

УДК 728:69.034.2

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ДИАГРАММЫ СТАТИЧЕСКОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ ЗДАНИЙ НА ВОДЕ

д.т.н., проф., Савицкий Н.В., асп. Шехоркина С.Е.

*ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства
и архитектуры». г. Днепрпетровск*

Актуальность проблематики и постановка задачи. В связи с увеличивающейся популярностью строительства зданий на воде возникает необходимость разработки методик обеспечения безопасной эксплуатации плавучих зданий.

Изложение основного материала. Здания на воде в соответствии с классификацией Регистра судоходства Украины относятся к стоечным судам. Для безаварийной эксплуатации таких зданий одним из наиболее важных технических качеств является остойчивость. Остойчивостью называется способность судна сохранять статическое равновесие, как при отсутствии, так и при наличии какого-либо внешнего воздействия (порыв ветра, скопление людей на одном борту и т.п.) [1]. Остойчивость жилого дома на воде, эксплуатация которого предусмотрена в прибрежных районах, оценивается по критерию ветростойкости.

Критерий ветростойкости характеризуется оценкой потенциальных возможностей судна противостоять возможному внешнему воздействию ветра:

$$M_{крен} \leq M_{дон} = V \cdot l_{max} , \quad (1)$$

где $M_{крен}$ - кренящий момент от воздействия ветровой нагрузки; $M_{дон}$ - предельно допустимый кренящий момент, V – водоизмещение; l_{max} – максимальное плечо статической остойчивости.

Предельно допустимый кренящий момент $M_{дон}$ определяется по диаграмме статической остойчивости (ДСО), которая представляет собой график зависимости изменения восстанавливающего момента от угла накренения судна [1].

Плечо восстанавливающего момента (плечо статической остойчивости) определяется выражением [2]:

$$l_{\theta} = x_c \cdot \cos \theta + (y_c - y_{c_0}) \cdot \sin \theta - a_0 \cdot \sin \theta . \quad (2)$$

Схема к определению плеча статической остойчивости приведена на рис. 1.

где $tg\theta$ - угловой коэффициент, равный тангенсу угла крена здания на воде; T – осадка здания на воде; Y_f – ордината точки вращения ватерлинии.

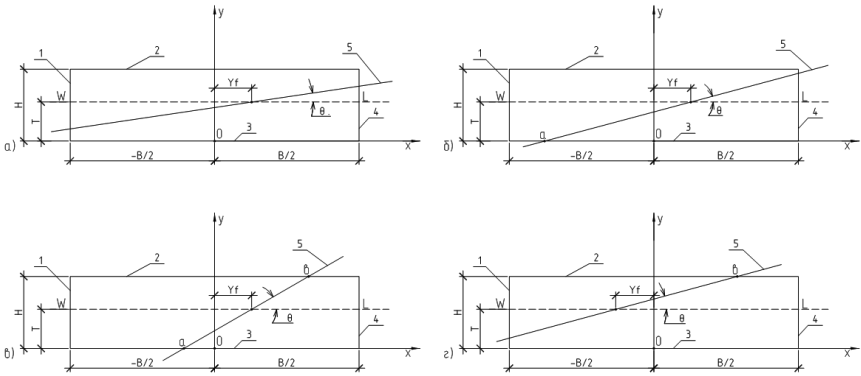


Рис. 2. Расчетные случаи определения параметров ДСО:
 H – высота понтона; B – ширина понтона; a – точка пересечения графика ватерлинии с осью x ($y=0$); b – точка пересечения графика ватерлинии с прямой $y=H$

Центр тяжести плоской фигуры, ограниченной графиками прямых можно определить по формулам [4]:

$$x_c = \frac{M_y}{S}; \quad y_c = \frac{M_x}{S}, \quad (4)$$

где M_x, M_y – статические моменты относительно осей x и y ; S – площадь плоской фигуры.

В свою очередь, статические моменты и площадь поперечного сечения погруженной части понтона определялись с использованием методов интегрального исчисления [4]:

$$M_x = \frac{1}{2} \int_a^b (f_2(x)^2 - f_1(x)^2) dx; \quad M_y = \int_a^b x (f_2(x) - f_1(x)) dx$$

$$S = \int_a^b (f_2(x) - f_1(x)) dx, \quad (5)$$

где $f_1(x), f_2(x)$ - прямые, ограничивающие плоскую фигуру; a, b – пределы интегрирования.

Точка пересечения ватерлинии с верхней и нижней гранью поперечного сечения понтона определялась через тангенс угла крена здания на воде исходя их схем, приведенных на рис. 2:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{H - T}{\frac{B}{2} + Y_f}; \operatorname{tg} \alpha = \frac{T}{\frac{B}{2} + Y_f}. \quad (6)$$

Полученные выражения для определения статических моментов и площади сечения погруженной части понтона приведены в табл. 1.

Таблица 1
Значения статических моментов и площади сечения погруженной части понтона в зависимости от положения ватерлинии

Критерий	Статические моменты	Площадь сечения
Схема а		
$\operatorname{tg} \theta \leq \frac{H - T}{\frac{B}{2} + Y_f}$ $\operatorname{tg} \theta \leq \frac{T}{\frac{B}{2} + Y_f}$	$M_y = \int_{-\frac{B}{2}}^{\frac{B}{2}} x \cdot [T + \operatorname{tg} \theta (x - Y_f)] dx$ $M_x = \frac{1}{2} \int_{-\frac{B}{2}}^{\frac{B}{2}} [T + \operatorname{tg} \theta (x - Y_f)]^2 dx$	$S = \int_{-\frac{B}{2}}^{\frac{B}{2}} [T + \operatorname{tg} \theta (x - Y_f)] dx$
Схема б		
$\operatorname{tg} \theta \leq \frac{H - T}{\frac{B}{2} + Y_f}$ $\operatorname{tg} \theta > \frac{T}{\frac{B}{2} + Y_f}$	$M_y = \int_a^{\frac{B}{2}} x \cdot [T + \operatorname{tg} \theta (x - Y_f)] dx$ $M_x = \frac{1}{2} \int_a^{\frac{B}{2}} [T + \operatorname{tg} \theta (x - Y_f)]^2 dx$	$S = \int_a^{\frac{B}{2}} [T + \operatorname{tg} \theta (x - Y_f)] dx$
Схема в		
$\operatorname{tg} \theta > \frac{T}{\frac{B}{2} + Y_f}$ $\operatorname{tg} \theta > \frac{H - T}{\frac{B}{2} + Y_f}$	$M_x = \frac{1}{2} \left(\int_a^b [T + \operatorname{tg} \theta (x - Y_f)]^2 dx + \int_b^{\frac{B}{2}} H^2 dx \right)$ $M_y = \int_a^b x \cdot [T + \operatorname{tg} \theta (x - Y_f)] dx + \int_b^{\frac{B}{2}} x \cdot H dx$	$S = \int_a^b [T + \operatorname{tg} \theta (x - Y_f)] dx + \int_b^{\frac{B}{2}} H dx$

Схема г		
$\operatorname{tg}\theta \leq \frac{T}{\frac{B}{2} + Y_f}$	$M_x = \frac{1}{2} \left(\int_{-\frac{B}{2}}^b [T + \operatorname{tg}\theta(x - Y_f)]^2 dx + \int_b^{\frac{B}{2}} H^2 dx \right)$	$S = \int_{-\frac{B}{2}}^b [T + \operatorname{tg}\theta(x - Y_f)] dx +$
$\operatorname{tg}\theta > \frac{H - T}{\frac{B}{2} + Y_f}$	$M_y = \int_{-\frac{B}{2}}^b x \cdot [T + \operatorname{tg}\theta(x - Y_f)] dx + \int_b^{\frac{B}{2}} x \cdot H dx$	$+ \int_b^{\frac{B}{2}} H dx$

По разработанной методике с использованием ПК MathCAD были выполнены расчеты и построение ДСО, результаты которых приведены на рис. 3.

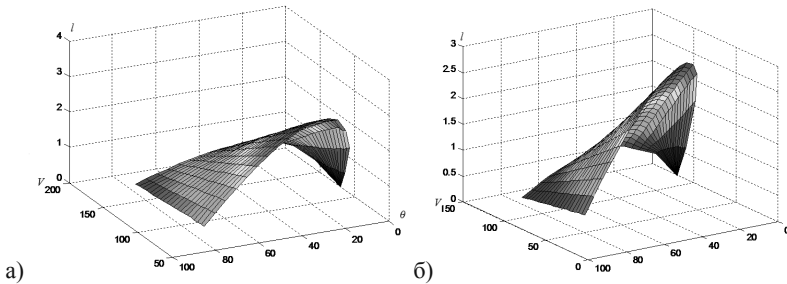


Рис. 3. Диаграммы статической остойчивости для плавучих платформ:
а) $H=2$ м, $B=L=10$ м; б) $H=1.5$ м, $B=L=10$ м

Выводы. Разработана методика расчета остойчивости зданий на воде, которая позволяет определять параметры диаграммы статической остойчивости для различных размеров плавучей платформы, глубины погружения и загрузки здания при минимальном количестве исходных данных.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Правила постройки и классификации малых судов (в 4-х томах). – К.: Регистр судоходства Украины.
2. Статика корабля: Учебное пособие / Р.В.Борисов, В.В.Луговский, Б.В.Мирохин, В.В.Рождественский. – 2-е изд., перераб. И доп. СПб.: Судостроение, 2005. – 256 с., ил.
3. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. Бронштейн И.Н. Семендяев К. А.— М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981. – 706 с.