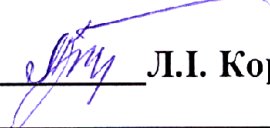


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Кораблебудівний навчально-науковий інститут

Кафедра будівельної механіки та конструкції корпусу корабля

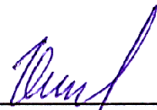
«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри  Л.І. Коростильов
“ ” _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти магістра

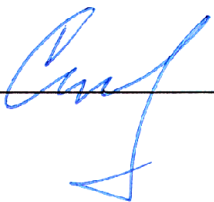
на тему: Дослідження параметрів човна з гібридного полімерного композиційного матеріалу

Виконав студент групи 6161м



Шевченко В.О.

Керівник роботи:
К.т.н., доцент



Соломонюк Н.С.

Миколаїв 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Навчально науковий інститут(факультет) КННІ

Кафедра будівельної механіки та конструкції корпусу корабля

Спеціальність 135 Суднобудування

(шифр і назва)

Освітня програма Проектування та виробництво конструкцій із композиційних матеріалів

(шифр і назва)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

к. т. н, доцент Юреско Т.А.

“23” 12 2024 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття ступеня вищої освіти магістра

Студента Шевченко Віктору Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження параметрів човна з гібридного полімерного композиційного матеріалу

Керівник роботи Соломонюк Н.С., канд. техн. наук, доцент

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

Затверджені наказом ректора № _____ від “___” _____ 20__ року

2. Термін подання роботи 16.12.2024

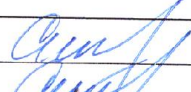
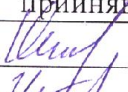
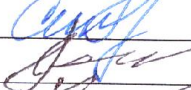
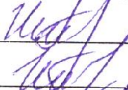
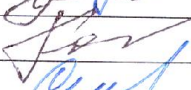
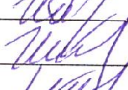
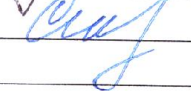
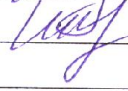
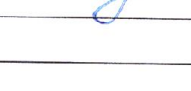
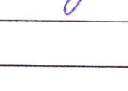
3. Вихідні дані по роботі об'єкт – човен для академічного веслування. Довжиною 8128 мм, ширина по 617 мм, мінімальна температура забортної води 0°C.

4. Перелік питань, що належать до розробки

1) аналіз літературних джерел по видах спортивних човнів та матеріалів для виготовлення, 2) конструкція спортивного човна з визначенням зовнішніх навантажень на нього, 3) вибір та розрахунок удосконаленого пакету з гібридного композиційного матеріалу для виготовлення корпусу човна, 4) Розробка технології виготовлення човна з урахуванням особливості конструкції.

5. Перелік презентаційних матеріалів 1 – типи спортивних човнів та їх особливості, 2, 3 – характеристики гібридного композиційного матеріалу для човна, 4 – 7 – креслення човна та його елементів, 7, 8 – Розрахунки конструкції човна та його елементів, 9, 10 – Технологія виготовлення човна, 11 – висновки по роботі.

6. Консультанти розділів роботи

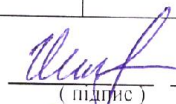
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Соломонюк Н.С.		
2	Соломонюк Н.С.		
3	Гейко С.П.		
4	Гейко С.П.		
5	Соломонюк Н.С.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

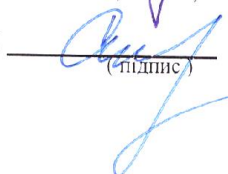
№ з п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз конструкцій спортивних човнів, матеріалів та технологій виготовлення	5.09.23	
2	Визначення зовнішніх навантажень та напружень у човні.	1.10.23	
3	Розробка конструкції човна та вузлів кріплення	15.11.23	
4	Технологічний процес виготовлення човна для академічного веслування.	1.12.23	
5	Виконання креслень конструкції човна та його елементів.	16.12.23	

Студент


(підпис)

Шевченко В.О.
(ПІБ)

Керівник роботи


(підпис)

Соломонюк Н.С.
(ПІБ)

Анотація

Академічне веслування – вид веслувального спорту на спеціальних судах. Судно для академічного веслування представляє подовжений човен з плавними обводами. Човен має композитну структуру корпусу.

Задачею кваліфікаційної роботи є дослідження можливості використання гібридного композиту для човна з академічного веслування та розробка технології виготовлення і конструкції човна.

В даній роботі розглянуті і проаналізовані існуючі конструкції, матеріали які застосовуються при виготовленні цих конструкцій, технологічні процеси виготовлення.

Підібрано гібридний композиційний матеріал для виготовлення човна для академічного веслування. Розрахований пакет матеріалу, що включає товщини та напрям розташування шарів матеріалу.

Розроблено конструкція човна та вузли кріплення з урахуванням гібридизації.

Розроблена технологія виготовлення човна з урахуванням його складу.

					MP.135.6161м.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 ВИДИ СПОРТИВНИХ ЧОВНІВ ТА МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ.....	5
1.1 Історія виникнення академічного веслування.....	6
1.2 Конструкції човна для академічного веслування.....	7
1.3 Матеріали, що використовуються для виготовлення човна.....	14
1.4 Технологічні процеси виготовлення човна.....	15
1.5 Постановка задач магістерської роботи.....	19
2. ВИБІР МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЧОВНА.....	20
2.1 Вибір матеріалів для виготовлення човна з академічного веслування	21
2.2 Висновки за розділом.....	28
3 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ЧОВНА ТА ВУЗЛІВ КРІПЛЕННЯ.....	29
3.1 Розрахунок конструкції корпусу човна з гібридного композиційного матеріалу.....	30
3.2 Конструкційні розрахунки розташування закладних деталей човна...	35
3.3. Висновки за розділом.....	38
4. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ЧОВНА ДЛЯ АКАДЕМІЧНОГО ВЕСЛУВАННЯ.....	39
4.1 Вибір технології формування човна.....	40
4.2 Обладнання, інструменти і пристосування.....	41
4.3 Технологічний процес виготовлення човна.....	42
4.4 Висновки за розділом.....	53
ВИСНОВКИ.....	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	55
ДОДАТКИ.....	57

					МР.135.6161м.01.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст			
Студент	Шевченко В.О.							
Керівник	Соломонюк							
Консультант	Соломонюк							
Н. контроль	Захарова І.О.							
Зав.кафедр	Коростильов				Н У К			

ВСТУП

Одним з найбільш видовищних та цікавих видів спорту є академічне веслування. Кожного року спортсмени з багатьох країн вирішують хто з них найкращий на міжнародних змаганнях. Участь у таких змаганнях також беруть спортсмени із нашої країни. Держава виділяє чималі гроші на закупівлю човнів, весел, різного інвентарю. Але все це закупається за кордоном. Причина цього відсутність на території нашої держави підприємства, яке би могло конкурувати з іноземними виробниками. В той час наявність технологій та кваліфікованих фахівців дає можливість виготовляти таку продукцію і в нашій країні. Ціна такої продукції буде нижче ніж аналогової імпоротної продукції. Тому питання виробництва човнів з академічного веслування залишається актуальним у сьогоденні.

Спортивний човен має бути легким, міцним і мати достатню жорсткість. Це досягається використання полімерних композиційних матеріалів. Основні переваги композитного корпусу це

- ідеально гладка підводна частина;
- низька вага при високій загальній і місцевій жорсткості і міцності;
- простота обслуговування і ремонту.

Якість обробки (поліровки) підводної частини корпусу є важливою складовою умов досягнення високих спортивних результатів.

					MP.135.6161м.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					МР.135.6161м.01.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Студент	Шевченко В.О.				Аналіз літературних даних за темою проєкту	Літ.	Арк.	Акрушів
Керівник	Соломонюк							
Консультант	Соломонюк					Н У К		
Н. контроль	Захарова І.О.							
Зав.кафедр	Коростильов							

1 ВИДИ СПОРТИВНИХ ЧОВНІВ ТА МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ

1.1 Історія виникнення академічного веслування

Веслування є одним з найдавніших видів спорту. Найперші відомості про перегони на гребних судах, які проводилися на Нілі в Древньому Єгипті, сходять до 25 століття до н.е. Пізніше такі змагання стали проводитися в Древньому Римі. З початку 13 століття в Англії інтенсивно використовувалися невеликі човники й баржі для перевезення пасажирів і вантажів через Темзу, а також нагору й до низу по Темзі біля Лондона, а вже в 16 столітті перевізники стали влаштовувати перегони [1].

Академічне веслування як вид спорту вперше почав розвиватися у вікторіанській Англії в XVII - початку XVIII в. В XIX в. Веслування на академічних судах - човнах з рухливими сидіннями й виносними кочетами, набув популярності у різних країнах Європи й звідти поширився в Північну Америку і Австралію. До початку 18 століття в Лондоні налічувалося більш ніж 40 тис. перевізників-професіоналів, що носили спеціальну форму. В 1715 році відбулися перші, організовані англійським актором Томасом Доджетом перегони, що згодом стали називатися його ім'ям. Це найстарше змагання по веслуванню у світі. Перша відома регата відбулася в 1775 році на Темзі. Перегони між Оксфордом і Кембриджем, а також Хенлейська королівська регата в 19 столітті поклали початок академічному веслуванню як виду спорту.

Гребні човни того часу були мало пристосовані для проведення спортивних змагань. Щоб добитися перемоги, треба було збільшити швидкість човнів. Отоді стали з'являтися різні нововведення. Першими з'явилися широкі сидіння, змазані салом, по яких веслярі, одягнені в шкіряні штани, згинаючи ноги, легко сковзали. Потім, в 1830 році, з'явилися виносні кочета. В 1857 році з'являються рухливі банки, а в 1904 році - металеві кочети з колковими вертлюгами, які потім були замінені на обертові. Таким чином, до початку 20 століття академічні човни досягли свого майже сучасного виду [3].

					MP.135.6161м.01.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Конструкція човна для академічного веслування

Академічне веслування - це вид гребного спорту на спеціальних спортивних судах - вузьких човнах з кочетами або вертлюгами (винесеними за борти) розташованими на кронштейнах (відвід, п'ятий прут відводу) і рухливими банками (сидіннями) (Рисунок 1.1) [3]. Весляр розташовується спиною вперед до напрямку руху човна

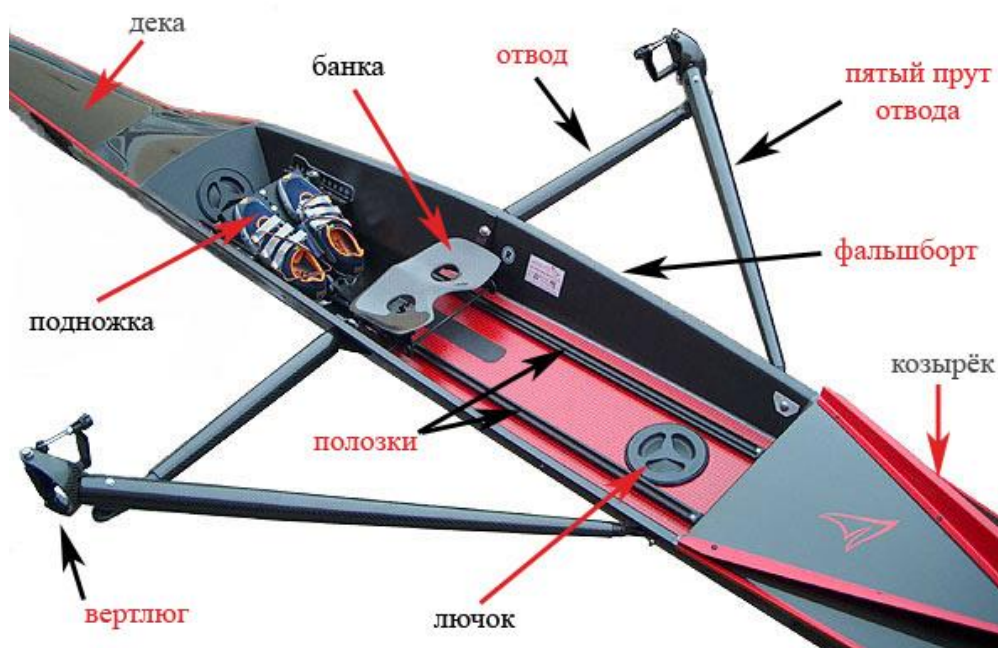


Рисунок 1.1 - Деталі академічного судна

Відрізняється граничною легкістю конструкції. Обводи округлі з відношенням довжини до ширини від 25:1 до 35:1. Обшиті з полірованого листового матеріалу – шпони коштовних порід дерева, пластиків і ін.

Розрізняють судна для академічного веслування - розстібні (спортсмени розподілені нарівно по обох бортах; кожний гребе одним веслом) і парні (кожний гребе двома веслами). Перегони проводять по прямій трасі, головним чином на дистанції 2000 м. Реєстрації рекордів у веслуванні не існує, тому що результати навіть на одній і тій же трасі різко міняються залежно від напрямку вітру й стану води (температури, плину, забруднення...). Змагання проводять на парних судах - одиночках, парній двійці, парній четвірці й розстібних судах: двійці з кермовим і

					MP.135.6161м.01.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

без кермового, четвірці з кермовим, четвірці без кермового й вісімці з кермовим (рисунок1.2) [1].



Рисунок 1.2 - Заїзд серед вісімок

Принципово можна розрізнити два варіанти конструкцій всіх класів і типів човнів [4]. Перший варіант, більше застарілий, припускає, що твердість корпусу човна надають дерев'яні ребра, які встановлюються по всій довжині, крім середньої частини (рис.1.3).



Рисунок 1.3 - Дерев'яний набір човна

Ребра кріпляться між собою клеєм. На вид такий набір дуже нагадує фермову конструкцію. Потім набір обшивається тонким шаром пластику товщиною 0.5 – 0.7 мм (пластик відформований на епоксидному сполучному, вакуумним формування) або листовим деревом. При цьому обшивається тільки днищева частина корпусу, дека складалася з натягнутої поліетиленової плівки або прогумованої тканини. Шорсткості поверхні приділяється особлива увага. Поверхні шкуряться, а потім лакуються до досягнення глянцевого блиску, у випадку із пластиком глянцевого блиску намагалися досягти на матриці.

					MP.135.6161м.01.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конструкція сама по собі легка, але дуже трудомістка при виготовленні. У центральній частині встановлюються три пластини (у випадку із човном для одного весляра). Вони виконують функцію ребер, які надають човну твердість і є міцною опорою для фіксації до них кронштейнів. Як показано на рисунку 1.4, цифрою 1, перебирання виконувалися або суцільними або з отворами усередині, для зменшення маси човна.

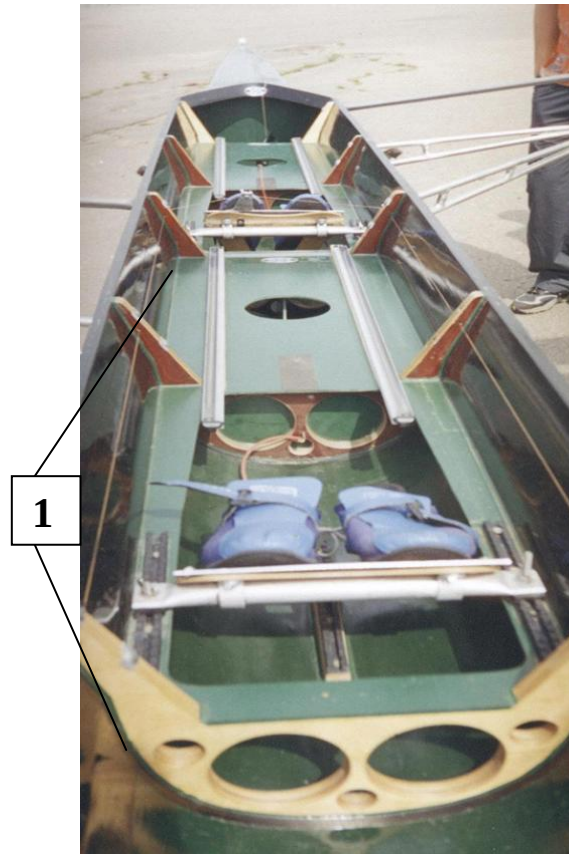


Рисунок 1.4. - Ребра жорсткості

Другий варіант конструкції виключає використання ребер жорсткості, вони знаходяться лише в тих місцях, де кронштейн кріпиться до човна. Твердість конструкції досягається за рахунок стільникового наповнювача поряд з вугільною й органічною тканиною, утворюючи тим самим тришарову композицію. Причому з такої композиції складається весь човен, і корпус і дека. Спосіб формування такий же, як і в першому варіанті - вакуумний. Такий підхід до створення човнів дозволяє збільшити твердість і міцність, при цьому, зменшуючи вагу й, отже, збільшуючи ходові характеристики виробу.

					MP.135.6161м.01.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конструкція човнів розрізняються за такими характеристиками:

1. За типом:

- Гоночний. Ці човни призначені в основному для гонок, вони, як правило, виготовляються із застосуванням сучасних технологій (звичайно це вакуумне формування, рідше інжекція) і з дорогих матеріалів, вони легкий і зручні (Рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 - Човен для академічного веслування гоночного класу

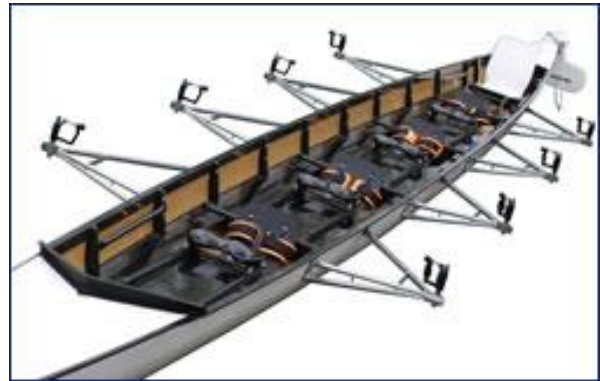


Рисунок 1.6 - Човен для академічного веслування тренувального класу

Серед фірм – виробників човнів існує така класифікація: човна класу А і В. Клас А - це виробу які не пропонуються на продаж в інші країни, вони виконані для гонок і веслярів країни виготовлювача. Для виготовлення таких човнів застосовуються всі новітні розробки в галузі гідродинаміки форми й дорогих матеріалів. При виготовленні човнів класу В, використовуються матеріали й технології менш дорогі ніж у попереднього класу, передбачається що ці розробки не є секретними, тому такі вироби вільно продаються [4].

- Тренувальний. Ці човни виготовляються за допомогою недорогих технологій (контактне формування), на відміну від гоночних. Матеріали, що застосовуються при виготовленні, більш дешеві й мають гірші механічні характеристики, звичайно це склотканини (Рисунок 1.6). При виготовленні човнів тренувального класу стільниковий заповнювач не використовується. Все це в комплексі приводить до того, що човна тренувального типу важче, ніж гоночного,

					MP.135.6161м.01.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

але дешевше. До цього типу так само відноситись старі гоночні моделі судів (човна з дерев'яним набором).

- **Навчальний.** Човни цього типу найбільші і найважчі, призначені для навчання техніки веслування на воді (Рисунок 1.7). Їхній корпус ширше, внаслідок чого такий човен більш стійкіший. При його виготовленні, так само як і в тренувального класі, застосовуються недорогі матеріали й спрощені технології.



Рисунок 1.7 - Навчальний човен для веслування, одиночний.

2. За кількістю веслувальників які знаходяться в човні:

- **Одиночка** (Рис. 1.8).



Рисунок 1.8- Одиночка

- **Двійка** (Рис. 1.9).

					MP.135.6161м.01.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.9 - Двійка

- **Четвірка** (Рис. 1.10).



Рисунок 1.10 - Четвірка

- **Вісімка** (Рис. 1.11).



Рисунок 1.11- Вісімка

					MP.135.6161M.01.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. За класом:

- *Парна.* Човен рухається за допомогою циклічних рухів двома веслами.
- *Розстібна.* Човен рухається допомогою циклічних рухів одним веслом.
- *Розстібна з кермовим.* Теж що й розстібна тільки в екіпажі є кермовий (Рисунок 1.12). **Кермовий** - член гребного екіпажа, в обов'язок якого входить керування човном за допомогою керма [2].



Рисунок 1.12.

4. За виробником.

В усьому світі біля півтора десятків фірм, які легально роблять човни для академічного веслування. І практично в кожній з них свої особливості в дизайні й формі човна, кронштейнів. Але основна особливість кожного виробника - це кольорова гама. Колір човна - її товарний знак, її відмінна риса, що дозволяє відразу визначити виробника човнів.

- *Empacher* (Німеччина) один з найстарших і розповсюджених виробників човнів. Її особливість це жовтий колір і чорна смуга поряд з кутастими класичними формами.
- *BBG Bootsbau Berlin GmbH* (Німеччина) - червоний і чорний колір .
- *Filippi* (Італія) – білий колір блакитна смуга.

					MP.135.6161м.01.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Martinoli (Італія) - білий колір і червона смуга. Такі човни відрізняються плавними обводами комінгса.
- Salani (Італія) - блакитний колір і чорна смуга.

1.3 Матеріали, що використовуються для виготовлення човна

Перші човни, які нагадували по своїй конструкції сучасні, виготовлялися із твердого дерев'яного каркаса обшитого листовим дерев'яним матеріалом. З розвитком технологій дерево поступалося пластику. Це пов'язано, насамперед, з високими питомими показниками останнього й простотою виготовлення виробу з таких матеріалів. Зараз найбільше матеріали які найчастіше використовуються при виготовленні човнів для академічного веслування є вугільні, арамідні тканини, стільниковий наповнювач та епоксидний сполучник. У деяких ділянках конструкції тканини що зазначені вище компонують із пінопластовим або з бальзовим наповнювачем. Ці матеріали надають конструкції твердість, міцність і малу питому вагу. Дані матеріали використовуються в основному для човнів гоночного типу.

Зустрічаються варіанти, коли для навчального й тренувального типу судів використовують скляні тканини, пінопластовий наповнювач і поліефірне сполучне. Човни, виготовлені з таких матеріалів, значно гірші з погляду механічних характеристик, у порівнянні з човнами гоночного типу. Вони приблизно в 1.4 рази важче, але набагато простіше у виготовленні й ціна істотно нижче [5].

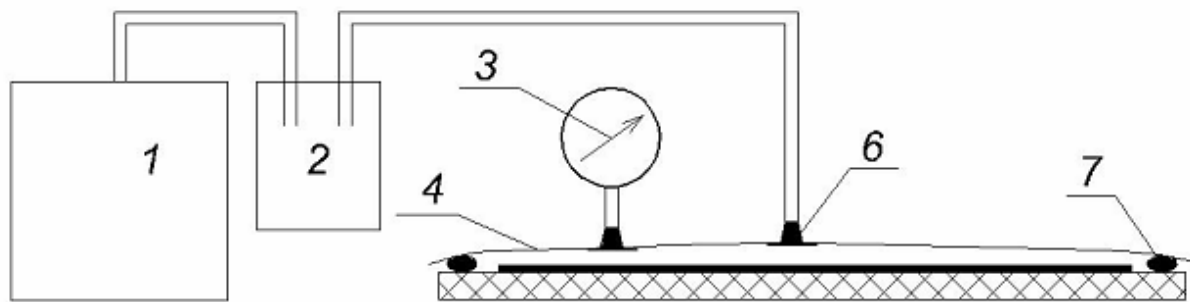
Як показано на рисунку 1.2, човен не повністю пластиковий, у нього є також і алюмінієві деталі, а саме: кронштейни (відвід і п'ятий прут), полозки, направляючий для підніжки, прокладки під кронштейни й т.д. Алюміній використовується в таких конструкціях завдяки своїм питомим характеристикам і корозійній стійкості [3,6,7].

					MP.135.6161м.01.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4 Технологічні процеси виготовлення човна

Різні технології виготовлення, так само як і різні матеріали використовуються для різних типів човнів. Можна виділити два найпоширеніші й застосовуваних способи виготовлення, це - вакуумне й контактне формування [6].

Суть вакуумного формування складається в досягнення необхідного ущільнення за рахунок атмосферного тиску якій діє на виріб [7]. Це досягається шляхом переміщення майбутнього виробу в герметичну порожнину з еластичною діафрагмою (в основному поліетиленова плівка) (Рисунок 1.13).



- 1 - Вакуумний насос
- 2 - Ємність для сполучника
- 3 - вакуум-манометр
- 4 - штуцер приєднання вакууму
- 5 - герметизуюча стрічка
- 6 - еластична діафрагма

Рисунок 1.13 Схема вакуумного формування.

Попередньо просочений пакет укладається на потрібну поверхню або порожнину, досягається герметичність і вакуумним насосом створюється розрідження у внутрішній частині пакета. Надлишки сполучника витікають у задалегідь приготовлений для цього пористий матеріал або в спеціальну ємність.

Вакуумним формуванням виготовляються човни для гоночного класу. Такий спосіб формування виправдує матеріали, які при цьому використовуються, і дозволяє реалізувати їх характеристики. Контактний

					MP.135.6161м.01.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спосіб, в основному, застосовується при виготовленні човнів тренувального й навчального типу. Високих вимог до ваги й механічних характеристик конструкції немає, тому при такому методі використовуються більше дешеві матеріали.



Рисунок 1.14 Формування панелі методом вакуумного формування

Судно формується не відразу, а окремими частинами, які в потім з'єднуються між собою. Таким чином, човен можна розбити на чотири частини: корпус (днищева частина), носова дека, кормова дека й центральна частина (платформа). Всі складові частини, попередньо відформовуються окремо у своїх матрицях збираються, не вилучаючи їх з матриць, і склеюються між собою. Фіксація матриць відбувається через болтові з'єднання [5].

Для проектного виробу, човна гоночного класу, важливо при мінімальній вазі мати велику жорсткість і міцність. Щоб відповідати цим вимогам, для виготовлення човна були вибрані вуглецеві і арамідні тканини в компоновці з стільниковим наповнювачем. Вибрані ткани мають високі механічні характеристики у порівнянні з класичними скляними. Введення

					MP.135.6161м.01.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стільникового наповнювача збільшує момент інерції перерізу, що в свою чергу приводить до збільшення жорсткості конструкції.

Найбільш придатна технологія виготовлення човна для академічного веслування, враховуючи матеріали які при цьому будуть застосовуватись, – це вакуумне формування. Така технологія дозволить реалізувати ряд фізико механічних характеристик які мають арамідні і вуглецеві тканини, що дозволить зменшити вагу майбутнього виробу.

1.5 Постановка задач магістерської роботи

Для проектування човна необхідно вирішити ряд задач;

- обґрунтувати вибір необхідних матеріалів для виготовлення човна з погляду досягнення необхідних механічних характеристик;
- вибрати композиційний матеріал в якому поєднуються декілька армуючих волокон різної природи, щоб прибрати недоліки попередньо використаних вуглетканей
- розробити конструкцію та вузли кріплення човна з урахуванням гібридизації матеріала;
- розробити технологію виготовлення човна;
- зробити висновки по можливості використання гібридного композиційного матеріалу для академічного спортивного човна

					MP.135.6161m.01.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					МР.135.6161м.01.02.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вибір матеріалу для виготовлення човна	Літ.	Арк.	Акрушів
Студент		Шевченко В.О.						
Керівник		Соломонюк						
Консультант		Соломонюк				Н У К		
Н. контроль		Захарова І.О.						
Зав.кафедр		Коростильов						

2. ВИБІР МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЧОВНА

2.1 Вибір матеріалів для виготовлення човна з академічного веслування

Виготовити виріб такого призначення можна за допомогою декількох технологій. Матеріали які будуть при цьому використовуватись теж може бути декілька. Спочатку, потрібно визначити комплекс головних технічних властивостей майбутнього виробу, щоб потім, спираючись на ці властивості, вибрати матеріал і технологію формування [8].

Беручи до уваги умови експлуатації човна, можна сформулювати наступні вимоги до його конструкції:

- Виріб повинен бути легкий;
- Його конструкція – жорсткою та міцною;
- Вироблений із доступних матеріалів і за якомога простими технологіями;
- Повинен мати можливість ремонтуватись;
- Повинен мати конкурентну ціну.

Отже раціонально виготовляти човен з полімерних композиційних матеріалів, які можна комбінувати, для покращення вище вказаних властивостей.

Переваги композиційних матеріалів:

- висока питома міцність;
- висока жорсткість (модуль пружності 130 ... 140 ГПа);
- висока зносостійкість;
- висока втомна міцність;
- можливість виготовлення розміростабільних конструкцій;
- невелика вага;

Але вони мають і визначену кількість обмеження використання завдяки:

- відносно високій вартості;
- анізотропії властивостей;

					MP.135.6161м.01.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- підвищеної наукоємності виробництва,
- необхідності спеціального вартісного обладнання, а отже розвиненого промислового виробництва та наукової бази країни.

2.1.1 Вибір наповнювача для композиційного матеріалу

На сучасному етапі розвитку виробництва існує досить багато матеріалів які можна було б застосувати для виготовлення човна. Найбільш розповсюджені з них – це тканини на основі скло-, вуглецевих- та арамідних волокон, стільникові та пінопластові заповнювачі у композиції з епоксидним та поліефірним сполучником [9].

Склопластики - полімерні композиційні матеріали, армовані скляними волокнами, які формують з розплавленого неорганічного скла. В якості матриці найчастіше застосовують як термореактивні синтетичні смоли (фенольні, епоксидні, поліефірні тощо), так і термопластичні полімери (поліаміди, поліетилен, полістирол і т.д.).

Ці матеріали мають досить високу міцністю, низьку теплопровідність, високі електроізоляційні властивості. Крім того, вони прозорі для радіохвиль. Вміст волокон у багатьох склопластиках досягає 80% за масою. Склопластики – це досить дешеві матеріали, які широко використовується в різних галузях промисловості.

Наповнювачем для склопластику служать в основному скляні волокна у вигляді ниток, джгутів (ровінгів), тканин, матів, рублених волокон. Найбільшою міцністю і жорсткістю володіють склопластики, які містять орієнтовано розташовані безперервні.

Склопластики поділяються на односпрямовані і перехресні; у перших волокна розташовані взаємно паралельно, у других - під заданим кутом один до одного, постійним або змінним по виробу. Змінюючи орієнтацію волокон, можна в широких межах регулювати механічні властивості склопластику [10].

Вуглепластики - наповнювачем в цих полімерних композитах служать вуглецеві волокна. Вуглецеві волокна отримують з синтетичних і природних

					MP.135.6161м.01.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

волокон на основі целюлози, сополімерів акрилонітрила, нафтових і кам'яновугільних пеков і т.д. Термічна обробка волокна проводиться, як правило, у три етапи (окислення - 220°C, карбонізація - 1000-1500°C і графітизація - 1800-3000°C) і призводить до утворення волокон, що характеризуються високим вмістом (до 99,5% у масі) вуглецю. Залежно від режиму обробки та вихідної сировини отримане вуглеволокно має різну структуру.

Для виготовлення вуглепластиків використовуються ті самі матриці, що і для склопластиків - найчастіше - термореактивні і термопластичні полімери. Основними перевагами вуглепластиків в порівнянні з склопластиками є їх низька щільність і більш високий модуль пружності, вуглепластики - дуже легкі і, в той же час, міцні матеріали. Однак, їхня вартість, у порівнянні з склопластиками, доволі висока. Вуглецеві волокна і вуглепластики мають практично нульовий коефіцієнт лінійного розширення. Всі вуглепластики добре проводять електрику, чорного кольору, що дещо обмежує області їх застосування.

Боропластики - композиційні матеріали, що містять у якості наповнювача борні волокна, впроваджені в термореактивних полімерну матрицю, при цьому волокна можуть бути як у вигляді монониток, так і у вигляді джгутів, обплетених допоміжною скляною ниткою або стрічок, у яких борні нитки переплетені з іншими нитками. Завдяки великій твердості ниток, матеріал володіє високими механічними властивостями (борні волокна мають найбільшу міцність при стисненні в порівнянні з волокнами з інших матеріалів) і великою стійкістю до агресивних умов, але висока крихкість матеріалу ускладнює їх обробку і накладає обмеження на форму виробів з боропластиків. Крім того, вартість борних волокон дуже висока (близько 400 \$ / кг) у зв'язку з особливостями технології їх отримання. Термічні властивості боропластиків визначаються термостійкістю матриці, тому робочі температури, як правило, невеликі.

					MP.135.6161m.01.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Органопластики - композити, в яких наповнювачами служать органічні синтетичні, рідше - природні та штучні волокна у вигляді джгутів, ниток, тканин, паперу і т.д. У термореактивних органопластиках матрицею служать, як правило, епоксидні, поліефірні і фенольні смоли, а також полііміди. Матеріал містить 40-70% наповнювача. Вміст наповнювача в органопластиках на основі термопластичних полімерів - поліетилену, ПВХ, поліуретану і т.п. - варюється в значно більших межах - від 2 до 70%. Органопластики мають низьку щільність, відносно високу міцністю при розтягуванні, вони легше скло- і вуглепластиків; високий опір удару і динамічним навантаженням, але, в той же час, низька міцність при стисненні і згині та високе водопоглинання.

Щоб майбутній виріб мав необхідні властивості вибираємо матеріали зазначені в таблиці 2.1.

Вибір таких тканин в першу чергу залежить від навантажень. Напруження які діють на корпус човна розподілені нерівномірно головним чином із-за середовища в якому експлуатується виріб. Корпус сприймає у рівній мірі і вигин і крутіння. Тому застосування мультиаксіальних тканин буде забезпечувати рівномірний розподіл напружень. Деякі найбільш навантажені місця підсилюються стрічками з вуглетканини [11, 12].

Таблиця 2.1 - Перелік армуючих матеріалів які використовуються при виготовленні човна.

Тип матеріалу	Поверхнева щільність, гр/м ²	Марка
Вуаль скляна	48	Porcer 1080
Склотканина	105	Porcer 2116
Арамідна тканина	115	Interglas 98607
Стільник 3 мм	48 кг/м ³	NOMEX
Вуглецева тканина	160	TOREY 2006
Вуглець-арамідна тканина	165	Porcer 3210
Вуглецева стрічка	315	Carbon tape unidirectional TCU 175

В наш час дуже актуальним є застосування тришарових конструкцій. У якості заповнювача, також, використовують стільник. Такі конструкції в порівнянні з підкріпленими мають наступні переваги:

- питома статична міцність більше на 20...40 %;
- стійкість при поздовжньому стиску в 2 - 4 рази вище;
- межа втоми в 2 рази вище;
- трудомісткість проектування в 4 - 5 разів нижче.

Все це приводить до того, що тришарові конструкції мають низьку вагу і високу жорсткість, підвищену експлуатаційну надійність, внаслідок відсутності концентраторів напружень, стійкістю до атмосферних впливів.

Головною особливістю тришарової конструкції є те, що вона має момент інерції поперечного перерізу значно більший, ніж одношарова тої ж маси. Внаслідок цього збільшується твердість, що приводить до підвищення критичного напруження загальної втрати стійкості. При роботі на поперечний вигин тришарова конструкція вигідна завдяки високому моменту опору в порівнянні з одношаровою.

Головною перевагою стільників перед такими альтернативними матеріалами як пінопласти є їх дуже мала вага. А це один із основних чинників при виборі матеріалів.

2.1.2 Вибір сполучника для композиційного матеріалу

Вибір сполучника проводиться виходячи як з умов експлуатації виробу (аналогічно вибору наповнювача), так і відповідно до вимог до фізико-механічних і технологічних властивостей. Таким чином, при виборі сполучника та визначенні кількості його компонентів варто керуватися наступними вимогами:

1. невисока в'язкість;
2. достатня життєздатність;
3. висока адгезія до наповнювача, а головним чином до стільника;
4. швидке гелеутворення та твердіння;

					MP.135.6161м.01.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. невелика усадка після твердіння;
6. водостійкість;
7. високі фізико механічні властивості.

Сполучником для отримання склопластику можуть слугувати поліефірні, фенолоформальдегідні, епоксидні, кремнійорганічні смоли та ін.

Епоксидні смоли являються універсальним сімейством смол, що застосовуються для виробництва композитних конструкцій і судноремонту. Практично по всіх параметрах ці смоли забезпечують найвищі показники клейового шва і міцності. Мають доволі невелику усадку та водопоглинення (менше 0,5%). Сучасні епоксидні смоли можуть володіти низькою в'язкістю і контрольованим часом твердіння. Також вони досить розповсюдженні та доступні по ціні. Немає великої різниці з якого матеріалу буде зроблено виріб- з кожним матеріалом епоксидна смола з легкістю створить композитне єдине ціле.

Поліефірні смоли є найдешевшими з усіх вид смол. Найважливіша перевага у поліефірної смоли перед епоксидною - це її максимальна дешевизна. А от негативних властивостей у неї доволі багато, наприклад: дуже слабка адгезія, сильна фільтрація води, великий вміст шкідливих речовин, сильна усадка. У виробництві поліефірні смоли можуть застосовуватися тільки з скловолокном. Дані смоли краще застосовувати в місцях, які не вимагають адгезії, не критичні до ваги і нетреба міцності на злам. Є ряд факторів при яких поліефірна смола може стати головним кандидатом на застосування, це якщо не потрібна водостійкість, не потребує точності виробу і якщо приміщення в якому проводитимуться всі роботи добре провітрюється. Що стосується адгезії і розтягування, то поліефірні смоли в цій якості мають погані характеристики. Виріб, зроблений з такого матеріалу, схильний до утворення мікротріщин і створення поганого вторинного шару для склеювання. Також корпус, зроблений на основі поліефірної смоли може страждати осмотичним пузиренням.

Фенолформальдегідні смоли - рідкі або тверді олігомерні продукти поліконденсації фенолу з формальдегідом в лужному або кислому

					MP.135.6161м.01.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

середовищі (бакеліту, новолачні та резольні смоли), що відповідно впливає на їх властивості. Використовуються для отримання в якості сполучного компонента у виробництві наповнених прес-композицій з різними наповнювачами, клеїв, просочувальних і заливальних композицій. Розчиняються у водних розчинах лугів і полярних розчинниках. Фенол формальдегідні смоли мають механічну, корозійну стійкість, міцність, високі електроізоляційні властивості, відмінну розчинність в аліфатичних і ароматичних вуглеводнях, хлорвмісних розчинниках і кетонах. До недоліків відносяться токсичність, висока вартість, велика чутливість до навколишньої температури і коливань у співвідношенні компонентів, властивості яких при зберіганні змінюються.

Кремнійорганічні смоли завдяки своїм чудовим якостям знаходять різноманітне застосування. Виняткова гідрофобність, термостійкість та інші цінні якості матеріалів на їх основі дозволили підвищити надійність роботи виробів та устаткування, зменшити їх вагу, скоротити витрату матеріалів і сприяли створенню нових більш досконалих електроізоляторів, захисних покриттів і т.д. Застосовуються як сполучник для з'єднання в блоки великого числа шарів паперу, тканини, азбесту або склотканини з метою отримання міцних, надійних листових матеріалів - шаруватих діелектриків. Ці смоли також використовують там, де потрібна "неліпуча" (антиадгезійна) поверхня.

Основними недоліками кремнійорганічних смол є: необхідність їх термічної обробки до повного затвердіння (зазвичай при 200 - 250 С протягом 5 – 10 год), низька стійкість до абразивного зносу, невисока хімічна стійкість в органічних розчинниках і в середовищах, які є сильними окислювачами.

Порівнявши всі вище перераховані різновидності смол, для даного виробу обирається епоксидний сполучник, який є найоптимальнішим.

Однією з таких смол яка відповідає переліченим характеристикам є епоксидна смола Ampreg 22 і твердник R34. Задовільні адгезійні властивості такої смоли є важливими для створення міцного контакту з стільником, також, у порівнянні з іншими смолами – має високі фізико-механічні характеристики.

					MP.135.6161м.01.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 – Фізико-механічні властивості смоли Ampreg 22.

В'язкість при 25°C, сП	950
$\tau_{\text{затвердіння}}$ при 50°C, год	3
$\sigma_{\text{зг}}$, МПа	53
$E_{\text{зг}}$, ГПа	3,65

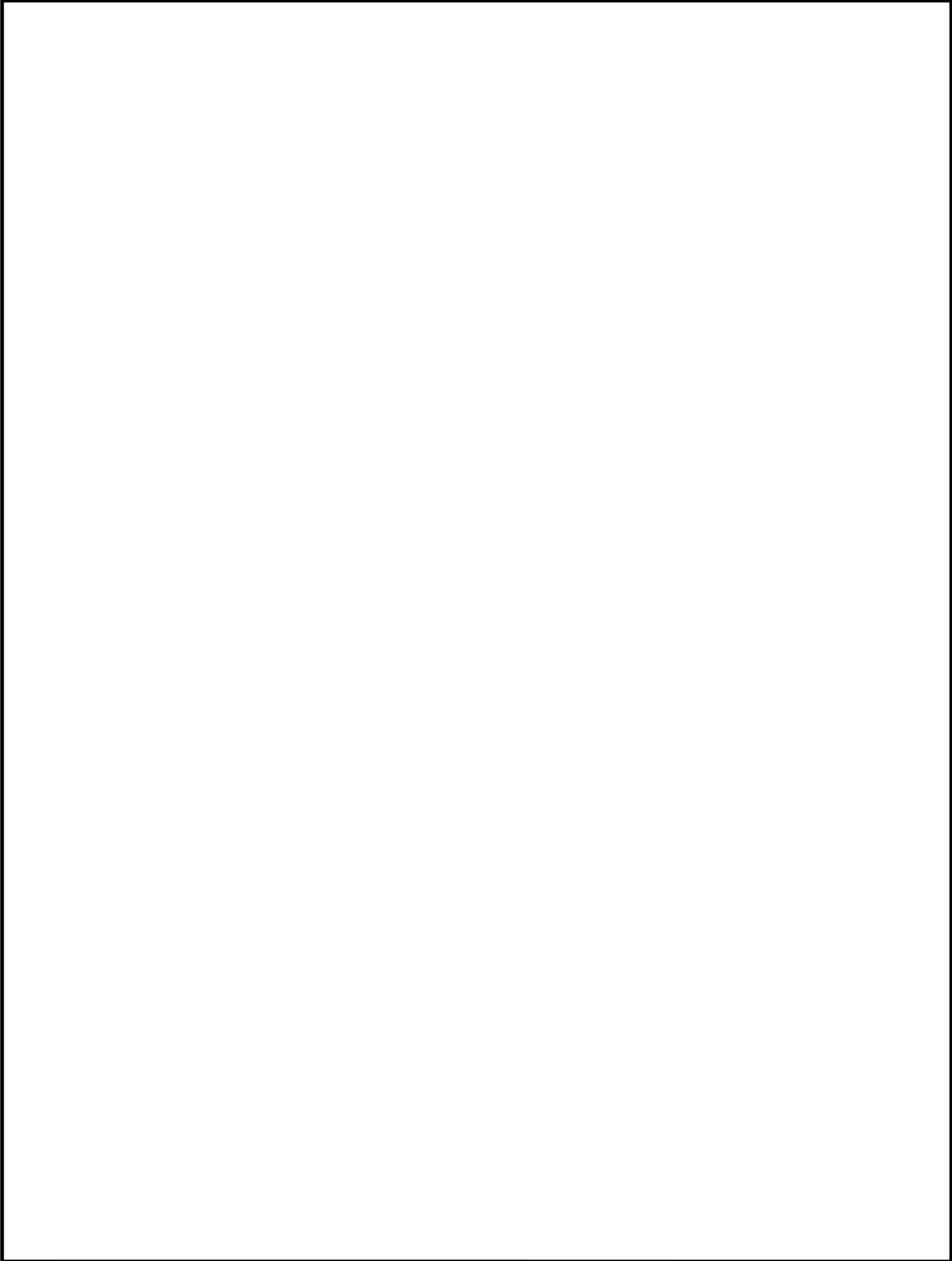
2.2 Висновки за розділом

Вибрано компоненти полімерного композиційного матеріалу для виготовлення човна для академічного веслування:

Сполучник - Ampreg 22

Армуюча структура складається з декількох типів волокон - склотканини, ара мідної тканини і вуглецевої тканини, вибір яких і розподілення на корпусі залежить від навантажень, сприймємих корпусом човна.

					MP.135.6161м.01.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					<i>MP.135.6161м.01.03.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Розробка конструкції човна та вузлів кріплення.</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Студент</i>		<i>Шевченко В.О</i>						
<i>Керівник</i>		<i>Гейко С.П.</i>						
<i>Консультан</i>		<i>Гейко С.П.</i>				<i>Н У К</i>		
<i>Н. контроль</i>		<i>Захарова І.О.</i>						
<i>Зав.кафедр</i>		<i>Коростильов</i>						

3 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ЧОВНА ТА ВУЗЛІВ КРІПЛЕННЯ.

3.1 Розрахунок конструкції корпусу човна з гібридного композиційного матеріалу

Тиск води за [14] в будь-якій точці днища й борта, в кН/м^2 , визначається за формулою:

$$P_s = 9,807n \left[T + \frac{C_w}{X_I} \right] \quad (3.1)$$

де T – осадка по вантажну ватерлінію, м;

висота хвилі $C_w = 10 \log (0,5 (L_{WL} + L_{HULL})) - 10$, але не менш ніж 3м;

X_I – коефіцієнт хвильового навантаження, визначений за [1].

Для академічного човна формула (3.1) спрощується. У табличній формі розраховано навантаження на корпус човна.

$$P_s = 0,0001V, [\text{кН/м}^2]$$

де V – об'єм човна в районі шпациї

Таблиця 3.1- Сила Архімеда, що діє на корпус човна

№ перерізів	Довжина, м	$V, \text{мм}^3$	Сила Архімеда P_s , кН	Маса лодки по шпациях, кг/м^2
1	0	0	0	0
2	406,40	71330	7,13	0,438
3	812,80	291232	29,12	0,578
4	1219,20	454778	45,48	0,692
5	1625,60	545714	54,57	0,755
6	2032,00	639015	63,90	0,818
7	2438,40	720394	72,04	0,847
8	2844,80	761084	76,11	0,874
9	3251,20	807980	80,80	0,901
10	3657,60	914680	91,47	1,0
11	4064,00	1024828	102,48	101,049
12	4470,40	1055074	105,51	0,998
13	4876,80	998818	99,88	0,755
14	5283,20	862857	86,29	0,780
15	5689,60	706995	70,70	0,813

					MP.135.6161м.01.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

16	6096,00	565025	56,50	0,719
17	6502,40	445813	44,58	0,657
18	6908,80	195764	19,58	0,585
19	7315,20	104039	10,40	0,471
20	7721,60	47291	0,00	0
21	8128,00	0	0	0

Розподіл сили Архімеда, що діє на корпус представлений на рис. 3.1.

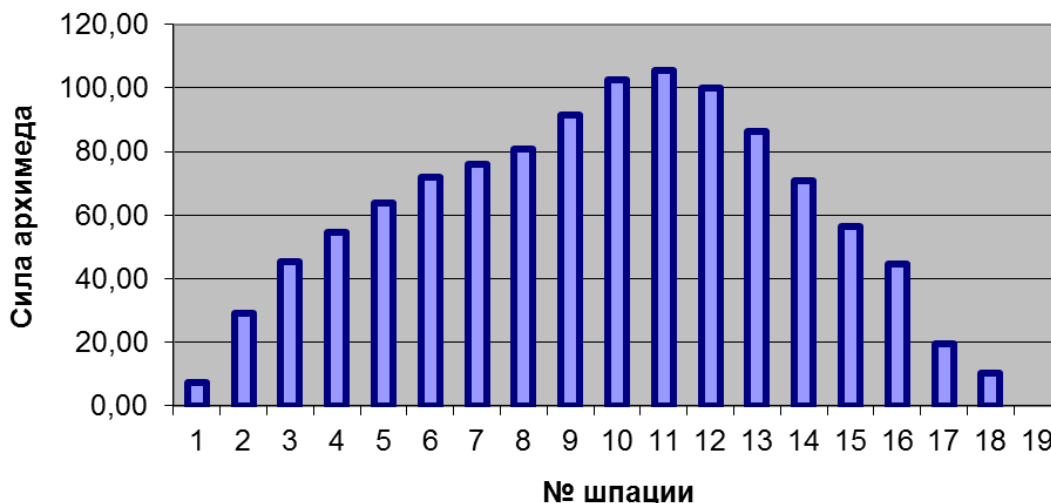


Рисунок 3.1 – Розподіл сили Архімеда по довжині човна

З рисунка видно, що максимальна виштовхуюча сила виникає по середині і складає 105,5 кН на 11 шпациї. Відповідно навантаження на 11 шпацию є максимальним. отже маса човна на 11 шпациї повинна бути максимальною і становить.

Розраховано навантаження на човен у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2- Навантаження на корпусі човна

№ шпациї	S, м ²	Маса, кг	P човна, Н	Навантаження з урахуванням сили Архімеда, $P_s - P$, Н	Розподілене навантаження на корпус q, Н/м	Момент, що діє на корпус M, Н·м
1	0,1002	0	0	0	0	0
2	0,1564	0,438	4,38	2,75	2,75	1,10
3	0,2065	0,578	5,78	23,34	26,09	11,54
4	0,2471	0,692	6,92	38,56	64,65	37,40
5	0,2698	0,755	7,55	47,02	111,67	82,07

					MP.135.6161м.01.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6	0,2920	0,818	8,18	55,72	167,39	149,03
7	0,3024	0,847	8,47	63,57	230,97	241,41
8	0,3120	0,874	8,74	67,37	298,34	360,75
9	0,3218	0,901	9,01	71,79	370,13	508,80
10	0,3636	1,0	10,20	81,29	451,42	689,37
11	0,3748	101,049	1010,49	-908,01	-456,60	506,73
12	0,3564	0,998	10,0	95,53	-361,07	362,30
13	0,2697	0,755	7,55	92,33	-268,74	254,81
14	0,2785	0,780	7,80	78,49	-190,25	178,71
15	0,2903	0,813	8,13	62,57	-127,68	127,64
16	0,2567	0,719	7,19	49,31	-78,36	96,29
17	0,2347	0,657	6,57	38,01	-40,35	80,15
18	0,2088	0,585	5,85	13,73	-26,62	69,50
19	0,1683	0,471	4,71	5,69	-20,93	61,13
20	0,1049	0	0	0	0	0
21	0,0000	0	0	0	0	0

На рисунку 3.2 показана зміна маси човна в залежності від перерізу. Максимальна маса є на 11 шпації по центру човна.



Рисунок 3.2 – Маса човна в залежності від шпації

Різниця ваги і сили плавучості представлена на рисунку 3.3.

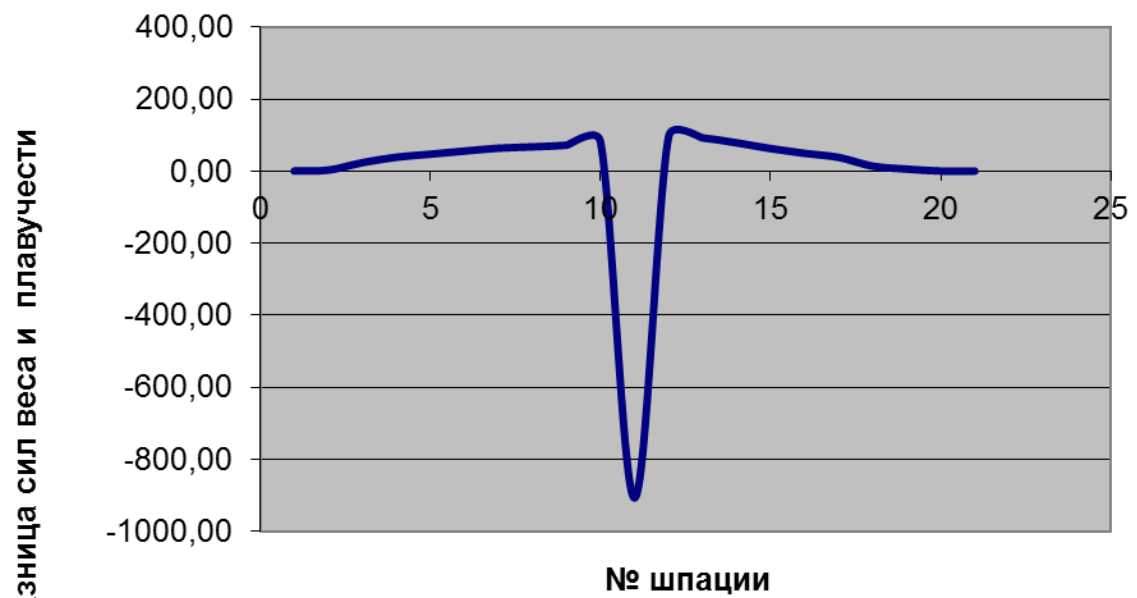


Рисунок 3.3. Різниця ваги і сили Архімеда (кН).



Рисунок 3.4. Розподілене навантаження на корпусі човна (кН/м).

Максимальне навантаження на 10 та 11 шпациї – $q = 456$ кН/м. Отже і максимальний момент буде по центру човна $M = 690$ кН·м (рисунок 3.5)

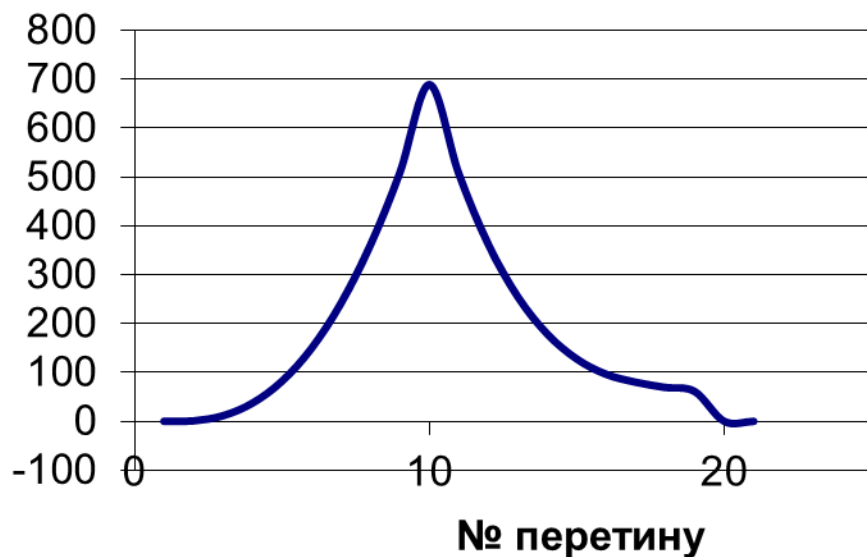


Рисунок 3.5 – Моменти сил що діють на корпус човна (кН·м)

Отже згідно розрахованих навантажень визначається пакет композиційного матеріалу для оптимальної несучої здатності конструкції човна. Для човна повинно виконуватись умова міцності. Тому згідно [14, 15] розраховуються напруження у небезпечному перерізі (11 шпація) $M_{max} = 690$ кН·м



Рисунок 3.6 – Напруження у корпусі човна на 11 шпації, (МПа)

					MP.135.6161m.01.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальне напруження становить 14,3 МПа, що є набагато менше допустимих напружень для будь якого шару.

3.2 Конструкційні розрахунки розташування закладних деталей човна

3.2.1 Фанерні закладні деталі

Корпус човна для академічного веслування виготовляється з тришарової конструкції, яка включає в себе вуглецеву, арамідну, скляну тканину і стільник. У якості сполучника використовується епоксидна смола.

В корпусі передбачені закладні деталі – фанера і дерев'яний брус. Дерев'яний брус розташований в кормовій частині корпусу призначений для утримання кілю. В ньому вирізається канал і туди приформовується кіль (рисунок 3.7) [15].

Тришаровий матеріал, зі стільниковим наповнювачем, є недостатньо міцним, щоб утримувати прикладене точкове навантаження, таке як тиск болтового з'єднання [17]. Також стільник недостатньо щільний для того щоб самонарізний болт міг забезпечити надійне з'єднання. В таких місцях передбачені закладні деталі (Рисунок 3.8). Найчастіше матеріалом для таких деталей є деревина. У неї гарна адгезія до багатьох сполучників і вона досить міцна щоб витримувати навантаження. Деревина не повинна накопичувати вологу, тому застосовується вологостійка фанера.

					MP.135.6161m.01.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

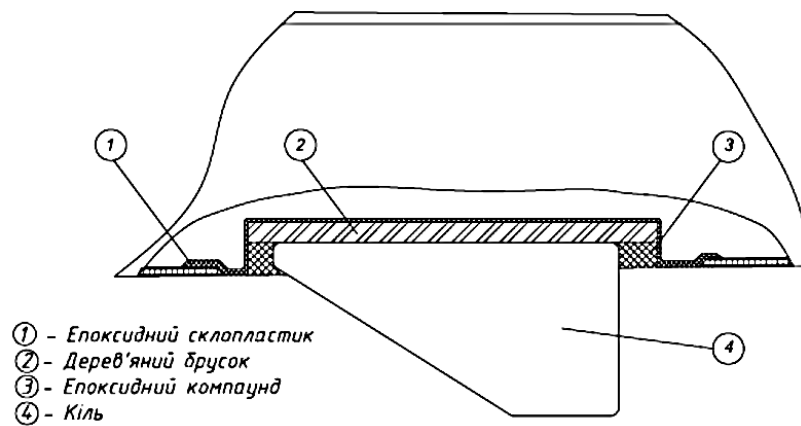


Рисунок 3.7 – Схема розташування закладної деталі – бруса.

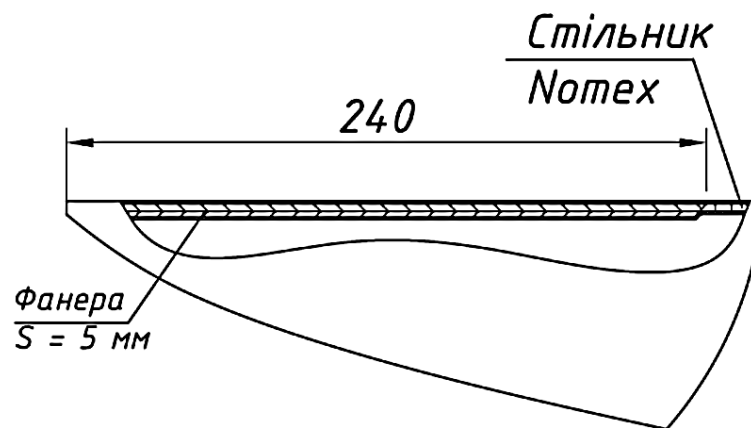


Рисунок 3.8 Фанерна закладна деталь у носовій частині деки

У корпусі є переборка. Вона розташовується посередині човна, в районі найбільших навантажень. Вона відокремлює і робить герметичною носову частину. Переборка також виготовлена із фанери і крім всього виконує функцію ребра жорсткості.

Корпус човна складається із чотирьох частин: днища, носової та кормової деки та центральної платформи. Для їх збирання проводиться склеювання без виймання всіх частин з матриць. Щоб таке з'єднання було міцним до днищевої частини приклеюють технологічні фланці та приформовують дерев'яні штапіки. Площі контакту яку утворюють фланці достатньо щоб створити надійне клейове з'єднання.

В основному всі вузли з'єднання у човні – болтові. Таке з'єднання є роз'ємним і човен може розбиратись, що поліпшує його транспортування.

					MP.135.6161м.01.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Так як пластик не є міцним та зносостійким матеріалом, то в місцях з'єднання металу з пластиком передбачені металеві шайби і прокладки. Вони зменшують прикладене навантаження розносячи його на більшу площину. Наприклад по всьому комінгсі наповнювачем є фанера, а не стільники. Це пов'язано з тим що у цьому районі до човна кріпляться кронштейни, розтяжка, упори для кронштейнів та підніжки. Матеріал для вище перелічених елементів – алюміній. Матеріал вибраний завдяки низькій питомій маси та корозійній стійкості.

3.2.2 Кронштейн для весла на корпусі човна

$P = 1000 \text{ Н}$ – максимальне навантаження яке може розвивати веслувальник.

$a = 0.65 \text{ м}$ – відстань від краю рукоятки до каблука весла;

$b = 1.5 \text{ м}$ – відстань від каблука до лопатки;

Конструкція кронштейну представлена на рисунку 3.8. Та розроблені креслення для деталей кронштейну.

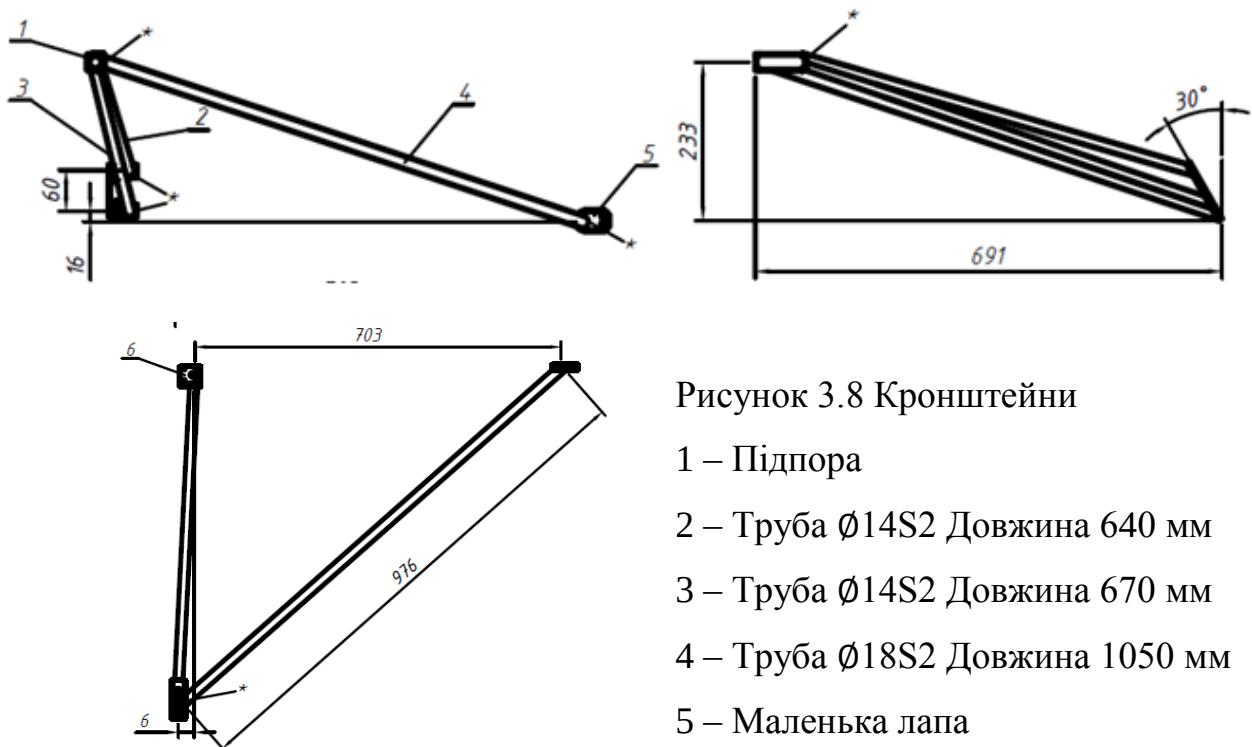


Рисунок 3.8 Кронштейни

1 – Підпора

2 – Труба $\varnothing 14\text{S2}$ Довжина 640 мм

3 – Труба $\varnothing 14\text{S2}$ Довжина 670 мм

4 – Труба $\varnothing 18\text{S2}$ Довжина 1050 мм

5 – Маленька лапа

6 – Велика лапа

					MP.135.6161м.01.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3. Висновки за розділом

У главі визначені зовнішні зусилля, що діються на човен. Найбільш небезпечним перерізом буде переріз у центральній шпації човна, де максимальне розподілене навантаження становить $q = 456$ кН/м, а максимальний момент $M = 690$ кН·м. Згідно цим навантаженням розраховується пакет композиційного матеріалу, що задовольняє умовам міцності.

Всі вузли та з'єднання спроектовані таким чином щоб забезпечити необхідну міцність при надійну експлуатацію, при цьому мати низьку вагу. Матеріал для вище перелічених елементів – алюміній. Матеріал вибраний завдяки низької питомої маси та корозійній стійкості.

					<i>MP.135.6161m.01.03.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					MP.135.6161м.01.04.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Технологічний процес виготовлення човна.	Літ.	Арк.	Акрушіє
Студент		Шевченко В.О						
Керівник		Соломонюк						
Консультант		Соломонюк				Н У К		
Н. контроль		Захарова І.О.						
Зав.кафедр		Коростильов						

4. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ЧОВНА ДЛЯ АКАДЕМІЧНОГО ВЕСЛУВАННЯ

4.1. Вибір технології формування корпусу човна

Обраною технологією виготовлення даного виробу буде вакуумне формування. Цей спосіб дозволить реалізувати фізико механічні характеристики армуючи матеріалів, зменшити масу човна.

Схема вакуумного формування показана на рисунку 1.13.

4.2 Перелік матеріалів та їх властивостей які використовуються при виготовленні човна:

Основні:

- Епоксидна смола Ampreg 22.
- Клей.
- Стрічка для стиків.
- Вологостійка фанера $\delta = 5\text{мм}, 20\text{ мм}$.
- Поліуретанова фарба AWLGRIT Topcoat G/H line.
- Склومات 250 г/м^2 марки Porcer 4317 .
- Склотканина ВТІ EBX-446, 446 г/м^2 .
- Дерев'яні штапіки $15 \times 2000\text{ мм}$.
- Пінопласт Herix C70/50 $\delta = 4\text{ мм}$.

Допоміжні:

- Вакуумна плівка – ELA-50;

Рекомендована температура використання до 110°C , товщина – 50 мкм.

- Дренажний шар – AER-100 Breather;

Рекомендована температура використання до 180°C , поверхнева маса – 110 г/м^2 .

- Перфорований шар ELA-20P1;

Рекомендована температура використання до 125°C , товщина – 20 мкм.

- Жертовний шар – PEEL-PLY 68;

					MP.135.6161м.01.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рекомендована температура використання до 195°C, поверхнева маса – 68 г/м², товщина – 100 мкм.

- Герметизуюча стрічка – M-SEAL2;

Рекомендована температура використання до 160°C, товщина – 2 мм, ширина – 10 мм.

- Антіадгезив двокомпонентний: 1-й компонент – SEALER GP; 2-й компонент – FIBERGLAS SHIELD.

- Дрантя технічне.
- Скотч технічний.

4.2 Обладнання, інструменти і пристосування

Таблиця 4.1 - Перелік_обладнання та інструментів які використовуються при виготовленні човна

Назва компоненту	Кількість, шт
Розкрійний ніж.	2
Ножиці ручні розкрійні.	1
Ваги с ціною поділки 1 г.	1
Медичний шприц.	2
Шпатель металевий.	1
Шпатель гумовий.	1
Гумові рукавиці.	2 компл.
Щітка малярна плоска ширина 150 мм.	1
Валик малярний, хутровий.	1
Відро ємністю 8 л.	1
Ключ гайковий 10 x12.	4
Вакуумний штуцер.	1
Вакуумний манометр.	1
Вакуумні шланги.	2

					MP.135.6161м.01.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вакуумний насос Portaple, продуктивність 3 м ³ /год.	1
Піч, рекомендована температура використання 80°C.	1
Роторна мішалка	1

4.3 Технологічний процес виготовлення човна

4.3.1 Розкрій армуючих матеріалів та технологічних шарів

Розкрій армуючих матеріалів.

Розкрій тканини, виконується згідно схеми розкрою (креслення МР.135.6161м.01.СБ1.

Кромки вже розкроєного стільника підрізаються під кутом 45°.

Вирізаються стрічки з однонаправленої вуглетканини:

- 1) довжиною 6 м, шириною 0.1 м – кількість 1 шт.;
- 2) довжиною 2.5 м, шириною 0.1 м – кількість 4 шт.

Розкрій технологічних шарів.

Розкрій технологічних шарів, виконується згідно схеми розкрою (креслення МР.135.6161м.03.02.01. та МР.1356161м.03.02.01.).

4.3.2 Підготовка матриці

1. Очистити робочу поверхню матриці сухим дрантям.

Поверхня матриці вичищається після попереднього формування, від якого могла залишитися смола, пил й інші речовини. Чистити від смоли необхідно акуратно й ретельно, щоб не ушкодити поверхню матриці. Для цього використовуються металеві шпателі. Очищення від пилу здійснюють дрантям. Використовуване дрантя повинно бути без органічного домішок й інших компонентів, які можуть вплинути на якість майбутнього виробу.

Якщо при останньому вилучені виробу виникали проблеми, то необхідно змити старий антиадгезив (розділовий шар) і нанести новий. Змивка виконується дрантям змоченої в розчиннику. Необхідно переконатися, що

					МР.135.6161м.01.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розчинник повністю випарувався з поверхні матриці. Це можна визначити візуально, почекавши близько 5 хвилин.

2. Нанести 6 шарів антиадгезійного покриття на робочу поверхню.

Наноситься двокомпонентний роздільник. Перший компонент SEALER GP наноситься за допомогою дрантя, круговими рухами, утираючи його в поверхню оснащення. Після цього, необхідно почекати від 20 до 40 хв. залежно від температури навколишнього середовища, щоб антиадгезив проник у всі пори й мікротріщини матриці.

Далі, здійснюється полірування поверхні оснастки. Потрібно це робити так, щоб поверхня здобула глянсовий блиск. Таким прийомом видаляється зайва кількість роздільника.

Повторити вище перелічені дії ще 3 рази.

Потім наноситься другий компонент FIBERGLAS SHIELD. Схема нанесення аналогічна як і для першого компоненту. Необхідно нанести два шари другого компоненту.

4.3.3 Сушіння армуючих матеріалів

Сушіння всіх армуючих матеріалів здійснюється в печі при температурі від 70°C до 80°C не менш ніж 2 години.

4.3.4 Виготовлення вакуумного мішка для формування корпусу

Вакуумний мішок готується з подвійної поліетиленової плівки, товщиною 0,3 мм. Ширина мішка 1.2 м, довжина - 8,5 м. По краям мішка приклеюється герметизуюча стрічка. Один кінець - заклеюється повністю, а другий - залишається відкритим, щоб потім одягти його на матрицю.

4.3.5 Приготування сполучника.

Для забезпечення необхідної якості процес приготування сполучника повинен здійснюватися у технологічній послідовності:

1. необхідно витримати смолу в робочому приміщенні якийсь час для вирівнювання температур.

					MP.135.6161м.01.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. перевірити строк придатності смоли й ініціатора;
3. підготувати чисту суху ємність;
4. зважити на вагах із ціною поділки 1г необхідну кількість смоли;
5. відміряти в мірній ємності із ціною поділки 1 мл необхідну кількість твердника;
6. ввести в ємність розрахункову кількість твердника;
7. перемішати суміш пропелерною мішалкою.

Не занадто інтенсивно, інакше виникає явище аерації. Процес перемішування повинен бути ретельним, пропелерну мішалку варто повністю занурювати в суміш, не допускати виходу лопат на поверхню. Варто пам'ятати, що в стінок і дна посудини утворюються застійні зони, де перемішування відбувається дуже повільно, тому перемішувати бажано як по центру, так і по краях ємності.

8. відлити 50 гр. сполучного в окрему ємність для контролю отвердіння.

4.3.5 Кількість сполучника і твердника необхідного для формування корпусу:

1. Корпус, 1-й шар сполучник – 1.5 кг, твердник – 0.3 кг ;
2. Корпус 2-й шар сполучник – 0.7 кг, твердник – 0.14 кг;
3. Дека кормова 1-й шар сполучник – 0.5 кг, твердник – 0.1 кг;
4. Дека кормова 2-й шар сполучник – 0.5 кг, твердник – 0.1 кг;
5. Дека носова 1-й шар сполучник – 0.7 кг, твердник – 0.14 кг
6. Дека носова 2-й шар сполучник – 0.7 кг, твердник – 0.14 кг;
7. Платформа сполучник – 0.4 кг, твердник – 0.08 кг

Комплекти тканини для формування човна вказані у таблиці 4.2

					MP.135.6161м.01.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2 - Комплекти тканини для формування човна.

Назва комплекту	Позиція	Марка матеріалу
К-1	Вуаль скляна 48 г/м ²	Porcer 1080
К-2	Вуглецева тканина 160 г/м ²	TOREY 2006
К-3	Стільник S = 3 мм 48 кг/м ³ .	NOMEX
К-4	Склотканина 105 г/м ² .	Porcer 2116
К-5	Арамідна тканина 115 г/м ²	Interglas 98607
К-6	Вуглець-арамідна тканина 165 г/м ²	Porcer 3210
К-7	Вуглецева стрічка 315 г/м ²	Carbon tape TCU
К-8	Вуглецева стрічка 315 г/м ²	Carbon tape TCU
К-9	Жертовний шар 68 г/м ²	PEEL-PLY 68
К-10	Перфорований шар	ELA-20P1
К-11	Дренажний шар 110 г/м ²	AER-100 Breather
ДК -1	Вуаль скляна 48 г/м ² .	Porcer 1080
ДК -2	Арамідна тканина 115 г/м ²	Interglas 98607
ДК -3	Стільник S = 3 мм 48 кг/м ³	NOMEX
ДК -4	Жертовний шар 68 г/м ²	PEEL-PLY 68
ДК -5	Перфорований шар.	ELA-20P1
ДК -6	Дренажний шар 110 г/м ²	AER-100 Breather
ДН -1	Вуаль скляна 48 г/м ²	Porcer 1080
ДН -2	Арамідна тканина 115 г/м ²	Interglas 98607
ДН -3	Стільник S = 3 мм 48 кг/м ³	NOMEX
ДН -4	Жертовний шар 68 г/м ²	PEEL-PLY 68
ДН -5	Перфорований шар	ELA-20P1
ДН -6	Дренажний шар 110 г/м ²	AER-100 Breather
П-1	Вуаль скляна 48 г/м ²	Porcer 1080
П-2	Вуглецева тканина 160 г/м ²	TOREY
П-3	Пінопласт S = 4 мм	HERIX CR/70.
П-4	Вуглець-арамідна тканина 165 г/м ²	Porcher 3210
П-5	Жертовний шар 68 г/м ²	PEEL-PLY 68
П-6	Перфорований шар	ELA-20P1
П-7	Дренажний шар 110 г/м ²	AER-100 Breather

4.3.6 Формування човна.

4.3.6.1 Загальні вказівки.

1. Кожен шар просочувати сполучником за допомогою щітки до повного усунення непросочених ділянок та бульбашків.

					MP.135.6161м.01.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Шари матеріалів викладати на форму впритул до її кромки.
3. Складки і викривлення волокон виправляти натягненням кінців кожного шару.
4. В тих місцях де драпірувати матеріал складно розрізати ножицями для покращення драпіровки.

4.3.6.2 Послідовність операцій при формуванні корпусу:

1. Нанести на поверхню форми щіткою шар смоли товщиною приблизно 0.5 мм.
2. Викласти перший шар, додаток А., К-1.
3. Викласти другий шар, додаток А., К-2.
4. Викласти жертвний шар, додаток А., К-9.
5. Викласти перфорований шар, додаток А., К-10.
6. Викласти дренажний шар, додаток А., К-11.
7. Встановити систему відводу повітря, див. рисунок 4.1. Розмістити вакуумний шланг так як показано на рисунку 4.2.
8. Одягнути і герметизувати вакуумний мішок.

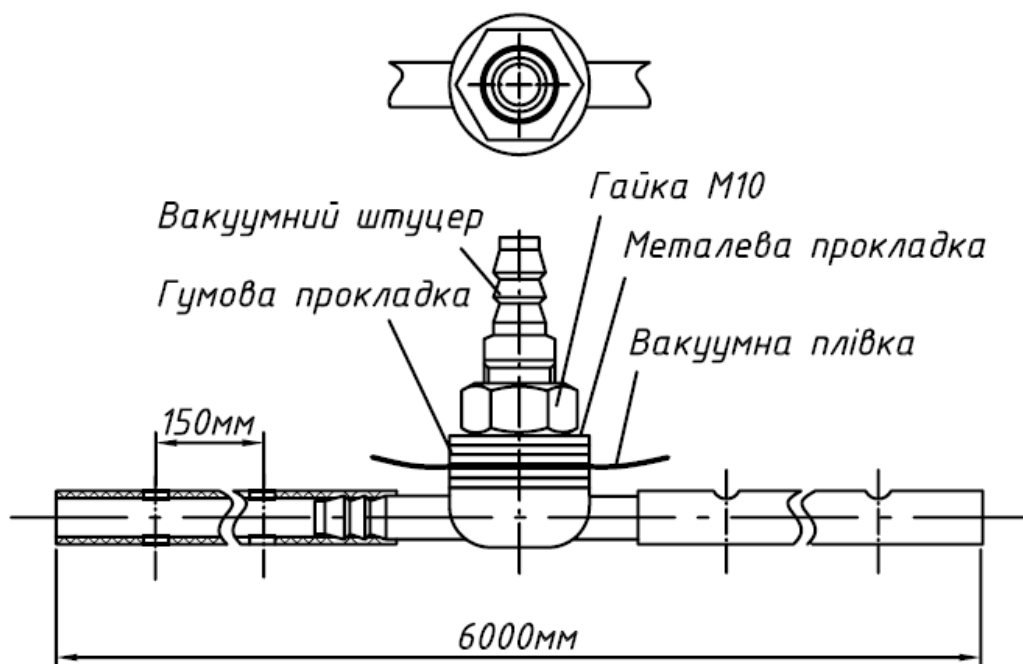


Рисунок 4.1 - Система відводу повітря.

					Арк.	
					МП.135.6161м.01.04.ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

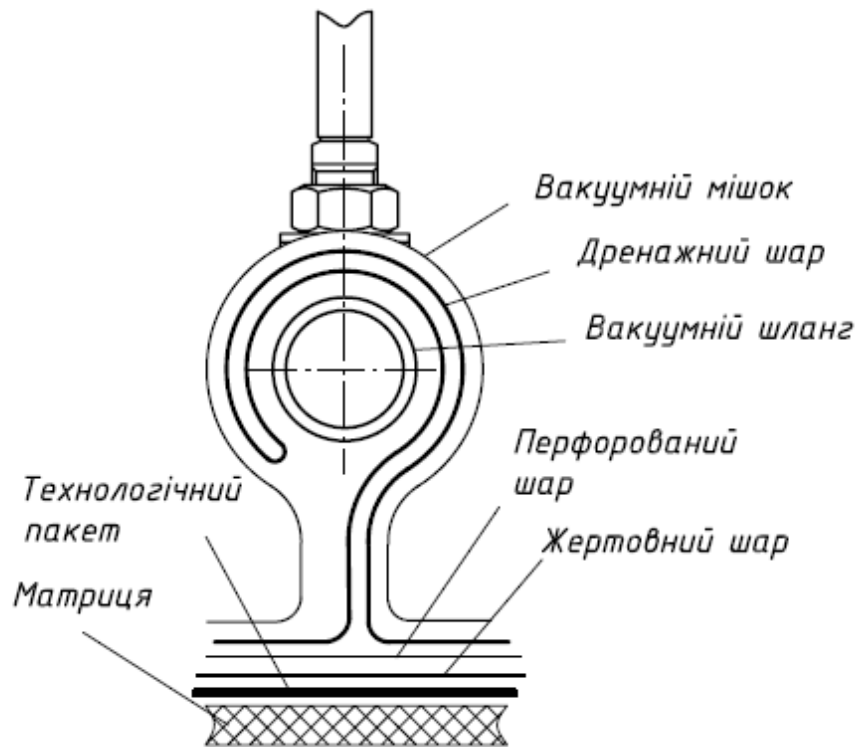


Рисунок 4.2 - Схема розташування вакуумного шлангу.

9. Підключити вакуумний насос до штуцера і включити.
10. Підключити вакуумний насос до штуцера і включити.
11. Перемістити матрицю у піч і встановити температуру 70°C.
12. Витримати виріб в печі протягом 120 хвилин після подачі вакууму.
13. Відключити піч і вакуумний насос.
14. Витягти матрицю з печі.
15. Відокремити штуцери подачі вакууму.
16. Відокремити пакет допоміжних матеріалів від виробу.
17. Нанести на затверділий пакет пульверизатором шар клею.
18. Дати затвердіти клею до появи липкості.
19. Викласти третій шар, додаток А., К-3.
20. Встановити закладні деталі з дивись креслення МР.135. 6161м.01СБ1.
21. Повторити операції 9,10 вказані у пункті 4.4.6.2.
22. Чекати не менше 30 хв. при температурі 21°C, поки клей не затвердіє.
23. Відключити вакуумний насос.
24. Зняти вакуумний мішок.

					МР.135.6161м.01.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

25. На окремому просочувальному столі: нанести щіткою сполучник на шари тканини, додаток А., К-4 - К8.

26. Викласти шари тканини, додаток А., комплект 1, К-4 – К6 в тій же послідовності. Шар К-7 викласти на відстань 1 м від крайньої точки носу вздовж днища. Шар К-8 викласти вздовж кромки чотирьох бортів на відстані 0.2 м від комінгсу (Рисунок 4.3).

27. Повторити операції 5-16 вказані у пункті 4.4.6.2.

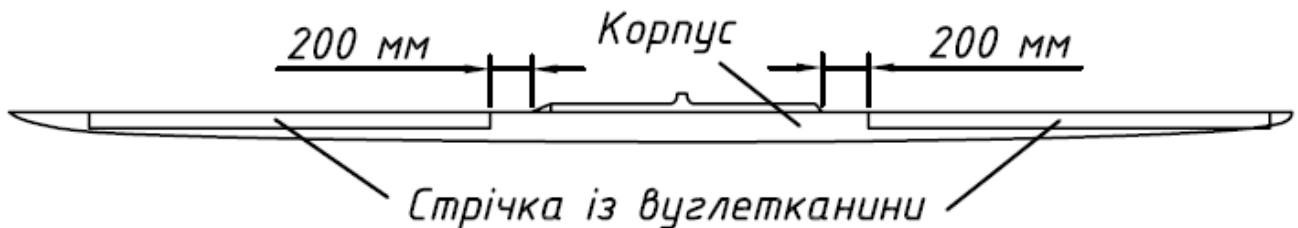


Рисунок 4.3 - Схема викладки стрічок з вуглетканини

4.4.6.3 Послідовність операцій при формуванні кормової декі:

1. Наклеїти неподалік від кромки матриці герметизуючу стрічку.
2. Нанести на поверхню форми щіткою шар смоли товщиною приблизно 0.5 мм.
3. Викласти перший шар, додаток А., ДК-1.
4. Викласти другий шар, додаток А., ДК-2.
5. Викласти жертвний шар, додаток А., ДК-4.
6. Викласти перфорований шар, додаток А., ДК-5.
7. Викласти дренажний шар, додаток А., ДК-6.
8. Закрити пакет вакуумною плівкою.
9. Повторити операції 10-16 вказані у пункті 3.4.6.2.
10. Повторити операцію 1 вказану у п. 3.4.6.3.
11. Повторити операцію 17,18 вказану у п. 3.4.6.2.
12. Викласти третій шар, додаток А., ДК-3.
13. Повторити операції 9,10,22,23,24 вказані у пункті 3.4.6.2.

					МР.135.6161м.01.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14. На окремому просочувальному столі: нанести щіткою сполучник на шари тканини, додаток А., ДК-2.
15. Викласти просочену тканину.
16. Повторити операції 5-16 вказані у пункті 3.4.6.2.

4.3.6.4 Послідовність операцій при формуванні носової декі:

1. Повторити операції 1-2 вказані у пункті 3.4.6.3.
2. Викласти перший шар, додаток А., ДН-1.
3. Викласти другий шар, додаток А., ДН-2.
4. Викласти жертковний шар, додаток А., ДН-4.
5. Викласти перфорований шар, додаток А., ДН-5.
6. Викласти дренажний шар, додаток А., ДН-6.
7. Повторити операції 8-11 вказані у пункті 3.4.6.3.
8. Викласти третій шар, додаток А., ДН-3.
9. Встановити закладну деталь 4 дивись креслення МР.135.6161м.01.3К.
10. Повторити операції 9,10,22,23,24 вказані у пункті 4.4.6.2.
11. На окремому просочувальному столі: нанести щіткою сполучник на шари тканини, додаток А., ДН-2.
12. Повторити операції 15-16 вказані у пункті 4.4.6.3.

4.4.6.4 Послідовність операцій при формуванні платформи:

1. Повторити операції 1-2 вказані у пункті 3.4.6.3.
2. Викласти перший шар, додаток А., П-1.
3. Викласти другий шар, додаток А., П-2.
4. Викласти третій шар, додаток А., П-3.
5. Викласти четвертий шар, додаток А., П-4.
6. Викласти п'ятий шар, додаток А., П-2.
7. Викласти жертковний шар, додаток А., П-5.
8. Викласти перфорований шар, додаток А., П-6.
9. Викласти дренажний шар, додаток А., П-7.

					МР.135.6161м.01.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Повторити операції 8-11 вказані у пункті 4.4.6.3.

4.3.6.5 Збирання секцій.

1. Робочу поверхню змінних фланці заклеїти скотчем.
2. Прикріпити болтами до матриці зміні фланці.
3. На окремому просочувальному столі:
 - нанести щіткою сполучник на стрічки склотканини.
4. Викласти стрічку на робочу поверхню змінних фланців.
5. Дочекатися доки смола якою просочена стрічка полімеризується.
6. Зняти зміні фланці.
7. Приклеїти фанерну переборку, та штапики.
8. Зібрати матриці корпусу, дек та платформи разом, зафіксувати їх болтами.

4.3.7 Вилучення виробу із матриці.

1. Зняти болти та розкрити матрицю.
2. Для вилучення човна його підривають з матриці за допомогою спеціальних клинів, а потім відокремлюють від матриці. Човен, вилучений із матриці, переміщують до зони в якій буде проходити механічна обробка.

4.3.8 Механічна обробка.

1. Зняти облой за допомогою турбінки та наждачного паперу.
2. Покрити човен поліуретановим покриттям.
3. На місця стиків корпусу с деками наклеїти стрічку.
4. Зробити отвори згідно з кресленням МР.135.6161м.01.01.3Б.

4.3.9 Встановлення насичення.

Насичення встановлюється згідно кресленню МР.135.6161м.01.02.3Б.
Включає в себе перелік таких збірних одиниць:

1. Носик.
2. Флюгаркотримач.

					МР.135.6161м.01.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Кронштейни 2 шт.
4. П'ятий прут 2 шт.
5. Кіль.
6. Лючки 2 шт..
7. П'ятачок.
8. Підніжка.
9. Упор для кронштейнів.
10. Упор для підніжки.
11. Пластини для підніжки 4 шт.
12. Полозки 2 шт.

4.3.10 Контроль якості.

Перед початком виготовлення виробів необхідно перевірити якість матеріалів - зробити вхідний контроль якості. Матеріали, застосовувані для виготовлення полімерних виробів, підрозділяються на основні і допоміжні. До основних належать сполучники і їх компоненти (активатори, каталізатори, інгібітори, прискорювачі й ін.) і армуючі наповнювачі. До допоміжних - матеріали, використовувані додатково до основного (речовини для обробки поверхонь, розчинники, антиадгезиви). Матеріали для одержання склопластику повинні відповідати технічним чи умовам ДСТУ. Для всіх матеріалів повинний бути перевірений термін придатності.

Армуючі матеріали контролюються по наступних параметрах:

1. герметичність упакування;
2. відсутність сторонніх включень, пилу, забруднень і зміни кольору;
3. марка і вид наповнювача, тип волокон і їхнього переплетення;
4. вологість визначається після просушки в печі і не повинна перевищувати 0.1%;
5. наявність апрета;
6. відсутність перегинів, що перевищують припустимий кут.

					MP.135.6161м.01.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Смоли і гелеві покриття контролюються по наступних параметрах:

1. зовнішній вигляд і колір;
2. тип смоли;
3. герметичність ємності;
4. в'язкість - визначається віскозиметром Брукфільда;
5. індекс тиксотропії;
6. наявність і вміст технологічних добавок (розріджувачів, тиксотропних) і компонентів стверджуючої системи (прискорювачів, інгібіторів, каталізаторів);
7. час гелеутворення - вимірюється гелтаймером.

Крім того, у смол для нанесення гелевих покриттів перевіряються:

1. укривистість;
2. пористість

Технічний контроль оснащення.

Технічний контроль оснащення виконується двічі: після її виготовлення і перед початком формування виробу, - і містить у собі технічний огляд і вимірювальний контроль на відповідність кресленням і вимогам конструкторської документації.

Візуальний контроль чистоти робочої поверхні, суцільності розділового шару, готовності до виконання робіт виконується в термін, що не перевищує 24 години до початку формування. Контролюється відсутність сколов, подряпин, пробілів у нанесеному розділювальному шарі й інші дефекти. Виявлені дефекти усуваються за допомогою шпаклівки, після чого поверхня полірується полірувальними пастами марок М-50, R-10, R-40. При вимірювальному контролі перевіряється геометрична форма й основні розміри робочої поверхні матриці.

					MP.135.6161м.01.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймальний контроль виробу.

Цей вид контролю передбачає: контроль лінійних розмірів і форми. Граничні відхилення по всіх розмірах повинні відповідати зазначеним на кресленнях. При дотриманні призначеного технологічного режиму й умов виробництва на всіх етапах виготовлення виробу геометричну форму можна не контролювати, тому що вона забезпечується формотворними поверхнями оснащення. Також контролюється вага лопаті. Крім того, варто проводити контроль якості зразків-свідків, виготовлених тим же методом, з тих же матеріалів і при дотриманні тих же вимог, що і виріб, що виготовляється. Перевірка полягає в проведенні іспитів з метою визначення фізико-механічних властивостей і їхньої відповідності заявленим у паспорті виробу.

4.4 Висновки за розділом

Розроблено технологічний процес виготовлення човна для академічного веслування методом вакуумного формування, що є найефективнішим для ціни та якості човна.

Передбачено технічний контроль оснащення та контроль якості човна

					MP.135.6161м.01.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В роботі розглянуто існуючі конструкції, технології виготовлення, матеріали які при цьому застосовують

1. Матеріал, що застосовується - гібридний полімерний композиційний матеріал, він складається з вуглецевих і, арамідних, скляних тканин, та стільникового наповнювача. Матриця – епоксидний сполучник Armpreg 22. Армуюча структура складається з склотканини, арамідної і вуглецевої тканин, які рівномірно розподіляють навантаження, на корпусі човна. У якості закладних деталей використовується вологостійка фанера.

2. Визначено зовнішні навантаження що діють корпус академічного човна. Максимальні знаходяться посередині. Згідно умовами жорсткості і міцності підібрано пакет композиційного гібридного матеріалу для корпусу човна

3. Технологією виготовлення академічного човна обрано вакуумне формування, Розроблено технологічний процес формування з урахуванням застосування гібридного пакету матеріалу.

4. Спроектвані вузли кріплення, вибрані матеріали для них і розроблені креслення для деталей які планується виготовляти власноруч. Також виконано збірне креслення виробу.

					MP.135.6161м.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://uk.wikipedia.org/wiki>.
2. www.roving.co.uk.
3. Hugo du Plessis Fibreglass Boats Construction, Gel Coat, Stressing, Blistering, Repair, Maintenance, Adlard Coles 2006 296p
4. Dave Gerr, The Elements of Boat Strength: For Builders, Designers, and Owners
5. Andrew C. Marshall Composite Basics 7th Edition T C Pr; 202 pages
6. Manufacturing Processes for Advanced Composites by Flake C Campbell Jr
Publisher: Elsevier Science | January 1, 2004 | ISBN: 1856174158 | Pages: 532
7. British standard aerospace series BS EN 4408-1:2005 Technical drawings
8. Güneri Akovali, Handbook of Composite Fabrication Rapra Technology Limited, 2001 – 196p.
9. Marine Composites: Design and Performance. Jasper Graham-Jones, John Summerscales, Richard Pemberton Elsevier Science 2018 528p
10. McGraw Hill Professional, 2000 – 368p.
11. Myer Kutz, Handbook of materials selection J. Wiley, New York, 2002, 1497 p
12. Representation of parts made of composite materials — Part 1: General rules, 12p.
13. Sanjay Mazumdar Composites Manufacturing: Materials, Product, and Process Engineering 1st Edition, CRC Press 2001 416p.
14. Гейко С. П. Технологія виготовлення суднових конструкцій із полімерних композиційних матеріалів/ С. П. Гейко, Є. Т. Бурдун, – Миколаїв : НУК, 2014. – 254с.
15. Гейко. С.П. Проектування корпусних зв'язків суден із полімерних композиційних матеріалів / С. П. Гейко, Є. Т. Бурдун, – Миколаїв : НУК, 2014. – 78с.
16. Карпов Я.С. Проектування деталей і агрегатів із композитів :підручник/Я.С.Карпов.-Х.:Нац. аерокосм. ун-т «ХАІ», 2010-768с.

					MP.135.6161м.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

17. Слівінський, В.І. Тришарові стільникові конструкції. / М.А. Сидоренкова, В.І. Сливинський, - навчальний посібник. - Харків: ХАІ, 1998. - 56с.

					MP.135.6161м.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Додаток А
Специфікація на човен

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
				<u>Документація</u>		
			MP.135.6161м.01.01.СБ	Сборочне креслення		
				<u>Сборочні одиниці</u>		
		1		Підножка	1	
		2		Вертлюг	2	
		3	MP.135.6161м.01.02.СБ	Кронштейни	2	
		4		Лючок	2	
		5		Розтяжка	2	
				<u>Деталі</u>		
		6	MP.135.6161м.01.СБ1	Корпус	1	
		7		Носик	1	
		8		Флюгаркотримач	1	
		9		Полозок	2	
		10		П'ятачок	1	
		11		Внутрішня підкладка	2	
		12		Зовнішня підкладка	2	
		13		Направляюча для	1	
		14		Підпора для підножки	1	
		15		Підпора для	1	
		16		Підкладка під розтяжку	2	
		17		Підкладка під кронштейн	2	
		18		Кіль	1	
				MP.6161м.01.01.		
Зм.	лист	№ Докум	Підпис	Дата	Човен для академічного веслування	
Студент		Шевченко В. О.				
Керівник		Соломонюк Н.С				
Консульт		Гейко С.П.				
Н.контр.		Захарова І.О.				
Зав. каф.		Коростильов.Л.І				
					Лім.	Лист
						Листів
					н у к	

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
		19		Спец болт М6х25	2	
		20		Пластина-підпора	1	
		21		Спец болт М6х25	2	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		22		Гайка М6-6Н.5 ДСТУ	25	
		23		Гайка М10-6Н.5	4	
				ДСТУ 3216 - 70		
		24		Гайка-барашек М6-8Н.4	2	
				ДСТУ 1687-75		
		25		Винт А.М6х25	9	
				ДСТУ 1491-80		
		26		Винт А.М6-6gx35	2	
				ДСТУ 1491-80		
		27		Болт М6-8gx25	3	
				ДСТУ 7798-70		
		28		Самонарізний болт Ø3х6	11	
				ДСТУ 6442-82		
		29		Самонарізний болт Ø4х8	4	
				ДСТУ 6442-82		
		30		Заклепка Ø3х6	2	
				ДСТУ 6442-82		
		31		Шайба 6.02.ВСт 3.029	20	
				ДСТУ-11371-78		
		32		Шайба 10.04.ВСт 3.029	2	
				ДСТУ-11371-78		
		33		Хомут 4.55.02	2	
				ДСТУ-2351-84		
				МР.6161м.01.01.		
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		

Додаток Б
Специфікація на кронштейн

