

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

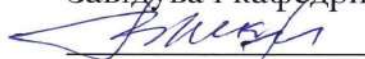
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Кораблебудівний навчально-науковий інститут

Кафедра теорії та проектування суден

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри

 В.О. Некрасов

«20» 12 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «магістр» на тему:

«Дослідницьке проектування яхти класу “Міні”»

Виконав: студент групи 6113м

Рябов Д.В.

 (підпис)

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент

(посада, науковий ступень вчене звання)

Пащенко Ю.М.

(підпис)

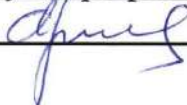


Рецензент:

канд. техн. наук, професор НУК

Кротов О.І.

(підпис)



Миколаїв—2024р.

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

Кафедра теорії та проектування суден
Спеціальність 135 Суднобудування
Освітня програма Яхтинг та малі судна

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

 к.т.н., професор Бондаренко О.В.

« 17 » 09 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
щодо здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Студенту Рябову Даніілу Вадимовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідницьке проектування яхти класу "Міні".
Керівник роботи Пашенко Ю.М., к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора № від « » 2024 року

2. Термін подання роботи: 20.12.2024 р.

3. Вихідні дані по роботі:

3.1 Головні розміри згідно з правилами класу

3.2 Швидкість біля 11 вузлів при швидкості вітру 5 м/с

3.3 Потужність підвісного двигуна 5 к.с.

3.4 Район плавання 2 прибережний

3.5 Додаткові вимоги матеріал корпусу – пластик

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що належать бути розробленими):

4.1. Огляд основних тенденцій у розвитку флоту яхт класу "Міні".

4.2. Визначення головних розмірів проектованої яхти.

4.3. Побудова теоретичного креслення та формування теоретичної поверхні корпусу яхти.

4.4. Розрахунок елементів плавучості та початкової остійності.

4.5. Розрахунок об'ємів цистерн для палива та питної води.

4.6. Розрахунок навантаження мас, визначення координат центру ваги.

4.7. Розрахунок остійності яхти на великих кутах крену за ISO 12217-2..

4.8. Визначення характеристик ходовості яхти.

4.9. Розрахунок вітрильного центрування яхти.

4.10. Набір корпусу за правилами РСУ.

5. Графічна частина роботи.

5.1. Теоретичне креслення.

5.2. Тривимірна модель.

- 5.3. Перевірка остійності на великих кутах крену.
 5.4. Вітрильне центрування.
 5.5. Конструктивні перерізи корпусу.
 5.6. Креслення загального розташування.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультантів	Підпис, дата			
		Завдання видано		Завдання прийнято	
1-10	Пашенко Ю.М., доцент	17.09.2024			

5. Дата видачі завдання 17.09.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проектування	Тривалість етапів проекту (роботи)	Примітка
4.1.	Огляд основних тенденцій у розвитку світового флоту яхт.	24.09.2024	
4.2.	Визначення головних розмірів проектованої яхти.	21.10.2024	
4.3.	Побудова теоретичного креслення та формування теоретичної поверхні корпусу яхти.	05.11.2024	
4.4.	Розрахунок елементів плавучості та початкової остійності.	12.11.2024	
4.5.	Розрахунок об'ємів цистерн для палива та питної води.	15.11.2024	
4.6.	Розрахунок навантаження мас, визначення координат центру ваги	21.11.2024	
4.7.	Розрахунок остійності яхти на великих кутах крену.	27.11.2024	
4.8.	Визначення характеристик ходовості яхти.	03.12.2024	
4.9.	Розрахунок вітрильного центрування яхти.	06.12.2024	
4.10.	Набір корпусу за правилами РСУ.	09.12.2024	
4.11.	Пояснювальна записка	19.12.2024	
4.12.	Презентація	20.12.2024	

Студент  Рябов Данііл Вадимович
 (підпис) (ПІБ)

Керівник роботи  Пашенко Юрій Миколайович
 (підпис) (ПІБ)

Анотація

Магістерську роботу виконано згідно завданню, виданому кафедрою Теорії та проектування суден.

В цій роботі побудовані теоретичне креслення та 3D модель яхти, креслення загального розташування і вітрильного центрування.

В розділі «Теорія корабля» розраховані гідростатика, остійність та ходовість яхти, зроблена її планівка.

Досліджені характеристики ходовості за різними методиками і буксирувальними випробуваннями у дослідному басейні НУК.

В розділі «Конструкція корпусу» обрано матеріал для виготовлення конструкцій корпусу судна. Обрані товщини обшивки і набору корпусу за розрахованими навантаженнями, що діють на яхту.

Ключові слова: проектування, яхта класу «Міні», головні розміри, морехідні якості.

					24. МР.135. 6112м. 08. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Annotation

The master's work was carried out in accordance with the assignment issued by the Department of Theory and Design of Ships.

In this work, a theoretical drawing and a 3D model of the yacht, general layout drawings and sail centering are built.

In the section “Theory of the ship” the hydrostatics, stability and speed of the yacht are calculated, its polar is made.

The studied characteristics of driving performance by various methods and towing general tests in the research pool of the National University of Shipbuilding.

In the section "Hull Design" a material was selected for the manufacture of hull structures. The thickness of the casing and hull set were selected according to the design loads acting on the yacht.

Keywords: Design, «Mini» class yacht, main dimensions, seaworthiness qualities.

					24. MP.135. 6112м. 08. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміст

Завдання на магістерську роботу.....	
Анотація	
1.Вступ	2
2. Визначення головних розмірів проектованої яхти.....	7
3. Побудова теоретичного креслення та поверхні корпусу яхти	20
4. Розрахунок елементів плавучості та початкової остійності	23
5. Розрахунок об'ємів цистерн для палива та питної води	26
6. Розрахунок навантаження мас, визначення координат центра ваги проектованої яхти	29
7. Розрахунок остійності яхти на великих кутах крену	33
8. Розрахунок опору яхти.....	42
9. Розрахунок вітрильного центрування яхти	51
10. Набір корпусу за правилами класифікаційного товариства.....	55
Висновки	68
Література	70

					24.ДП.7.05120101.6112.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.01			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вступ			
Студент		Рябов Д.В.						
Керівник		Пащенко Ю. М						
Консультан		Пащенко Ю. М						
Зав. каф.		Некрасов В. О.						
					Літ Аркуш Аркушів НУК ім. адм. Макарова			

Вступ

Яхти класу Mini Transat 650 представляють собою унікальне поєднання інженерних інновацій, морської майстерності та сміливих викликів. Ці компактні гоночні яхти, довжиною лише 6,5 метра, створені для подолання Атлантичного океану в умовах мінімальних ресурсів та максимальної автономності. Змагання Mini Transat, започатковані у 1977 році, стали символом витривалості, інновацій та прагнення до досконалості в мореплавстві.

Популярність цього класу пояснюється його доступністю, порівняно невисокими витратами на будівництво й експлуатацію, а також унікальним форматом перегонів, що вимагає від учасників не лише технічних знань, але витривалості, сміливості та стратегічного мислення. Для інженерів і дизайнерів Mini Transat 650 є майданчиком для експериментів із сучасними матеріалами, аеродинамікою та гідродинамікою.

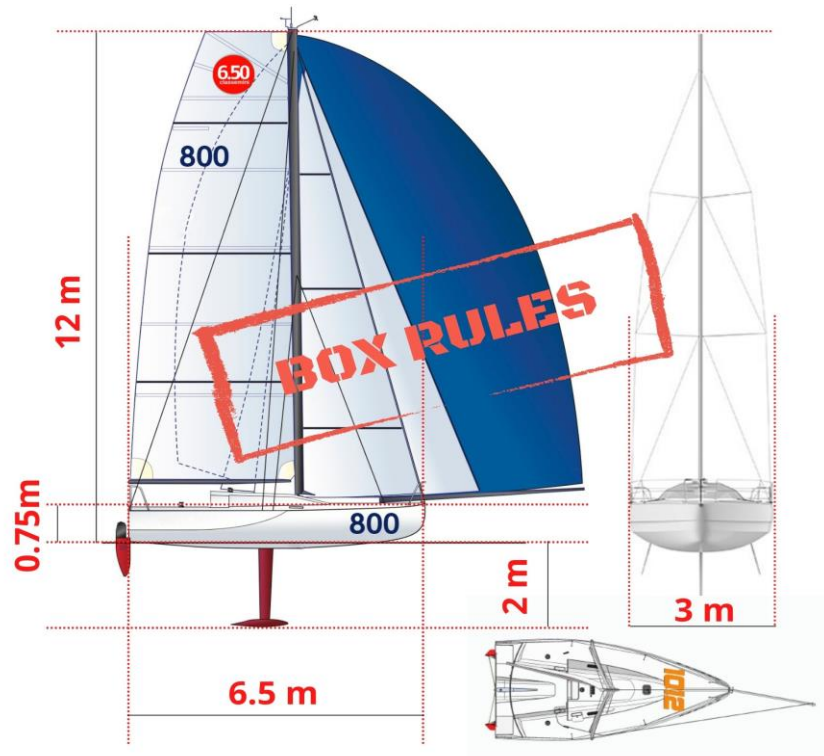
Мета цієї роботи — дослідити особливості конструкції яхт класу Mini Transat 650, їхню відповідність сучасним технічним стандартам, а також оцінити перспективи розвитку цього класу в контексті сучасних тенденцій морських перегонів. Робота включає аналіз ключових технічних характеристик яхт, принципів їхньої побудови та специфіки участі в перегонах, а також огляд інновацій, які сприяли еволюції цього класу суден.

Дослідження в даній темі мають практичну цінність для подальшого вдосконалення малих гоночних вітрильників, популяризації офшорного вітрильного спорту та розвитку технологій, що використовуються у морській індустрії.

Оскільки Україна дуже географічно різноманітна потрібна яхта, яка б відповідала вимогам як внутрішнього судноплавства так і експлуатації у морських зонах. Зважаючи на всі ці обставини було прийнято рішення про розробку проекту класу "Міні", як найбільш підходящого під всі ці вимоги. Трансат (Mini transat), Трансат 6.50, Open 650 або клас Міні - невеликі яхти

					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.01	Ан
Зм	Ан	№ докум	Піппи	Ла		

класу міні призначені для одиночних крейсерських перегонів. Основний регатою є гонка через Атлантичний океан, яка і дала назву класу (trans atlantic) в 1977 році. Клас є відкритим, тобто у змаганнях можуть брати участь яхти що відповідають основним параметрам класу:



Параметри класу:

- довжина човна не більше 6.50 м
- ширина не більше 3 м
- осадка для прото - 2 м і для серійної яхти - 1.6 м
- висота борту для прото – 0,75 м і для серійної яхти - 0.8 м
- висота від кіля до топа 14 метрів для прото і 12 м для серійної яхти
- середнє значення висоти надводного борту 0.75 м прото і 0.80 м для серії.
- Яхти діляться на два дивізіони - Прото і Серійний дивізіон.

Прото - це дивізіон в якому дозволені практично будь-які матеріали при виготовленні човна, що робить човни дорогими і доступними тільки для професійних гонщиків мають хороших спонсорів. Звичайно ж ці човни максимально швидкі: мають меншу вагу, більшу осадку, велику площу вітрил, менший надводний борт, щоглу з вуглеволокна - все це позначається в позитивну сторону для швидкості.

					24.MP.135.6112м.08.ПЗ.01	Δn
Зм	Δn	№ поєм	Піппи	Ла		

Серійний дивізіон - цьому дивізіоні все, в розумній мірі, спрямовано на здешевлення човни і підвищення її надійності. Заборонені дорогі матеріали: вуглеволокно, епоксидні смоли.

Для підвищення зручності перебування на борту правилами встановлений більший розмір рубки. Заборонені цистерни і хитні кили. Осадка зменшена до 1.6 метра. Човни дивізіону звичайно трохи повільніше, але доступність за ціною і можливість поєднувати гонки з круїзними плаваннями привертає все більше і більше яхтсменів по всьому світу.



					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.01	Δn
Зм	Δn	№ поєдн	Піппи	Ля		



Таким чином для дипломної роботи вибрана яхта типу “Mini Transat”.

					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.01	Ан
Зм	Ан	Но повум	Піппи	Ла		

					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.02			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Визначення головних розмірів яхти	Літ	Аркуш	Аркушів
Студент		Рябов Д.В.						
Керівник		Пащенко Ю. М						
Консультан		Пащенко Ю. М						
Зав. каф.		Некрасов В. О.						
						НУК		
						ім. адм. Макарова		

2. Визначення головних розмірів проектованої яхти.

2.1. Загальні відомості.

З 1985 року старту регати Міні-Трансат почали проводитися у Франції завдяки старанням французьких яхтсменів. З часом ця регата стає невід'ємною частиною кар'єри багатьох професійних яхтсменів. У регаті Міні дебютували такі відомі гонщики, як Лоран Бурньон, Луа Пейрон, Ізабель Отіссє, Ів Парла, Тьєрі Дюбуа, Тома Ковілл, Елен Мак Артур і багато інших. Тепер гоночні яхти стають все більш досконалими і швидкісними, і вони часто використовуються для тестування нових технологій або нових конструкційних рішень. У цій регаті беруть участь яхти довжиною 6,5 метрів, створені за моделлю 18-метрових яхт, що беруть участь в одиночних навколосвітніх перегонах.

За 12 гонок регата Міні перетворилася на дуже жорстке змагання, але при цьому організатори не забувають і про безпеку учасників. Стандарти безпеки сильно змінилися з часів проведення першої гонки. Тепер всі човни робляться непотоплюваними, і на них встановлюється два аварійні радіомаяка для виявлення на випадок аварії, а також рятувальний комплект. Всі учасники перегонів повинні пройти кваліфікаційні гоночні випробування протяжністю 3200 кілометрів.

Але, незважаючи на це, дух регати зберігається досі. Твердість і рішучість характеру професійних учасників та любителів перевіряється одиночним плаванням наодинці з човном і океаном. У 2001 році маршрут регати Міні-Трансат був ускладнений проходженням через екватор. Причому вперше регата фінішувала не у берегів Карибського моря, а в бразильському місті Сальвадор де Байа.

Міні Трансат (Mini transat), Трансат 6.50, Open 650 або клас Міні - невеликі яхти класу міні призначені для одиночних крейсерських перегонів. Основний регатою є гонка через Атлантичний океан, яка і дала назву класу (trans atlantic) в 1977 році. Клас є відкритим, тобто у змаганнях можуть брати участь яхти відповідають основним параметрам класу.

Параметри класу:

					24.MP.135.6112м.08.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- довжина човна не більше 6.50 м
- ширина не більше 3 м
- осадка для прото - 2 м і для серійної яхти 1.6 м
- висота від кіля до топа 14 метрів для прото і 12 м для серійної яхти
- середнє значення висоти надводного борту 0.75 м для прото і 0.80 м для серії.

Яхти діляться на два дивізіони - Прото і Серійний дивізіон.

Прото - це дивізіон в якому дозволені практично будь-які матеріали при виготовленні човна, що робить човни дорогими і доступними тільки для професійних гонщиків. Звичайно ж ці човни максимально швидкі: мають меншу вагу, більшу осадку, велику площу вітрил, менший надводний борт, щоглу з вуглеволокна - все це позначається в позитивну сторону для швидкості.

Серійний дивізіон - цьому дивізіоні все, в розумній мірі, спрямовано на здешевлення човна і підвищення її надійності. Заборонені дорогі матеріали: углеволокно, епоксидні смоли. Для підвищення зручності перебування на борту правилами встановлений більший розмір рубки. Заборонені цистерни і хитні кили. Осадка зменшена до 1.6 метра. Човни дивізіону звичайно трохи повільніше прото, на дистанцію в 300 миль вони витрачають приблизно на 40 хвилин більше, але доступність за ціною і можливість поєднувати гонки з круїзними плаваннями привертає все більше і більше яхтсменів по всьому світу.

2.2. Характеристики прототипів для порівняння.

У таблиці наведені характеристики прототипів для порівняння

MODEL	COCO	POGO 6.5	SUPER CALIN	TE' SALT	POGO 2	NACIRA 650	OFCET 6.50	Ryabov 650
FIRST BUILD	1985	1994	1995	1996	2001	2007	2015	2024
LOA, m	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
LWL, m	6,2	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,4
S.A., m ²	33.91	41.99	35.30	30.47	37.16	43.94	41.43	39
Beam, m	2,7	2,97	2,74	2,7	3	3	2,98	3
Displacement, kg	1150	890	900	1000	1000	998	1000	950
Ballast, kg	450	450	450	380	430	410	400	380
Max Draft, m	1.36	1.58	1.60	0.9-1.6	1.60	1.60	1.60	1.80
Construction	FG	FG Composite	Epoxy w/foam	FG Sandwich	FG Composite	Carbon /Composit	FG w/foam	FG Sandwich

					24.MP.135.6112м.08.ПЗ.02				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

			core			e	core	w core
Hull speed, kn	6,05	6,19	6,19	6,19	6,19	6,19	6,19	6,14
S.A./Displ.	31.49	46.25	38.60	31.05	37.87	44.85	42.22	35.67
Bal./Displ.	39.13	90.26	50.00	38.00	42.99	41.09	61.53	38.00
Disp./Len:	134.49	136.92	91.27	101.44	101.44	101.21	101.44	106.31
Comfort ratio for racing boat ≤20	10,39	6,85	7,71	8,74	7,60	7,58	7,67	7,68
Capsize Screening Formula ≤2	2,60	3,12	2,86	2,73	3,03	3,03	3,01	3,03
Admiral Formula	108,75	98,18	98,91	106,11	106,11	105,97	106,11	103,56

Capsize screening formula- Формула захисту від перекидання – метод визначення здатності човнів протистояти перекиданню. Для вітрильних човнів він визначається як: Ширина /, де водотоннажність вимірюється в фунтах, а ширина у футах. Човен краще підходить для океанських переходів (а не прибережних круїзів), якщо результат розрахунку 2,0 або менше.

$$CSF = \frac{Beam (ft)}{\sqrt[3]{\frac{Displacement (lbs)}{64 \left(\frac{lbs}{ft^3}\right)}}$$

Comfort ratio sailboat (MCR)- Коефіцієнт комфортності руху – це спроба оцінити загальний комфорт для пасажирів, припускаючи, що пасажир не почуваються комфортно під час руху човна вгору та вниз, коли воно стикається з хвилями. Коефіцієнт комфорту руху забезпечує розумне порівняння між яхтами подібного типу. Чим швидше рух, тим незручніше пасажирам. Число нижче 20 вказує на легкий гоночний човен, від 20 до 30 вказує на прибережний крейсер. Від 30 до 40 вказує на крейсерський човен середньої потужності. Від 40 до 50 означає важкий човен.

$$MCR = \frac{Displacement}{0.65 (0.7 LWL + 0.3 LOA) Beam^{1.333}}$$

Адміралтейський коефіцієнт (Ce) - Коефіцієнт, який використовується при попередній оцінці потужності, необхідної в новій конструкції для досягнення бажаної швидкості. D-водотоннажність у тонах, V-швидкість у вузлах, NR–

					24.MP.135.6112м.08.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

буксирувальна потужність в кВт. За даними прототипу знаходять значення C_e , та підставляючи його у формулу, знаходять очікувану швидкість яхти. При цьому потрібно забезпечити рівність чисел Фруда.

$$C = (D^{2/3} \times v^3) / Pe; \quad Pe = (D^{2/3} \times v^3) / C$$

Для приклада розрахунку за Адміралтейською формулою візьмемо

$$COCO - 1150^{2/3} \times (6,05 \times 0,512)^3 / 300 \times 10 = 108,75$$

Корпуси яхт COCO, POGO 6.5, SUPER CALIN та TE'SALT, були застарілі та поступаються за енергоозброєність внутрішнім простором та морехідними якостями.

З наведених характеристик ми обираємо корпус найбільш відповідний для наших умов використання, габарити обрані з розрахунку можливості транспортування на спеціальному причепі, обводи корпусу виконані таким чином щоб була можливість виробництва без використання складного обладнання, матеріали корпусу обрані одні з найдоступніших.

2.3. Визначення основних характеристик проектованої яхти.

Призначення і район плавання.

Парусна крейсерсько-перегонова яхта призначена для крейсерських гонок у прибережній морській зоні, спортивних плавань, туризму і чартеру.

Район плавання – 100 морських миль від порту сховища, внутрішні водні шляхи.

Тип судна – склопластикова однощоглова парусна яхта з обшивкою трьохшарової конструкції, із радіальними обводами, з підвісним двигуном, транцевою кормою і баластовим фальшкілем.

Яхта буде задовільняти

- вимогам Правил класифікації і побудови малих суден Регістру судноплавства України;
- Правилам побудови яхт класу Міні, 2014, Асоціації класу Міні6.5;
- Міжнародним правилам запобігання зіткнення суден в морі МППСС-72;
- Міжнародній конвенції по охороні людського життя на морі СОЛАС-74;

					24.MP.135.6112м.08.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Міжнародним правилам організації зв'язку і навігації;
- Міжнародній конвенції по запобіганню забруднення із суден МАРПОЛ-73/78;

Основні технічні характеристики

Довжина найбільша корпусу	6,50 м
Довжина по ватерлінії	6,38 м
Ширина найбільша	3,00 м
Ширина по ватерлінії	2,122 м
Осадка корпусом	0,190 м
Осадка з фальшкілем	1,60 м
Висота надводного борту на міделі	0,90 м
Водотоннажність порожньом	950 кг
Маса фальшкіля з баластом	380 кг
Вітрильне озброєння	7/8 шлюп
Площа парусності	38,9 кв.м
Потужність двигуна	5 к.с.
Кількість спальних місць	4
Запаси прісної води	180 л
Запаси палива	100 л

Морехідні якості.

Корпус яхти - зі радіальними шпангоутами та однією скулою з радіальністю верхньої палуби.

Швидкість яхти під двигуном при чистому корпусі, стані моря не більш 2-х балів та вітру 3,2 м/сек складе біля 5 вузлів.

Швидкість яхти під вітрилами визначається виходячи з оптимального вибору площі парусності в конкретних умовах вітру і хвилювання, курсу щодо вітру, гарної морської практики екіпажа і за розрахунковими оцінками очікується не менш 12 вузлів на повних курсах при вітрі 5 балів з повною площею парусності.

Для забезпечення керованості встановлені два напівбалансирних керма обтічної форми.

					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Протяжний плавниковий фальшкіль у сполученні з винесеним у корму кермом, забезпечують яхті стійкість на курсі і необхідні маневрені (лавіровочні) якості при ході під вітрилами.

Діаметр сталої циркуляції при перекладці руля на 35 градусів на режимі повного ходу під двигуном буде не більш 3-х довжин корпусу.

Статична остійність буде забезпечена для всіх експлуатаційних випадків навантаження.

Дальність плавання.

Дальність плавання під двигуном складе близько 230 миль.

Загальне розташування.

Загальне розташування розроблене з умови розміщення 2 членів екіпажа і при необхідності 2 гостей в кают-компанії та носовій каюті.

У носовій частині яхти передбачена можливість розміщення двох спальних місць. Каюта обладнана двоспальним ліжком, шафою для особистих речей.

По правому борту розташований окремий гальюн. З правого борту знаходиться штурманський стіл, в якому вбудована камбузна плитка, з системою подачі прісної і забортної води, ларями для збереження провізії, камбузного інвентарю та посуду.

В кают-компанії передбачене робоче місце штурмана, обладнане постом керування, штурманським столом, шухлядами для збереження карт, навігаційних посібників, та навігаційного інструменту. Тут же знаходяться контрольні панелі навігаційних приладів, ГРЩ і засоби зв'язку.

У центральній частині яхти по лівому борту та правому бортах розташовані ліжко-дивани для 2-х членів екіпажу. В салоні є місця кріплення для столу, який встановлюється посеред кают-компанії.

У кормовій частині по обом бортам розташовані ізольовані від каюти рундуки-кладоші. Там обладнані місця для зберігання паливних каністр, інструменту, запасних частин, рятувального обладнання. Також можливе використання як парусна кладова. У центральній кормовій частині розташований відсік зберігання речей довжиною до 2-х метрів

					24.MP.135.6112м.08.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(багор,весла,бушприт та ін.). Він сполучений із каютою і має доступ через східний трап.

Під настилом каюти розташовані рундуки для зберігання малих речей та консервованих продуктів. По обом бортам по всій довжині каюти розташовані полиці для зберігання особистих речей.

Корпус.

Розрахунок розмірів в'язів конструкцій корпусу виконаний відповідно до Правил класифікації і побудови малих суден Регістру судноплавства України.

Корпус виконаний по поперечній системі набору, включаючи верхню палубу, рубку. Шпація по всій довжині яхти складає 400 мм.

Зовнішня обшивка корпусу виконана склопластику трьохшарової конструкції, товщиною зовнішніх слоїв 3 мм і ПХВ наповнювачем товщиною 15 мм. Конструкція підйомного фальшкіля виконана на всю висоту борту і виконує функцію підкріплення під щоглу.

Баластовий кіль.

Баластовий кіль виконаний у виді металевої ферми зашитою металевою оболонкою товщиною 2,5 мм(пілон). На кінці пілону закріплена свинцева бульба. Загальна маса кіля з баластом складає – 250кг.

2.4. Характеристика основних систем проектованої яхти

Вітрильне озброєння.

Вітрильне озброєння яхти – топовий шлюп. Загальна площа основних вітрил складає – 38,9 кв.м. Несення основної парусності можливо при силі вітру до 5 балів, при більшій силі вітру передбачається зміна носових вітрил і рифлення грота. У слабкий вітер на курсах від повного бейдевінду до бакштага може бути поставлений ричер.

- грот 26,9 кв.м. (дакрон 150-200 г/кв.м.)
- генуезський стаксель 12,1 кв.м. (дакрон 120-150 г/кв.м.)
- лавировочний стаксель 10,3 кв.м. (дакрон 150-200 г/кв.м.)
- штормовий стаксель 5,6 м.кв. (дакрон 400 г/кв.м.)

					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- трисель 7,9 м.кв. (дакрон 400 г/кв.м.)

Рангоут і такелаж.

Основні характеристики щогли і гика:

- Довжина щогли гроту від шпора до топа 12000 мм;
- Переріз щогли гроту 75x128 мм;
- Матеріал щогли і гику АД31Т;
- Довжина гика 3500 мм;
- Перетин гика, мм 75x128 мм;

Палубне устаткування.

Шкотові лебідки	2 шт.
Фалові лебідки	1шт.
Погони стаксель-шкотів з каретками	2 шт.
Погони гіка-шкотів з кареткою	1 шт.

Якірний пристрій.

Становий якір підвищеної тримаючої сили, масою не менш 12 кг;

стоп-анкер масою не менш 8 кг;

якірний синтетичний канат діаметром не менше 12 мм, довжиною не менш 40 м, з ланцюговою змичкою калібром 9 мм, довжиною 12,5 м;

якірна шухляда;

2 клінові вутки в носовій частині для кріплення якірного каната і дві з корми.

Швартовний і буксирний пристрій.

Швартовний пристрій складається з двох носових і двох кормових швартовних вуток, установлених побортно, швартовних кранців і двох швартовних синтетичних канатів довжиною 20 м.

Проводка швартовних канатів від швартовних вуток здійснюється через бортові відкриті клюзи.

					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Буксирування яхти здійснюється за допомогою буксирного каната довжиною не менш 30 м і діаметром 12 мм. Буксирування яхтою інших плавзасобів здійснюється буксирними канатами, закріпленими на кормових швартовних вутках через шкотові лебідки.

Кермовий пристрій.

- Два напівбалансирих обтічних склопластикових рулів з металевими підкріпленнями площею по 0,6 кв.м., з товщиною обшивки 4 мм;
- навесні петлі із корозійно-стійкої сталі з діаметром штифта 10 мм ;
- тяги сполучення виготовленні з прута нержавіючої сталі діаметром 15мм ;
- винтова система регулювання розвалу сходження рулів;
- румпель виготовлений з труби діаметром 27 мм АМГ-5;
- аварійний зйомний румпель для установки на 4-х грану голівку.

Леєрний пристрій.

Пристрій складається з

- носового і 2-х кормових трубчастих релінгів діаметром 25х2 мм;
- леєрних стійок діаметром 25х2 мм і висотою 510 мм, натягнутого в два ряди між леєрними стійкам троса діаметром 4 мм.

Підвісний двигун

Як підвісний двигун передбачений 1-но циліндровий, бензиновий типу

"YANMAR" F5AMHS EU

Потужність двигуна 3,7 кВт.

Частота обертання 5000 об/хв

Маса 12 кг

Системи головного двигуна.

Для нормального функціонування енергетичної установки передбачені наступні системи:

- паливна;
- система підзарядки головних акумуляторів;
- система запуску ПД з акумуляторними батареями;

					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- система дистанційного управління ПД;

Система прісної води.

Склад системи забезпечує збереження і подачу прісної води до мийок камбуза і санблоку і містить у собі дві вкладні пластикові цистерни, помпу подачі прісної води, трубопроводи і запірну арматуру.

Система сточно-фанова.

Система призначена для збору і видалення стічних вод від умивальників і унітазів санблоків і мийок камбуза. Збір виробляється за борт, при перебуванні судна поза зоною санітарної охорони.

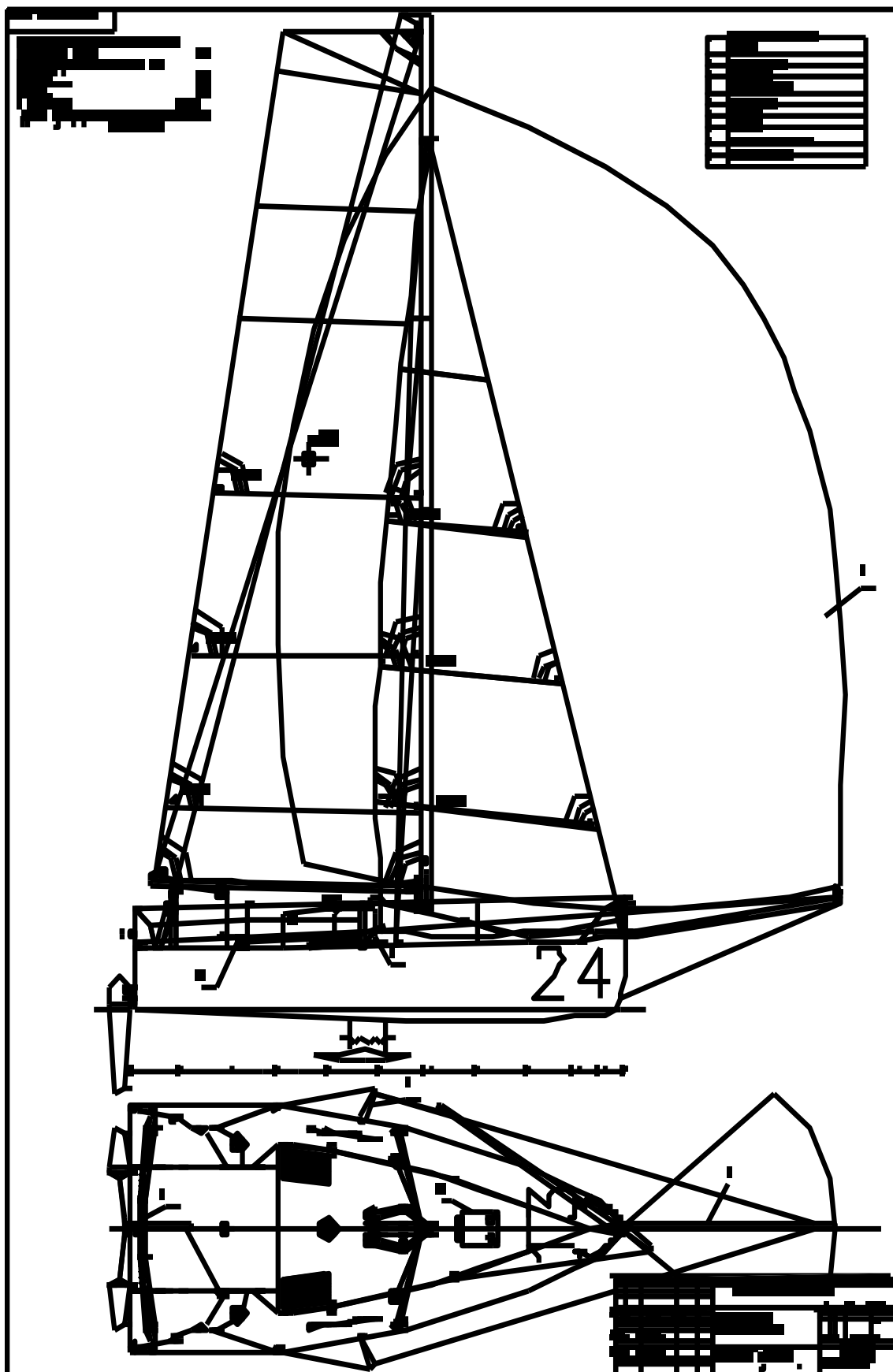
Система осушення.

Система призначена для видалення води, що потрапила в корпус судна, і злива її за борт. Для перетікання рідини в корпусних конструкціях передбачені переточні шпігати. До неї входять: ручний відливний насос; прийомні патрубки; трубопровід і арматура.

Основні параметри електроустаткування.

Основним родом струму на яхті передбачений постійний струм напругою 12В. Джерело електроенергії - акумуляторні батареї. Для розподілу електроенергії на яхті передбачений головний розподільний щит. Загальне висвітлення здійснюють світильники зі світлодіодами або газорозрядними джерелами світла. На яхті передбачена можливість подачі струму з берега через спеціальний щит.

					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Мал. 2.1. Вид збоку та зверху

					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

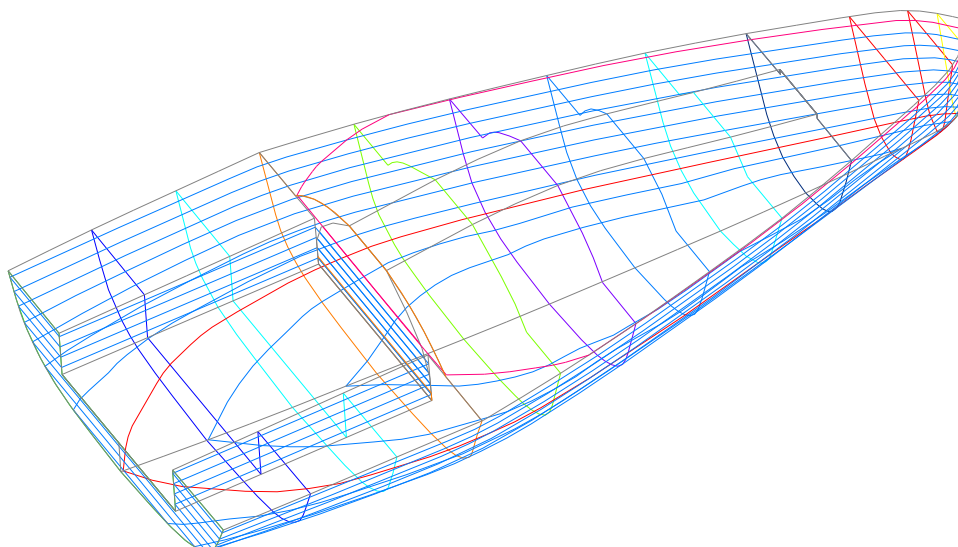
					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.03		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Студент		Рябов Д.В.			Побудова теоретичного креслення та поверхні корпусу яхти		
Керівник		Пащенко Ю. М					
Консультант		Пащенко Ю. М					
Зав. каф.		Некрасов В. О.					
						Літ	Аркуш
						Аркушів	
						НУК ім. адм. Макарова	

3. Побудова теоретичного креслення та поверхні корпусу яхти.

За основу було взято теоретичне креслення яхти «Краля» яхтового конструктора А. Назарова.

Першим етапом було збільшення висоти борту та довжини яхти на теоретичному кресленні. Далі виконувалось узгодження ліній теоретичного креслення. Після виконання узгодження теоретичне креслення з AutoCad було експортовано в середу тривимірного проектування MaxSurf. Далі всі розрахунки виконувались в даній системі.

Наступним етапом було побудова поверхні вихідного корпусу з плавними обводами. При побудові однією поверхнею була накрита якомога більша частина борту яхти для того щоб гарантувати плавність поверхні.



Мал.3.1. Тривімірна модель яхти

					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.04							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Студент	Рябов Д.В.				Розрахунок елементів плавучості та початкової остійності			Літ	Аркуш	Аркушів		
Керівник	Пащенко Ю. М											
Консультант	Пащенко Ю. М							НУК ім. адм. Макарова				
Зав. каф.	Некрасов В. О.											

4. Розрахунок елементів плавучості та початкової остійності.

Усі характеристики плавучості та початкової остійності яхти у прямому положенні можуть бути уявлені у вигляді сукупності кривих, яка називається кривими елементів теоретичного креслення.

«Криві елементів теоретичного креслення» – креслення, що показує залежність значень коефіцієнтів повноти, площі ватерлінії, абсциси центра ваги площі ватерлінії, абсциси центра величини, вагової та об'ємної водотоннажності, аплікати центру величини, поздовжнього та поперечного метацентричних радіусів, поздовжнього та поперечного моментів інерції площі ватерлінії, аплікати поперечного та поздовжнього метацентрів від осадки.

Зараз прийнято ці величини виражати в формі гідростатичних таблиць.

Необхідно обчислити значення цих елементів для ряду осадок, які визначаються за наступними інтегралами:

Площа ватерлінії:
$$S = 2 \int_{-L/2}^{L/2} y dx,$$

Абсциса центру ваги площі ватерлінії:
$$x_f = \frac{M_y}{S}$$

Об'ємна водотоннажність:
$$V = \int_0^T \int_{-L/2}^{L/2} y dx dz$$

Вагова водотоннажність:
$$D = V \cdot \gamma \cdot k_{\text{вч}}$$

Абсциса центру величини:
$$x_c = \frac{M_{\text{mid}}}{V}$$

Апліката центру величини:
$$z_c = \frac{M_{\text{оп}}}{V}$$

Поздовжній момент інерції площі ватерлінії:
$$I_y = 2 \int_{-L/2}^{L/2} x^2 y dx$$

Поперечний момент інерції площі ватерлінії:
$$I_x = \frac{2}{3} \int_{-L/2}^{L/2} y^3 dx$$

					24.MP.135.6112м.08.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поздовжній метацентричний радіус:

$$R = \frac{I_f}{V}$$

Поперечний метацентричний радіус:

$$r = \frac{I_x}{V}$$

Коефіцієнт повноти площі ватерлінії:

$$c_w = \frac{S}{2L_i y_{\max}}$$

Коефіцієнт повноти площі мідель-шпангоута:

$$c_m = \frac{\omega_{10}}{2y_{\max} k \Delta T}$$

Коефіцієнт загальної повноти:

$$c_b = \frac{V}{2y_{\max} L_i T_i}$$

Розрахунок гідростатичних таблиць за допомогою програми “Maxsurf”.

Fixed Trim = 0 m (+ve by stern)

Specific gravity = 1; (Density = 1000 kg/m³)

Draft Amidships m	0,180	0,185	0,190	0,195	0,200	0,205	0,210
Displacement kg	876,4	922,3	968,9	1016	1064	1112	1161
Volume (displaced) m ³	0,876	0,922	0,969	1,016	1,064	1,112	1,161
Heel deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	0,180	0,185	0,190	0,195	0,200	0,205	0,210
Draft at AP m	0,180	0,185	0,190	0,195	0,200	0,205	0,210
Draft at LCF m	0,180	0,185	0,190	0,195	0,200	0,205	0,210
Trim (+ve by stern) m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
WL Length m	6,383	6,384	6,385	6,386	6,387	6,388	6,389
Beam max extents on WL m	2,130	2,152	2,173	2,193	2,212	2,231	2,249
Beam max on WL m	2,130	2,152	2,173	2,193	2,212	2,231	2,249
Wetted Area m ²	9,461	9,625	9,782	9,931	10,074	10,212	10,345
Waterpl. Area m ²	9,110	9,249	9,379	9,501	9,616	9,725	9,828
Prismatic coeff. (Cp)	0,573	0,579	0,584	0,590	0,595	0,599	0,604
Block coeff. (Cb)	0,358	0,363	0,368	0,372	0,377	0,381	0,385
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,717	0,719	0,722	0,724	0,727	0,729	0,731
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,670	0,673	0,676	0,678	0,680	0,682	0,684
LCB from amidsh. (+ve fwd) m	-0,278	-0,296	-0,314	-0,331	-0,347	-0,362	-0,376
LCF from amidsh. (+ve fwd) m	-0,649	-0,660	-0,670	-0,679	-0,686	-0,692	-0,698
KB m	0,119	0,123	0,126	0,129	0,132	0,135	0,138
KG m	0,190	0,190	0,190	0,190	0,190	0,190	0,190
BMt m	2,632	2,603	2,573	2,542	2,511	2,479	2,447
BML m	23,442	22,791	22,146	21,514	20,897	20,301	19,728
GMt m	2,561	2,536	2,509	2,481	2,452	2,424	2,395
GML m	23,371	22,724	22,082	21,453	20,839	20,246	19,676
KMt m	2,751	2,726	2,699	2,671	2,642	2,614	2,585
KML m	23,561	22,914	22,272	21,643	21,029	20,436	19,866
Immersion (TPc) tonne/cm	0,091	0,092	0,094	0,095	0,096	0,097	0,098
MTc tonne.m	0,032	0,032	0,033	0,034	0,034	0,035	0,035
GZ m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) kg.m	39,180	40,814	42,422	43,997	45,536	47,050	48,537
Righting moment (trans.) kg.m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
KN m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Max deck inclination deg	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

					24.MP.135.6112м.08.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.05		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунок об'ємів цистерн для палива та прісної води		
Студент		Рябов Д.В.					
Керівник		Пащенко Ю. М					
Консультант		Пащенко Ю. М					
Зав. каф.		Некрасов В. О.					
					Літ Аркуш Аркушів НУК ім. адм. Макарова		

5. Розрахунок об'ємів цистерн для палива та питної води.

Об'єми цистерн повинні розраховуватись відповідно до дальності плавання, кількості екіпажу, зручності їх розміщення, та можливості зберігання запасу.

Для вітрильної яхти дуже важливе розміщення цистерн максимально ближче до основної площини, що дає максимальний вигравш у остійності.

Згідно морських норм розраховуємо що витрата питної води на людину складає - 2,2 л а запас повинен складати 8%. Максимально можливий термін перебування у автономному плаванні з екіпажем з 2 чоловік складає 30 днів. Відповідно запас прісної води повинен складати 72 л.

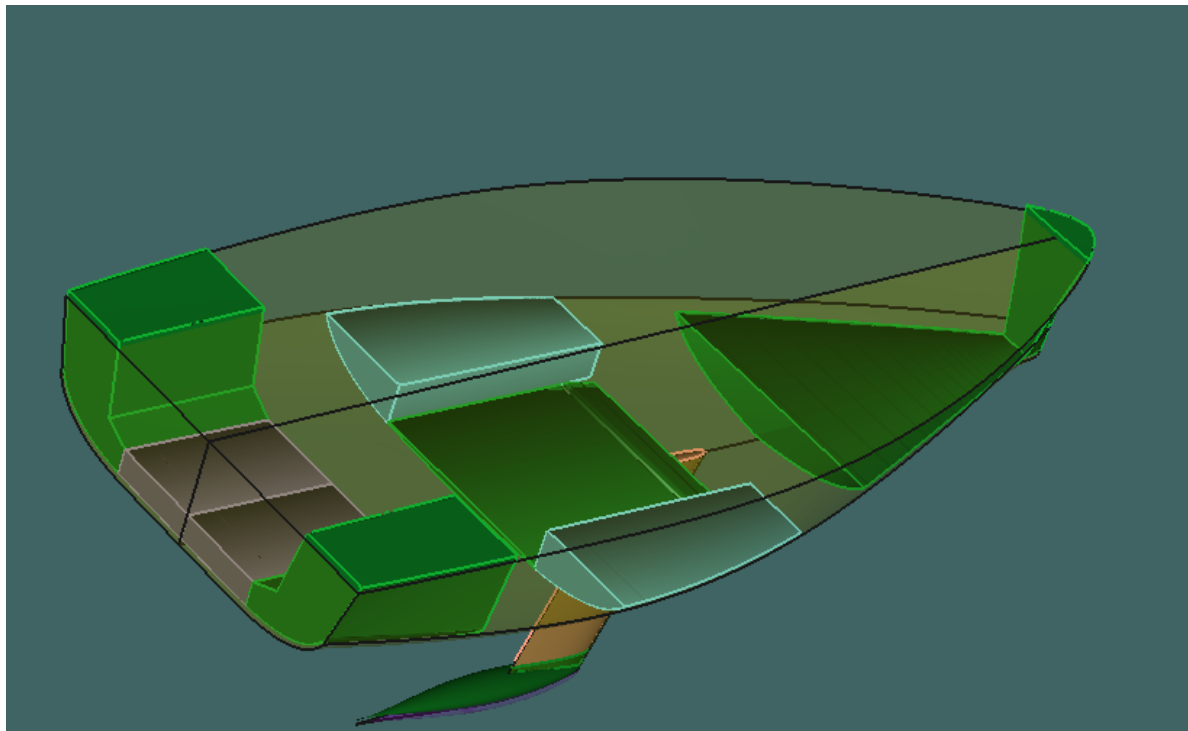
Витрата палива підвісного двигуна складає 1,8 л/год. Із середньою швидкістю 5 вузлів нам треба забезпечити запас ходу у 200 морських миль. Враховуючи вплив зовнішніх факторів (вітру, хвиль, течії) робимо запас 20%. Згідно отриманих даних необхідний запас палива складає 85 л.

Всі розрахунки проводимо у програмі Maxsurf, у модулі Stability Enterprise. Згідно вибраної схеми розташування цистерн в заданій послідовності вводимо їх у Room Definition, табл. 5.1

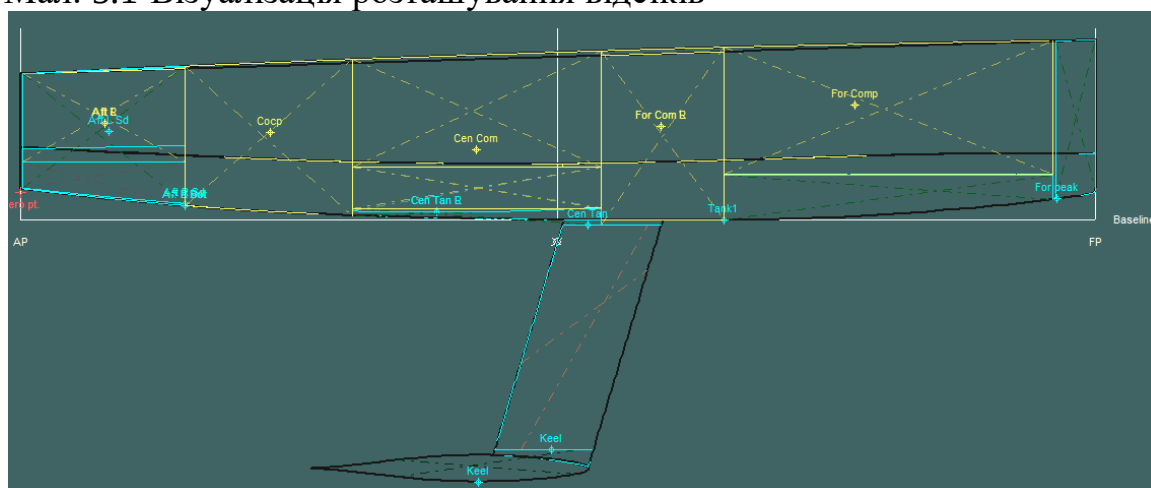
Таблиця 5.1-Специфікація відсіків

Найменуєв.	Вид цистерн	Проникність	Густина	Вид рідини	Границі відсіків					
For peak	Tank	80	1,025	Water Balla	6,238	6,478	-0,4	0,4	1	-0,1
Tank1	Tank	80	1,025	Water Balla	4,238	6,218	-3	3	0,1	-0,2
For Comp	Compartment	98			4,238	6,218	-3	3	1,5	0,11
For Com L	Compartment	98			3,5	4,237	-3	0	1,5	-0,2
For Com R	Compartment	98			3,5	4,237	0	3	1,5	-0,2
Cen Tan L	Tank	50	1	Fresh Water	2	3,5	-3	-0,7	0,15	-0,2
Cen Tan R	Tank	50	1	Fresh Water	2	3,5	0,7	3	0,15	-0,2
Cen Tan	Tank	95	1,025	Water Balla	2	3,5	-0,7	0,7	-0,1	-0,2
Cen Com	Compartment	98			2	3,5	-0,7	0,7	0,15	-0,1
Cen Com	Linked Compart	98			2	3,5	-3	3	1,2	0,15
Keel	Tank	100	5	Car	2,7	4	-1	1	-0,2	-1,55
Keel	Tank	100	11	ger	1,6	3,6	-1	1	-1,55	-2
Aft R	Compartment	98			0,01	0,99	0	0,92	0,89	0,182
Aft R Bot	Tank	80	0,7499	Gasoline lea	0,01	0,99	0	0,609	0,182	-0,326
Aft R Sd	Tank	70	1,025	Water Balla	0,01	0,99	0,609	1,681	0,972	-0,362
Aft L	Compartment	100			0,01	0,99	-0,92	0	0,89	0,182
Aft L Bot	Tank	80	0,7499	Gasoline lea	0,01	0,99	-0,609	0	0,182	-0,326
Aft L Sd	Tank	70	1,025	Water Balla	0,01	0,99	-1,681	-0,609	0,972	-0,362
Cocp	Compartment	100			0,99	2	-5	5	2	-0,2
Aft R (Aft R Sd)	Linked Neg. Com	98			0,01	0,99	0,609	1,681	0,972	-0,362
Aft L (Aft L Sd)	Linked Neg. Com	100			0,01	0,99	-1,681	-0,609	0,972	-0,362

					24.MP.135.6112м.08.ПЗ.05	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Мал. 5.1-Візуалізація розташування відсіків



Мал. 5.2-Схема розташування відсіків

Таблиця 5.2-Специфікація цистерн при 100% завантаженні

Найменування	Вага, т	Об'єм, м ³	X	Y	Z
For peak	0,039	0,038	6,329	0	0,548
Tank1	0,272	0,265	4,916	0	0,004
Cen Tan L	0,085	0,085	2,685	-0,95	0,046
Cen Tan R	0,085	0,085	2,685	0,95	0,046
Cen Tan	0,082	0,08	2,786	0	-0,123
Keel	0,191	0,038	3,404	0	-0,875
Keel	0,316	0,029	2,765	0	-1,658
Aft R Bot	0,076	0,101	0,538	0,303	0,074
Aft R Sd	0,28	0,273	0,535	1,039	0,364
Aft L Bot	0,076	0,101	0,538	-0,302	0,074
Aft L Sd	0,28	0,273	0,535	-1,039	0,364

					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.05	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.06					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Студент	Рябов Д.В.				Розрахунок навантаження мас та удиферентування яхти			Літ	Аркуш	Аркушів
Керівник	Пащенко Ю. М									
Консультант	Пащенко Ю. М							НУК ім. адм. Макарова		
Зав. каф.	Некрасов В. О.									

6. Обчислення координат центру мас та удиферентування судна.

Проектним удиферентуванням називається процес в якому положення центра маси (ЦМ) проекту судна суміщується на одну вертикаль з оптимальним, з точки зору ходовості, положенням центра величини (ЦВ).

Положення центра величини (ЦВ) по довжині судна впливає на величину опору і маневреності судна. Зміщення ЦВ в ніс судна збільшує хвильовий опір, але зменшує опір форми і навпаки.

Розрахунки проводимо в системі комп'ютерного проектування суден Maxsurf Stabiliti Enterprise. С початку розраховуємо у сводній таблці положення центру ваги корпусу без припасів та екіпажу.

Таблиця 6.1-Розрахунок ЦВ корпусу яхти

		Вага, кг	X, м	Y, м	X*вага, м*кг	Y*вага, м*кг
Корпус	Внутрішній шар	55,583	2,820	0,409	156,745	22,734
	Заповнювач	60,155	2,820	0,409	169,637	24,603
	Зовнішній шар	92,639	2,820	0,409	261,241	37,889
	Підкріплення	15,000	3,250	0,600	48,750	9,000
Палуба	Внутрішній шар	52,663	2,458	1,185	129,447	62,406
	Заповнювач	56,995	2,458	1,185	140,094	67,539
	Зовнішній шар	52,663	2,458	1,185	129,447	62,406
	Підкріплення	7,500	3,250	1,800	24,375	13,500
Перебірки	Носова-1	0,342	6,250	0,820	2,138	0,280
	Середня-2	1,710	4,250	0,830	7,268	1,419
	Середня-3	2,070	3,500	0,870	7,245	1,801
	Рубка-4	1,404	2,000	0,600	2,808	0,842
	Кокпіт-5	1,404	1,500	0,600	2,106	0,842
Швертколодець		20,000	3,800	0,830	76,000	16,600
Ліжаки, шкафчик		10,000	3,000	0,500	30,000	5,000
Якір		10,000	6,000	1,200	60,000	12,000
Лесра		14,000	3,250	1,200	45,500	16,800
Вітр. обладн.	Щогла	24,000	3,600	6,000	86,400	144,000
	Краспиці	1,500	3,600	5,000	5,400	7,500
	Такелаж	3,648	3,600	4,800	13,133	17,510
	Талрепи	1,920	3,600	1,200	6,912	2,304
	Палуб. обладн.	10,000	2,800	1,200	28,000	12,000
Баласт	Пілон кіля	100,000	3,500	-0,800	350,000	-80,000
	Запас	50,000	3,000	0,500	150,000	25,000
	бульба	100,000	3,230	-1,600	323,000	-160,000
Сума		745,197			2255,644	323,977
Положення ЦВ			3,027	0,435		

					24.MP.135.6112м.08.ПЗ.06	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отримані данні ми вносимо у вікно навантаження мас (Load case) як незалежну групу. Вона буде незмінною для всіх випадків навантаження. Згідно схемі розстановки цистерн яку ми проводили у 5 розділі ми виділяємо три випадки навантаження:

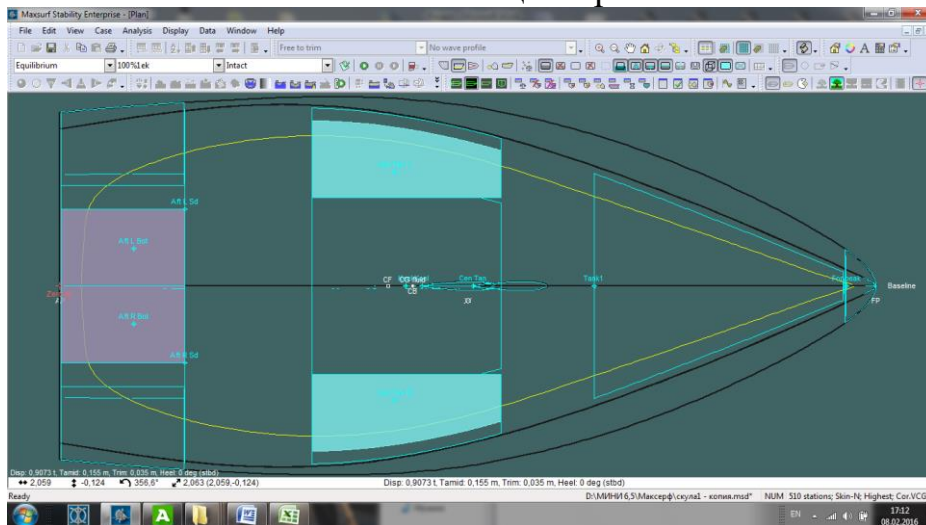
1) 100% запасів, 100% палива 1 член екіпажу;

Для першого випадку навантаження вносимо свої параметри у Load case

Таблиця 6.2- Load case для 1 варіанту навантаження

Найменування відсіків	Заповненість	Місткість, т	Загальна маса, т	Місткість, м3	Загальний об'єм, м3	Повздовжній ЦВ	Поперечний ЦВ	Положення ЦВ по висоті	Розрахунок вільної поверхні
LShip	1	0,745	0,745			3,03	0	0,435	
For peak	0%	0,039	0	0,038	0	6,242	0	-0,04	Maximum
Tank1	0%	0,272	0	0,265	0	4,241	0	-0,168	Maximum
Cen Tan L	50%	0,085	0,042	0,085	0,042	2,661	-0,905	-0,011	Maximum
Cen Tan R	50%	0,085	0,042	0,085	0,042	2,661	0,905	-0,011	Maximum
Cen Tan	0%	0,082	0	0,08	0	3,28	0	-0,2	Maximum
Keel	0%	0,191	0	0,038	0	2,868	0	-1,55	Maximum
Keel	0%	0,316	0	0,029	0	2,738	0	-1,742	Maximum
Aft R Bot	40%	0,076	0,03	0,101	0,04	0,589	0,3	0,008	Maximum
Aft R Sd	0%	0,28	0	0,273	0	0,989	0,61	-0,067	Maximum
Aft L Bot	40%	0,076	0,03	0,101	0,04	0,589	-0,299	0,008	Maximum
Aft L Sd	0%	0,28	0	0,273	0	0,989	-0,61	-0,067	Maximum
team	1	0,1	0,1			1,3	0	1,01	User Specified
Total Loadcase			0,991	1,369	0,166	2,674	0	0,429	
FS correction								0,093	
VCG fluid								0,522	

Мал 6.1- Схема завантаження цистерн



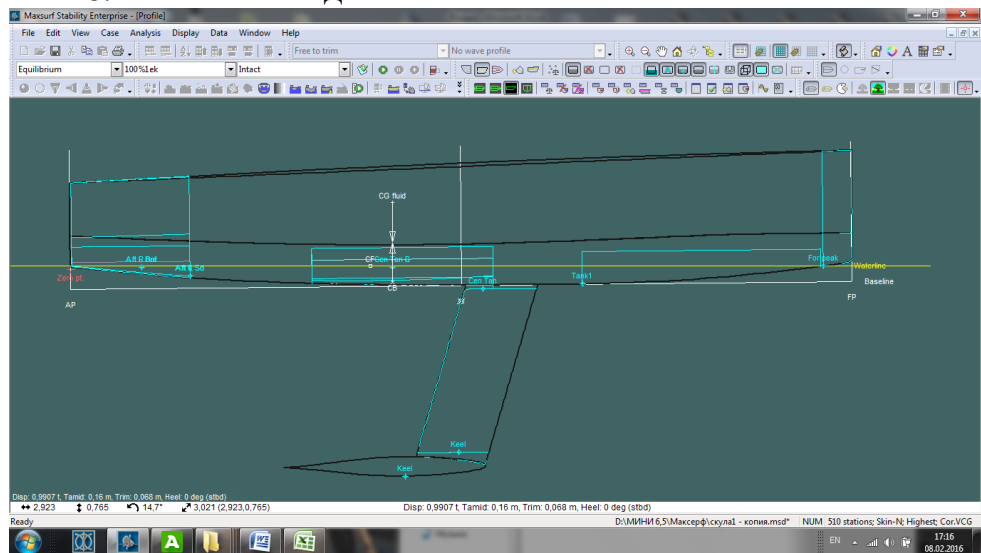
Таблиця 6.3- Характеристики посадки

Осадка	Draft Amidships m	0,19
Водотонажність	Displacement t	0,97
Крен	Heel deg	0
Осадка носом	Draft at FP m	0,18
Осадка кормою	Draft at AP m	0,20
Осадка на ЦП	Draft at LCF m	0,19
Різниця осадок	Trim (+ve by stern) m	0,02

					24.MP.135.6112м.08.ПЗ.06	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Довжина по ВЛ	WL Length m	6,225
Ширина по ВЛ	Beam max extents on WL m	2,433
Змочена поверхня	Wetted Area m ²	12,814
Площа ВЛ	Waterpl. Area m ²	10,28
Cp	Prismatic coeff. (Cp)	0,519
Cb	Block coeff. (Cb)	0,037
Cm	Max Sect. area coeff. (Cm)	0,088
Cwp	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,679
Положення ЦВ	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	2,668
Положення ЦВЛ	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	2,488
Апліката метац.	KB m	0,032
ЦВ рідин	KG fluid m	0,692
Поп. Мет. рад.	BMt m	3,668
Повз. Мет. рад.	BML m	22,298
Поп. Мет. Вис. Відк.	GMt corrected m	3,008
Повз. Мет. Вис.	GML m	21,638
Конс. Мет. Рад	KMt m	3,7
Конс. Прод.Мет. Рад	KML m	22,329
Число т на 1см ос.	Immersion (TPC) tonne/cm	0,105
Діф. момент на 1 см	MTc tonne.m	0,033
Крен. момент на 1 град	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,052
Кут диференту	Trim angle (+ve by stern) deg	0,6038

Мал 6.2-Схема посадки яхти



					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.06	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

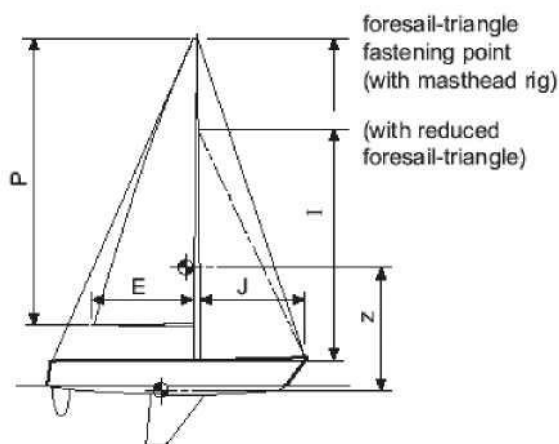
					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.07		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунок остійності		
Студент	Рябов Д.В.						
Керівник	Пащенко Ю. М						
Консультан	Пащенко Ю. М						
Зав. каф.	Некрасов В. О.						
					Літ Аркуш Аркушів НУК ім. адм. Макарова		

7. Розрахунок остійності на великих кутах крену.

Для визначення остійності використовують критерії, приведені нижче.

Кут крену в 12° для вітрильної яхти з баластовим кілем не повинен бути перевищений, якщо яхта перебуває під впливом кренуючого моменту, викликаного дією бічного вітрового навантаження, що визначається за такою формулою:

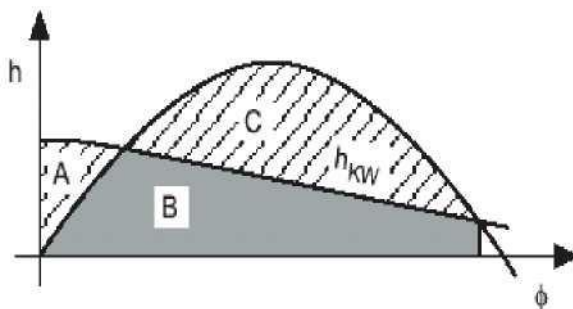
$$M = 0,07 \cdot S \cdot Z, \text{ кН м}$$



Мал. 7.1- Розрахунок S і Z

Вітрильне судно

- $GM > 0,60 \text{ м}$
- Область остійності $> 90^\circ$
- Плече відновлюючого моменту при максимумі кривої плечей відновлюючого моменту $> 0,30 \text{ м}$
- Статичний кут крену судна під вітрилами $< 20^\circ$, але не більше кута, коли край палуби торкається води
- Площі $B + C > 1,4 \cdot (A + B)$, см. мал.7.2.



Мал. 7.2- Крива плечей відновлюючого моменту

Невиконання будь-якого з даних критеріїв може бути допущено у разі,

					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

коли представлено доказ відповідної безпеки .

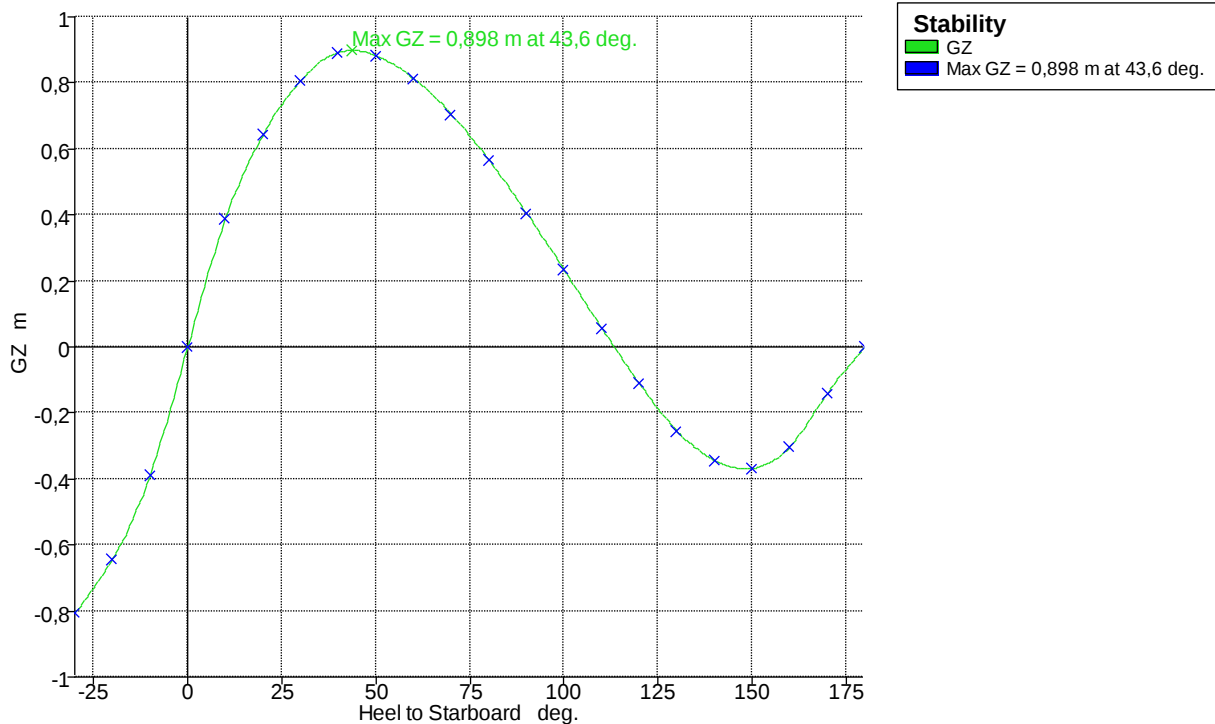
Випробування яхт на належну остійність проводяться за повними, зарифленими, штормовими та спущеними вітрилами.

В кожному випадку, швидкість вітру або інші навантаження визначаються при досягненні судна граничної остійності, встановленої критеріями. Під спущеними вітрилами яхта повинна витримувати бокове навантаження рівне 12 балам шкали Бофорта (32,7 - 36,9 м / с).

Розрахунок діаграми статичної остійності виконуємо у системі комп'ютерного проектування у модулі Stability Enterprise. Розрахунок виконуємо для одного варіанта навантажень. Характеристики приведені у наступній таблиці 7.1:

Heel to Starboard deg	-30,0	-20,0	-10,0	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0
GZ m	-0,81	-0,64	-0,387	0,00	0,38	0,64	0,80	0,891	0,883	0,815	0,706	0,56	0,40	0,234	0,058	-0,111
Area under GZ curve from zero heel m.deg	14,5	7,26	2,005	0,00	2,00	7,26	14,5	23,14	32,08	40,61	48,25	54,6	59,5	62,72	64,19	63,91
Displacement t	0,95	0,95	0,951	0,94	0,95	0,95	0,95	0,950	0,9506	0,951	0,950	0,95	0,95	0,950	0,950	0,950
Draft at FP m	-0,06	0,07	0,159	0,18	0,15	0,07	-0,06	-	-0,568	-1,044	-	-4,58	n/a	-5,678	-3,057	-2,163
Draft at AP m	-0,06	0,07	0,159	0,18	0,15	0,07	-0,06	-	-0,568	-1,044	-	-4,58	n/a	-5,678	-3,057	-2,163
WL Length m	5,33	6,23	6,320	6,35	6,32	6,23	5,33	4,670	4,358	4,181	4,107	4,38	4,61	4,825	5,026	5,226
Beam max extents on WL m	1,56	1,56	1,831	2,16	1,83	1,56	1,56	1,523	1,353	1,201	1,052	0,90	0,85	0,916	1,000	1,115
Max sect. area m^2	0,29	0,26	0,251	0,25	0,25	0,26	0,29	0,319	0,326	0,328	0,326	0,32	0,31	0,312	0,316	0,323
Wetted Area m^2	6,66	7,61	8,725	9,69	8,72	7,61	6,66	6,189	6,039	5,958	5,953	5,95	6,00	6,085	6,224	6,476
Waterpl. Area m^2	5,93	6,98	8,247	9,31	8,24	6,98	5,93	4,945	4,134	3,594	3,271	3,05	2,98	3,032	3,193	3,457
Prismatic coeff. (Cp)	0,60	0,57	0,600	0,58	0,60	0,57	0,60	0,638	0,668	0,693	0,709	0,67	0,64	0,631	0,597	0,562
Block coeff. (Cb)	0,34	0,35	0,399	0,36	0,39	0,35	0,34	0,366	0,411	0,457	0,502	0,45	0,40	0,334	0,284	0,247
LCB from amidsh. (+ve fwd) m	-	-	-0,524	-	-	-	-	-1,41	-1,487	-1,512	-	-	-	-1,450	-1,410	-1,350
VCB m	0,31	0,22	0,158	0,12	0,15	0,22	0,31	0,403	0,464	0,508	0,543	0,57	0,59	0,622	0,650	0,685
LCF from amidsh. (+ve fwd) m	-	-	-0,621	-	-	-	-	-1,14	-1,152	-1,163	-	-	-	-1,099	-1,055	-0,967
KB m	0,31	0,22	0,158	0,12	0,15	0,22	0,31	0,403	0,464	0,508	0,543	0,57	0,59	0,622	0,650	0,685
KG fluid m	0,19	0,19	0,190	0,19	0,19	0,19	0,19	0,190	0,190	0,190	0,190	0,19	0,19	0,190	0,190	0,190
BMt m	1,03	1,36	1,916	2,58	1,91	1,36	1,03	0,655	0,381	0,254	0,189	0,15	0,14	0,153	0,185	0,262
GMt corrected m	0,71	1,17	1,815	2,51	1,81	1,17	0,71	0,185	-0,245	-0,521	-	-	-	-1,008	-1,001	-0,920

					24.MP.135.6112м.08.ПЗ.07		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			



Мал. 7.3. Діаграма плечей статичної остійності

Для розрахунку сили на вітрилі яка викликана дією вітру використовуємо формулу Дюшемена.

$$F = \frac{S \cdot U^2 \cdot 2\sin(\theta)}{1 + \sin(\theta)}$$

де, F-сила яка діє на вітрило, Н

S- площа парусності (38,9 м²);

U- швидкість вітру, м/с;

θ - кут крену, град.

Далі розраховуємо плечі кренуючого моменту від дії вітру за формулою:

$$L_{\text{віт}} = \frac{F \cdot Z \cdot \sin(\theta)}{V}$$

де, Z-відстань між центром вітрильності та центром плавучості(5,46 м);

V- водотоннажність, Н.

Розрахунки приведені в табл.7.3 і 7.4.

Таблиця 7.2- Плечі кренуючого моменту при силі вітру 3 бала

θ , (град.)	F, (Н)	L _{віт} , (м)
0	393	0,217
10	387	0,210

					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20	369	0,191
30	340	0,162
40	301	0,127
50	253	0,090
60	197	0,054
70	134	0,025
80	68	0,007

Таблиця 7.3 Плечі кренуючого моменту при силі вітру 4 бала

θ , (град.)	F, (Н)	L _{віт} , (м)
0	1029	0,567
10	1012	0,549
20	967	0,501
30	891	0,425
40	788	0,332
50	661	0,234
60	514	0,142
70	352	0,066
80	179	0,017

- $GM=2,682\text{м} > 0,60\text{ м}$

- Область остійності $=112^\circ > 90^\circ$

- Плече відновлюючого моменту при максимумі кривої плечей відновлюючого моменту $=0,91\text{м} > 0,30\text{ м}$

- Статичний кут крену судна під вітрилами $=15^\circ < 20^\circ$

- Площі $B + C > 1,4 * (A + B)$

При силі вітру 4 балів $B+C=34,52$; $A+B=23,72$

$34,52 > 1,4*23,72=33,21$

Умова виконується, але при посиленні вітру треба вживати заходів по зменшенню площі вітрил (рифлення) .

Яхта повністю відповідає вимогам до остійності.

В даний час за стандартом ISO 12217 в Європі прийнята така класифікація крейсерських яхт. Вона припускає 4 категорії (A, B, C, D) і 6 категорій навігації (1-6). Для кожної категорії визначені допустимі умови експлуатації.

Категорії яхти припускають наступні райони експлуатації:

					24.MP.135.6112м.08.ПЗ.07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Категорія яхти	Допуст. швидкість вітру, бали	Допуст. висота хвилі, м	Категорія навігація
A	Понад 8	Понад 4	1,2,3,4,5,6
B	До 8	До 4	2,3,4,5,6
C	До 6	До 2	4,5,6
D	До 4	До 0,5	6

A - необмежений район експлуатації;

B - великі моря;

C - прибережна морська зона, великі озера і річки;

D - малі озера, річки, канали.

Категорія навігації встановлює безпечний район плавання:

- 1- необмежений;
- 2- видалення від укриття до 200 миль;
- 3- видалення від укриття до 60 миль;
- 4- видалення від укриття до 20 миль;
- 5- видалення від укриття до 5 миль;
- 6- видалення від укриття до 2 миль.

Залежно від класу яхти стандарт ISO 12217-2 для однокорпусних яхт визначає вимоги по остійності, які виражаються величиною показника остійності STIX (Stability index). Він є добутком чинника розміру яхти на набір чинників, що враховують конструктивні особливості яхти.

STIX визначається за формулою:

$$STIX = (7 + 2,25LBS) (FDS * FIR * FKR * FDL * FBD * FWM * FDF)^{1/2} + \delta,$$

де:

LBS - чинник довжини, найбільш важливий параметр, що визначає безпеку яхти, оскільки розміри хвиль при збільшенні довжини стають відносно менше;

$$LBS = (2LWL + L_H) / 3 = (2 * 6,353 + 6,5) / 3 = 6,402 \text{ м};$$

FDS = 0,5-1,5 - чинник динамічної остійності, враховує площу позитивної частини діаграми статичної остійності до кута заливання;

					24.MP.135.6112м.08.ПЗ.07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$FDS = A_{GZ} / (15,81 * L_H^{1/2}) = 42,7 / (15,81 * 6,5^{1/2}) = 1,59, \text{ приймаємо } 1,5$$

де **AGZ** — площа позитивної частини діаграми статичної остійності, м² градуси = 64,2;

L_H – довжина корпусу = 6,5 м.

FIR = 0,4-1,5 - чинник, що враховує можливість випрямлення яхти після перевероту, враховує кут заходу діаграми статичної остійності. $FIR = \Theta_v / (125 - m/1600)$ при $m < 40000$ кг де m — маса судна в відповідному стані навантаження, кг

Θ_v – кут заходу ДСО.

$$FIR = 112,5 / (125 - 950/1600) = 0,904.$$

FKR = 0,5-1,5 - коефіцієнт, що враховує можливість випрямлення яхти, покладеної вітрилами на воду, залежить від поновлюючого моменту при крені 90° і площі парусності;

$$FKR = 0,875 + 0,0833FR = 0,875$$

де $FR = I_{90} * m / (2A_s * h_{CE}) = 0,407 * 0,95 / (2 * 38,9 * 5,42) = 0,001$

I_{90} - плече статичної остійності при $\Theta = 90^\circ$, м;

h_{CE} - висота центру парусності парусного судна над ватерлінією, м;

A_s – площа проекції основних вітрил на ДП.

FDL = 0,75-1,25 - чинник відношення водотоннажності до довжини, мала водотоннажність вважається менш сприятливою;

$$FDL = \sqrt{0,6 + \frac{15mFl}{LBS^3 (333 - 8LBS)}} = 2,46 \text{ приймаємо } 1,25$$

де $LBS = (2LWL + LH) / 3 = 6,402$ м;

$$Fl = (LBS/11)^{0,2} = (6,402/11)^{0,2} = 0,897$$

FBD = 0,75-1,25 - чинник відношення водотоннажності до ширини, враховує що мала водотоннажність при збільшеній ширині збільшує ризик перевероту від дії хвиль і небажане збільшення остійності в перевернутому положенні, з іншого боку зменшення ширини негативно позначається на остійності форми, що також штрафується;

$$FBD = 1,118 * (BWL/BH)^{1/2} = 1,118 * (2,161/3,3)^{1/2} = 3,470 \text{ приймаємо } 1,25$$

					24.MP.135.6112м.08.ПЗ.07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_b = 3,3 \cdot B_H / (0,03m) = 3,3 \cdot 3,0 / (0,03 \cdot 950) = 0,135$$

де B_H – найбільша ширина = 3,0 м.

FWM = 0,5-1,0 - чинник, що враховує небезпеку заливки при кутах менш 90° при пориві вітру при незарифлених вітрилах, залежить від кута заливки, площі парусності і піднесення ЦП над ватерлінією і положення ЦБС;

$$FWM = 1 \text{ при куті заливання } \Theta_D = 90^\circ$$

FDF = 0,5-1,25 - чинник, що враховує ризик затоплення при статичному крені;

$$FDF = \Theta_D / 90 = 108 / 90 = 1,2$$

δ = 5 або 0, коефіцієнт, що враховує наявність блоків плавучості і позитивного відновлюючого моменту при крені 90° ; **δ** = 5.

Таким чином

$$STIX = (7 + 2,25 LBS) (FDS \cdot FIR \cdot FKR \cdot FDL \cdot FBD \cdot FWM \cdot FDF)^{1/2} + \delta =$$

$$(7 + 2,25 \cdot 6,402) (1,5 \cdot 0,904 \cdot 0,875 \cdot 1,25 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1,2)^{1/2} = 31,9$$

Показники остійності повинні бути не менше ніж:

для категорії яхти STIX

A	32
B	23
C	14
D	5

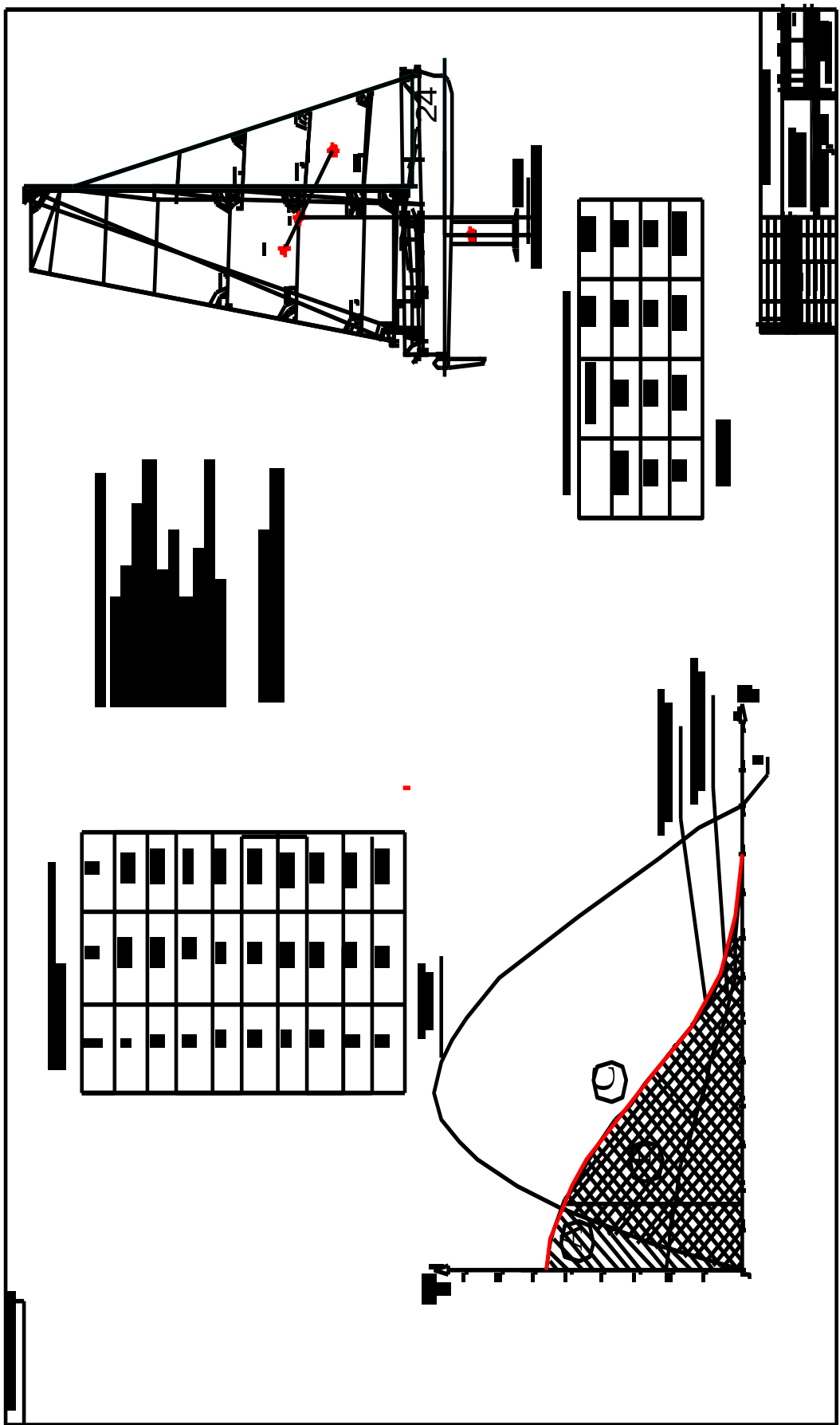
Отже, **яхта задовольняє вимогам стандарту ISO 12217-2 для яхт морської зони.**

Ця методика була розроблена групою фахівців ЕС з використанням результатів досліджень Фастнетської трагедії.

Остійність морської парусної яхти – комплексне поняття. Вона досягається шляхом розумного компромісу між забезпеченням ходових якостей, тобто, початкової остійності, і одночасно безпеки в експлуатації – остійності на великих кутах крену.

Як ми бачимо, стандарт враховує достатньо повно аспекти, що впливають на безпеку з погляду остійності яхти, а не обмежується простою лімітацією кута заходу діаграми остійності.

					24.MP.135.6112м.08.ПЗ.07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

24.MP.135.6112м.08.ПЗ.07

Арк.

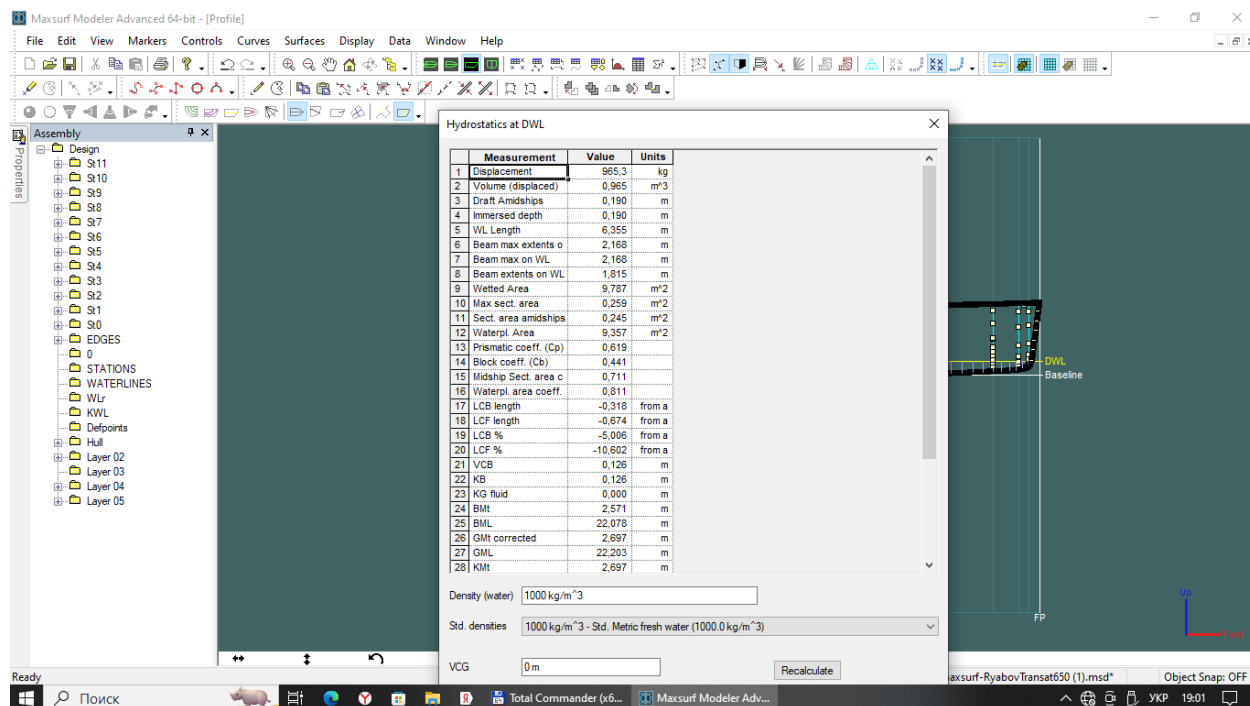
					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.09		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проведення буксиру вальних випробувань моделі яхти		
Студент	Рябов Д.В.						
Керівник	Пащенко Ю. М						
Консультан	Пащенко Ю. М						
Зав. каф.	Некрасов В. О.						
					Літ Аркуш Аркушів ім. адм. Макарова		

8. Розрахунок ходовості яхти.

Розрахунок буксирувального опору виконаний за допомогою програми “Maxsurf Resistance” з використанням тривимірної моделі корпусу.

Для розрахунку обрано методи *Delft III та Savitsky*, які найбільше підходять для розрахунку таких яхт.

Для існуючого корпусу яхти початкові параметри:



Мал.8.1. Вхідні дані.

Розрахунки опору проводились за методою проф. Геррітсми - Delft III, яка призначена для визначення опору яхт, та методами Савитського і Лахтіхарью - для катерів в переходному режимі та глісуванні [1].

Результати розрахунків ходовості наведені в наступній таблиці та діаграмі.

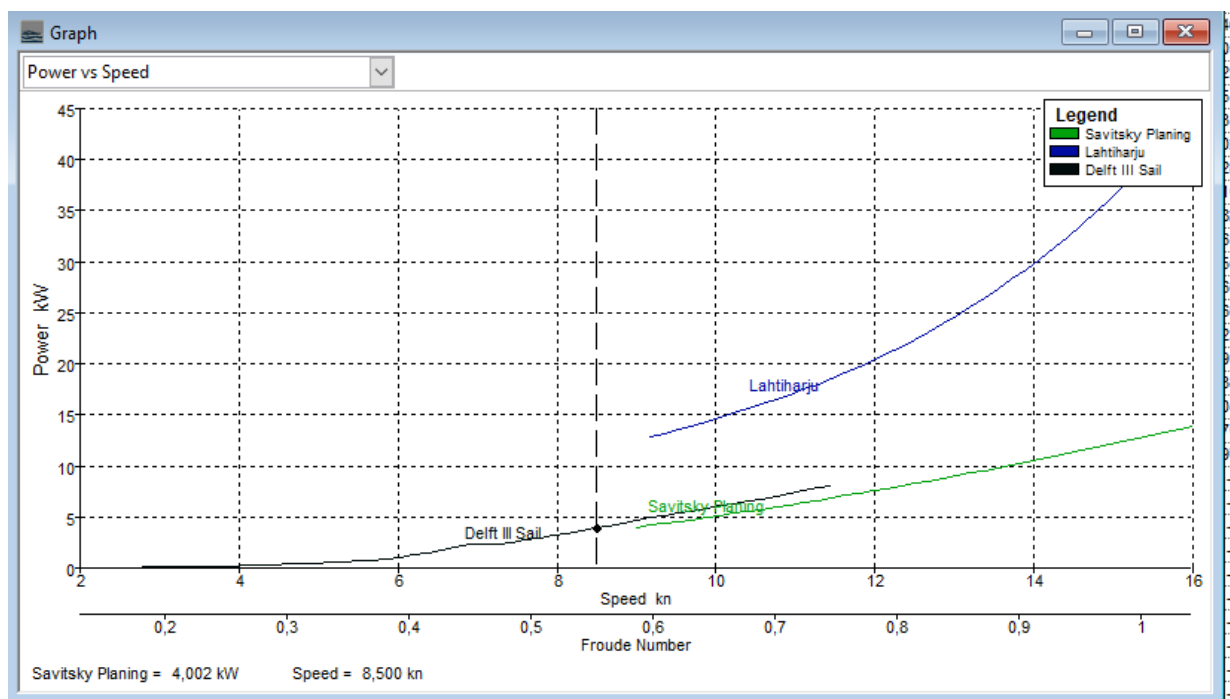
Maxsurf Resistance 64-bit - F:\Работа\0 Для Работы\UNTITLED.hsd

File Edit View Analysis Display Data Window Help

	Speed (kn)	Froude No. LWL	Froude No. Vol.	Savitsky Planing Resist. (kW)	Savitsky Planing Power (kW)	Lahtiharju Resist. (kW)	Lahtiharju Power (kW)	Delft III Sail Resist. (kW)	Delft III Sail Power (kW)
7	4,100	0,267	0,677	--	--	--	--	0,1	0,246
8	4,450	0,290	0,735	--	--	--	--	0,1	0,326
9	4,800	0,313	0,793	--	--	--	--	0,2	0,424
10	5,150	0,336	0,851	--	--	--	--	0,2	0,546
11	5,500	0,358	0,909	--	--	--	--	0,2	0,705
12	5,850	0,381	0,967	--	--	--	--	0,3	0,925
13	6,200	0,404	1,024	--	--	--	--	0,4	1,251
14	6,550	0,427	1,082	--	--	--	--	0,5	1,731
15	6,900	0,450	1,140	--	--	--	--	0,7	2,402
16	7,250	0,472	1,198	--	--	--	--	0,6	2,328
17	7,600	0,495	1,256	--	--	--	--	0,7	2,710
18	7,950	0,518	1,314	--	--	--	--	0,8	3,182
19	8,300	0,541	1,371	--	--	--	--	0,9	3,661
20	8,650	0,564	1,429	--	--	--	--	0,9	4,150
21	9,000	0,587	1,487	0,9	4,002	--	--	1,0	4,660
22	9,350	0,609	1,545	0,9	4,365	2,7	13,221	1,1	5,160
23	9,700	0,632	1,603	1,0	4,743	2,8	13,941	1,1	5,623
24	10,050	0,655	1,660	1,0	5,137	2,8	14,721	1,2	6,091
25	10,400	0,678	1,718	1,0	5,547	2,9	15,565	1,2	6,538
26	10,750	0,701	1,776	1,1	5,970	3,0	16,482	1,3	7,004
27	11,100	0,723	1,834	1,1	6,408	3,1	17,477	1,3	7,570
28	11,450	0,746	1,892	1,2	6,858	3,2	18,558	1,4	8,097
29	11,800	0,769	1,950	1,2	7,322	3,3	19,734	--	--
30	12,150	0,792	2,007	1,2	7,798	3,4	21,012	--	--
31	12,500	0,815	2,065	1,3	8,287	3,5	22,402	--	--
32	12,850	0,837	2,123	1,3	8,788	3,6	23,913	--	--
33	13,200	0,860	2,181	1,4	9,302	3,8	25,554	--	--
34	13,550	0,883	2,239	1,4	9,828	3,9	27,336	--	--
35	13,900	0,906	2,297	1,4	10,368	4,1	29,270	--	--
36	14,250	0,929	2,354	1,5	10,922	4,3	31,368	--	--
37	14,600	0,951	2,412	1,5	11,491	4,5	33,642	--	--
38	14,950	0,974	2,470	1,6	12,075	4,7	36,104	--	--
39	15,300	0,997	2,528	1,6	12,675	4,9	38,768	--	--
40	15,650	1,020	2,586	1,7	13,292	5,2	41,648	--	--
41	16,000	1,043	2,644	1,7	13,928	5,4	44,760	--	--

Поиск

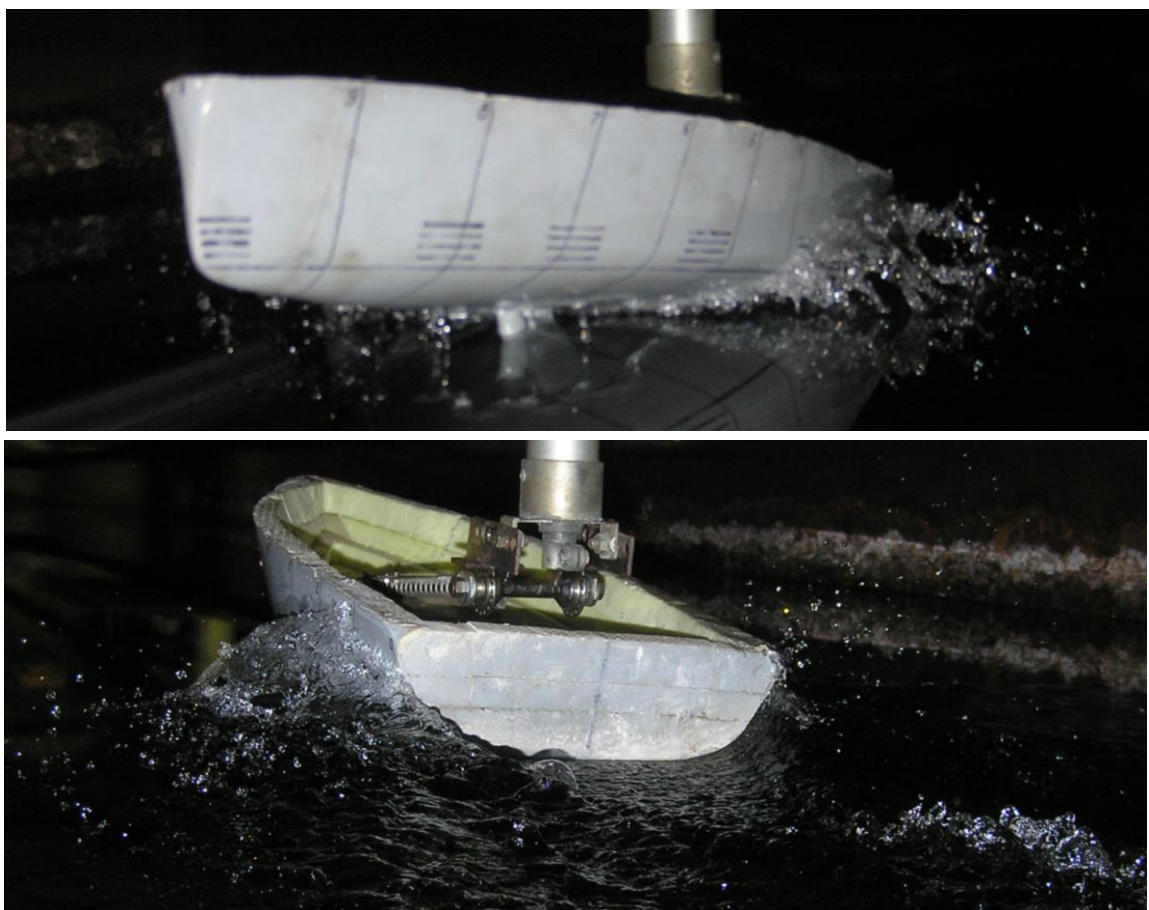
Мал.8.2. Таблиця розрахунків за програмою “MaxSurf Resistance” .



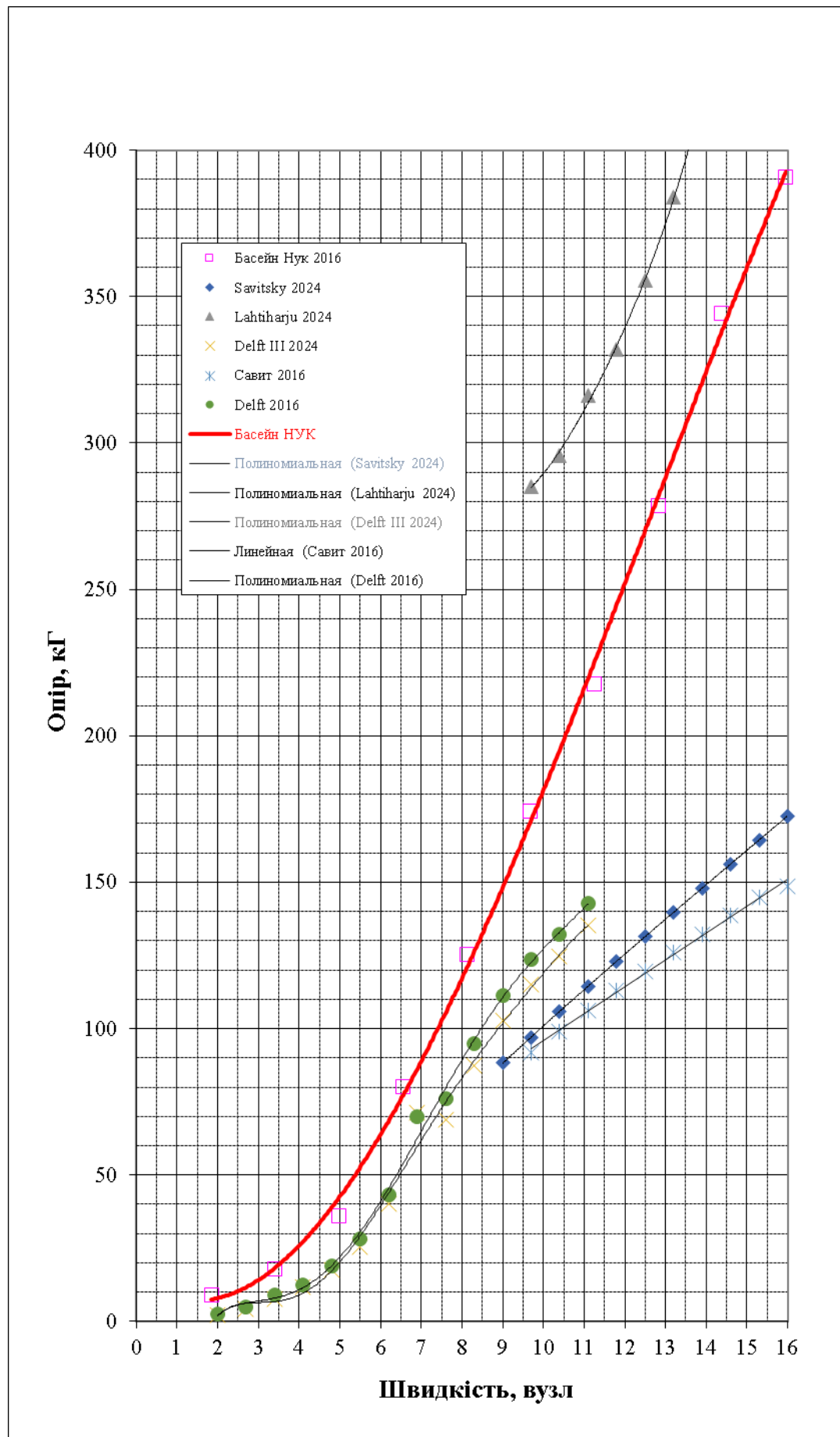
Мал.8.2. Графік розрахунків
Для зручності переведемо порівняльну таблицю результатів у Word.

	узл	FrL	FrV	Savitsky		Lahtiharju		Delft III		
				(кГ)	(кВ)	(кГ)	(кВ)	(кГ)	(кВ)	м/с
1	2,000	0,130	0,330	--	--	--	--	2,345	0,024	1,028
3	2,700	0,176	0,446	--	--	--	--	4,385	0,060	1,388
5	3,400	0,222	0,562	--	--	--	--	7,546	0,130	1,748
7	4,100	0,267	0,677	--	--	--	--	11,930	0,246	2,107
9	4,800	0,313	0,793	--	--	--	--	17,539	0,424	2,467
11	5,500	0,358	0,909	--	--	--	--	25,391	0,705	2,827
13	6,200	0,404	1,024	--	--	--	--	40,074	1,251	3,187
15	6,900	0,450	1,140	--	--	--	--	71,379	2,402	3,547
17	7,600	0,495	1,256	--	--	--	--	69,034	2,710	3,906
19	8,300	0,541	1,371	--	--	--	--	87,490	3,661	4,266
21	9,000	0,587	1,487	88,28	4,002	--	--	102,684	4,660	4,626
23	9,700	0,632	1,603	96,97	4,743	285,11	13,941	115,022	5,623	4,986
25	10,400	0,678	1,718	105,84	5,547	295,71	15,565	124,71	6,538	5,346
27	11,100	0,723	1,834	114,5	6,408	316,1	17,477	135,314	7,570	5,705
29	11,8	0,769	1,950	123,08	7,322	331,8	19,734	--	--	6,065
31	12,500	0,815	2,065	131,54	8,287	355,6	22,402	--	--	6,425
33	13,200	0,860	2,181	139,8	9,302	384,02	25,554	--	--	6,785
35	13,900	0,906	2,297	147,96	10,368	417,77	29,270	--	--	7,145
37	14,600	0,951	2,412	156,1	11,491	457,13	33,642	--	--	7,504
39	15,300	0,997	2,528	164,38	12,675	502,7	38,768	--	--	7,864
41	16,000	1,043	2,644	172,7	13,928	554,9	44,760	--	--	8,224

У 2016 році в дослідному басейні кафедри теорії та проектування суден НУК були проведені буксирувальні випробування яхти типу Міні-Трансат.



Результати цих випробувань наведені на мал. 8.3. у вигляді кривої червоного коліру.



Мал. 8.3. Графік порівняльних розрахунків та випробувань.

Аналізуючи графіки бачимо, що проект НУК 2024 має менший опір за методікою Delft III ніж проект НУК 2016 майже у всьому діапазоні швидкостей. На переходному до глісування режимі за методікою Савітського опір НУК 2024 більше ніж у яhti НУК 2016, що можливо пояснюється трохи більшою килеватістю, та більшим кутом виходу батоксів 6° проти 5° .

Аналіз випробувань яhti НУК 2016 у дослідному басейні кафедри ТПС показує, що її опір більш ніж за методами Delft III та Савітського.

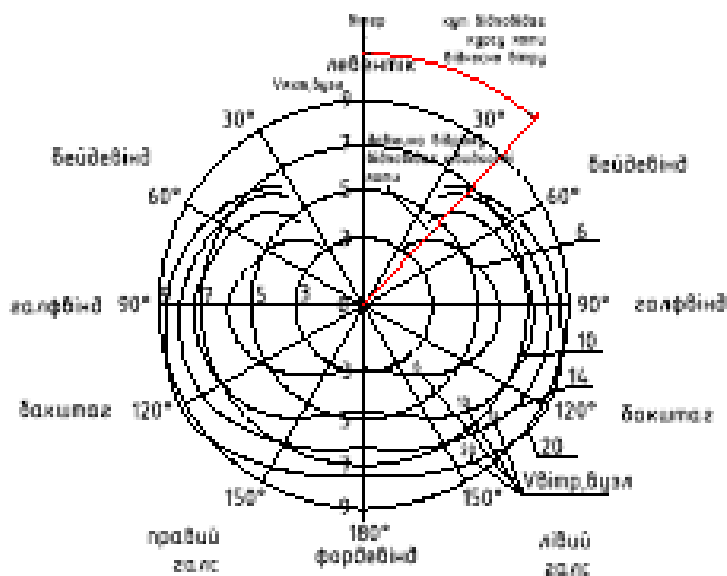
В даний час у світовій практиці стало нормою використання полярних діаграм швидкостей яhti, що дозволяє чисельно оцінити тактичні рішення в гонці.

Полярна діаграма— це графічне представлення швидкості яhti в залежності від курсу щодо дійсного вітру і його швидкості. Вона будується у «полярній системі координат»: кут і відстань. Прийнято показувати тільки половину діаграми — для одного з галсів.

Використовуючи полярну діаграму, можна визначити швидкість яhti при будь-якій швидкості і курсі щодо вітру, і скласти повне враження про її ходові якості.

На полярній діаграмі швидкостей яhti курс щодо вітру відкладається як кут між напрямком руху (тобто вектором швидкості яhti) і напрямком дійсного вітру.

Дійсний вітер відчувається тільки нерухомим спостерігачем. Вимпельний вітер виходить за рахунок накладення на дійсний зустрічного потоку при русі судна, саме його і показує яхтовий анемометр на ходу.



Мал. 8.4. Принцип побудови полярної діаграми швидкостей яхти.

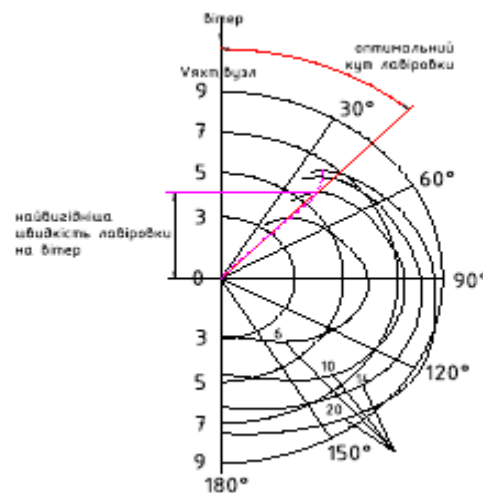
Полярні діаграми швидкостей призначені для:

Проектування яхт. В ньому відбувається зіставлення варіантів проектів перегонових яхт та вирішуються задачі оптимізації;

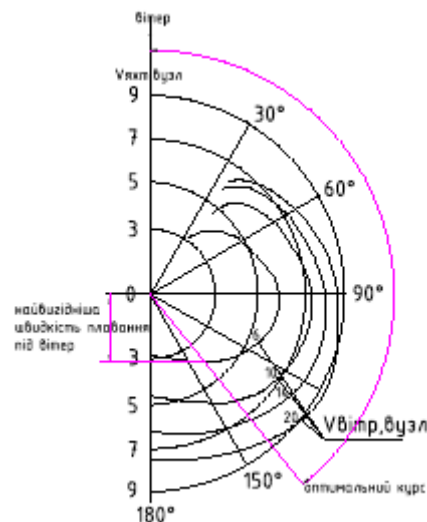
Обміру яхт. Програма VPP – програма передбачення швидкості застосовується для обмірювання «крейсерсько-перегонових» яхт у системі IMS. Основна ідея системи – від "геометричного" обмірювання перейти до "динамічного": тобто безпосередньо розраховувати ходові якості яхти і виходячи з них зрівнювати шанси на перемогу;

Керування яхтою. У яхтових перегонах полярні знайшли застосування як ефективний інструмент для кількісного аналізу прийомів керування судном. Коло розв'язуваних задач дуже широке: у тому числі оцінка варіантів парусності, керування засобами протидії дрейфу і т.і.

Оптимальний курс на лавіровці повинний забезпечувати найбільше просування яхти за курсом – вісью лавіровки. Швидкість «просування на вітер» знаходиться геометричною побудовою (Мал.8.4) – вона зветься VMG – velocity made good. Яхтсменам корисно також спостерігати, як змінюються оптимальні лавіровочні кути в залежності від швидкості вітру (пунктирна лінія на Мал.8.5). Починаючи з деякого значення сили вітру приріст швидкості на курсі крутий бейдевінд припиняється через крен, хвилювання і необхідність зменшення парусності.



Мал. 8.5. Оптимальний кут лавіровки.



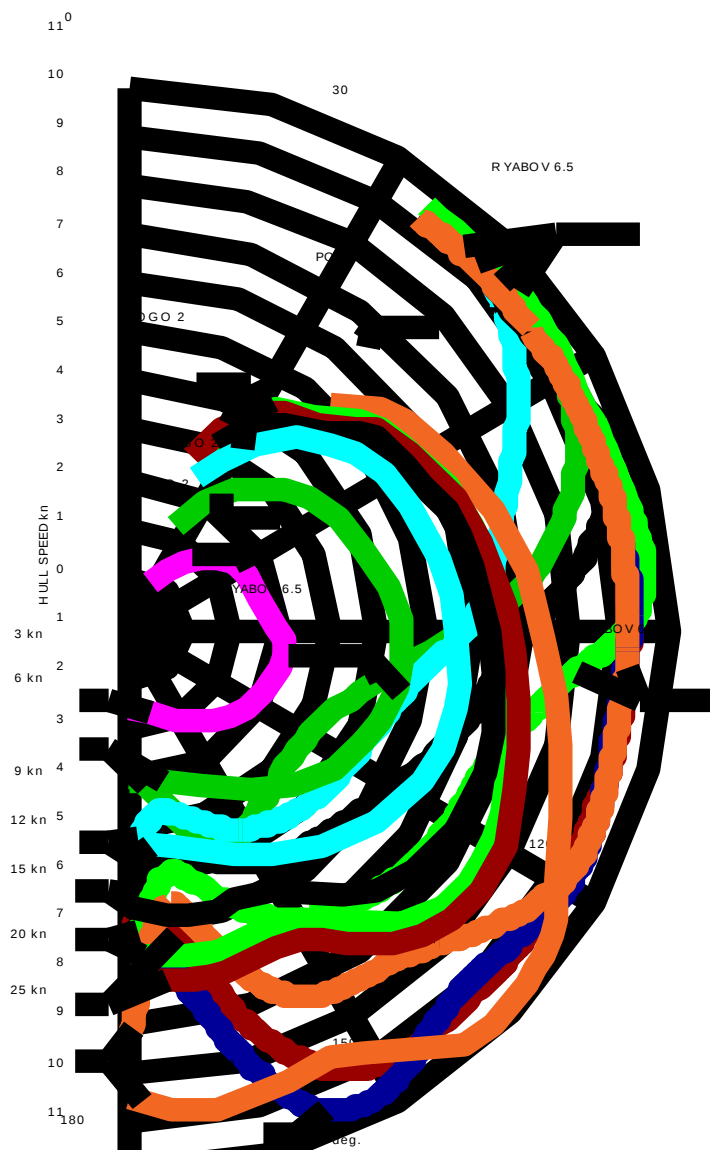
Мал. 8.6. Оптимальний попутний курс плавання

Полярна діаграма швидкостей яхти дозволяє легко оцінити найкращий спосіб просування по вітру. Як можна помітити (мал. 8.6), найчастіше курс фордевінд не вигідний: більш правильна тактика проходження ділянки галсами в бакштаг.

Причини цього явища, по-перше, в тім, що вимпельний вітер «гаситься» при русі яхти; по-друге, у перекритті передніх вітрил задніми.

При слабких вітрах найбільша швидкість яхти досягається на курсі повний бейдевінд, що зв'язано з максимальним використанням ефекту вимпельного вітру. Це особливо справедливо для яхт, що не мають спінакера. З посиленням вітру яхта розвиває максимальну швидкість на курсі бакштаг.

Розрахунок полярної діаграми виконується в модулі «VPP» системи «Maxsurf»,



Мал. 8. Порівняльні поляри для яхт НУК-2024 та POGO -2.

З поляри бачимо, що на курсі від бейдевінда до бакштага НУК-2024 має перевагу. На курсі близького до фордевінду - навпаки.

Можливо це можна пояснити тим, що поляра POGO -2 будувалася з урахуванням генакеру.

					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.09		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунок вітрильного центрування яхти		
Студент		Рябов Д.В.					
Керівник		Пащенко Ю. М					
Консультант		Пащенко Ю. М					
Зав. каф.		Некрасов В. О.					
					Літ Аркуш Аркушів НУК ім. адм. Макарова		

9. Розрахунок вітрильного центрування та ходовості яхти.

Звернемося до дії зовнішніх сил на вітрила і корпус яхти. Вирішальне значення для стійкості яхти на курсі має взаємне розташування двох пар сил.

Сила, що кренить, і сила опору дрейфу прагнуть увалити ніс яхти під вітер, у той час як друга пара — сила тяги й опір руху приводить яхту до вітру. Безперечно, що реакція яхти залежить від співвідношення величини розглянутих сил і плечей, на яких вони діють. При збільшенні кута крену плече пари, що приводить, також збільшується. Плече пари, що відвалює, залежить від взаємного розташування центра вітрил (ЦВ) - точки додатка результуючої аеродинамічних сил до вітрил і центра бічного опору (ЦБО) - точки додатка результуючої гідродинамічних сил до корпусу яхти. Положення цих точок змінюється в залежності від багатьох факторів: курсу яхти щодо вітру, форми і настроювання вітрил, крену і диференту яхти, форми і профілю кіля і керма і т.і.

Тому при проектуванні і переозброєнні яхт оперують з умовними ЦВ і ЦБО, вважаючи їх розташованими в центрах ваги плоских фігур, якими є вітрила, поставлені в діаметральній площині яхти, і підводні обриси ДП із кілем і кермом.

Відомо, що центр ваги трикутного вітрила розташовується на перетині двох медіан, а загальний центр ваги двох вітрил знаходиться на відрізку прямої, що з'єднує ЦВ обох вітрил, і поділяє цей відрізок зворотно пропорційно їхньої площі. Звичайно в розрахунок приймається не фактична площа стакселя, а обмірна площа переднього вітрильного трикутника.

У створенні сили опору дрейфу головна роль належить плавниковому кілю і керму. Центри гідродинамічних тисків на їхніх профілях можуть бути знайдені досить точно. Однак корпус яхти, хоча і бере участь у створенні поперечної сили в малому ступені, вносить визначені зміни в характер обтікання кіля і керма, причому він змінюється в залежності від кута крену і диференту, а також швидкості яхти. У більшості випадків на курсі бейдевінд сукупний ЦБО рухається вперед.

					24.MP.135.6112м.08.ПЗ.09	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конструктори розташовують ЦВ на деякій відстані (випередженні) перед ЦБО. Звичайне випередження задається у відсотках довжини судна по ватерлінії і складає для бермудського кеча 9 -13% Lквл.

Якщо реальний ЦВ виявляється розташованим занадто далеко перед ЦБО, яхта на курсі бейдевінд відвалюється під вітер і кермовому приходится постійно тримати кермо відхиленням на вітер. Якщо ж ЦВ розташовується за ЦБО, то яхта прагне навестися до вітру; потрібно постійна робота кермом, щоб стримувати судно.

Розрахунок виконується графо-аналітичним засібом і зводиться до визначення взаємного розташування центра бічного опору (ЦБО) і центра вітрильності (ЦВ).

Розрахунок ЦБО виконуємо по кресленню бокового виду, по якому визначаємо абсцису і площу зануреної частини діаметрального батоксу.

Площа діаметрального батоксу складається з площі корпусу, площі фальшкіля та площі керма :

$$S = S_k + S_{fk} + S_{ker} = 1 + 0,9 + 0,6 = 2,5 \text{ кв.м.}$$

Абсциси їх ЦТ від міделю відповідно рівні: 0,27 м ; -0,30 м; -3,5м.

Кординати ЦБО складуть X = -0,84 м.

Площу основних вітрил визначаємо за планом парусності

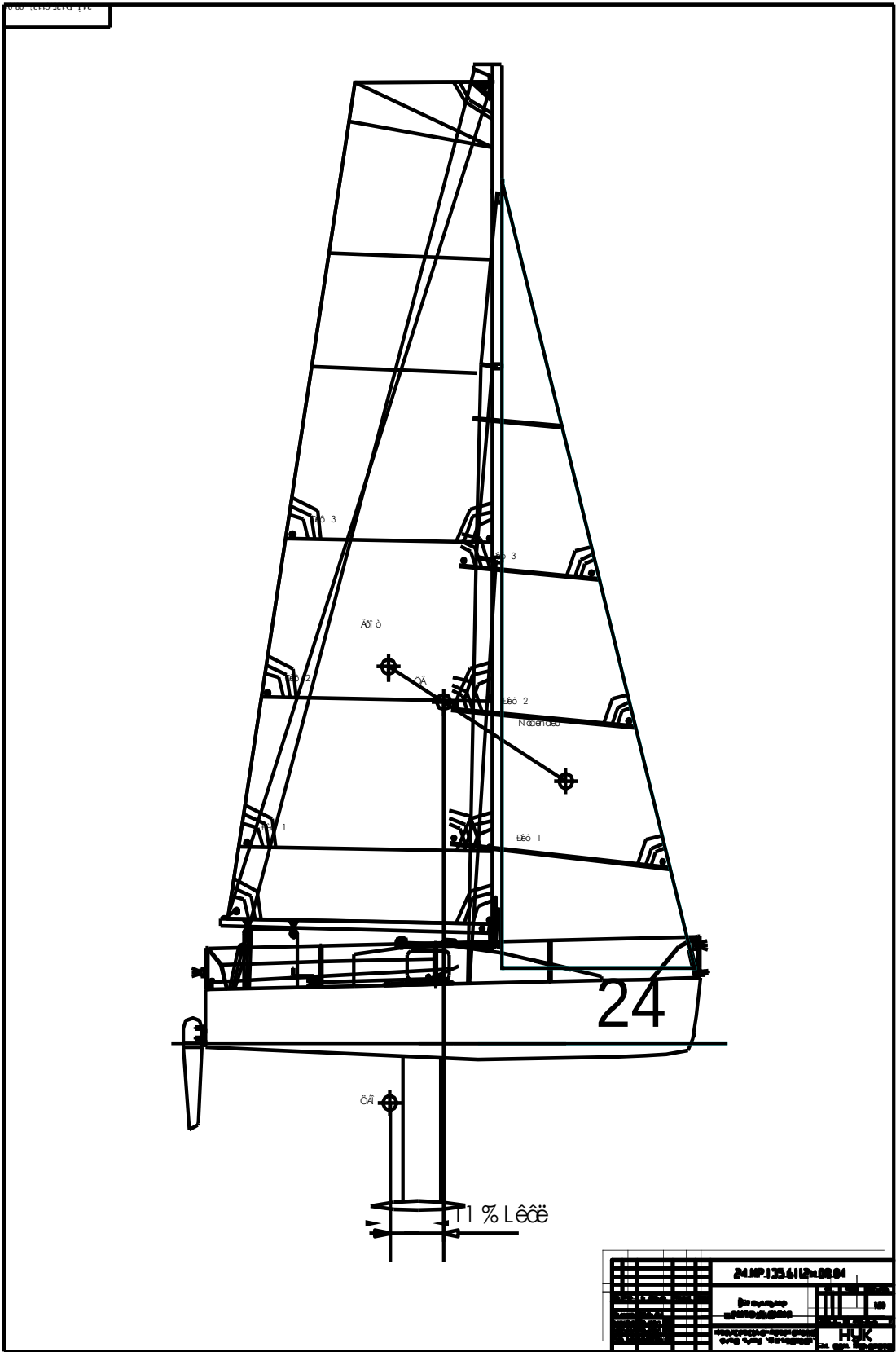
Вітрила	S	X	Mx
Стаксель	12,06	1,49	17,89
Грот	26,81	-0,843	-22,58
Сума	38,87		-4,69

Координати ЦВ X1 = -0,121 м.

Випередження ЦВ складає 0,71 м – **11 % Lwl**,

Таким чином вважаємо яхту відцентрованою.

					24.MP.135.6112м.08.ПЗ.09	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					24.MP.135.6112м.08.ПЗ.09	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.10		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Набір корпусу за правилами класифікаційного товариства		
Студент		Рябов Д.В.					
Керівник		Пащенко Ю. М					
Консультан		Пащенко Ю. М					
Зав. каф.		Некрасов В. О.					
					Літ Аркуш Аркушів НУК ім. адм. Макарова		

10. Набір корпусу за правилами класифікаційного товариства.

Набір корпусу яхти виконується за Правилами класифікації та побудови малих суден Регістра судноплавства України (Том 2).

Основні характеристики проекрованої яхти:

Довжина найбільша	6,50 м
Довжина по ватерлінії	6,48 м
Ширина найбільша	3,00 м
Ширина по ватерлінії	2,82 м
Осадка корпусом	0,20 м
Осадка з фальшкілем	1,60 м
Висота надводного борту на міделі	0,80 м

Парусна крейсерсько-перегонова яхта призначена для крейсерських перегонів у прибережній морській зоні, спортивних плавань, туризму.

Район плавання: 2-й прибережний - прибережна зона відкритих і внутрішніх морів, а також водосховищ на внутрішніх водних шляхах, з 5-мильним видаленням від берега і 20-мильним видаленням від місця-притулку, в якій плавання судна обмежена хвилюванням 5% забезпеченості висотою до 2,0 м і вітром до 6 балів.

Розрахунок товщини зовнішньої обшивки

Товщина зовнішньої обшивки, палубного настилу і перебірок повинна бути не менше, ніж визначена за формулами:

$$s_1 = 0,7 a k_p \sqrt{k_k k_a p / \sigma_{\text{доп}}}, \text{мм}$$

$$s_1 = 0,7 \cdot 400 \cdot 0,85 \sqrt{0,88 \cdot 0,84 \cdot 0,027 / 121} = 3,057$$

$$s_2 = 0,3 a k_p \sqrt[3]{k_k k_a p / 0,02 E}, \text{мм}$$

$$s_2 = 0,3 \cdot 400 \cdot 0,85 \sqrt[3]{0,88 \cdot 0,84 \cdot 0,027 / 0,02 \cdot 2200} = 3,6$$

E – мінімальний модуль пружності ламінату при згині, (22ГПа)

					24.MP.135.6112м.08.ПЗ.10	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

a – шпация або відстань, мм, між бортовими стрингерами, палубними стрингерами, шпангоутами, бiмсами або ребрами жорсткості або іншими підкріплювальними елементами; у разі криволінійної обшивки це довжина хорди між двома підкріплювальними елементами,

p – розрахункове навантаження, МПа

k_k - коефіцієнт, що враховує співвідношення сторін пластини обшивки,

k_r - коефіцієнт, що враховує кривизну обшивки

$\sigma_{\text{доп}}$ - розрахункове допустиме напруження, МПа

k_a - коефіцієнти зменшення розрахункового напору.

Визначення $\sigma_{\text{доп}}$, МПа

$$\sigma_{\text{доп}} = \sigma_b \cdot k = 220 \cdot 0.55 = 121$$

σ_b – границя міцності при розтягненні (220 МПа)

k - коефіцієнт, що враховує зміну властивостей склопластику в результаті старіння, зволоження, нагріву та технології виготовлення (0,55)

Визначення шпациї

$$a_0 \leq 0,01L + 0,25, \text{ м}$$

$$a_0 \leq 0,01 \cdot 6,5 + 0,25 = 0,315$$

Приймаю шпацию $a=400$ мм

Визначення коефіцієнта k_k

$$k_k = -0,22 \left(\frac{b}{a} \right)^2 + 0,87 \frac{b}{a} + 0,14$$

$$k_k = -0,22 \left(\frac{500}{400} \right)^2 + 0,87 \frac{500}{400} + 0,14 = 0,88$$

b -довша сторона пластини, 500 мм.

Визначення коефіцієнта k_a

$$k_a = 1,017 - 0,00059 \cdot a = 1,017 - 0,00059 \cdot 300 = 0,84$$

Визначення коефіцієнта k_r

					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.10	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

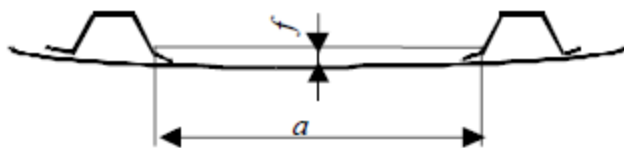


Рис.10.1

f/a	k_p
$0 \div 0,03$	1
$0,03 \div 0,1$	$1,15 - 5 f/a$
$\geq 0,1$	0,65

Приймаю k_p рівний 0,85(рис.10.1)

Розрахунок навантаження на корпус

За характером зміни в часі навантаження підрозділяються на постійні, величини яких не змінюються, або мало змінюються під часу, і змінні, величина і (або) напрямок дії яких істотно змінюються в часі.

За характером впливу змінних навантажень на конструкцію вони поділяються на статичні (статично-змінні) - повний час зміни яких більш ніж в 2,5 рази перевищує період першого тону вільних коливань конструкцій, і динамічні - час зміни яких порівнянно або менше періоду першого тону вільних коливань

За рівнем повторюваності змінні навантаження поділяються на багаторазові, що діють на конструкцію більше 1000 разів, і разові, дія яких можливо в обмеженому числі ситуацій або однократно. Розрахунки обшивки і набору, а також залежності для визначення їх розмірів, наведені у відповідних підрозділах, засновані на схемою розрахунку міцності багатоопорної балки, навантаженої рівномірно розподіленим статичним тиском води. В якості розрахункової навантаження приймається висота цього напору, p , кПа, яка вимірюється для обшивки - від нижньої кромки розраховується пластини, для набору – від середини ширини балки.

В якості розрахункового навантаження на днище p , кПа, слід приймають більшу з величин, визначених за формулами:

$$p_1 = r_N k_{sd} g(h_s + 0,05L + 0,5)$$

					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.10	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$p_1 = 1,39 \cdot 9,8(0,8 + 0,05 \cdot 6,5 + 0,5) = 22,14$$

$$p_2 = r_N k_{sd} g L ((0,069 Fr + 0,025) Fr + 0,216)$$

$$p_2 = 1,39 \cdot 9,8 \cdot 6,5 ((0,069 \cdot 1,03 + 0,025) 1,03 + 0,216) = 27,89$$

$$r_N = (0,03 h_{3\%} + 0,79)$$

$$r_N = (0,03 \cdot 2 + 0,79) = 1,39$$

$h_{3\%}$ – висота хвилі 3% забезпеченості, відповідна призначеного району (2 м)

k_{sd} – коефіцієнт розподілу статичних навантажень на днище, який приймається відповідно до рис. 9.2.

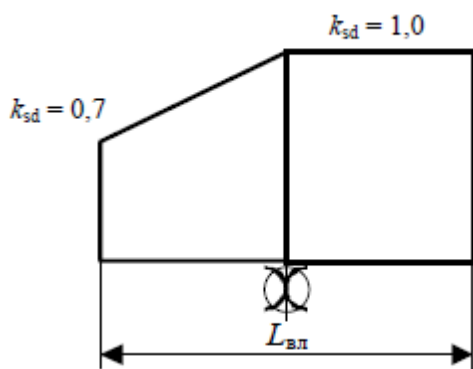


Рис.10.2

h_s – вертикальне відстань від розрахункового елемента конструкції до верхньої кромки бортової обшивки в місці її з'єднання з головною палубою або палубою надбудови в розглянутому районі, (0,8 м);

Приймаємо розрахункове максимальне навантаження на днище-27,89кПа.

Навантаження на борта

В якості розрахункового навантаження на борта p , кПа, слід розуміти більшу з величин, отриманих за формулами:

$$p_1 = r_N k_{sb} g (h_s + 0,05L + 0,5)$$

$$p_1 = 1,39 \cdot 9,8(0,4 + 0,05 \cdot 6,5 + 0,5) = 16,68$$

$$p_2 = 0,6 r_N k_V k_g g L ((0,069 Fr + 0,025) Fr + 0,216)$$

$$p_2 = 0,6 \cdot 1,39 \cdot 9,8 \cdot 6,5 ((0,069 \cdot 1,03 + 0,025) 1,03 + 0,216) = 16,73$$

h_s – вертикальне відстань від розрахункового елемента конструкції до верхньої кромки бортової обшивки в місці її з'єднання з головною палубою або палубою надбудови в розглянутому районі, (0,4 м);

					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.10	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

k_v – коефіцієнт, що залежить від відносної швидкості $Fr=0,37$

$k_v=0$ для $Fr \leq 0,44$;

$k_v= 14,28Fr - 6,283$ для $0,44 \leq Fr \leq 0,51$;

$k_v=1$ для $Fr > 0,51$

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gL}} = \frac{8,23}{\sqrt{9,8 \cdot 6,5}} = 1,03$$

k_g – коефіцієнт розподілу динамічних навантажень на днище, який приймається відповідно до рис. 9.3.

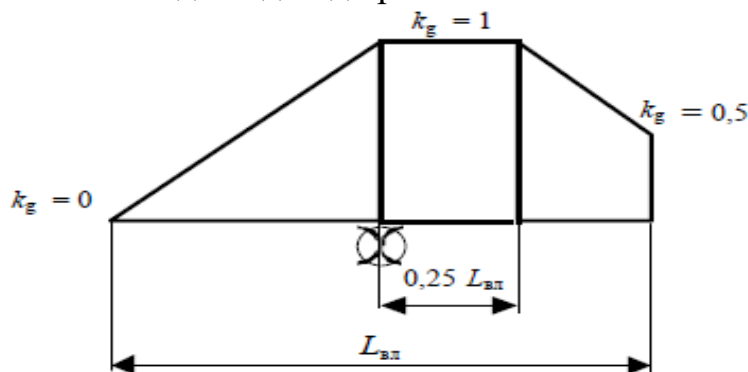


Рис.10.3

Приймаємо розрахункове максимальне навантаження на борта-16,73кПа.

Навантаження на палубу

В якості розрахункового навантаження на палубу p , кПа, слід приймати величину, яка визначається за формулою:

$$p = r_N k_{sb} g (h_s + 0,05L + 0,5)$$

$$p = 1,39 \cdot 19,8 (0,1 + 0,05 \cdot 6,5 + 0,5) = 12,6$$

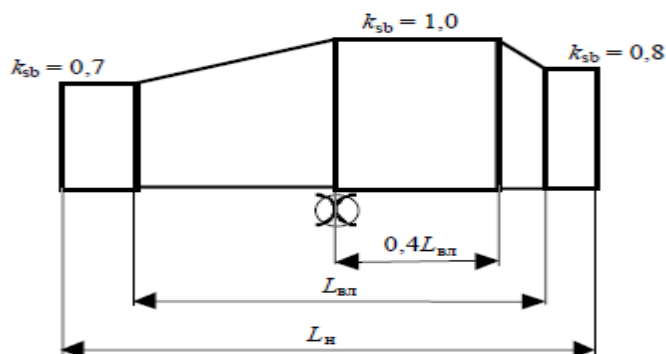


Рис.10.4

Приймаємо розрахункове максимальне навантаження на палубу-12,6кПа.

Навантаження на перебірки

Розрахункове навантаження на перебірки p , кПа, повинна визначатися за формулою:

$$p = r_N k_{sp} g (h_n + 0,05L + 0,5)$$

					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.10	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для форпікової перебірки

$$p = 1,39 \sqrt{1,5 \cdot 9,8(0,4 + 0,05 \cdot 6,5 + 0,5)} = 25,03$$

Для інших перебірок

$$p = 1,39 \sqrt{1,0 \cdot 9,8(0,4 + 0,05 \cdot 6,5 + 0,5)} = 16,68$$

$k_{ср} 1,5$ – для форпікової перебірки;

$k_{ср} 1,0$ – для інших перебірок;

h_n – вертикальна відстань від розрахункового елемента конструкції перебірки до палуби над перебірками (0,4 м);

Трьохшарові конструкції

Товщина наповнювача і оболонок тришарових конструкцій повинна бути не менше визначеної за такими формулами:

$$0,5(S_{общ} + S_{зан}) = a \sqrt{k_a} p / \tau, \text{ мм}$$

$$0,5(S_{общ} + S_{зан}) = 0,5(22 + 15) = 18,5$$

$$0,5(S_{общ} + S_{зан}) = 400 \sqrt{0,455 \cdot 1,253 / 0,37} = 16,45$$

$$18,5 \text{ мм} \geq 16,45 \text{ мм}$$

$S_{общ}$ - загальна товщина тришарового ламінату, мм;

$S_{зан}$ - товщина заповнювача в тришаровому ламінаті

k_a - коефіцієнт зменшення розрахункового напору

$$k_a = 1,017 + 0,00059 \sqrt{400} = 1,017 + 0,00059 \sqrt{400} = 1,253$$

τ - розрахункова допустима напружка на зріз для матеріалу заповнювача ПХВ (0,37 МПа)

ν - коефіцієнт, що враховує співвідношення сторін пластини обшивки (0,455)

Моменти опору і моменти інерції обшивок щодо середніх осей смужки тришарової панелі шириною 10 мм (1 см) повинні бути не менше визначених за такими формулами:

$$W_0 = \frac{s_1^2 \sigma_{изг}}{6 \sigma_p} \times 10^{-2}, \text{ см}^3$$

$$W_0 = \frac{3,075^2 \cdot 220}{6 \cdot 220} \times 10^{-2} = 0,016$$

$$W_i = \frac{s_1^2 \sigma_{изг}}{6 \sigma_{сж}} \times 10^{-2}, \text{ см}^3$$

$$W_i = \frac{3,075^2 \cdot 220}{6 \cdot 114} \times 10^{-2} = 0,03$$

					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.10	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$J = \frac{s_2^3 E_{изг}}{6(E_{вр} + E_{нс})} \times 10^{-3}, \text{см}^4$$

$$J = \frac{3,6^3 \cdot 2200}{6(4400 + 4400)} \times 10^{-3} = 1,94 \times 10^{-3}$$

W_0 - необхідний момент опору зовнішньої оболонки тришарового ламінату для смужки шириною 10 мм (1 см);

W_i - необхідний момент опору зовнішньої оболонки тришарового ламінату для смужки шириною 10 мм (1 см);

s_1 - необхідна товщина одношарового ламінату;

s_2 - необхідна товщина одношарового ламінату;

$\sigma_{изг}$ - мінімальна міцність при згинанні, МПа, що визначає величину $\sigma_{доп}$ (220 МПа);

σ_p - мінімальна міцність зовнішньої оболонки при розтягуванні, (220 МПа);

$\sigma_{сж}$ - мінімальна міцність внутрішньої оболонки при стисканні, (114) МПа;

J - потрібний момент інерції оболонок щодо середніх осей для смуги тришарового ламінату шириною 10 мм (1 см).

$E_{изг}$ - минимальный модуль упругости при изгибе, МПа, используемый в формуле (22 ГПа);

$E_{вр}$ - мінімальний модуль пружності внутрішньої оболонки при розтягуванні, (44 ГПа).

$E_{нс}$ - мінімальний модуль пружності зовнішньої оболонки при стисканні, (44 ГПа).

Розраховуємо фактичний момент інерції трьохшарової конструкції (рис 9.5).

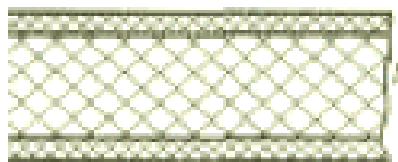


Рис.10.5

Товщина внутрішнього та зовнішнього шарів склопластику 3,5 мм.

Визначаю фактичний момент інерції зовнішнього шару обшивки шириною 1 см:

$$J = \frac{b^3 h}{12} = \frac{0,35^3 \cdot 1}{12} = 3,573 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4$$

Визначаю фактичний момент опору шару зовнішньої обшивки шириною 1 см:

$$W_0 = \frac{b^2 h}{6} = \frac{0,35^2 \cdot 1}{6} = 0,02 \text{ м}^3$$

Визначаю фактичний момент опору шару внутрішньої обшивки шириною 1 см:

$$W_i = \frac{b^2 h}{6} = \frac{0,35^2 \cdot 1}{6} = 0,02 \text{ м}^3$$

Оскільки момент опору внутрішнього шару недостатній приймаю рішення потовщити цей шар підкріплюючим шаром склотканини у місцях найбільших навантажень.

					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.10	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Формування корпусних елементів

При товщинах зовнішньої обшивки до 6 мм стики склоармуючого матеріалу паралельної структури повинні мати перекрої на 40 мм. Пази укладаються без перекроювання. Кількість шарів армуючого матеріалу має бути в цьому випадку не менш 8. У кожному сусідньому шарі пази і стики армуючого матеріалу повинні бути рознесені не менше ніж на 100 мм.

Суміщення пазів і стиків в одному перерізі допускається не менше ніж через 6 шарів. У шарах діагонального напрямки пази укладаються без перекроювання, а стики з перекриєм на 40 мм для всіх товщин (рис9.6). Джгутова склотканина в шарах діагонального армування не повинна мати стиків. Товщина горизонтального кіля і ширстрека приймається рівний полуторний товщині обшивки днища.

Горизонтальний кіль і ширстрек повинні виконуватися заформовкой додаткових шарів армуючого матеріалу упереміж з основними шарами зовнішньої обшивки рівномірно по товщині останньої. Ширина горизонтального кіля, приймається рівною 40 товщинам його, вважаючи на обидва борти.

Ширина ширстрека приймається рівною ширині горизонтального кіля. При додаткових жорстких зв'язках в районі сполучення палубного стрингера і ширстрека допускається не потовщувати обшивку борту в районі області повної збільшеної товщини обшивки. Збіг товщин виробляється на ширині 50 мм на кожні 5 мм різниці в товщинах. ширстрека в районі закінчення надбудови повинен мати товщину, збільшену в півтора рази в порівнянні з товщиною поза надбудови, і матиме протяжність не менше ніж 2,5 висоти надбудови. Перехід товщин повинен бути плавним. Гострі заломы обшивки, які є її твердостями або злами обшивки, яким загрожують механічні пошкодження, повинні мати армування потовщенням на 50% на ширині мінімум $0,025B$, як показано на рис.

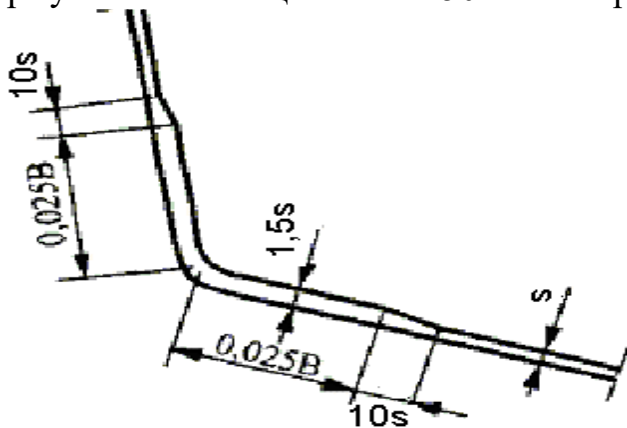


Рис.10.6

Мінімальні розміри посиленою обшивки для моторно-парусного судна в районі щогли показані на малюнках(рис 10.7).

					24.MP.135.6112м.08.ПЗ.10	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

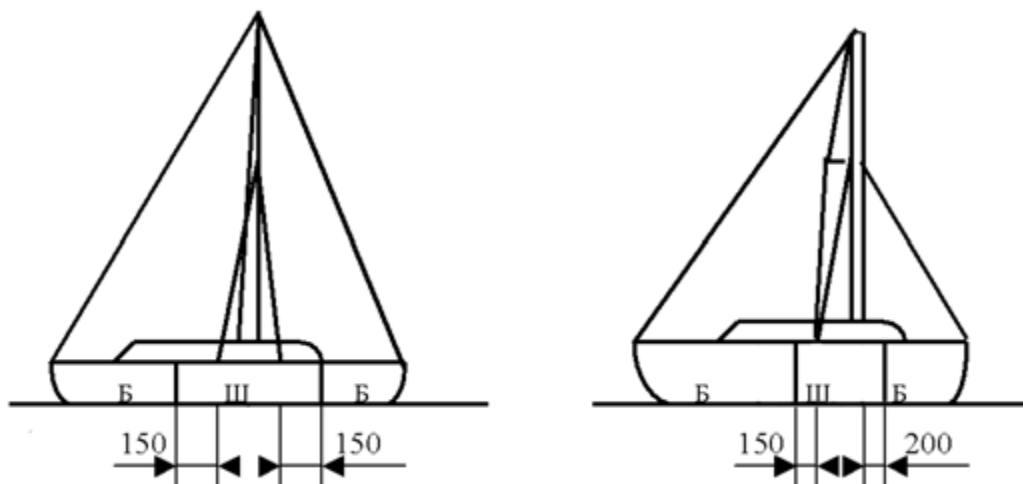


Рис.10.7

Мінімальні розміри посиленої обшивки елементи головної палуби і надбудови, за якими безпосередньо ходять люди, мали базову масу арматури, як мінімум на 5% більшу, ніж це визначено вимогою для моторно-парусного судна в районі щогли показані на малюнках.

Всі отвори в палубі і надбудові повинні мати округлені кути і краю підкріплені комінгсами. перекриття в районі великих отворів, особливо в кутах, повинні бути відповідно підкріплені.

Підкріплення перекриттів з отворами і закритих повинно мати міцність і жорсткість не меншу ніж перекриття без вирізу і підкріплення. Перетин стрингерів з посиленими флорами виконується в полуріз (рис 9.8) і при цьому балки набору встановлюються в першу чергу і на рамної зв'язки не ріжуться

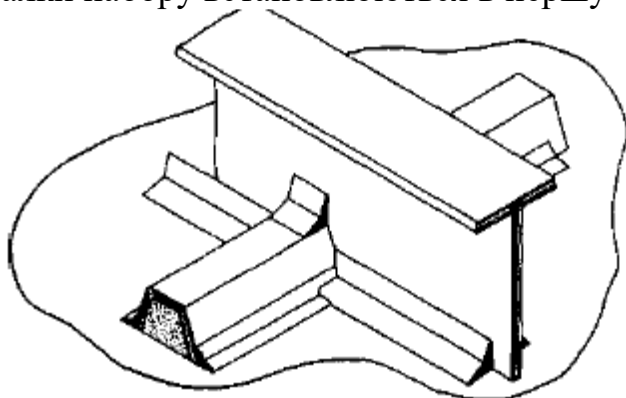
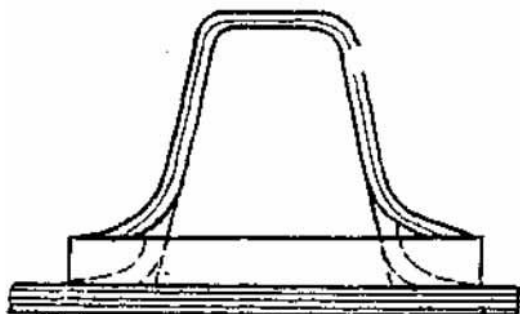


Рис.10.8

У флорах і дніщевих стрингерах повинні бути передбачені водопротокі. Рекомендована технологія виконання водопротоку показана на (рис 9.9).



					24.MP.135.6112м.08.ПЗ.10	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рис. 10.9

В продольному вигляді (рис 10.10).

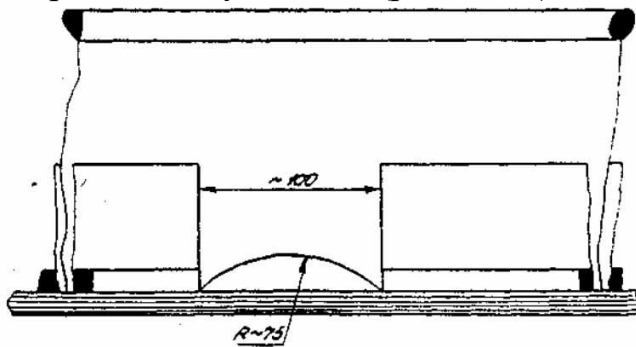


Рис. 10.10

З'єднання між собою двох половин обшивки уздовж може бути завершено так, як це показано на (рис 10.11) або іншим узгодженим способом

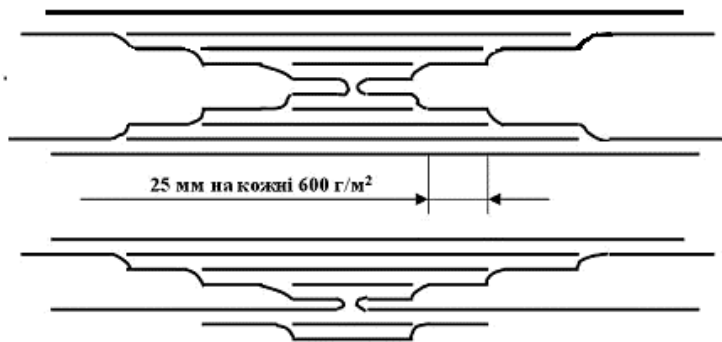


Рис. 10.11

З'єднання палуби з бортом слід виконувати зовнішніми і внутрішніми при формувальними косинцями (накладками) в відповідно до (рис 10.12). Косинці повинні формуватися на основі склотканини типів III і IV. Розгорнута ширина пріформовочних косинців $2b$ повинна бути не менше $200 \text{ мм} + 15S_{ш}$ (де $S_{ш}$ – товщина ширстрека). Товщину пріфррмовочного кутника слід приймати рівний $0,7 S_{ш}$.

					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.10	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

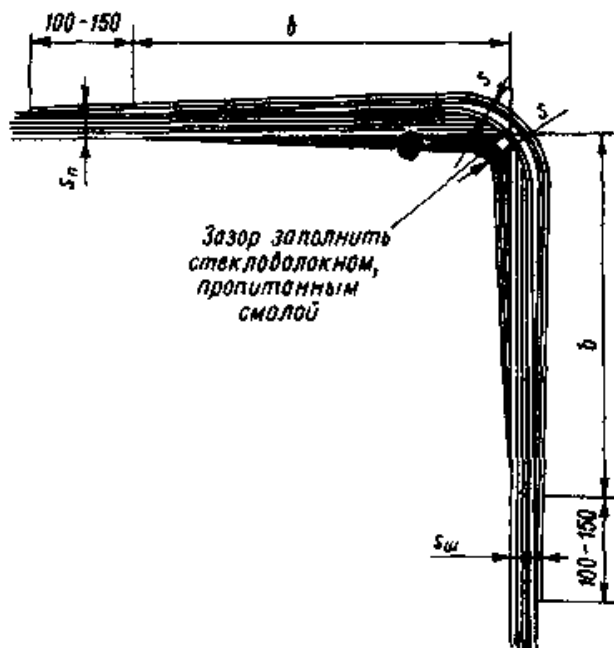


Рис. 10.12

З'єднання перебірок з зовнішньої обшивкою показані на (рис 10.13).

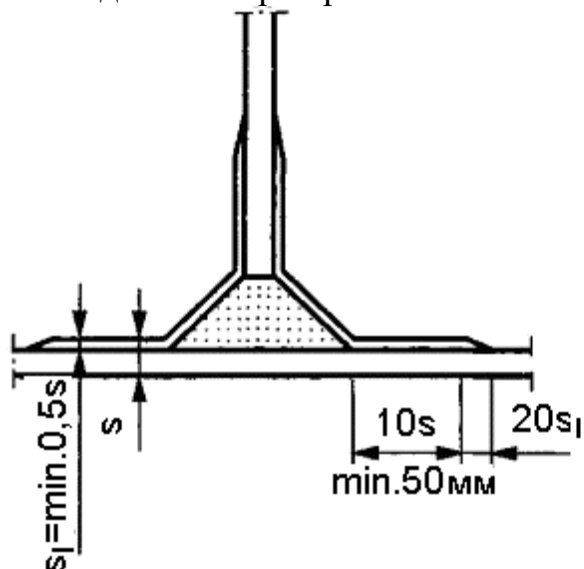


Рис. 10.13

З'єднання елементів набору повинно здійснюватися з допомогою двосторонніх симетричних сполучних накладок; стикові зазори не повинні перевищувати 2мм. Накладки повинні бути виконані зі склопластику тієї ж структури, що і сама стінка балки. Розміри накладок визначаються розмірами набору і повинні бути обґрунтовані. Довжина накладок повинна бути не менше полуторної висоти профілю, товщина - не менше половини товщини стінки балки (рис 10.14). Всі зазори повинні бути щільно заповнені скловолокном, просоченим смолою. Профільні жорсткості, виготовлені зі склопластику можна з'єднувати з обшивкою з допомогою методів, показаних на Мал.

					24.MP.135.6112м.08.ПЗ.10	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 10.14

Висновок

Завдяки виконаним розрахункам ми визначили товщини та конструкцію елементів корпусу проектованої яхти. Він повністю відповідає вимогам правил класифікаційного товариства. На основі цих даних було побудоване креслення 24.МР.135.6112м.08.05. Там наведені всі товщини та конструктивні елементи які використовуються для побудови яхти.

					24.МР.135.6112м.08.ПЗ.10	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Висновок

Результатом магістерської роботи є проект однощоглової крейсерсько - перегонової яхти, який відповідає вимогам поставленим в завданні, яке було видано кафедрою «Теорії та проектування суден».

Основні технічні характеристики яхти:

Довжина корпусу найбільша	6,50 м
Ширина найбільша	3,00 м
Осадка корпусом	0,20 м
Осадка з фальшкілем	1,60 м
Висота надводного борту на міделі	0,90 м
Водотоннажність порожньом	950 кг
Вітрильне озброєння	7/8 шлюп
Площа парусності	38,9 кв.м
Потужність двигуна	3,7 кВт
Кількість спальних місць	4

В межах дипломної роботи було побудовано 3D поверхню та теоретичне креслення крейсерсько-перегонової яхти. Розраховані плавучість, остійність вагове навантаження та посадку, розрахунок вітрильного центрування.

Для аналізу ходових якостей проведено порівняльний аналіз буксировального опору в САПР “MaxSurf” за існуючими різними методами та модельних випробувань в дослідному басейні НУК.

Конструктивний набір було виконано згідно вимогам Правил класифікації та побудови малих суден України.

Розрахована поляра яхти і порівняна з кращим прототипом.

За своїми характеристиками спроектоване судно повністю відповідає:

- вимогам Правил класифікації та побудови малих суден України;
 - Міжнародним правилам запобігання зіткнення суден в морі МППСС-72;
 - Міжнародної конвенції по охороні людського життя на морі СОЛАС-74;
 - Міжнародним правилам організації зв'язку і навігації;
 - Міжнародної конвенції по запобіганню забруднення із суден МАРПОЛ-73/78;
- = Стандарту ISO 12217-2.

					24.MP.135.6112м.08.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Графічна частина проекту:

1. Теоретичне креслення.
2. 3-D поверхня суднової поверхні.
3. Діаграма остійності проектованої яхти.
4. Конструктивні перерізи корпусу яхти.
5. Креслення загального розташування.
6. Креслення вітрильного центрування.

В цілому розроблений проект задовольняє вимогам завдання.

					24.МР.135.6112м.08.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Література

1. <https://sailboatdata.com/association/class-mini-650/>
2. J. Geritsma, R. Onnink and A. Versluis GEOMETRY, RESISTANCE AND STABILITY OF THE DELFT SYSTEMATIC YACHT HULL SERIES. INTERNATIONAL SHIPBUILDING PROGRESS, Vol. 28. December 1981, № 328
3. Пащенко Ю. М., Рябов Д.В. ПРО РОЗРОБКУ ПРОЕКТУ ЯХТИ КЛАСУ «МІНІ». Всеукраїнська науково-технічна конференція з міжнародною участю «Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд», 15-16 травня 2024 року
4. Казарезов А. Я., Пащенко М. Ю., Пащенко Ю. М. АНАЛІЗ ХОДОВОСТІ ЯХТ НАПІВТОННОГО КЛАСУ. ЗНП НУК №3, 2024.

					24.МР.135.6112м.08.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		