

УДК 629.5.01

Д.Ю. Несин, начальник сектора

ЦКБ «Коралл»

ул. Репина 1, г. Севастополь, 299028,

E-mail: office@cdbcoral.com

АНАЛИЗ ГЛАВНЫХ РАЗМЕРЕНИЙ КРАНОВОГО СУДНА

Проанализированы основные размеры крановых судов. Получены формулы для определения их главных размерений в зависимости от формы корпуса судна и приведены соответствующие графики.

Ключевые слова: крановое судно, проектирование крановых судов, статистический анализ, форма корпуса, основные элементы судна, главные размеры судна.

Постановка проблемы. Обзор научной литературы свидетельствует, что на данный момент опубликовано мало работ, посвященных определению главных размерений однокорпусных крановых судов большой грузоподъемности (КС) с полноповоротным верхним строением. Наиболее полно вопросы проектирования таких судов освещены в [1]. Необходимо отметить, что в зарубежных публикациях [2, 3] и в Интернете преобладают описательные данные и редко даются обобщающие рекомендации по выбору главных размерений. Поэтому представляется целесообразным, используя накопленные статистические данные, провести анализ главных размерений современных КС.

Цель работы – получение корректных зависимостей главных размерений однокорпусных крановых судов большой грузоподъемности с полноповоротным верхним строением от максимальной грузоподъемности верхнего строения на основе статистических данных.

Изложение основного материала. Рассмотрев зависимости главных размерений однокорпусных крановых судов от ряда проектных параметров, их можно структурно разделить на подмножества. В настоящее время более или менее полные данные имеются по трем из них [4]: крановым судам с упрощенными судовыми обводами; крановым судам с судовыми обводами; крановым судам с булями (спонсонами). Все три типа обводов корпуса показаны на рисунке 1.

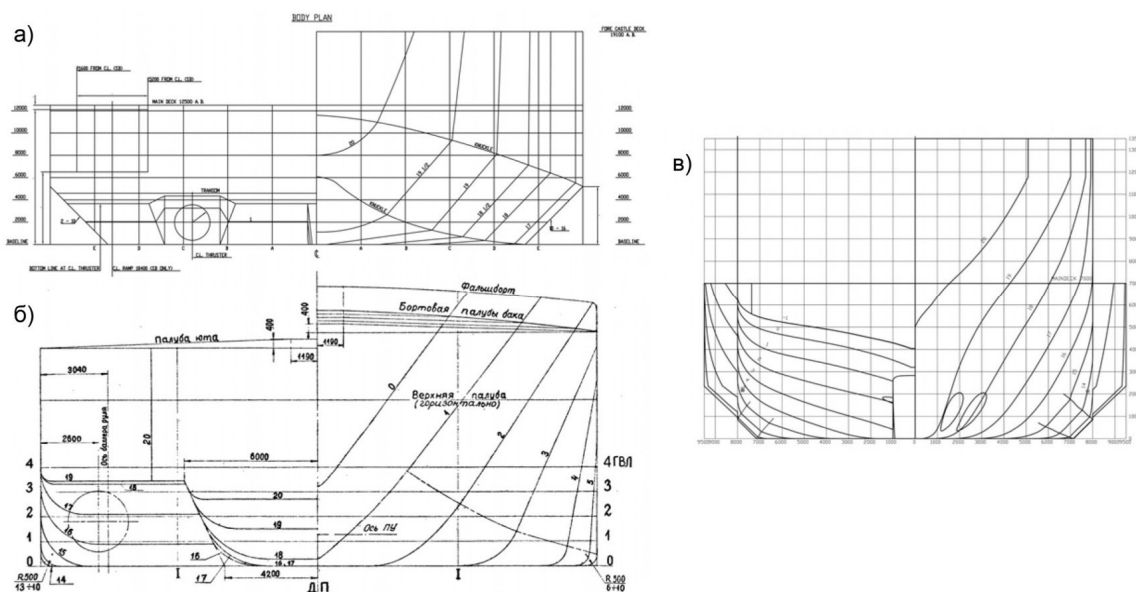


Рисунок 1 – Характер обводов КС: а) упрощенные обводы; б) судовые обводы; в) корпус с булями (спонсонами)

Существенными параметрами являются грузоподъемность главных гаков Q , полезный вылет A_{LD} и высота подъема груза над водой H_{LD} . Значения остальных параметров, в том числе нормативных, сравнительно слабо влияют на различия в вариантах проекта. Так как A_{LD} и H_{LD} коррелированы между собой на данной стадии исследования H_{LD} можно тоже исключить. Задача отыскания интервалов и средних значений главных размерений при заданных «существенных» параметрах может быть сформулирована в виде зависимостей, связывающих искомые размерения и «существенные» параметры, как задача отыскания некоторой функции регрессии и оценки возможных отклонений от нее по данным выборки из эксплуатирующихся крановых судов. Этот переход принципиально возможен, поскольку можно считать, что искомые зависимости имеют физический смысл, так как принимаемые проектантом

решения удовлетворяют законам механики. Поскольку объем выборки заведомо мал (КС строится относительно мало, и достоверные данные имеются по немногим из них), отыскивается медианная функция регрессии, обладающая, как известно [5], большей устойчивостью к выбросам при малых выборках, чем среднеквадратическая.

Поскольку проектные характеристики изменяются в ограниченных интервалах (например, B не может быть меньше, чем необходимо для обеспечения минимальной остойчивости, и не может быть слишком большой, так как это приводит к очевидному и неоправданному возрастанию стоимости сооружения), то оказывается целесообразным отклонения от функции регрессии измерять предельными значениями, а не среднеквадратическими. Если не включать в выборку суда, которые проектировались при необычных ограничениях или имеют необычные значения характеристик, то предельные отклонения могут быть достаточно надежно оценены. Они хорошо соответствуют смыслу задачи, так как позволяют непосредственно указать интервалы изменения рассматриваемых характеристик.

Для статистического анализа был подобран следующий массив КС:

– КС с упрощенными обводами: максимальная грузоподъемность верхнего строения (ВС) Q от 136 до 3800 тонн, массив из 33 судов. График зависимости главных размерений функции Q показан на рисунке 2;

– КС с судовыми обводами: максимальная грузоподъемность верхнего строения (ВС) Q от 40 до 5000 тонн, массив из 28 судов. График зависимости главных размерений функции Q показан на рисунке 3;

– КС с булями (спонсонами): максимальная грузоподъемность верхнего строения (ВС) Q от 540 до 5000 тонн, массив из 26 судов. График зависимости главных размерений функции Q показан на рисунке 4.

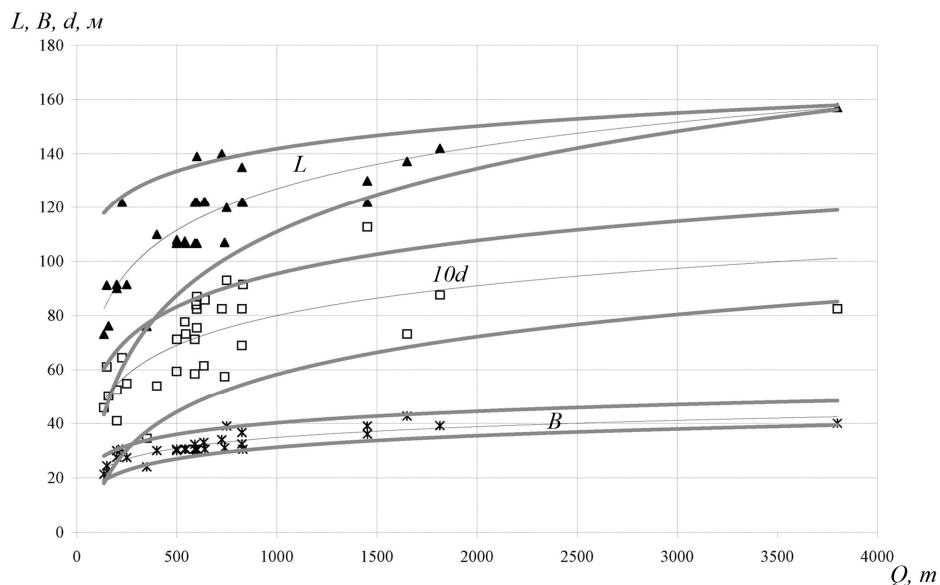


Рисунок 2 – КС с упрощенными обводами. Зависимости $\{L, B, d\} = f(Q)$

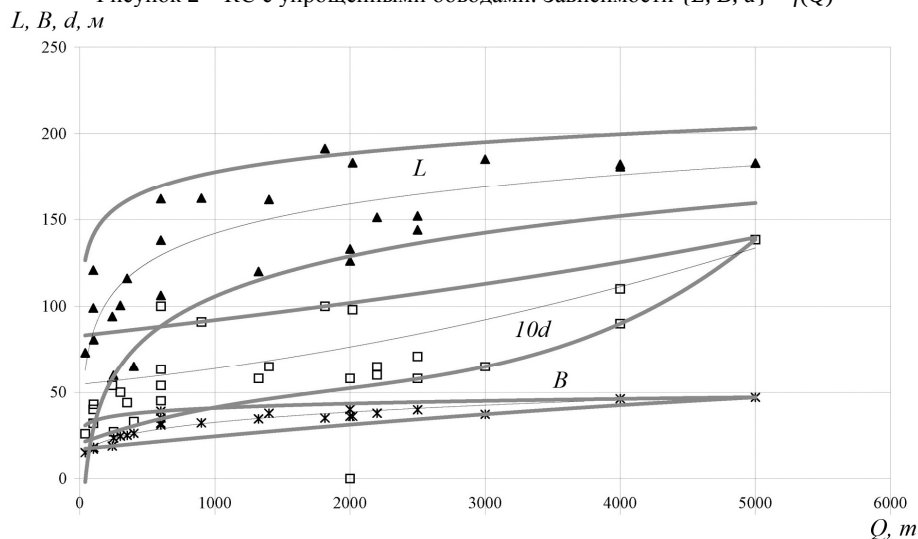
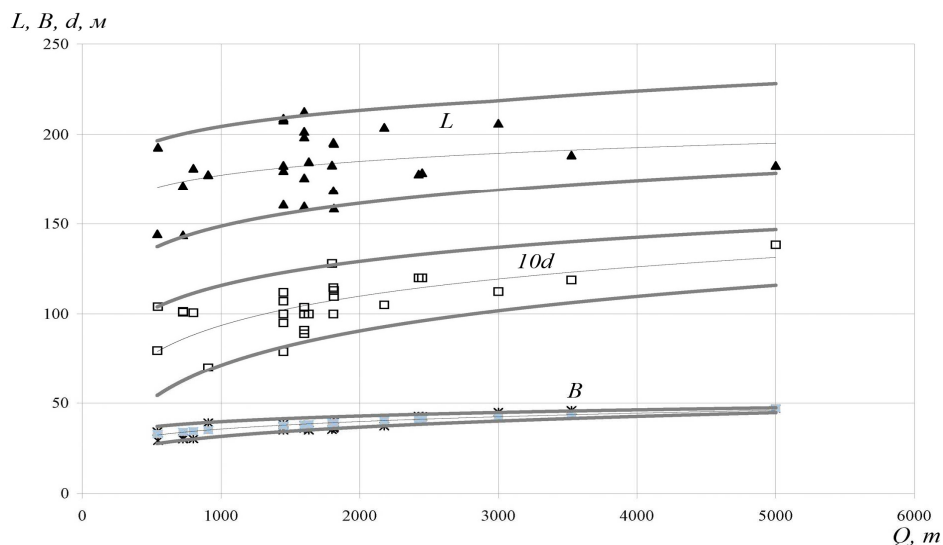


Рисунок 3 – КС с судовыми обводами. Зависимости $\{L, B, d\} = f(Q)$

Рисунок 4 – КС с булями (спонсонами). Зависимости $\{L, B, d\} = f(Q)$

Нижче приводяться статистическі оцінки середніх значень головних розмірів КС, що відповідають режиму КС, в залежності від найбільшої грузопідйомності головних гаків Q (в тоннах). В скобках указана лінійна кореляція R апроксимації по формулі:

– для КС з упрощеними обводами:

$$\text{длина по главной палубе (ГП)} - L = 23,0 \ln(Q) - 32,4, (R=0,84);$$

$$\text{ширина по ГП} - B = 6,11 \ln(Q) - 6,53, (R=0,87);$$

$$\text{осадка в рабочем положении} - d = 1,52 \ln(Q) - 3,21, (R=0,71);$$

– для КС с судовыми обводами:

$$\text{длина по ГП} - L = 36,9 Q^{0,19}, (R=0,81);$$

$$\text{ширина по ГП} - B = -0,591 \cdot 10^{-6} Q^2 + 7,12 \cdot 10^{-3} Q + 25,5, (R=0,89);$$

$$\text{осадка в рабочем положении} - d = 5,39 e^{(1,8 \cdot 10^{-4} Q)}, (R=0,67);$$

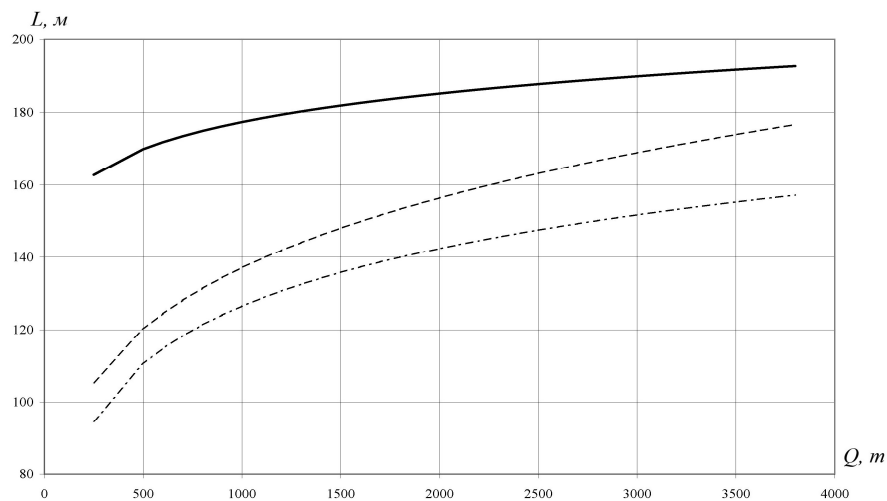
– для КС с булями (спонсонами):

$$\text{длина по ГП} - L = 115,5 Q^{0,0621}, (R=0,41);$$

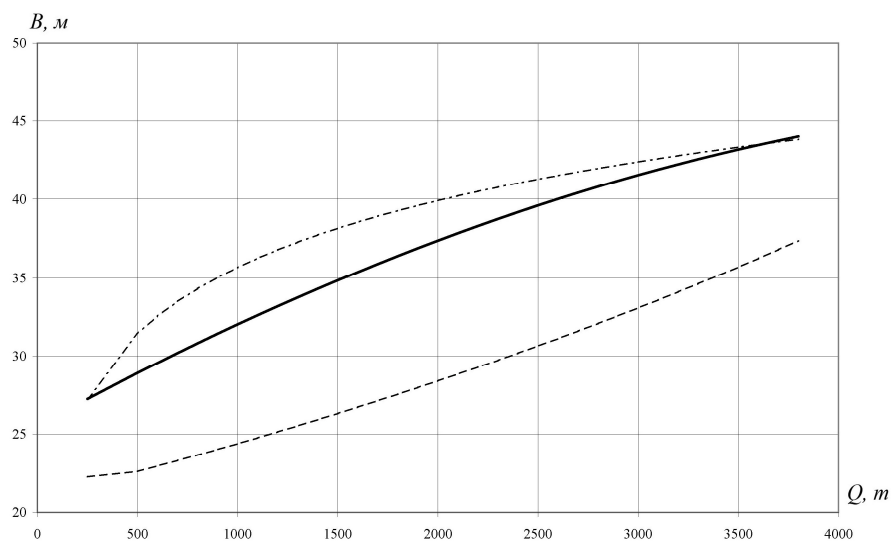
$$\text{ширина по ГП (с учетом булей)} - B = 11,9 Q^{0,16}, (R=0,87);$$

$$\text{осадка в рабочем положении} - d = 1,97 Q^{0,23}, (R=0,66).$$

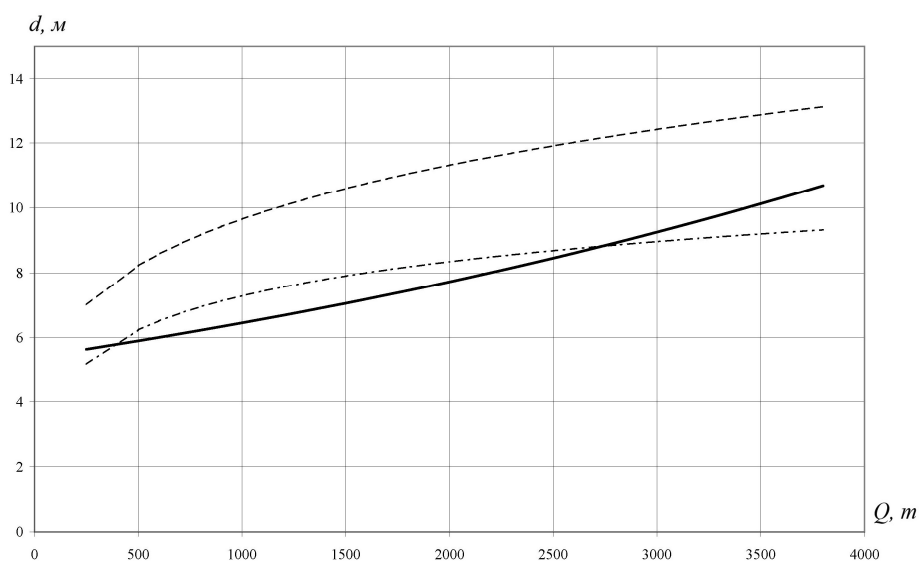
Далее было произведено сравнение значений получаемых по формулам соответствующих размеров судна при различной форме корпуса. На рисунках 5-7 показаны совмещенные графики зависимостей $L = f(Q)$, $B = f(Q)$, $d = f(Q)$ для трех типов корпуса КС соответственно.

Рисунок 5 – Зависимости $L = f(Q)$

— — — — — упрощенные обводы; — — — — — судовые обводы; — — — — — корпус с булями (спонсонами)

Рисунок 6 – Зависимости $B = f(Q)$

— — — — упрощенные обводы; — — — — судовые обводы; — · — — корпус с булями (спонсонами)

Рисунок 7 – Зависимости $d = f(Q)$

— — — — упрощенные обводы; — — — — судовые обводы; — · — — корпус с булями (спонсонами)

Анализ графиков позволяет сделать допущение о том, что при одинаковых максимальных грузоподъемностях ВС и внешних условиях выбор формы корпуса КС оказывает влияние на абсолютные размерения судна. Так наибольшие длины корпуса, при всех равных условиях, будут у КС с булями (см. рисунок 5), ширина – у КС с упрощенными обводами, осадки – у КС с судовыми обводами.

Выводы

1. При одинаковых максимальных грузоподъемностях ВС и внешних условиях наблюдается корреляция между формой корпуса (упрощенные обводы, судовые или корпус булями) и главными размерениями.

2. Полученные статистические зависимости позволяют решить поставленную задачу – оценить средние значения главных размерений КС, а также определить целесообразные пределы вариаций характеристик при функциональной оптимизации. Это позволяет проводить и структурную оптимизацию в рамках трех подмножеств – крановых судов с упрощенными судовыми обводами; крановых судов с судовыми обводами; крановых судов с булями (спонсонами).

Перспективой дальнейших исследований является установление более адекватных зависимостей между проектными характеристиками и основными элементами КС, учитывающими требования к остойчивости и ходкости судна.

Библиографический список использованной литературы

1. Воеводин Н.Ф. Основы проектирования универсальных плавучих кранов [Текст] / Н.Ф. Воеводин. — М.: Изд-во Министерства речного флота СССР, 1950. — 362 с.
2. MAP: 2012 Worldwide survey of heavy-lift / The University of Houston // Offshore Magazine. — Houston, USA: Offshore — 2012 — Nov 12 (102).
3. MAP: 2013 Survey of Worldwide Offshore Pipeline Installation & Burial Contractors & Vessels / The University of Houston // Offshore Magazine. — Houston, USA: Offshore — 2013. — Nov 13 (109).
4. Новиков А.И. Режимы работы и годовая производительность плавучих кранов [Текст]/ А.И. Новиков. — Севастополь: СевНТУ, 2003. — 228 с.
5. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ: В 2-х кн. Кн. 1 [Текст] / Н. Дрейпер, Г. Смит/ Пер. с англ. — 2-е изд., перераб. и доп. — М: Финансы и статистика, 1986. — 228 с., ил.

Поступила в редакцию 2.09.2014 г.

Несін Д.Ю. Аналіз головних розмірів кранового судна

Проаналізовані основні розміри кранових суден. Отримані формули для визначення їх головних розмірів залежно від форми корпусу судна і приведені відповідні графіки.

Ключові слова: кранове судно, проектування кранових судів, статистичний аналіз, форма корпусу, основні елементи судна, головні розміри судна.

Nesin D.J. The analysis of main dimensions of crane ships

The existing means of the determination of vessel's power, and their applicability to crane vessels have been studied; a formula for power determination of the crane vessel propulsive unit is suggested.

Keywords: crane ship, design of crane ships, statistical analysis, hullform, basic ship's elements, main dimensions of the ship.