

УДК 629.12

Кочнев Юрий Александрович¹, к.т.н., доцент,
e-mail: tmnkoch@mail.ru

Костерина Софья Дмитриевна¹, студент, факультет Кораблестроения, гидротехники и
защиты окружающей среды
e-mail: kocter-c@mail.ru

¹Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород,
Россия.

ИСПЫТАНИЯ МОДЕЛИ СУДОВОГО ЯКОРЯ

Аннотация. В статье рассмотрены особенности проведения эксперимента по определению держащей силы пластиковых моделей якоря повышенной держащей силы и якоря Холла. Приведены полученные авторами коэффициенты подобия, отражающие подобие процессов зацепления якоря за грунт, как при движении, так и при статическом зацеплении. Показаны результаты эксперимента.

Ключевые слова: якорь, эксперимент, коэффициенты подобия

Прогнозирование держащей силы судового якоря, особенно при разработке якоря новой конструкции с повышенной или высокой держащей силой, является обязательным в соответствии с требованиями классификационных обществ. Для этого необходимо совместное испытание двух новых якорей различной массы с бесштоковыми якорями на трёх типах грунта. Альтернативой, на наш взгляд может стать испытание пластиковых моделей полученных на основе аддитивных технологий.

Для последнего требуется обеспечить подобие натурального и модельного эксперимента, что возможно при геометрическом, кинематическом и динамическом подобии.

Обеспечение геометрического подобия с модулем λ_L при применении 3d-принтера по имеющейся трёхмерной модели якоря не является сложной задачей.

Критерии динамического и кинематического подобия могут быть получены на основе анализа размерностей [1, 2] общего уравнения держащей силы якоря

$$P = f(S, \varphi, m, v, g), \quad (1)$$

где S – площадь активного контакта якоря с грунтом, зависящая от пространственного положения как якоря в целом, так и его отдельных конструктивных элементов, имеющих собственные степени своды, м²;

φ – удельного сопротивления грунта сдвигу, Н/м² или кг/(с²м);

m – масса якоря, кг;

v – начальная скоростью движения якоря, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Уравнение (1) можно записать как произведение

$$P = a_0 \times S^{a_1} \times \varphi^{a_2} \times m^{a_3} \times v^{a_4} \times g^{a_5}. \quad (2)$$

где a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 – коэффициенты.

Заменив входящие величины их размерностями и, приравняв показатели степени при одинаковых значениях, составляют систему уравнений, с неизвестными a_i , решив

которую можно получить уравнение для реакции грунта на якорь находящийся в движении

$$P = a_0 \times S^{-0,5+1,5a_2+1,5a_5} \times \varphi^{a_2} \times m^{1-a_2} \times v^{2-2a_2-2a_5} \times g^{a_5} = a_0 \times \frac{mv^2}{\sqrt{S}} \times \left(\frac{S^{1,5}\varphi}{mv^2} \right)^{a_2} \times \left(\frac{S^{1,5}g}{v^2} \right)^{a_5}. \quad (3)$$

Если в уравнениях (1) и (2) принять, что скорость у якоря отсутствует, то есть якорь пришел в рабочее состояние, зацепившись за грунт, аналогично рассмотренному выше случаю получим уравнение для определения держащей силы якоря

$$P = u_0 \times S^{u_2} \times \varphi^{u_2} \times m^{1-u_2} \times g^{1-u_2} = u_0 \times \left(\frac{S\varphi}{mg} \right)^{u_2} \times mg. \quad (4)$$

Значения коэффициентов a_2, a_5, u_2 определяется в ходе эксперимента или с натурным якорем или с его моделью. А значение множителей рассматривается как коэффициенты подобия между процессами движения и зацеплением якоря и его модели

- при движении якоря

$$K_1 = \frac{mv^2}{\sqrt{S}}, \quad K_2 = \frac{S^{1,5}\varphi}{mv^2}, \quad K_3 = \frac{S^{1,5}g}{v^2};$$

- при статическом зацеплении якоря за грунт

$$Q_1 = \frac{S\varphi}{mg}, \quad Q_2 = mg.$$

Учитывая полученные коэффициенты подобия, нами были проведено исследование держащей силы модели якоря AR-14 и Холла, на гравитационной опытовой установке (рисунок 1), результаты которого приведены в таблице 1.

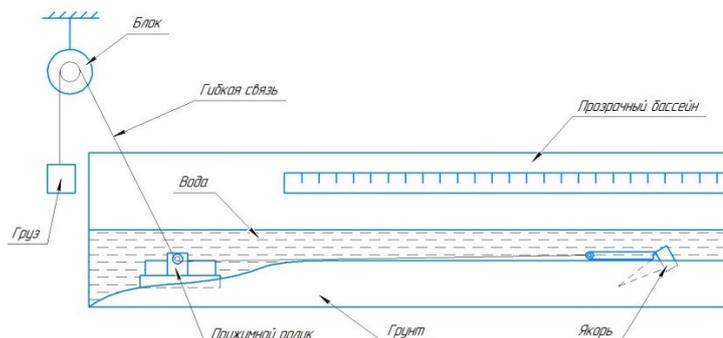


Рисунок 1 – Схема опытовой установки для испытания якоря

Таблица 1 – Результаты испытаний якорей

Тип якоря	Масса модели якоря, г	Масса груза, г	Отношение массы груза к массе якоря (коэффициент держащей силы модели якоря)
Холла	46,5	862	18,54
AR-14	59,0	1560	26,44

Эксперимент показал возможность использования пластиковых моделей для определения держащей силы как обычных бесштоковых якорей, так и якорей с повышенной и высокой держащей силой. Законы движения моделей якорей в опытовой установки, до их зацепления с грунтом и остановки, соответствуют теоретическим и фактическим данным [3]. Таким образом разработанная методика может быть рекомендована для расчёта держащей силы якоря при его проектировании.

Список литературы:

1 Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. 8-е изд., перераб. М.: Наука, 1977. - 440 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. Жунусбекова, В.С. Смагина, Б.С. Жумабаев // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований №6, 2015 – с. 31-37

3 Hyun-Kyoung Shin, Byoung-Cheon Seo, Jea-Hoon Lee, Experimental study of embedding motion and holding power of drag embedment type anchor on hard and soft seafloor, International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering, Volume 3, Issue 3, September 2011, p. 193-200, DOI: doi.org/10.2478/IJNAOE-2013-0062

SHIP ANCHOR MODEL TESTS

Yury A. Kochnev,

Abstract. The article discusses the features of conducting an experiment to determine the holding force of plastic models of anchors of increased holding force and Hall anchors. The similarity coefficients obtained by the authors are given, reflecting the similarity of the processes of anchoring to the ground, both during movement and during static engagement. The results of the experiment are shown.

Keywords: anchor, experiment, similarity coefficients