

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-фізичний

(повне найменування інституту, назва факультету)

Фізико-матеріалознавство

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

Магістр.

(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему Розробка технології виготовлення
деталей літаючих апаратів з композитних
каміозитних матеріалів.

Виконав: студент 6 курсу, групи ІР-213М
спеціальності (напряму підготовки)

132 Матеріалознавство

(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Масловий В.В. [підпис]

(прізвище та ініціали)

Керівник Ткач Р.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Івахненко Є.І.

(прізвище та ініціали)

м.Запоріжжя

2018 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет Технічно-фізичний
 Кафедра Фізичного матеріалознавства
 Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) Магістр.
 Спеціальність 132 Матеріалознавство
 (код і назва)
 Напрямок підготовки Прикладне матеріалознавство
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ФМ

[Підпис]

Клишова О.В.

"14"

12

2018 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Мкалової Валерії Валеріївни.

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка технології виготовлення
двигоней лінійного опора з карбонових
карбонових матеріалів.

керівник проекту (роботи) Ткач Дар'я Валодимирівна,
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "18" 12 2018 року № 264

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Технологічна карта, ескіз виробу,
мікроскопічний виріб, фізико-механічні властивості.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітичний опис. 2. Матеріал та метод дослідження. 3. Розробка технології виготовлення двигоней лінійного опора з карбонових матеріалів. 4. Дослідження властивостей карбонових матеріалів. 5. Економічний розрахунок. 6. Оцінка ризиків безпечності у надзвичайних ситуаціях.

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

1. Використання карбонових композиційних матеріалів
в конструкції двигоней лінійного опора. 2. Зниження маси двигоней
лінійного опора при використанні відеоскопа ВІКМ. 3. Вибір оптимального
двигоней лінійного опора. 4. Розрахунок карбонових матеріалів. 5. Дослідження
впливу вологості на структуру матеріалу. 6. Дослідження
термостійкості карбонових матеріалів.

7. Дата видачі завдання 15.09.2018

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Студент

Влас Іванович В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис) Ткач. Ф. В.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ:112с., 18 рис., 31 табл., 31 джерел.

Мета роботи – дослідити технологію виготовлення деталей літальних апаратів з полімерних композиційних матеріалів, а також актуальність використання та впровадження композиційних матеріалів в авіабудуванні та в автобудуванні й інших.

В дипломній роботі було досліджено фізико-механічні властивості композиційні матеріалів та порівняння їхні властивостей з властивостями дюралюмінієвих сплавів. Розглянуто технологічну карту виготовлення кришки капоту для гвинтокрила МІ-2. Розглянуто типовому режимі полімеризації. Проведено розрахунки штучного часу, розкрою тканини та визначено кількості компонентів в сполучнику СП-97К-5-211БН. Окрім того розглянуто вплив кліматичних умов на властивості композиційних матеріалів та розглянуті властивостей горючості та димоутворення склопластиків. Продемонстрована технологія виготовлення препрегу зокрема технологія ручної викладки та сам процес автоклавного формування.

ЛІТАЛЬНІ АПАРАТИ, ДЮРАЛЮМІНІЙ ПОЛІМЕРНІ
КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ, ВОЛОГОПОГЛИНАННЯ, АВТОКЛАВ,
КАПОТ, СКЛОПЛАСТИК, СКЛОВОЛОКНО, ФОРМУВАННЯ

ЗМІСТ

Реферат.....	4
Вступ.....	7
1 Аналітичний огляд.....	9
1.1 Перспективи використання композиційних матеріалів при виготовленні планерів літальних апаратів.....	9
1.2 Технологічні процеси в виготовленні та формування властивостей деталі.....	16
1.3 Контактне формування.....	19
1.4 Вакуумне-автоклавне формування.....	21
1.5 Вплив матеріалів на властивості виробів. Вибір матеріалу та обґрунтування.....	26
2 Матеріал та методи дослідження.....	38
2.1 Матеріал дослідження.....	38
2.2 Дослідження термостійкості.....	39
2.3 Випробування на розрив стільникових з'єднання.....	39
2.4 Метод випробування на розтяг склопласту.....	43
2.5 Дослідження впливу кліматичних умов.....	44
3 Розробка технології виготовлення деталі кришки капоту.....	45
3.1 Технологічна оснастка для виготовлення кришки капоту.....	45
3.2 Підготовчі процеси для виготовлення виробу.....	46
3.3 Технологія виготовлення сполучника та припрегу.....	48
3.4 Контроль якості виготовлення кришки капоту.....	72
4 Дослідження властивостей полімерних композиційних матеріалів.....	74
4.1 Дослідження термостійкості.....	74
4.2 Механічні властивості.....	75
4.3 Дослідження вогнестійкості та димоутворення.....	75

4.4	Дослідження впливу кліматичних умов.....	77
5	Економічний розділ.....	82
5.1	Характеристика ринку композиційних матеріалів.....	82
5.2	Обґрунтування наукових досліджень.....	84
6	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	92
6.1	Аналіз потенційних небезпек.....	92
6.2	Заходи по забезпеченню техніки безпеки.....	93
6.3	Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.....	99
6.4	Заходи з пожежної безпеки.....	101
6.5	Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	105
	Висновки.....	107
	Список використаних джерел.....	109

ВСТУП

Завдання створення якісних, надійних і економічних конструкцій в машинобудуванні вирішується декількома шляхами, один з яких - це застосування конструкційних матеріалів з підвищеними фізико-механічними, технологічними і експлуатаційними властивостями.

Сучасні галузі машинобудування гостро потребують матеріалів, що володіють високими міцністю, жароміцністю, опором поширення тріщин, малою щільністю, регульованими в широкому діапазоні тепло- і електропровідністю, спеціальними магнітними оптичними і пружними властивостями.

Традиційні конструкційні матеріали (переважно метали) не в повній мірі відповідають висунутим вимогам. Широкі можливості для поліпшення існуючих і розробки нових конструкцій відкривають композиційні матеріали (КМ).

В даний час сучасні КМ (вуглепластики, боропластики і органопластики) знаходять велике застосування в конструкції літальних апаратів. Особливо широке застосування нові матеріали знаходять при виготовленні средненагружених конструкцій, хоча є і достатня кількість прикладів виготовлення з них високонантажених конструкцій, таких як крило, стабілізатор, киль, шасі та ін.

До основних переваг композитних матеріалів слід віднести наступні: малу щільність, високі характеристики статичної та втомної прочностей, жорсткості, малий коефіцієнт температурного розширення, опірність корозії і т.п.

За рахунок застосування більш легких, в порівнянні з алюмінієм матеріалів, зменшення конструктивних і технологічних роз'ємів, заміни механічного кріплення на клейові з'єднання вдається знизити масу

конструкції на 20-30%. При цьому найбільший вигрaш досягається при виготовленні з КМ елементів конструкції фюзеляжу.

Крім того, за рахунок застосування сучасних засобів механізації при виготовленні напівфабрикатів КМ, їх розкрою і викладки, вдається одночасно знизити і трудомісткість виготовлення конструкцій з алюмінієвих сплавів на 30-40%.

За питомою, міцності і характеристик жорсткості принципово нові КМ на основі полімерів, армованих високоміцними вуглецевими, борними, органічними і скляними волокнами в 2 - 3 рази перевершують традиційні метали і сплави.

Застосування КМ дозволяє створювати конструкції з наперед заданими характеристиками і дає можливість значно підвищити їх вагову ефективність і знизити металоємність. Для авіаційної техніки це забезпечує зниження маси конструкції на 25-50%, різке скорочення кількості деталей і нормалей, зниження трудомісткості більш ніж на 30%, підвищення в 2 рази коефіцієнта використання матеріалу, трикратну економію металів і енергоресурсів на кожен кілограм застосованого КМ, підвищення експлуатаційної надійності, живучості, корозіційної стійкості і аеродинамічної якості, зниження собівартості перевезень.

У даній роботі описаний технологічний процес виготовлення кришки капоту гвинтокрила Мі-2 методом викладки. Кришка капоту є складальною одиницею внутрішнього оздоблення гвинтокрила. Складається з внутрішньої обшивки, блискавки відбійника, вогнезахисним шаром та стільникового заповнювача.

Буде розраховано кількість АМ, зв'язуючих і його компонентів. У технологічному процесі (ТП) розкрою штучний час операції формоутворення для даної кришки капоту, об'ємний вміст армуючого матеріалу. У роботі будуть описані основні і допоміжні технологічні процеси, складена технологічна карта, графік полімеризації в автоклаві.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Перспективи використання композиційних матеріалів при виготовленні планерів літальних апаратів

Для забезпечення безпеки польотів конструкція літальних апаратів повинна бути досить міцною в експлуатації протягом всього терміну їх служби. Під міцністю конструкції розуміють її здатність сприймати без руйнування навантаження, що діють в процесі експлуатації. Жорсткість конструкції характеризується здатністю її деформуватися під дією зовнішніх навантажень.

В авіаційній техніці через особливості експлуатації пред'являються високі вимоги до матеріалів. Матеріали, що застосовуються для конструювання літальних апаратів, повинні забезпечувати необхідну міцність і жорсткість конструкції, повинні мати атмосферостійкість. При цьому матеріал повинен передбачати можливість виготовлення виробу складної форми і по можливості без додаткових кріпильних елементів, що збільшують масу літаку.

Композиційні матеріали, завдяки своїм якостям (висока питома міцність, можливість управління структурою і формоутворенням виробів практично будь-якої геометрії, легкість в комбінуванні з різними матеріалами), знайшли широке застосування в літакобудуванні.

Розвиток літакобудування пов'язано з безперервною боротьбою за зниження ваги конструкції. Зниження ваги конструкції можна домогтися раціональним вибором матеріалів і силових схем, застосуванням раціональних технологічних процесів, а також за рахунок уточнення навантажень, що діють на конструкцію. Тому з початку 50-х років ХХ століття основними типами волокнисті полімерні композиційні матеріали (ВПКМ) були високоміцні, але низькомодульні (в порівнянні з Al і Ti) конструкційні і діелектричні склопластики, які використовуються у

виробництві антенних обтічників, що зберігають до сих пір найбільш високі показники міцності серед інших ВПКМ. ВПКМ на основі скляних і кварцових волокон є основними матеріалами радіо-прозорих конструкцій, які використовуються в різних галузях техніки. Питома міцність склотекстоліта ($\sigma + \sim 4000$ МПа; $\rho 1,9$ г / см³) На 20% вище питомої 510 ВПКМ в техніці міцності алюмінію ($\sigma + = 4690$ МПа; $\rho = 2,8$ г / см³), Що дає при рівній міцності конструкції економію маси в 4,3%. Полегшення маси літака на 0,453 кг дає економію пального за час експлуатації до 1800 л. Зниження маси літака на 1% дає економію палива (при 3000 год. експлуатації в рік) 600 т (на один літак за 20 років). Значний економічний ефект досягається при зниженні маси конструкції ЛА на 5%. Використання ВПКМ в високонавантажених конструкціях зажадало розробки матеріалів з більш високим модулем пружності з зберіганням високої міцності.

Тому в виготовленні літаку в середньому 30% маси доводиться на планер, 20% - на двигуні обладнання, 30-35% - на паливо, 15-20% - на корисне навантаження. високі конструкційні властивості ВПКМ дозволяють виготовляти з них крила і фюзеляж(Сприймає загальний вигин, зосереджені перерізує і осьові навантаження, крутний момент від крил, оперення, шасі), що істотно знижує масу і збільшує ефективність експлуатації літальних апаратів. Використання ВПКМ в конструкції планера, фюзеляжу можливо тільки для високоміцних ВПКМ через великі потоків дотичних напружень і великих зосереджених сил від крила, оперення, шасі. При $\sigma + = 1$ ГПа в конструкціях ЛА може бути використана користуватися до 20% ВПКМ, при $\sigma + = 2$ ГПа - до 40% ВПКМ. Близько 40% конструкцій військових літаків в цьому випадку може бути виконано з вуглепластиків з зниженням маси в 12-15%. Планер - основна конструкція літака, що дозволяє підвищити корисне навантаження при використанні ВПКМ. Економія маси ЛА при використанні ВПКМ для конструкцій фюзеляжу літака становить 12-28%, крила - 15-20%, хвостового оперення - 15-39%, планера вертольота - 20-22%. Ще більший ефект досягається при використанні ВПКМ з високими упругопрочностних

властивостями при зміні конструкції. При виготовленні конструкції крил намоткою зниження маси може досягти 30%, фюзеляжу - 25%. Зниження кількості деталей планера досягає 50%.

Вибираючи матеріали для силових елементів конструкції, враховують його механічні та теплофізичні характеристики, питома вага, корозійну стійкість, вартість і дефіцитність сировини, а також можливість обробки матеріалу сучасними виробничими процесами. Вибір матеріалу залежить також від розміру і форми конструктивного елементу і умов, в яких він працює під навантаженням. Ці умови характеризуються наступним:

- величиною, напрямком і тривалістю дії навантаження;
- максимальною температурою;
- видом навантаження (постійна, плавно змінюється, ударна, циклічна);
- наявністю концентрації напруги і ін.

Підвищена по відношенню до традиційних металевих конструкційних матеріалів питома міцність і жорсткість композиційних матеріалів визначається властивостями зміцнюючого волокна - наповнювача. Спільну роботу волокон забезпечує матриця - сполучна. У назві багатьох композиційних матеріалів закладені типи наповнювачів і сполучних: вуглепластики, склопластики, органопластики та інші матеріали. Перше слово характеризує тип наповнювачів: вуглецеві, скляні, а також інші волокна і тканини, а друге - типи сполучного: пластики на основі різних смол або спеціальних клеїв. [1]

Тому нижче проведемо порівняльну характеристику по собівартості й зниженні маси літака (табл. 1.1) в залежності використання полімерних композиційних матеріалів, й як це все впливає на властивості. Вартість виготовлення нервюри крила з термопластичного ВПКМ на 30% нижче вартості виготовлення з стандартного Al сплаву (6-20 окремих деталей, з'єднуються 500 кріпильними елементами). Нервюру з ТПКМ формують за одну операцію без застосування кріплення.

Таблиця 1.1 - Зниження маси (% мас.) Агрегатів літака при використанні в їх конструкціях ВПКМ

Агрегати	При збереженні розмірів конструкції	При зміні конструкції й використанні ВПКМ з $\sigma^+ = 2 \text{ ГПа}$	При зміні конструкції й використанні ВПКМ з $\sigma^+ > 2 \text{ ГПа}$
Крило	20-26	35-60	70
Горизонтальне й вертикальне оперення	30-35	40-80	85
Фюзеляж	20-25	26-40	60
Повітрозабірник	30-36	36-60	75

Оцінка зниження вартості при застосуванні ВПКМ зроблена на основі аналізу вартості випуску горизонтальних стабілізаторів літака В-1, який виготовлюють й по нині, при зниженні проектної вартості на 17,5% (рис. 1.1) і зниження загальної маси на 15%. Загальний вигащ за рахунок вартості і зниження маси при заміні матеріалів рухливих елементів з металу на ВПКМ (матеріали і технології виготовлення елерона літака L-1011 з ВПКМ) становить 22%. [2]

Ну й відповідно нижче проведено паралель між виготовлення деталей з використанням металів й використанням композиційних матеріалів, й відповідно як все це вплинуло на загальну вагу виготовленого літаку на прикладів військового надзвукового літаку В-1 в таблиці 1.2.

А – металеві конструкції; Б - конструкції на основі ВПКМ; 1-загальні елементи конструкції (12 деталей); 2 - допоміжні елементи - кріпильні деталі (А - 26,8 тис. Шт .; Б - 14,3 тис. Шт.); 3 – несучі конструкції (А - 270 елементів; Б - 108 елементів); 4 - облицювання (А, Б - по чотири елементи)

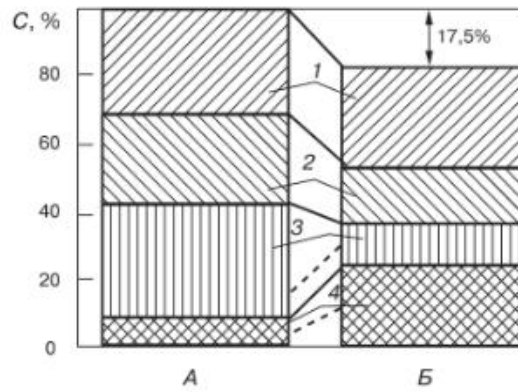


Рисунок 1.1 - Порівняння відносної вартості C , екологічних та масових показників при заміні металевих деталей в горизонтальних стабілізаторах літака В-1

Таблиця 1.2 – Порівняння маси літаків.

Елементи конструкції	Маса деталей, кг	
	З металу	З ВПКМ
Облицювання, включаючи захисні покриття і кріпильні деталі	766,2	575,5
Передні і задні стінгери	87,2	59,8
Проміжні стінгери	110,9	98,6
Нервюри	69,5	56,5
Прокладки і фітинги	-	21,1
Корпус фюзеляжу	1033,8	811,5
Передні і задні обводи стабілізатора	118,6	118,6
Ущільнення	21	7,0
Оздоблення	18,3	18,3
Опори обертових детал.	170,7	179,3
Загальна маса	1505,1	1277

Продовження таблиці 1.2

Розрахункова маса	-	1296,6
Виграш по масі в порівнянні з металевими конструкціями	-	227,5(15%)

Головною особливістю створення конструкції з композитних матеріалів, на відміну від традиційного використання металів, є те, що процес проектування виробу починається зі створення самого матеріалу. При цьому властивості матеріалу формуються в процесі виробництва конкретної конструкції.

Таким чином, конструювання матеріалу, проектування самої конструкції і розробка технологічного процесу виготовлення - це єдиний взаємопов'язаний процес, в якому кожна зі складових доповнює і визначає інші. Мінімальна маса конструкції планера є одним з основних критеріїв, що визначають досконалість конструкції літака.

Його реалізація залежить від правильності вибору матеріалів, конструкції агрегатів з композиційних матеріалів та їх параметрів. При зниженні маси конструкції за рахунок застосування композиційних матеріалів підвищується економічна ефективність літака.

Використання в силовій частині конструкції планера пасажирського літака полімерних композиційних матеріалів дозволяє не тільки знизити масу планера, а й підвищити його аеродинамічний досконалість. Зростання аеродинамічного якості і крейсерського числа Маха забезпечується за рахунок оптимальних значень проектних параметрів крила, тобто подовження, стрілоподібності і відносної товщини його профілю, що недосяжно для металевої конструкції.

Частка використання композиційних матеріалів в конструкції сучасних магістральних літаків досягає 50%. Наприклад, на літаках Boeing 787

Dreamliner і Airbus A350 композиційні матеріали використовуються в конструкції крила, центроплана, фюзеляжу і хвостового оперення. Обсяг використання вуглепластиків в конструкціях Airbus в період з 1972 по 2008 зріс з 5 до 30% (1972 р, А-300, 5%; 1982 р. А-310/200, 6%; 1987 р А-320, 10%; 1991 р А-340-300, 10%; 2001 року, А-340-600, 12%; 2005 р А-380, 22%; 2008 г., А400М, 30%). У широкофюзеляжних В-777 маса ВПКМ становить 12%. Майже половина маси конструкції В-787 Dreamliner (крила, хвостові оперення) виготовлена з вуглепластиків. Використання ВПКМ в конструкції фюзеляжу є найбільш актуальним напрямком, який забезпечує істотне зниження маси літака і витрати палива. З огляду на досвід експлуатації деталей з ПКМ фірми переходять до використання ВПКМ в конструкції фюзеляжу. Перші літаки з фюзеляжами з ВПКМ - реактивні літаки бізнес - класу Raytheon Premier 1 і Hawker 4000 (Horizon). Корпуси екранопланів Bavar-2 («Впевненість») виготовлені з ВПКМ (Іран).[3]

У конструкції російських літаків також широко використовуються композиційні матеріали. Частка використання композитних матеріалів на новому російському літаку МС-21, що розробляється корпорацією «Іркут», становитиме ~ 35-37%.

На літаку нового покоління Sukhoi Superjet 100 з композиційних матеріалів виконані агрегати механізації крила, кермові поверхні, ступки шасі і обтічники. Компанією ЗАТ «Цивільні літаки Сухого» ведеться робота по збільшенню частки використання композиційних матеріалів в конструкції планера літака, в тому числі в конструкції крила і центроплана. Очікується, що широке застосування композиційних матеріалів сприятиме:

- зниження ваги планера літака до 15%;
- підвищення паливної ефективності;
- підвищення ресурсу;
- зменшення експлуатаційних витрат до 10% і витрат на технічне обслуговування до 30% (так як потрібна менша кількість оглядів конструкції)

за рахунок більшої корозійної стійкості і більшого ресурсу композиційних матеріалів в порівнянні з металами;

- зменшення кількості деталей в конструкції і, відповідно, зниження трудомісткості і вартості збірки.

"КАПО-композит" вироблятиме для SSJ-100 агрегати механізації крила закрилків, елерон, інтерцептори, повітряні гальма, кермо висоти і напрямку, а також елементи планера з композиційних матеріалів. Для МС-21 - механізацію крила - закрилків, елерон, інтерцептори, повітряні гальма, панелі хвостовій частині крила.

Й відповідно вартість ремонту (склеювання, використання твердіючих і не твердіючих клейових препрегів, затвердіванням при температурах не вище 50 ° С з використанням ручних нагрівачів) становить не більше 10% вартості ремонту еквівалентної металевої конструкції, пошкодженої аналогічно, а вартість експлуатації і технічного обслуговування літака з фюзеляжем з ВПКМ (для В787) на 30% менше, ніж для аналога без використання ВПКМ. фюзеляж літака з вуглепластиків на 30% дешевше і на 40% легше фюзеляжу з алюмінію.[4]

1.2 Технологічні процеси в виготовленні та формування властивостей деталі

В даний час відомо багато відомих технологічних процесів переробітки композиційних матеріалів в вироби різних розмірів, конфігурацій й цільового призначення. Основні технологічні процеси з КМ, а також які рекомендуються види армуючи наповнювачів й зв'язуючих для тих або інших процесів наведенні в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Основні технологічні процеси формування виробів з КМ

Технологічний процес	Рекомендовані компоненти КМ	
	Тип армуючих наповнювачів	Тип зв'язуючого
Контактне формування:		
Ручна викладка	Короткі волокна, смуги, тканини	Поліефірні, епоксидні, фенольні, фуранові, термопластичні
Напилення	Мати	
Автоматизована викладка	Стрічки	
Формування з пластичною діафрагмою:		
Вакуумне	Тканини, мати, стрічки	Епоксидні, поліефірні, поліамідні, фенольні, полісульфон
Вакуумне-автоклавне		
Вакуумне-прес-камерне		
Формоутворення тиском:		
Просочення під тиском	Тканини, мати, стрічки, короткі волокна	Поліефірні, епоксидні, фенольні, поліамідні
Просочення під вакуумом		
Пресування в формах:		

Продовження таблиці 1.3

Пряме	Тканина, стрічки, мати	Поліефірні, Епоксидні, фенольні, силіконові,
Литтям	Короткі волокна	термопластичні
Термокомпресорне	Тканина, стрічки, мати	Епоксидні, поліефірні, фенольні, поліамідні,
Намотка:		
«мокра»	Нитки, стрічки, джгути, тканини, плівки	Термореактивні, термопластич.
«суха»	Препреги-нитки, стрічки, джгути тканини	
Пултрузія	Нитки, джгути, тканини, стрічки	

Кожен технологічний процес має свою особливість, переваги й відповідно недоліки. Крім того кожний процес обумовлений певними технологічними обмеження в формоутворенні виробів, а саме параметрами процесу(тиском, температурою, швидкістю формування й інше), геометрією, формами ступеню автоматизації й реалізацією вихідної міцності компонентів й інше. Всі ці можливості закладені в самому методі формоутворення, а з іншої сторони, обмежений параметрами технологічного обладнання.

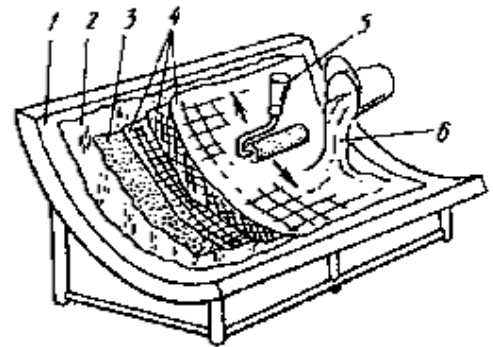
Нижче розглянемо кожен технологічний процес поетапно, й як від цього залежать властивості виготовлення самої деталі.[5]

1.3 Контактне формування

Нижче наведення ручної викладки на рис. 1.2 1-форма, 2-роздільна плівка, 3-зовнішній смоляний шар, 4-скловолокно, 5-ручний валик, 6-смола в суміші з каталізатором



а)



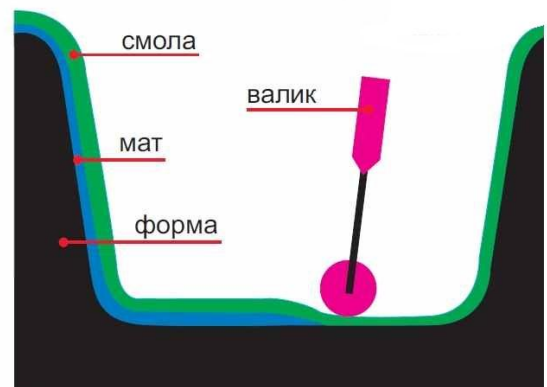
б)

Рисунок 1.2 - Ручна викладка(а,б)

а –процес викладки; б-типология викладки;



а



б

Рисунок 1.3 - Технологія наплення

а) процес наплення б) типологічне наплення

Сам процес полягає в пошаровому викладанні заготовки з волокнистого наповнювача на оснастку вручну (рис.1.2), напиленням (рис.1.3) або за допомогою спеціальних викладочних центрів. Просочування заготовки можливо здійснювати як на формі, так й на заздалегідь послідовним видаленням бульбашок повітря з між шарового простору. Цей процес можна виготовляти практично любых розмірів, але тільки дуже простої й мало відповідальної конфігурації виробу, так як це спосіб в собі не вмістить дуже великих фізико-механічних властивостей. В США цей метод ще називають «метод відра та щітки». Але слід розглянути більш детально сам процес ручної викладки, та особливості її відмінної від процесу напилення та автоматичної викладки. [6]

Процес ручної викладки полягає спочатку в виборі форми, вона може бути як позитивною так й негативною в залежності від вимог до гладкості внутрішніх або зовнішніх поверхнею деталей. Характерною особливістю даного методу являється отримання більш точних розмірів й гладкості тільки тієї поверхні виробу, яка прилягає до форми в процесі виготовлення. Сам процес починається з виготовлення форми яка має високі параметри жорсткості для того щоб забезпечувати необхідність геометрії виробу в процесі виготовлення. Основною умовою при виготовленні форми полягає в наступному, що матеріал не має піддаватися хімічній дії й не мав шкідливого впливу на швидкість затвердіння, це є найважливішим параметром.

Для виготовлення форми використовуються як правило дерево, фанеру, гіпс бетон, метали. Кольорові метали використовуються тільки в облуженому або хромованому стані, так як можуть мати шкідливий вплив на затвердіння. Відповідно й не слід забувати що перед виконанням слід також ретельно підсушити моделі, здебільш це стосується гіпсу та бетону, а ось дерево й фанеру слід перед використання ретельно обробляти парафіном, воском, ґрунтовкою, змазкою й таке інше, так як це матеріали пористі й в загалом вони здатні до скупчення вологи в порах й відповідно в подальшому

шкідливому впливу на затверджування. Після всіх пророблених вище операцій, йде нанесення антиадгезійного покриття, що забезпечує легкість відєднання заготовки від форми, після нанесення вже починаємо саму викладку армуючих матеріалів та відповідно їх просочування. Всі армуючі матеріали є матами або рубленими скло пряжі, тканини або ровінги – поступають на завод в виді великих рулонів різної ширини, й в залежності від запланованого виробу вирізають потрібні розміри спеціальними ножицями й відповідно вже змішують заздалегідь відміряну кількість смоли та каталізатора. Композицію наносити як поза форою так й в середині неї, й відповідно з подальшим видаленням повітря.[7]

Напилення являє собою фактично механізований варіант формування ручною викладкою, до нього повністю можна віднести всі рекомендації, що стосуються до підготовки форми. Схема напилення показана на рисунку 2. Подрібленні волокна й смоли одночасно подаються на форму, ровінг волокна проходять через рублячий устрій й вдувається потім потоком в смолу, після чого відбувається змішування. Після чого нанесення на форму суміші смоли з волокнами утворюючи шар прокатується вручну для видалення повітря, ущільнення волокон й отримання гладкої поверхні. Але цей спосіб вимагає більш жорсткі вимоги по охороні праці й безпечності труда на виробництві.

1.4 Вакуумне-автоклавне формування

Для багатьох КМ велике значення має тиск і температура полімеризації. При автоклавном формуванні тиск пресування складає від 0,5 до 2,5 МПа. При такому високому тиску виходять високоміцні вироби. Форма для автоклавного формування аналогічна формі, використовуваної при вакуумному формуванні. При цьому нерідко застосовується і система вакуумування. Тому цей спосіб називають ще вакуумно-автоклавним. Автоклав - це судина високого тиску, забезпечений системами підтримування температури і тиску, а також механізмами для установки

оснащення. В сучасних автоклавах забезпечується температура до 250 ... 300°C. Вакуумно-автоклавного формування застосовується для виготовлення плоских деталей простої та складної форм з склопластиків, углепластиків, органопластиків і інших КМ. Отримані таким чином деталі, агрегати і вироби відрізняються високою якістю і стабільністю властивостей. Для забезпечення високої якості обох поверхонь використовуються гнучкі цулаги, що розміщуються з боку вакуумного мішка. Дренажні та поглинаючі шари служать для рівномірного видалення летких речовин при полімеризації (залишків розчинників, розріджувачів, побічних продуктів реакції і т.п.). Різні схеми вакуумного і вакуумно-автоклавного формування Представлені на рис.1.4 і 1.5. В якості робочого середовища в автоклаві може вживатися вода, масло, повітря або пар.[8]

1 - автоклав; 2 – вакуумний мішок; 3 – формуючий виріб; 4 - форма; 5 – плита; 6 – притискуючий пристрій; 7 – візок; 8- притискач для герметизації вакуумного мішку.

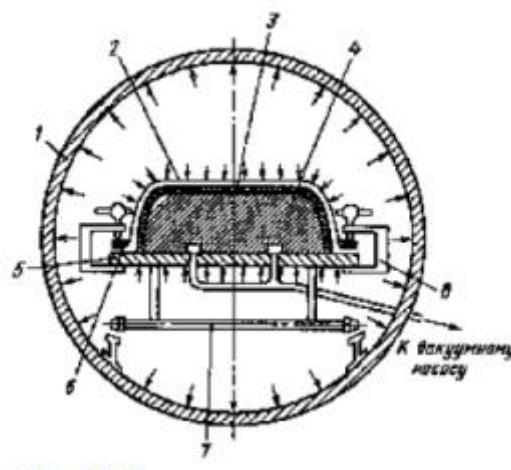


Рисунок 1.4 - Схема вакуумно-автоклавного формування деталей з
ПКМ

1 – формуюча оснастка; 2 – формуючий виріб; 3- обмежувача бобишка; 4- герметизуючий джгут; 5 – розділова дренажна плівка; 6 – вакуумний мішок; 7- цулага з дренажними отворами; 8- дренажний шар; 9- компенсуючий складка; 10- клапан вакуумної системи.

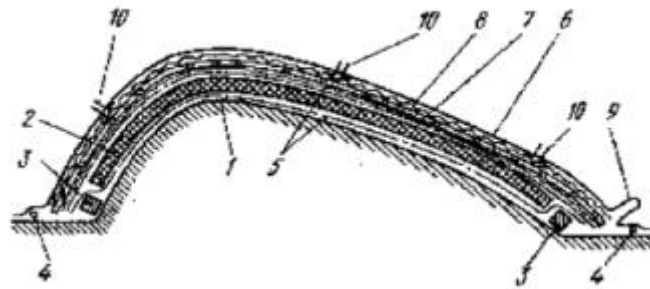


Рисунок 1.5 - Схема вакуумного формування деталей з ПКМ

Процес автоклавного формування (Рис. 1.4) здійснюється під дією тиску стислих газів або рідин на виріб, що формується, що забезпечує високий рівень фізико механічних властивостей і низьку пористість отриманих пластиків. Однак цей процес володіє низькою енергоємністю; обладнання для формування (автоклав) має високу вартість; необхідне застосування дорогої оснастки і технологічних матеріалів, які повинні бути працездатні при температурах до 180°C і тиску до 0,7 МПа. У зв'язку з цим все більш поширеним способом виготовлення малонавантажених виробів з ПКМ стає вакуумне формування. Отримувати таким чином вироби, на увазі додатки меншого зовнішнього тиску формування, програють за експлуатаційними характеристиками пластиків, одержуваних автоклавним методом.[9]

В залежності від виду виготовлення деталей з композиційних матеріалів було визначено й складено залежність властивості від надання на виріб тиску вказано в таблиці 1.4 та відповідно залежність механічних властивостей від попередньої обробки (табл. 1.5)

Таблиця 1.4 - Основні властивості склотекстоліт, виготовлений при різних тиском.

Тиск формування МПа (кГс/см ²)	Межа міцності при розтягу, МПа		Модуль пружності при розтягі ГПа	Вологопоглинання за 24 год., % мас	Щільність кг/м ³
	При 20°C	При 300°C			
0,08(0,8)	207	180	15,7	2,3	1240
0,3(3)	282	228	16,5	1,8	1520
1,0(10)	310	-	18,0	1,7	1650
5,5(50)	340	242	18,5	1,6	1730

Таблиця 1.5 - Залежність механічних властивостей скло армованого полопропілену від способів попередньої обробітки волокон.

Властивості склонаповнюючого полипропілена	Обробка скляних волокон		
	Відпал змащувача	Відпал змащувача й апретування	
		Стеаринова кислота	Алкилсиланом
Руйнуючі навантаження МПа:			
При розтягу	35,6	86,9	56,8
При згинанні	54	112,8	87,9
Модуль пружності при згинанні, МПа	4300	4700	3600
Ударна в'язкість при згинанні, кДж/м ²	16,3	34,5	31,3

Те саме з надрізом	6,2	9,8	10,0
--------------------	-----	-----	------

Всі наведені дані - результат суб'єктивних технологічних відхилень від розрахунково заданих показників властивостей АП. Їх можна усунути відпрацюванням технологічного процесу переробки АП та організацією контролю якості об'єкта виробництва на кожному робочому місці, використовуючи при цьому експеримент фундаментальні дослідження впливу різних чинників на властивості АП, наприклад, методу і тиску формування, залишкових напружень, кутовий похибки при укладанні волокон й тд. [10]

Аналогичным образом могут быть учтены при проектировании АП и факторы эксплуатационного воздействия — влияние вакуума и влажности, климатического старения и температурных колебаний, изменения характера нагружения и др. Например вакуумування АП може в 1,8-2 рази збільшити міцність скловолокна, а вологість, навпаки, зменшити її в 1,5-1,8 рази.

Найбільш складно враховувати об'єктивні зміни властивостей АП. Зокрема, при переході від стандартних зразків для випробування властивостей до реальних машинобудівним виробам неминуче виникає проблема «масштабного фактора», тобто відхилення від очікуваних характеристик АП у зв'язку зі зміною його розмірів. Наскільки велике може бути така невідповідність, показує табл. 1.6, яка відображає типову картину змін міцності а й відносного подовження ϵ при розриві зразків АП з різним поперечним перерізом.

Таблиця 1.6 - Вплив масштабного фактора на деформаційно-міцності властивості АП на основі поліпропілену МПП 15-04 при випробуваннях по ГОСТу 11262-80 зі швидкістю розтягування 50 мм / хв при 20 ° С

Показник	Площа поперечного січення, мм ²			
	2,5	10	40	200
σ	40,2/5,1	25,9/2,9	17,7/0,9	11,9/2,9
ϵ	436,1/40	519,3/20,3	548,2/146,9	369,1/188,2

Як можна бачити, в великомасштабних зразках відбуваються різкі зміни механічних властивостей, а відносний розкид їх показників може зробити АП мало надійними. Складність прогнозування масштабного фактора полягає в тому, що він обумовлений комплексом фізико-хімічних явищ, що відбуваються при виготовленні виробів і формуванні АП. Типові серед них орієнтаційні ефекти в тонких шарах і ізотропія масивних зразків, випадкові пошкодження армуючих волокон і матриці, нерівномірність розподілу компонентів АП, недосконалість міжфазної взаємодії.[11]

1.5 Вплив матеріалів на властивості виробів. Вибір матеріалу та обґрунтування

З найбільш відомих матеріалів для виготовлення літальних апаратів на даний моменту були запропоновані дюралюмінієві сплави Д16,Д16АТ та високоміцний сплав В95. Всі ці марки є розповсюдженими та доступними для виготовлення як трубчатих деталей так й звичайних плоских й важко габаритних деталей для ЛА з порівняно великими показниками фізико-механічних властивостей.В таблиці 1.7 наведений хімічний склад кожного матеріалу й табл. 1.8 наведено фізико-механічного властивості матеріалу.

Таблиця 1.7 – Хімічний склад кожного матеріалу.

Сталь	C/Al,%	Si,%	Mn,%	Ti,%	Mg,%	Cr,%	Cu,%
Д16	90,8-94,7	До 0,5	0,3 - 0,9	до 0,1	1,2-1,8-	-	3,8-4,9
Д16АТ	90.9-94.7	До 0,5	0,3 - 0,9	до 0,15	До 0,035	до 0,1	3,8-4,9
В95	86.3-91.5	До 0,5	0,2-0,6	до-0,05	1,8-2,8	0,1-0,25	1,4-2

Таблиця 1.8 – Фізико-механічні властивості

Сплав	Д16	Д16АТ	В95
Густина г/см ³	2,8	2,77	2,85
Питома міцність (МПа * см ³ / Г)	98	95	214
Твердість по Брінеллю (НВ)	105	131	95
Межа міцності на розтяг (МПа)	345	325	310
Модуль пружності при розтягуванні (МПа)	74	23	69

Виходячи з двох попередніх таблиць можемо зробити висновок що при використанні звичайної дюралюмінієвого сплаву Д16 забезпечить нам порівняно високі характеристики в експлуатації в виготовленні ЛА належним чином, а саме циклічно використовувати при знакозмінних навантажень з

великими коефіцієнтами навантажень на відповідальні частини літаку. По собівартості виготовлення деталей з дюралюмінієвого сплаву Д16 буде на порядок нижче порівняно з іншими матеріалами, так як у виготовленні нічого трудомісткого не несе й не потребує використання більш дорогих устаткувань для обробки заготовки. Зокрема своєму хімічному складу значно спрощує зварювальні роботи по відновленню працездатності різноманітних деталей літальних апаратів, так як сталь відноситься до добре зварювальних й немає ніяких обмежень у використанні різновиду електродів. Окрім того дану марку сталі можливо піддавати хіміко-термічній обробці, що відповідно значно підвищить показники міцності та ресурсоспроможності даного виробу, але звісно підвищить собівартість.[12]

З не достатків по даному матеріалу є те що має великий показники густини сталі що значно впливає на вагу, планерів й інших деталей ЛА, тим самим зменшує питому міцність. До не достатків треба віднести те що даний карданний вал працює в агресивному середовищі тим самим конструкційна добре реагує до такого середовища тим утворюючи концентратори напружень в виді пітетних корозійних вкраплень, які в подальшу переростають в більші розміри й слугуватимуть причиною виходу з ладу ЛА.

Порівнюючи сплав Д16АТ, яка являє собою дюралюмін, або дюраль, має значно кращі показники ніж в порівнянні з звичайною конструкційною сталю, а саме в порівнянні з міцністю що дозволяє нам отримувати деталі з більшим показником довговічності для витримування циклічних й знакозмінних навантажень на саму деталь. Модуль пружності в декілька разів більший ніж інші матеріали які використовуються для виготовлення повітрянозабірників, планерів й здебільшого відповідальних частин літального апарату, ця характеристика дозволяє сказати, що деталь при таких показниках буде мати доволі великі показники ресурсоспроможності, що забезпечує довговічність деталі.

Сплав дюралюмінію В95 являється найбільш продуктивним в області виготовлення карданного валу, так як завдяки його густині ми отримуємо

порівняно малу масу планерів й інших деталей ЛА, що позитивно скажеться для сучасних літаків з більшою потужністю, й тим самим підвищуючи питому міцність. Тим самим ми отримаємо деталь з великим показником корозійної стійкості завдяки тому що за основу взятий алюміній, який відомий своїми антикорозійними властивостями.

Зокрема спосіб виготовлення порівняно з іншими матеріалами є більш трудомістким та по співвідношенню собівартості будуть значно перевищувати конструкційні матеріали. Також слід віднести що матеріал є складно зварюваний й потребує дорогого устаткування для проведення даної операції.

З запропонованих матеріалів, які являються найбільш розповсюдженими для використання їх у виготовленні деталей для ЛА. Конструкційні матеріали, є найбільш простими у виготовленні й відповідно найбільш дешевими по собівартості, але в той же момент не забезпечує показників питомої міцності що являє собою найважливішим критерієм для створення планерів на більш потужні літаки. Деталі з сплаву алюмінію добре забезпечують показники питомої міцності в декілька разів, але по собівартості в виготовленні і проведення ремонтних робіт на порядок вище чим конструкційні матеріали. Виходячи з цього при виборі з запропонованих вище матеріалів, слід враховувати принцип роботи, які навантаження будуть діяти й яка ціль вибору матеріалу, в даному випадку основною ціллю являється зменшення ваги карданного валу при цьому мінімізувати собівартість самої деталі. Тому з найпродуктивніших й найбільш прогресивних на даний момент являється деталі виготовленні з композиційних матеріалів.

Сьогодні відомо приблизно 150 видів пластиків. 30% від цього числа становлять суміші різних полімерів. Практика останніх десятиліть показала, що сформувався ринок полімерів великотоннажного виробництва. У зв'язку з цим виникає проблема переробки відходів полімерних матеріалів, і вона

знаходить актуальне значення не тільки з позицій охорони навколишнього середовища, а й з економічних позицій.

У загальній масі полімерних відходів основна питома вага займає поліетилентерефталат - 25%, потім поліетилен високої щільності і низької щільності (ПЕВЩ, ПЕНЩ) - по 15%, поліпропілен (ПП) - 13%, полістирол (ПС) - 6%, полівінілхлорид (ПВХ) - 5% та інші полімери, використання яких поки обмежена - 21%. [13]

Одним з напрямків використання полімерних відходів є створення композиційних матеріалів з використанням різних наповнювачів, в тому числі і техногенних відходів (зола виносу ТЕС і шлак металургійних підприємств). З усіх пластиків загального призначення на перше місце сьогодні виходять поліпропілен, поліетилентерефталат і поліетилен. Причому поліпропілен потіснив всі інші поліолефіни завдяки різноманітності сумішей, сплавів і композиційних матеріалів на його основі.

Вироби з мінералонаповнювачі пластмас знаходять широке застосування в промисловому виробництві, в авіа-, автомобілебудуванні, виробництві електронної техніки, будівництві, включаючи реконструкцію будівель і споруд, виробництві ємностей нафтосховищ, труб, при виготовленні електротехнічних виробів, при виробництві медичної техніки, спортивного інвентарю і товарів народного споживання (відра, тази та інші).

Вибір тих чи інших добавок для створення композиції, що відповідає вимогам, пов'язаний з їх впливом на її властивості. Композиційні матеріали являють собою штучне поєднання різнорідних за формулою і властивостями двох і більше матеріалів з чіткою межею розподілу між ними, з великим показниками фізико-механічних властивостей. З запропонованих композиційних матеріалів були віднесені наступні: боровуглецеві, склопласти та вуглепластик. В таблиці 1.9 представлено їхні фізико-механічні властивості, й відповідно зміна властивостей при використанні того або іншого композиту.

Таблиця 1.9 - Фізико-механічні властивості.

Матеріали/властивості	Скловолокно	Бороволокно	Вуглеволокно
Обємна частка волокна	0,45	0,50	0,70
Поздовжній модуль пружності(ГПа)	38,6	204	181
Поперечний модуль пружності(ГПа)	8,27	18,50	10,30
Модуль зсуву(ГПа)	4.14	5.59	7.17
Необмежена продольна міцність на розтягування(МПа)	1062	1260	1500
Необмежена поздовжня міцність на стиск(МПа)	610	2500	1500
Необмежена поперечна сила стиску(МПа)	31	61	40
Поздовжній коефіцієнт теплового розширення	8,6	6,1	0,02
Поперечний коефіцієнт теплового розширення	22,1	30,3	22,5

З вище представлених матеріалів являються тільки наповнювачами по виготовленню самого композитного матеріалу.

Скловолокно- технологічним процесом якого являється отримання волокон завдяки витягування ниток з розплаву. Скловолокно має порівняно

не велику границю міцності при розтягу але має великі показник питомої міцності які перевищую властивості звичайної конструкційної сталі тим самим дозволяє нам зменшити вагу деталі та не змінивши властивостей порівняно з звичайними сталями. Окрім того скловолокно являється неорганічним матеріалом що дає можливість не горіти та не підтримувати полум'я що позитивно позначається на пожежонебезпеці автомобіля. Не мало важливим фактором, що скловолокна не збирають в собі вологу, відповідно не змінюють своєї форми та маси деталі що є позитивною властивістю для деталей які працюють в агресивному середовищі.[14]

Вуглеволокно має високі показники питомої міцності тим самим дозволяє нам використовувати даний матеріал для виготовлення карданного валу, так як він забезпечить зменшення ваги не змінюючи фізичних властивостей. Окрім того має низькі показники коефіцієнту лінійного розширення та тертя, що задовільно вплине на карданний вал, так як він слугує проміжною деталлю в трансмісії автомобіля й з'єднана з іншими ланками що контактують між собою. Також має великі показники до стійкості к взаємодії агресивного середовища, що забезпечує довговічність й працездатність карданного валу.

Окрім того також в якості наповнювача використовують бороволокно, яке по своїм характеристикам не уступає іншим запропонованим наповнювачам, а сам великими показниками питомої міцності, низьким коефіцієнтом лінійного розширення, порівняно не малим модулем зсуву, доволі висока повздовжня міцність при стискуванні, але в той же момент має поперечний коефіцієнт теплового розширення що згубно подіє на деталь при циклічних навантаженнях при довготривалому використанні. Окрім того даний наповнювач має незначні дефекти, які утворюються в середині волокон, в вигляді тріщин це основна особливість даного наповнювача.

Порівнюючи дані наповнювачі по властивостям ми отримали що характеристики питомої міцності порівняно ні чим не особливо не відрізняються, хіба що є різниця в декілька сотих. Окрім того ми також

маємо різницю модулю пружності, що характеризує їхні міцності характеристики й в залежності від середовища експлуатації й умов по отриманню властивостей для деталі. В даному випадку ми використовуємо деталь з великими показниками міцності й великими коефіцієнтом довговічності, при цьому мати дешевизну при закупівлі матеріалу та в виготовленні обладнанням й також мати маленькі собівартість при проведенні ремонтних робіт. З вибраних й порівнюючи з вище вказаних композиційних матеріалів ми обираємо в даному виготовленні кришки капоту ми обираємо склопласти, але ми маємо цілий спектр з різними фізико-механічними властивостями.[15]

Створення високоміцних склопластів, зберігаючих задовільну міцність в умовах високих температурах, дозволило розширити область їх використання й збільшення надійності й якості виробу. В таблиці 1.10 приведення властивостей деяких склопласту на основі епоксидних сполучників.

Таблиця 1.10 - Властивостей склопластиків на основі епоксидних сполучників.

Властивості	Значення властивостей склопластка			
	ВПС-5	СТ-69Н	ВПС-30к	СТ-2227
Границя міцності , МПа:				
при розтягу	560	630	1050	560
при стисканні	440	550	570	550
при згинанні	570	900	1070	970

Продовження таблиці 1.10

Модуль пружності при розтягу, ГПа	27	29	51	28
Діелектричний проникність при 10^6 Гц	5,44	4,58	4,38	4,88
Тангенс кута діелектричного втрат при 10^6 Гц	0,012	0,016	0,034	0,014

Було розроблено цілий ряд термостійких склопластиків на основі фенольних, кремнійорганічних, поліамідних й неорганічних сполучників. Ці матеріали, довготривало працюють при $300-350^{\circ}\text{C}$, найшли широке використання в авіації, ракетно-космічних й інших технік.

Основною термостійких матриць являються кремнійорганічних й поліамідних полімерів, містячи елементарно органічних фрагментів, лінійно або сіткових карбо- й гетероциклічних ароматичних систем. Ряд кремнійорганічних полімерів володіють малою усадкою, доброю адгезією до скляних волокон й значно термічним розміростійкістю. Завдяки сполучнику К-9Х, на основі якого можливо виготовити склопластики при температурі до 150°C й тим самим при створенні кремнопласту ми отримуємо більш великі показники робочої температури майже до 1000°C . в таблиці 1.11 наведенні основні властивості кремнійорганічних склопластиків.[16]

Таблиця 1.11 - Властивості склопластиків на основі кремнійорганічних сполучників.

Властивості	Значення властивостей склопластка			
	СК-9ФА	СК-9ХК	СК-101	СК-9-70К
Границя міцності , МПа:				
при розтягу	380	270	140	350
при стисканні	115	100	80	140
при згинанні	200	200	135	275
Модуль пружності при розтягу, ГПа	26	24,7	14,6	27
Діелектричний проникність при 10^6 Гц	4,66	3,53	3,7	3,13
Тангенс кута діелектричного втрат при 10^6 Гц	0,0026	0,0047	0,015	0,0046

Особливу важливість в виробництві високотемпературних склопластиків отримали поліамідні сполучники. Вони не палаючи, мають високим термостабільністю, радіаційною стійкістю, грибостійкістю, стійкість до корозії й зберігають фізико-механічні властивості при підвищенні температури на досить високий рівень. Найбільш використовують при виготовленні склопластика нашли поліамідні сполучники СП-97с й СП-ЦМ, до числа не достатків відносять високу температуру їх переробітки($300-350^{\circ}\text{C}$) й підвищеною пористістю. Тому було розробленні склопластики марки СТП-97К з температурою переробітки 170°C без втрати механічних міцності, вогнестійкості й димостійкості. Властивості склопластиків на основі поліамідних сполучників приведені в таблиці 1.12.

Таблиця 1.12 - Властивості склопластиків на основі поліамідних сполучників.

Властивості	Значення властивостей склопластка			
	СП-97с	СП-97к	СП-ЦМ	СМ-Ф
Границя міцності , МПа:				
при розтягу	500	490	650	475
при стисканні	350	400	-	640
при згинанні	640	400	900	700
Модуль пружності при розтягу, ГПа	34,2	30	-	33
Діелектричний проникність при 10 ⁶ Гц	4,71	4,57	4,1	4,54
Тангенс кута діелектричного втрат при 10 ⁶ Гц	0,012	0,0081	0,01	0,006

Склопластики на основі органічних й елементарно органічних матриць можуть довготривало експлуатувати тільки при температурі до 400°C. для створення склопластиків використовували матриці на основі неорганічних сполучників(алюмофосфатних, алюмохромфосфатних) САФС. По своїй природі й стійкості й довго тривалості протистоянні високим температурам склопласти типу СТАФ більш відповідають керамічним матеріалам. Ці матеріали мають порівняно невисокі механічно міцності, але вони витримують температуру взаємодії до 1100°C, з нього можуть бути виготовленні деталі важкої конструкції. Властивості склопластиків на основі алюмофосфатного сполучника приведені в таблиці 1.13.[17]

Таблиця 1.13 - Властивості склопластиків на основі неорганічних сполучників.

Властивості	Значення властивостей склопластка			
	СТАФ-2		АФКкв	
	при температурі, °С			
	20	800	20	1100
Границя міцності , МПа:				
при розтягу	30	55	60	50
при стисканні	75	80	75	60
при згинанні	80	100	85	50
Діелектричний проникність	3,4	3,43	3,53	3,58
при 10 ⁶ Гц				
Тангенс кута	0,015	0,023	0,008	0,02
діелектричного втрат при				
10 ⁶ Гц				

2 МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Матеріал дослідження

Початковими компонентами й матеріалами, використовуючи для сполучення й виготовлення припрегів, повинні відповідати вимогам нормативної документації, а також їх зберігання. Після закінчення терміну придатності або порушенні умов зберігання повинні проводитись дослід в об'ємі а також по відповідній методиці технічних вимог нормативного документу.

При виборі матеріалу для виготовлення кришки капоту було підібрано 2 основних матеріали прпрегу разом з маркою сполучника та наповнювача для порівняння фізико-механічних властивостей, які в вказані в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Фізико-механічні характеристик

Марка звязуючого	Марка наповнювача	Характеристики препрега (маса. %)			
		Сумарно відносний приріст звязуючого та летючих	Вміст звязуючого	Вміст летючих	Вміст розчинної смоли не менше
СП-97К-5-211-БН	Т-10-80	38...51	28...38	13...17	90
	Т-10П-80				
	Т-10-14				
	Т10П-14				
СП97К	Т-10-80	38...51	25...34	13...17	90
	Т-10П-80				
	Т-10-14				
	Т10П-14				

При відхиленні вмісту звязуючого в препрегі від вказаної в таблиці в меншу сторону треба нанести на препрег не вистачаючи кількості звязуючого вручну кісточкою й потім провести повторний контроль, при відповідності вимогам таблиці використати по призначенню. Препрег з вмістом летючих менше указанного в таблиці допускається використовувати при умові зберіганні їм технологічних властивостей (липкості, драпируемості), при вмісті летучих в препрегі більше допустимих показників по таблиці, тому слід розрізати на заготовки та просушити в підвішеному стані при температурі цеху декілька годин забезпечивши потрібну кількість летючих, після чого провести контроль на відповідні вимоги таблиці використати по призначенню, при не відповідності – продовжити сушку.[18]

Окрім вимог по фізико-механічним властивостям ми маємо також враховувати терміни придатності зберігання препрегу. Терміни зберігання препрегів показані в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Терміни зберігання препрегів.

Марка зв'язуючого	Терміни зберігання препрегів(місяці)		
	При $t = -18^{\circ}\text{C}$	При $t=5...8^{\circ}\text{C}$	При $t=15...30^{\circ}\text{C}$
СП-97К-5-211-БН	6	3	1,0
СП97К	12	4	1,5

При закінченні терміну зберігання або при порушенні умов зберігання необхідно привести повторне випробування препрегів на відповідність вимогам таблиці 1 по вмісту летючих й розчинної смоли. Якщо припрег відповідає заявленим вимогам він рахується придатним до використання на протязі 5 днів, після чого проводять повторний контроль.

Склотекстоліт СТП-97К також був випробуваний для виготовлення монолітних і тришарових деталей трубчастої конструкції силової установки, допоміжної силової установки, теплозахисних екранів і перегородок, трубопроводів і коробів ВКВ пасажирських і транспортних літаків. В

відповідності с ТЗ ДП «Антонов» з метою підвищення зсувного і адгезійної міцності матеріалу, а також деяких механічних характеристик (міцності при вигині, питомої ударної в'язкості) нами була проведена модифікація поліімідного сполучного СП-97К шляхом введення в його склад епоксифенольними смоли 5-211БН. З метою встановлення оптимальної кількості модифікатора в сполучна СП-97К вводилося різну кількість епоксифенольними смоли 5-211БН - від 5 до 20% (мас.) (сухий смоли). сполучна 5-211БН 50% -й концентрації готувалося відповідно до ПП 1.2.266-84 і вводилося в сполучна СП-97К з наступним перемішуванням при кімнатній температурі протягом 15-30 хв.[19]

2.2 Дослідження термостійкості

Термостійкість модифікованого сполучного СП-97К визначалася за ваговими втрат методом термогравіметричного аналізу (ТГА) в умовах динамічного нагріву зі швидкістю $5^{\circ}\text{C} / \text{хв}$ в повітряному середовищі. Було необхідно не тільки порівняти термостійкість модифікованого сполучного з чистим сполучною СП-97К, а й визначити оптимальне з точки зору термостійкості кількість вводиться в сполучна модифікатора. Досліджувалися зразки сполучного СП-97К з введеннями 5, 10, 15 і 20% модифікатора та термооброблені при $100^{\circ}\text{C} - 30 \text{ хв}$, $130^{\circ}\text{C} - 30 \text{ хв}$, $170^{\circ}\text{C} - 5 \text{ ч}$.

2.3 Випробування на розрив стільникових з'єднання

Міцність при розриві клейового з'єднання стільникового заповнювача з обшивкою визначається на випробувальній машині, дозволяє виконувати випробування на розтяг з заданою швидкістю руху активного захвату й вимірю величину загрузки з точність до 1%. Випробування на данному обладнанні проводиться при кімнатних робіт, тому даний прилад обладнаний холодно-нагрівальною камерою яка спроможна підтримувати

температура при випробуванні на розрив тим самим підвищує якість випробування.[20]

Кріплення зразку в затискачах машини проводять за допомогою спеціальних пристосування, яке повинно забезпечувати центрування зразків таким обрізом, щоб напрямок розтягування збігався подовжню віссю зразку. Схема типового застосування приведена на рисунок 2.1.

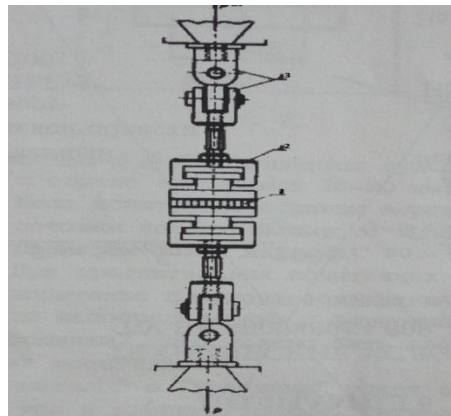


Рисунок 2.1 – Зразок у розривній машині.

1-Зразок;2- закладна головка;3- шарнір.

Зразки для випробування добувають завдяки вирізанню обшивки разом з стільником з 3-х шарової панелі, рівний в товщині панелі, приклеєний своїм основами до двом металевих «грибків» з закладними головками. Форма й розмір зразку приведену на рисунку 2.2.

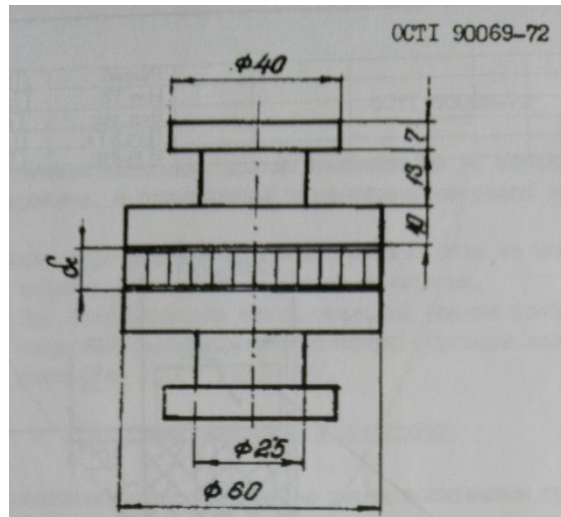


Рисунок 2.2 – Зразок в затискачах

З'єднання панелей з «грибками» може виконуватися як випробувальним клеєм, так й іншими клеями, відповідно технологія приклеювання «грибків» до панелі не повинна змінювати властивостей випробувального клею. Не мало важливим параметром що при вирізанні не повинно бути зміщення стільників не більше ніж на 0,5мм, тим самим приклеювання повинно бути чітко по поздовжній віссі. Число зразків для випробування повинно бути не менше п'яти для кожного варіанту матеріалу й режиму випробування.[21]

Технологічний процес випробування зазначається в наступному:

- 1) Зразки встановлюються в затискачі випробувальної машини;
- 2) Випробування в повітряній середі при температурі 20°C;
- 3) При не відповідності температурі підключають спеціальну камеру яка підігріває або навпаки зменшує температури, для більш точного випробування.
- 4) Випробування проводять поступово підвищуючи загрузку руйнування зразку, швидкість руху загрузки складає 10мм/хв.
- 5) Після розрив обидві частини візуально піддаються візуальному огляду для виявлення якості скла.

2.4 Метод випробування на розтяг склопласту

Зразками являються спеціально виготовленні по стандарту з певними технічними умовами на рисунку 2.3 показано 3 типи зразків.

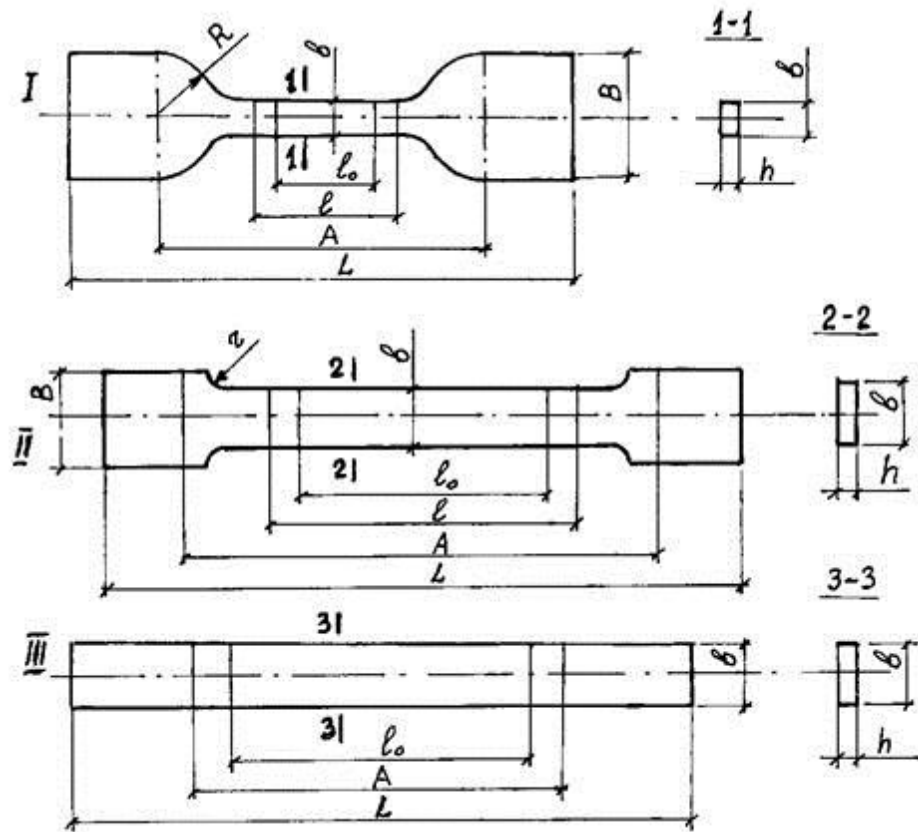


Рисунок 2.3 – Зразки трьох типів.

Зразки повинні мати гладку рівну поверхню, без здуття, сколів, тріщин, раковин й інших видимих дефектів, також для випробування ізотропних матеріалів використовують не менше п'яти зразків. Для випробування на розтяг використовується звичайна машина на розтяг з вже більш сучасним методом обрахування даних, представлена вона на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Машина для розриву

Сам процес виконання випробування заключається в тому, що перед випробування на зразки наносять спеціальні необхідні мітки. Мітки не повинні зменшувати якості зразку або визивати розрив зразків в місцях міток. Товщину й ширину зразків вимірюють в трьох місцях, в середині й на відстані 5мм від міток, після чого зразки закріплюють в затискачі випробувальної машини по міткам, після чого їй рівномірно закріплюють для запобігання розриву зразку в місцях затискачів, відповідно випробування проводять при кімнатних температурах.[22]

При випробуванні виміряють навантаження на видовження зразку безперервно або момент досягнення границі текучості, максимального навантаження, в момент руйнування зразку. При запису кривої «навантаження – подовження» визначають характеристику в відповідності рисунок 2.5.

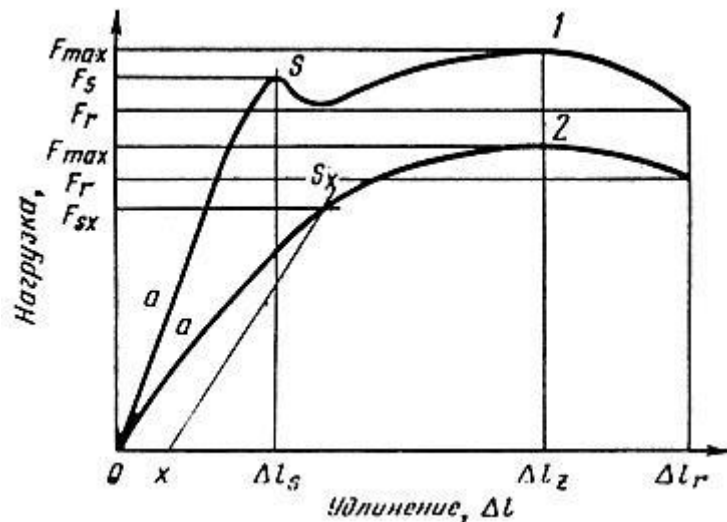


Рисунок 2.5 - Залежність навантаження від подовження: 1-матеріал має границю текучості; 2- матеріал не має границю текучості; а-ділянка прямолінійного напрямлення кривої на початку кривої «навантаження-подовження»: S-границя текучості; x-відрізок на осі подовження для визначення умов границі текучості; S_x -умовна границя текучості.

Зразки які в процесі випробування руйнуються за границею робочої частини (I_3) або в процесі випробування знайшли дефекти, в розрахунок не враховують.

2.5 Дослідження впливу кліматичних умов

Вироби з склопластиків при експлуатації і зберіганні піддаються впливу води або її парів. При цьому фізико-механічні та інші характеристики цих матеріалів є незворотнім знижуються. Основною причиною погіршення властивостей є ослаблення адгезії на межі поділу полімерне сполучна-скловолокно. Крім того, поглинання води сполучною призводить до зміни його лінійних розмірів, що позначається на розподілі внутрішніх напружень в наповненому пластиці. Можна очікувати, що під дією води в склопластиках утворюються різні мікроефекти (пори, мікротріщини і т.п.), які і викликають необоротне зміна їх механічних характеристик.[23]

3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ КРИШКИ КАПОТУ

3.1 Технологічна оснастка для виготовлення кришки капоту

Конструкція та матеріал технологічної оснастки повинен забезпечувати вакуум-автоклавне формування деталей при температурі $(175 \pm 5)^\circ\text{C}$ та тиску до $0,5\text{ МПа}$ (5 кгс/см^2) з врахуванням програми виготовлення температурних коефіцієнтів лінійного розширення матеріалів кришки капоту та її оснастки, так як при не врахування цього коефіцієнту ми будемо отримувати брак по виготовленню деталі, а саме в не відповідності заданих розмірів, а також не менш важливим показником герметичність самої оснастки.

Окрім того оснастка повинна мати ділянки з плоскою поверхнею на формі або мати окрему форму для виготовлення контрольних панелей (зразки-свідки). Робоча формоутворююча поверхня оснастки повинна мати контуру деталей, також лінії технологічного припуску та установки підсилюючих елементів. Розмітка повинна забезпечувати можливість переносу її на деталь шляхом відбиття її при формуванні.

Для отримання якісного оформлення внутрішніх поверхонь кришки капоту й конструкцій використання перфорованої цулаги та вкладиші притискання. Цулага може бути виготовлена з металу або склопластику з достатньою теплостійкістю й обов'язковим перфоруванням її отворами з діаметром $2 \dots 3\text{ мм}$ й шагом не більше 50 мм . Товщина цулаги може бути від $0,5$ до $3,0\text{ мм}$ в залежності від форми й геометричних розмірів деталей, а також умовного виробництва.[24]

Оснастка також проходить періодичний контроль в відповідності вимогам нормативного документу, для того щоб забезпечити більш стабільну та якісну працю по виготовленні кришки капоту.

3.2 Підготовчі процеси для виготовлення виробу

Підготовка робочій поверхні оснастки й інших елементів (цулаги, упори) вироблять шляхом виконання наступних операцій:

- 1) Провірити загальне стан й комплектації оснастки на відповідності нормативному документу.
- 2) Зачистити й видаляти з робочої поверхні й других елементів оснастки остатки сполучного клею, ущільнюючі джгути й інших забруднень вручну, скребками з м'якого металу або за допомогою х/б серветкою й пило всмоктувача.

Потім слід заземлити форму та знежирити очищену поверхню оснастки нефрасом, після чого ацетоном за допомогою х/б серветки, далі дати підсохнути 10...15хв після кожного знежирення. Після чого нанести на форму й інші елементи оснастки розділяючі покриття для того щоб не склеювалася деталь з елементом оснастки й запобігання оснастки від налипання сполучника.

В якості роздільного покриття використовуються наступні:

1. Антиадгезійна рідина Frekote 700NC, Frekote 770NC

1. 10% розчин антиадгезійної змазки К-21 в нефрасі ;
2. Плівка фторопластова;
3. Лакотканина марки Ф-4Д-М-1-006-Б

В даному випадку по технологічному документу марка матеріалу антиадгезійного покриття являє собою змазка К-21.

Нанесення роздільного покриття в зоні приклеїці вакуумного мішку не допускається.

Тому нанесення адгезійної рідини К-21 здійснюється вже на заздалегідь підготовлену поверхню, про яку було описано раніше, в розмірі 10% розчину антиадгезійної змазки К-21 в бензині. Розчин наносять на чисту суху поверхню тонким шаром за допомогою пензля або серветкою. Далі приступаємо до сушки, кожен шар потрібно протримати на повітрі 15...30

хвилин. Після нанесення й сушки другого шару потрібно віддати термообробці при температурі (200...220)°C на протязі 2...3 годин. Обробка даною адгезійною змазкою дозволяє нам отримати аж до 5-ти зйомки без відновлення покриття.

Після чого проведення даної операції на оснастку наносять роздільний шар. В якості роздільного шару використовують фторопластову плівку або лакотканину, при цьому потрібно дотримуватись наступним вимогам:

- Не допускати складок при викладанні на оснастку;
- Фіксувати липкою стрічкою;

В даному випадку при виготовленні кришки капоту було обрано лакотканину яку слід було перед викладанням на оснастку проперфарувати отворами діаметром 0,8...1,0 мм з шагом 10...15 мм в шашковому порядку.

Відповідно до підготовчих робіт відносять створення й самого сполучника та виготовлення препрегу, але підемо все по порядку. Відповідно першим етапом йде створення безпосередньо самого сполучника СП-97К з модифікатором 5-211БН.

Тому для виготовлення невеликих кількостях звязуючого допускається використання емалюючи ємність до 10 літрів й ручне перемішування, а вже для більших використань зв'язуючи використовують спеціальний апарат (реактор). Першим кроком йде відповідно сама підготовка обладнання, а саме провести зовнішній огляд стану вузлів апарату й наявність заземлення, й відповідно провести чистоту внутрішньої ємності апарату, після чого провести працездатність запірного крану системи зливу звязуючого. Далі включають сам апарат на холостому ходу близько на 1...2 хвилини й перевіряють його на працездатність.

3.3 Технологія виготовлення сполучника та припрегу

Після проведення перевірок на працездатність апарату для змішування, проводиться розрахунок рецептури сполучника. Сама рецептура сполучника модифікатора 5-211БН в масових частках становить:

1. Епоксидна смола ЕД-20 являє собою прозору в'язку рідину жовтуватого кольору без видимих механічних включень, яка складає з себе - 50 масової частки.

2. Смола УП-631 (епоксидна спеціального призначення), являє собою продукт конденсації епіхлоргідріна і тетрабромдифенілолпропан яка включає вміст – 50 від масової частки.

3. Смоли фенольні марки СФ-341А є продукт поліконденсації фенолу і аніліну з формальдегідом у присутності каталізатора й включає – 70 від масової частки.

4. Спирт-ацетоновий суміш (1:1) – 170 мас. частки.

Й відповідно сама рецептура сполучника СП-97К в масових частках:

1. Поліемідний сполучник марки СП-97С є розчинами низькомолекулярних поліемідоутворюючий компонент в суміші амідних розчинників зі спиртами, складає – 97 мас. частку.

2. Смола МФСН-А затверджувач для поліамідних сполучних – 3 мас. частки.

3. Спирт етиловий – 100 мас. частка.

Таблиця 3.1 – Рецептура сполучника СП-97К-5-211БН

Компонент сполучника	ГОСТ та ТУ	Масова доля компонента в сполучнику, %
Смола ЕД-20	ГОСТ 10587-84	50

Продовження таблиці 3.1

Смола УП-631	ТУ 6-05-1689-79	50
Смола СФ-341А	ГОСТ 18694-80	70
Сполучник СП-97С	ТУ 2224-415-00209349-2000	97
Смола МФСН-А	ТУ 6-02-1-343-86	3
Спирт-ацетоновий	ГОСТ 2603-79	170
Спирт етиловий	ГОСТ 18300-87	100

Після розрахунку та визначення скільки потрібно в масових частках для виготовлення потрібної рецептури починається безпосередньо саме виготовлення сполучника 5-211-БН. Епоксидна смола УП-631У постачається в барабан згідно нормативному документу при температурі 15...30°C надходить в високов'язкому стані. Для покращення умов відбору необхідної кількості смоли, барабан охолоджують до температури 5...10°C, після чого смолу подрібнюють вручну ударним інструментом (молотком) на куски розміром не більше 10мм й до завантаження в апарат зберігають в холодильнику. Також смолу СФ-341А подрібнюють на шматки в цілях пришвидшення процесу розчинення точно також як й УП-631У, після чого розводять суміш спирто-ацетону (1:1). Далі в апарат при працюючій мішалці залити розрахункову кількість спирто-ацетону й загрузити в довільному порядку сполучників, після чого суміш перемішується на протязі 1-2 годин до отримання гомогенного розчину.

Наступним кроком йде приготування сполучника СП-97К він полягає в тому що, сполучник СП-97С перед заливкою в апарат перемішують деревяною лопаткою вручну, до отримання однорідної маси, після чого поміщають в апарат розрахункову кількість сполучника СП-97С й етилового спирту в відповідності з рецептурою, з розрахунку отриманого 45...55% розчину сполучника ретельно перемішаного на протязі 1...1,5 години після

чого вводять продукт МФСН-А (затверджував) й перемішують на протязі 0,5...1 годину.

Відповідно після підготовки обох компонентів та їх перемішування по окремої відбувається змішування цих двох компонентів в тому ж самому апараті, й відбувається перемішування на протязі 0,5 годин до отримання однорідного розчину.

Далі виконується безпосередньо як й після кожної операції контроль сполучника, після завершення приготування сполучника 5-211-БН, СП-97К та СП-97К-5-211-БН до зливу їх з апарату в ємкість, відбирають пробу для контролю щільності та концентрації сполучника, які повинні задовольняти вимогам таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Щільність та концентрація розчину сполучників.

Марка сполучника	Параметри при $t=20^{\circ}\text{C}$	
	Щільність, г/см^3	Концентрація, %
5-211-БН	0,966-1,026	44-53
СП-97К	0,990-1,068	43-55
СП-97К-5-211-БН	0,990-1,068	43-56

В даній роботі в якості арматури використовують тканину Т-10-80 та Т-10(П)-80, нижче приведено фізико-механічні властивості в таблиці 3.3 та 3.4.

Таблиця 3.3 – Фізико-механічні властивості Т-10(П)-80

Товщина, мм	0,24 $\pm$ 0,05
Ширина, мм	1100
Розривне навантаження, Н (не менше)	
Основа	3136(320)
Уток	1960(200)

Продовження таблиці 3.3

Вміст сумішей видаляючи при прокалюванні, % не більше	0,5-1,5
Поверхнева щільність кг/м ²	0,29

Таблиця 3.4 - ФМХ тканини Т-10-80

Товщина, мм	0,25 ±0,05
Ширина, мм	1100
Розривне навантаження, Н (не менше) Основа уток	3136(320) 1960(200)
Вміст сумішей видаляючи при прокалюванні, % не більше	0,5-1,5
Поверхнева щільність кг/м ²	0,29

В даному випадку після проведення випробувань на навантаження на розрив визначимо поверхневу щільність тканини і стрічки. Для цього відбирають не менше ніж 5 зразків і кожен зважують з похибкою не більше 0,01 г. Потім вимірюють довжину і ширину зразків.

Поверхневу щільність тканини обчислюють за формулою:

$$T_{\text{п}} = \frac{m}{l \cdot b};$$

m - маса зразка; l, b - довжина, ширина тканини.

Лінійна щільність стрічки, m / 100 м обчислюється:

$$T_{\text{л}} = \frac{m \cdot 100}{l};$$

Так як ми використовуємо тканину Т-10-80 і тканину Т-10(ІІ) -80, для них маса 1 м² дорівнює по 0,29 кг.

При стандартній ширині тканини 110 см необхідна площа тканини: S = 8,334 м², для обох тканин.

$$m = 8,334 \cdot 0,29 = 2,41(\text{кг})$$

$$m = 2,41 \cdot 2 = 4,82(\text{кг})$$

Для визначення необхідної кількості компонентів сполучного, необхідного для просочення армирующего наповнювача заданого типу, треба в першу чергу визначити загальну кількість сполучного.

Перед приготуванням сполучного визначимо кількість компонентів сполучного:

$$M_{\text{СВ}} = \frac{M_{\text{А}} \cdot K_{\text{С}} \cdot K_{\text{П}} \cdot 0.01}{1 - K_{\text{С}} \cdot K_{\text{П}} \cdot 0.01};$$

де $M_{\text{А}}$ - маса просочується АМ (так як вимоги до змісту сполучного однакові для Т-10-80 і Т-10 (ІІ) -80 беремо як суму їх мас);

$M_{\text{СВ}}$ - маса необхідного для просочення сполучником;

$K_{\text{С}}$ - процентний вміст сполучного в препрегі;

$K_{\text{П}}$ - коефіцієнт технологічних втрат.

$$M_{\text{С}} = \frac{4,82 \cdot 50 \cdot 1.15 \cdot 0.01}{1 - 50 \cdot 1.15 \cdot 0.01} = 6,52 (\text{кг});$$

Після чого ми визначимо кількість кожного компонента сполучного зі співвідношення.

$$M_i = \frac{M_{\text{св}} \cdot m_i}{\sum m_i},$$

де M_i - маса шуканого компонента сполучного (кг);

$M_{\text{св}}$ - маса необхідного для просочення сполучного (кг);

m_i - питомий масовий вміст шуканого компонента в рецептурі сполучного.

Визначимо кількість компонентів, що входять в СП-97К-5-211БН:

- смоли ЕД-20:

$$M = \frac{6.52 \cdot 50}{100} = 3,26 \text{ кг};$$

- смола УП-631 :

$$M = \frac{6.52 \cdot 50}{100} = 3,26 \text{ кг};$$

- смола СФ-341А:

$$M = \frac{6.52 \cdot 70}{100} = 4,56 \text{ кг};$$

- смола МФСН-А:

-

$$M = \frac{6.52 \cdot 3}{100} = 0,1956 \text{ кг};$$

- сполучник СП-97С

$$M = \frac{6.52 \cdot 97}{100} = 6,32 \text{ кг};$$

- спирт ацетоновий:

$$M = \frac{6.52 \cdot 170}{100} = 8,8 \text{ кг};$$

- етиловий:

$$M = \frac{6.52 \cdot 100}{100} = 5,2 \text{ кг};$$

Далі при задовільненні вимог сполучники зливають через фільтруючу сітку або через двома-трьома шарами марлі в щільно закриваючій ємкості, забезпеченою биркою з вказаними даними про сполучник з його щільністю, кількістю, датою виготовлення й інше. Після чого вже готовий сполучник транспортують в камеру схову(холодильник). Сполучник зберігається в щільно закритій ємкості, в приміщенні в умовах, з виключення попаданням вологи та прямих сонячних променів при температурі від 0 до 25°C, й також слід зауважити що при зберіганні сполучника СП-97К-5-211-БН при температурі нижче 15°C, то перед використанням слід довести його до кімнатної температури. Терміни придатності сполучника при температурі 0...25°C приведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Терміни зберігання сполучників

Марка сполучника	Термін зберігання при 0...25°C
5-211-БН	30 діб
СП-97К	3 діб
СП-97К-5-211-БН	10 діб

Повторне використання залишків сполучників після просочування дозволяється тільки при фільтрації її через марлю з корегуванням щільності, по вище наданим вимогам.

Після чого відбувається безпосередньо сама підготовка армуючих наповнювачів, а саме починається все з перевірки установки УПСТ-1000М до

роботи й управління нею до процесу виготовлення припрегу. Схема роботи вказана на рисунок 3.1 - 1-розмотуючий пристрій; 2- затискаючий пристрій; 3- рулон сухої тканини; 4-механізм з'єднання тканини; 5-накопичувач; 6- просочувальна ванна; 7-просочувальний вал; 8-відтискаючий пристрій; 9-валик тягнучий; 10-роздільна плівка; 11-валик подає; 12-рулон препрегу; 13- приймальний пристрій. Та сам устрій на рисунок 3.2.

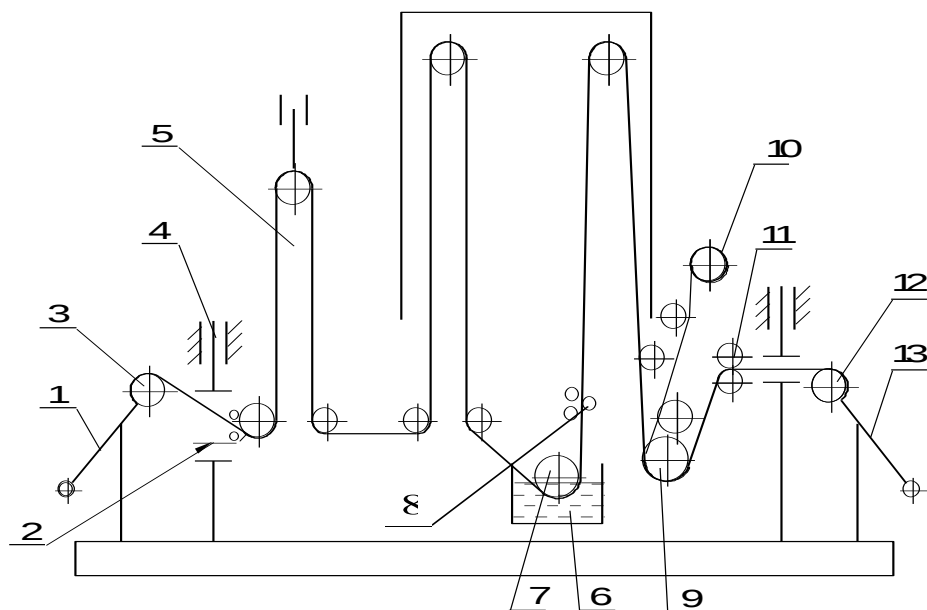


Рисунок 3.1 – Установка УПСТ-1000М



Малюнок 3.2 - Пристрій для виготовлення припрегів УПСТ-1000М.

Після чого заливають в ванну розчин сполучника з потрібною концентрацією згідно таблиці 3.6 й постійно підтримують рівень сполучника, який не потрібен досягатися нижче половини діаметру просочувального валу. Після проходження препрегу з поліетиленовою плівкою відрізають та заправляють на прийомну бабину. Після чого кожен рулон припрегу вкладають в поліетиленовий мішок, закривають з торців й зав'язуються шпагатом, далі віддають в камеру зберігання де зберігають горизонтально в одному ярусі. [25]

Після проведення підготовчих операцій, відбувається розрізання армуючих наповнювачів – препрегу СП-97К+5-211БН. Ручний розкрій препрегу СП-97К+5-211БН на заготовки для формування кришки капоту виробляються разом з розділовими плівками на робочому столі, оснащених бортовими всмоктувачами й місцевою витяжною вентиляцією, для забезпечення від шкідливих випаровувань та запилювання.

Розкрій виконується по розмітці або накладанням шаблону, погрішність розкрію повинна мати $\pm 1\text{мм}$, після чого просочену тканину обрізають з двох сторін вздовж основи по кромці на ширині 3...5мм для усунення місцевих натягнень при викладці.

Розмітку припрегів проводять на робочому столі за допомогою лінійки, кутників, шаблонів розвертки деталей й кольорових олівців. Для забезпечення потрібної точності розмітки й розкрію з потрібною орієнтацією ниток основи препрегів використовують фіксацію взаємного роз положення лінійок, кутників та шаблонів й розміченого препрегу на робочому столі.

Для визначення загальної площі тканини Т-10-80 та Т-10(П)-80, необхідно знайти витрата тканини, використовуваної, при армуванні $[0^\circ]$.

Розрахунок кількості армуючого матеріалу (тканини Т-10-80 та Т-10(П)-80) виробляємо, використовуючи дані з схему розкрою.

Витрачена площа тканини:

$$S_{\text{затр.}} = 7,332 \text{ м}^2$$

Розрахуємо потрібну площу, тобто площа панелі, з огляду на кількість шарів тканини, необхідної для укладання:

$$S_{\text{потр.}} = 8,334 \text{ м}^2$$

Тепер, знаючи потрібну і витрачену площі тканин, можна визначити коефіцієнт використання матеріалу (КВМ):

$$KIM = \frac{S_{\text{затр}}}{S_{\text{потр}}} = \frac{7,332}{8,334} = 0,879$$

Відома що наша деталь, кришка капоту відноситься до монолітних виробів, а монолітні вироби являють собою багат шарові пластики з наявністю підсилюючих шарів або без них. Підсилюючі шари можуть розміщатися по периметру деталі або навіть в зоні регулярного січення.

Сам технологічний процес полягає в наступному:

- 1) Пошарову викладку регулярних шарів обшивки на формуючу поверхню оснастки;
- 2) Викладка підсилювачів конструкцій, вказано конструктором;
- 3) Підготовка викладеного пакету до вакуум-автоклавного формування;
- 4) Вакуум-автоклавне формування;
- 5) Механічна обробка;
- 6) Контроль якості.

Технологічний процес формування викладки для виготовлення кришки капоту.

Після вище сказаних пунктів, а саме: виготовлення оснастки, проведення підготовчих робіт що до оснастки, розкрій припрегів. Проводиться вже безпосередньо викладка заготовки припрягу на формуючу поверхню оснастки.

Перед викладкою обов'язково зняти захисний шар поліетиленової плівки, яка зберігає наш припрег від різних навколишніх втручань, з заготовки препрегу й виложити її на форму з потрібним напрямком, який вказаний конструкторській записці, основи тканини виключати складки й забезпечувати щільне прилягання першого шару до поверхні форми, наступних шарів друг до друга. Ущільнення шарів препрегів виконується завдяки прокат очному ролику.[26]

В місцях радіусних переходів, де при викладці препрегів нема можливості видалити складки, допускається використовувати технологічний розріз препрегу, після чого його надлишок, якщо в ньому нема зморшок, зєднати в нахлест до 10мм, місця надрізу складок повинні бути рознесені по шарам.

Викладку заготовки препрегу в межах кожного шару виконують з напрямком основи тканини під кутом до базової лінії деталі згідно вимогам конструкторської або технологічної документації. Контролювати кути вкладки за допомогою шаблону, кутомірів або лінійками фіксаторами на оснастці.

Для надання кришці капоті жорсткості використовують полімерні вкладиші, для підвищення міцності в місцях які по задумці конструктора являються ребрами жорсткості для відповідної деталі. В якості полімерних вкладишів використовують наступні:

- 1) пінополіуретан марки ЕТ з густиною 0,20...0,25 г/см³;
- 2) пінополіуретан марки ЕТ з густиною 0,12...0,15 г/см³ армуючим полімеропластом типу ПСП -1-3,5 (стільники)

Всі вкладиші встановлюються відносно конструкторського документу за розмірами або шаблонами. При установці вкладишів дозволяються відпилювати в поперечному напрямку забезпечуючи їх встановлення без навантажень. Стик при цьому виконується внахлест (стільник до стільника) з перехрестом 5...10мм.

Стиковку між собою й встановлення вкладишів(стільників) з пінополіуретану ЕТ в перших шарах виконуються насадження на клей 88НП при якому потрібно нанести на розмітку та почекати 5...10 хвилин, потім вмонтувати вкладиш по місту та й зафіксувати притисканням. Розхід клею 100...150 г/м².

Далі після вкладення стільника й добре його притиснувши на його поверхню наносять зв'язуюче, яке витримують при температурі приміщення 0,5...1годину й вмонтовують на поверхню вкладишу шар препрегу в відповідності з КД й технологічною документацією, після чого повторити нанесення шарів з припрегів як було вказано раніше.

Розрахунок штучного часу викладки:

Порахуємо час витрачений на кожен процес:

1. Підготовка поверхні оснастки:

Штучний час (у хвилинах) на підготовку поверхні металевої ФОП визначається емпіричними залежностями:

$$S = A\tau^2 + B\tau;$$

де S - поверхня оснастки;

τ - штучний час;

A, B - емпіричні коефіцієнти.

Оснащення використовуємо металеву, з гладкою поверхнею (A = 0,29; B = 1,14)

$$0,29\tau^2 + 1,14\tau - 182 = 0;$$

$$D = 1,14^2 - 4 \cdot 0,29 \cdot (-182) = 212,42; \quad \sqrt{D} = 14,58;$$

$$\tau_1 = \frac{-1,14 + 14,58}{2 \cdot 0,29} = 23,17 \text{ (хв)};$$

Нанесення розділового шару на поверхню оснастки, цулаг:

Розділовий шар - поліпропіленова плівка ($A = 4,2 \cdot 10^{-2}$; $B = 7,8$):

$$4,2 \cdot 10^{-2} \tau^2 + 7,8\tau - 182 = 0;$$

$$D = 7,8^2 - 4 \cdot 4,2 \cdot 10^{-2} \cdot (-182) = 91,42; \quad \sqrt{D} = 9,56;$$

$$\tau_2 = \frac{-7,8 + 9,56}{2 \cdot 4,2 \cdot 10^{-2}} = 20,95 \text{ (хв)} - 1 \text{ шар};$$

4. Викладення одного шару на формоутворювальну поверхню ($A = 4,2 \cdot 10^{-2}$; $B = 4,5$):

$$4,2 \cdot 10^{-2} \tau^2 + 4,5\tau - 182 = 0;$$

$$D = 4,5^2 - 4 \cdot 4,2 \cdot 10^{-2} \cdot (-182) = 50,83; \quad \sqrt{D} = 7,13;$$

$$\tau_3 = \frac{-4,5 + 7,13}{2 \cdot 4,2 \cdot 10^{-2}} = 31,3 \text{ (хв)} - 1 \text{ шар};$$

5. Виготовлення вакуумного мішку ($A = 2 \cdot 10^{-2}$; $B = 4,9 \cdot 10^{-2}$):

$$2 \cdot 10^{-2} \tau^2 + 4,9 \cdot 10^{-2} \tau - 182 = 0;$$

$$D = 4,9 \cdot 10^{-2^2} - 4 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot (-182) = 14,56; \quad \sqrt{D} = 3,82;$$

$$\tau_4 = \frac{-4,9 \cdot 10^{-2} + 3,82}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-2}} = 95,42 \text{ (хв)};$$

Норми штучного часу включають в себе оперативне, підготовчо-заключний, експлуатаційно-технологічне обслуговування, а також на відпочинок і природні потреби. Це час складає 14%:

$$\tau_5 = 48,76 \text{ хв};$$

Загальний час викладки:

$$\tau = \tau_1 + 2\tau_2 + 6\tau_3 + \tau_4 + \tau_5 = 23,17 + 2 \cdot 20,95 + 6 \cdot 31,3 + 95,42 + 48,76 \\ = 6 \text{ г } 40 \text{ хв.}$$

Типова схема зборки пакету для вакуум-автоклавного формування включає в себе наступні операції:

- 1) Викладка роздільно перфорованої лакотканини.
- 2) Викладення поглинаючого шару склотканини типу Т13(Т13П)
- 3) Встановлення й фіксація перфорованої цулаги
- 4) Вкладання 3-4 шарів з склотканини Т-13(Т-13П)
- 5) Виготовлення й прикріплення заготовки до оснастки
- 6) Перевірка герметичності вакуумного мішку

Примітка.

Також окрім склотканини використовують лавсанову тканину в якості «жертвенного» шару який вкладається на сам припрег для видалення залишкового зєднювача.

Викладка розділової плівки поверх шарів препрега, посилення та елементи жорсткості виконуються таким образом, щоб її края виступали за контур пакету на 50...60мм.

Відповідно при стикуванні плівок забезпечує перехрест на 10...20мм, лакотканина викладається в стик й фіксується за допомогою стрічки Герелен-УТ проклеюючи його по всьому периметру вакуумного мішку.

Розміри вакуумного мішку визначаються з умов забезпечення вільного полегшення формуючого пакету. Розкрій плівки виконується з допуском 350...400сс на один погонний метр довжини та ширини формуючого пакету, відповідно якщо габаритні розміри або один з них менше одного метру то при розрізі вакуумного мішку припускають його брати рівними 350..400мм.

Далі вже при розрізаному мішці виконується стикування, яке передбачає собою герметизувати стрічкою типу Герлен – УТ, плівка в зоні

нанесення герметика попередньо знежирюється нефрасом з подальшим просушуванням.

Стиковка виконують по наступній технології:

- 1) Нанесення на одну заготовку плівки в зоні стику герметизуючи стрічку на відстані від кромки плівки не менше 20мм. Через антиадгезійну прокладку прикатати стрічку до плівки.
- 2) Зняти антиадгезійну плівку
- 3) Другу заготовку плівки прикатати до герметизуючої стрічки так, щоб стрічка прилягала на відстані від кромки не менше 20мм.

Після того береться оснастка яка в зоні проклеювання вакуумного мішку знежирюється нефрасом за допомогою серветки та дається час для підсихання, далі в місця приклейки вакуумного мішку вложити герметизуючи стрічку, прикатати її не знімаючи антиадгезійної прокладки, після чого йде саме укладання заготовки вакуумного мішку так щоб кінці виступали за контури формуючої деталі та обкатки її по всьому периметру оснастки так щоб герметизуюча стрічка повністю приєдналась до оснастки.

Після продавлювання герметичної стрічки, йде безпосередньо встановлення вакуумної трубки. Кількість й місце установки вакуумної трубки визначається з врахуванням площі формуючої деталі та її конструктивних особливостей, орієнтовно для деталей площею більше 1м² більш доцільно вмонтовують дві трубки по обидва боки.

Відповідно після кожної виконаної процедури проходить контроль, й вакуумний мішок проходить перевірку на герметичність для забезпечення більш якісної деталі.

Сам процес контролю полягає в наступному:

- 1) Підєднують оснастку до вакуумної системи
- 2) Створюють під вакуумним мішком тиск не менше 0,085МПа й витримують протягом 5...7хвилин
- 3) Перевірка герметичності вакуумного мішку на слух по периметру з'єднання з оснасткою.

При наявності даного дефекту мішок заново перероблюють це якщо великий й явний дефект, а при місцевому дефекті все виправляється за допомогою герметичної стрічки та вирівнювання складок.

Після чого вивантажують оснастку з конструкцією з автоклаву та й починають її розпаковувати, сам процес полягає в знятті вакуумного мішку з ущільнюючого джгута дренажного шару, цулаги, вбираючого шару й тд. Далі відрізаються кінцівки по всьому периметру згідно вимогам й технологічному документу.

В подальшій технології виготовлення кришки капоту використовують пінополіуретан ЕТ з полімеропалстом типу ПСП 1-3,5(стільники)

Самі полімеропласти (стільники) підготовлюють для деталей так, спочатку вирізають заготовку стільникового заповнювача. Полімерні ПСП-1 не більше чим за 3 години до збору деталі витримують при температурі (110...120)°C на протязі години.

Після чого підігнати обшивку, стільникові заповнювачі й закладні елементи по формі або збірно-склеючим пристосування згідно кресленню й розміткам на формі, далі видається вбираючий шар дещо затирається та зашліфовується для більш кращого зчеплення стільника та припрягу. Наносимо кісткою або валиком за зашліфовану поверхню поверхню обшивок зв'язуючого, після чого просушити на протязі 10...15 хвилин. Далі ми накладаємо стільниковий заповнювач з вкладними елементами в форму з обшивкою, добряче прижати їх до обшивки завдяки прокатуванню валику, для максимального зчеплення. Сам технологічний процес полягає в наступному:

На заздалегідь вже підготовлену оснастку вкласти зовнішньою частиною («лицьовою») обшивки з шарів припрягу згідно кресленню, після чого нанести зв'язуючий шар на торці стільників, заздалегідь підготовлених(зашліфованих та знежирених), й на закладений елемент, далі викласти на внутрішню обшивку з шарів припрегів згідно кресленню, та в

відповідності по технології, яка була вказано раніше викладаємо наступні роздільчі, вбираючи, дренажні шари та цулагу.

Відповідно далі після викладання стільника на обшивку та їх зєднання, поверх стільника викласти поступні шари препрегу по технологія яка була вказана раніше, й відповідно викладання наступних розділових й вбиральних шарів . Після чого по анології з вище сказаною технологію формування вакуумного мішку ми встановлюємо нашу заготовку та встановлюємо вакуумні трубки для забезпечення підключення вакуумної системи, відповідно перевіряємо на герметичність й віддаємо вакуумно-автоклавному формуванню.

Установка сітки блискавко- й вогнезахисту.

Після проведених вище операцій на поверхню деталі вмонтовують сітку блискавкозахисту кріпиться вона завдяки звязуючому завдяки якому виготовлюють деталі, замість звязуючого дозволяється використовувати клейову плівку ВК-36.

Сам процес нанесення сітки виконується так:

- 1) Підготовка оснастки;
- 2) Виконати розмітку оснастки під установку сітки блискавкозахисту;
- 3) На оснастку нанести зв'язуюче або вкласти плівку клейову типу ВК-36;
- 4) Знежирити сітку блискавозахисту нефрасом, потім ацетоном за допомогою пензля після чого просушити 10...15 хвилин.
- 5) Поверхню пластин, при їх наявності , захистити від попаданню звязуючого.
- 6) Укласти сітку на оснастку по розміру, без складок ретельно пригладжувати її резиновим шпателем або пензлем й забезпечувати щільне прилягання сітки по всі поверхні оснастки.
- 7) Після чого нанести зв'язуюче, витримати 2...3 години.

8) Викладання самого препрегу по технології яка згадувалась раніше.

Після пророблених операцій ми встановлюємо на внутрішній частині заготовки сітку вогнезахисну, сам процес полягає в наступному:

1) На висланий вже шар препрегу з внутрішній частині обшивки в зоні установки сітки потрібно рівномірно нанести шар звязуючого й витримати при кімнатній температурі 40...60 хвилин.

2) Сітку відповідно знежирюємо нефрасом, після чого ацетоном й даємо просохнути 10...15 хвилин.

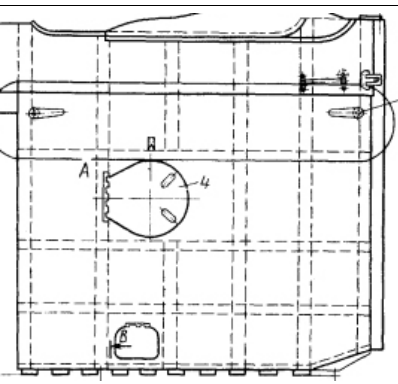
3) Далі ми викладаємо вже саму сітку по місту розмітки, ретельно її пригладжуємо резиновим шпателем тим самим забезпечуючи щільне прилягання сітки до деталі.

4) Після чого ми витримуємо при температурі повітря 2...3 години;

5) Далі вкладаємо перфорований розділову плівку й інші елементи.

Відповідно після кожної виконаної операції проводилася механічна обробка деталей, яка включала в себе обрізку технологічних припусків, по периметру деталі , обрізку елементів каркасу й інше, а також свердління отворів, в тому числі й перфорування, вся ця механічна обробка виконувалася на робочих місцях устаткованими по ГОСТу.

Таблиця 3.7 – Карта технологічного процесу виготовлення кришки капоту з препрегу СП-97К-5-211БН.

Ескіз			Технічні умови			
			Матеріал	Властивості		
			СП-97К-5-211БН	При $t=20^{\circ}\text{C}$: $\sigma_{B0} \geq 50 \text{ кГ/мм}^2$; $\sigma_{B90} \geq 26,7 \text{ кГ/мм}^2$ $E_0 \geq 3423 \text{ кГ/мм}^2$ $E_{90} \geq 2200 \text{ кГ/мм}^2$.		
№ операції	Назва операції, переходу	Обладнання, прилад и пристосування	Умови нагріву	Умови охолодження	Назва технологічного пристосування	Умови оброблення при здійсненні контрольних та додаткових операцій
1	2	3	4	5	6	7
1.	Вхідний контроль					
1.1	Хім. склад матер.	Стилоскоп				4..5 виробів від загальної кількості Контроль розмірів та геометрії
1.2	Міцність	УСР-С5503 «Instron»				
1.3	Розміри виробу	Штангенциркуль				

Продовження таблиці 3.7

2.	Викладка					
2.1	Підготов ка поверхні	Салфетки резинові печатки «Techni- mix 417»			1 форма, кількість деталей – 2шт.	Контроль розмірів та геометрії
2.2	Розкрій	Ніж, ножиці, лінійка, маркер, штангенц иркуль			1-шаблон, кількість заготовлен их препрегів - 6шт. з розміром 1100x1100, кількість стільников ого заповнюва ча -1шт., кількість сітки -2шт	Контроль розмірів та геометрії
2.3	Пайка	КТ1 короткої мпульсна пайка			1-шаблон, кількість сітки -2шт.	Контроль розмірів та геометрії

Продовження таблиці 3.7

2.4	Ручна викладка	Резинові печатки «Techni- mix 417», валик			1-форма, кількість шарів препрегу - 3шт., кількість сітки – 1шт.	Контроль розмірів та геометрії
3.	Формування					
3.1	Нагрів	Автоклав	$t_{\text{п}}=20^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{к}}=100\pm 5^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\text{н}}=35\text{хв.}$, робоче середовище – вакуум		1-піддон, кількість виробів - 1шт.	Кількість виробів у садці, $\tau_{\text{н}}$, t , тиск вакууму
3.2	Витримк а	Автоклав	$t_{\text{в}}=100\pm 5^{\circ}\text{C}$ $\tau_{\text{в}}=30-40\text{ хв.}$ робоче середовище вакуум		1-піддон, кількість виробів - 1шт.	Кількість виробів у садці, $\tau_{\text{н}}$, t , тиск вакууму
3.3	Нагрів	Автоклав	$t_{\text{п}}=100^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{к}}=150\pm 5^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\text{н}}=25\text{хв.}$, робоче середовище – вакуум		1-піддон, кількість виробів - 1шт.	Кількість виробів у садці, $\tau_{\text{н}}$, t , тиск вакууму

Продовження таблиці 3.7

3.4	Витримк а	Автоклав	$t_b=150\pm 5^{\circ}\text{C}$ $\tau_b=30-40$ хв. робоче середовище вакуум		1-піддон, кількість виробів - 1 шт	Кількість виробів у садці, τ_n , t , тиск вакууму
3.5	Нагрів	Автоклав	$t_n=150^{\circ}\text{C}$, $t_k=175\pm 5^{\circ}\text{C}$, $\tau_n=25$ хв., робоче середовище – вакуум		1-піддон, кількість виробів - 1 шт	Кількість виробів у садці, τ_n , t , тиск вакууму
3.6	Витримк а	Автоклав	$t_b=175\pm 5^{\circ}\text{C}$ $\tau_b=4-5$ год. робоче середовище вакуум		1-піддон, кількість виробів - 1 шт	Кількість виробів у садці, τ_n , t , тиск вакууму
3.7	Охолодж ення	Автоклав		$\tau_{ox}=55$ хв.,	1-піддон, кількість виробів - 1 шт	$t_k=50-60^{\circ}\text{C}$, час
4.	Контроль вихідний					Контроль розмірів та геометрії

5.	Механічна обробка	Фрезерування ЧПУ, ножниці, ніж, лінійка, штангенциркуль				Контроль розмірів та геометрії
----	----------------------	--	--	--	--	--------------------------------------

Після виготовлення вакуумного мішку поміщають на автоклавний стіл в термopіч, після чого до мішку приєднують вакуумну систему та закривають термopіч, після чого провести формування деталі кришки капоту по наступному режиму (рис.3.3):

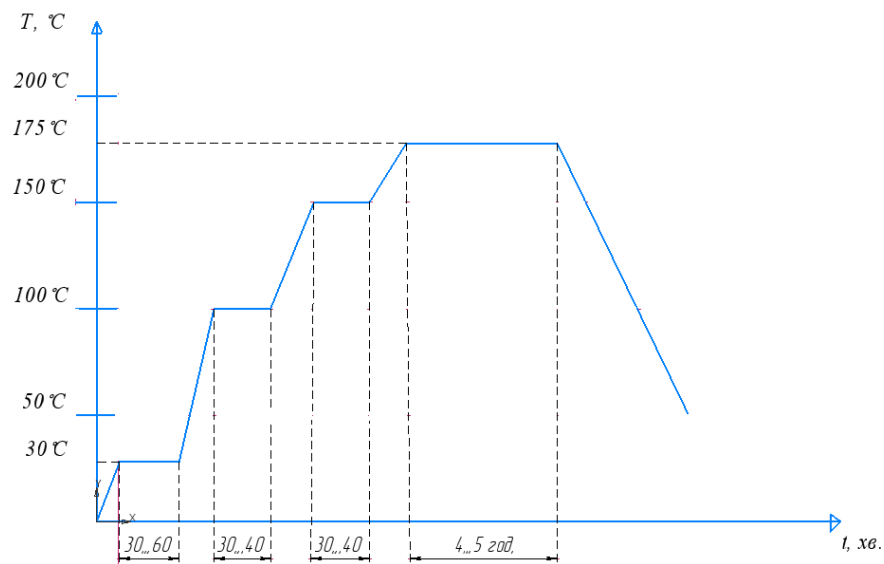


Рисунок 3.3 – Типовий режим полімеризації

- 1) Створити вакуум не менше 0,085МПа
- 2) Витримати при температурі 15...30°C на протязі 30...60 хвилин
- 3) Підняти температуру до (100±5)°C зі швидкістю 1...2°C в хвилину

- 4) Витримати 30...40 хвилин
- 5) Підняти температуру до $(150 \pm 5)^{\circ}\text{C}$
- 6) Витримати 30...40 хвилин
- 7) Підняти температур до $(175 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ зі швидкістю $1 \dots 1, 5^{\circ}\text{C}$ в хвилину
- 8) Витримати на протязі 4...5 годин.
- 9) Охолодити під вакуумом до температури $50 \dots 60^{\circ}\text{C}$ зі швидкістю не більше 2°C в хвилину.

3.4 Контроль якості виготовлення кришки капоту

Якість виготовлених деталей й конструкцій забезпечується дотриманням вимогам КД й технологічних режимів на всіх етапах виготовлення. Відповідно всі технологічні процеси виготовлення конструкцій виконуються згідно технологічній документації й підтримуються окремого контролю.

В процесі виготовлення конструкцій контролю підлягають наступні:

- 1) Технологічна оснастка (наявність вхідних елементів, планової інформації, чистота формуютьуючих поверхонь, відповідність геометричним параметрам);
- 2) Використовування основних матеріалів на відповідність НД;
- 3) Основні технологічні операції (приготування звязуючого, виготовлення припрегів, викладка шарів припрегів) в відповідності вимогам КД й інструкцій.

Також проводиться й контроль вже готових деталей й конструкцій на відповідність вимогам КД, що включає в себе:

- 1) Контроль зовнішнього виду й контурів: контролюється якість поверхні конструкції, відповідність контурам конструкційній розмітці на оснастці.
- 2) Контроль міцності зразків свідків;

3) Контроль механічних властивостей й якості затверділих пластин;

4) Контроль маси деталі.

Окрім того проводиться також контроль смоли в пластику, пористості, ступеню полімеризації й густини виробництва

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

4.1 Дослідження термостійкості

Результати термостійкості модифікованого поліамідного сполучника показали, що введення в сполучна СП-97К в якості модифікатора сполучного 5-211БН в кількості від 5 до 15% не знижує його термостійкість (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 - Вагові втрати модифікаційного звязуючого СП-97К.

Температура, °С	Вагові втрати, %				
	Без Модифікацій	5% 5-211БН	10% 5-211БН	15% 5-211БН	20% 5-211БН
150	0,5	0,6	0,6	0	0,6
200	4,2	4,2	2,5	2,5	2,8
250	7,2	7,2	6,5	6,0	7,2
300	11,3	11,3	10,3	10,0	11,0
350	14,3	14,3	13,5	13,0	15,0
400	17,0	17,0	16,2	15,5	18,0

Як видно з представлених даних, найбільшою термостійкістю володіє композиція з вмістом 15% в якості модифікатора сполучного 5-211БН. Подальше збільшення кількості модифікатора до 20% призводить до незначного зниження термостійкості (1,0-1,3%). На основі отриманих результатів для модифікації поліамідного сполучного було вибрано 15% епоксифенольними смоли 5-211БН. На основі модифікованого сполучного СП-97К-5-211БН методом вакуумного формування були виготовлені зразки склотекстоліти і визначені його характеристики. технологічні параметри виготовлення склотекстоліту на основі модифікованого сполучного подібні до установок переробки чистого сполучного СП-97К.[27]

4.2 Механічні властивості

Порівняльні результати випробувань на між шаровий зсув склотекстоліти на основі зв'язуючих СП-97К і СП-97К-5-211БН наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 - Міцність при зсуві склотекстолітів

Температура випробування, °С	$\tau_{зсв}$, МПа	
	Марка склотекстоліту	
	СТП-97К	СТП-97К-5-211БН
20	23	38
250	20	28
300	17	22
300(100Г)	15	22

Порівняльні результати випробувань на розшарування склотекстолітів на основі зв'язуючих СП-97К і СП-97К-5-211БН наведені в табл.4.3.

Таблиця 4.3 - Міцність при розшаруванні склотекстолітів

Температура випробування, °С	$\sigma_{розш}$, МПа	
	Марка склотекстоліту	
	СТП-97К	СТП-97К-5-211БН
20	0,21-0,27	0,35-0,40

4.3 Дослідження вогнестійкості та димоутворення

Як показали результати випробувань, введення в сполучника СП-97К епоксифенольні сполучного 5-211БН в кількості 15% (від маси сухої смоли СП-97К) дозволяє підвищити між шарову і адгезійну міцність склотекстолітів на основі поліамідних сполучних. З метою визначення

вогнестійкості і димоутворення склотекстоліти на основі модифікованого поліімідного сполучного були проведені його порівняльні випробування з склотекстоліти СТП-97К. результати випробування представлені в табл. 4.4 і 4.5.

Таблиця 4.4 - Горючість склотекстолітів.

Марка матеріалу	Товщина зразків, мм	Час експозиції, с	Тривалість залишкового горіння і тління після експозиції, с	Висота прогорання, мм	Час початку горіння, мм	Максимальна висота полум'я, см	Класифікація
СТП-97К	2,2	60	0	37	1	12	Важкоспалених
СТП-97К-5-211БН	2,3	60	0	35	1	10	Важкоспалених

Таблиця 4.5 - Димоутворення склотекстолітів.

Марка матеріалу	Товщина зразку, мм	Режим випробування	Д2	Д4	Д _{макс}	Класифікація
СТП-97К	2,0	Пироліз	1	1	5	Група 1
		Горіння	1	1	3	Практично не видаляючий дим
СТП-	2,0	Пироліз	1	1	5	Група 1
						Практично не

97К-5-211БН		Горіння	<1	1	3	видаляючий дим
СТП-97К	2,7	Пироліз	1	1	6	Група 2
		Горіння	1	3	9	Слабодимящій
СТП-97К-5-211БН	2,6	Пироліз	1	2	11	Група 2
		Горіння	<1	1	5	Слабодимящій

Як бачимо в табл. 4.4, введення звязуючого СП-97К 15% епоксифенольного звязуючого 5-211БН не погіршують вогнестійкість склотекстоліти на модифікованому сполучному в порівнянні з склотекстолітів СТП-97К.[28]

Димовиділення обох склотекстолітів практично однаково при аналогічних товщинах (табл. 4.5).

4.4 Дослідження впливу кліматичних умов

Дія води глобулярна структура сполучного в склопластику, як і вивченого раніше не наповненого полімеру, помітно укрупнюється, внаслідок чого полімер стає більш пухким. У полімері з'являються також мікропори. У деяких місцях під дією води виникають зсувні мікротріщини (рис. 4.1), обумовлені, ймовірно, внутрішньою напругою в матеріалі. В смолі під волокном (рис. 4.2), крім того, утворюються тріщини до 1 мк, які спрямовані перпендикулярно скловолокну. Такі тріщини з'являються в смолі не під усіма волокнами, що свідчить про великий неоднорідності розподілу внутрішніх напружень в матеріалі. [29]



Рисунок 4.1 - Склотекстоліт ФН; скол сполучного після 24 год кип'ятіння в дистильованій воді ($\times 20000$)

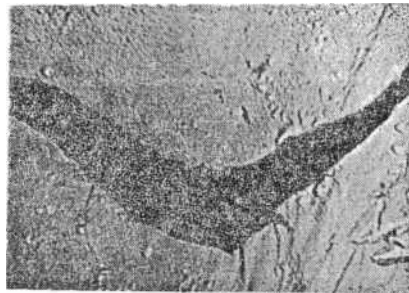


Рисунок 4.2 - Склотекстоліт ЕМР-1; смола під волокном після 2 ч кип'ятіння в дистильованій воді ($\times 20000$)

Утворення тріщин можна пояснити зміною внутрішніх напруг при дії води внаслідок набрякання смоли. Встановлено, що затверділі епоксидні полімери при поглинанні води помітно розширюються, що може привести до зміни внутрішньої напруги в плоских покриттях більш ніж на 100 кг / см^2 . У пелюстках, де конфігурація полімеру між волокнами може бути найрізноманітнішою, можливі значно більші концентрації напружень, що перевершують міцність полімеру, які і призводять до його розтріскування.[30]

Для початкової стадії дії води на склопластики характерно поява на неаппретированих скляних волокнах слідів корозії у вигляді нешироких і порівняно довгих порожнин, спрямованих в основному уздовж осі волокна. Зі збільшенням часу дії води ці порожнини стають більш розгалуженими та по довжині в кілька разів перевищують діаметр волокна. При цьому частка поверхні волокна, зайнята такими порожнинами, зростає, і з часом вони покривають більшу частину волокна. В цьому випадку адгезійних зв'язок

зберігається лише на деяких ізольованих ділянках. Структура дна цих порожнин більш рихла, ніж структура поверхні скловолокна. Після тривалої дії води, коли порожнини займають значну частку поверхні, в них з'являються численні дрібні тріщини, обумовлені, ймовірно, усадкою поверхневого шару скла під впливом вилугування. Процес утворення і зростання таких порожнин проходить однаково як при кімнатній температурі, так і при кип'ятінні, з тією лише різницею, що його швидкість в останньому випадку значно вище. Слід зазначити, що поява таких мікропорожнин є найбільш характерним з спостерігалися нами структурних змін в склопластиках при зволоженні. Відповідно нижче проведений рисунок 4.3 залежності волого поглинання в залежності від тривалої дії вологи на склопластів.

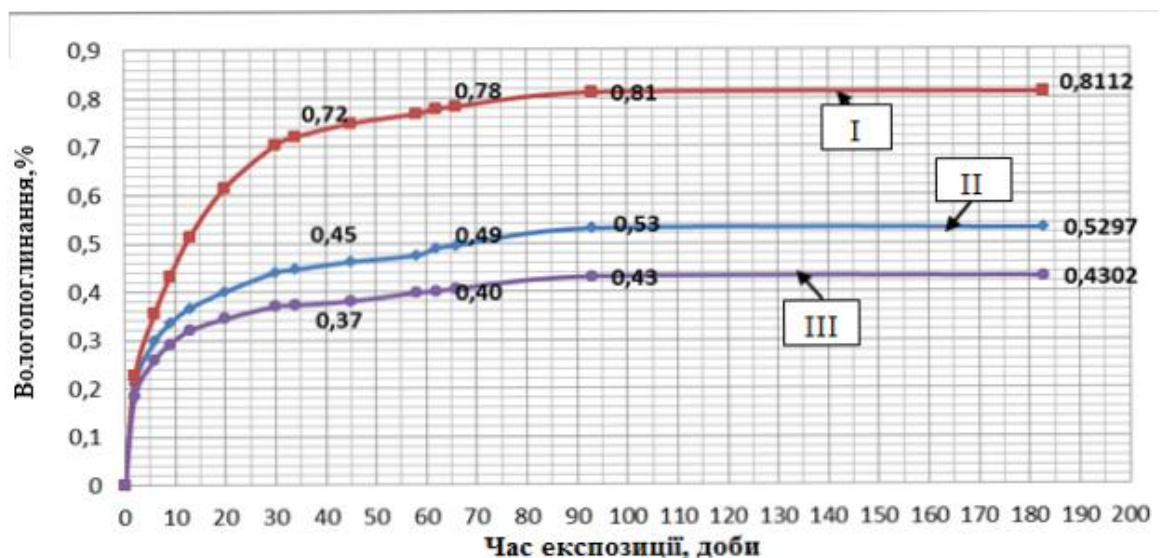
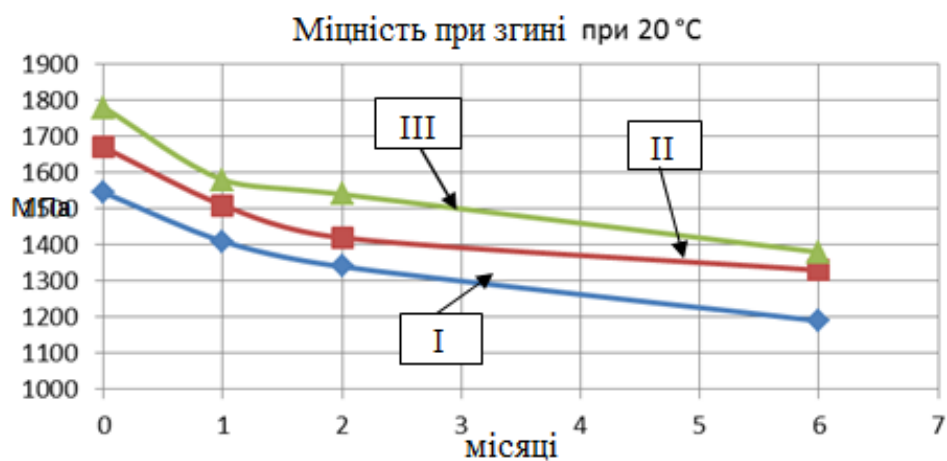


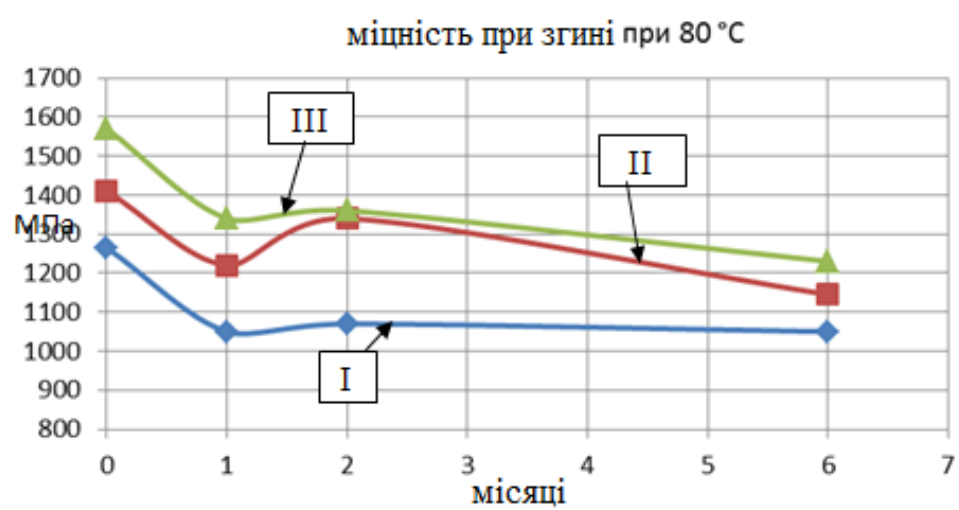
Рисунок 4.3 - Вологопоглинання склопластиків при температурі 60 ° C і вологості $\phi = 85\%$ протягом 180 діб.

5.

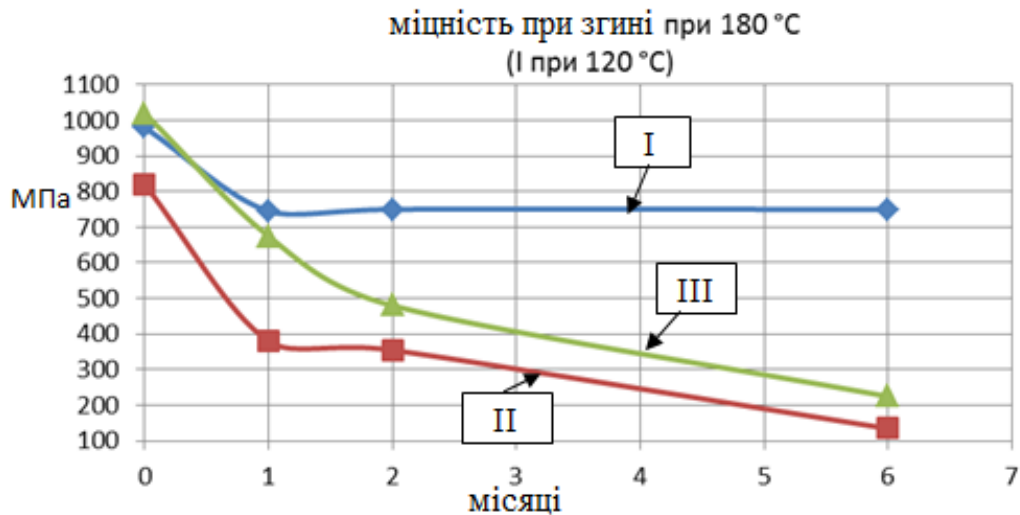
На графіках (рис. 4.4) наведені результати, що показують вплив вологопоглинання на зміну міцності при згині при нормальній і підвищеній температурах.



а



б



В

Рисунок 4.4 - Зміна міцності при вигині стеклотекстолитов при нормальній 20 ° С: (а) і підвищеної температурах 80 ° С (б) і 180 ° С (в) в процесі експозиції в тепловологових умовах.

Після експозиції протягом 30 діб для всіх типів досліджуваних склопластиків міцність при вигині при нормальній температурі становить близько 90% від вихідного значення. При підвищеній температурі найбільше зниження міцності характерно для склопластику (II).

Після досягнення рівноважного вологопоглинання за період експозиції 180 діб міцність при вигині при нормальній температурі становить 77-80% від початкового значення для всіх склопластиків. При підвищеній температурі міцність при вигині найбільш сильно падає для склопластиків на поліціануратном сполучному (III) і становить відповідно 16,5 і 22% від початкового значення.

Вплив підвищеної вологості і температури на полімерні композиційні матеріали крім зниження міцності, зазвичай призводить до зниження температури початку фазових і релаксаційних переходів. Внаслідок пластифікації полімерної матриці поглиненої вологою сегментальна рухливість ділянок полімерного ланцюга між вузлами сітки збільшується, що призводить до зниження температури початку структурних змін

5 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

5.1 Характеристика ринку композиційних матеріалів.

На український ринок композиційних матеріалів впливають як загальноекономічні, так і специфічні фактори. Вітчизняні компаундери конкурентоспроможні за витратами, незважаючи на імпорту добавок і наповнювачів. Стагнація попиту в цивільному секторі опосередковано компенсується через замовлення в ВПК. При стабілізації економічних умов компанії композитної галузі продовжують бачити перспективи відкладеного зростання.

За підсумками 2014 року обсяг ринку термопластичних компаундів в Україні (без ПВХ і суперконцентратів барвників) експертно склав близько 290 тис. Т. З цього обсягу 70% припало на внутрішнє виробництво і 30% - на імпорту. Обсяг ринку в 2015 р в кращому випадку залишиться на такому ж рівні, але можливо і зниження, причому істотне - до 15-20%. [31]

У структурі поставок внутрішнього виробництва зараз переважають незалежні українські компаундери (50%), далі йдуть заводи з переробки пластмас (20%), як правило, виробляють компаунди для власних потреб. Імпорт, що становить близько 30%, ділять незалежні європейські та азіатські компаундери (13%), виробники базових полімерів Е & А (11%) і дистриб'ютори (6%). За типом полімерної матриці найбільшу частку ринку займають поліпропіленові (40%) і поліамідні (20%) компаунди.

За підсумками 2014 року виробництво поліефірних смол в країні склало 24.97 тис. Т, прогноз на 2015 рік передбачає невелике збільшення - до 28.25 тис. Т. Споживання в 2014 р зафіксовано на рівні 37,9 тис. Т. Лідером за обсягами внутрішнього виробництва з показником 37% стала компанія «Дугалак». У 2015 року підприємство планує випустити 11 тис. Т продукції і тим самим вийти на максимальну потужність. При цьому смоли компанії - незважаючи на складну ситуацію в галузі - користуються стабільним попитом у споживачів. Є певні передумови для відкриття другого

підприємства, які, однак, стикаються з суворою реальністю у вигляді вартості позикових коштів. Зниження ставки по кредитах - навіть за відсутності держпідтримки - могло б стати вирішальним аргументом на користь розширення виробництва і відкриття нових потужностей.

Ринок епоксидних смол в Україні вкрай імпортозалежним - не менше 90% сировини завозиться з кордону. При цьому, навіть офіційні 10% внутрішнього виробництва на ділі часто виявляються лише фасуванням імпортової продукції. Місце вітчизняного виробництва міцно зайняли азійські постачальники, і повернути втрачені позиції вкрай складно: немає ні розробок нових сучасних смол, ні фахівців.

За час становлення ринку композитів і компаундів в Україні до 40% зросла частка українських виробників у поставках композиційних матеріалів для автопрому; виробники поліефірних смол готові вкладати в розширення своїх працюючих на межі потужностей. «Зростання, який всі чекають в композитної галузі, щоб задовольнити попит на високотехнологічну продукцію, можуть забезпечити саме постачальники сировини і переробники, які вже є конкурентоспроможними на світовому рівні. Курс гривні, пільгове фінансування та адресне відшкодування відсотків по кредитах зроблять позитивний, але недостатній для повернення до зростання вплив на галузь. Обов'язковою умовою стане відновлення попиту. Автомобілебудування, авіація, суднобудування, енергетика, трубні застосування - при нормалізації в ключових сегментах зростання споживання ПКМ буде вище темпів зростання в самих цих індустріях. Найближчі рік-півтора покажуть, хто з російських компаундер досяг успіху, і яка з ніш виявилася перспективнішою», - вважає Микола Асатіані, генеральний директор INVENTRA.

5.2 Обґрунтування наукових досліджень

Метою цього розділу є обґрунтування доцільності використання композиційних матеріалів в виготовленні кришки капоту.

Таблиця 5.1 - Техніко-економічні показники виробів

Найменування виробу	Базовий виріб	Новий виріб
1.Кришка капоту.	Сталь 08	СП-97К-5-211БН з наповнювачем Т-10-80
2. Технологія зміцнення	Відпал, Гартування, Гальваничне покриття	Викладка, Вакуумне формування, Механічна обробка.
3.Програма випуску, шт	2	2

Відомо, що кришка капоту має базову собівартість $C_1 = 43200$ грн.

Для розрахунку собівартості нового виробу C_2 необхідно розрахувати собівартість удосконалення виробу та технологію його зміцнення.

Вартість сировини і основних матеріалів розраховується на основі технічно обґрунтованих норм використання на виробництво одиниці виробу, цін відповідних видів матеріальних ресурсів. При цьому враховуються транспортно-заготівельні витрати. Сума витрат на сировину та матеріали зменшується на величину зворотних відходів, які створюються в процесі виробництва. Вартість сировини та основних матеріалів наведена в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Вартість сировини та основних матеріалів для

Найменування сировини та основних матеріалів	Норма використання	Ціна,грн	Вартість,грн
Сполучник СП-97К-5-211-БН	12 кг	960	11520
Наповнювач Т-10-80	6м	450	2700

Продовження таблиці 5.2

Разом	-	1410	14220
-------	---	------	-------

Основна заробітна плата основних виробничих робітників на одиницю виробу розраховується на основі трудомісткості виготовлення та часових тарифних ставок.

Розрахунок основної заробітної плати на одиницю продукції наведений в таблиці 5.3.

5.3 Таблиця – Заробітна платня основних робітників.

Найменування операції	Норма часу, н-годин	Розряд робіт	Часова тарифна ставка, грн.	Заробітна плата на одиницю продукції (розцінка), грн.
Викладка	80	4	42	3360
Формування в автоклаві	15	5	55	825
Механічна обробка	1	4	42	42
Усього	96	13	139	4227

Додаткова заробітна плата виробничих робітників виплачується за кількість та якість виконаної роботи. Вона вміщує надбавки і доплати, премії за виробничі результати, оплату чергових та додаткових відпусток та інше. Додаткова заробітна плата складає 40% від основної, та розраховується за формулою

$$ЗД = ЗО \cdot \frac{K_d}{100}, \text{ грн.}$$

$$ЗД = 4227 \cdot \frac{40}{100} = 1690,8, \text{ грн.}$$

де K_d – процент додаткової заробітної плати.

Відрахування на соціальні заходи являють собою форму перерозподілу доходу на фінансування суспільних потреб, розраховуються згідно діючого законодавства і складають 22% від фонду оплати праці. Відрахування на соціальні заходи розраховуються за формулою

$$BC = (ЗО + ЗД) \cdot \frac{K_{bc}}{100}, \text{ грн.}$$

$$BC = (4227 + 1690,8) \cdot \frac{22}{100} = 1301,9, \text{ грн.}$$

K_{bc} - % відрахування на соціальні заходи.

Загальновиробничі витрати вміщують витрати на утримання та експлуатацію обладнання, цехові витрати і послуги виробничого характеру. Витрати на утримання та експлуатацію обладнання вміщують витрати на технічне обслуговування машин і механізмів, витрати на поточний ремонт обладнання, цехового транспорту та інструментів, знос малоцінних і швидкозношуваних приладів, заробітну плату допоміжного персоналу, що складає 500% від основної заробітної плати. Цехові витрати вміщують витрати, пов'язані з поточним ремонтом та амортизацією будівель цеху, заробітну плату керівників і спеціалістів цеху, витрати на охорону праці та техніку безпеки в цеху та інші.

$$ВУЕО = ЗО \cdot \frac{\varepsilon}{100}, \text{ грн.}$$

$$ВУЕО = 4227 \cdot \frac{500}{100} = 21135, \text{ грн.}$$

де ε -% витрати на утримання та експлуатацію обладнання

Загальновиробничі витрати складають в середньому 400% до основної заробітної плати та розраховуються за формулою

$$ЗВВ = ЗО \cdot \frac{\alpha}{100}, \text{ грн.}$$

$$ЗВВ = 4227 \cdot \frac{400}{100} = 16908, \text{ грн}$$

де α - % загально виробничих витрат.

Вищенаведені витрати складають виробничу собівартість.

Адміністративні витрати вміщують витрати, пов'язані з утриманням адміністративно - управлінського персоналу підприємства, а також утриманням та експлуатацією основних засобів загального виробничого призначення, охорону праці та техніку безпеки персоналу та інші. Адміністративні витрати складають в середньому 200% від основної заробітної плати основних виробничих робітників та розраховуються за формулою

$$АВ = ЗО \cdot \frac{\beta}{100}, \text{ грн.}$$

$$АВ = 4227 \cdot \frac{2}{100} = 8454, \text{ грн.}$$

де β - % адміністративних витрат.

Витрати на збут складаються з витрат, пов'язаних з реалізацією продукції і вміщують витрати на тару та тарні матеріали, транспортування готової продукції, рекламу, витрати на маркетингові дослідження та інші. Витрати на збут складають 2% від виробничої собівартості і розраховуються за формулою

$$BЗ = C_v \cdot \frac{\gamma}{100}, \text{ грн.}$$

$$BЗ = 67936,7 \cdot \frac{2}{100} = 1358,7, \text{ грн.}$$

де C_v – собівартість виробнича, грн;

γ - % витрат на збут .

Прибуток складає 30% від повної собівартості і розраховується за формулою

$$П = C \cdot \frac{P}{100}, \text{ грн.}$$

$$П = 69295,4 \cdot \frac{30}{100} = 20788,62 \text{ грн.}$$

де P – рентабельність виробу, %.

Калькуляція собівартості і ціни продукції наведена в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Калькуляція собівартості термічної обробки

Статті витрат	Сума, грн
1 Сировина і основні матеріали	14220
2 Купівельні комплектуючі вироби	-
3 Основна заробітна плата основних виробничих робітників	4227
4 Додаткова заробітна плата основних виробничих робітників	1690,8
5 Відрахування на соціальні заходи з заробітної плати основних виробничих робітників	1301,91
6 Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	21135
7 Загальновиробничі витрати	16908
8 Адміністративні витрати	8454
8 Собівартість виробнича	67936,7

9 Витрати на збут	1358,7
10 Повна собівартість	69295.4
11 Прибуток	20788,62

Для композиційного матеріалу Сталь 08: вага $V_1=32\text{кг}$, повна собівартість $C_1=43200$ грн, програма випуску $N=2$ шт.

Для СП-97К-5-211БН з волокнами Т-10-80: $V_2=19\text{кг}$, $C_2=69295.4$ грн, $N=2$ шт.

$$\Delta V = V_1 - V_2, \text{ кг}$$

$$\Delta V = 32 - 19 = 13\text{кг}$$

$$Z = V \cdot N, \text{ грн.}$$

Де Z – вага партії кришок капоту гелікоптера.

$$Z_{\text{ст.08}} = 32 \cdot 2 = 64 \text{ кг};$$

$$Z_{\text{СП-97К-5-211БН}} = 19 \cdot 2 = 38 \text{ кг.}$$

За рахунок зниження ваги СП-97-5-211-БН на 26кг завдяки використанню матеріалу з волокнами Т-10-80, зменшуються витрати на енергоресурси та з'являється можливість збільшити корисне навантаження.

Звідси ми можемо розрахувати економічний ефект від впровадження нової розробки:

$$E = ((C_1 \cdot K_{\text{е.р}}) - C_2) \cdot N, \text{ грн};$$

C_2 – повна собівартість;

$K_{\text{е.р}}$ – коефіцієнт економічного ресурсу;

C_1 – собівартість до удосконалення.

$$E = ((43200 \cdot 1,5) - 69295.4) \cdot 2 = 8990,8 \text{ ,грн.}$$

Таким чином можна зробити висновок, що собівартість СП-97-5-211-БН з волокнами Т-10-80 яка складає 69295.4 грн більша ніж у ст.08 тому, сама технологія являється новітньою в виробництві, й потребує більших витрат в виробництві кришки капоту для гвинтокрила, так як закупка сировини потребує значних затрат порівнюючи з звичайною сталю ст.08, тим самим для виготовлення деталі з композиційних матеріалів потребують більш сучасного й вдосконаленого обладнання, що в собі несе немалі затрати на закупку даних обладнань. Тому виготовлення виробу з композиційного матеріалу значно більша ніж при виготовленні деталі зі сталі ст.08, й тим самим оправдує по всім показникам властивостей й працездатності кришки капоту.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі надані основні заходи з охорони праці, при дослідженні композиційних матеріалів.

6.1 Аналіз потенційних небезпек

а Не задовільні параметри при організації робочого місця дослідника в наслідок не виконання вимог ергономічності, що може призвести до зниження працездатності.

б Можливість ураження електричним струмом. Основною причиною т порушення правил з електробезпеки, зокрема допуск до виконання робіт осіб, які не пройшли навчання та перевірку знань з електробезпеки, або несправності енергоспоживального обладнання, то може призвести до електричних травм або до летальних наслідків.

в Можливість отримання механічних травм при отриманні композиційного матеріалу СП-97К-5-211-БН, зокрема при використанні допоміжних пристосувань.

г Небезпеки які пов'язані з формування кришки капоту в автоклаві.

д Можливість отримання механічних травм при випробуванні механічних, експлуатаційних властивостей дослідницьких зразків.

е Незадовільні метеорологічні параметри повітряного середовища в приміщенні дослідницької лабораторії, внаслідок неефективної роботи систем опалення та повітрообміну.

є Незадовільне освітлення робочих місць в дослідницьких лабораторіях, внаслідок виходу з ладу джерел освітлення, що може призвести до погіршення зору та зниження працездатності.

ж Можливість загоряння в наслідок порушення правил пожежної безпеки, порушень правил зберігання легкозаймистих речовин, або коротких замикань, що може призвести до пожежі.

з Небезпеки, які пов'язані з умовами праці у надзвичайних ситуаціях зокрема, порядок проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт.

6.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки

а Для усунення загрози отримання механічної травми через не ергономічність робочого місця необхідно правильно організувати робоче місце, враховуючи ергономічні вимоги дослідника згідно з ГОСТ 12.2.032-78 «Робоче місце при виконанні робіт сидячи. Загальні ергономічні вимоги»

Конструкція та взаємне розташуванні елементів робочого місця повинні відповідати антропогенним, фізіологічним і психологічним вимогам а також характеру людини. При проектуванні обладнання та організації робочого місця слід врахувати антропометричні показники дослідника, зручність розташування клавіатури, дисплею, та інших необхідних для роботи пристроїв, а також зони досяжності рук дослідника, що необхідно для роботи пристроїв. Враховуючи зріст та вагу дослідника визначається висота стола, за яким він працює. Робочий стілець також має бути зручним для роботи. При організації робочого місця повинні бути створення умови для попередження неправильних дій оператора. З цією метою всі основні аварійні органи управління повинні легко опізнаватися (зорово або на дотик), між органами управління має бути вільний простір, що дозволяє легко маніпулювати ними без зачеплення сусідніх органів управління.

б Основними заходами захисту від можливості ураження електричним струмом є:

Організаційні:

До виконання робіт допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли навчання та перевірку знань з електробезпеки, та отримали допуск відповідно групи (2 чи 3).

Згідно ДНАОП 1.1.10-1.01-200 «Правила безпеки експлуатації електроустановок споживачів» експлуатацію та ремонт електрообладнання повинен здійснювати тільки спеціально підготовлений персонал. Для кожного виду обладнання повинні бути складені схеми нормування роботи та роботи в аварійних ситуаціях.

Технічні:

всі не ізольовані струмопровідні елементи електрообладнання повинні бути надійно огорожено суцільними огороженнями, зняття або відкриття, яких можливе тільки за допомогою спеціальних пристроїв;

розташування струмоведучих частин на недоступній висоті (до 1000В не менше 3,5м, при напрузі більше 1000В - не менше 6м);

наявність захисного заземлення.

в Основні вимоги для запобігання від механічних травм при використанні допоміжних пристосування для виготовлення композиційного матеріалу СП-97К-5-211-БН а зокрема використання ножиців та інші ріжучі інструменти. Безпечність роботи забезпечується:

- Користуванням ножицями із заокругленими кінцями і справжнім ножем із заокругленим лезом зі справним станом інструменту.
- Уважно слідкувати за напрямком зрізу.
- Використовуємо безпечні приборами для розрізання плівки та препрегів СП-97К-5-211-БН .
- Забораняється працюйте тупими ножицями і тупим ножем.
- Забораняється тримайте ножиці лезом угору, а також ніж лезом угору.
- Не залишати ножиці у відкритому вигляді.

- Під час різання слід підтримувати матеріал лівою (для ліворуких — правою) рукою так щоб пальці були осторонь від леза ножиців.
- Утримувати в чистоті й порядку робоче місце.
- Використовувати інструмент тільки за призначенням.

г) Основними заходами захисту від використання автоклаву є:

Організаційні:

➤ Устаткування, при експлуатації якого можливе виділення шкідливих речовин у повітря робочої зони, необхідно облаштувати зонтом з місцевою витяжною вентиляцією.

Пуск місцевої витяжної вентиляції потрібно заблокувати з пуском технологічного обладнання.

➤ Роботодавець зобов'язаний організувати контроль параметрів повітря робочої зони на вміст шкідливих речовин відповідно до Вимог до роботодавців щодо захисту працівників від шкідливого впливу хімічних речовин, затверджених наказом Міністерства надзвичайних ситуацій України від 22 березня 2012 року № 627, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 10 квітня 2012 року за № 521/20834 (НПАОП 0.00-8.11-12).

➤ Роботодавець зобов'язаний здійснювати контроль рівня шуму на робочих місцях відповідно до вимог ГОСТ 12.1.050-86 "ССБТ. Методы измерения шума на рабочих местах" та ДСТУ 2867-94 "Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги".

➤ Рівень вібрації на робочих місцях не повинен перевищувати норм, встановлених Державними санітарними нормами виробничої загальної та локальної вібрації (ДСН 3.3.6.099-99), затвердженими постановою Головного Державного санітарного лікаря України від 01 грудня 1999 року № 39, та ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 "ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования".

➤ Освітлення робочих місць повинно відповідати вимогам ДБН В.2.5-28-2006 "Природне та штучне освітлення", затверджених наказом

Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України від 15 травня 2006 року № 168.

Технічні:

- Експлуатація автоклавів здійснюється відповідно до вимог Технічного регламенту безпеки обладнання, що працює під тиском, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 19 січня 2011 року № 35

- Рухомі і обертові частини машин і механізмів (маховики, вали, муфти, передачі) необхідно огородити відповідно до вимог ГОСТ 12.2.062-81 "ССБТ. Оборудование производственное. Ограждения защитные".

- Технологічні операції, пов'язані з використанням шкідливих речовин, необхідно проводити при ввімкнених вентиляційних системах відповідно до вимог Правил з безпечної експлуатації систем вентиляції у хімічних виробництвах, затверджених наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 05 жовтня 2009 року № 164, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 27 жовтня 2009 року за № 988/17004 (НПАОП 0.00-1.27-09).

- Виклеювання вакуумних мішків слід проводити на ділянці підготовки пакета (вузла) до автоклавного формування. Для виготовлення вакуумних мішків або діафрагм слід застосовувати термостійкі, газонепроникні, міцні матеріали, які мають здатність облягати задану форму поверхні деталі.

- Для захисту від розриву вакуумного мішка або діафрагми під час склеювання агрегату, що має гострі кромки, необхідно використовувати спеціальні накладки, які забезпечують непорушність виробу.

- Притискні планки, струбцини, які використовуються для додаткової герметизації торця вакуумного мішка або діафрагми, а також виводи термопари, вакуумного штуцера або дренажної трубки не повинні порушувати герметичність пакета (вузла).

- Транспортування пакета (вузла) в автоклав необхідно здійснювати за допомогою автоклавного візка.
- Пакет (вузол), підготовлений до операції автоклавного формування, не повинен виходити за межі робочої камери автоклава та автоклавного візка.
- Приєднання клем термопар та вакуумного штуцера пакета (вузла) до системи автоклава необхідно проводити із забезпеченням герметичності з'єднань і тільки після закріплення автоклавного візка всередині автоклава.
- Операцію автоклавного формування слід проводити лише після перевірки справності всіх систем і засобів контролю та регулювання автоклавної установки, а також за відсутності всередині автоклава працівників.
- Байонетні затвори автоклавів, в яких можливе накопичення конденсату, потрібно обладнати дренажними та захисними пристроями. Тару для клеїв, розчинників і відходів виробництва необхідно виготовляти з негорючих матеріалів, що не викликають іскріння при контакті з кришкою. На виробниче обладнання потрібно нанести знаки безпеки відповідно до вимог Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 року № 1262, а також ДСТУ ISO 6309:2007 "Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір".
- Визначення безпечного ресурсу роботи автоклава за кількістю циклів навантаження проводиться розробником обладнання відповідно до чинної нормативно-технічної документації.
- З'єднання кришки з корпусом автоклава здійснюється за допомогою байонетного затвору. Відкривання і закривання байонетного затвору необхідно механізувати. Механізм повертання байонетного кільця і відведення кришки необхідно забезпечити електричним, пневматичним або гідравлічним приводом.

- Фланці корпусів автоклавів слід забезпечити фіксаторами для контролю положення кришки при її закриванні.

- Всю апаратуру керування і засоби автоматизації необхідно зосередити на щиті контролю і керування, що встановлюється поряд з автоклавом.

- На щиті контролю і керування слід передбачити органи керування, що забезпечують виконання таких функцій:

- відкривання і закривання вентиля подачі робочого середовища для створення тиску в автоклаві;

- відкривання і закривання вентиля скидання тиску з автоклава;

- створення і скидання тиску в ущільнювальному пристрої автоклава (при подачі тиску від зовнішнього джерела);

- автоматизацію ведення технологічного процесу (для автоматизованих автоклавів).

д Для запобігання механічних травм в процесі випробування на механічні властивості передбачено виконання інструкцій з техніки безпеки, які стосуються конкретно дослідницького обладнання.

Для запобігання механічних травм в процесі механічних випробувань на розтяг на інсталяції УСП-CS503 фірми Instron передбачено триступеневу систему захисту:

- для запобігання зриву зразка внаслідок перекосив або зношування захватів передбачені центруючі та вирівнюючі втулки;

- для виключення похибок при випробуванні, інсталяція має електронну систему управління та гідравлічний привод, що дає змогу програмувати режим випробування та не допускати максимальне навантаження на конструкцію інсталяції, що може призвести до руйнування та аварійної ситуації;

- усі електричні кабелі екрановані спеціальними кожухами, що дає можливість уникнути ураження електричним струмом.

-

6.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

е Для забезпечення задовільних параметрів повітряного середовища робочого простору (температура, вологість, швидкість переміщення повітряних мас) обов'язковими є природна вентиляція, загально обмінна штучна вентиляція, та кондиціювання приміщення згідно ГОСТ 2.2.137-96 «Оборудование для кондиционирования воздуха и вентиляции. Общие требования безопасности», СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование», ГОСТ 30646-99 «Кондиционеры центральные общего назначения. Общие технические условия», ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Заходи щодо забезпечення санітарних норм мікроклімату розробляються відповідно до вимог ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

є Вибір системи освітлення залежить від зорових робіт і визначається за Державними будівельними нормами України ДБН В.2.5–28–2006 «Природне і штучне освітлення», ГОСТ 12.2.007.13-2000 ССБТ «Лампы электрические. Требования безопасности», ГОСТ МЭК 60598-2-2-2002 «Светильники. Часть 2. Частные требования. Раздел 2. Светильники встраиваемые».

При цьому враховується вимога, що при виконанні в приміщеннях робіт I–III, IVa, IVб, IVв, Va розрядів слід застосовувати систему комбінованого освітлення. Використання системи загального освітлення передбачено при технічній неможливості або недоцільності влаштування місцевого освітлення при узгодженні з органами державного санітарного нагляду. При комбінованому освітленні доля загального повинна складати не менше 10%.

В роботі передбачено визначення повітряобміну з урахуванням типу виробничого приміщення та виду виробництва.

Природна вентиляція використовується для нормалізації мікроклімату як у невинробничих так і у винробничих приміщеннях без виділення шкідливих речовин.

Штучна механічна вентиляція застосовується в тих випадках, коли тепловиділення у приміщенні недостатньо для постійного, протягом року, використання природної вентиляції, або коли кількість чи токсичність речовин, що виділилися у повітря приміщення викликали необхідність постійного повітряобміну незалежно від метеорологічних умов навколо середовища.

Загальнообмінна вентиляція забезпечується створенням необхідного мікроклімату та чистоти повітряного середовища у всьому об'ємі робочої зони приміщення.

Місцева витяжна механічна вентиляція забезпечує вловлювання шкідливих виділень безпосередньо в місцях їх виділення, що запобігає поширення цих речовин в приміщенні.

Продуктивність природної вентиляції в приміщенні дослідницької лабораторії, визначається за формулою:

$$L=K \cdot V_n=2 \cdot (900 \cdot 7)=12600 \text{ м}^3/\text{год},$$

де k – кратність повітрообміну (відповідно до галузевих норм, кратність повітрообміну в цеху становить $k=2$);

V_n – об'єм приміщення, м³.

Об'єм повітря, що відсмоктується витяжним зонтом при травленні зразків, визначається за формулою:

$$L=a \cdot b \cdot V \cdot 3600=0,38 \cdot 0,55 \cdot 1 \cdot 3600=752,4 \text{ м}^3/\text{год},$$

де a та b – розміри зонти в плані, м;

V – швидкість руху повітря, яке відсмоктується, в площині перерізу по комірці зонта. Значення V приймається від 0,5 до 1,5 м/с в залежності від конструкції зонта.

Об'єм повітря, що видаляється від витяжних шаф:

$$L = F \cdot V \cdot 3600 = 7,3 \cdot 0,7 \cdot 3600 = 18396 \text{ м}^3/\text{год},$$

де F – площа робочого отвору (відкритих проїомів та нещільностей), м^2 ;

V – швидкість руху вилученого повітря через відкриті робочі отвори, м/с. Приймається від 0,5 до 1,7 м/с в залежності від токсичності та леткості газів та парів, що видаляються.

Отже продуктивність природної вентиляції складатиме 12600 $\text{м}^3/\text{год}$., об'єм повітря, що відсмоктується витяжним зонтом – 752,4 $\text{м}^3/\text{год}$, а об'єм повітря, що видаляється від витяжних шаф – 18396 $\text{м}^3/\text{год}$.

6.4 Заходи з пожежної безпеки

ж «Заходи з пожежної безпеки» розробляється відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Розробку заходів з пожежної безпеки починають з аналізу речовин і матеріалів, що використовуються при роботі на об'єкті, з метою визначення класу можливої пожежі (А, В, С, D, F, E) згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж» (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT та категорії його пожежної небезпеки, відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» та СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания». Тобто указати до якої категорії виробництва з пожежної небезпеки (А, Б, В, Г, Д) належить об'єкт (дослідницька лабораторія, конструкторське бюро, дільниця, підстанція, цех, тощо).

Відповідно до категорії виробництва з пожежної небезпеки і вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», указати ступінь вогнестійкості приміщення об'єкта (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, дільниці, підстанції, цеху, тощо).

Відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», передбачити шляхи евакуації працівників на випадок пожежі (переходи, евакуаційні виходи). Указати максимальне видалення від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу згідно п. 2.29 (табл. 2) СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания».

Показати відповідність обладнання, силових і освітлювальних мереж об'єкту (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, офісу, дільниці, підстанції, цеху, тощо), вимогам пожежної безпеки, згідно вимог НПА ОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок».

Показати наявність засобів виявлення загорянь і пожеж згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту»:

- автоматичних сигналізаторів про пожежу;
- системи пожежної сигналізації.

З огляду на пожежну небезпеку виробництва, передбачити систему пожежного водопостачання або автоматичного пожежогасіння та первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники різних видів) відповідно до вимог «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677.

Комплекс протипожежних заходів для виробничого приміщення (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, тощо) обладнаного ПК з ВДТ розроблений згідно вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Виходячи з аналізу речовин та матеріалів, які використовуються при роботі у приміщенні (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, тощо) обладнаному ПК з ВДТ:

- згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж» (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT) у приміщенні (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, тощо) обладнаному ПК з ВДТ можлива пожежа класів – А (що супроводжується горінням твердих матеріалів) та Е (горіння електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В);

- відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою», воно належить до категорії «Д» з пожежної безпеки – простір у приміщенні, у якому перебувають тверді горючі речовини та матеріали.

Оскільки приміщення (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, тощо) обладнане ПК з ВДТ належить до категорії «Д» з пожежної безпеки, тому відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» воно має II ступінь вогнестійкості.

У разі виникнення пожежі у приміщенні (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, тощо) обладнаному ПК з ВДТ для евакуації персоналу відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» передбачені виходи, по обидві сторони приміщення, з одного боку вікно (на пожежні сходи), а з іншого – вхідні двері. Згідно п. 2.29 (табл. 2) СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания», відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу не обмежується.

Обладнання, силові та освітленні мережі приміщення (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, тощо) обладнаного ПК з ВДТ відповідають вимогам пожежної безпеки, оскільки виконані відповідно до вимог НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок», та мають ступінь захисту

ізоляції обладнання IP44 яка відповідає класу пожежонебезпечної зони П-Па до якої належить приміщення.

З технічних та організаційних заходів запобігання пожеж в приміщенні (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, тощо) обладнаному ПК з ВДТ передбачені наступні протипожежні заходи. На силовому обладнанні, силових та освітлювальних колах, згідно вимог пункту 3.1 «ПУЕ», встановлені захисні пристрої, що вимикають джерело живлення від ділянки електричного кола, у якій виникло коротке замикання.

Згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту», в приміщенні (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, тощо) обладнаному ПК з ВДТ встановлена система пожежної й охоронної сигналізації «Сигнал-ВК6». Яка забезпечує виявлення теплових і димових ознак пожежі і місця виникнення пожежі з точністю до місця розміщення датчика.

Оскільки приміщення (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, тощо) що обладнане ПК з ВДТ має площу 39 м², тому відповідно до вимог п. 5 розділу VI «Вибір типу та необхідної кількості вогнегасників», «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою, передбачені вуглекислотні вогнегасники типу ВВК-3,5 у кількості 2 штук (з розрахунку один вогнегасник с величиною заряду вогнегасної речовини 3 кг. і більше, на 20 м² площі приміщення). Додатково, на кожному поверсі будівлі, в якій розміщене приміщення обладнане ПК з ВДТ, передбачене два переносних порошкових вогнегасника – ВП-5. Відстань між вогнегасниками та місцями можливих загорянь не перевищує 10 м.

6.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

з Найбільшу небезпеку для життєдіяльності виробничого персоналу представляють аварії технічних систем. Причинами аварій можуть бути стихійні лиха, порушення режимів технологічних процесів (недотримання технологічної дисципліни) або правил експлуатації виробничого, енергетичного, транспортного та ін. обладнання, а також правил техніки безпеки.

З особливостей небезпечних аварій слідує: захисні заходи і, перш за все, прогнозування, виявлення і періодичний контроль за змінами обстановки, оповіщення персоналу підприємства повинні проводитися з надзвичайно високою оперативністю. Локалізація джерела надходження СДОР в навколишнє середовище має вирішальну роль в попередженні масової поразки людей. Швидке здійснення цієї задачі може направити аварійну ситуацію в контрольоване русло, зменшити викид СДОР і істотно знизити збитки.

Захист від СДОР являє собою комплекс заходів, що здійснюються з метою виключення або максимального послаблення поразки персоналу і збереження його працездатності.

Комплекс заходів по захисту від СДОР включає:

- Інженерно-технічні заходи щодо зберігання і використання СДОР;
- Підготовку сил і засобів для ліквідації хімічно небезпечних аварій;
- Навчання їх порядку і правилам поведінки в умовах виникнення аварій;
- Оповіщення про безпосередню загрозу поразки СДОР;
- Тимчасову евакуацію з небезпечних районів;
- Хімічну розвідку району аварії;
- Пошук і надання медичної допомоги постраждалим;
- Локалізацію та ліквідацію наслідків аварії.

Обсяг і порядок здійснення заходів щодо захисту багато в чому залежать від конкретної обстановки, яка може скластися в результаті аварії, наявність часу, сил і засобів для здійснення заходів з захисту та інших факторів.

Всі заходи щодо захисту відображаються в плані захисту об'єкта, який розробляється завчасно з участю всіх головних фахівців об'єкту. План розробляється, як правило, текстуально з додатком необхідних схем, що вказують розміщення об'єкту, сил і засобів ліквідації наслідків аварії, їх організацію і т.д. Він складається з декількох розділів і визначає підготовку об'єкту до захисту та порядок ліквідації наслідків аварії згідно з ДБН В.1.2-4 -2006 «Інженерно-технічні заходи цивільного захисту (цивільної оборони)».

ВИСНОВКИ

При виконанні дипломного проекту на тему « Розробка технології виготовлення деталей літальних апаратів з полімерних композиційних матеріалів» були розглянуті та отриманні результати по розрахунку в виготовленні деталі для літального апарату.

Було визначено що використання полімерних композиційних матеріалів займають переважну більшу частину використання в літакобудуванні автомобілебудуванні та суднобудуванні, адже зараз в ХІ столітті, в столітті передових технологій, вимагають від деталей високих показників міцності при цьому не підвищуючи вантажопідйомності самої конструкції й тим самим забезпечуючи надійності та довголіття деталі. Окрім цього були розглянуті основні лідируючі технології в виготовленні й відповідно технології які застосовуються на просторах України, основними технологіями в даному курсовому проекті являється ручна викладка та використання вакуумно-автоклавного формування що являє собою універсальною технологією для виготовлення різноманітних за формою та конфігурацією. Формування відіграє часткову роль в виготовленні деталі, основну частину займає сам матеріал, відповідно в курсовій роботі були розглянуті основні лідируючі композитні матеріали, а саме: бороволокно, вуглеволокно та скловолокно. Задовільним матеріалом в порівнювальній характеристиці фізико-механічних властивостей матеріалу являється скловолокно, для виготовлення кришки капоту, яка по собі являється не менш важливою деталлю в гвинтокрилі, й тому використання більш дорогих й більш кращих властивостей.

Під час проведення випробувань та порівняння фізико-механічних властивостей скловолокон було обрано наступна склотканина марки Т-10-80 та Т-10(П)-80 й відповідно обрана поліамідна сполука СП-97К з модифікацією 5-211БН. Було визначено що завдяки додавання модифікації 5-

211БН покращує фізико-механічні властивості й тим самими підвищує полімеризацію до 170°C , що дозволяє чинити опір при підвищених температурах праці двигуна. Окрім того було визначені методи проведення випробувань, основними методами являлось проведення розриву стільникових трьох шарових панелей й відповідно розрив самого склопластику, всі ці випробування відбувалися на універсальній розривній машині, заздалегідь приготовлених зразків.

Також в дипломній роботі було розглянуто вплив кліматичних умов на фізико-механічні властивості, й відповідно в результаті дослідження ми отримали, що довготривалий вплив вологи на склопластики порівняно зменшує показники міцності залежності від тривалості проведення деталі в вологому середовищі, й тим самим зменшує довго тривалість працездатності виробу.

В економічному розділі ми отримали розрахункові дані нової технології значно вищі ніж технологія базового виробництва, це все обумовлено більше дорогою вартістю на закупку сировини й відповідно в виготовленні самої деталі, так як для виготовлення використовують нові обладнання, яка потребує значних затрат на використання та утримання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <http://izron.ru/articles/razvitie-tekhnicheskikh-nauk-v-sovremennom-mire-sbornik-nauchnykh-trudov-po-itogam-mezhdunarodnoy-na/sektsiya-4-mashinostroenie-i-mashinovedenie-spetsialnost-05-02-00/primenenie-kompozitsionnykh-materialov-v-aviatsii/>
2. Зорін В.А. Досвід застосування композиційних матеріалів у виробав авіаційної і ракетно космічної техніки // Конструкції з композиційних матеріалів. 2011. № 4
3. Буланов І.М., Воробей В.В. Технологія ракетних і аерокосмічних конструкцій з композиційних матеріалів. М .: МГТУ імені Н. Е. Баумана, 1998.
4. <http://izron.ru/articles/razvitie-tekhnicheskikh-nauk-v-sovremennom-mire-sbornik-nauchnykh-trudov-po-itogam-mezhdunarodnoy-na/sektsiya-4-mashinostroenie-i-mashinovedenie-spetsialnost-05-02-00>
5. Каблов Е.Н. Матеріали для виробу «Буран» - інноваційні рішення формування шостого технологічного укладу // Авіаційні матеріали та технології. 2013. № S1. С. 3-9.
6. . Постнов В.І., Стрельников С.В., Петухов В.І., Швець Н.І. Нові рішення в тих-нології виготовлення препрегів для панелей інтер'єру // Известия Самарського наукового центру РАН. 2013. Т. 13. №4 (2). С. 498-507
7. Єфімов В.А., Шведкова А.К., Коренькова Т.Г., Кирилов В.Н. Дослідження полімерних конструкційних матеріалів при впливі кліматичних факторів і навантажень в лабораторних і натурних умовах // Праці ВІАМ. 2013. № 1. С. 5.
8. . Вешкін Е.А., Постнов В.І., Абрамов П.А. Шляхи підвищення якості деталей з ПКМ при вакуумному формуванні // Известия Самарського наукового центру РАН. Т. 14. 2012. № 4 (3). С. 834-839.

9. . Постнов В.І., Вешкін Е.А., Абрамов П.А. Шляхи підвищення якості деталей з ПКМ при вакуумному формуванні // Известия Самарського наукового центру РАН. 2012. Т. 14. №4 (3). С. 834-839.
10. Андреевская Г.Д. Високоміцні орієнтовані склопластики, Вироб. «Наука», 1966.
11. Гращенков Д.В., Чурсова Л.В. Стратегія розвитку композиційних і функціональних матеріалів. // Авіаційні матеріали та технології. 2012. №S. С. 231-242.
12. . Кшнякін А.М., Пушкіна Г.І., Веселов С.І., Кочерженко В.А. Інформаційний листок №459-73. Куйбишев: ЦНТІ. 1973.
13. Веселов С.І., Карташов Г.Г. Композиційні матеріали в авіадвигунобудуванні. Куйбишев: Куаі. 1986. 112 с.
14. Михайлин Ю.А. Конструкційні полімерні кому позиційні матеріали. М.: НОТ, 2008.
15. Фомін А.В., Ракітіна В.П. / Авіаційні матеріали. Вибрані праці «ВІАМ» М.: Изд. МИСиС, 2002. С. 291-300.
16. Михайлин Ю.А. Конструкційні полімерні кому позиційні матеріали. М.: НОТ, 2008.
17. Горбаткіна Ю.А. Адгезійна міцність в системах полімер-волокно. - М.: Хімія, 1987. - 192 с.
18. Каблов Е.Н. Стратегічні напрямки розвитку матеріалів і технологій їх переробки на період до 2030 року. // Авіаційні матеріали та технології. 2012. №S. С. 7-17.
19. Фомін А.В., Ракітіна В.П. / Авіаційні матеріали. Вибрані праці «ВІАМ» М.: Изд. МИСиС, 2002. С. 291-300.
20. Тарнопольскій Ю.М., Кінціс Т.Я. Методи статичних випробувань армованих пластиків. - М.: Хімія, 1981. - 272 с.
21. Жигун І.Г., Якушин В.А., Ивонин Ю.Н. Аналіз методів визначення межслойной сдвиговой міцності композитних матеріалів // Механіка полімерів. - 1976. - № 4. - С. 640-648.

22. Кирилов В.В., Кавун Н.С., Дєєв І.С. та ін. // Пласт, маси. 2008. №9. С. 14-17.
23. Єфімов В.А., Кирилов В.Н. Проблеми дослідження кліматичної стійкості авіаційних неметалічних матеріалів. / В збірнику: Авіаційні матеріали 75 років. Вибрані праці Каблов Е.Н. Ювілейні науково-технічний збірник. Москва, 2007. С. 379-388.11. Лахтин Ю.М., Лонтєв В.П. Материаловедение. М.: Машиностроение. 1990. 528 с
24. Постнов В.І., Стрельников С.В. Вплив технології змішаного формування обшивок і склеювання їх зі стільниковим заповнювачем на технологічні властивості панелі // Клеї. Граматика. Технології. 2012. №10. С. 23-29.
25. Мельохіна М.І., Кавун Н.С., Ракітіна В.П. Епоксидні склопластики з поліпшеною волого і водостійкість // Авіаційні матеріали та технології. 2013. № 2. С. 29-31. Науковий електронний журнал «Новини матеріалознавства. Наука і техніка »№3, 2013 10
26. Тарнопольський Ю.М., Жигун І.Г., Поляков В.А. Просторово армовані композиційні матеріали: Довідник. - М .: Машинобудування, 1987. - 224 с.
27. Васильєв В.В., Протасов В.Д., Болотін В.В. та ін. Композиційні матеріали. М .: Машинобудування, 1990. 512 с.
28. Єфімов В.А., Кирилов В.Н., Шведкова А.К., Миколаїв Є.В. Вплив умов експозиції на властивості міцності полімерних композиційних матеріалів. / В збірнику: Гідроавіасалон-2012 IX міжнародна наукова конференція з гідроавіації. Збірник доповідей. 2012. С. 171-175.
29. Єфімов В.А., Шведкова А.К., Коренькова Т.Г., Кирилов В.Н. Дослідження полімерних конструкційних матеріалів при впливі кліматичних факторів і навантажень в лабораторних і натурних умовах // Праці ВІАМ. 2013. № 1. С. 5.
30. Кирилов В.Н., Єфімов В.А., Шведкова А.К., Миколаїв Є.В.

Дослідження впливу кліматичних факторів і механічного навантаження на структуру і механічні властивості ПКМ // Авіаційні матеріали та технології. 2011. № 4. С. 41-45.

31. <https://plastinfo.ua/information/articles/543/>