



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ МАСС ОДНОКОРПУСНЫХ БЫСТРОХОДНЫХ ПАССАЖИРСКИХ СУДОВ

*Нгуен Гуй Хоанг*

*Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев*

*Приводится определение нагрузки масс однокорпусных быстроходных пассажирских судов (ОБПС) на начальных стадиях проектирования и сравнение результатов теоретического расчета массы судна с данными существующих ОБПС.*

*Ключевые слова: нагрузки масс, однокорпусное быстроходное пассажирское судно, материал корпуса, район эксплуатации.*

**Постановка проблемы.** Одной из наиболее важных задач проектирования судна является определение масс, входящих в его нагрузку. Наиболее полно и точно они определяются на стадии технического проекта, путем подсчета по схемам и другим проектным документам, описывающим комплекс конструкций, механизмов и устройств современного судна. Получение детальной достоверной информации обо всех составляющих водоизмещения на начальной стадии работы над проектом судостроители не представляют возможным из-за отсутствия необходимых данных. Определение нагрузки масс водоизмещающих судов не всегда приемлемо для расчета массы быстроходных пассажирских судов. Таким образом, определение нагрузки масс ОБПС с использованием приближенных способов, основанных на установлении зависимости нагрузки от размерений и коэффициента общей полноты судна является актуальным.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Определение нагрузки масс водоизмещающих судов отражены в работах [1, 2], а скоростных судов – в работе [3]. Однако определение нагрузки масс судна в большинстве этих работ выполнилось без учета различных используемых материалов корпуса и условий района эксплуатации. В данной статье представлено определение нагрузки масс ОБПС с учетом указанных факторов.

**Цель статьи** – определение нагрузки масс однокорпусных быстроходных пассажирских судов на начальных стадиях проектирования.

**Изложение материала исследования и анализ полученных результатов.** Известно, что нагрузка масс судна состоит из водоизмещения порожнем и дедвейта.

$$\Delta = P_{\text{пор}} + DW,$$

где  $\Delta$  – полное водоизмещение судна, т;  $P_{\text{пор}}$  – водоизмещение порожнем, т;  $DW$  – дедвейт, т.

На начальных стадиях проектирования расчет водоизмещения порожнем ОБПС осуществляется или постатейным перерасчетом составных нагрузки масс по близкому прототипу, или по приближенным зависимостям, полученным на основе обработки данных по нагрузке масс ОБПС.

Традиционное уравнение расчета  $P_{\text{пор}}$  при использовании укрупненных статей нагрузки имеет вид:

$$P_{\text{пор}} = P_{\text{к}} + P_{\text{об}} + P_{\text{эу}} + P_{\text{зв}},$$

где  $P_{\text{к}}$  – масса стали включающая массы фундаментов и подкреплений, т;  $P_{\text{об}}$  – масса оборудования, включая дельные вещи, неметаллические части корпус, покрытия, окраску, зашивку помещений, изоляцию, оборудование помещений, судовые устройства, электроэнергетические системы и т.п., т;  $P_{\text{эу}}$  – масса энергетической установки (двигатель и монтажное оборудование), т;  $P_{\text{зв}}$  – запас водоизмещения, т.



Для расчета наиболее достоверной массы судна порожнем воспользуемся следующей схемой (рис. 1) [4].

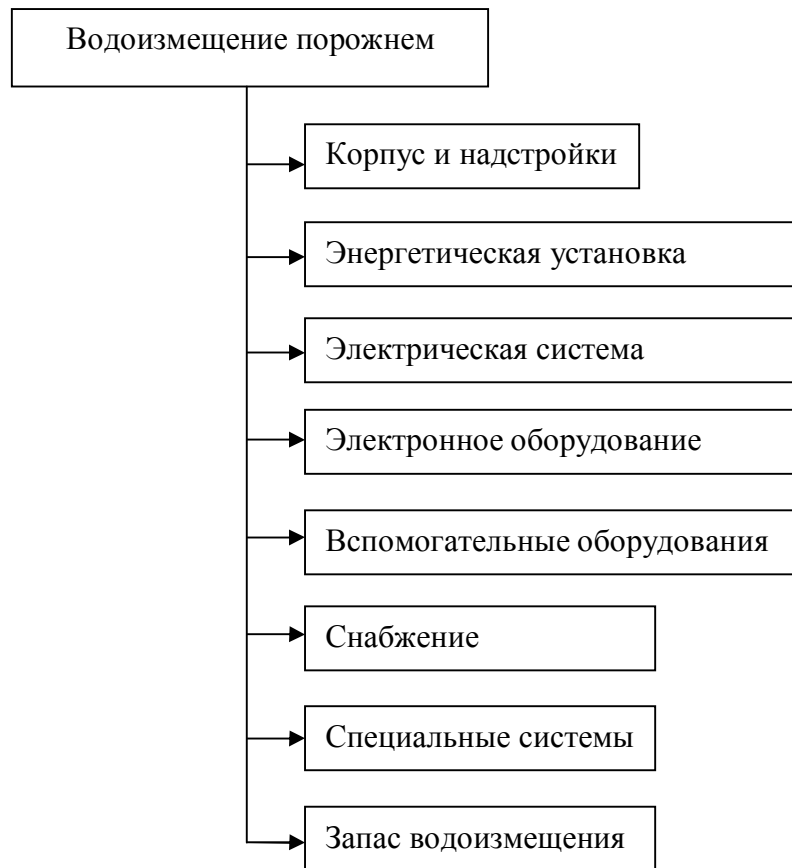


Рисунок 1 – Составляющие нагрузки водоизмещения порожнем ОБПС

Согласно со схемой 1 водоизмещение порожнем судна  $P_{пор}$  рассчитывается по выражению:

$$P_{пор} = P_{кор} + P_{эу} + P_{эл} + P_{эо} + P_{вс} + P_{сн} + P_{спц} + P_{зв},$$

где  $P_{кор}$  – масса корпуса и надстройки, т;  $P_{эу}$  – масса энергетической установки, т;  $P_{эл}$  – масса электрической системы, т;  $P_{эо}$  – масса электронного оборудования, т;  $P_{вс}$  – масса вспомогательных систем, т;  $P_{сн}$  – масса снабжения, т;  $P_{спц}$  – масса специальных систем, т;  $P_{зв}$  – запас водоизмещения, т.

Масса корпуса и надстройки судна  $P_{кор}$  определяется следующим образом [4]:

$$P_{кор} = K_{суд} f_{рп} f_{суд} f_{матер} E_{суд}^{1,33},$$

где  $K_{суд}$  – фактор, значение которого в общем случае может быть принято равным единице;  $f_{рп}$  – коэффициент, учитывающий район плавания;  $f_{суд}$  – коэффициент, учитывающий тип судна;  $f_{суд} = 1,013$  для ОБПС;  $f_{матер}$  – коэффициент, учитывающий материал корпуса;  $E_{суд}$  – модуль вычисляется через площади днища, борта, палубы и переборок.

Коэффициент, учитывающий район плавания:

$$f_{рп} = 0,7202 + 0,0628N_{ЛР},$$

где  $N_{ЛР}$  выбирается в соответствии с Правилами Регистра Ллойда для малых скоростных судов по табл. 1 [4].



Коефіцієнт, учитывающий материал корпуса  $f_{\text{матер}}$  выбирается следующим образом:  $f_{\text{матер}} = 17,28$  – для низкоуглеродистой стали;  $f_{\text{матер}} = 11,03$  – для высокопрочной стали;  $f_{\text{матер}} = 7,86$  – для алюминия;  $f_{\text{матер}} = 11,36$  – для стеклопластика.

Таблица 1 – Значения коэффициента  $N_{\text{ЛР}}$

| Обозначение района плавания | $N_{\text{ЛР}}$ | Удаление от убежища, миль | Минимальная высота волны $H_{1/3}$ , м | Фактор расчетного давления |
|-----------------------------|-----------------|---------------------------|--|----------------------------|
| G1                          | 1               | Закрытый район            | 0,6                                    | 0,6                        |
| G2                          | 2               | 20                        | 1,0                                    | 0,75                       |
| G3                          | 3               | 150                       | 2,0                                    | 0,85                       |
| G4                          | 4               | 250                       | 4,0                                    | 1,00                       |
| G5                          | 5               | >250                      | >4,0                                   | 1,20                       |
| G6                          | 6               | Неограниченный район      | >4,0                                   | 1,25                       |

Модуль  $E_s$  вычисляется по формуле:

$$E_s = f_{\text{пв}} C_{ТН} (S_{\text{дн}} + 0,73S_{\text{бор}} + 0,69S_{\text{пал}} + 0,65S_{\text{пере}}),$$

где  $f_{\text{пв}}$  – поправка, учитывающая влияние полного водоизмещения и определяется по выражению:

$$f_{\text{пв}} = 0,7 + 2,4 \frac{\Delta_v}{L_{\text{ВЛ}}^2 - 15,8},$$

здесь  $\Delta_v$  – объемное водоизмещение,  $\text{м}^3$ ;  $L_{\text{ВЛ}}$  – длина по конструктивной ватерлинии, м;  $C_{ТН}$  – поправка, учитывающая влияние отношения осадки  $T$  к высоте борта  $H$ :

$$C_{ТН} = 1,144(T/H)^{0,244},$$

$S_{\text{дн}}$ ;  $S_{\text{бор}}$ ;  $S_{\text{пал}}$ ;  $S_{\text{пере}}$  – соответственно площади днища, борта, палубы и переборок и рассчитываются по выражениям:

$$S_{\text{дн}} = 2,825\sqrt{\Delta L_{\text{пп}}};$$

$$S_{\text{бор}} = 1,09(2L_{\text{ГБ}} + B)(H - T);$$

$$S_{\text{пал}} = 0,823 \frac{L_{\text{ГБ}} + L_{\text{ВЛ}}}{2} B;$$

$$S_{\text{пере}} = 0,6N_{\text{пере}}BH,$$

где  $\Delta = \gamma k_{\text{в}} \delta L_{\text{ВЛ}} B_{\text{ВЛ}} T$  – водоизмещение судна, т;  $\gamma = 1,025 \text{ т/м}^3$  – удельная масса морской воды;  $k_{\text{в}}$  – коэффициент выступающих частей, учитывающий размеры наружной обшивки корпуса судна, рулей, винтов;  $\delta$  – коэффициент общей полноты;  $B_{\text{ВЛ}}$  – ширина по ватерлинии, м;  $L_{\text{пп}} = (0,973L_{\text{ВЛ}} - 0,310)$  – длина судна между перпендикулярами, м;  $L_{\text{ГБ}} = (1,146L_{\text{ВЛ}} - 0,260)$  – габаритная длина судна, м;  $B = (1,432B_{\text{ВЛ}} - 1,475)$  – ширина судна, м;  $N_{\text{пп}}$  – количество непроницаемых переборок.

Масса остальных составляющих водоизмещения порожнем оценивается по зависимостям [4].

Масса энергетической установки:

$$P_{\text{эу}} = \frac{(L_{\text{пп}} BH \sum N_{\text{эу}})^{0,45}}{31,45},$$



где  $\Sigma N_{\text{эу}}$  – суммарная мощность главных двигателей судна, кВт.

Масса электрической системы:

$$P_{\text{эл}} = \frac{(L_{\text{пп}} B H)^{1,24}}{592}.$$

Масса электронного оборудования:

$$P_{\text{эо}} = 0,00053 L_{\text{пп}}^{2,254}.$$

Масса вспомогательных систем:

$$P_{\text{эо}} = 0,000772 + 0,0015(L_{\text{пп}} B)^{1,784}.$$

Масса снабжения:

$$P_{\text{эо}} = 0,00097(L_{\text{пп}})^{2,132}.$$

Масса специальных систем:

$$P_{\text{спец}} = 0,000333(L_{\text{пп}} B H)^{1,422}.$$

Запас водоизмещения  $P_{\text{зв}} = 0,036 \Delta$ .

Составляющие нагрузки дедвейта судна указаны на рис. 2.

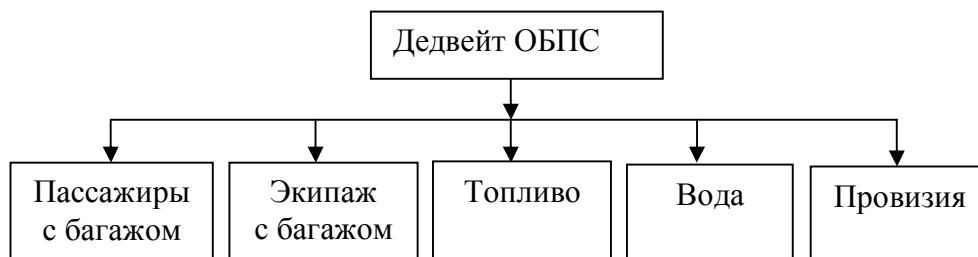


Рисунок 2 – Составляющие нагрузки дедвейта ОБПС

В соответствии со схемой 2 дедвейт судна рассчитывается по выражению:

$$DW = P_{\text{пасс}} + P_{\text{экип}} + P_{\text{топл}} + P_{\text{вода}} + P_{\text{пров}},$$

где  $P_{\text{пасс}}$ ,  $P_{\text{экип}}$ ,  $P_{\text{топл}}$ ,  $P_{\text{вода}}$ ,  $P_{\text{пров}}$  соответственно массам пассажиров с багажом, экипажа, топлива, воды и провизии.

Масса пассажиров с багажом:

$$P_{\text{пасс}} = 0,090 N_{\text{пасс}},$$

где  $N_{\text{пасс}}$  – количество пассажиров.

Масса экипажа с багажом:

$$P_{\text{экип}} = 0,110 N_{\text{экип}},$$

где  $N_{\text{экип}}$  – количество людей экипажа.

Масса топлива может быть предварительно определена в зависимости от дальности плавания  $Z_{\text{п}}$  (мили), мощности главных двигателей  $\Sigma N_{\text{эу}}$  (кВт), удельного расхода топлива  $q_{\text{т}}$  (т/кВт/ч), коэффициента морского запаса  $K_3$  и скорости судна  $v$  (уз) по формуле:

$$P_{\text{топл}} = \frac{K_3 Z_{\text{п}} q_{\text{т}} \Sigma N_{\text{эу}}}{v}.$$

Масса воды и провизии в соответствии с Санитарными правилами вычисляются в зависимости от продолжительности рейса и количества людей на борту.



Если продолжительность рейса равна нескольким часам и ОБПС с обычными пассажирскими салонами, то масса воды и провизии могут вычисляться по зависимостям:

$$P_{\text{пров}} = 0,004N_{\text{экип}}; P_{\text{вода}} = 0,150N_{\text{экип}}.$$

Для проверки точности изложенного метода определения водоизмещения ОБПС автор вычислил нагрузки масс нескольких существующих ОБПС, сравнил расчетные значения водоизмещения с фактическими и определил погрешности  $\varepsilon$ (%). Полученные результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты расчета нагрузки масс существующих ОБПС

| Название судна                            | $P_{\text{пор}}, t$     |                         |                   | $\Delta, t$             |                         |                   |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|
|   | $P_{\text{пор, расч.}}$ | $P_{\text{пор, факт.}}$ | $\varepsilon, \%$ | $\Delta_{\text{расч.}}$ | $\Delta_{\text{факт.}}$ | $\varepsilon, \%$ |
| Проект P83 [5]                            | 19,353                  | 19,450                  | 0,498             | 30,184                  | 29,850                  | 1,120             |
| Проект A45 [6]                            | 44,050                  | -                       | -                 | 62,760                  | 61,000                  | 2,886             |
| Проект A45M [6]                           | 48,809                  | 50,600                  | 3,539             | 66,356                  | 68,000                  | 2,417             |
| Passenger Ferry Boat (140 passengers) [7] | 37,300                  | -                       | -                 | 55,103                  | 53,000                  | 3,968             |

Как видно из табл. 2, результаты расчета удовлетворяют принятой на начальных этапах проектирования точности.

**Выводы:**

1. Приведено определение нагрузки масс однокорпусных быстроходных пассажирских судов на начальных стадиях проектирования и сравнение результатов теоретического расчета массы судна с данными существующих ОБПС.

2. Рекомендуются использовать изложенный метод в качестве расчетного для оценки нагрузки масс в математической модели ОБПС и оптимизационной задаче выбора главных элементов таких судов.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Ашик В. В. Проектирование судов / В. В. Ашик. – Л. : Судостроение, 1985. – 320 с.
2. Бронников А. В. Проектирование судов / А. В. Бронников. – Л. : Судостроение, 1991. – 320 с.
3. Ваганов А. М. Проектирование скоростных судов / А. М. Ваганов. – Л. : Судостроение, 1978. – 280 с.
4. Grubisic I. Reliability of Weight Prediction in Small Craft Concept Design / I. Grubisic // Proc. of 6th HIPER Congress, [September 18-19, 2008]. – Naples, Italy, 2008. – P. 215-226.
5. Электронный ресурс. – Режим доступа : <http://russrivership.ru/public/files/doc568.pdf>.
1. Электронный ресурс. – Режим доступа : [http://www.korabel.ru/news/comments/sovremenniy\\_skorostnoy\\_passazhirskiy\\_teplohod\\_pra45\\_lena.html](http://www.korabel.ru/news/comments/sovremenniy_skorostnoy_passazhirskiy_teplohod_pra45_lena.html).
2. Электронный ресурс. – Режим доступа : [http://www.alibaba.com/product-tp/119343630/140\\_seats\\_capacity\\_Gulf\\_Craft\\_Passenger.html](http://www.alibaba.com/product-tp/119343630/140_seats_capacity_Gulf_Craft_Passenger.html).



**Нгуєн Г.Х.** ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕННЯ МАС ОДНОКОРПУСНИХ ШВИДКОХІДНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ СУДЕН

*Наводиться визначення навантаження мас однокорпусних швидкохідних пасажирських суден (ОШПС) на початкових стадіях проектування і порівняння результатів теоретичного розрахунку маси судна з даними існуючих ОШПС.*

*Ключові слова: навантаження мас, однокорпусне швидкохідне пасажирське судно, матеріал корпусу, район експлуатації.*

**Nguyen H.H.** THE DEFINITION OF MASS LOAD OF HIGH-SPEED MONOHULL PASSENGER SHIPS

*The definition of mass load of high-speed monohull passenger ships (HMPS) in the initial stages of the design and comparison of the results of theoretical calculations of the mass of the ship with existing data HMPS.*

*Keywords: mass load, high-speed monohull passenger ships, material of hull, the area of operation.*

Статтю прийнято  
до редакції 6.06.2013