50
	- будівель, споруд, машин тощо.	359 073 790,50
	- виробничого інвентарю	8 787 379,00
Випуск продукції		
8	<u>Загальна площа цеху (м²):</u>	5580
	- виробнича	2688
	- допоміжна	284
	- складська	413
	- адміністративно-побутова	558
	- інша	1637
9	Річний дохід від реалізації продукції	317 772 000
10	Балансовий прибуток (грн.)	11315413
11	Фондовіддача	0,222
12	Рентабельність обороту (%)	7,85%
13	Прибутковість (%)	132,5%

3.14 Планова собівартість та ціна одиниці виробу

При плануванні та обліку собівартості розрізняють цехову, заводську та повну собівартість. Калькуляція планової собівартості виробу чи робіт цеху враховує лише ті витрати, що виробляються у цеху.

Інші витрати цеху становлять 5-6% суми попередніх витрат.

Точка беззбитковості – мінімальний розмір партії своєї продукції, коли він забезпечується «нульова прибуток», тобто. дохід від продажу дорівнює витратам виробництва (3.16):

$$n = \frac{\Pi}{\Pi - C_{\text{змін}}}, \quad (3.16)$$

де Π – постійні витрати на річний випуск комплектів виробів;
 Π – ціна одного комплекту виробів;
 $C_{\text{змін}}$ – змінні витрати на один комплект виробів.

Постійні витрати – визначають за кошторисом витрат за виробництво річний обсяг робіт: Цехові витрати, загальнозаводські витрати, інші витрати, спеціальні і позавиробничі.

$$\Pi = 59582250 \text{ (грн.)};$$

Змінні визначаються за статтями калькуляції собівартості виробу. У ці витрати включають всі статті калькуляції, які враховані в постійних витратах.

$$C_{\text{змін}} = 2151124,26 \text{ (грн.)};$$

$$\Pi = 3783000 \text{ (грн.)}.$$

$$N_6 = \frac{59582250}{(3783000 - 2151124,26)} \approx 36 \text{ комплектів}$$

Результати проведених розрахунків представимо у вигляді графіка (3.1).

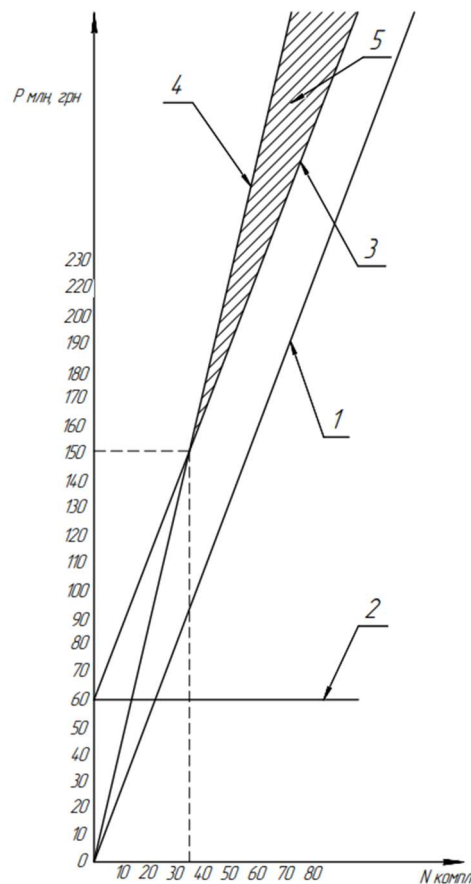


Рисунок 3.1 – Графік беззбитковості: 1 – змінні витрати; 2 – постійні витрати; 3 – постійні + змінні витрати; 4 – дохід від продажу комплектів; 5 – прибуток.

Висновок

Було проведено розрахунок техніко-економічних показників та витрат на виготовлення виробів у цеху КМ. За даними розрахунків даний цех починає приносити прибуток після виготовлення приблизно 36 комплектів. Ціна за один комплект становить 4 539 600 грн. Загальна площа всіх будівель становить 5580, загальна вартість всіх будівель складатиме 367 861 169,50 грн. Кількість робочих прийнято 140 робітників, а отже фонд заробітної плати становить 11271542,9 грн.

З розрахунків видно, що цех КМ є прибутковим та конкурентоздатним, а отже є сенс на його створення.

4 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ «ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ У ГАЛУЗІ ОБРОБКИ ДЕТОНУЮЧИМИ ГАЗОВИМИ СУМІШАМИ У ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ»

4.1 Перспективні процеси для застосування високочастотної газової детонації

Детонаційне нанесення покриттів. Одним з найочевидніших можливих застосувань розроблених технічних рішень щодо підвищення ефективності газодетонаційного обладнання безумовно є нанесення різноманітних порошкових покриттів. Цей метод, розроблений в середині 20 століття [9], достатньо широко використовується для зміцнення деталей в авіаційній та ракетно-космічній техніці (рис. 4.1), для розмірного відновлення при виконанні ремонтних робіт та ін.

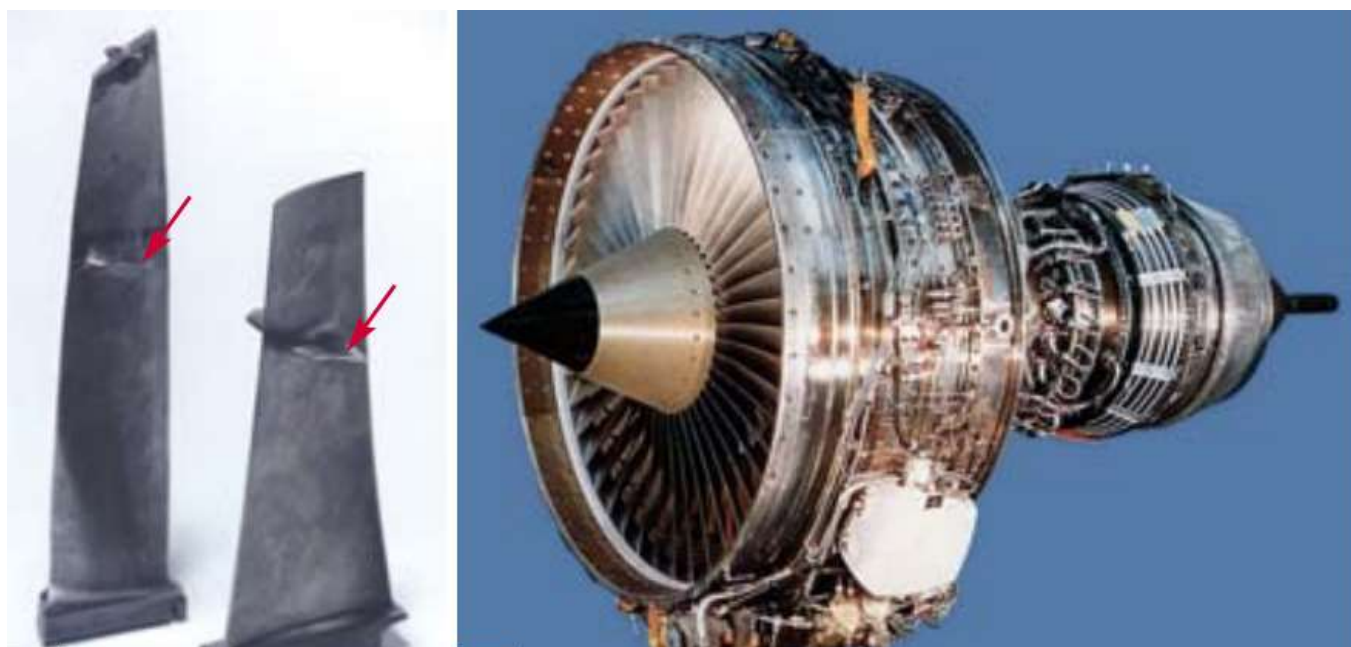


Рисунок 4.1 – Лопатки (а) компресора авіаційного двигуна (б), зміцнені металокерамікою WC+Co (місця з покриттями вказано стрілками) [10]

З того часу в численних теоретичних, експериментальних та практичних дослідженнях процеси, що протікають при детонаційному нанесенні покриттів вивчено достатньо ретельно. В результаті виконання цих робіт сформовано достатньо повне розуміння особливостей процесів, що проходять при формуванні газових сумішей, ініціюванні детонації, дозування порошків, управління процесом нанесення покриттів на поверхні та ін. [11]. На базі цих знань і досвіду практичного застосування технологій ефективність процесу з точки зору частки корисного використання порошків та якості формування покриттів порівняно з початковим етапом застосування детонаційного

обладнання підвищено в рази. Нарешті детальне експериментальне вивчення процесів взаємодії часток з високошвидкісним потоком та оброблюваною поверхнею [12,13] дозволило створити автоматизовані комплекси для детонаційного нанесення порошків [10].

Зважаючи на це позначимо в чому саме може мати сенс застосування високочастотних генераторів ударних хвиль. По-перше, практично всі відомі детонаційні установки використовують в якості паливних сумішей різноманітні газокисневі композиції. Це зазвичай пов'язують з необхідністю отримання високих температур потоку для певного рівня розігріву частинок порошку при якому забезпечується їх міцне зчеплення з поверхнею. Але як зазначається в [11] при цьому виникає небезпека перегріву порошку, що може призводити до утворення тріщин при застиганні розплавленої плівки, випаровування дрібних частинок, або металевого в'язучого в композиційних матеріалах. Щоб цього уникнути, температуру продуктів згорання обмежують шляхом розведення суміші інертним газом.

З іншого боку використання збіднених газокисневих, або газоповітряних сумішей викликає труднощі в реалізації режимів детонаційного згорання. Запропонований високочастотний детонаційний генератор цю проблему може зняти.

Обмежуючим фактором для розширення застосування технологій детонаційного напилювання є також великі габарити обладнання. Зазвичай довжина стволів детонаційних установок складає 1...1,5 м при діаметрі 15...50 мм. Це суттєво ускладнює управління траєкторією нанесення покриттів та практично унеможлиблює обробку невеликих за розміром деталей. Такі габарити стволів детонаційних установок пов'язані з двома процесами. Перший – обмеження обумовлені процесом переходу горіння в детонацію. При стандартних умовах довжина цього переходу може складати десятки калібрів ствола. Другий – обмеження, викликані тривалістю процесу розгону та нагрівання порошку. В найбільш поширених установках, в яких реалізується процес стаціонарної детонації, довжина розгону порошку може складати сотні міліметрів. Таким чином, традиційні детонаційні установки мають фізично обумовлені обмеження, які не дозволяють істотно зменшити їхні габарити.

Проблема скорочення часу (та, відповідно, довжини) розгону порошку може бути вирішена за рахунок використання перетиснутої детонації, отриманої в каналах звуження [11]. За даними [14] це зменшує шлях прискорення і нагрівання частинок до кількох міліметрів. Обмеженням використання перетиснутої детонації є фрагментація частинок порошку до підльоту до поверхні деталі. Ця вада долається шляхом заповнення дульної частини ствола сильно розведеною сумішшю або інертним газом.

В той же час запропоноване рішення щодо використання швидкісного стиснення паливної суміші для підвищення її початкового тиску та температури дозволяє скоротити довжину переходу горіння в детонацію. Таким чином,

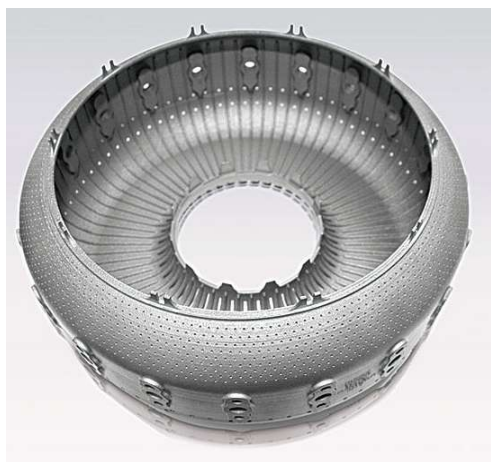
спільне використання зазначених підходів дозволяє вирішити проблему радикального зменшення габаритів установок для детонаційного напилювання.

Нарешті використання високочастотних детонаційних установок може в рази підняти продуктивність процесу напилювання. Фактично цей параметр буде обмежуватись швидкістю дозування порошку та можливим перегрівом стволу при інтенсивній роботі.

Таким чином, застосування високочастотних детонаційних пристроїв розкриває перспективи створення автоматизованих компактних установок з програмним управлінням для нанесення покриттів на деталі складної форми.

Детонаційне очищення поверхонь. Головною задачею виконання звітних робіт є створення автоматизованого обладнання для фінішного оброблення кромки прецизійних деталей газотурбінних двигунів, насамперед, видалення задирок та округлення заданим радіусом крайок за умови забезпечення вимог щодо форми поздовжнього та поперечного профілю кромки та допусків на відхилення їхніх кваліметричних показників. Але не менш важливими процесом при фінішному обробленні є очищення поверхонь від мікрочастинок [11,15]. В огляді [11] такі задачі згадані лише стосовно до очищення надвеликих поверхонь. Але сьогодні більш актуальним може бути застосування детонаційних технологій для очищення деталей виготовлених за адитивними технологіями.

Перевагою адитивних процесів є можливість виготовляти деталі надскладної форми, які при звичайних технологіях виробництва мали б складатися з декількох окремих елементів (рис. 4.2). Це значно скорочує витрати ресурсів, необхідних для виробництва. Але найбільшою перевагою таких технологій є можливість виготовлення деталей довільно складних форм, що дає змогу в повній мірі застосовувати методи оптимального проектування та забезпечити раніш недосяжний рівень експлуатаційних характеристик.



а)



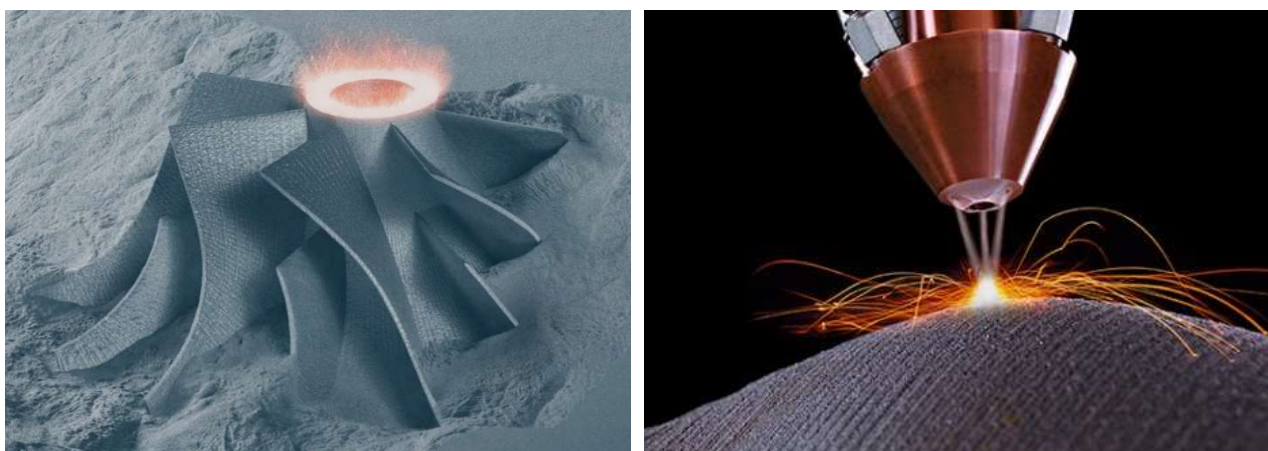
б)

Рисунок 4.2 – деталі авіаційних ГТД виготовлені за адитивними технологіями:

а) корпус камери згоряння з сплаву нікелю; б) вихровий запальник з кобальтового сплаву

Але складність форм деталей виготовлених за адитивними технологіями водночас призводить до труднощів в очищенні їх поверхонь від мікрочастинок порошку. Такі забруднення виглядають неминучими при застосуванні як пошарового синтезу, так і при безпосередньому подаванні порошку в зону наплавлення (рис. 4. 3). Для деталей таких складних форм, які наведені на рис. 4.2 необхідні спеціальні технології для видалення порошку до проведення наступних етапів виготовлення, які зазвичай включають гаряче ізостатичне пресування, термічну обробку та зняття деталі з базової плити за допомогою електроерозійного процесу. Одними з перших з цією проблемою стикнулися інженери NASA в ході створення перспективних конструкцій паливних систем ракетних двигунів.

Особливі складнощі виникають з очищенням та контролем чистоти внутрішніх поверхонь форсунок, трубопроводів, каналів охолодження та інших подібних елементів. Наявність в таких каналах мікрочастинок може призвести до серйозних збоїв в роботі паливних систем і навіть до катастрофічних наслідків.



а)

б)

Рисунок 4.3 – Забруднення мікрочастинками поверхонь деталей виготовлених за адитивними технологіями: а) при селективному лазерному спіканні; б) при прямому лазерному сплавленні

В послідовно випущених оглядах NASA присвячених проблемам очищення деталей ракетно-космічної техніки виготовлених за адитивними технологіями [16, 17, 18] термоенергетична обробка газовими сумішами розглядалася як одна з перспективних лише у дослідженні 2015 р. [16]. Подальші роботи зосереджувались на технологіях промивки рідиною високого тиску. Але в зазначених роботах не має згадок про результати експериментів з очищення зі застосуванням термоенергетичного обладнання. Більш того, зважаючи на

специфіку задачі таке обладнання не є кращим вибором. Справа у тому, що основним механізмом видалення мікрочастинок є відрив ударною хвилею з подальшим згорянням чи випаровуванням в ядрі потоку продуктів згоряння [19], тоді як термоенергетичному методу обробці не притаманне використання режимів з дією ударних хвиль.

В той же час, для термоімпульсної обробки такі режими є основними, а дослідження з використання цього процесу для очищення поверхонь складної форми від мікрочастинок відомі достатньо давно [20].

Проблемою, яка може виникнути при термоімпульсному очищенні деталей виготовлених за адитивними технологіями може бути їх недостатня міцність. Крім того при видаленні неметалевих керамічних порошоків їхнє випаровування чи згоряння неможливе. Тому такі частинки мають видалятися примусово, з потоком продуктів згоряння до того, як вони знову осядуть на поверхню деталей. Це потребує використання для очищення ударних хвиль обмеженої інтенсивності, але з подовженим часом дії. На вирішення такого типу задач спрямовано запропонований в цьому дослідженні генератор ударних хвиль.

Для того, щоб встановити можливість його застосування необхідно проведення додаткових експериментів. До отримання позитивних результатів таких дослідів, робити висновки щодо можливості застосування детонаційних процесів для очищення деталей виготовлених за адитивними технологіями, ґрунтуючись лише на інформацію з огляду [21], не можна.

Детонаційна термомеханічна обробка. Слід відзначити можливості застосування запропонованого способу генерації детонації для термомеханічної обробки [15]. Це, насамперед, процеси детонаційного штампування, ущільнення та формовки. Ударні хвилі, викликані детонацією, можуть використовуватись для метання компактних тіл та рідин в системах пожежогасіння. Ударні хвилі та високошвидкісні струмені, утворені при детонаційному високочастотному згорянні, можуть використовуватись в задачах розмінування. Ці застосування детонаційних генераторів ударних хвиль мають дещо обмежений комерційний потенціал і розглядатися в цьому звіті не будуть. Виключенням є процес детонаційного штампування, який буде розглядатися в окремому підрозділі звіту.

4.2 Схеми установки для детонаційного нанесення покриттів на основі високочастотного генератора ударних хвиль

Як було відзначено вище, технології детонаційного нанесення покриттів є одним з найперспективніших напрямків застосування розробленого генератора ударних хвиль. Зважаючи на це, особливості застосування запропонованих рішень для цього процесу доцільно розглянути дещо докладніше. Технології газотермічного напилювання широко використовується для поліпшення функціональних характеристик деталей різного устаткування [22, 23,24].

Газотермічне напилювання застосовується для захисту деталей від зносу, стирання, корозії, високих температур і т. д. [25]. Покриття може бути нанесено декількома різними технологіями, такими як високошвидкісне газополум'яне (киснево-паливне) напилювання, плазмове напилювання, електродугова металізація, детонаційне напилювання та інші. З поміж цих методів детонаційне напилювання забезпечує найбільші швидкості руху напилюваних порошків, що безпосередньо впливає на адгезію покриття з поверхнею деталей, когезію шарів покриття та його щільність.

В той же час, цьому методу притаманні певні недоліки. Поряд з підвищеним рівнем шуму до них, насамперед, мають бути віднесені велика довжина стволів детонаційних установок та їхня обмежена продуктивність (зазвичай частота генерації детонаційних імпульсів на них складає до 10 Гц [22,24]). При цьому довжина ствола детонаційної установки обмежена довжиною ділянки переходу горіння в детонацію. Як показано в численних дослідженнях, цю величину можна зменшувати за допомогою різного роду турбулєзаторів [26, 27, 28 та ін.], але ці заходи мають обмежену ефективність. Як показує аналіз світових тенденцій розвитку такого обладнання, перспективною є розробка компактного обладнання з максимально скороченою довжиною переходу до детонації [29]. Такі компактні пристрої перспективні до застосування у роботизованих багатокоординатних комплексах з ЧПУ на основі новітніх комп'ютерних моделей [30]. Для розв'язання цієї задачі в рамках виконання завдань проекту передбачено застосування розробленого детонаційного генератора ударних хвиль у складі обладнання для нанесення покриттів.

Для цього може бути використана пульсуюча компресійно-детонаційна гармата на основі запропонованого детонаційного генератора ударних хвиль [31]. У гарматі використовується стиснута суміш пропану з повітрям замість незжатої суміші пропану з киснем. Традиційна детонаційна гармата [22] складається з гладкої труби з закритим торцем, систем подачі палива і окиснювача, системи запалювання, системи продувки нейтральним газом і імпульсного дозатора порошку (рис. 4.4). Довжина детонаційної труби перевищує довжину переходу горіння в детонацію. Діаметр ствола має перевищувати розмір детонаційної ланки λ для того, щоб забезпечити перехід від горіння до детонації. Експериментально встановлено, що для гладкої труби $LDDT = 20-40dDT$ [32]. Таким чином, розміри детонаційної ланки визначають мінімальний розмір внутрішнього діаметру і довжину ствола установки для детонаційного нанесення покриттів. Згідно з експериментальними даними [33], розмір ланки детонації в стехіометричній паливно-повітряній суміші вище, ніж у відповідній паливно-кисневій суміші при аналогічних термодинамічних умовах. Наприклад, розмір ланки в суміші пропан / повітря знаходиться в діапазоні $\lambda = 50-75$ мм [33] при нормальній температурі і тиску. Для порівняння, розмір ланки суміші пропан / кисень складає $\lambda = 1-2$ мм [32]. Це викликає збільшення розміру детонаційної установки в разі її роботи на паливно-

повітряній суміші. Збільшений розмір ствола також призводить до обмеження частоти пострілів. Крім того, збільшений діаметр трубки призводить до нерівномірного покриття. Таким чином, традиційна детонаційна гармата при роботі на газоповітряній суміші є неефективною.

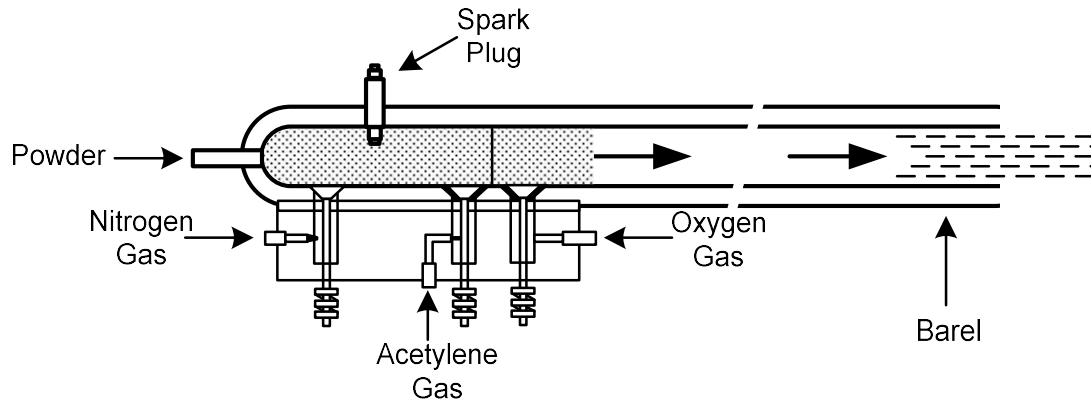


Рисунок 4.4 – Схема традиційної детонаційної гармати для нанесення покриттів [24]

Попереднє стиснення суміші призводить до зменшення розміру детонаційної ланки [32]. Але при цьому виникає проблема через те, що один кінець ствола установки є відкритим. Тому для стиснення суміші має бути застосовано спеціальне рішення. Детонаційна гармата з імпульсним стисненням (ІКД-гармата) [31] використовує явище надзвукового згоряння, в якому детонація всередині труби генерує імпульс тиску в період стиснення хімічно активного газу, продукти детонації якого швидко розширюються в бік відкритого торця труби. Імпульсне стиснення суміші біля закритого торця детонаційної труби створюється поршневым компресором таким чином, що масова витрата газу у закритого торця труби перевищує масову витрату біля її відкритого торця. Це викликає стиснення і розігрів повітряно-паливної суміші всередині труби, що призводить до різкого зменшення розміру детонаційної ланки і суттєво поліпшує процес переходу дефлаграційного горіння до детонації.

Схема пристрою ІКД-гармати показана на рис. 4.5. Пристрій містить поршковий компресор (1), що складається з циліндра (2) і поршня (3), як показано на рисунку. Зворотно-поступальний рух поршня (3) забезпечується кривошипно-шатунним механізмом (4), сполученим із зовнішнім приводом. Зверху циліндра (2) розташовано головку циліндра (5) з впускним патрубком (6) і клапаном (7). Система подачі палива і повітря (8) з'єднана з впускним патрубком (6). Детонаційна трубка (9) з'єднана з циліндром (2) поршневого компресора (1) через випускний патрубок (10) в головці циліндра (5). Примусове займання суміші проводиться за допомогою іскрової свічки (11). Порошок дозовано впорскується в трубу за допомогою пристрою подачі порошку (12). Спеціальний клапан, розташований в патрубку (10) запобігає зворотному потоку продуктів згоряння під час такту впуску.

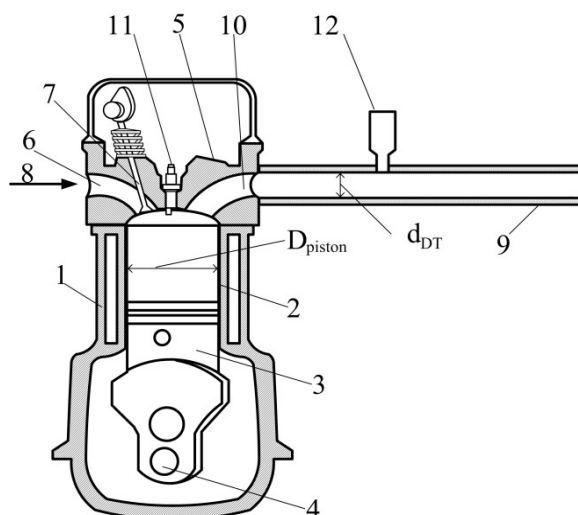


Рисунок 4.2 – Схема РСД-гармати для нанесення покриттів: 1 - компресор поршневого типу; 2 - циліндр; 3 - поршень; 4 - кривошипно-шатунний механізм; 5 - головка компресора; 6 - впускний патрубок; 7 - клапан; 8 - система подачі палива; 9 - ствол; 10 - патрубок; 11 - свічка запалювання; 12 - бункер для порошку

При проведенні експериментів внутрішній діаметр детонаційної трубки становив 20 мм. Довжина детонаційної труби становила 1,37 м. Діаметр циліндра компресора становив 95 мм. Хід поршня був 105 мм. Швидкість обертання приводу компресора складала 2700 ± 100 об / хв. Суміш СПБТ (LPG) з повітрям подавалася зі швидкістю 30 ± 3 мг / цикл, в результаті чого в поршневому компресорі утворилася паливо повітряна суміш, близька до стехіометричного складу. Два п'єзоелектричних датчика тиску, розташованих на відстані 66 мм один від одного, використовувалися для дослідження процесів стиснення і детонації. Перший датчик тиску розташовувався поблизу головки циліндра. Другий датчик розташовувався посередині труби. Під час дослідження нанесення покриттів другий датчик замінювався на бункер з порошком.

Експерименти проводилися для встановлення місця виникнення детонації. Результат вимірювання тиску представлений (рис. 4.6). Спостерігається попереднє стиснення Δp_1 і дефлаграційне згоряння в місці розташування першого датчика. Спостерігається попереднє стиснення Δp_2 і детонація в точці розташування другого датчика. Проведено оцінку середньої швидкості поширення хвилі горіння між датчиками. Встановлено, що середня швидкість становить 1465 ± 145 м/с. Це підтверджує дуже коротку відстань переходу горіння в детонацію в РСД-гарматі, яке склало не більше 66 мм.

Дані результати свідчать про підвищення чутливості до детонації паливо-повітряної суміші внаслідок збільшення її початкового тиску і температури. В ході експериментів з урахуванням включення циклу продувки частота генерації детонаційних імпульсів складала 23 Гц. При підвищенні частоти обертання

приводу вона може бути збільшена до 100 Гц. Подальше збільшення робочої частоти установки буде обмежуватися швидкодією пристрою для дозованої подачі порошку.

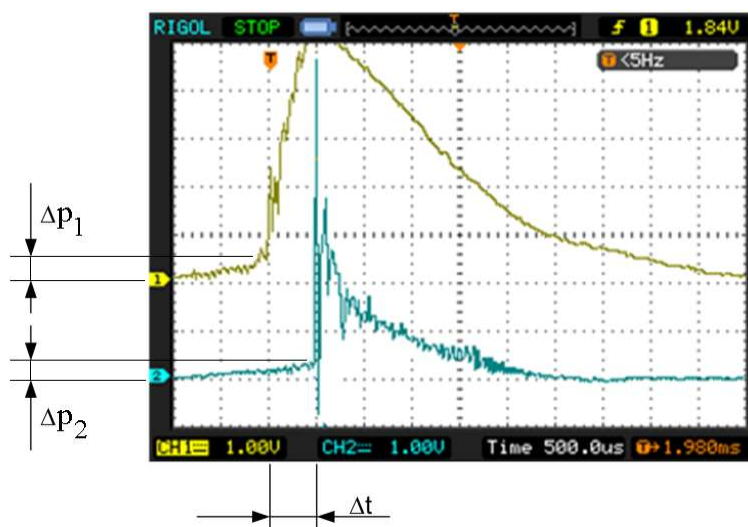


Рисунок 4. 6 – Тиск в місці розташувань першого датчика (жовта крива) і другого датчика (синя крива) у період детонації. Розмір поділка шкали за часом часу 500 мкс, розмір поділка шкали за тиском 8 бар

4.3 Результати експерименту з детонаційного нанесення покриттів з використанням високочастотного генератора ударних хвиль

При проведенні експериментів з детонаційного напилювання на установці, побудованій з використанням РСД-гармати як матеріал покриття використовувався порошок оксиду алюмінію (Al_2O_3). Покриття наносилося на підкладку з нержавіючої сталі 08Х18Н10. Зразки сталі мали розміри $30 \times 20 \times 1$ мм і $5 \times 5 \times 1$ мм (ширина \times висота \times товщина). Відстань між торцем труби і підкладкою становило 150 мм. Були отримані зразки з товщиною покриття 30 мкм, 50 мкм, 70 мкм.

Міцність адгезії покриття вимірювали методом склерометрії тонких металевих плівок. Вимірювання адгезійних властивостей покриттів проводилося по навантаженнях на індентор від 20 г до 220 г і швидкості індентора, рівної 0,2 мм/с. «Дряпання» індентора почалося з непокритої області зразків, поступово переходить в область з максимальною товщиною покриття.

Скануюча електронна мікроскопія використовувалася для дослідження поверхні покриття. Зразки розміром 5×5 мм з товщиною покриття 30 мкм, 50 мкм і 70 мкм досліджували за допомогою електронного мікроскопа РЕМ-106 при прискорюючій напрузі 20 кВ і збільшенні кожного зразка 500, 1500 і 3000. З використанням РМТ-3 мікротвердометру, проводились вимірювання максимальної, мінімальної і середньої мікротвердості для зразків з $\delta = 30$ мкм, δ

= 50 мкм, $\delta = 70$ мкм. Шорсткість поверхні зразків вимірювали за допомогою стаціонарного профілометра з точністю 0,05 мкм ($\Delta R_z = 3\%$) по довжині зразка від непокритою області до центру плями.

На рис. 4.7 представлені результати дослідження адгезії нанесених покриттів. Максимальна міцність адгезії складала $P_{\max} = 47$ МПа для зразка з $\delta = 30$ мкм. Середня міцність адгезії складала $\langle P \rangle = 45,8$ МПа. Максимальна міцність адгезії знижується до $P_{\max} = 32$ МПа при збільшенні товщини покриття до $\delta = 50$ мкм. Середня міцність в цьому випадку була $\langle P \rangle = 29$ МПа. Виміряна міцність становила $P_{\max} = 28,6$ МПа, а середня міцність становила $\langle P \rangle = 23,3$ МПа для зразка з товщиною $\delta = 70$ мкм. Значення міцності залежало від глибини в нанесеному шарі.

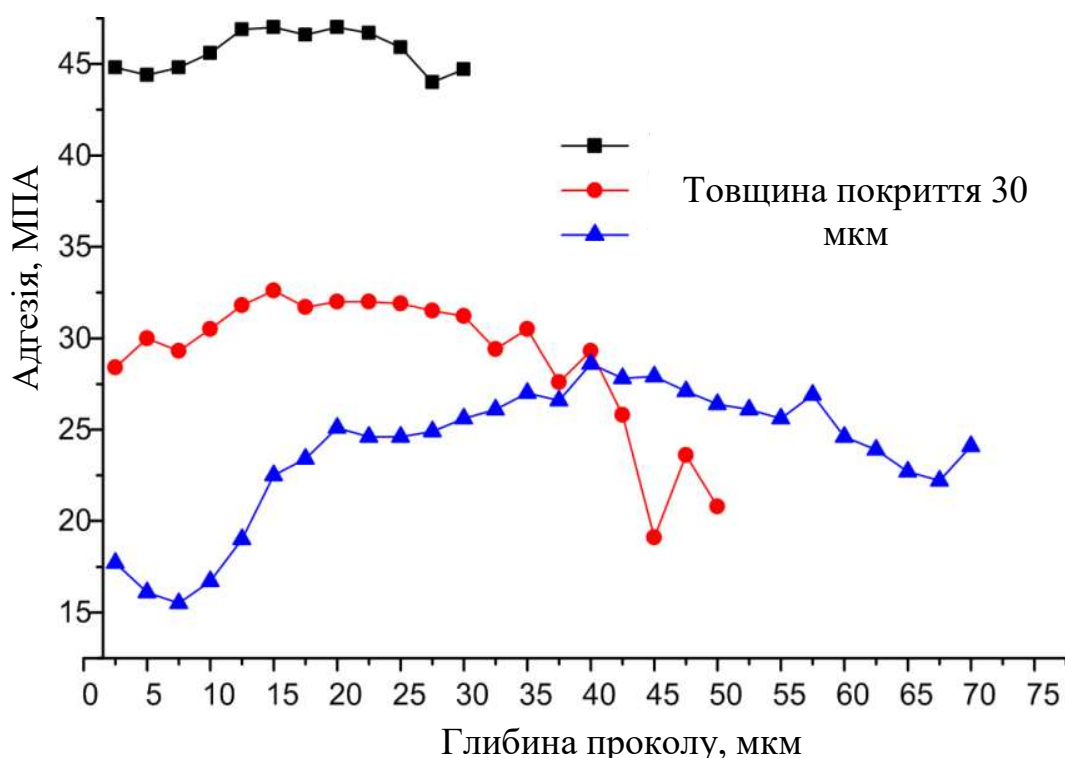


Рисунок 4.7 – Залежність адгезійної міцності від глибини в нанесеному шарі для зразків з різною товщиною покриття

Мінімальна міцність спостерігалася, коли глибина в нанесеному шарі становила 2,5-10 мкм. Зі збільшенням глибини спостерігалася збільшення сили адгезії. Така зміна міцності може бути викликана пористістю покриття.

Пористість покриття досліджувалась методом занурення згідно ГОСТ 9.302-88 з використанням розчину 32 з додаванням харчового желатину. Принцип методу полягає в фарбуванні стінок пір алюмінію в синій колір. Пористість визначалася числом забарвлених пір на одиницю поверхні, також бив визначений середній розмір пор. За результатами вимірювань середній розмір пор склав 23,5 нм, а відносна пористість поверхні - 1,6% (рис. 4. 8).

Також вивчалася поверхня матеріалу що залишився на шпильках після випробувань на адгезію. Були зроблені зображення поверхні до і після фарбування пор розчином 32. Зі знімків видно, що шорсткість із зворотного боку покриття менше. Також на зображеннях присутні забарвлені ділянки пор алюмінію (сині), що говорить про те, що при перевірці на пористість розчин 32 проник до основи, тобто в покритті присутні наскрізні пори. Були помічені ділянки іншого забарвлення (рудого), швидше за все викликані окислами заліза. Їх наявність говорить про те, що поверхня перед нанесенням покриття була погано очищена. Було встановлено, що пористість покриття з боку матеріалу основи по мірі віддалення від центру напилювання різниться - чим далі, тим більше кількість пор і менше їх розмір. Середній розмір пор з боку основи склав 13,3 нм, а відносна пористість поверхні - 7,5%.

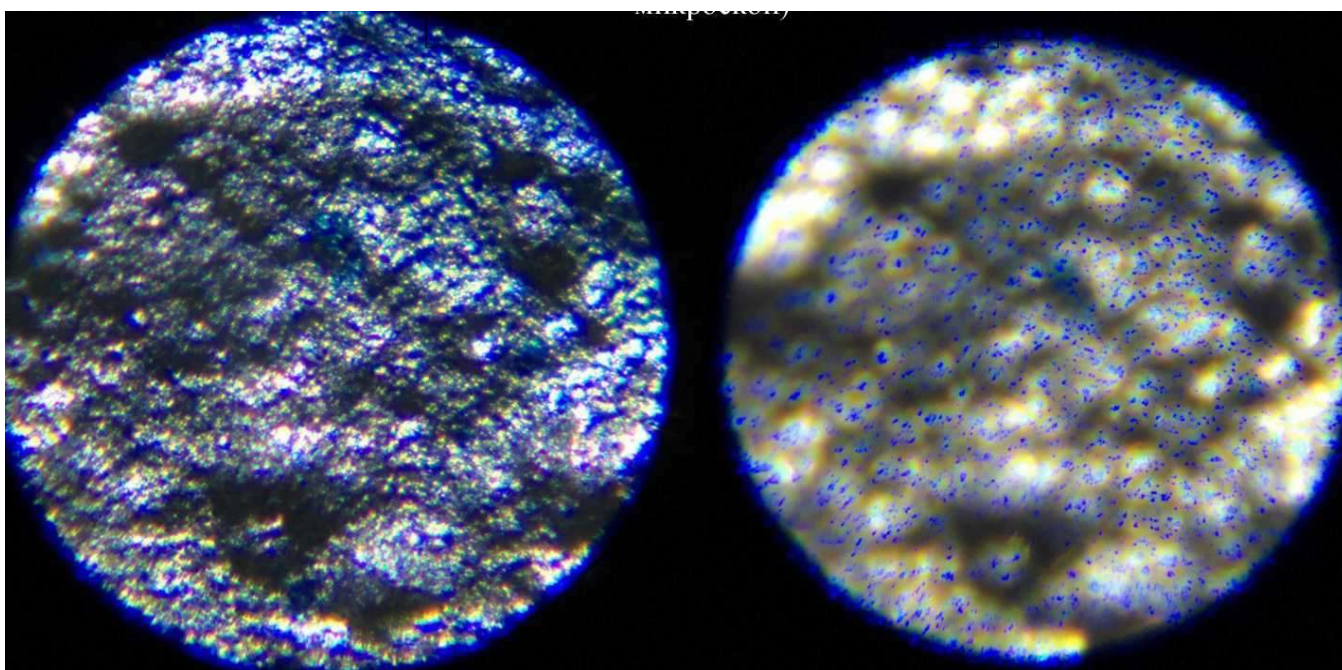


Рисунок 4.8 – Зразки при вимірюваннях пористості покриття

Зразки з розмірами 5×5 мм і товщиною покриття 30 мкм, 50 мкм і 70 мкм досліджували за допомогою електронного мікроскопа REM-106 при присорюючій напрузі 20 кВ та збільшенні 500х, 1500х і 3000х (рис. 4 б).

На зразках присутні складні поверхневі рельєфні структури. Зерна можна інтерпретувати як агломерат частинок порошку оксиду алюмінію, які частково розплавлені. Зміну контрасту було використано для оцінки розміру зерна. Максимальний розмір зерна становив 10 мкм. Зразок з покриттям 70 мкм мав вищу роздільну, ніж зразок з товщиною покриття 30 мкм. Розмір зерна був зменшений для товщини тонкого покриття. Результати вимірювань максимальної, мінімальної та середньої мікротвердості для зразків з $\delta = 30$ мкм, $\delta = 50$ мкм, $\delta = 70$ мкм представлені в Таблиці 4.1.

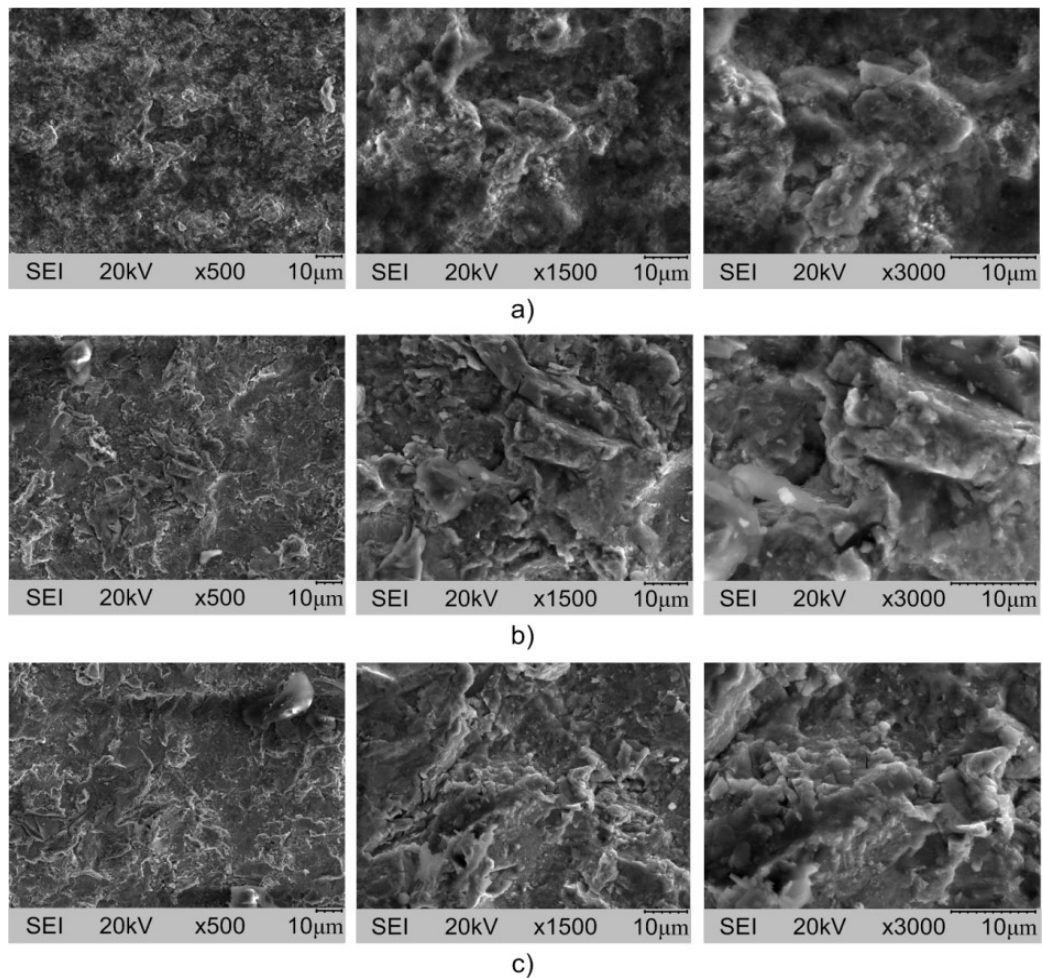


Рисунок 4.9 – Електронно-мікроскопічні зображення зразків з покриттям при збільшенні 500х, 1500х і 3000х: а) $\delta = 30$ мкм; б) $\delta = 50$ мкм; в) $\delta = 70$ мкм

Таблиця 4. 1 – Мікротвердість зразків з різною товщиною покриття

	$H_{\mu_{cp}}$, МПа	$H_{\mu_{min}}$, МПа	$H_{\mu_{max}}$, МПа
$\delta=30$ мкм	7500	6000	9000
$\delta=50$ мкм	9750	8500	11000
$\delta=70$ мкм	11000	9000	13000

З наведених вище даних можна судити про неоднорідність покриття. Слід зазначити, що максимальне значення мікротвердості відзначено у зразків з товщиною покриття 50 мкм і 70 мкм поблизу великих зерен.

На рис. 4.10 показано зміну шорсткості поверхні по довжині зразка. Шорсткість поверхні зразків вимірювали за допомогою стаціонарного профілометра з точністю 0,05 мкм ($\Delta R_z = 3\%$) по довжині зразка (30 мм) від області без покриття до центру плями. Ділянки розділені на чотири області: 1 - без покриття; 2 - область з товщиною покриття, середня за зразком; 3 - область з

найбільшою товщиною покриття «гало» навколо центру плями; 4 - місце, де товщина покриття середня.

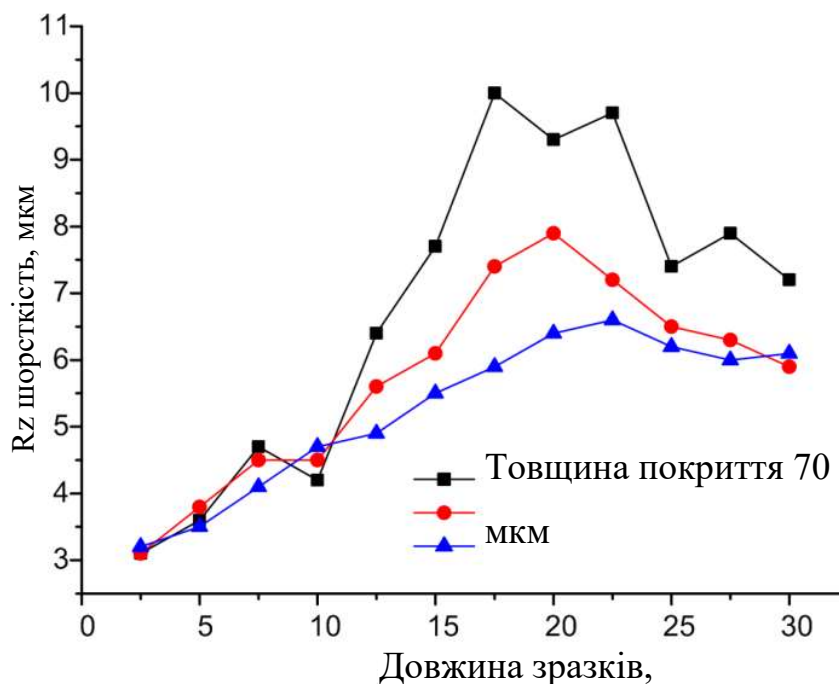


Рисунок 4.10 – Шорсткість зразків з $\delta = 30$ мкм, $\delta = 50$ мкм, $\delta = 70$ мкм

Таким чином, виходячи з результатів досліджень характеристик покриття, отриманого з використанням за допомогою пульсуючої компресійно-детонаційної гармати можна зробити висновок про необхідність продовження випробувань різних видів матеріалів покриття і режимів їх нанесення. При цьому за прикладом роботи [30] слід зосередитись на побудові розрахунково-експериментальних моделей для подальшого створення на їхній базі систем числового програмного управління для автоматизованого нанесення покриттів заданого складу та якості.

4.4 Перспективи застосування розроблених технічних рішень для детонаційного штампування

Технології детонаційного нанесення покриттів та детонаційного листового штампування виникли приблизно одночасно. Але ступінь поширення цих технологій, досягнутий на цей час, є неспівставним. Детонаційне нанесення покриттів давно та вагомо увійшло в ряд технологій, які визначають рівень промислового розвитку. В той же час, газове детонаційне штампування має достатньо обмежене застосування. Вочевидь це викликано певними вадами застосовуваних схем газодетонаційного листового штампування. Розглянемо їх дещо докладніше маючи на увазі можливості їхнього усунення за рахунок

використання запропонованих підходів до генерації височастотних детонаційних імпульсів.

Як відзначається в роботі [34] початковий інтерес до газової детонаційної штамповки був викликаний підвищенням вимог до якості і точності виготовлення деталей, швидкої їх змінюваності, а також відсутністю необхідного пресового обладнання.

Вперше дослідження з використання енергії вибуху горючих газових сумішей для формоутворення деталей були розпочаті у Харківському авіаційному інституті Р.В. Піхтовніковим [35] та в подальшому продовжені Б.А. Черепенніковим [36]. За результатами цих досліджень були розроблені і впроваджені механізовані детонаційно-газові преси ДГП-100, ДГП-400, ДГП-600, ДГП-1200 для штампування деталей із заготовок товщиною від 1,0 до 5 мм і розміром до 1,4 мм. Їхнім недоліком були підвищені габарити вибухової камери. Це було викликано тим, що виходячи з умови безперервного поширення детонаційної хвилі, камера вибуху мала конусоподібну форму з кутом конуса в межах $30...45^\circ$. При штампуванні габаритних деталей це неминуче вело до збільшення розмірів камери, при цьому коефіцієнт використання енергії, яка виділялася при згоранні паливної суміші, становив не більше $1,0...2,0\%$ [37]. Це насамперед пов'язано з тим, що за умови малого ходу розширення внутрішня енергія продуктів згорання на роботу деформування практично не витрачалася, ударні хвилі, які виникали після детонації в вибуховій камері згасали після декількох пробігів по камері і саме деформування проводилось практично дією тиску продуктів згорання. Власне кажучи, при такій схемі процесу ефект від застосування саме детонаційного згорання не може бути суттєвим, бо ударні хвилі, викликані детонацією газокисневих сумішей зазвичай мають час згасання $\sim 10^{-2}...10^{-1}$ с.

Описане в роботі [34] технічне рішення частково вирішило проблему завеликих габаритів вибухової камери детонаційного пресу за рахунок ініціювання детонаційного режиму горіння газової суміші в окремому каналі з наступним багаточисельним ініціюванням детонації газової суміші в робочому об'ємі робочої камери через мережу каналів малого діаметру. При однаковому розмірі вихідного отвору висота модифікованої камери була зменшена вдвічі. Крім того, перекриттям окремих каналів вдавалося регулювати величину силового впливу по площині заготовки в межах $20...30\%$ від максимального навантаження.

В патенті [38] запропоновано технічне рішення, спрямоване на більш ефективне використання переваг імпульсного детонаційного горіння: більш високої термодинамічної ефективності, температури і густини продуктів детонації, багаторазового ударно-хвильового і теплового впливу на заготовку. Крім того відповідно до запропонованого рішення є можливість використовувати безперервне горіння паливної суміші для розігріву заготовки

перед штампуванням, а також в процесі штампування та між детонаційними імпульсами.

Пропонований пристрій працює таким чином [38]. Штампування може проводитися за один або за декілька робочих циклів. Кожен робочий цикл відповідно до патенту включає три стадії.

На першій стадії окиснювач подається в змішувальний пристрій зі зворотним клапаном, де переміщується з паливом, що подається через паливні форсунки, а утворена паливна суміш заповнює камеру згоряння, прискорювач полум'я, а також повністю або частково детонаційну трубу. Тривалість подачі палива задається системою управління. Стадія наповнення закінчується, коли зворотний клапан змішувального пристрою закривається, і на джерела запалювання в камері згоряння подається напруга.

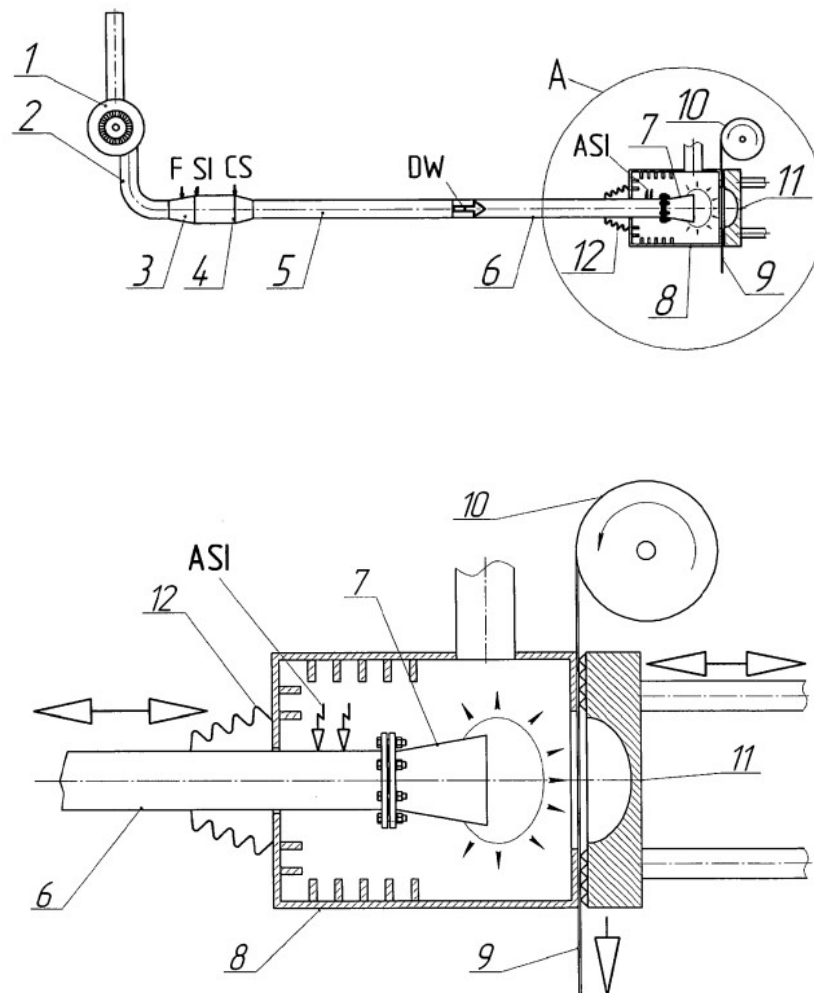


Рисунок 4. 11 – Схема пристрою для багатоімпульсного детонаційного штампування [38]: 1 - ємність з окиснювальним газом; 2 - магістраль подачі окисного газу; 3 - змішувальний пристрій зі зворотним клапаном; 4 - камера згоряння; 5 - прискорювач полум'я; 6 - детонаційна труба; 7 - вихідний насадок; 8 - вентиляований шумопоглинальний контейнер; 9 - заготовка; 10 - механізм автоматичної зміни заготовки; 11 - змінна матриця з фіксатором; 12 - сильфон;

F - паливні форсунки; SI - джерела запалювання; CS - система автоматичного управління; DW - детонаційна хвиля

На другій стадії суміш в камері згорання запалюється і утворена хвиля горіння, пройшовши через прискорювач полум'я, трансформується в детонаційну хвилю, яка у детонаційній трубі. Залежно від ступеня заповнення детонаційної труби паливної сумішшю в робочу камеру виходить ударна хвиля різної інтенсивності, яка визначається надлишковим тиском на фронті, і тривалості фази стиснення, причому інтенсивність тим вище, чим більше ступінь заповнення детонаційної труби, а тривалість фази стиснення тим більше, чим більше довжина детонаційної труби. Змінний вихідний насадок може служити як для посилення і фокусування виходить ударної хвилі, так і для її ослаблення за рахунок збільшення поверхні фронту. Ударна хвиля і високошвидкісний струмінь гарячих продуктів детонації здійснюють динамічний вплив на заготовку. Друга стадія робочого циклу закінчується, коли відкривається зворотний клапан змішувального пристрою. На третій стадії здійснюється продувка газодинамічного тракту після чого робочий цикл може повторюватися.

Таким чином, при роботі в імпульсно-детонаційному режимі інтенсивність ударно-хвильового впливу на заготовку визначається довжиною детонаційної труби, формою вихідного насадка, відстанню між зрізом насадки і заготовкою, частотою робочих циклів, ступенем заповнення детонаційної труби паливної сумішшю а також надлишковим тиском паливної суміші в газодинамічному тракті по відношенню до тиску в робочій камері. Всі ці параметри допускають зміну в процесі детонаційного штампування в проміжку між робочими циклами.

Недоліком описаного способу є переривчастий характер процесу, пов'язаний з наявністю циклів продувки робочої камери. За цей проміжок часу проходить охолодження заготовки, що зменшує ефективність процесу формоутворення. Запропонований в ході виконання проекту високочастотний генератор ударних хвиль може бути застосований для підвищення ефективності описаного способу детонаційного штампування. При цьому він може використовуватися для інтенсифікації процесу деформування без випуску продуктів згорання. При цьому заготовка буде знаходитися під дією комбінованого навантаження – квазістаціонарного розподіленого тиску продуктів згорання і динамічного тиску, викликаного взаємодією з ударними хвилями. Застосування декількох генераторів може додатково забезпечити просторо-часове регулювання динамічного навантаження на заготовку. В той же час, можливості управління інтенсивністю та частотою імпульсів навантаження порівняно з варіантом способу штампування, запропонованому у [38], будуть суттєво збільшені, принаймні за рахунок розширення діапазону регулювання частоти генерації ударних хвиль.

Таким чином, запропонований у цьому дослідженні детонаційний генератор ударних хвиль може бути застосований для підвищення ефективності процесу

листового штампування. Для більш достовірного оцінювання перспектив його застосування з цією метою необхідне проведення низки додаткових досліджень.

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті представлено розробку технологічних рішень для покращення конструкції регіонального пасажирського літака шляхом введення елементів з КМ.

Описано основні характеристики прийнятого типу літака. Досліджено конструкцію та основні матеріали, що застосовуються при його виробництві. Наведено приклади використання запропонованих рішень на літаках інших авіаційних виробництв.

Проведено розрахунки та проектування для заміни бічної панелі носової секції та обтічника шасі на аналогічні композитні вироби.

Спроектовано механізм автоматизації процесу виготовлення виробів з КМ (апарат подачі препрегу), розроблено креслення та визначено доцільність використання. Описано типову конструкцію та процес роботи на апараті.

Розроблено проект цеху виготовлення деталей з КМ. Приведено структуру цеху, розраховано такі параметри як: трудомісткість виготовлення деталей, кількість персоналу, обладнання, розмір будівлі та допоміжних площ. Спроектований цех має запланований річний об'єм виробництва 65-70 комплектів.

Розглянуто поняття якості виготовлення виробів та шляхи її досягнення на виробництві.

Розраховано техніко - економічні показники роботи цеху композитних деталей, проаналізовано ринок збуту продукції цеху та проведено маркетингове дослідження рентабельності даного виробництва.

Проведено огляд сучасного стану обробки детонуючими газовими сумішами у технологічних процесах. Визначені перспективні технологічні рішення у застосуванні в даній галузі.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

1. Кривцов, В.С. Конструкция самолетов и вертолетов [Текст]: учебник / В.С. Кривцов, Л.А. Малашенко, В.Л. Малашенко, С.В. Трубаев. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2010. – 366 с.
Г.И. Житомирский. Конструкция самолетов. М., Машиностроение, 1991, 400 с;
2. Г.И. Житомирский. Конструкция самолетов. М., Машиностроение, 1991, 400 с;
3. В.К. Борисевич, А.Ф. Виноградский, Я.С. Карпов, В.Я. Самойлов, Н.И. Семишов. Конструкционное материаловедение. Часть 2. Харьков, ХАИ, 2002, 341 с;
4. Технология производства летательных аппаратов (курсовое проектирование) / Под общеред, В. Г. Кононенко. К.: Вища школа, 1974. — 224 с.
5. А.И. Ярковец, Н.М. Бирюков, Б.В. Бойцов, В.Н. Крысин. Проектирование и изготовление изделий из композитных материалов. М., МАИ, 1981, 63 с;
6. А.С. Набатов. Технологическое проектирование участков и цехов. Харьков, ХАИ, 2003, 80 с;
7. Ведомственные нормы технологического проектирования цехов изготовления деталей из неметаллических материалов. МАП, 1989, 131 с;
8. А.И. Бабушкин, В.Д. Кравченко, В.Н. Гаава, Л.Н. Голованова, Я.В. Сафронов. Экономическое проектирование производственного подразделения. Харьков, ХАИ, 1999, 118 с;
9. R. M. Poorman, H. B. Sargent, and H. Lamprey \Method and apparatus utilizing detonation waves for spraying and other purposes," U.S. Patent No. 2,714,553, August 2 (1955).
10. Гавриленко, Т. et al. "детонационный комплекс «Объ» для нанесения порошковых покрытий." (2006).
11. Nikolaev, Yu A., A. A. Vasil'ev, and B. Yu Ul'yanitskii. "Gas detonation and its application in engineering and technologies." Combustion, Explosion and Shock Waves 39.4 (2003): 382-410.
12. Gavrilenko, T. P., Grigoriev, V. V., Zhdan, S. A., et al., Acceleration of solid particles by gaseous detonation products," Combust. Flame, 66, 121 {128 (1986).
13. Grigor'ev, V. V. Simultaneous measurement of surface temperature and velocity of individual particles driven by a gas detonation," Fiz. Goreniya Vzryva, 26, No.

- 1, 115-120 (1990).
14. Гавриленко, Т. П., Николаев, Ю. А., & Ульяницкий, В. Ю. (2010). Использование пересжатой детонации для нанесения покрытий. *Физика горения и взрыва*, 46(3), 125-133.
 15. Харламов, Ю. А. "Развитие детонационно-газовых технологий." *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля* 7 (2017): 114-132.
 16. Welker, R. W., & Mitchell, M. A. (2015). *Cleaning and Cleanliness Measurement of Additive Manufactured Parts*.
 17. Mitchell, M. A., Raley, R. E., & Edwards, K. (2016). *Cleaning and Cleanliness Measurement of Additive Manufactured Parts*.
 18. Edwards, K., Fox, E., Mitchell, M., & Boothe, R. (2017). *Cleaning and Cleanliness Measurement of Additive Manufactured Parts*.
 19. Shypul O. Modern methods of finishing edges and cleaning surfaces of metal parts // IESB 2018. 21 November 2018. : 10th International Engineering Symposium at Bánki : Abstract Book / Óbuda University. Budapest, 2018. P. 71. ISBN 978-963-449-111-8.
 20. Жданов, А.А. Термоимпульсные технологии очистки поверхностей деталей агрегатов авиационных двигателей [Текст]: дис...канд.тех.наук: 05.07.04: защищена 25.12.2003; утв. 15.02.2003/ Жданов Александр Андреевич. – Х., 2003. – 182 с.
 21. Parade, C. C. (2019, August). State of the Art in Surface Finish of Metal Additive Manufactured Parts. In *Advances in Manufacturing Technology XXXIII: Proceedings of the 17th International Conference on Manufacturing Research, incorporating the 34th National Conference on Manufacturing Research, 10-12 September 2019, Queen's University, Belfast (Vol. 9, p. 221)*. IOS Press.
 22. Davis, Joseph R., ed. *Handbook of thermal spray technology*. ASM international, 2004.
 23. Tani K. Thermal spray technology trends for patent applications in Japan / Tani K, Namba Y, Nakharia A.// *Proceedings from the International Thermal Spray Conference*. Beijing, China, May, 2007.
 24. Singh, Lakhwinder, Vikas Chawla, and J. S. Grewal. "A review on detonation gun sprayed coatings." *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering* 11.03 (2012): 243.
 25. Sundararajan, G., et al. "Detonation spray coatings." *Encyclopedia of Tribology* (2013): 736-742.
 26. Lee, Seong-Young, et al. "Deflagration to detonation transition processes by turbulence-generating obstacles in pulse detonation engines." *Journal of Propulsion and Power* 20.6 (2004): 1026-1036.
 27. Chambers, Jessica, and Kareem Ahmed. "Turbulence Induced Deflagration-to-Detonation Transition." *53rd AIAA/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference*. 2017.
 28. Peng, Han, et al. "Effects of jet in crossflow on flame acceleration and deflagration to detonation transition in methane–oxygen mixture." *Combustion and Flame* 198

- (2018): 69-80.
29. Mathews P. A. Patent trends of detonation spray coating technology / P. A. Mathews, S. Bhardwaj, P. Gadhe , S.a R. Dameracharla// Recent Patents on Mechanical Engineering. - 2016, №9, P. 1.11.
 30. Ulianitsky, V., et al. "Computer-controlled detonation spraying: from process fundamentals toward advanced applications." *Journal of Thermal Spray Technology* 20.4 (2011): 791-801.
 31. Pulsed compressive detonation device/ К. В. Корытченко, Ю. И. Кистерный, А. В. Сакун, Ц. А. Сендеровский. Патентная заявка WO 2019/045669 А 1. Оpubл. 7 марта 2019 г.
 32. Nettleton, Michael A. *Gaseous detonations: their nature, effects and control.* Springer Science & Business Media, 2012.
 33. R.Driscoll, Master of Science in the School of Aerospace Systems of the College of Engineering and Applied Sciences (2013).
 34. Сухов, В. В. "Опыт создания газозрывных систем с многоточечным инициированием детонации метано-кислородной смеси." *Авиационно-космическая техника и технология* 11 (2007): 182-185.
 35. Пихтовников, Р. В. Штамповка-вытяжка и обтяжка взрывом. Теоретическое и экспериментальное исследование. – Дис. ... д-ра техн. наук . – М.: Ин-т металлургии Акад. наук СССР, 1952. – 285 с.
 36. Черепенников, Б.А. Исследование процесса листовой штамповки энергией детонационного взрыва газовой смеси. – Дис...канд. техн. наук: – Х.: ХПИ, 1962. – 254 с.
 37. Каримов, Э.Х. Исследование газоимпульсного процесса при горении метано-кислородной смеси. . – Дис...канд. техн. наук. – Саратов: СПИ, 1973. – 180 с.
 38. Detonation forming method and device for the implementation thereof/ С. М. Фролов, Ф. С. Фролов, В. А. Сметанник. Патентная заявка 2016/060582 А 1. Оpubл. 16 октября 2014 г.

ДОДАТОК А
ГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ ДО КОНСТРУКТОРСЬКОГО РОЗДІЛУ

ДОДАТОК Б
ГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ ДО ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗДІЛУ

ДОДАТОК В
ГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ ДО ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗДІЛУ