

УДК 629.12.001

А.В. Кузьмина*Севастопольский национальный технический университет**ул. Университетская 33, г. Севастополь, Украина, 99053**E-mail: mbal@sevinter.net***АНАЛИЗ ФОРМЫ ОБВОДОВ КОРПУСА МАЛЫХ МОРСКИХ СУДОВ**

Выполнен анализ формы обводов корпусов малых морских судов, предложены уравнения регрессий соотношений главных размерений и коэффициентов полноты корпуса судна в зависимости от водоизмещения для использования их на ранних стадиях проектирования.

Правилами классификации и постройки малых морских судов Украины [1] к малым морским судам (ММС) относятся те суда, наибольшая длина корпуса которых не превышает 24 м.

Для статистического анализа характеристик формы обводов корпуса ММС подобран массив малых судов, приведенный в таблице 1.

Таблица 1 – Статистический массив характеристик ММС

Наименование групп судов	Количество судов	Водоизмещение, т
Портовые рабочие буксиры	55	11 – 210
Малые рыболовные суда	50	18 – 290
Малые пассажирские суда	30	8 – 212

В группу портовых рабочих буксиров (ПРБ) вошли характеристики портовых и рейдовых буксиров, а также портовых рабочих катеров. В группу малых рыболовных судов (МРС) вошли характеристики средних и малых рыболовных сейнеров, а также малых траулеров и траловых ботов. В группу малых пассажирских судов (МПС) вошли характеристики малых рейсовых пассажирских судов и лоцманских катеров.

Имея в виду большое разнообразие ММС (самоходные, несамоходные, стоечные суда, суда различного технического назначения и др.), ограничим задачу исследования моторными стальными палубными морскими судами с наибольшей длиной корпуса $L \leq 24$ м.

Учитывая такое разнообразие ММС, целью исследований явилось определение основных характеристик формы обводов корпуса проектируемого судна в первом приближении.

Одной из наиболее сложных задач при проектировании ММС является создание судовой поверхности корпуса судна, обеспечивающей безопасность плавания при эксплуатации без существенных потерь ходовых качеств судна.

В таблице 2 приведены основные характеристики формы обводов ММС. Из этих данных следует, что соотношения главных размерений и коэффициенты полноты водоизмещения весьма различны не только по типам судов, но и внутри каждой из групп судов.

На рисунке 1 изображены статистические поля распределения основных характеристик формы обводов корпуса ММС в зависимости от водоизмещения рассматриваемых судов.

Из приведенных данных таблицы 2 и рисунка 1 следует, что ММС имеют весьма малую относительную длину корпуса в пределах $L/B = 2,3...4,7$ и лишь малые пассажирские суда имеют значение $L/B = 5,0...5,8$. Наибольшие расхождения относительной длины по типам судов лежат в пределах водоизмещения $\Delta = 30...60$ т.

Относительная ширина корпуса ММС колеблется в широких пределах $B/d = 2,1...4,1$, причем малые значения B/d обычно относятся к судам, принимающим твердый балласт для обеспечения остойчивости судна, а большие значения B/d присущи для судов, остойчивость которых обеспечивается через плечо остойчивости формы. Наименьшие расхождения относительной ширины по типам судов лежат в пределах значений водоизмещения $\Delta = 100...170$ т, за исключением МПС.

Относительная высота борта ММС колеблется в пределах $D/d = 1,2...1,8$, причем малые значения надводного борта также относятся к судам, принимающим твердый балласт для обеспечения остойчивости судна. Наименьший разброс значений по типам судов относительной высоты борта ММС лежит в пределах $\Delta = 20...60$ т, за исключением МРС, для которых наименьшее расхождение от среднего наступает при $\Delta = 120$ т.

Статистическое поле распределения отношения длины корпуса к осадке лежит в пределах $L/d = 4,7...10,0$, за исключением судов с ограниченной осадкой, так для пассажирских малых судов отношение L/d достигает величины 17,0.

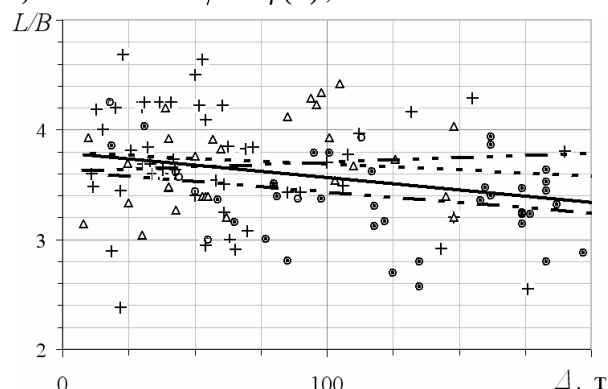
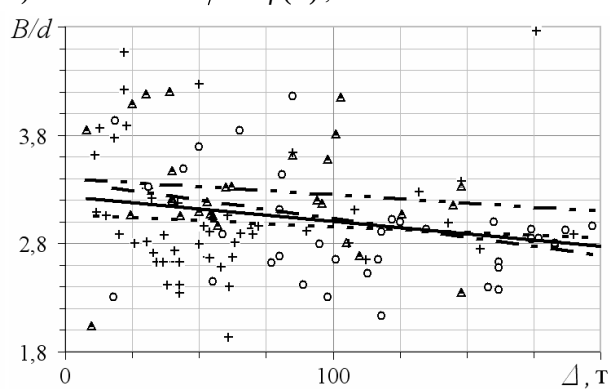
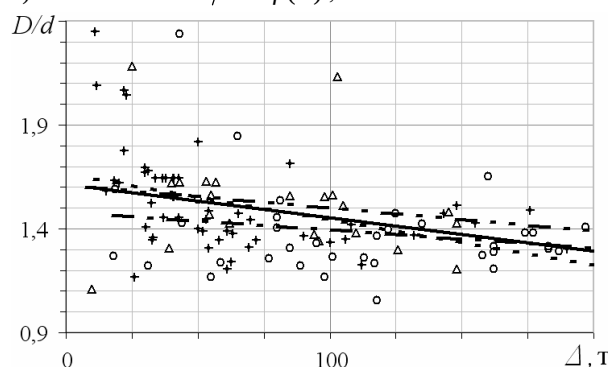
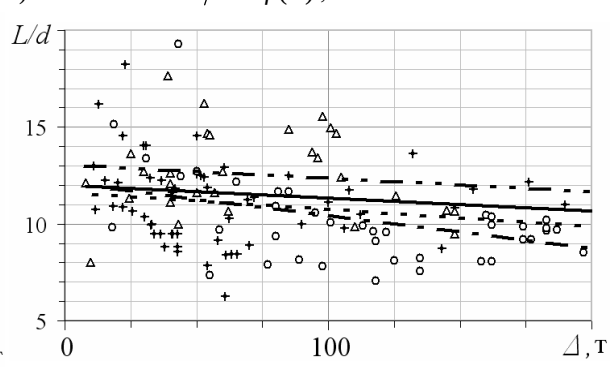
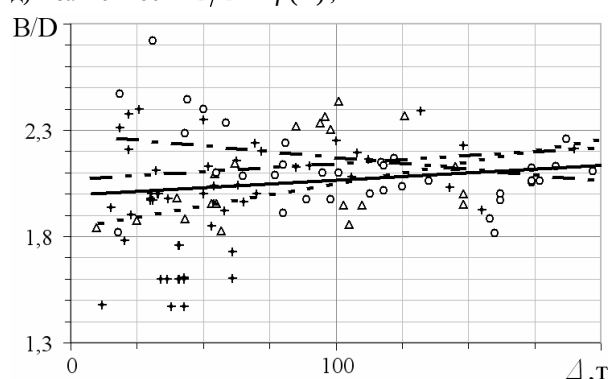
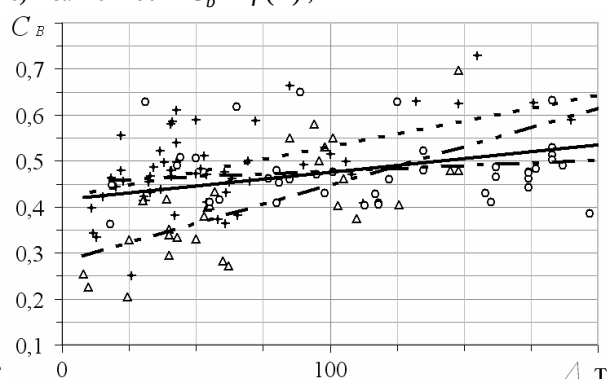
а) – зависимость $L/B = f(\Delta)$;б) – зависимость $B/d = f(\Delta)$;в) – зависимость $D/d = f(\Delta)$;г) – зависимость $L/d = f(\Delta)$;д) – зависимость $B/D = f(\Delta)$;е) – зависимость $C_b = f(\Delta)$;

Рисунок 1 – Статистические поля распределения основных характеристик формы обводов корпуса малых морских судов в зависимости от водоизмещения рассматриваемых судов:

+ – портовые и рейдовые буксиры; Δ – малые пассажирские суда; $\circ$ – малые рыболовные суда;
 - - - - - портовые и рейдовые буксиры; - . - . - малые пассажирские суда;
 - . . - малые рыболовные суда; ————— – средняя линия

Отношение ширины к высоте борта B/D характеризует миделевую шпангоутную раму корпуса и колеблется в малых пределах $B/D = 1,6...2,6$. Наименьшие расхождения B/D по типам судов лежат в пределах водоизмещения $\Delta = 130...160$ т.

Значения коэффициентов полноты корпусов ММС значительно меньше, чем у крупных морских судов. Поэтому ММС имеют сравнительно острые оконечности и значительную килеватость корпуса.

Необходимо отметить, что ММС при высоких относительных скоростях $Fr = 0,26...0,40$ имеют малую относительную длину L/B , что в свою очередь весьма неблагоприятно влияет на сопротивление формы корпуса судна. Малые коэффициенты полноты водоизмещения C_b для этих судов, лежащие в диапазоне $C_b = 0,37...0,65$, в известной мере компенсирует неблагоприятное влияние на сопротивление формы обводов корпуса и позволяет получать значения коэффициента продольной полноты C_p корпуса, близкое к оптимальному [2].

Таблица 2 – Основные формы обводов корпусов малых морских судов

Типы судов	$\frac{L}{B}$	$\frac{B}{d}$	$\frac{D}{d}$	$\frac{L}{d}$	C_B	C_{wp}	C_m	C_p
Малые пассажирские суда	5,00...5,80	2,60...3,20	1,32...1,63	12,0...17,0	0,37...0,58	0,70...0,78	0,60...0,80	0,56...0,60
Морские буксиры прибрежного плавания	2,40...3,70	2,50...2,75	1,35...1,65	7,00...8,20	0,50...0,60	0,70...0,80	0,84...0,90	0,55...0,70
Портовые буксиры	2,60...3,80	2,40...3,60	1,20...1,48	5,40...8,50	0,52...0,60	0,75...0,85	0,84...0,94	0,55...0,72
Портовые буксиры-кантовщики	2,30...3,80	2,50...3,50	1,25...1,55	5,70...7,40	0,50...0,60	0,76...0,90	0,85...0,94	0,53...0,70
Буксиры класса "М"	2,88...4,74	2,60...4,10	1,60...1,80	5,20...10,00	0,56...0,65	0,73...0,82	0,70...0,90	0,59...0,68
Буксиры класса "О"	3,35...4,32	2,90...3,60	1,30...1,70	7,40...10,00	0,45...0,55	0,76...0,82	0,75...0,85	0,58...0,60
Пожарные суда	3,35...4,32	2,90...3,60	1,30...1,70	7,40...10,00	0,45...0,55	0,76...0,82	0,75...0,85	0,58...0,60
Малые траулеры и траловые боты	3,00...3,40	2,10...3,20	1,20...1,50	6,00...7,20	0,38...0,47	0,71...0,80	0,60...0,75	0,55...0,63
Средние сейнеры	3,60...3,90	2,60...3,00	1,23...1,36	7,80...8,00	0,42...0,49	0,70...0,78	0,72...0,79	0,58...0,62
Малые сейнеры	3,50...4,10	2,80...3,70	1,26...1,38	7,00...8,90	0,48...0,52	0,76...0,82	0,74...0,90	0,57...0,65

В таблице 3 приведены линейные уравнения регрессии, полученные при обработке вышеуказанного статистического массива, а на рисунке 1 показаны статистические поля выборки и графики отношений главных размерений и коэффициентов полноты малых морских судов для каждого типа судов, а также средние значения для всего статистического массива.

Таблица 3 – Уравнения регрессии $F = f(\Delta)$ по типам малых морских судов

Зависимости	Уравнения регрессии по типам судов			
	ПРБ	МПС	МРС	Среднее
$\frac{L}{B} = f(\Delta)$	$\frac{L}{B} = 3,79 - 0,001\Delta$	$\frac{L}{B} = 3,62 + 0,001\Delta$	$\frac{L}{B} = 3,62 - 0,002\Delta$	$\frac{L}{B} = 3,79 - 0,002\Delta$
$\frac{B}{d} = f(\Delta)$	$\frac{B}{d} = 3,06 - 0,001\Delta$	$\frac{B}{d} = 3,41 - 0,002\Delta$	$\frac{B}{d} = 3,38 - 0,003\Delta$	$\frac{B}{d} = 3,24 - 0,002\Delta$
$\frac{D}{d} = f(\Delta)$	$\frac{D}{d} = 1,66 - 0,002\Delta$	$\frac{D}{d} = 1,61 - 0,001\Delta$	$\frac{D}{d} = 1,48 - 0,001\Delta$	$\frac{D}{d} = 1,61 - 0,002\Delta$
$\frac{L}{d} = f(\Delta)$	$\frac{L}{d} = 11,6 - 0,009\Delta$	$\frac{L}{d} = 13,1 - 0,007\Delta$	$\frac{L}{d} = 12,1 - 0,017\Delta$	$\frac{L}{d} = 12,0 - 0,007\Delta$
$\frac{B}{D} = f(\Delta)$	$\frac{B}{D} = 1,84 + 0,002\Delta$	$\frac{B}{D} = 2,07 + 0,001\Delta$	$\frac{B}{D} = 2,28 - 0,001\Delta$	$\frac{B}{D} = 2,00 + 0,001\Delta$
$C_B = f(\Delta)$	$C_B = 0,42 + 0,0011\Delta$	$C_B = 0,28 + 0,002\Delta$	$C_B = 0,45 + 0,0002\Delta$	$C_B = 0,42 + 0,001\Delta$

В заключение отметим, что полученные линейные уравнения регрессии при обработке достаточно большого массива статистических данных ММС могут быть использованы на ранних стадиях проектирования при выборе главных размерений проектируемого ММС.

В перспективе предполагается создание процедуры автоматизированного выбора главных размерений проектируемого ММС.

Библиографический список

1. Правила класифікації та побудови морських суден. Регістр судноплавства України у 4 т. — К.: Регістр судноплавства України, 2004. — Т. 1. — 69 с., Т. 2. — 318 с., Т. 3. — 204 с., Т. 4. — 261 с.
2. Раков А.И. Оптимизация основных характеристик и элементов промысловых судов / А.И. Раков. — Л.: Судостроение, 1978. — 231 с.

Поступила в редакцию 5.12.2008 г.