

УДК 629.12

DOI: 10.37890/jwt.vi84.612

Математическое и геометрическое моделирование судовых бесштоковых якорей повышенной держащей силы

С.Д. Костерина

ORCID: 0009-0001-8380-5546

Ю.А. Кочнев

ORCID: 0000-0002-6864-4473

А.С. Степанова

ORCID: 0000-0002-6611-1518

Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Разработка и модернизация существующих судовых якорей, таких как SPEK, DELTA, LWT, Денфорта, АС-14, Холл, Матросова, под современные требования проектных и конструкторских организаций требует обоснованного подхода, который осуществляется на внедрение в процесс проектирования математического описания основных свойств и дальнейшего трёхмерного моделирования в одном из компьютерных пакетов. Математическая модель якоря при этом представляется совокупностью уравнений и неравенств, отражающих баланс масс деталей и якоря в целом, химического состава материала, технологических и прочностных требований к отдельным элементам конструкции, качеству якоря в виде его держащей силы. Все геометрические характеристики при разработке трёхмерных цифровых двойников изделия параметрически зависимы от основных нормируемых стандартами размеров, распределение которых от массы представляется в виде степенной функции с приведёнными в работе значениями полученных коэффициентов регрессии. Особенности создания цифровых двойников судового якоря рассмотрено на основе моделирования его наиболее сложной части – лапы, которые осуществляется в виде элементарных геометрических фигур: параллелепипеда, призмы, конуса и т.п.. Все это позволяет разрабатывать и моделировать современные, отвечающие новым пожеланиям заказчиков судовые якоря повышенной держащей силы.

Ключевые слова: якоря повышенной держащей силы, геометрические характеристики якоря

Mathematical and geometric modeling of ship stemless anchors with increased holding power

Sofia D. Kosterina

ORCID: 0009-0001-8380-5546

Yuri A. Kochnev

ORCID: 0000-0002-6864-4473

Alla S. Stepanova

ORCID: 0000-0002-6611-1518

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. Development and modernization of existing ship anchors, such as SPEK, DELTA, LWT, Danforth, AC-14, Hall, Matrosov, to meet modern requirements of design and engineering organizations requires a well-founded approach, which is carried out by introducing into the design process a mathematical description of the main properties and further three-dimensional modeling in one of the computer packages. The anchor's mathematical model is represented by a set of equations and inequalities reflecting the mass balance of parts and the anchor as a whole, the chemical composition of the material,

technological and strength requirements for individual elements of the structure, the quality of the anchor in the form of its holding force. All geometric characteristics in the development of three-dimensional digital twins of the product are parametrically dependent on the main dimensions standardized by standards, the distribution of which from the mass is represented as a power function with the values of the obtained regression coefficients given in the work. The features of creating digital twins of a ship's anchor are considered based on modeling its most complex part - the fluke, which is realized in the form of elementary geometric figures: a parallelepiped, a prism, a cone, etc. All this allows us to develop and model modern ship anchors with increased holding power that meet the new wishes of customers.

Keywords: high holding force anchors, geometric characteristics of the anchor

Введение

На настоящий момент в судостроительной промышленности используются якоря со стандартными размерами по каталогам предприятий. Их выбор формы и размеров для установки на судно осуществляется по массово-габаритным характеристикам. Однако при проектировании современных судов с большим числом конструктивных особенностей, достаточно часто возникает необходимость установки на них и, соответственно, разработки уникального по геометрическим особенностям якоря, который в существующих каталогах отсутствуют.

На мировом рынке в настоящее время широкое распространение получили литые якоря повышенной державы следующих основных типов: SPEK, DELTA, LWT (LIGHTWEIGHT), Денфорта, AC-14, Матросова, представленные на рисунке 1 [1]. Факт их принадлежности к категории повышенной державы подтверждается сравнением с якорем Холл (HALL) в соответствии с требованиями Правил РМРС [2].

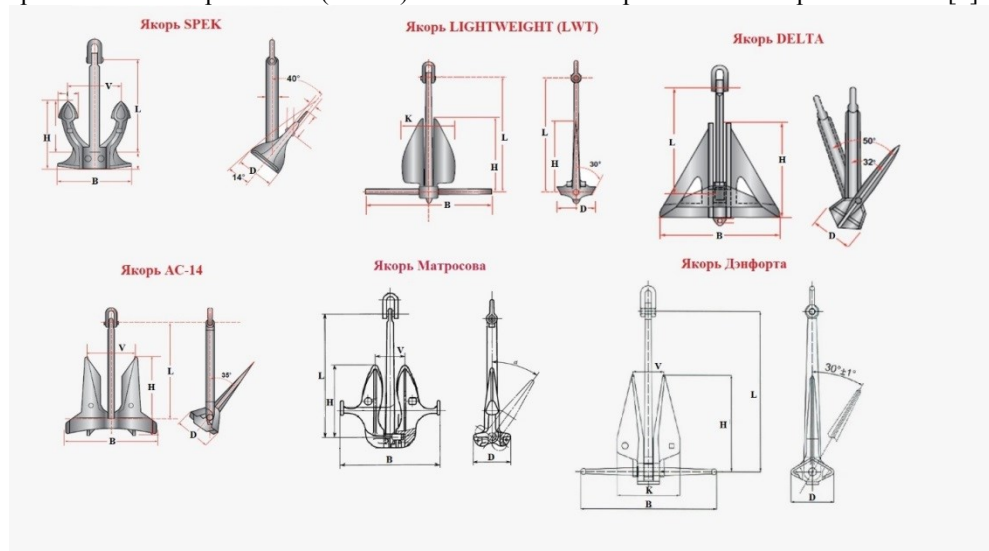


Рис. 1. Типы якорей повышенной державы [1]

В конечном счете изменение по форме или геометрическим размерам выполняется на основании модернизации одного из приведённых типов якорей, для обоснования которых требуется качественно разработанный математический аппарат, опирающийся на описание взаимосвязи между известными и не известными характеристиками якоря, используемых в дальнейшем при его геометрическом моделировании в средствах трёхмерного проектирования.

Таким образом целью работы является разработка методики математического и геометрического моделирования судовых бесштоковых якорей, произвольных масс, не зависящих от типа-размерного ряда, применённого в стандартах и каталогах.

Математическая модель якоря

Математическую модель судового якоря [3] повышенной держащей силы в общем виде можно представить как совокупность уравнений и неравенств [4], отражающих многообразные требования и качества к данному элементу судового устройства, которые функционально записываются в виде

$$\begin{cases} M_i = f(X, R, P), & i \in I, \\ M_\psi \leq s(X, R, P), & \psi \in \Psi, \end{cases} \quad (1)$$

где M_i – i -ое качество (требование) из множества I , уровень которого регламентируется конкретным значением;

M_ψ – ψ -е качество (требование) из множества Ψ , нормируемое предельное значение которого не должно превышать некоторой величины;

X – вектор заданных элементов, в качестве которых принимаются основные параметры – тип, масса и регламентируемые размерения;

R – вектор параметров и характеристик, отражающих регламентируемые качества и свойства;

P – вектор неизвестных элементов и характеристик.

В наиболее общем случае к множеству I будет относиться баланс масс и соответствие геометрических размеров и формы якоря его проектным чертежам.

Второе множество должно отражать соответствие требованиям химического состава материала, условия прочности, условия пространственного положения лап якоря, различные технологические требования и держащую силу.

Визуальный анализ рисунка 1 показывает, что все судовые якоря повышенной держащей силы состоит из четырёх конструктивных элементов [3]: лапа, веретено, якорная скоба, стопорная планка (или её аналог), которые в «сборе» дают габаритные размеры, рассмотренные выше. Определяющая масса в таком случае рассчитывается выражением

$$M_{\text{я}} = m_{\text{л}} + m_{\text{в}} + m_{\text{ск}} + am_{\text{сп}}, \quad (2)$$

где $m_{\text{л}}$ – масса лап якоря, кг;

$m_{\text{в}}$ – масса веретена якоря, кг;

$m_{\text{ск}}$ – масса якорной скобы, кг;

$m_{\text{сп}}$ – масса стопорной планки, кг;

a – количество стопорных планок, применённых в конструкции.

Массы стопорных планок и якорных скоб много меньше масс двух других элементов и слабо зависят от геометрических размеров, и во многих случаях могут быть унифицированы или государственными стандартами, или стандартами предприятий по выпуску готовой продукции. Как правило, основные проектные решения, при разработке новой размерности судового якоря будут направлены на определения формы веретена и лапы, суммарная масса которых:

$$M'_{\text{я}} = M_{\text{я}} - (m_{\text{ск}} + am_{\text{сп}}) = m_{\text{л}} + m_{\text{в}}. \quad (3)$$

Определение необходимой формы сложных изделий в настоящее время выполняется с применением технологии цифрового двойника [10,11,12,13], основанной на компьютерном моделировании [5-9] и создание пространственной взаимосвязи между регламентируемыми и не регламентируемыми (управляемыми) параметрами, что математически может быть записано в виде системы уравнений

$$m'_{л,в} = \sum_u m_u(a_i, b_j, w_k, \rho), \quad (4)$$

$$z'_{л,в} = m_l^{-1} \sum_u [m_u(a_i, b_j, w_k, \rho) \times z_u(a_i, b_j, w_k)], \quad (5)$$

$$M'_я = m'_л + m'_в$$

где $m'_л, m'_в$ – конструктивные массы лапы и веретена якоря;

$m_u(a_i, b_j, w_k, \rho)$ – масса u -ого элементарного элемента лап, кг;

$z_u(a_i, b_j, w_k)$ – центр тяжести элементарного элемента, м;

a_i – регламентированные параметры лапы якоря;

b_j – нерегламентированные, т.е. «управляемые» проектантом параметры лап якоря;

w_k – пропорциональные размеры якоря.

Масса веретена якоря при моделировании [14] представляется как сумма некоторой постоянной массы (узел крепления скобы, ограничитель наклона веретена) и массы, зависимой от положения оси вращения коробки лап на веретене, которое на рассматриваемых якорях имеет форму усечённой призмы. Так как материал (а именно его плотность) и размеры сечения для веретена известны, то его массу в зависимости от положения оси вращения можно представить уравнением:

$$m_v(z_{оси}) = m'_в + (h_я - z_{оси})b_2^2\rho_я + k_в\pi d_в^2b_2\rho_я, \quad (6)$$

где $m'_в$ – постоянная масса веретена, кг;

$h_я$ – высота якоря, определяемая ГОСТом, мм;

$z_{оси}$ – аппликата оси вращения на веретене, мм;

b_2 – размеры сечения веретена, регламентируемые ГОСТом, мм;

$d_в$ – диаметр оси веретена, мм;

$k_в$ – коэффициент, учитывающий длину оси веретена;

$\rho_я$ – плотность материала якоря, кг/мм³.

Лапы якоря имеют более сложную пространственную форму, которая при трехмерном проектировании описывается набором элементарных фигур: призма, пирамида, цилиндр, сфера и т.д. Фигуры взаимодействуют друг с другом путем объединения или исключения, при этом они могут образовывать отдельные сложные конструктивные части, которые затем объединяются в конечную геометрию.

Таким образом требуемая форма, обеспечивающая выполнения, уравнений (4) и (5), характеризуется объёмом и координатами центра тяжести, определяемыми суммированием отдельных объемов

$$V = \sum_j \left(\xi_j \times \sum_i \zeta_{ij} \times v_{ij} \right). \quad (7)$$

$$Z_V = V^{-1} \times \sum_j \xi_j \times \sum_i \zeta_{ij} \times v_{ij} \times z_{ij} \quad (8)$$

где v_{ij} – i -ый объём, формирующий форму j -ого конструктивного элемента изделия;

z_{ij} – геометрический центр i -ого объёма в j -ом конструктивном элементе изделия;

ζ_{ij} – признак использования i -ого объёма в j -ой конструктивном элементе (фактор суммирования), принимающий значения «+1» при объединении двух объемов и «-1» – при вычитании объема из предыдущего;

ξ_j – признак использования j -ого конструктивного элемента, имеющий тот же смысл, что и ζ_{ij} .

Непосредственно объём и его центр масс при параметрическом моделировании задаются в долях от заданных геометрических характеристик якоря, то есть

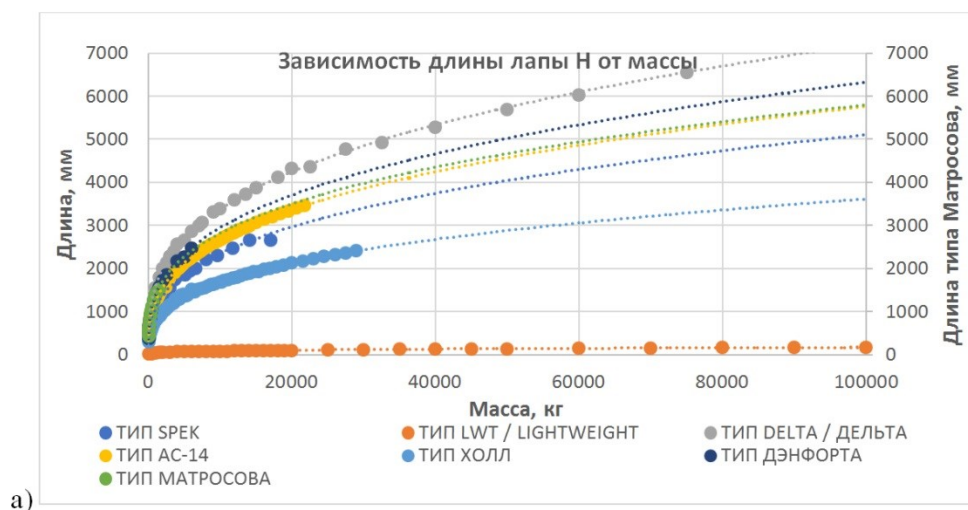
$$v_{ij} = f(H, D, B, L, V, K) \quad (9)$$

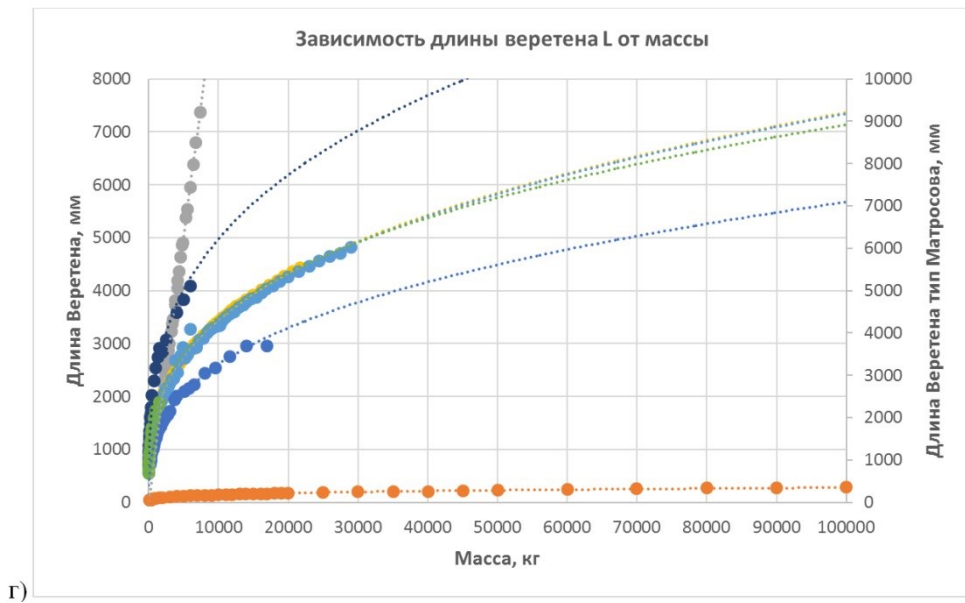
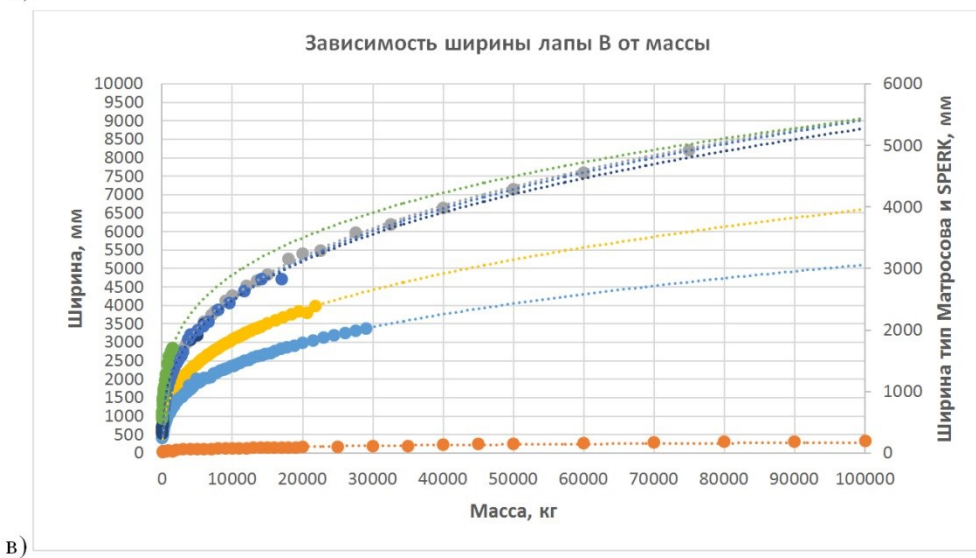
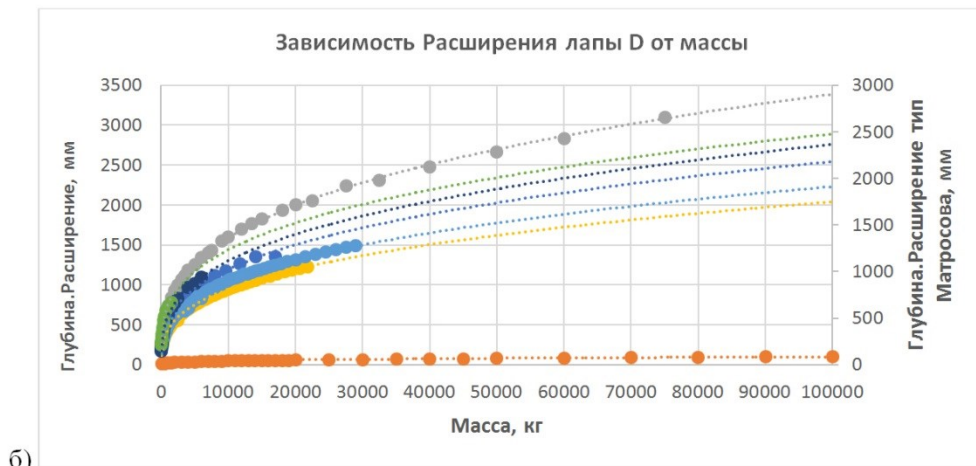
$$z_{ij} = l(H, D, B, L, V, K) \quad (10)$$

где H – длина лапы;
 D – глубина лапы;
 B – ширина лапы;
 L – длина веретена;
 V – расстояние между вершинами лап;
 K – размер плоской части лапы.

Результаты

Требуемые для трёхмерного моделирования нормируемые геометрические размеры [8] могут быть получены регрессионным анализом их распределения от массы якоря (рисунок 2). Диапазон масс, различен для разных типов якорей и составляет: для якоря SPEK от 240 кг до 17000, для LWT от 100 до 100000 кг, для DELTA от 1000 до 75000 кг, для AC-14 от 180 до 21750 кг, для Холла (HALL) от 50 до 29000 кг, для Матросова от 25 – 1500 кг, для Денфорта от 20 до 6000 кг.





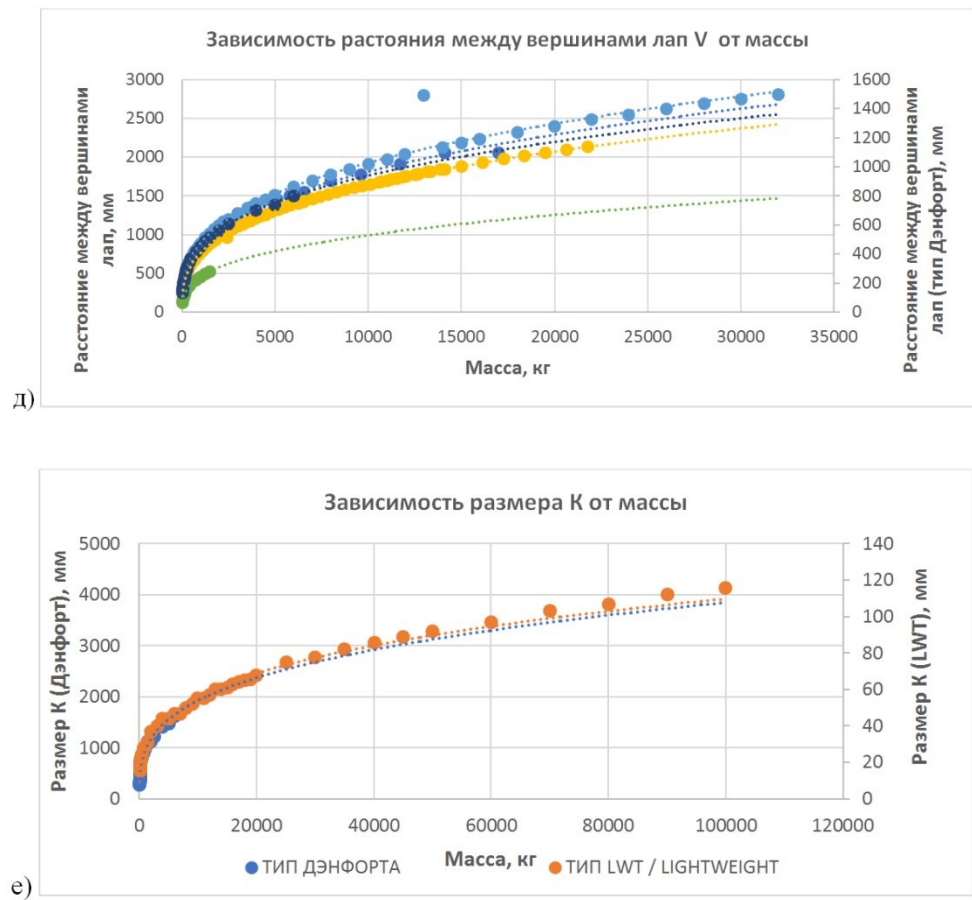


Рис. 2. Зависимость геометрии лапы от его массы.

а) длина лапы Н, б) расширение лапы D в) ширины лапы В г) длины веретена L д) расстояние между вершинами лапы V е) размер плоской части лапы К

Аппроксимация полученного распределения данных наиболее качественно определяется через степенную зависимость

$$x = Am^B \quad (11)$$

где x – один из нормируемых размеров H, D, B, L, V, K ;

A – коэффициент перед массой якоря;

m – масса якоря;

B – коэффициент степени.

Значения коэффициентов A и B для каждого размера и рассматриваемого якоря представленных в таблице 1, а дальнейшее с их помощью моделирование формы лап используя уравнения (7) и (8) представлено в таблице 2.

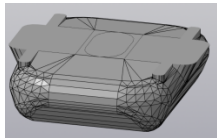
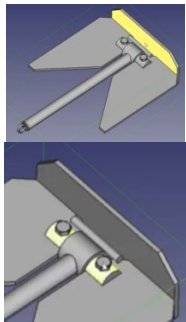
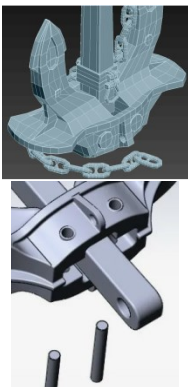
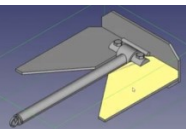
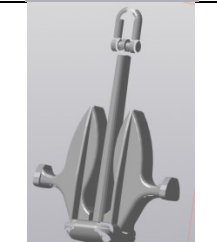
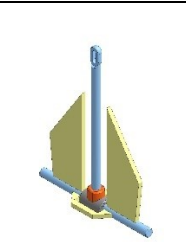
Таблица 1

Коэффициенты размерных зависимостей литых якорей

Зависимости $x = At^B$ / Типы Якорей	ТИП SPEK	ТИП LWT / LIGHTWEIGHT	ТИП DELTA / ДЕЛЬТА	ТИП AC-14	ТИП HALL / ХОЛЛ	ТИП МАТРОСОВА	ТИП ДЭНФОРТА
Зависимость длины лапы H от массы	A=105,28 B=0,3371	A=6,1877 B=0,2881	A=163,8 B=0,3287	A=124,33 B=0,3332	A=83,661 B=0,3273	A=158,42 B=0,3127	A=138,66 B=0,3318
Зависимость глубины лапы D от массы	A=58,416 B=0,3278	A=2,6154 B=0,316	A=76,439 B=0,3294	A=44,115 B=0,3331	A=50,081 B=0,3298	A=75,806 B=0,3029	A=64,42 B=0,3263
Зависимость ширины лапы B от массы	A=111,8 B=0,337	A=8,2272 B=0,309	A=199,87 B=0,3315	A=143,17 B=0,3327	A=110,46 B=0,3329	A=233,79 B=0,2733	A=202,91 B=0,3274
Зависимость длины веретена L от массы	A=145,37 B=0,3377	A=10,185 B=0,2881	A=1 B=1	A=158,99 B=0,3332	A=155,59 B=0,3348	A=253,06 B=0,3094	A=277,05 B=0,3136
Расстояние между вершинами лап якоря V	A=80,764 B=0,3377	-	-	A=76,367 B=0,3333	A=87,181 B=0,3361	A=44,986 B=0,336	A=49,56 B=0,3194
Размеры K - дополнение	-	A=3,8617 B=0,2907	-	-	-	-	A=119,87 B=0,3013
Диапазон масс	240- 17000	100- 100000	1000- 75000	180- 21750	50-29000	25-1500	20-6000

Таблица 2

Этапы формирования модели лапы

Тип операции / Тип якоря	АС-14	Матросова	Дэнфорга и LWT	Хоппа (и SPEK)
Создание коробки лапы: Узел соединения лапы с веретеном; Формирование пустот в коробке				
Создание лап				
Модель лапы				

Обсуждение

Многообразные различных требований к судовому якорю повышенной держащей силы требует применения системного подхода к построению его математической модели и дальнейшему проектированию. Одной из основных задач является определение сложной формы лап и веретена геометрия которых зависит от

габаритных (нормируемых) величин, распределение которых для всех рассматриваемых типов якорей ПДС подчиняется экспоненциальному уравнению. Полученные коэффициенты регрессии, позволяют достаточно быстро, а главное с требуемой на этапе исследовательского проектирования точностью, определять изначально регламентируемые, а затем с применением технологий цифрового прототипа, не регламентируемые элементы якорей.

Применение предложенной методики позволяет за счёт требуемого изменения одного из нормируемых параметров получать фактически новый тип якоря, в котором нуждается непосредственно производство. Данное обстоятельство особенно актуально при разработке судового оборудования для судов, работающих в сложных мореходных условиях, например, для северного морского пути.

Заключение

Разработанная математическая модель позволяет частично автоматизировать разработку судового якоря с применением технологии цифровых прототипов или электронных двойников изделия. Это упрощает как сам процесс проектирования, за счёт исключения большого числа натурных исследований и заменой их численными экспериментами, так и ускоряет сроки изготовления изделий, что бывает крайне важно. Кроме того, при полномасштабном применении указанных технологий, существенно сокращаются ошибки проектирования и тем самым повышается качество судовой продукции.

Список литературы

1. Catalog anchors gigantic inventory used and new with certificates / Anchor Marine Industrial Supply INC. – 28 p. Access mode: URL: https://anchormarinehouston.com/wp-content/uploads/2019/03/Section_1_Anchors.pdf
2. Правила классификации и постройки морских судов. Российского морского регистра судоходства. Часть III Устройства, оборудование и снабжение. – Санкт-Петербург: 2018 – 109 с.
3. Судовые устройства: Справочник / под ред. Александрова М.Н. – Л.: Судостроение, 1987 – 656 с.
4. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики. Учеб. для машиностроит. и приборостроит. спец. вузов. – 5е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., - 1990. – 607с.
5. Пенский О.Г. Сопряженные модели проникновения твердых тел // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. №1, 2007 – с. 151 – 161.
6. Велданов В.А. Возможности моделирования проникновения тел в грунтовые среды / В.А. Велданов, А.Ю. Даурских, А.С. Корнейчик, М.А. Максимов // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2013 – №9. Режим доступа: URL: <http://www.engjournal.ru/catalog/machin/rocket/947.html> - DOI: 10.18698/2308-6033-2013-9-947
7. Котов В.Л. Численное моделирование плоскопараллельного движения конических ударников в грунтовой среде на основе модели локального взаимодействия / В.Л. Котов, А.Ю. Константинов // Вычислительная механика сплошных сред. 2014 – т.7. №3 – с. 225 – 233.
8. Коронатов В.А. Дополнения к элементарной теории проникновения твердого тела в грунтовые среды при однократном и многократном ударе // СИСТЕМЫ. МЕТОДЫ. ТЕХНОЛОГИИ. 2021, №2(50) – с. 42 – 50, DOI: 10.18324/2077-5415-2021-2-42-50
9. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. 8-е изд., перераб. М.: Наука, 1977. – с. 440.
10. Кочнев, Ю. А. Применение аддитивных технологий при исследовании взаимодействия судового якоря с грунтом / Ю. А. Кочнев, И. Б. Кочнева, С. Д. Костерина // Речной транспорт (XXI век). – 2021. – № 4(100). – с. 55-57.
11. Кочнев, Ю. А. Испытания модели судового якоря / Ю. А. Кочнев, С. Д. Костерина // Транспорт. Горизонты развития: Труды 2-го Международного научно-

- промышленного форума, Нижний Новгород, 07–09 июня 2022 года. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2022. – с. 86.
12. Кочнев, Ю. А. Влияние геометрических характеристик якоря на держащую силу / Ю. А. Кочнев, С. Д. Костерина // Транспорт. Горизонты развития: Труды 4-го Международного научно-промышленного форума, Нижний Новгород, 23–26 апреля 2024 года. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2024. – с. 188.
13. Shin, H.K. Experimental study of embedding motion and holding power of drag embedment type anchor on hard and soft seafloor. / Shin, H.-K., Seo, B.-C., & Lee, J.-H. // International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering – 2011. – №3(3)– p. 193–200. doi:10.2478/ijnaoe-2013-0062
14. Роннов, Е. П. Математическая модель судового якоря / Е.П. Роннов, Ю.А. Кочнев // Морские интеллектуальные технологии. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2018. – с. 6.

References

1. Catalog anchors gigantic inventory used and new with certificates / Anchor Marine Industrial Supply INC. – 28 p. Access mode: URL: https://anchormarinehouston.com/wp-content/uploads/2019/03/Section_1_Anchors.pdf
2. Rules for the Classification and Construction of Sea-Going Vessels. Russian Maritime Register of Shipping. Part III Devices, Equipment and Supplies. – Saint Petersburg: 2018 – 109 p.
3. Ship devices: Handbook / ed. Aleksandrov M.N. - L.: Sudostroenie, 1987 - 656 p.
4. Nikitin N.N. Course of theoretical mechanics. Textbook for mechanical engineering and instrument making. special. universities. - 5th ed. revised and enlarged. - M.: Higher. school, - 1990. - 607 p.
5. Pensky O.G. Conjugate models of penetration of solids // News of higher educational institutions. Volga region. Technical sciences. No. 1, 2007 – pp. 151 - 161.
6. Veldanov V.A. Possibilities of modeling the penetration of bodies into soil environments / V.A. Veldanov, A.Yu. Dauriskikh, A.S. Korneichik, M.A. Maksimov // Engineering Journal: Science and Innovation. – 2013 – №9. Access mode: URL: <http://www.engjournal.ru/catalog/machin/rocket/947.html> - DOI: 10.18698/2308-6033-2013-9-947
7. Kotov V.L. Numerical modeling of plane-parallel motion of conical impactors in a soil environment based on a local interaction model / V.L. Kotov, A.Yu. Konstantinov // Computational mechanics of continuous media. 2014 – v.7. №3 – pp. 225 – 233.
8. Koronатов V.A. Supplements to the elementary theory of penetration of a solid body into soil media under single and multiple impacts // SYSTEMS. METHODS. TECHNOLOGIES. 2021, No. 2 (50) – pp. 42 – 50, DOI: 10.18324/2077-5415-2021-2-42-50
9. Sedov L. I. Methods of similarity and dimensionality in mechanics. 8th ed., revised. Moscow: Nauka, 1977. – 440 p.
10. Kochnev, Yu. A. Application of additive technologies in the study of the interaction of a ship's anchor with the ground / Yu. A. Kochnev, I. B. Kochneva, S. D. Kosterina // River transport (XXI century). - 2021. - No. 4 (100). - P. 55-57.
11. Kochnev, Yu. A. Testing a model of a ship's anchor / Yu. A. Kochnev, S. D. Kosterina // Transport. Development Horizons: Proceedings of the 2nd International Scientific and Industrial Forum, Nizhny Novgorod, June 7–9, 2022. – Nizhny Novgorod: Volzhsky State University of Water Transport, 2022. – P. 86.
12. Kochnev, Yu. A. Influence of Anchor Geometrical Characteristics on Holding Force / Yu. A. Kochnev, S. D. Kosterina // Transport. Development Horizons: Proceedings of the 4th International Scientific and Industrial Forum, Nizhny Novgorod, April 23–26, 2024. – Nizhny Novgorod: Volzhsky State University of Water Transport, 2024. – P. 188.
13. Shin, H.K. Experimental study of embedding motion and holding power of drag embedment type anchor on hard and soft seafloor. / Shin, H.-K., Seo, B.-C., & Lee, J.-H. // International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering – 2011. – №3(3)– p. 193–200. doi:10.2478/ijnaoe-2013-0062

14. Ronnov, E. P. Mathematical model of a ship's anchor / E. P. Ronnov, Yu. A. Kochnev // Marine intellectual technologies. - Nizhny Novgorod: Volga State University of Water Transport, 2018. - p. 6.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Костерина Софья Дмитриевна, аспирант, факультет судостроения, гидротехники и защиты окружающей среды, кафедра проектирования и технологии постройки судов ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта», 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: kocter-c@mail.ru

Sofia D. Kosterina, Postgraduate Student, Faculty of Shipbuilding, Hydraulic Engineering and Environmental Protection, Department of Design and Technology of Ship Construction, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Volga State University of Water Transport», 603951, Nizhny Novgorod, Nesterova St., 5, e-mail: kocter-c@mail.ru

Кочнев Юрий Александрович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры проектирования и технологии постройки судов ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта», 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: tmnnkoch@mail.ru

Yuriy A. Kochnev, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Design and Technology of Ship Construction, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Volga State University of Water Transport», 603951, Nizhny Novgorod, Nesterova St., 5, e-mail: tmnnkoch@mail.ru

Степанова Алла Сергеевна, кандидат филологических наук, доцент, доцент кафедры иностранных языков и конвенционной подготовки ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта», 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: allastepanova@mail.ru

Alla S. Stepanova, Candidate of Philological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Foreign Languages and Conventional Training of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Volga State University of Water Transport», 603951, Nizhny Novgorod, Nesterova St., 5, e-mail: allastepanova@mail.ru

Статья поступила в редакцию 16.06.2025; опубликована онлайн 20.09.2025.
Received 16.06.2025; published online 20.09.2025.