

С.Н. Гирин, В.А. Костюченко
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

УЧЕТ ВОЗМОЖНОСТИ ПОСАДКИ СУДНА НА МЕЛЬ ПРИ ОБОСНОВАНИИ СТАНДАРТА ОБЩЕЙ ПРОЧНОСТИ ГРУЗОВЫХ СУДОВ ВНУТРЕННЕГО ПЛАВАНИЯ

Проводится анализ требований, изложенных в Правилах Речного Регистра при нормировании предельного изгибающего момента корпуса судна. Показано, что если учитывать возможность посадки судна на мель при полной скорости, требования Правил необходимо откорректировать

В соответствии с п. 2.2.83 [1] при оценке прочности корпуса по предельному моменту величина предельного момента не должна приниматься меньше, чем вычисляемая по формуле:

$$M_{\text{пр}} \geq k_{\text{пр}} \cdot D \cdot L, \quad (1)$$

где $k_{\text{пр}}$ – коэффициент предельного момента, определяемый по табл. 2.2.83[1];

D – водоизмещение судна в полном грузу, кН;

L – длина судна, м.

Достоверное происхождение данного требования нам неизвестно, однако можно предположить, что оно основано на предложении О.И. Свечникова о необходимости учета возможности посадки судна на мель при проверке общей прочности [2], [3].

В работах [2], [3] им был предложен приближенный способ учета посадки на пологую отмель судна, движущегося с заданной скоростью. При этом О.И. Свечников полагал, что с ошибкой в безопасную сторону можно пренебречь силами трения при вползании судна отмель, т.е. можно приравнять кинетическую энергию движения судна работе сил по изменению осадок.

Выполненный нами численный анализ полученных О.И. Свечниковым уравнений показал, что они приводят к нереально большим изменениям осадок. В связи с этим в уравнении баланса энергии и работ была учтена работа сил трения. В результате уравнение приобретает вид

$$a \cdot r_{\Gamma}^2 + b \cdot r_{\Gamma} - c = 0, \quad (2)$$

$$\text{где } a = \frac{L^2}{8R} + \frac{k_{\text{тр}}}{2\text{tg}\beta} \left[\frac{D}{\gamma\alpha LB} + \frac{(0,5L - x_f)L}{2H_M} \right];$$

$$b = \frac{D}{2\gamma\alpha LB}; \quad c = \frac{V^2}{2g};$$

B – ширина корпуса, м;

R – продольный метацентрический радиус, м;

H_M – продольная метацентрическая высота, м;

x_f – абсцисса центра тяжести площади ватерлинии, м;

α – коэффициент полноты площади ватерлинии;

D – водоизмещение судна, кН;

V – скорость судна, м/с;

γ – удельный вес воды, кН/м³;

$k_{\text{тр}}$ – коэффициент трения грунта;

β – угол наклона отмели;

g – ускорение свободного падения, m/c^2 .

После решения уравнения (2) находится интенсивность вертикальной реакции грунта $r_z = R_z / D$ и изменение осадки носом

$$\Delta T_n = R_z \left(\frac{1}{\gamma \cdot a \cdot L \cdot B} + \frac{(L/2 - x_f) \cdot L}{2 \cdot D \cdot H_M} \right). \quad (3)$$

Свечниковым О.И. была предложена приближенная формула для вычисления дополнительного изгибающего момента на миделе от реакции R_r . На наш взгляд, целесообразнее воспользоваться программой для ЭВМ «RAVNUS1», разработанной на кафедре теории конструирования инженерных сооружений ФГБОУ ВО «ВГУВТ», которая вычисляет значения срезающих сил и изгибающих моментов с учетом гибкости корпуса при заданном распределении нагрузки масс по теоретическим шпациям и величины осадки носом. С помощью полученных зависимостей для нахождения ΔT_n и программы «RAVNUS1» были выполнены расчеты для судов, характеристики которых представлены в табл. 1. Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Таблица 1

Проекты судов и их характеристики, выбранные для сравнительного анализа

Характеристика судна	Номер проекта					
	765	559Б	Д080	1572	507	Р85
Класс	«О»	«О»	«М»	Л*Р4/1С	«О»	«О лед»
Длина, м	62	79,8	105,2	117	135	86,7
Ширина, м	9,2	15	16	15	16,5	14
Высота борта, м	4,0	2,8	6,0	6,5	5,5	3,5
Осадка средняя, м	1,6	1,71	3,0	4,57	3,5	0,53
Скорость в грузу, км/ч м/с	15,0/ 4,17	16,6/ 4,61	16,6/ 4,61	21,6/ 6,0	20,0 /5,56	11,0/3,06
Водоизмещение, т/ кН	738/ 7240	1631,74/ 16007	4974/ 48795	6163/ 60459	6750/ 66217	3011/ 29538
Продольный метацентрический радиус, м	215,4	267,4	267,8	224	430	244
Продольная метацентрическая высота, м	214	265	264,3	221	428	242,6
Коэффициенты полноты:						
ватерлинии	0,885	0,871	0,904	0,860	0,935	0,987
мидель-шпангоута	0,995	0,997	0,997	0,994	0,996	0,997
водоизмещения	0,810	0,797	0,804	0,768	0,851	0,809
Абсцисса ЦТ ватерлинии, м	-0,45	-1,06	-2,3	-0,93	-0,46	0,0

Таблица 2

Результаты расчета максимальных изгибающих моментов для самоходных судов, кН·м

Проекты судов	559Б	765	Д080	1572	507
Расчет по RAVNUS1	-42338	-6343	-134753	-93380	-190357
Расчет по PPPP	-51095	-23790	-161697	-214333	-254772
$M_{TB}+M_{дв}$	-48194	-1941	-111092	-64509	-121279

Правилами Регистра нормируются значения предельного изгибающего момента не только для самоходных, но и для несамоходных судов. В табл.3 представлены результаты расчета для несамоходной баржи пр.Р85, а также для некоторых абстрактных барж, обводы в оконечностях которых совпадают с баржей пр.Р85, а длина цилиндрической вставки меняется, пропорционально длине корпуса меняется и водоизмещение. Для сухогрузных барж учитывается предусмотренная Правилами Регистра 5% неравномерность распределения груза, а для нефтеналивных барж предполагается равномерное распределение груза.

Таблица 3

Результаты расчета максимальных изгибающих моментов для сухогрузных несамоходных судов и наливных барж

Длина судна, м		20	60	86,7	100	140	
Расчет по программе RAVNUS1	При равномерной загрузке судна	-2699	-24087	-49831	-65342	-118317	
	При 5% неравномерности загрузки	-2859	-25529	-52843	-68902	-125547	
Расчет по PPPP	Наливные баржи	-6541	-39248	-71655	-51104	-80131	
	Сухогрузные несамох.	-7632	-52739	-97252	-71545	-120196	
$M_{TB}+M_{дв}$	Класс «Р»	Наливные баржи	-1527	-13712	-28688	-38409	-76626
		Сухогрузные несамох.	-1687	-15202	-31700	-42416	-84480
	Класс «О»	Наливные баржи	-1920	-17250	-36128	-48382	-97111
		Сухогрузные несамох.	-2080	-18740	-39140	-52389	-104965
Класс «М»	Наливные баржи	-29505	-50416	-83448	-102670	-178604	
	Сухогрузные несамох.	-29665	-51906	-86460	-106677	-186458	

Представленные в табл. 2 и 3 данные показывают, что вычисленные по предложенной авторами методике изгибающие моменты, возникающие в корпусе судна при посадке на отлогую мель в процессе движения в полном грузу с расчетной скоростью близки, а при длинах судна более 100 м могут превышать значения, регламентированные Правилами Речного Регистра при проверке прочности корпуса по предельному моменту.

Следует подчеркнуть, что расчеты для несамоходных судов выполнены без учета кинетической энергии толкача и остальных барж состава из нескольких барж. Очевидно, что такой учет приведет к увеличению расчетных значений момента.

Таким образом, можно утверждать, что значения предельных моментов, регламентируемых Правилами Речного Регистра, требуют корректировки.

В таблицах представлены также расчетные моменты, полученные суммированием момента на тихой воде и дополнительного волнового момента. Видно, что для судов классов «Р» и «О» посадка на мель более опасна, чем нахождение на волнении.

Список литературы:

- [1] Российский Речной Регистр. Правила. Т. 2. – М.: По Волге, 2008. – 406с.
[2] Ершов Н.Ф. Повреждения и эксплуатационная прочность конструкций судов внутреннего плавания / Н. Ф. Ершов, О. И. Свечников, //Изд. «Судостроение» Ленинград. 1997. С. 299.
[3] Свечников О.И. Расчет и проектирование конструкций судов внутреннего плавания / О. И. Свечников, И.И. Трянин // Изд. «Судостроение» Ленинград. 1994. С. 376.

С.Д. Гордлеев
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

ТРЕХТОЧЕЧНЫЙ ГЛИССЕР С НОСОВЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ ДВИЖИТЕЛЕЙ. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Рассматривается новое компоновочное решение для известной схемы трехточечного глиссера, в качестве энергии применяется электрическая судовая энергетическая установка, используются аэродинамические силы для дополнительного подъемного эффекта.

Основным из направлений в среднем и маломерном судостроении является снижение эксплуатационных расходов на содержание судна при сохранении прочих качеств. Поэтому в последнее десятилетие появляются все новые формы и типы судов, предназначенных как для частного, так и для коммерческого использования. Этому примеру могут служить многочисленные проекты многокорпусных судов с различными источниками энергии.

К таким можно отнести современные тримараны и катамараны (рис. 1). Их достоинством являются высокая скорость хода, большая вместимость (из-за широкой палубы) и хорошие мореходные качества. А при установленных солнечных батареях, такие конструкции поражают своей экономичностью и экологичностью.



Рис. 1. Внешний вид тримарана и катамарана

Но задача по достижению максимальных скоростей таким судам не под силу. С начала 20 века стало известно о более «способных» формах судов, к ним относится трехточечный глиссер (рис. 2).

Эта компоновка корпуса обеспечивает ход в режиме глиссирования (скольжения по поверхности воды за счет динамических сил поддержания) на высоких скоростях. Существующие проекты, в силу приверженности судостроительных традиций имели классическую, кормовую схему расположения движителей. Такая система являлась стабильной на небольшом волнении, но при появлении случайного буруна или волны