

УДК 629.5.01

**AUTOMATIZATION OF STABILITY EVALUATION
FOR A CARGO SHIP****АВТОМАТИЗАЦИЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ
ОСТОЙЧИВОСТИ ГРУЗОВОГО СУДНА****N. N. Kabanova, PhD, associate professor****Н.Н. Кабанова, к.т.н., доцент***National University of Shipbuilding, Ukraine**Національний університет кораблестроєння, Україна***ABSTRACT**

The description of developed computer program is made for cargo ship's stability estimation at large angles of heel with the influence of following sea. The set of approximation formulae is built for algorithm of rolling amplitude estimation in accordance with Register rules. The formula for approximate estimation of vessel's windage area and applicate of the center of gravity for this area is developed.

Keywords: stability, large angles of heel, automation, approximate calculation, cargo ship.

Постановка проблемы

Расчет остойчивости судна на больших углах крена представляет собой достаточно трудоемкий процесс, требующий наличия большого количества входящих параметров. Для обеспечения возможности ее проверки на начальной стадии проектирования целесообразно использование приближенных методов, для ускорения работы которых необходима разработка соответствующей компьютерной программы.

Анализ последних исследований и публикаций

Для расчета остойчивости на больших углах крена разработано большое количество различных методов, значительная часть которых рассмотрена в [1]. Одним из наиболее часто используемых методов приближенной оценки остойчивости судна является алгоритм, предложенный Власовым [2]. Существуют публикации, посвященные решению рассматриваемой проблемы для некоторых типов судов [3,4]. В настоящее время для грузовых судов отсутствуют приложения, которые могли бы автоматизировать приближенный расчет остойчивости, тем самым экономя временные затраты проектанта. В разработанном программном продукте выполнен учет влияния попутного волнения на величину плеч диаграммы статической остойчивости [5].

Цель работы – автоматизация приближенных расчетов остойчивости грузового судна.

Задачей исследования является разработка приложения для экспресс-оценки остойчивости судна.

Изложение основного материала

Для приближенной оценки остойчивости судна на больших углах крена в среде Delphi 7 было разработано соответствующее приложение. Для данного расчета требуется ряд входящих параметров: L – длина между перпендикулярами, B – ширина, d – осадка, D – высота борта, C_b – коэффициент общей полноты, N_e – мощность двигателя, v_s – скорость судна; $h_{3\%}$ – высота волны 3% обеспеченности; λ – длина волны. После этого вычисляется призматический коэффициент:

$$C_p = 0.04 + 0.96C_b; \quad (1)$$

коэффициент полноты ватерлинии при $C_p < 0.85$:

$$C_w = 0.878C_p + 0.1733; \quad (2)$$

коэффициент полноты ватерлинии при $C_p \geq 0.85$:

$$C_w = 0.6C_p + 0.4; \quad (3)$$

коэффициент полноты мидель-шпаногута:

$$C_m = \frac{C_b}{C_p}; \quad (4)$$

число Фруда:

$$Fr = \frac{0.514v_s}{\sqrt{gL}}; \quad (5)$$

поперечный метацентрический радиус:

$$r = \frac{k_\rho C_w^2 B^2}{12C_b d}. \quad (6)$$

В формуле (6):

$$k_\rho = 0.74 + 0.8C_w - 0.55C_w^2. \quad (7)$$

Абсцисса центра величины:

$$Z_c = 0.5 \sqrt{\frac{C_w}{C_b}} d; \quad (8)$$

абсцисса центра тяжести:

$$Z_g = 0.6567D; \quad (9)$$

длина машинного отделения:

$$L_{mo} = 11 + 0.14\sqrt{N_e}. \quad (10)$$

Далее ведется расчет амплитуды качки по нормам Регистра. Для этого используются табличные значения некоторых величин, для удобства вычисления которых была произведена процедура аппроксимации полиномами:

при $3.6 \leq \frac{B}{d} < 6.5$:

$$X_1 = -0.00148 \left(\frac{B}{d}\right)^5 + 0.04025 \left(\frac{B}{d}\right)^4 - 0.42096 \left(\frac{B}{d}\right)^3 + 2.10751 \left(\frac{B}{d}\right)^2 - 5.09825 \frac{B}{d} + 5.60286; \quad (11)$$

при $2.4 < \frac{B}{d} < 3.6$:

$$X_1 = 0.2563 \left(\frac{B}{d}\right)^4 - 3.0746 \left(\frac{B}{d}\right)^3 + 13.724 \left(\frac{B}{d}\right)^2 - 27.1908 \frac{B}{d} + 21.2061; \quad (12)$$

при $0.45 < C_b < 0.6$:

$$X_2 = -13.3333 C_b^3 + 20 C_b^2 - 8.56667 C_b + 1.77; \quad (13)$$

при $0.6 \leq C_b < 0.7$:

$$X_2 = 2 C_b^2 - 2.1 C_b + 1.49; \quad (14)$$

при $6 \leq \tau \leq 12$:

$$S_k = -0.0000125 \tau^4 + 0.00059583 3 \tau^3 - 0.01033 \tau^2 + 0.07037 \tau - 0.063; \quad (15)$$

при $12 < \tau \leq 20$:

$$S_k = 0.000375 \tau^2 - 0.01575 \tau + 0.2; \quad (16)$$

при $1 \leq z_v < 7$:

$$p_v = 0.02043 z_v^8 - 0.70077 z_v^7 + 10.13058 z_v^6 - 80.32156 z_v^5 + 380.0389 z_v^4 - 1088.6691 z_v^3 + 1801.128 z_v^2 - 1391.0123 z_v + 1075.3741. \quad (17)$$

Парусность можно определить по формуле:

$$A = 1.0333 L(D - d) + L_{mo} h_n N_n, \quad (18)$$

где h_n и N_n – соответственно высота и количество ярусов надстройки.

Аппликата центра тяжести площади парусности может быть найдена как:

$$z_v = \frac{L_{mo} h_n N_n \left(D + \frac{h_n N_n}{2} \right) + 1.0333 L(D - d) \left(d + \frac{D - d}{2} \right)}{A}. \quad (19)$$

Далее ведется заполнение массива плеч диаграммы статической остойчивости (ДСО) при шаге крена (θ) в 1 градус. Плечи находятся по методу Благовещенского-Власова исходя из данных θ , B , D , d , r , z_g , z_c . Учет поправки на влияние попутного волнения – по методу, предложенному Нечаевым исходя из данных $crut$, θ , L , B , d , D , C_b , C_w , C_m , Fr . $crut$ – крутизна волны.

Основное окно разработанной программы представлено на рис. 1.

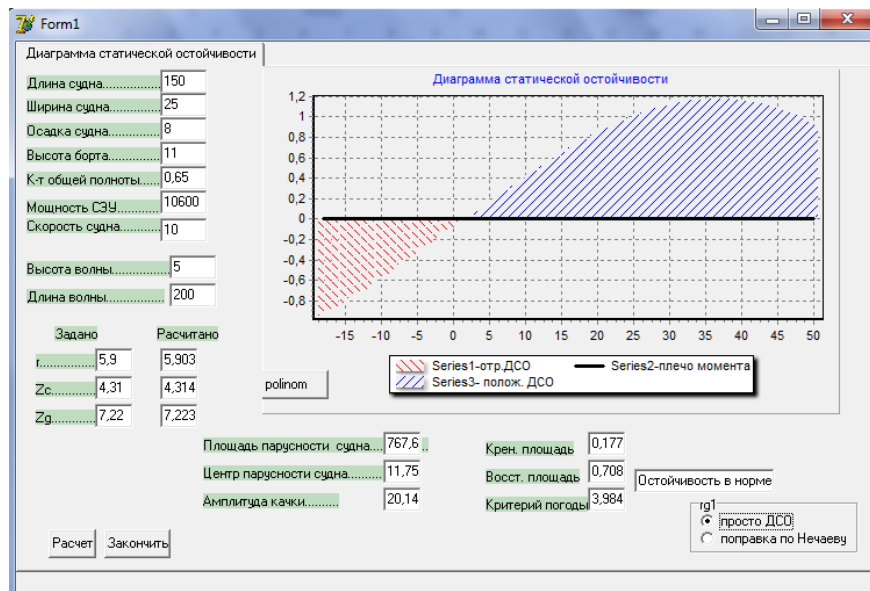


Рис. 1. Основное окно программы расчета остойчивости судна

В колонке слева задаются необходимые для дальнейших расчетов параметры. Результирующими величинами являются площадь парусности, положение ее центра, амплитуда качки, значение кренящего и восстанавливающего моментов. Отношение последних двух величин представляют собой критерий погоды. Если его значение больше 1, то проблем с остойчивостью нет, о чем говорит соответствующее сообщение.

Запуск программы осуществляется кнопкой «Расчет», выход – «Закончить». Переключение между режимами расчетов остойчивости судна (с учетом поправки на попутном волнении и без нее) производится в нижнем правом углу формы. Площади ДСО отображены графически.

Для обеспечения визуальной оценки влияния волнения, в отдельном окне строятся графики (рис. 2). Для оценки влияния поправки на волнении, ее график изображен в отрицательной области плеч остойчивости диаграммы.

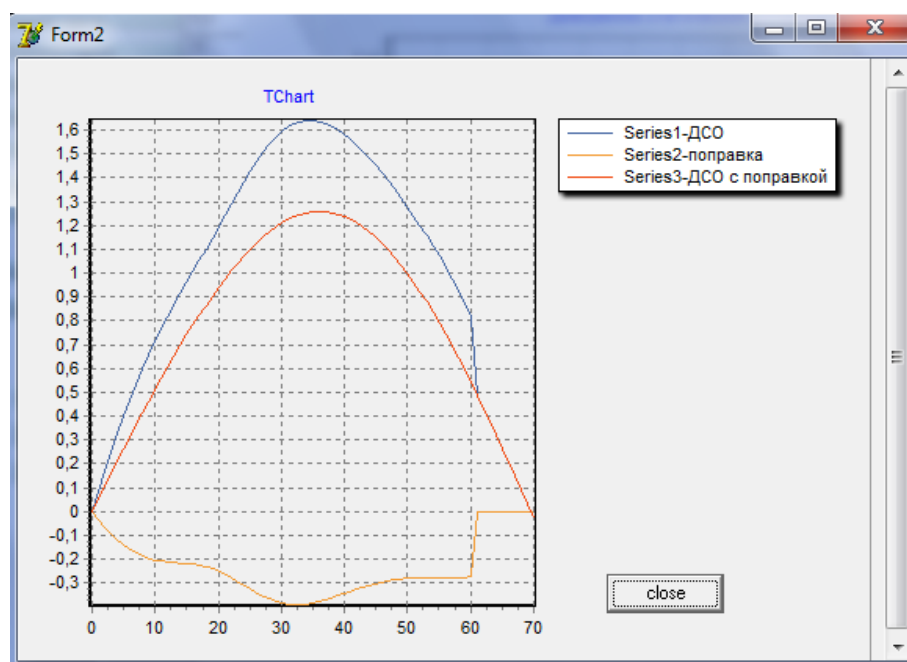


Рис. 2. ДСО с учетом поправки на волнении

Выводы

1. Автоматизация расчетов устойчивости позволяет сократить временные затраты, тем самым повышая эффективность работы проектировщика.
2. Использование разработанной программы позволит провести анализ влияния входящих параметров на получаемый результат.
3. Использование построенных аппроксимационных зависимостей ряда коэффициентов, а также разработка уточненной формулы вычисления площади парусности и аппликаты центра ее тяжести позволит упростить их применение в соответствующих расчетах.

Перспективы дальнейших исследований состоят в корректировке соответствующих коэффициентов для более точного определения параметров диаграммы статической устойчивости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воеводин Н.Ф. Методы расчета устойчивости на больших углах крена [Текст] / Н.Ф. Воеводин. – Севастополь: СПИ, 1970. – 175 с.
2. Власов В. Г. Приближённая формула для вычисления плеч устойчивости формы [Текст] / В. Г. Власов // *Собрание трудов*. – Л.: Судпромгиз, 1959. – Том I. – С. 153-171.
3. Бондаренко А.В. Оценка параметров диаграммы статической устойчивости лоцманских катеров на ранних стадиях проектирования [Электронный ресурс]: *Modern problems and ways of their solution in science, transport, production and education* 2015: Технические науки – Кораблестроение / А.В. Бондаренко, Я. А. Клева, В. П. Шестопал. – Режим доступа: <http://www.sworld.com.ua/konfer39/183.pdf>. – загол. с экрана.
4. Буй Д. Т. Проверка устойчивости скоростных автопассажирских катамаранов на этапе концептуального проектирования [Текст] / Буй Д. Т., А.В. Бондаренко // *Науковий вісник Херсонської державної морської академії*. – 2013. – №1. – С. 13-20.
5. Нечаев Ю. И. Анализ и прогноз поведения судна в экстремальной ситуации на основе нечеткой системы знаний [Текст] / Ю. И. Нечаев, Хейн Тун // *Искусственный интеллект*. – 2009. – № 3. – С. 434-442.
6. Правила классификации и постройки морских судов [Текст]: в 3 т. : НД 2-020101-064. – СПб : Российский морской регистр судоходства, 2012. – 1 т.