



УДК 629.122

Е.В. Купальцева, аспирант ФГБОУ ВО "ВГУВТ"  
Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

## ОЦЕНКА СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ «МАЛОГО» ПАССАЖИРСКОГО СУДНА НА СТАДИИ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

*Ключевые слова: ходкость, сопротивление судна, форма корпуса, площадь смоченной поверхности.*

*Рассмотрены вопросы для определения составляющих буксировочного сопротивления судна на стадии концептуального проектирования. Для определения площади смоченной поверхности «малого» пассажирского судна предложена уточненная формула Зиньковского- Горбатенко, которая учитывает особенности формы судового корпуса. Для определения остаточного сопротивления судна предложена методика, основанная на формуле А.Б. Карпова. Рассматриваемая методика уточняется для судов с числом Фруда по длине более 0,28.*

При решении задачи определения сопротивления судна на начальной стадии проектирования перед проектировщиком ставятся вопросы, решение которых представляется в комплексной взаимосвязи оптимальной формы обводов судна, района эксплуатации и режима работы движителей, а также обоюдного влияния вышеперечисленных характеристик на эксплуатационно- экономические показатели судна.

Задача определения формы и характеристик судовых обводов сводится к нахождению таких их величин и характеристик, при которых полное сопротивление будет минимальным, но в тоже время они будут удовлетворять требованиям остойчивости, вместимости и др.

Характеристиками, оказывающими наиболее заметное влияние на сопротивление движению судна и подлежащие учету в расчетах ходкости уже на начальных стадиях проектирования является коэффициент полноты водоизмещения  $\delta$  и коэффициент продольной полноты  $\varphi = \delta / \beta$ , относительное удлинение  $\bar{l} = L / \sqrt[3]{V}$  и соотношения  $L/B$ ,  $V/T$ .

Форма корпуса эксплуатирующихся «малых» пассажирских судов характеризуется сравнительно небольшими значениями коэффициента полноты  $\delta$  и V-образной носовой оконечностью и заостренными к носу ватерлиниями. Такая форма обусловлена достаточной площадью главной палубы при относительно небольших значениях волнового сопротивления.

В общем виде буксировочное сопротивление судна можно представить в виде суммы следующих составляющих [1]

$$R = R_{mp} + R_o + R_d = (\zeta_{mp} + \zeta_o + \zeta_{в.ч.} + \zeta_{ш} + \zeta_a) \frac{\rho v^2}{2} S$$

где  $R_{mp}$  - сопротивление трения;

$R_o$  - остаточное сопротивление;

$R_o$  - добавочное сопротивление;

$\zeta_{тр}$  - безразмерный коэффициент сопротивления трения;

$\zeta_o$  - коэффициент остаточного сопротивления;

$\zeta_{в.ч.}$  - коэффициент, учитывающий сопротивление выступающих частей;

$\zeta_{ш}$  - коэффициент, учитывающий шероховатость поверхности;

$\zeta_a$  - коэффициент аэродинамического сопротивления.

$v$  - скорость движения судна, м/с;

$S$  - смоченная поверхность судна, м<sup>2</sup>.

Коэффициент трения определяется с использованием экстраполятора трения по общепринятым методикам [1], а коэффициенты  $\zeta_{в.ч.}$ ,  $\zeta_{ш}$ ,  $\zeta_a$  - принимают в виде соответствующих надбавок.

Таким образом, на начальной стадии проектирования при определении буксировочного сопротивления «малого» пассажирского судна, задача сводится к определению смоченной поверхности судна  $S$  и коэффициента остаточного сопротивления  $\zeta_o$ .

Величина смоченной поверхности для рассматриваемых типов судов определена на основе статистического анализа известных методик. Наиболее близкое значение к фактическим данным дает формула Зиньковского- Горбатенко, имеющей следующий вид

$$S = L \cdot T \cdot \left( 1,75 + \left( 0,8 \cdot B \cdot \frac{\delta}{T} \right) + 0,0974 \cdot \left( \frac{B\delta}{T} \right)^2 \right)$$

в которую нами введен коэффициент, учитывающий особенности обводов «малых» пассажирских судов

$$k_s = 8 \cdot 10^{-6} S^2 + 2,9 \cdot 10^{-3} \cdot S + 0,78$$

На стадии начального проектирования наибольшие трудности возникают при определении остаточного сопротивления. Анализируя основные из эмпирических методик определения величины остаточного сопротивления либо безразмерного коэффициента  $\zeta_o$ , наиболее точный результат дает формула А.Б. Карпова

$$R_{ост} = C_k D E_\varphi E_{B/T} F_{r_L}^3$$

где

$$E_\varphi = \frac{0,5 - Fr_L}{1,28 - \varphi - 1,25 Fr_L} - \text{коэффициент, учитывающий влияние призматического}$$

коэффициента продольной полноты  $\varphi$ ;

$$E_{B/T} = 0,79 + 0,07 \frac{B}{T} - \text{коэффициент, учитывающий влияние } B/T ;$$

$$C_k = 120 [1 + (10 Fr_L - 2)^2] - \text{коэффициент, учитывающий влияние скоростного}$$

режима;

$Fr_L$  - число Фруда по длине;

$\varphi$  - призматический коэффициент продольной полноты;

$D$  - водоизмещение судна, т.

Для возможности применения данной методики для судов рассматриваемого типа с числом Фруда более 0,28 предлагается:

- для учета влияния величины относительного удлинения  $l = \frac{L}{\sqrt[3]{V}}$

коэффициент  $k_l = 2,19 - 0,227l$  - при  $B/T > 4,1, 0,28 \leq Fr_L \leq 0,39$ .

- влияние коэффициента продольной уточняется введением к нему показателя степени  $E_\varphi = \frac{0,5 - Fr_L}{1,28 - \varphi^n - 1,25Fr_L}$ . Показатель степени  $n$  находят по графикам

Рис.1 как функцию двух переменных  $n = f(Fr_L; \varphi)$

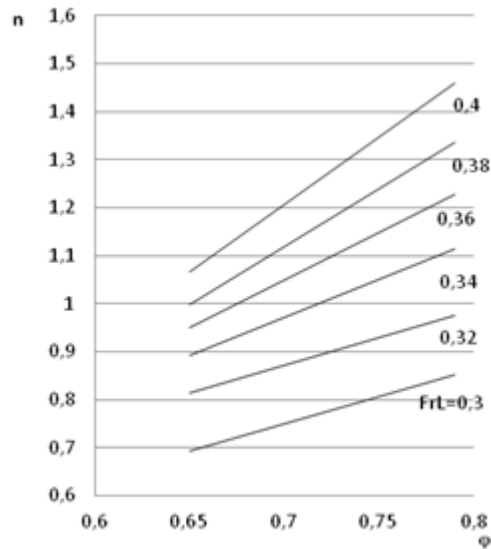


Рис.1- Показатель степени  $n$

Уточненная формула А.Б. Карпова для «малых» пассажирских судов будет иметь вид

$$R_{ост} = C_k D E_\varphi E_{B/T} Fr_L^3 k_l$$

Сравнительный анализ точности расчета остаточного сопротивления подтверждает адекватность предложенной методики.

### Список литературы:

- [1] Басин, А.М. Ходкость и управляемость судов: учебное пособие для вузов водного транспорта / А.М. Басин. М.: Транспорт, 1977. - 456с.
- [2] Карпов, А.Б. Графики для приближенного расчета сопротивления воды движению речных судов. Доклады XIV научно-технической конференции кораблестроительного факультета/ А.Б. Карпов- Горький: Министерство высшего и средн. Спец. образ. РСФСР. Горьк. Политехн. Ин-т им. А.А. Жданова, -1967- 302с.

## EVALUATION RESISTANCE OF THE "SMALL" PASSENGER SHIP AT THE INITIAL DESIGN STAGE

E.V. Kupaltseva

*Keywords: propulsion, vessel resistance, hull shape, the wetted surface area.*

*The questions to determine the components of the towing vessel resistance at the stage of conceptual design are considered. Refined formula Zinkovskogo- Gorbatenko, which takes into account the shape of the ship hull, proposed for determining the area of the wetted surface "small" passenger ship. The technique is based on the formula A.B. Karpov, to determine the residual resistance of the vessel. The technique specified for vessels with Froude number for the length of more than 0.28.*