

УДК 629.12

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЯКОРЯ НА ДЕРЖАЩУЮ СИЛУ

Костерина Софья Дмитриевна¹, магистрант

e-mail: kocter-c@mail.ru

Кочнев Юрий Александрович¹, доцент, доктор технических наук

e-mail: tmnnkoch@mail.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В работе обобщены результаты испытаний держащей силы моделей якорей с различными геометрическими характеристиками. Приведены графические и функциональные зависимости коэффициента держащей силы при нормальной работе якоря и при смещении судна.

Ключевые слова: якорь судовой, держащая сила.

INFLUENCE OF GEOMETRICAL CHARACTERISTICS OF ANCHOR FOR HOLDING FORCE

Kosterina Sofya Dmitrievna¹, Master's Degree Student

e-mail: kocter-c@mail.ru

Kochnev Yuri Aleksandrovich¹, Associate Professor, Doctor of Technical Sciences,

e-mail: tmnnkoch@mail.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The paper summarizes the results of tests of the holding force of anchor models with different geometric characteristics. Graphical and functional dependences of the coefficient of holding force during normal operation of the anchor and during displacement of the vessel are given.

Keywords: ship's anchor, holding force.

Проектирование нового якоря связано с проведением ряда исследований на подтверждение его технических качеств, таких как прочность отдельных элементов конструкции и величины держащей силы (ДС).

Первое обеспечивается на этапе проектирования после разработки конструкции и рабочих чертежей проверочными расчетами исходя из рекомендуемой схемы испытаний якоря на прочность (рис. 1).

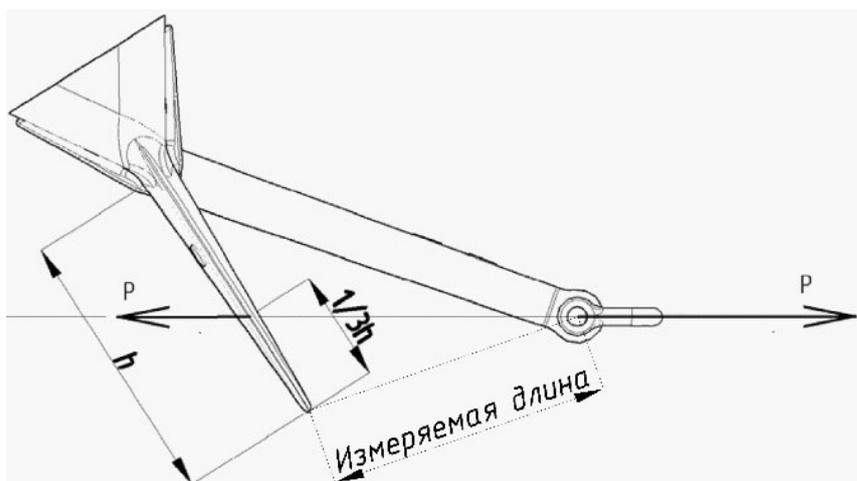


Рисунок 1 – Схема испытания якоря на прочность

Надежным способом исследования ДС является полноразмерные испытания якоря на трех видах грунта, которые в случае не удовлетворительных результатов потребуют полной переработки конструкции якоря, изготовление нового образца и повторных исследований, что является дорогостоящим процессом.

Теоретические исследования взаимодействия станового якоря с грунтом практически отсутствуют. В отечественной литературе приведены, например, в [1]. Имеющиеся работы [2 – 6], затрагивают механику проникновения в грунт твердых тел в различных условиях, но относятся к другим областям техники и не могут быть полноценно адаптированы к условиям работы якоря в различных видах грунта.

Нами были проведены исследования взаимодействия моделей якорей типа ПДС и АС-14, для получения практических рекомендаций, которые могут быть применены для приближенной оценки ДС уже на этапе разработки проекта. Полная процедура эксперимента нами подробно предоставлена в работах [7, 8].

Выполненные исследования позволили получить регрессионную зависимость для нахождения коэффициента держащей силы (КДС) якоря.

$$K = 32,11 + 3,428l/b + 23,43h/l - 0,0151\bar{m} - 0,413\varepsilon + 2,85\gamma \quad (1)$$

где l/b – отношение длины к ширине якоря;

h/l – отношение высоты лапы к ее длине;

\bar{m} – отношение массы якоря к объему параллелепипеда с размерами якоря;

ε – угол наклона коробки лапы;

γ – признак формы лапы.

В современной практике комплектования судна якорями, в связи с особенностями проектирования носовой оконечности и якорных клюзов, достаточно часто возникает необходимость применения уменьшенного или удлиненного веретена. Исследования показали, что длина веретена в пределах точности анализа не влияет на ДС при «нормальной работе якоря». Однако при не правильной постановке на якорь, например, при смене ветра, судно может смещаться по окружности вокруг точки зацепления якоря за грунт (рисунок 2). В таком случае от длины веретена будет зависит величина момента, вызывающего его поперечное смещение.



Рисунок 2 – Вращение судна вокруг точки зацепления веретена за грунт

Результаты экспериментов позволили построить ряд графических и функциональных зависимостей (рисунках 3, 4, 5), распределение ДС при повороте модели якоря от отношения высоты к длине лапы, которое можно представить уравнениями:

- зависимость ДС от площади лапы:

$$K = 21,3 \times S + 13,1 \text{ при } \bar{m} = 898; \quad (2)$$

$$K = 47,6 \times S + 11,5 \text{ при } \bar{m} = 1275; \quad (3)$$

- зависимости ДС от длины лапы:

$$K = 38,4 \times l - 4,5 \text{ при } \bar{m} = 898; \quad (4)$$

$$K = 47,4 \times l + 0,6 \text{ при } \bar{m} = 1275; \quad (5)$$

- зависимость ДС ширины лапы:

$$K = 1061 \times b^2 - 683,9 \times b + 132,3; \quad (6)$$

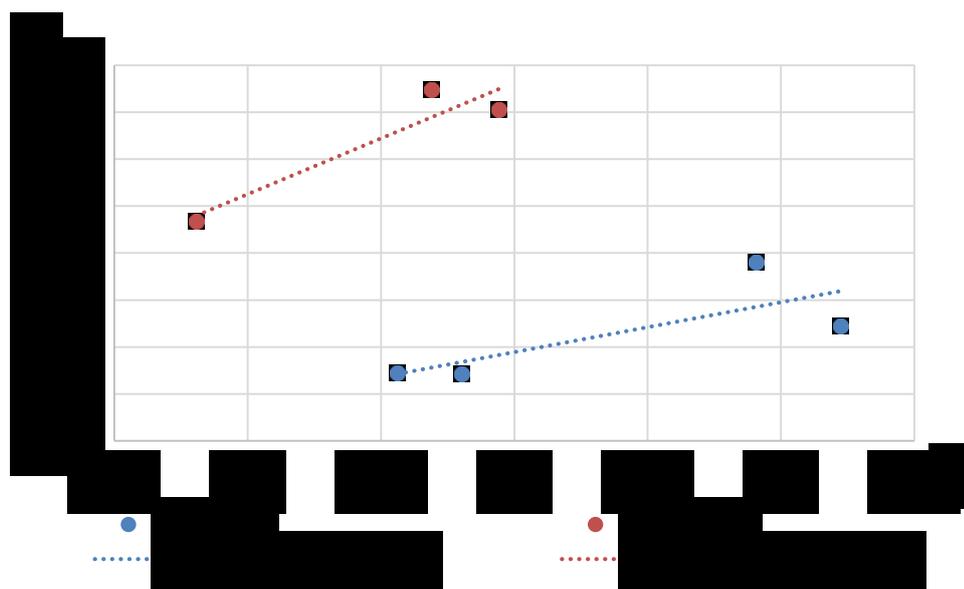


Рисунок 3 – Зависимость ДС от площади лапы

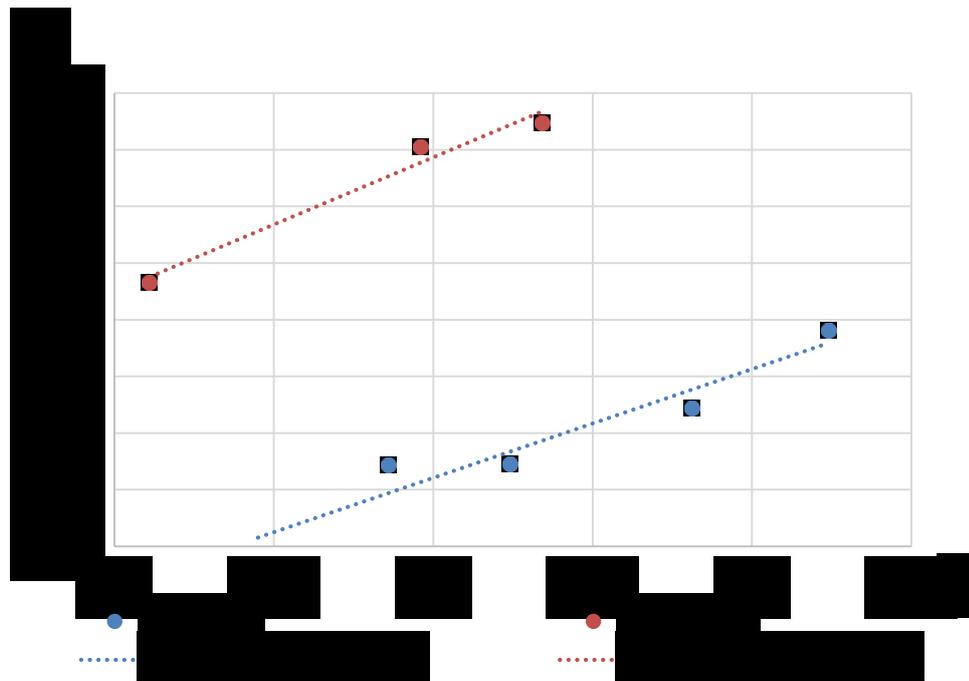


Рисунок 4 – Зависимость ДС от длины лапы

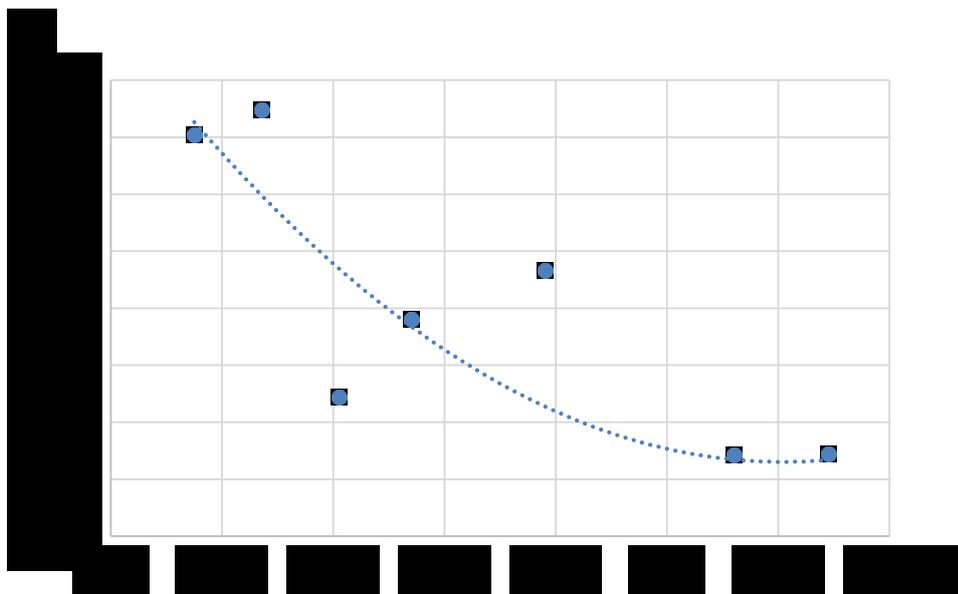


Рисунок 5 – Зависимость ДС от ширины лапы

На последнем графике также видно, что при расширении лапы, держащая сила увеличивается. Но в тоже время, чем меньше расширение лапы, тем длину лапы требуется принимать больше, для повышения значений ДС.

Изменение держащей силы, в зависимости от размеров веретена приведена на рисунке 6.

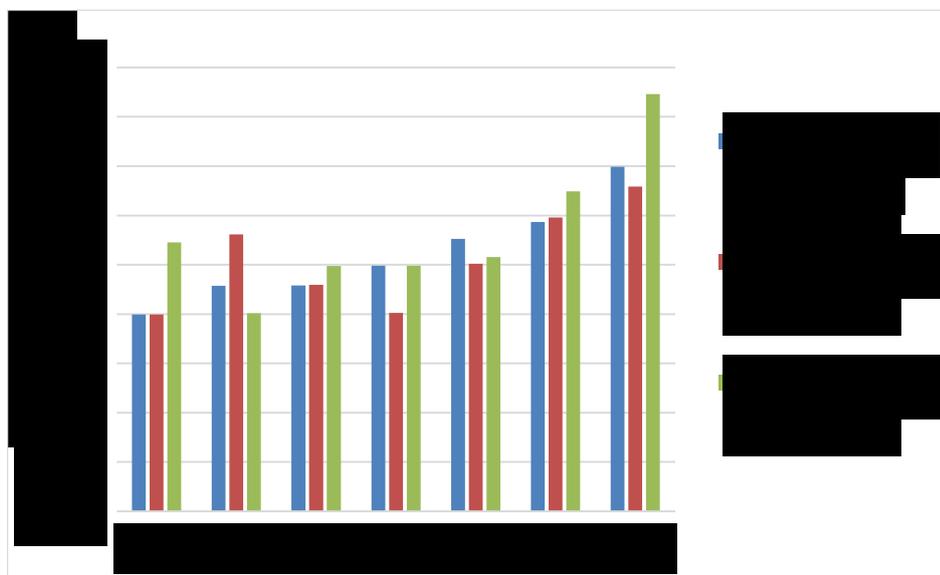


Рисунок 6 – Распределение ДС при повороте от длины веретена

Максимальное отрицательное влияние от снижения длины веретена наблюдается у якоря с большими соотношениями l/b и h/l , но меньшей \bar{m} , что можно объяснить, в конечном счёте, наименьшей шириной лапы и, следовательно, минимальным сопротивлением поперечному сдвигу. В остальных случаях применение укороченного веретена вполне является допустимым решением.

Так же анализ рисунка показывает, что увеличение длины веретена, как правило увеличивает держащую силу якоря, что в большей мере связано с существенным увеличением общей массы якоря.

Проведенные исследования позволяют применять их результаты при разработке новых образцов судовых якорей повышенной держащей силы. Модельные испытания или полученные на их основе уравнения не позволяют получить сертификат Регистра. Однако предварительно обоснованные размеры якоря снизят вероятность отрицательных результатов при проведении дорогостоящих полномасштабных испытаний и позволит в более короткие сроки выводить образцы новой продукции на рынок, что особенно актуально в современных экономических реалиях.

Список литературы:

1. Судовые устройства: Справочник / под.ред. Александрова М.Н. – Л.: Судостроение, 1987 – 656 с.
2. Кадыров, А.С. применение методов теории подобия и размерностей при моделировании процесса вращения фрезерного рабочего органа в среде глинистого тиксотропного раствора / А.С. Кадыров, Ж.Ж. Жунусбеков, В.С. Смагина, Б.С. Жумабаев // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований №6, 2015 – с. 31 – 37.
3. Пенский О.Г. Сопряженные модели проникновения твердых тел // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. №1, 2007 = с. 151 – 161.
4. 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

5. 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.

6. Корнатов 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

7. Кочнев, Ю. А. Определение держашей силы судовых якорей на основе модельных испытаний / Ю. А. Кочнев // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. – 2022. – № 68 – 69. – с. 43 – 50.

8. Костерина, С.Д. Применение аддитивных технологий при исследовании взаимодействия судового якоря с грунтом / Ю.А. Кочнев, И.Б. Кочнева, С.Д. Костерина // Речной Транспорт (XXI век) М. – 2021.–№4(100) – с. 55 – 57.

