

<http://dx.doi.org/10.15589/jnn20140304>

УДК 629.5.01

П 16

DEFINING THE CHARACTERISTIC OF SHIP SUPPLY BASED ON STATISTICAL DATA ANALYSIS

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СНАБЖЕНИЯ СУДНА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗУ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Olha V. Pankova

olga.pankova@nuos.edu.ua

ORCID: 0000-0002-8565-9159

О. В. Панкова,

канд. техн. наук, доц. каф. ТПС

National University of Shipbuilding, Mykolayiv

Национальный университет кораблестроения, г. Николаев

Abstract. The more precise definition of the description of ship supply by means of the statistical data on the ships of different types and depending on the transported cargo is discussed, because the description of supply has a significant influence on the weight loading under the ship design. Consequently, the analysis of the statistical data and empiric formulas which are composed on the basis of these data enable more precise definition of the supply description. The aim of the study is to build the empiric dependences which enable to define the values of the supply description components on the basis of the statistical data. The statistical analysis with the usage of the least-squares method is carried out for the following parameters: the height from the summer deep-water line to the overhead edge of the deck plate of the highest deck-house, the sail area within the limits of the ship length, considering from the summer deep-water line, etc. The empiric dependences for the ship supply description calculation are found. The results of the study are recommended for specialists in the field of the ship design, post-graduate students and students of the senior courses of the Shipbuilding Faculty. The program of the definition of supply description is drawn up using the empiric formulas.
Keywords: supply description, sail area, least-squares method, architectural-structural type of ship.

Аннотация. На основе статистических данных по судам разных типов составлены эмпирические зависимости для определения характеристики снабжения, которая оказывает существенное влияние на весовую нагрузку при проектировании судов.

Ключевые слова: характеристика снабжения, площадь парусности, метод наименьших квадратов, архитектурно-конструктивный тип судна.

Анотація. На основі статистичних даних щодо суден різних типів складені емпіричні залежності для визначення характеристики постачання, яка суттєво впливає на вагове навантаження при проектуванні суден.

Ключові слова: характеристика постачання, площа парусності, метод найменших квадратів, архітектурно-конструктивний тип судна.

REFERENCES

- [1] Bronnikov A.V. *Osobennosti proektirovaniya morskikh transportnykh sudov* [Features of maritime transport ships design]. Leningrad, Shipbuilding Publ., 1971. 328 p.
- [2] Venttsel Ye.S., Ovcharov L.A. *Teoriya veroyatnostey i ee inzhenernye prilozheniya* [Theory of Possibilities and its engineering applications]. Moscow, Higher school Publ., 2000. 480 p.
- [3] Voytkunskiy Ya.I. *Spravochnik po teorii korablya, tom 3* [Reference book on the ship theory, vol. 3]. Leningrad, Shipbuilding Publ., 1985. 539 p.
- [4] Mitropolskiy A.K. *Tekhnika statisticheskikh vychisleniy* [Technique of statistical calculations]. Moscow, Science Publ., 1971. 576 p.
- [5] *Pravyla klasyfikatsii ta pobudovy morskyykh suden. Rehistr sudnoplavstva Ukrainy* [Rules of classifications and constructions of marine ships. Navigation register of Ukraine], vol. 1–4, Kyiv, 2002.
- [6] *Rules for Building and Classing Steel Vessels*, Texas, American Bureau of Shipping Publ., 2012.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Согласно требованиям Правил Классификации и постройки судов Регистра судоходства каждое судно должно иметь якорное снабжение, а также стопо-

ры для крепления станových якорей по-походному, устройства для крепления и отдачи коренных концов якорных цепей, механизмы для отдачи и подъема станových якорей и для удержания на них судна при от- данных якорях [5, 6].

Прочностные характеристики якорного снабжения должны соответствовать требованиям разд. 3 указанных выше Правил и рассчитываться для транспортных судов по так называемой «характеристике снабжения» N_c .

Характеристика снабжения оказывает существенное влияние на весовую нагрузку при проектировании судов. Поэтому анализ статистических данных и составленные на его основе эмпирические формулы дают возможность более точного определения характеристики снабжения [3].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Современные Правила постройки различных классификационных обществ позволяют достаточно просто определить тип, число и массу судовых якорей. Количество и масса якорей назначаются в зависимости от характеристики снабжения судна.

В Регистре судоходства, Английском Ллоиде, Германском Ллоиде и Норвежском Бюро Веритас представлены формулы для определения характеристики снабжения. В них использованы идентичные обозначения компонентов, но есть небольшие отличия. В Правилах постройки Регистра и Английском Ллоиде якорная характеристика имеет размерность площади (квадратичную). Германский Ллойд и Норвежское Бюро Веритас для определения размеров якорного снабжения рекомендуют кубическую характеристику снабжения.

Таким образом, в современной практике существуют два типа якорных характеристик – квадратичная и кубическая. Несомненно, что в них заложен некоторый физический смысл.

Например, квадратичная характеристика Правил Регистра складывается из элементов, пропорциональных величине смоченной поверхности и площади парусности.

Кубические якорные характеристики пропорциональны объему судна или его массе, которая определяет инерционное воздействие судна на якорный канат и якорь. Так как при изменении массы большинство судовых якорей полностью сохраняют геометрическое подобие, то конструктивные размеры элементов якоря можно выразить при помощи постоянных коэффициентов и некоторого характерного размера, называемого модулем якоря [5, 6].

Статистические данные позволяют определить с помощью эмпирических формул значения данных коэффициентов.

ЦЕЛЬ СТАТЬИ – на основе статистических данных построить эмпирические зависимости, которые используются для определения характеристики снабжения.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Статистический анализ выполнен для судов разных типов в зависимости от перевозимого груза; с кормовым расположением машинного отделения, пропульсивного комплекса и жилой надстройки (высотой не менее 2,6 м). Данные суда также могут иметь надстройки бака и юта, люковые закрытия.

Для судов, имеющих люковые закрытия, принято: для балкеров высота комингса и выступающей части люкового закрытия менее 1,5 м, а для многоцелевых, универсальных сухогрузных судов и контейнеровозов – более 1,5 м.

Типы рассматриваемых судов в зависимости от перевозимого груза: танкеры, балкеры, сухогрузные, многоцелевые, контейнерные и универсальные сухогрузные суда.

Входные параметры судна для расчета весовых характеристик судовых устройств:

L_{\max} – длина судна наибольшая, м;
 L_{pp} – длина судна между перпендикулярами, $L_{pp} = L_{\max} / 1,077$ м;

B – ширина судна наибольшая, м;

T_{sp} – осадка судна, м;

H – высота борта, м;

Z_{fdeck} – высота от основной линии (ОЛ) до палубы бака в точке примыкания к форштевню, м;

$L_{SuperstrB}$ – отстояние (параллельно ОЛ) от самой носовой точки судна до лобовой стенки надстройки, м;

L_{fdeck} – отстояние (параллельно ОЛ) от самой носовой точки палубы бака до кормовой переборки надстройки бака, м;

Z_{pdeck} – высота от ОЛ до палубы юта в точке примыкания к ахтерштевню, м;

L_{pdeck} – отстояние (параллельно ОЛ) от самой кормовой точки палубы юта до носовой переборки надстройки юта, м;

n – экипаж, чел.;

D_{sp} – весовое водоизмещение судна по осадку в соленой воде ($1,025 \text{ т/м}^3$), т.

Выполним вспомогательные расчеты. С целью приблизительного определения характеристики снабжения N_c находим входящие в нее величины:

$$N_c = V^{2/3} + 2Bh + 0,1A,$$

где V – объемное водоизмещение судна, м^3 ,
 $V = D_{sp} / 1,025$;

B – наибольшая ширина судна, м;

h – высота от летней грузовой ватерлинии до верхней кромки настила палубы самой высокой рубки, м;

A – площадь парусности в пределах длины судна, считая от летней грузовой ватерлинии, м^2 .

Для определения второго слагаемого $2Bh$ требуется вычислить высоту крыши рулевой рубки.

Высоту рубки, как минимум, чаще всего назначают исходя из обеспечения минимальной дальности видимости по Международному стандарту

ИСО 8468, который рекомендует для судов длиной 45 м и более – две длины судна между перпендикулярами, но не более 500 м, поэтому составляем формулу (рис. 1):

$$H_{SuperstrToForecastle} = (Z_{fdeck} - T_{sp})(L_{SuperstrB} + 2L_{pp}) / (2L_{pp}).$$

Уточним формулу наличием высоты рулевой рубки выше уровня глаз (принимая высоту яруса ру-

левой рубки: $1,8 + 0,9 = 2,7$ м) и фальшборта в носу (1,2 м):

$$H_{SuperstrToForecastle} = 0,9 + (Z_{fdeck} - T_{sp} + 1,2)(L_{SuperstrB} + 2L_{pp}) / (2L_{pp}).$$

В формуле присутствует еще не определенная величина $L_{SuperstrB}$.

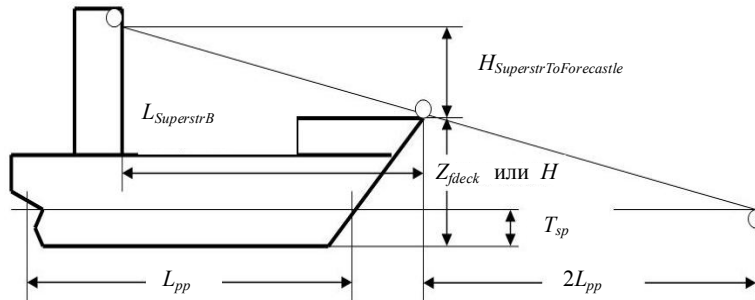


Рис. 1. Боковой вид судна

Определение эмпирической зависимости на базе показательной функции ($F(X) = aX^b$) отстояния от самой носовой граничной точки форштевня (козырька) до лобовой (носовой) стенки надстройки ($L_{SuperstrB}$) выполним методом наименьших квадратов.

Статистический анализ проведен на основе базы данных, состоящей из 50 проектов судов [2, 4]. Среди них – танкеры, балкеры, сухогрузные, многоцелевые, контейнерные и универсальные сухогрузные суда.

В последнее время у судов, перевозящих на палубе или на люковых закрытиях (ЛЗ) контейнеры, наблюдается тенденция максимально возможно смещать лобовую стенку жилой надстройки в корму.

В связи с этим определяем отдельно зависимость для балкеров и танкеров, а затем зависимость для универсальных сухогрузных судов и контейнеровозов.

Для балкеров и наливных судов:

$$L_{SuperstrB} / L_{max} = 0,414L_{max}^{0,13}.$$

Для универсальных сухогрузных и контейнерных судов:

$$L_{SuperstrB} / L_{max} = 0,481L_{max}^{0,12}.$$

Таблица 1. Коэффициенты для функции $F(X) = aX^b$

Функция $F(X) = aX^b$	Количество точек эксперимента	Диапазон проверенных значений L_{max} , м	Диапазон ошибок, %
Для балкеров и наливных судов			
$L_{SuperstrB} / L_{max} = 0,414L_{max}^{0,13}$	18	37,8/245,5	-9/+9
Для УСГ и контейнерных судов			
$L_{SuperstrB} / L_{max} = 0,481L_{max}^{0,12}$	12	68,5/154,3	-7/+5

Данные формулы рекомендуется применять для приближенных расчетов (при этом ошибка составляет около 9 %) и в диапазоне максимальной длины судна L_{max} от 30 до 300 м.

На рис. 2 приведены графическое представление использованных данных по судам (точечное) и график полученных функций.

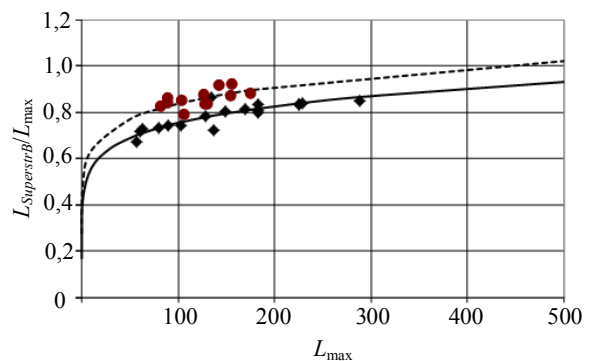


Рис. 2. Относительное отстояние от носа до надстройки для разных типов судов: ◆ – танкеры и балкеры; ● – сухогрузы; — $F(L_{max})$ танкеры и балкеры; - - - $F(L_{max})$ сухогрузы

Результаты анализа полученных в расчете коэффициентов функции приведены в табл. 1.

В предложенном порядке вычисления величины h отсутствует параметр «экипаж судна» [1]. Такой порядок вычисления допустим только для судов с минимальным количеством экипажа и для судов

с ограниченной воздушной осадкой. Для включения параметра «экипаж судна» n предложенный порядок вычислений дополняется проверкой возможности размещения заданного количества экипажа.

Высота надстройки должна быть не менее, чем объем надстройки $V_{Superstr}$, разделенный на длину и ширину надстройки: $V_{Superstr} = 0,03L_{max}B^{1,8} + 35n$;

Длина надстройки $L_{Superstr}$ равна 70 % разницы между вычисленной ранее $L_{Superstr}L_{max}$ и L_{max}^2 , а именно $L_{Superstr} = 0,7L_{max}(1 - L_{Superstr}B)$; ширина надстройки $B_{Superstr} = 0,9B$.

Тогда величина h для этой проверки будет:

$$h = (0,03L_{max}B^{1,8} + 35n) / 0,7L_{max}(1 - L_{Superstr}B) \cdot 0,9B + H - T_{sp}$$

Определяем площадь парусности A (Правила Регистра, ч. 3, п. 3.2.1) [5, 6]. Вводим следующее допущение – длина судна по Правилам Регистра принимается равной $L_{max} / 1,046$ м.

Площадь парусности получим из суммы парусности корпуса судна, надстройки бака, надстройки юта, жилой надстройки, машинных помещений и дымовой трубы и комингсов люков (для сухогрузных и универсальных сухогрузных судов).

Площадь парусности корпуса судна определяется как произведение надводного борта на расчетную длину судна по Правилам Регистра [5]: $(H - T_{sp})L_{max} / 1,046$.

Площадь парусности надстройки бака, m^2 : $L_{fdeck}(Z_{fdeck} - H)$.

Площадь парусности надстройки юта, m^2 : $L_{pdeck}(Z_{pdeck} - H)$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] **Бронников, А. В.** Особенности проектирования морских транспортных судов [Текст] / А. В. Бронников. – Л. : Судостроение, 1971. – 328 с.
- [2] **Вентцель, Е. С.** Теория вероятностей и ее инженерные приложения [Текст] / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – М. : Высшая школа, 2000. – 480 с.
- [3] **Войткунский, Я. И.** Справочник по теории корабля [Текст] / Я. И. Войткунский. – Л. : Судостроение, 1985. – Т. 3. – 539 с.
- [4] **Митропольский, А. К.** Техника статистических вычислений [Текст] / А. К. Митропольский. – М. : Наука, 1971. – 576 с.
- [5] Правила класифікації та побудови морських суден. Регістр судноплавства України. – К., 2002. – Т. 1–4.
- [6] Rules for Building and Classing Steel Vessels [Text] / American Bureau of Shipping. – Texas, 2012.

Площадь парусности жилой надстройки определяется из объема надстройки, разделенного на ширину надстройки.

Объем надстройки принимается $V_{Superstr} = 0,03L_{max}B^{1,8} + 35n$.

Ширина надстройки принимается $B_{Superstr} = 0,9B$.

Площадь парусности машинных помещений и дымовой трубы принимается 35 % от площади жилой надстройки.

Высота комингсов для балкеров не учитывается, так как в большинстве случаев она менее 1,5 м.

Площадь парусности комингсов люков определяется как произведение высоты комингса люковых закрытий, включая высоту ЛЗ (принимается 1,5 м) на разность между определенной ранее $L_{Superstr}B$ и близкой (увеличенной на 1 %) к минимально определенной Правилами Регистра длиной форпиковой переборки $0,06L_{max} / 1,046 = 0,0628L_{max}$.

В завершение объединяем эти функции для вычисления характеристики снабжения N_c .

ВЫВОДЫ

1. На основе статистических данных составлены эмпирические зависимости для более точного определения характеристики снабжения.

2. С целью получения наименьшей ошибки программа для вычисления характеристики снабжения построена таким образом, что при возможности ввести точные исходные данные будет получен точный результат, в противном случае, по умолчанию, будут предложены приблизительные данные и вычисление будет производиться по ним.

© О. В. Панкова

Надійшла до редколегії 08.04.2014

Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК д-р техн. наук, проф. В. О. Некрасов