

УДК 629.5.012

В.В. Жибоедов, старший преподаватель,**А.В. Кузьмина, старший преподаватель,****А.И. Раков, д-р. техн. наук, профессор***Севастопольский национальный технический университет**ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Украина, 99053**E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua***СТАТИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ВЫБОРА ГЛАВНЫХ РАЗМЕРЕНИЙ МАЛЫХ МОРСКИХ СУДОВ**

Изложен статистический метод анализа зависимостей главных размерений малых морских судов прибрежного плавания от водоизмещения, что позволяет определять главные размеры проектируемых малых судов в первом приближении.

Постановка проблемы. Правила классификации и постройки малых морских судов (ММС) Украины распространяются на суда и другие плавучие сооружения и средства, наибольшая длина корпуса которых составляет до 24 м включительно [1].

Малые морские суда характеризуются большим разнообразием проектно-конструкторских решений, которые принимаются при создании проектов. Это обусловлено широким спектром выполняемых ими функций. Определение оптимальных значений основных характеристик и элементов судов обычно производится методом вариаций. Этот метод получил наиболее широкое распространение при экономическом обосновании скорости и грузоподъемности судна в зависимости от изменения отдельных элементов и характеристик корпуса [2].

Регрессионные формулы для определения главных размерений малых судов могут быть использованы на начальных стадиях проектирования с дальнейшей их оптимизацией в зависимости от назначения судна.

Целью настоящей статьи является получение достаточно устойчивых зависимостей главных размерений малых морских судов от их водоизмещения на основе статистических данных по различным типам судов.

Основное содержание. Для решения задачи определения главных размерений были приняты следующие ограничения. Рассматривались малые моторные палубные морские суда прибрежного и портового плавания с наибольшей длиной корпуса до 24 м включительно. К этой группе будем относить наиболее распространённые типы судов: портовые и рейдовые буксиры, рабочие катера – группа "ПРБ" [3 – 5]; малые пассажирские суда, лоцманские катера – группа "МПС" [3, 6]; средние и малые сейнеры, малые рыболовные траулеры и траловые боты и другие малые рыболовные суда – группа "МРС" [7].

Статистический массив судов и диапазон изменения водоизмещения, из которого выполнены выборки, приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Генеральная выборка по малым морским судам различных типов

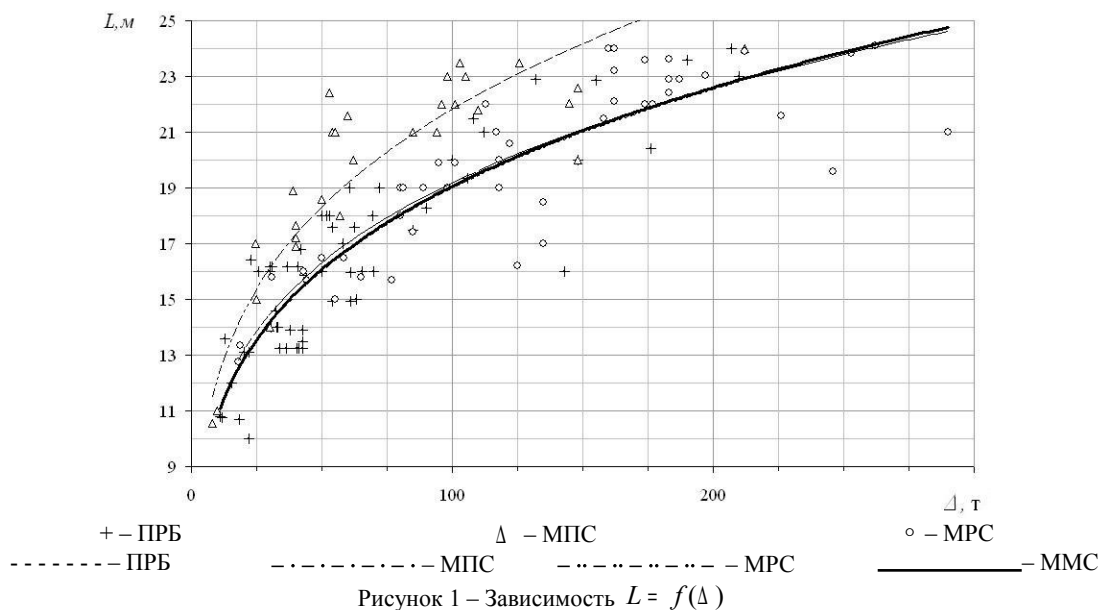
Наименование группы	Количество судов	Водоизмещение
Группа "ПРБ"	55	от 11 до 210 т
Группа "МПС"	30	от 8 до 212 т
Группа "МРС"	50	от 18 до 290 т
Итого:	135	

На рисунке 1 изображены статистические данные зависимости длины между перпендикулярами L_{nn} от их водоизмещения Δ . Представленное статистическое поле имеет большой разброс, но, тем не менее, линии регрессии для группы МРС имеют достаточно близкие значения. В то же время линия регрессии для МПС весьма существенно отличается, как от каждой из указанных групп, а также от линии тренда по всей совокупности выборки ММС.

Статистическая выборка по первым двум группам, то есть по ПРБ и МРС, но без пассажирских судов, линии регрессии которых по совокупности ММС имеют достаточно близкие значения и могут быть выражены уравнением

$$L = 6,28 \Delta^{0,24}, \quad (1)$$

при высоком значении коэффициента корреляции $r=0,86$.



На приведенных графиках зависимости $L = f(\Delta)$ видно, что пассажирские и лоцманские суда при одинаковом водоизмещении по сравнению с группами судов ПРБ и МПС, имеют уже при $\Delta \approx 30$ т существенно большую длину судна L_{nn} и соответственно линию регрессии, расположенную выше и эквидистантно средней линии для ПРБ и МПС. Функциональная зависимость длины от водоизмещения будет выражена уравнением

$$L = 6,82 \Delta^{0,24}, \quad (2)$$

значение коэффициента корреляции $r = 0,59$.

На рисунке 2 представлена статистическая выборка зависимостей $B = f(\Delta)$, т.е. ширина судна в функции водоизмещения. Линию регрессии по всей выборке ММС можно выразить следующим уравнением

$$B = 1,53 \Delta^{0,28}, \quad (3)$$

значение коэффициента корреляции $r = 0,89$.

Разброс данных по ширине малых судов при одинаковом водоизмещении можно объяснить различными путями обеспечения необходимой остойчивости при проектировании. Так, если остойчивость судна обеспечивается при укладке на судно твёрдого балласта, то в этом случае ширина судна может быть меньшей, чем в случае его отсутствия. Необходимо отметить, что на малых морских судах обеспечение остойчивости за счёт приёма твёрдого балласта явление довольно частое, особенно на буксирных судах.

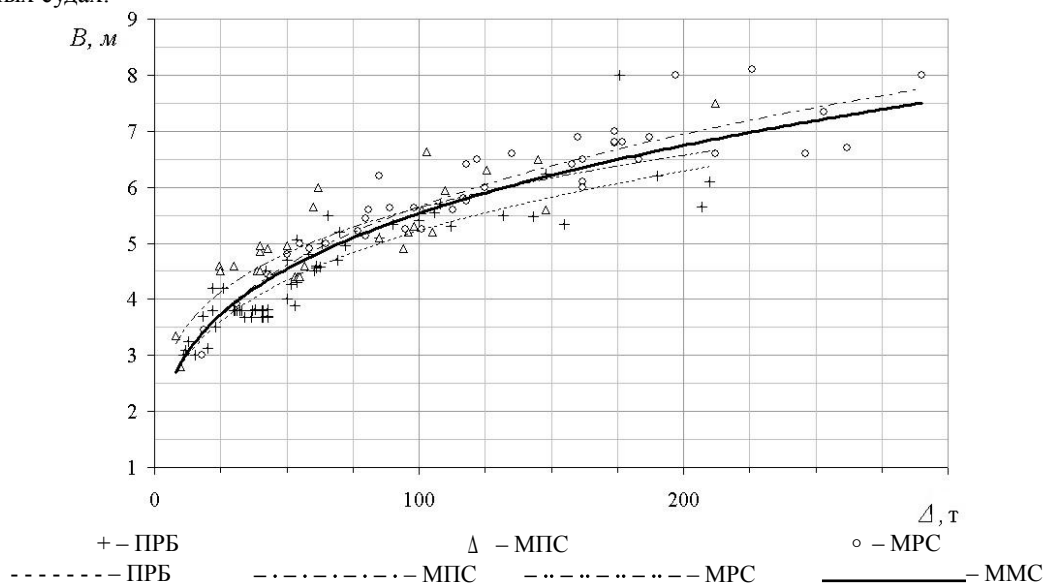
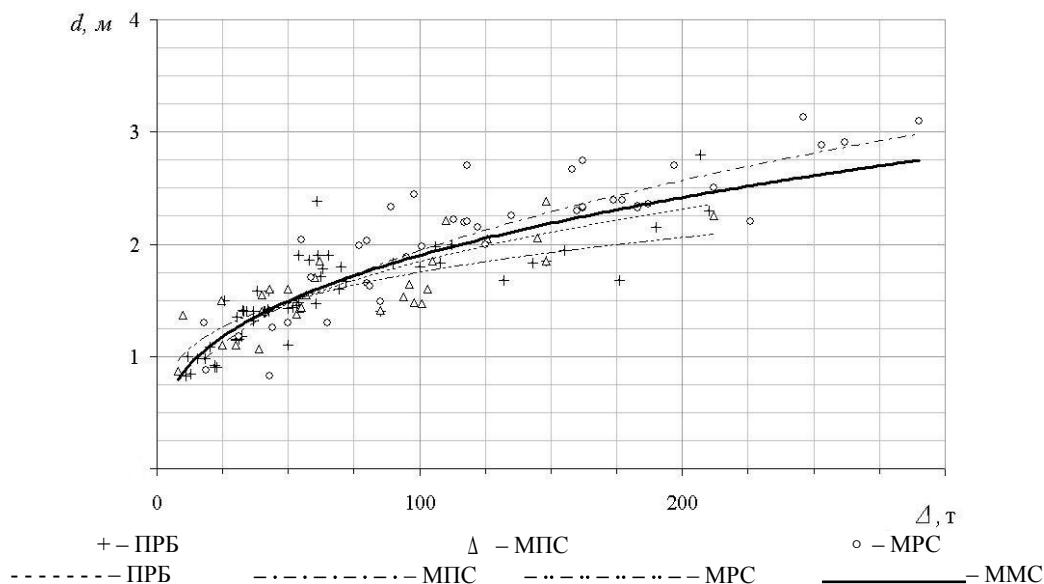


Рисунок 2 – Зависимость $B = f(\Delta)$

На рисунке 3 изображена статистическая выборка зависимости $d = f(\Delta)$, т.е. осадки судна в функции водоизмещения. Линия регрессии по всей выборке ММС выражается следующим уравнением

$$d = 0,38\Delta^{0,35}, \quad (4)$$

значение коэффициента корреляции $r = 0,87$.

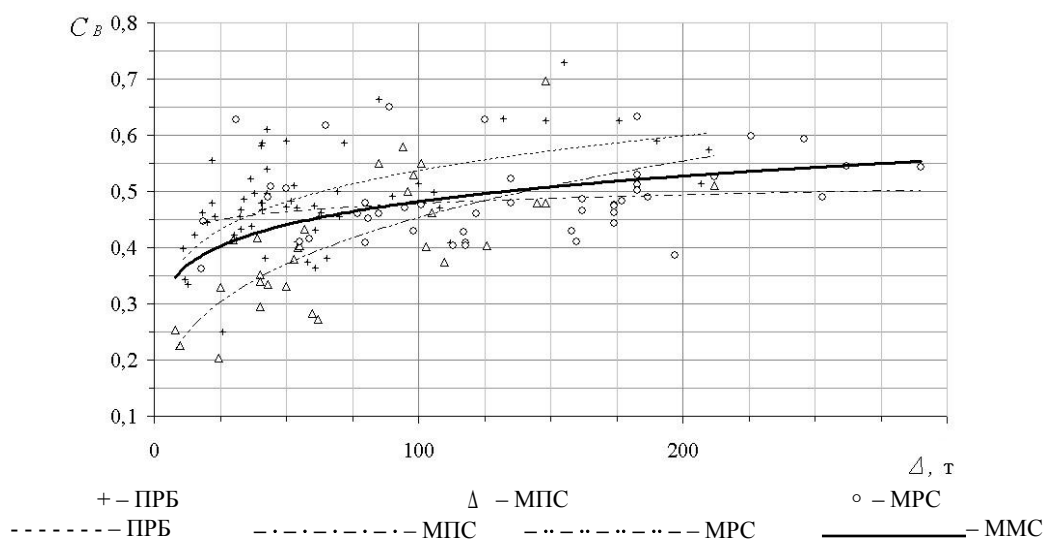
Рисунок 3 – Зависимость $d = f(\Delta)$

Из графиков рисунка 3 видно, что целый ряд буксирных и малых рыболовных судов имеют ограниченную осадку. Это связано с особенностями эксплуатации малых морских судов в прибрежной зоне, устьях рек и каналов, где наблюдается явление просадки судна, и, как следствие, принятие ограничения по осадке судна исходя из глубины акватории.

На следующем графике (рисунок 4) представлена статистическая выборка зависимости $C_B = f(\Delta)$, то есть общего коэффициента полноты в функции водоизмещения. Линия регрессии по всей совокупности выборки ММС выражается в виде следующего уравнения

$$C_B = 0,25\Delta^{0,14}, \quad (5)$$

значение коэффициента корреляции $r = 0,42$.

Рисунок 4 – Зависимость $C_B = f(\Delta)$

Полученные в результате анализа и расчёта степенные уравнения зависимости значений главных размерений от водоизмещения по каждому из предложенных типов судов были использованы для проверочного расчёта (таблица 2) фактического водоизмещения ММС. При этом значение отклонения составило не более 1 ... 3 % от исходного значения водоизмещения. Основные уравнения по каждому типу судов приведены ниже:

$$\begin{aligned}
 \text{ПРБ} - L &= 6,21\Delta^{0,24}, & B &= 1,56\Delta^{0,26}, & d &= 0,40\Delta^{0,33}, & C_b &= 0,25\Delta^{0,16}; \\
 \text{МПС} - L &= 6,82\Delta^{0,26}, & B &= 2,02\Delta^{0,22}, & d &= 0,59\Delta^{0,24}, & C_b &= 0,12\Delta^{0,29}; \\
 \text{МРС} - L &= 6,56\Delta^{0,23}, & B &= 1,44\Delta^{0,30}, & d &= 0,30\Delta^{0,41}, & C_b &= 0,39\Delta^{0,05}; \\
 \text{ММС} - L &= 6,63\Delta^{0,24}, & B &= 1,53\Delta^{0,28}, & d &= 0,38\Delta^{0,35}, & C_b &= 0,25\Delta^{0,14}.
 \end{aligned}$$

Таблица 2 – Данные проверочного расчёта фактического водоизмещения

$\Delta_{0, \Gamma}$	Тип судна	Функция $L = f(\Delta)$	Функция $B = f(\Delta)$	Функция $d = f(\Delta)$	Функция $C_b = f(\Delta)$	$\Delta_{\phi, \Gamma}$
50	ПРБ	16,12	4,37	1,46	0,48	49,2
	МПС	18,68	4,83	1,49	0,37	49,7
	МРС	16,31	4,60	1,47	0,46	51,2
	Ср. л.	16,66	4,57	1,49	0,44	49,5

Продолжение таблицы 2

$\Delta_{0, \Gamma}$	Тип судна	Функция $L = f(\Delta)$	Функция $B = f(\Delta)$	Функция $d = f(\Delta)$	Функция $C_b = f(\Delta)$	$\Delta_{\phi, \Gamma}$
100	ПРБ	19,08	5,25	1,84	0,53	98,3
	МПС	22,34	5,63	1,75	0,45	99,8
	МРС	19,17	5,65	1,95	0,48	101,0
	Ср. л.	19,61	5,55	1,90	0,48	99,2
150	ПРБ	21,06	5,85	2,10	0,57	147,4
	МПС	24,8	6,17	1,93	0,51	150,1
	МРС	21,07	6,38	2,30	0,49	150,3
	Ср. л.	21,58	6,21	2,19	0,51	148,9
200	ПРБ	22,59	6,31	2,31	0,60	196,5
	МПС	26,70	6,57	2,06	0,55	200,4
	МРС	22,53	6,94	2,58	0,49	199,3
	Ср. л.	23,09	6,73	2,42	0,53	198,7
250	ПРБ	23,85	6,69	2,49	0,62	245,5
	МПС	28,28	6,91	2,17	0,59	250,8
	МРС	23,73	7,42	2,83	0,50	148,1
	Ср. л.	24,34	7,17	2,61	0,55	248,5
300	ПРБ	24,93	7,02	2,64	0,64	294,5
	МПС	29,64	7,19	2,27	0,62	301,3
	МРС	24,76	7,83	3,04	0,50	296,6
	Ср. л.	25,40	7,54	2,78	0,56	298,3

Вывод. Анализ статистических данных по главным размерениям малых морских судов различного назначения позволяет рекомендовать для первого приближения определять характеристики корпуса по формулам (2) – (5), а для малых пассажирских судов по формуле (1).

Дальнейшее решение задачи по созданию методики проектирования модуль-корпуса малого морского судна необходимо вести в направлении уточнения мореходных качеств и получения возможности оценки остойчивости судна, а значит и безопасности мореплавания уже на ранних стадиях проектирования.

Библиографический список

1. Регистр судоходства Украины. Правила классификации и постройки малых судов. 1 т. — К.: Регістр судноплавства України, 2004. — 71 с.
2. Раков А.И. Оптимизация основных характеристик и элементов промысловых судов / А.И. Раков. — Л.: Судостроение, 1978. — 232 с.
3. Гурович А.Н. Суда прибрежного и портового плавания / А.Н. Гурович, В.И. Асиновский. — Л.: Судостроение, 1978. — 184 с.
4. Богданов Б.В. Буксирные суда (проектирование и конструкция) / Б.В. Богданов [и др.]. — Л.: Судостроение, 1974. — 280 с.
5. Гурович А.Н. Проектирование спасательных и пожарных судов / А.Н. Гурович, А.А. Родионов. — Л.: Судостроение, 1971. — 288 с.
6. Леви Б.З. Пассажирские суда прибрежного плавания / Б.З. Леви. — Л.: Судостроение, 1975. — 320 с.
7. Каменский Е.В. Траулеры и сейнеры / Е.В. Каменский, Г.Б. Тереньтьев. — Л.: Судостроение, 1978. — 215 с.

Поступила в редакцию 14.03.2007 г.