

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ПРОЕКТІВ ГЛІСУЮЧИХ МАЛИХ РЯТІВНИХ СУДЕН НА ПОЧАТКОВІЙ СТАДІЇ

¹Кротов О. І., к.т.н., доцент,

²Астахова А. О., асистент

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, Україна

¹ krotoff2015@gmail.com

² alina.astakhova@nuos.edu.ua

Анотація. Проведено аналіз особливостей використання малих глісуючих суден, а також стану і особливостей робіт з проектування малих суден на початковій стадії. На прикладі малого глісуючого рятувального катера для внутрішніх вод наведено послідовність розробки початкової стадії його проекту з використанням сучасних програмних комплексів.

Ключові слова: малі судна; глісуюче судно, початкова стадія розробки проекту, рятувальний катер, головні розміри; навантаження мас, характеристики остійності, автоматизоване проектування суден, програмні комплекси.

Abstract. An analysis of the features of the use of small floating vessels, as well as the state and features of works on the design of small vessels at the initial stage, was carried out. The sequence of development of the initial stage of its project using modern software complexes is given on the example of a small gliding rescue boat for inland waters.

Keywords: small vessels; floating vessel, initial stage of project development, rescue boat, main dimensions; mass loading, stability characteristics, automated ship design, software complexes.

Мета дослідження. Провести аналіз сучасного стану робіт в області проектування малих суден на початковій стадії і запропонувати підхід до розробки початкової стадії проекту (концептуального проекту) малого глісуючого рятувального катера з використанням сучасних програмних комплексів.

Основний текст. Разом з початком широкого розповсюдження у другій половині минулого століття суден на підводних крилах (СПК) і на повітряній подушці (СВП) глісуючі судна (ГС) були єдиним типом швидкохідних суден різних призначень. Ці судна будуються і в наш час, але їх недостатня морехідність на відкритих акваторіях, які підпадають дії хвилювання і вітру, суттєво обмежує їх розміри і область використання. Тому в умовах внутрішнього плавання, а також на мілководних річках ГС з гребним гвинтом, водометним рушієм по прохідності переважають СПК, а іноді можуть і конкурувати з СВП.

Традиційно процес проектування будь-якого судна повинен проходити при дотриманні основних вимог, які встановлюються в технічному завданні на проектування, яке обумовлює призначення і район плавання судна, умови плавання, швидкість або потужність, або тип двигуна, число екіпажу і пасажирів, маса вантажу, дальність плавання або запас пального, матеріал корпусу, серійність побудови, а також спеціальні вимоги.

Спосіб і послідовність визначення головних розмірів і характеристик проектного судна, тобто методика проектування, залежить від наявності офіційної інформації з особливостей розробки проекту даного типу судна, наявності прототипів, можливостей проектувальника в організації і проведенні експериментів.

Основою проектування ГС можуть бути також результати узагальнення світової практики побудови і експлуатації цих суден і результати теоретичних і експериментальних досліджень у вигляді окремих положень, аналітичних залежностей і графіків, які є основою сучасних

практичних методів проектування. По суті ці методи можуть базуватися на традиційних послідовних наближеннях [1,2].

Найбільш важливим моментом проектування майбутнього ГС є попередня або початкова стадія розробки проекту, на якій вирішуються принципіальні питання вирішення основних елементів. Необхідно на даному етапі прийняти таку послідовність вибору головних параметрів, щоб при найменшому числі наближень можна було отримати найбільш вдале рішення, яке найкращим чином задовольняє вимоги замовника.

Як зазначає автор роботи [3], характерною рисою нашого часу є те, що загальної надійної методики проектування малих суден не існує, оскільки вона не здатна враховувати усі особливості флоту малих суден, які мають виключно велику різноманітність архітектурних і конструктивних типів, призначень, умов експлуатації, технології побудови, обмежень і вимог міжнародних і національних правил. Крім того, зазначається, що зараз здійснюється проектування одиничних або малосерійних суден в основному малими проектними групами, для більшості яких в недостатній мірі доступні використовувані у наш час системи автоматизованого проектування.

Нижче наводиться послідовність розробки початкової стадії проекту малого глісуючого рятівного катера з використанням програмних комплексів автоматизованого проектування.

Призначення катера: несення патрульно-рятівної служби на внутрішніх водоймах, виконання операцій з рятування людей і надання їх першої медичної допомоги.

Основні вимоги, що повинні бути виконані при розробці концептуального проекту малого рятівного катера наступні:

- вимоги для суден внутрішнього плавання відповідно Правил Регістру України;
- район плавання – внутрішні водойми і їх прибережні води з віддаленням від берега до 2 км при висоті хвилі 1,2 м;
- максимальна швидкість при повній водотоннажності повинна бути не менше 25 вуз;
- дальність плавання повним ходом по запасам пального повинна складати 140 км;
- кількість членів екіпажу – 5 осіб;
- силовою установкою повинен бути дизельний двигун з гвинто-рульовою колонкою;
- остійність і морехідність катера повинні забезпечувати безпечне плавання при висоті хвилі 1,2 м;
- непотоплюваність катера повинна бути забезпечена при затопленні кокпіту і МВ;
- обводи корпусу повинні забезпечувати глісування катера (найбільшу можливу швидкість ходу), по можливості безударний рух на хвилюванні і не допускати заливаності катера з носа і корми;
- матеріал корпусу – алюмінієво-магнієвий сплав;
- у корпусі катера необхідно передбачити кокпіт, зручний для виконання рятівних робіт;
- катер повинен мати необхідне медичне і водолазне обладнання.

При виборі головних розмірів та коефіцієнтів повноти рятівного катера, які наводяться в табл.1, були використані залежності і рекомендації роботи [2].

Таблиця 1. Головні розміри, коефіцієнти повноти і водотоннажність катера.

1	Довжина найбільша $L_{нб}$, м	5,9
2	Довжина по КВЛ $L_{квл}$, м	5,14
3	Ширина найбільша $B_{нб}$, м	2,1
4	Ширина по днищу B , м	1,9
5	Висота борту D , м	1,0
6	Осадка по КВЛ $d_{квл}$, м	0,30
7	Коефіцієнт загальної повноти C_b	0,72
8	Коефіцієнт повноти ватерлінії C_w	0,94
9	Коефіцієнт повноти мідель-шпангоута C_m	0,815
10	Водотоннажність, D , т	2,25

Прийняті обводи корпусу катера типу трикільових («Сани Фокса», тунельно – лижний варіант днища корпусу), гостроскулі з нахиленим форштевнем, які забезпечують кращий рух на хвилі, а також належну експлуатаційну остійність. Зазначена форма корпусу, отримана з доступних літературних джерел, послужила основою для розробки поверхні корпусу катера, яка потім була приведена до отриманих в табл.1 коефіцієнтів повноти і головних розмірів (рис.1.) По поверхні корпусу отримано теоретичне креслення і розроблено креслення загального розташування.

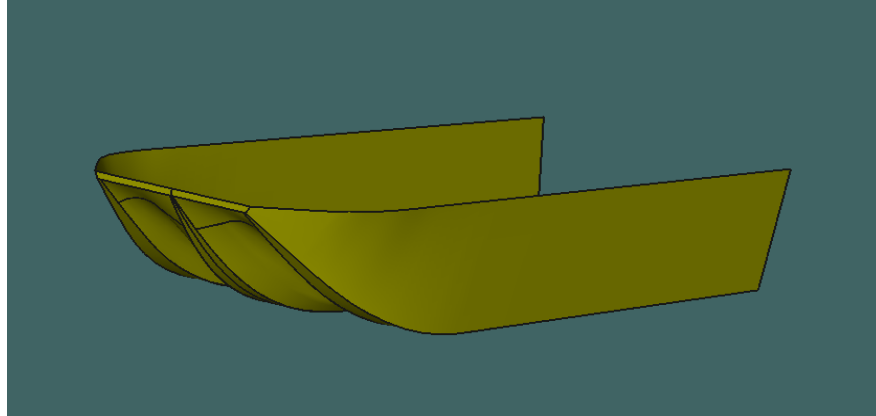


Рис. 1

Нижче наводяться основні результати, отримані при розробці всіх етапів проекту катера. На рис.2 представлені отримані в середовищі Maxsurf характеристики початкової остійності для головних розмірів і водотоннажності в табл.1.

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	2.236	t
2	Volume (displaced)	2.182	m ³
3	Draft Amidships	0.301	m
4	Immersed depth	0.300	m
5	WL Length	5.140	m
6	Beam max extents on WL	1.960	m
7	Wetted Area	13.309	m ²
8	Max sect. area	0.479	m ²
9	Waterpl. Area	9.447	m ²
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.886	
11	Block coeff. (Cb)	0.721	
12	Max Sect. area coeff. (Cm)	0.814	
13	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.938	
14	LCB length	-0.283	from zero pt. (+ve fwd) m
15	LCF length	-0.154	from zero pt. (+ve fwd) m
16	LCB %	-5.503	from zero pt. (+ve fwd) % Lw
17	LCF %	-2.995	from zero pt. (+ve fwd) % Lw
18	KB	0.173	m
19	KG fluid	0.001	m
20	BMT	1.365	m
21	BML	8.509	m
22	GMt corrected	1.537	m
23	GML	8.681	m
24	KMt	1.538	m
25	KML	8.682	m
26	Immersion (TPc)	0.097	tonne/cm
27	MTc	0.038	tonne.m
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	0.060	tonne.m
29	Length:Beam ratio	2.622	

Рис.2

В середовищі Maxsurf методами Savitsky і Blount and Fox проведені розрахунки опору води рухові катера в режимі глісування і необхідної потужності його головного двигуна для заданої швидкості, результати яких наведені в табл.2.

Таблиця 2.

Швидкість, вуз	Число Fr _L	Число Fr _V	Savitsky Planing		Blount and Fox Planing	
			Resist. (kN)	Power (kW)	Resist. (kN)	Power (kW)
25	1,811	3,606	3,7	78,51	3,6	77,66

Результати розрахунків обома методами показали практично однакові результати, що дозволило вибрати двигун потужністю 110 кВт (з 30% запасом).

На наступному етапі проводилися розрахунки складових навантаження мас як сума водотоннажності порожнем, отриманої з використанням статистичних залежностей по масі обладнаного корпусу з роботи [2], масі прийнятого двигуна і гвинто-рульової колонки, а також дедвейту, який визначається характеристиками технічного завдання.

Результати розрахунку координат центра тяжіння при повному навантаженні катера наведені в таблиці рис.3.

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
1	Displacement	1	2,250	2,250			-0,500	0,000	0,700
2	Total Loadcase			2,250	0,000	0,000	-0,500	0,000	0,700

Рис.3

На рис.4 наведена таблиця результатів удиферентування катера зі значеннями осадки носом і кормою, диференту та інших характеристик.

1	Draft Amidships m	0,297
2	Displacement t	2,250
3	Heel deg	0,0
4	Draft at FP m	0,223
5	Draft at AP m	0,371
6	Draft at LCF m	0,303
7	Trim (+ve by stern) m	0,147
8	WL Length m	5,009
9	Beam max extents on WL m	1,974
10	Wetted Area m^2	13,564
11	Waterpl. Area m^2	9,213
12	Prismatic coeff. (Cp)	0,712
13	Block coeff. (Cb)	0,601
14	Max Sect. area coeff. (Cm)	0,844
15	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,932
16	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-0,515
17	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-0,221
18	KB m	0,177
19	KG fluid m	0,700
20	BMt m	1,330
21	BML m	7,831
22	GMt corrected m	0,807
23	GML m	7,308
24	KMt m	1,506
25	KML m	8,005
26	Immersion (TPc) tonne/cm	0,094
27	MTc tonne m	0,032
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) to	0,032
29	Max deck inclination deg	1,6431
30	Trim angle (+ve by stern) deg	1,6431

Рис.4

В результаті розрахунків остійності на великих кутах крену отримана діаграма статичної остійності, а також таблиця розрахованих критеріїв остійності (рис.5).

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	0,0550	m.rad	0,0987	Pass	+79,45
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	0,0900	m.rad	0,1481	Pass	+64,56
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	0,0300	m.rad	0,0494	Pass	+64,68
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0,287	Pass	+43,50
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	27,3	Pass	+9,09
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0,150	m	0,807	Pass	+438,00
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling				Pass	
	Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	16,0	deg	3,4	Pass	+78,48
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=)	80,00	%	10,43	Pass	+86,96
	Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	100,00	%	153,85	Pass	+53,85

Рис.5

Висновки. В доповіді розглянуто сучасний стан початкового проектування малих суден і наведено результати основних розрахунків, які були проведені на етапах розробки концептуального проекту малого рятівного глісуючого судна.

ЛІТЕРАТУРА

- [1]. Кротов, О. І., Голіков, В. І., Єганов, О. Ю., & Бондаренко, О. В. (2003). *Проектування малотоннажних суден*: Навчальний посібник. УДМТУ.
- [2]. Бондаренко О. В., Кротов О. І., Кротов А. О. *Аналіз особливостей малих суден і розробка методу їх початкового проектування*. Збірник наукових праць НУК, № 1 (494) 2024, с. 4-12.
- [3]. Кузнецов А.И. (2021). *Особенности проектирования малых судов*. Матеріали XII Міжнародної науково-технічної конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці», р.73–75.