

Шмыгалева О. В., Даник А. В.

РАСЧЕТ ПРОДОЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ КОРПУСА СУДНА МЕТОДОМ МЮРРЕЯ

Метод Мюррея основан на определении суммарного продольного изгибающего момента на миделе судна на волнении. Метод основан на определении общего изгибающего момента из двух частей: а) изгибающий момент на тихой воде (the Steel Water Bending Moment); б) волновой изгибающий момент (the Wave Bending moment).

Ключевые слова: Мюррей, прочность, изгибающий момент, волновой изгибающий момент, стандартная волна, корпус судна, судно.

Изгибающий момент на тихой воде – это продольный изгибающий момент на миделе, когда судно находится на тихой воде.

При использовании метода Мюррея, волновой изгибающий момент на миделе рассчитывается (определяется) относительно волны, когда судно находится на так называемой «стандартной волне» (Standard wave). «Стандартная волна», та длина волны, которая соответствует длине судна (L), и та длина соответствует $0.607 \cdot \sqrt{L} = 0.607 \cdot \sqrt{174} = 8.0$ м, где L длина судна в метрах (см. рис.1).

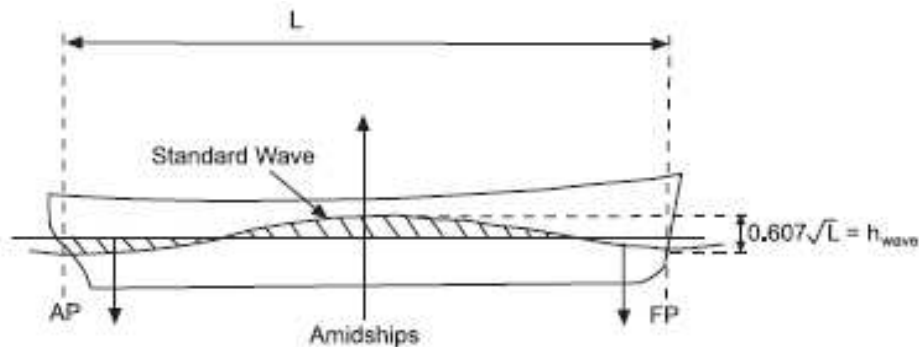


Рис.1. Определение стандартной высоты волны

Волновой изгибающий момент «Wave bending moment» (WBM) определяется по формуле

$$WBM = b \cdot B \cdot L^{2.5} \times 10^{-3} \text{ т.м.,}$$

где B – ширина судна в метрах;

b – константа базирующиеся на коэффициенте общей полноты (C_b) на прогиб и изгиб.

Величину константы b находится из табл.1. Тогда изгибающий момент на тихой воде

$$\text{Steel water Bending Moment (SWBM)} = W_A - B_A, W_F - B_F.$$

Это выражение может оценить состояние любой части судна (forward (F), aft (A)), но метод Мюррея может использовать аппроксимацию этих выражений для практического использования:

$$\text{Mean Weight Moment. } (M_w) = \frac{W_F + W_A}{2}.$$

Данный рассчитанный момент включает все элементы загрузки судна:

$$\text{Mean Buoyancy Moment } (M_w) = \frac{W}{2} \times \text{Mean LCB},$$

где LCB –Longitude centre of buoyancy X_{cb} кормовой и носовой частей.

Таблица 1

Величина константы «b» Мюррея		
C_b	Величина константы b	
	Изгиб	Прогиб
0,80	10,555	11,821
0,78	10,238	11,505
0,76	9,943	11,188
0,74	9,647	10,850
0,72	9,329	10,513
0,70	9,014	10,175
0,68	8,716	9,858
0,66	8,402	9,541
0,64	8,106	9,204
0,62	7,790	8,887
0,60	7,794	8,571

где W_A – момент от веса на миделе судна;

B_A – момент от плавучести на миделе судна;

W – водоизмещение судна.

Анализируя большинство судов, величина продольного момента центра плавучести при дифференте не превышающем 0,01L осредненный центр плавучести находят по формуле

$$\text{MeanLCB} = L \times C,$$

где L – длина судна в метрах, а величина C находится из таблицы по значениям коэффициента общей полноты и осадки судна (см. табл.2).

Таблица 2

Величина константы «C» Мюррея	
Осадка	Величина константы C
0,06 L	$0.179C_b + 0.063$
0,05 L	$0.189C_b + 0.052$
0,04 L	$0.199C_b + 0.041$
0,03 L	$0.209C_b + 0.030$

Изгибающий момент на тихой воде на миделе (Still Water Bending moment Amidships (SWBM) определяется по формуле

$$\text{SWBM} = \text{Mean Weight Moment } (M_w) - \text{Mean Buoyancy Moment } (M_B), \text{ или}$$

$$\text{SWBM} = \frac{W_F + W_A}{2} - \frac{W}{2} \cdot L \cdot C,$$

где C – величина найденная из выше приведенной таблицы.

Если момент от сил веса (Mean Weight Moment) больше чем момент от сил плавучести (Mean Buoyancy Moment) судно имеет деформацию корпуса в виде изгиба (hogging), но если

момент от сил плавучести (Mean Buoyancy Moment) больше чем момент от сил веса (Mean Weight Moment) судно имеет деформацию корпуса в виде прогиба (sagging).

Волновой изгибающий момент Wave Bending Moment (WBM). Фактический изгибающий волновой изгибающий момент зависит от длины, высоты волны и ширины судна. Если судно плавает на волне соответствующей длине судна, то величину волнового изгибающего момента находят по формуле

$$WBM = b \cdot B \cdot L^{2.5} \times 10^{-3} \text{ т.м.},$$

где: B – ширина судна в метрах;

b – константа базирующиеся на коэффициенте общей полноты (Cb) на прогиб и изгиб.

Пример расчета прочности корпуса судна на примере танкера «Павел Дыбенко» в грузу (D= 30 367 т). Длина судна между перпендикулярами 174 м, ширина 23,45 м, коэффициент общей полноты – 0,74. Вес корпуса судна порожнем – 7727 т, LCB 34 от миделя. Величина константы на изгиб и прогиб соответственно равны: 9,943 и 11,188.

Исходные данные для расчета изгибающего момента (см. табл.3)

Таблица 3

Исходные данные

Статьи нагрузки	Вес, т	Плечи, м		Моменты, тм	
		x	z	От миделя, M _x	
				нос «+»	корма «-»
Судно порожнем	7 727	17,87	7,05	115 593,00	253 673,99
Переменные запасы	1 381			41 935,20	43 934,52
Груз	21 194			374 288,22	189 936,00
Константа	65	-71,23	6,35	150,00	4 780,00
Судно в грузу	30 367			531 966,42	492 324,51

Для нахождения изгибающего момента на тихой воде Steel Water Bending moment (SWBM) определяем следующие параметры:

момент от сил веса

$$\text{Mean Weight Moment (M}_W) = \frac{W_F + W_A}{2} = \frac{531966,42 + 492324,51}{2} = 512145,47 \text{ т.м.};$$

момент от сил плавучести

$$\text{Mean Buoyancy Moment (M}_B) = \frac{W}{2} \cdot LCB = \frac{30367}{2} \cdot 34 = 516239 \text{ т.м.};$$

изгибающий момент на тихой воде

$$\text{Steel Water Bending Moment (SWBM)} = M_W - M_B = 512145,47 - 516239 = -4093,53 \text{ т.м. (прогиб} \Rightarrow \text{т.к. } M_W < M_B).$$

Далее определяем волновой изгибающий момент на вершине и подошве волны

$$\text{Wave Bending Moment (WBM)} = b \cdot B \cdot L^{2.5} \times 10^{-3} \text{ т.м.}$$

Волновой изгибающий момент на вершине волны

$$\text{WBM Hogging} = 9.943 \cdot 23.45 \cdot 174^{2.5} \times 10^{-3} = 93 117,95 \text{ т.м.}$$

Волновой изгибающий момент на подошве волны

$$\text{WBM Sagging} = 11.188 \cdot 23.45 \cdot 174^{2.5} \times 10^{-3} = 104 777,60 \text{ т.м.}$$

Далее определяем суммарный изгибающий момент на миделе – Total Bending Moment (ТВМ).

Суммарный изгибающий момент на вершине волны

$$TBM \text{ Hogging} = WBM \text{ hogging} + SWBM \text{ sagging} = 93\,117,95 + (-4093,53) = 89\,024,42 \text{ т.м.}$$

Суммарный изгибающий момент на подошве волны

$$TBM \text{ Sagging} = WBM \text{ sagging} - SWBM \text{ sagging} = 104\,777,6 - (-4\,093,53) = 108\,871,13 \text{ т.м.}$$

Определяем коэффициенты запаса прочности относительно миделя на вершине и подошве волны.

Допустимый максимальный изгибающий момент (Maximum allowable moment (M_{axAM}) на миделе для танкера «Павел Дыбенко» составляет $M_{\text{доп}} = 135\,000$ т.м.:
на тихой воде по формуле

$$k_{\text{Steel water}} = \frac{M_{\text{доп}}}{SWBM} = \frac{135000}{4093,53} = 33 \gg 1;$$

на вершине волны по формуле

$$k_{\text{Hogging}} = \frac{M_{\text{доп}}}{TBM_{\text{Hogging}}} = \frac{135000}{89024,42} = 1,5 > 1;$$

на подошве волны, по формуле

$$k_{\text{Sagging}} = \frac{M_{\text{доп}}}{TBM_{\text{Sagging}}} = \frac{135000}{108871,13} = 1,2 > 1.$$

Вывод: прочность корпуса судна обеспечена т.к. отношение допустимого изгибающего момента к суммарному изгибающему моменту больше единицы в обоих случаях.

Наибольшую опасность для корпуса судна является попадание миделя судна на вершину волны, или когда нос и корма находятся на вершинах двух смежных волн, а мидель оказывается в ложбине волны. Для этого во время плавания в шторм следует выбирать курс и скорость так, чтобы избежать такого состояния корпуса судна относительно волны.

Целью статьи является ознакомить читателей и интересующийся круг лиц с еще одним относительно простым, оперативным способом определения и контроля продольной прочности корпуса судна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Captain D.R. Derret, Dr. C. B. Barras. Ship stability for Master and Mates. Fifth edition Oxford.: Publishing house “Butterworth Heinemann”, 2001.

Murray`s Method is used to find the total longitudinal bending moment amidships on a ship in waves and is based on division of the total bending moment in to two parts: the Steel Water bending Moment, and the wave banding moment.

Метод Мюррейя заснований на визначенні сумарного подовжнього моменту, що вигинає, на міделі судна на хвилюванні. Метод заснований на визначенні загального моменту, що вигинає, з двох частин:

- а) момент, що вигинає, на тихій воді (the Steel Water Bending Moment);*
- б) хвилевий момент, що вигинає (the Wave Bending moment).*