

## ПРИМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СУДОВ С МАЛОЙ ПЛОЩАДЬЮ ВАТЕРЛИНИИ

*Бондаренко А.В., Бойко А.П.,*

*Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова (г. Николаев)*

**Введение.** Разработка теоретических обводов корпуса судна с малой площадью ватерлинии возможна классическим способом, используемым в теории проектирования судов – например на основе строевой по шпангоутам и конструктивной ватерлинии [1]. В то же время в последние годы в судостроении стали применять трехмерные формообразующие поверхности корпуса [2, 3]. Трёхмерные поверхностные модели корпуса необходимы как для разработки конструкторской документации, так и для выполнения различных судостроительных расчетов: статики, прочности, ходкости. Построение такой модели представляет собой сложную задачу, требующую определенных навыков работы в CAD системе. Для облегчения получения поверхности в некоторых CAD системах применяются так называемые "мастера корпусов (Hull Wizards)" и используется параметрическое преобразования корпуса под требуемые характеристики (коэффициенты полноты, главные размерения). Например, в CAD системе FastShip есть мастер построения корпуса глиссирующего, круглоскулого катера и контейнеровоза. В приложении RhinoMarine к CAD программе Rhinoceros есть мастер создания корпуса глиссирующего и парусного судна. Аналогичные модели используются и в других CAD системах. Одновременно, в известных авторам судостроительных CAD программах практически отсутствуют параметрические модели судов с малой площадью ватерлинии (СМПВ). С учетом возрастающего интереса к постройке судов данного типа, разработка такой модели представляется весьма актуальной задачей.

Поэтому целью статьи является создание параметрической модели корпуса СМПВ и проведение сравнительных расчетов статики.

**Постановка задачи.** Для создания параметрической модели корпуса СМПВ предварительно был проведен анализ построенных судов, показавший, что конструктивно они состоят из следующих элементов: подводных корпусов, стоек, спонсонов, надводной платформы. Кроме того, было выявлено, что существует достаточно много разнообразных форм корпуса СМПВ. Например, в поперечном сечении форма подводного корпуса может быть круглой, эллиптической, скругленной, "клюшкообразной" и каплеобразной. Понятно, что учесть все многообразие форм СМПВ в одной параметрической модели – достаточно сложная задача. В тоже время, в подавляющем большинстве построенные СМПВ имеют два корпуса с одной, реже – двумя стойками. Поэтому, авторами рассматриваются только суда

катамаранного типу и предлагаются две параметрические модели – с одной и двумя стойками на каждом корпусе.

Для перехода от параметрической модели к реальным размерам корпуса СМПВ введены следующие геометрические параметры (рис. 1):

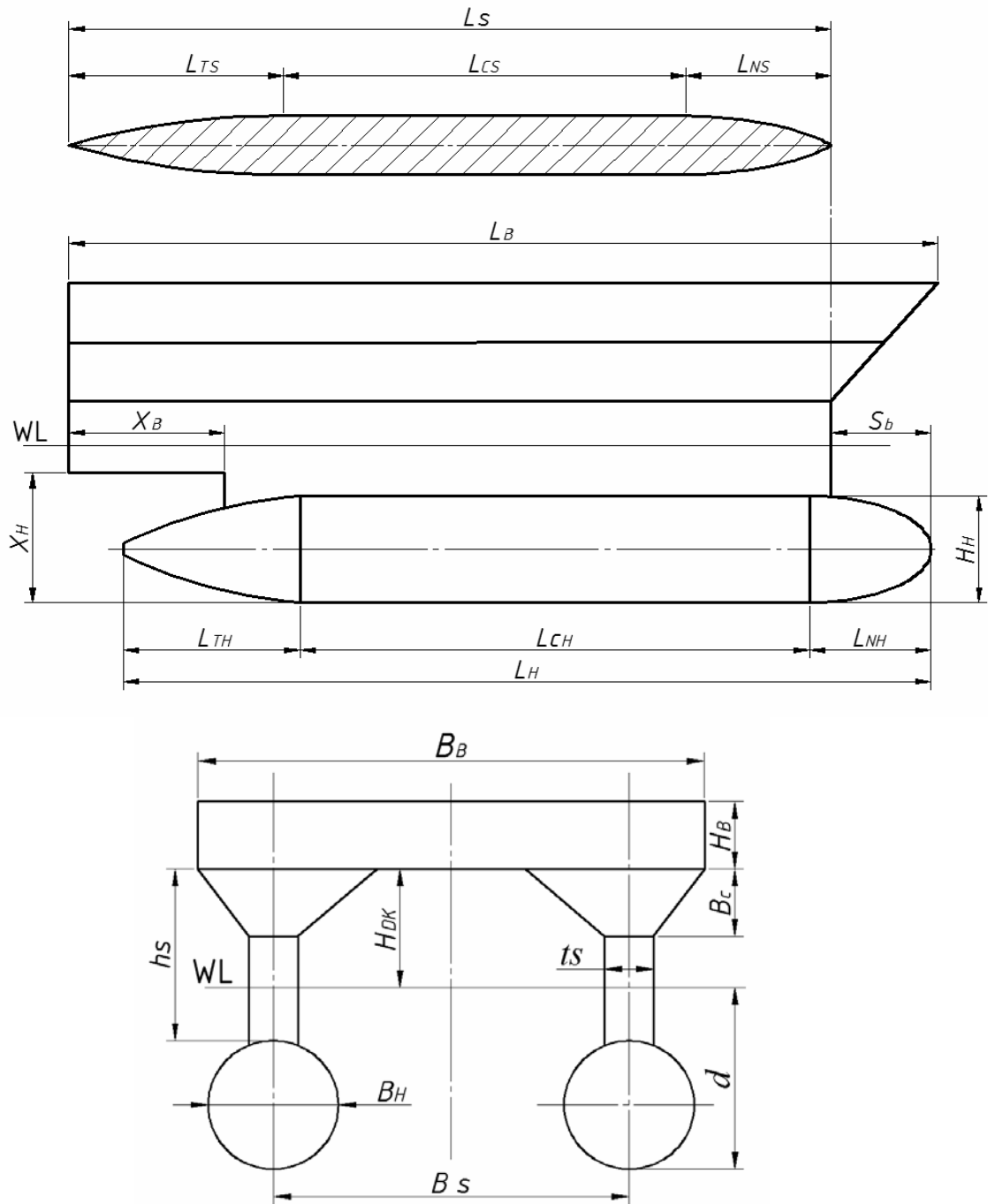


Рисунок 1. Основные геометрические параметры корпуса СМПВ

$B_H$  – максимальная ширина корпуса, м;  $H_H$  – максимальная высота корпуса, м;  $L_{NH}$  – длина носового заострения корпуса, м;  $L_{CH}$  – длина цилиндрической

вставки корпуса, м;  $L_{TH}$  – длина кормового заострения корпуса, м;  $n_a, n_f$  – параметры формы: большие значения этих параметров соответствуют более полным обводам кормового и носового заострений;  $B_S$  – горизонтальный клиренс, м;  $H_{DK}$  – вертикальный клиренс, м;  $B_C$  – высота спонсона, м;  $X_H$  – высота кормового подзора, м;  $X_B$  – ширина кормового подзора, м;  $L_B$  – длина надводной платформы, м;  $H_B$  – высота надводной платформы, м;  $B_B$  – ширина надводной платформы, м;  $S_b$  – выдвиг корпуса, м;  $d$  – осадка судна, м;  $h_s$  – высота стойки, м;  $L_H$  – длина подводного корпуса, м;  $t_s$  – максимальная ширина стойки, м;  $L_{NS}$  – длина носового заострения стойки, м;  $L_{CS}$  – длина цилиндрической вставки стойки, м;  $L_{TS}$  – длина кормового заострения стойки, м;  $n_{strut}$  – параметр формы носового и кормового заострений стойки, рекомендуемое значение 2,25;  $L_S$  – длина стойки (для двухстоечного варианта – длина носовой стойки), м. Для двухстоечных судов дополнительно задается длина ( $L_{SA}$ ), ширина ( $t_{SA}$ ) кормовой стойки, длина носового ( $L_{NSF}$ ) и кормового ( $L_{NSA}$ ) заострений стойки и расстояние между стойками ( $L_{KS}$ ).

Построение поверхности подводного корпуса производится на основе линий, описывающих поперечное сечение, диаметрально и ватерлинию. Поперечное сечение подводного корпуса, в соответствии с методикой [4], делится на четверти, каждая из которых описывается суперэллипсом вида

$$\left(\frac{z}{a}\right)^n + \left(\frac{y}{b}\right)^n = 1,$$

где  $b$  – полуширота подводного корпуса, м;  $a$  – полувысота подводного корпуса, м;  $n$  – степень, позволяющая получать различные виды форм поперечных сечений и значения коэффициента полноты площади мидель-шпангоута: круг ( $n = 2 \ a = b$ ), эллипс ( $n = 2 \ a \neq b$ ) и прямоугольник со скругленными углами ( $n \geq 4$ ). Данное уравнение используется для определения максимальной ширины корпуса  $Y_{\max}$  для расчетной ватерлинии.

Форму обводов ватерлиний подводного корпуса целесообразно разделить на три части:

носовая сужающаяся (эллиптическая):

$$y(x, z) = \frac{Y_{\max}(z)}{2} \left[ 1 - \left( \frac{x}{L_{NH}(z)} \right)^{n_f} \right]^{\frac{1}{n_f}}, \quad 0 \leq x \leq L_{NH};$$

цилиндрическая вставка:

$$y(x, z) = \frac{Y_{\max}(z)}{2}, \quad L_{NH} \leq x \leq L_{NH} + L_{CH};$$

кормовая сужающаяся часть (параболоид):

$$y(x, z) = \frac{Y_{\max}(z)}{2} \left[ 1 - \left( \frac{x - L_{NH} - L_{CH}}{L_{TH}(z)} \right)^{n_a} \right], \quad L_{NH} + L_{CH} \leq x \leq L_H,$$

где  $x$  – положение шпангоута по длине подводного корпуса.

По аналогичным зависимостям определяется форма диаметрали подводного корпуса.

Форма ватерлиний стойки может быть представлена следующими тремя элементами: носовой и кормовой сужающимися частями, и цилиндрической вставкой. При этом предполагается, что стойка имеет призматическую форму. Для двухстоечного варианта цилиндрическая часть отсутствует.

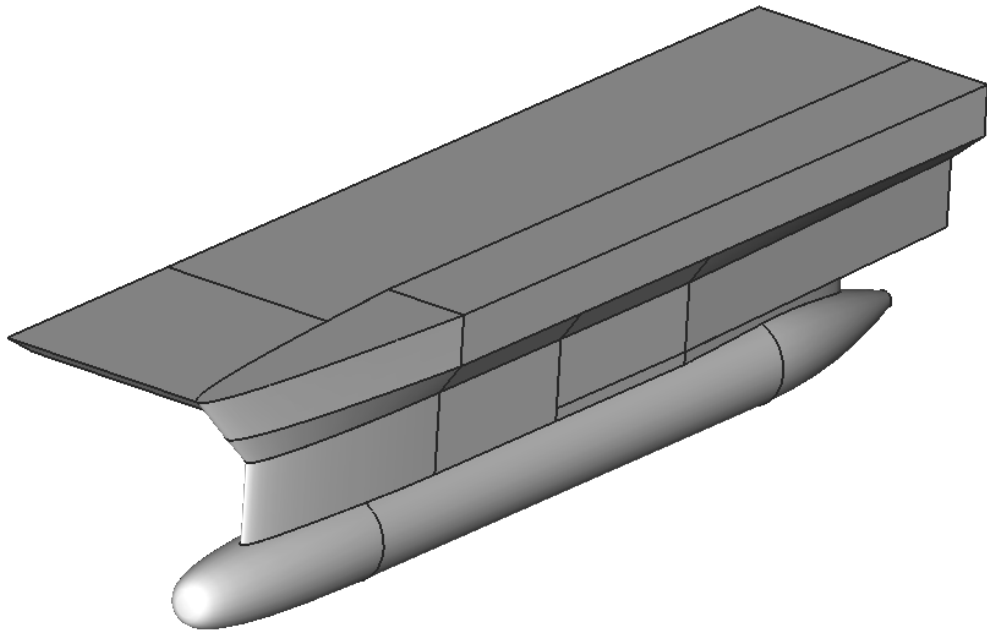


Рисунок 2. Параметрическая модель корпуса СМПВ

Носовая часть стойки описывается следующим уравнением параболы:

$$y(x) = \frac{t_S}{2} \left[ 1 - \left( \frac{L_{NS} - x}{L_{NS}} \right)^{n_{strut}} \right], \quad 0 \leq x \leq L_{NS};$$

цилиндрическая часть стойки:

$$y(x) = \frac{t_S}{2}, \quad L_{NS} \leq x \leq L_{NS} + L_{CS}$$

и кормовая часть описывается эллиптическим уравнением:

$$y(x) = \frac{t_S}{2} \left[ 1 - \left( \frac{x - L_{NS} - L_{CS}}{L_{TS}} \right)^{n_{strut}} \right]^{\frac{1}{n_{strut}}}, \quad L_{NS} + L_{CS} \leq x \leq L_S,$$

где  $x$  – положение шпангоута по длине стойки.

Указанный минимальный набор параметров позволяет получить всю необходимую информацию для построения параметрической модели корпуса СМПВ (рис. 2).

**Результаты исследований.** После получения параметрической модели авторами проведен ряд исследований, в частности выполнено сравнение результатов расчетов площади смоченной поверхности, начальной остойчивости по параметрической модели с данными работы [5]. Результаты расчетов показали, что погрешность не превышает 2 %.

**Выводы.** Разработанная параметрическая модель корпуса СМПВ позволяет быстро сгенерировать теоретический чертеж, а также может быть использована при расчете начальной остойчивости и остойчивости на больших углах крена, ходкости судна с применением CFD программ, прочности при анализе методом конечных элементов. Кроме того, применение параметрической модели позволяет изучать влияние различных параметров на сопротивление с целью проведения гидродинамической оптимизации.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ашик В.В., Богданов А.А., Мараева И.Б., Шебалов А.Н. Методы построения и согласования судовой поверхности с помощью ЭВМ. – Л. : Судостроение, 1978. – 90 с.
2. Harries S.; Abt C. Parametric Curve Design Applying Fairness Criteria // International Workshop on Creating Fair and Shape-Preserving Curves and Surface. Berlin/Potsdam, Teubner Verlag, 1998. – 12 p.
3. Harries, S.; Nowacki, H.: Form Parameter Approach to the Design of Fair Hull Shapes // 10-th International Conference on Computer Applications in Shipbuilding ICCAS'99. Cambridge, June 1999. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 1999. – 16 p.
3. Zhang P., Zhu D-x., Leng W-h. Parametric Approach to Design of Hull Forms // Journal of Hydrodynamics. – 2008. – № 20 (6). – P. 804–810.
4. Суслов А.Н., Игольников А.И. Алгоритм проектирования обводов судов с малой площадью ватерлинии // Оптимизация проектируемых судов : сб. науч. трудов. – Л. : Изд. ЛКИ, 1985. – С. 30–33.
5. MacGregor J.R., Simpson R.R., Norton P. "Parametric Studies in the Design of a Series of SWATH Ships", New York. – 1989. – 11 p.