

<http://dx.doi.org/10.15589/jnn20140601>

УДК 629.5.012

Д 83

REGRESSION DEPENDENCIES FOR DETERMINATION OF THE MAIN ELEMENTS OF LNG CARRIERS AT THE INITIAL STAGES OF DESIGN

РЕГРЕССИОННЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛАВНЫХ РАЗМЕРЕНИЙ СУДОВ-ГАЗОВОЗОВ LNG НА НАЧАЛЬНЫХ СТАДИЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Dong Xinshuo

michael3123@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-7248-2294

Дун Синьшо,

асп. каф. ТПС

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, г. Николаєв

Abstract. Compared to the other kinds of fuel, natural gas has a number of advantages. Currently, the study on the specialized carriers for the marine transportation of liquefied natural gas (the LNG carriers) is urgent. The characteristics of the LNG carriers with the spherical Moss cargo tanks and the membrane cargo tanks are considered in the article. A number of regression dependencies have been obtained with the help of the correlation-regression analysis on the basis of the data on 87 carriers of this type which were built at different times. These dependencies can be used for the approximate determination of the main elements of the LNG carriers, as well as for the formation of the starting point of the search of the solution in the optimization problem of their design.

Keywords: LNG carriers; main elements; dependencies; R^2 coefficient of determination.

Аннотация. На основе современных статистических данных по судам-газовозам LNG сформированы регрессионные зависимости для определения главных размерений таких судов при их проектировании.

Ключевые слова: суда-газовозы LNG; главные элементы; зависимости; величина достоверности аппроксимации R^2 .

Анотація. На підставі сучасних статистичних даних по судах-газовозах LNG сформовані регресійні залежності для визначення головних розмірів таких суден при їх проектуванні.

Ключові слова: суда-газовози LNG; головні елементи; залежності; величина достовірності апроксимації R^2 .

REFERENCES

- [1] Gorynin I.V., Legostaev Yu.L., Osokin E.P. Problemy morskoy transportirovki szhizhennogo prirodnogo gaza. Materialy dlya tankov sudov-gazovozov [Problems of the marine transportation of liquefied natural gas. Materials for the gas carriers tanks]. *Sudostroenie – Shipbuilding*, 2009, no. 5, pp. 32–40.
- [2] Zaytsev V.V., Korobanov Yu.N. *Suda-gazovozy* [Gas carriers]. Leningrad, Sudostroenie Publ., 1990. 304 p.
- [3] Zaytsev V.V. *Teoreticheskie osnovy proektirovaniya sistemy morskoy transportirovki gazov*. Dokt. Diss. [Theoretical foundations of the marine gas transportation systems design. Doctor's thesis.]. Mykolayiv, 2001.
- [4] Kachanovskiy K.V., Larkin Yu.M. *Proektirovanie gazovozov* [Gas carriers design]. Moscow, Morflot Publ., 1981. 28 p.
- [5] Logatchev S.I., Chugunov V.V., Gorin Ye.A. Mirovoe sudostroenie: sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya [World shipbuilding: current state and prospects of development]. *Morskoy Vestnik* [Maritime Bulletin], 2009, 544 p.
- [6] Mikhaylov B.N. *Analiz osnovnykh parametrov i razrabotka matematicheskoy modeli morskikh metanovozov so sfericheskimi gruzovymi tsisternami*. Kand. Diss. [Analysis of the main parameters and development of the mathematical model of marine methane carriers with spherical cargo tanks. Candidate's thesis.]. Mykolayiv, 1982.
- [7] Energoresursy, toplivo. Szhizhenny prirodnyy gaz (SPG). (Power resources, fuel. Liquefied natural gas (LNG)). Available at: http://neftegaz.ru/tech_library/view/4056.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Для хранения и транспортировки природный газ охлаждают до $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$, получая сжиженный природный газ (СПГ). При этом объем природного газа уменьшается в 613 раз, а сам газ превращается в бесцветную жидкость, не имеющую запаха, плотностью в 2 раза меньше плотности обычной воды [3].

Перевозка природного газа в сжиженном состоянии является одним из выгодных способов его транспортировки [3].

Суда-газовозы LNG – суда, предназначенные для перевозки СПГ, являются одними из самых дорогостоящих транспортных судов [2]. Классификационными обществами они выделены в особый класс. При проектировании судов-газовозов LNG необходимо учитывать многие характерные особенности судов такого типа [1].



а



б

Рис. 1. Суда-газовозы LNG со сферическими вкладными (а) и мембранными емкостями (б)

Вследствие большого отличия конструктивно-технологических особенностей сферической вкладной емкости и мембранной емкости необходимо определять главные размерения судов-газовозов LNG отдельно.

В данной работе для выбора главных размерений судов-газовозов LNG используется статистический метод. На основании данных 87 таких судов, построенных в разных странах, получены следующие регрессионные зависимости для определения их главных размерений на начальных стадиях проектирования.

Суда-газовозы LNG с мембранными танками

Дедвейт судна, т,

$$DW = 2,255W^{0,875},$$

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Вопрос определения главных размерений судов-газовозов LNG ранее исследовался в относительно небольшом числе научных публикаций [2–6]. Однако за последние 20 лет построено достаточное количество таких судов, для того чтобы выборка по ним была представительной. Это позволяет определить основные тенденции развития судов-газовозов LNG с помощью корреляционно-регрессионного анализа.

ЦЕЛЬ СТАТЬИ – на основе современных статистических данных создание регрессионных уравнений для определения основных размерений судов-газовозов LNG.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

В настоящее время для перевозки сжиженного природного газа на судах-газовозах LNG широко используются два типа емкостей: сферические вкладные и мембранные (рис. 1).

где W – грузопместимость судна, м^3 , при этом величина достоверности аппроксимации $R^2 = 0,984$ (рис. 2).

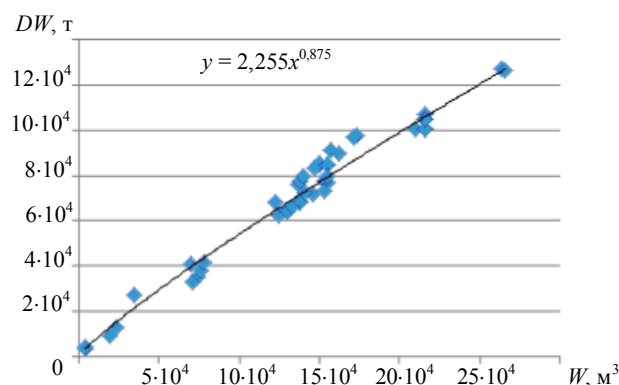


Рис. 2. Зависимость дедвейта судна от его грузопместимости

Скорость судна, уз,

$$v = 7,383DW^{0,086},$$

при этом $R^2 = 0,802$ (рис. 3).

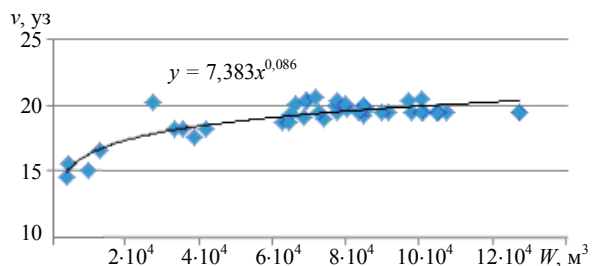


Рис. 3. Зависимость скорости судна от его дедвейта

Длина судна между перпендикулярами, м,

$$L_{\text{пп}} = 6,054 DW^{0,338},$$

при этом $R^2 = 0,985$ (рис. 4).

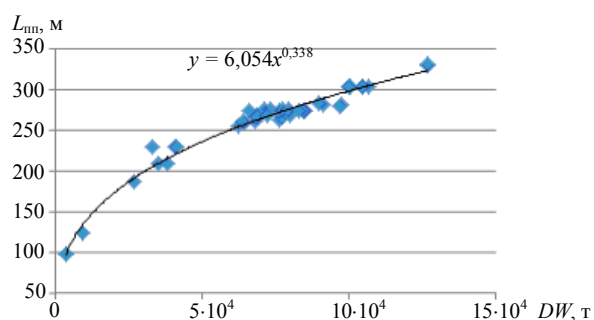


Рис. 4. Зависимость длины судна между перпендикулярами от его дедвейта

Ширина судна, м,

$$B = 1,338DW^{0,310},$$

при этом $R^2 = 0,966$ (рис. 5).

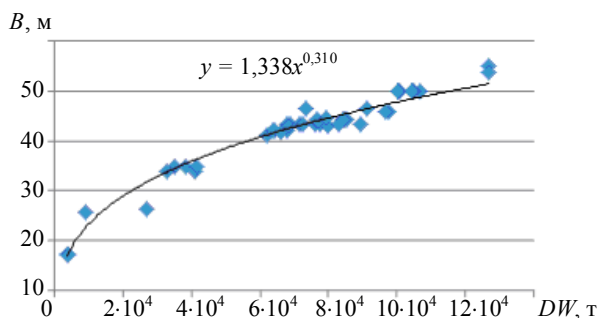


Рис. 5. Зависимость ширины судна от его дедвейта

Высота борта судна, м,

$$H = 0,97DW^{0,29},$$

при этом $R^2 = 0,915$ (рис. 6).

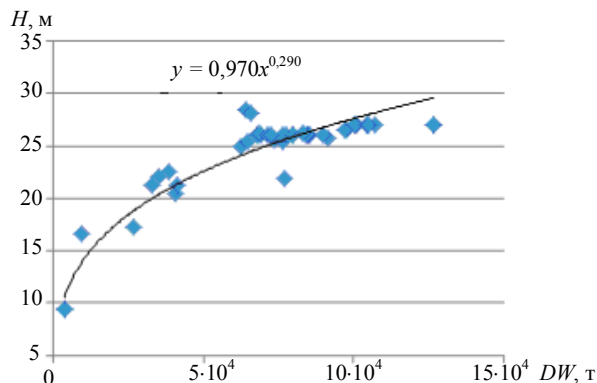


Рис. 6. Зависимость высоты борта судна от его дедвейта

Осадка судна, м,

$$T = 1,01DW^{0,215},$$

при этом $R^2 = 0,934$ (рис. 7).

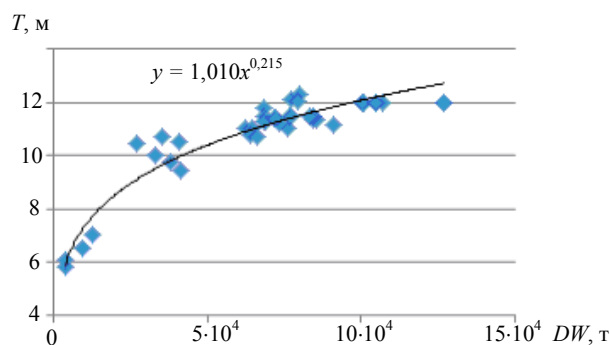


Рис. 7. Зависимость осадки судна от его дедвейта

Мощность главного двигателя судна, м,

$$N = 17,49DW^{0,654},$$

при этом $R^2 = 0,958$ (рис. 8).

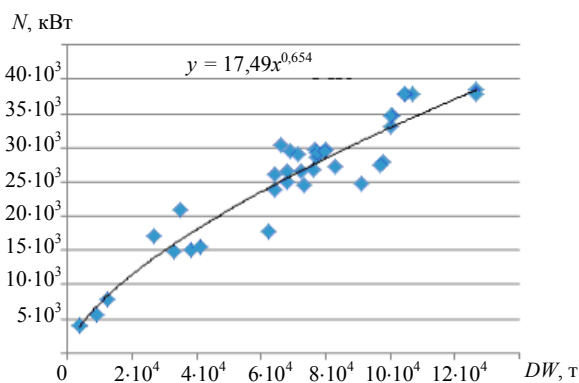


Рис. 8. Зависимость мощности ГД судна от его дедвейта

Длина судна наибольшая, м,

$$L_{\text{но}} = 1,007L_{\text{пп}} + 11,26,$$

$L_{\text{пп}}$ – длина судна между перпендикулярами, м, при этом $R^2 = 0,989$ (рис. 9).

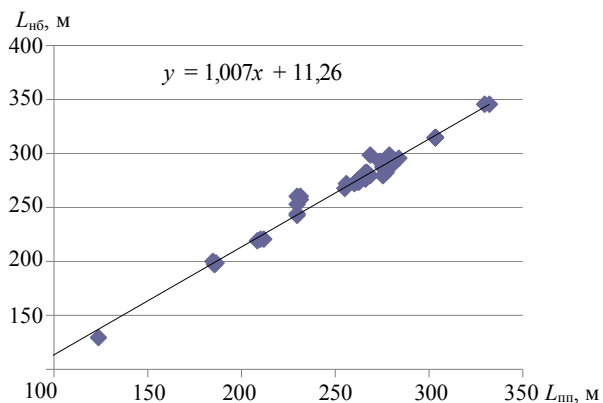


Рис. 9. Зависимость длины судна наибольшей от его длины между перпендикулярами

Суда-газовозы LNG со сферическими вкладными цистернами

Дедвейт судна, т,

$$DW = 1,337W^{0,922},$$

где W – грузоподъемность судна, m^3 , при этом величина достоверности аппроксимации $R^2 = 0,98$ (рис. 10).

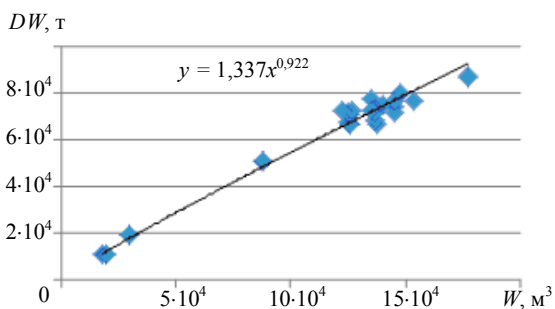


Рис. 10. Зависимость дедвейта судна от его грузоподъемности

Скорость судна, уз,

$$v = 13,58DW^{0,032},$$

при этом $R^2 = 0,455$ (рис. 11).

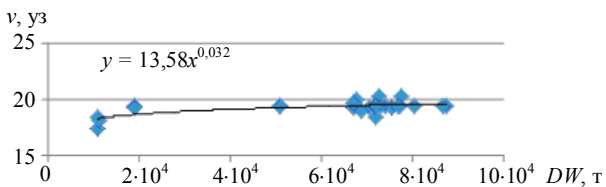


Рис. 11. Зависимость скорости судна от его дедвейта

Длина судна между перпендикулярами, м,

$$L_{пп} = 6,236 DW^{0,342},$$

при этом $R^2 = 0,99$ (рис. 12).

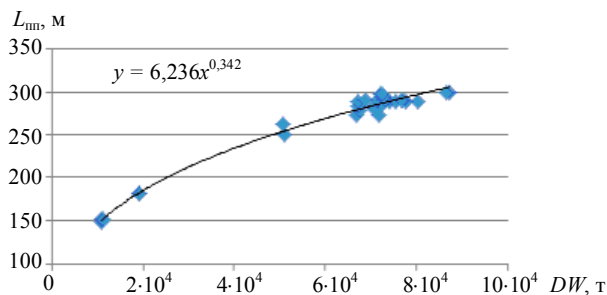


Рис. 12. Зависимость длины судна между перпендикулярами от его дедвейта

Ширина судна, м,

$$B = 1,48DW^{0,308},$$

при этом $R^2 = 0,947$ (рис. 13).

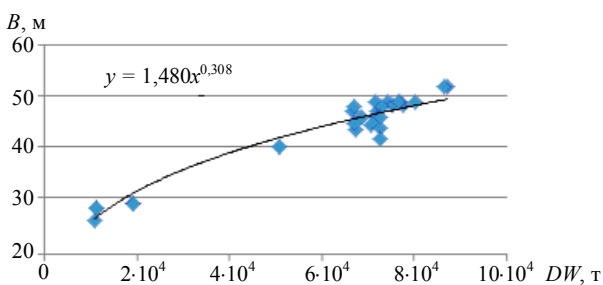


Рис. 13. Зависимость ширины судна от его дедвейта

Высота борта судна, м,

$$H = 0,892DW^{0,30},$$

при этом $R^2 = 0,952$ (рис. 14).

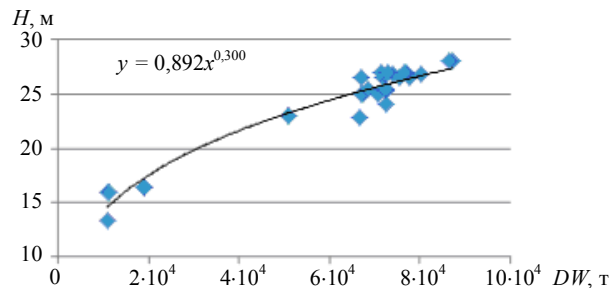


Рис. 14. Зависимость высоты борта судна от его дедвейта

Осадка судна, м,

$$T = 0,943DW^{0,222},$$

при этом $R^2 = 0,972$ (рис. 15).

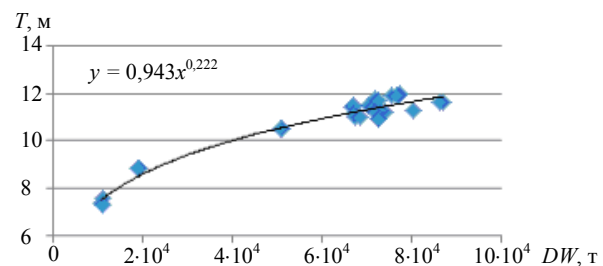


Рис. 15. Зависимость осадки судна от его дедвейта

Мощность главного двигателя судна, м,

$$N = 49,23DW^{0,561},$$

при этом $R^2 = 0,905$ (рис. 16).

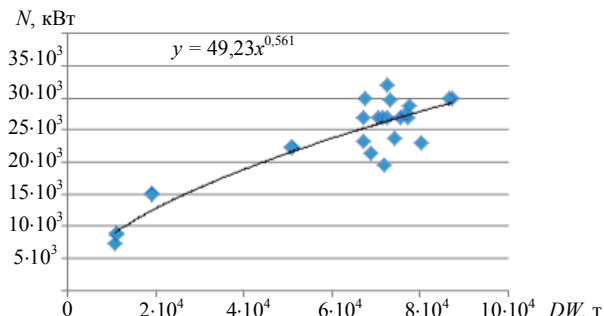


Рис. 16. Зависимость мощности ГД судна от его дедвейта

Длина судна наибольшая, м,

$$L_{нб} = 1,018L_{мп} + 8,38,$$

$L_{мп}$ – длина судна между перпендикулярами, м, при этом $R^2 = 0,98$ (рис. 17).

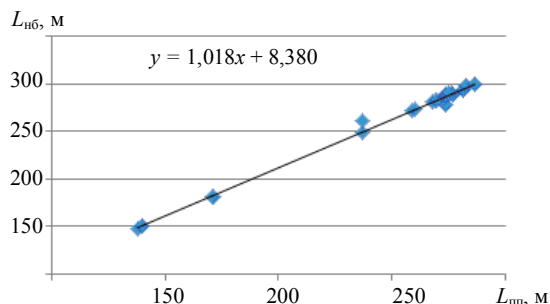


Рис. 17. Зависимость длины судна наибольшей от его длины между перпендикулярами

ВЫВОД

С помощью корреляционно-регрессионного анализа современных данных по судам-газовозам LNG со сферическими вкладными и мембранными емкостями получен ряд регрессионных зависимостей, которые могут быть использованы для приближенного определения основных элементов и характеристик таких судов, а также для формирования начальной точки процедуры поиска решения в оптимизационной задаче их проектирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Горынин, И. В. Проблемы морской транспортировки сжиженного природного газа. Материалы для танков судов-газовозов [Текст] / И. В. Горынин, Ю. Л. Легостаев, Е. П. Осокин // Судостроение. – 2009. – № 5. – С. 32–40.
- [2] Зайцев, В. В. Суда-газовозы [Текст] / В. В. Зайцев, Ю. Н. Коробанов. – Л. : Судостроение, 1990. – 304 с.
- [3] Зайцев, В. В. Теоретические основы проектирования системы морской транспортировки газов [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук : 05.03.08 / Зайцев Владимир Васильевич. – Николаев : УГМТУ, 2001.
- [4] Кахановский, К. В. Проектирование газовозов [Текст] : учеб. пособие / К. В. Кахановский, Ю. М. Ларкин. – М. : ЦРИА «Морфлот», 1981. – 28 с.
- [5] Логачев, С. И. Мировое судостроение: современное состояние и перспективы развития [Текст] / С. И. Логачев, В. В. Чугунов, Е. А. Горин. – 2-е изд., доп. и перераб. – СПб. : МорВест, 2009. – 544 с.
- [6] Михайлов, Б. Н. Анализ основных параметров и разработка математической модели морских метановозов со сферическими грузовыми цистернами [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.08 / Михайлов Борис Николаевич. – Николаев : НКИ, 1982.
- [7] Энергоресурсы, топливо [Электронный ресурс]. – Сжиженный природный газ (СПГ). – Режим доступа: http://neftegaz.ru/tech_library/view/4056.

© Дун Синьшо

Надійшла до редколегії 11.09.2014

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