

РУКОВОДСТВО ПО ОЦЕНКЕ МОРЕХОДНОСТИ

НД № 2-030101-067



Санкт-Петербург

РУКОВОДСТВО ПО ОЦЕНКЕ МОРЕХОДНОСТИ

Руководство по оценке мореходности Российского морского регистра судоходства (РС, Регистр) утверждено в соответствии с действующим положением и вступает в силу 1 июня 2026 года.

Руководство по оценке мореходности разработано с учетом IMO SDC 2/INF.10, «Разработка критериев остойчивости неповрежденного судна второго поколения. Информация, собранная Корреспондентской группой по вопросам остойчивости неповрежденного судна» 2014, Рекомендации МАКО No. 34 (Rev. 1 June 2000) (Corr.1 Nov 2001) и Сборника нормативно-методических материалов, книга 24.

Руководство по оценке мореходности состоит из двух частей.

В первой части приведены положения, касающиеся оценки риска потери остойчивости судном при опасных гидродинамических явлениях.

Во второй части приведены рекомендации по обеспечению мореходных качеств судна и назначению ограничений по условиям погоды во время совершения перегонов.

ПЕРЕЧЕНЬ ИЗМЕНЕНИЙ¹

Для данной версии нет изменений для включения в перечень.

¹ За исключением изменений и дополнений, вводимых Бюллетенями, а также опечаток.

ЧАСТЬ I. ОЦЕНКА МОРЕХОДНОСТИ

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 ОБЛАСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

1.1.1 Настоящая часть Руководства по оценке мореходности¹ может применяться при расширении или изменении установленных для судна постоянных ограничений по району плавания в соответствии с 1.6.4 части IV «Остойчивость» Правил классификации и постройки морских судов².

1.1.2 В настоящей части под оценкой мореходности понимается риск потери остойчивости судном при опасных гидродинамических явлениях, указанных в [1.1.3](#). Оценка выполняется с помощью критериев, учитывающих характеристики ветроволновых режимов, нагрузки судна и его положение на волновой поверхности. Выполнение всех указанных критериев позволяет убедиться в том, что остойчивость данных судов при плавании на волнении достаточна.

1.1.3 Настоящая часть содержит методику оценки уязвимости судна опасным гидродинамическим явлениям на волнении, таким как:

- .1 потеря остойчивости при параметрической качке;
- .2 потеря остойчивости при статической постановке на волну;
- .3 потеря остойчивости от движения на гребне волны (бручинг).

1.1.4 Представленные методики расчета в настоящей части применяются для судов в эксплуатации всех типов.

1.1.5 Результаты расчетов уязвимости судна опасным гидродинамическим явлениям на волнении, указанным в [1.1.3](#), должны быть представлены на рассмотрение и согласование в Регистр.

1.1.6 В [разделе 5](#) настоящей части приведены эксплуатационные рекомендации по избеганию попадания судна в режим супергармонического резонанса.

¹ В дальнейшем — настоящее Руководство.

² В дальнейшем — Правила РС/К.

2 КРИТЕРИЙ РИСКА ПОТЕРИ ОСТОЙЧИВОСТИ ПРИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ КАЧКЕ

2.1 ОБЛАСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

2.1.1 Требования настоящего раздела применяются ко всем судам длиной $L_1 \geq 24$ м,

где L_1 — длина, м, как это определено в Правилах о грузовой марке морских судов и в Руководстве по применению положений Международной конвенции о грузовой марке (LL-66/88).

2.1.2 Для каждого варианта загрузки судно, остойчивость которого:

.1 отвечает требованию [2.2](#), считается неподверженным потере остойчивости при параметрической качке;

.2 не отвечает требованию [2.2](#), должно быть проверено в соответствии с [2.3](#).

2.2 КРИТЕРИЙ РИСКА ПОТЕРИ ОСТОЙЧИВОСТИ ПРИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ КАЧКЕ 1 УРОВНЯ

2.2.1 Судно считается неподверженным потере остойчивости при параметрической качке, если выполняется условие

$$\frac{\Delta h}{h} \leq R_{PR}, \quad (2.2.1)$$

где $R_{PR} = 1,87$, если судно имеет острую скулу,
в ином случае:

$$R_{PR} = 0,17 + 0,425 \left(\frac{100A_k}{L_1 B} \right) \text{ при } C_m > 0,96;$$

$$R_{PR} = 0,17 + (10,625 \times C_m - 9,775) \left(\frac{100A_k}{L_1 B} \right) \text{ при } 0,94 < C_m < 0,96;$$

$$R_{PR} = 0,17 + 0,2125 \left(\frac{100A_k}{L_1 B} \right) \text{ при } C_m < 0,94.$$

Для каждой формулы $\left(\frac{100A_k}{L_1 B} \right)$ не должно превышать 4.

- A_k — общая габаритная площадь проекции скуловых килей (другие выступающие части отсутствуют), м²;
- C_m — коэффициент полноты мидель-шпангоута с полным грузом на тихой воде;
- B — теоретическая ширина судна, м;
- h — метацентрическая высота в случае загрузки на тихой воде с учетом поправки на влияние свободной поверхности жидкости, м;
- Δh — величина изменения метацентрической высоты, м, рассчитанная при одном из следующих условий: прохождении продольной волны вдоль корпуса судна, в соответствии с [2.2.3](#) по формуле [\(2.2.2\)](#).

2.2.2 Значение Δh , указанное в [2.2.1](#), можно определить по формуле:

$$\Delta h = \frac{I_H - I_L}{2V}, \text{ только при } \frac{V_D - V}{A_W(D-d)} \geq 1,0, \quad (2.2.2)$$

- где D — теоретическая высота надводного борта до верхней палубы, м;
- V_D — объемное водоизмещение по ватерлинию, соответствующую теоретической высоте надводного борта при нулевом дифференте, м³;
- V — объемное водоизмещение, соответствующее рассматриваемому варианту загрузки, м³;
- A_W — площадь ватерлинии при осадке, равной d , м²;
- d — осадка на миделе, соответствующая рассматриваемому варианту загрузки, м;
- $\delta d_H = \min \left(D - d, \frac{L_1 S_W}{2} \right)$, м;
- $\delta d_L = \min \left(d - 0,25d_{full}, \frac{L_1 S_W}{2} \right)$, м, а $d - 0,25d_{full}$ не допускается принимать меньше нуля;
- $d_H = d + \delta d_H$, м;
- $d_L = d - \delta d_L$, м;
- $S_W = 0,0167$;
- I_H — момент инерции площади ватерлинии при осадке d_H и при нулевом дифференте, м⁴;
- I_L — момент инерции площади ватерлинии при осадке d_L и при нулевом дифференте, м⁴;
- d_{full} — осадка судна с полным грузом, в начале рейса, м.

2.2.3 Значение Δh , указанное в [2.2.1](#), можно определить как половину разности максимального и минимального значений метацентрической высоты, рассчитанной для конкретного судна с учетом поправки на влияние свободной поверхности жидкости, в рассматриваемом состоянии загрузки с учетом балансировки судна по посадке и дифференту на серии волн со следующими характеристиками:

длина волны $\lambda = L_1$;

высота волны $h = L_1 \cdot S_W$, где $S_W = 0,0167$;

гребень волны приходится на мидель и на точки $0,1L_1, 0,2L_1, 0,3L_1, 0,4L_1$ и $0,5L_1$ в нос и $0,1L_1, 0,2L_1, 0,3L_1, 0,4L_1$ в корму от него.

2.3 КРИТЕРИЙ РИСКА ПОТЕРИ ОСТОЙЧИВОСТИ ПРИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ КАЧКЕ 2 УРОВНЯ

2.3.1 Судно считается неподверженным потере остойчивости при параметрической качке, если выполняется одно из следующих требований:

- .1 значение C_1 , рассчитанное по [2.3.2](#), меньше R_{PRO} , либо;
- .2 значение C_1 , выше R_{PRO} , а значение C_2 , рассчитанное по [2.3.3](#), меньше R_{PR1} ,

где $R_{PRO} = 0,06$;
 $R_{PR1} = 0,06$.

2.3.2 Значение C_1 рассчитывается как средневзвешенное значение по набору случаев волнения, указанных в [2.3.2.3](#)

$$C_1 = \sum_{i=1}^N W_i C_i, \quad (2.3.2)$$

где W_i — весовой коэффициент для соответствующего случая волнения, указанного в [табл. 2.3.2.3](#);
 $C_i = 0$ при выполнении либо условия по изменению метацентрической высоты h на волнении, указанного в [2.3.2.1](#), либо условия по скорости хода судна на волнении, указанного в [2.3.2.2](#);
 $C_i = 1$ в противном случае;
 N — количество рассмотренных случаев волнения из представленных в [табл. 2.3.2.3](#).

2.3.2.1 Условие по изменению метацентрической высоты h судна на волнении выполняется, если для каждой волны, указанной в [2.3.2.3](#), выполняется неравенство

$$h(H_i, \lambda_i) > 0 \text{ и } \frac{\Delta h(H_i, \lambda_i)}{h(H_i, \lambda_i)} < R_{PR}, \quad (2.3.2.1)$$

где R_{PR} определено в [2.2.1](#);
 $\Delta h(H_i, \lambda_i)$ — половина разности максимального и минимального значений метацентрической высоты, рассчитанной для данного судна, м, с учетом поправки на влияние свободной поверхности жидкости, в рассматриваемом состоянии загрузки с учетом балансировки судна по посадке и дифференту на серии волн, характеризуемых параметрами H_i и λ_i ;
 $h(H_i, \lambda_i)$ — среднее значение метацентрической высоты, рассчитанной для данного судна, м, в рассматриваемом состоянии загрузки с учетом балансировки судна по посадке и дифференту на серии волн, характеризуемых параметрами H_i и λ_i ;
 H_i — высота волны, м, указанная в [табл. 2.3.2.3](#);
 λ_i — длина волны, м, указанная в [табл. 2.3.2.3](#).

2.3.2.2 Условие по скорости хода судна на волнении выполняется, если для каждой волны, указанной в [2.3.2.3](#), выполняется неравенство

$$V_{PRi} > V_s, \quad (2.3.2.2)$$

где V_s — эксплуатационная скорость, м/с;
 V_{PRi} — контрольная скорость хода судна, соответствующая режиму параметрического резонанса при $h(H_i, \lambda_i) > 0$, м/с;

$$V_{PRi} = \left| \frac{2\lambda_i}{T_\phi} \cdot \sqrt{\frac{h(H_i, \lambda_i)}{h}} - \sqrt{g \frac{\lambda_i}{2\pi}} \right|;$$

T_ϕ — собственный период бортовой качки судна на тихой воде, с;
 h — метацентрическая высота на тихой воде, м;
 $h(H_i, \lambda_i)$ — определяется в соответствии с [2.3.2.1](#), м;
 λ_i — длина волны, указанная в [табл. 2.3.2.3](#), м;
 g — ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с²;
 $||$ — абсолютное значение (модуль).

2.3.2.3 Конкретные случаи волнения для оценки соответствия требованиям [2.3.2.1](#) и [2.3.2.2](#) см. в [табл. 2.3.2.3](#), в которой представлены значения W_i , H_i , λ_i , определенные в соответствии с [2.3.2](#) и [2.3.2.1](#).

Таблица 2.3.2.3

Случаи волнения для оценки риска потери остойчивости судном при параметрической качке

№ случая волнения	Весовой коэффициент W_i	Длина волны λ_i , м	Высота волны H_i , м
1	0,000013	22,574	0,350
2	0,001654	37,316	0,495
3	0,020912	55,743	0,857
4	0,092799	77,857	1,295
5	0,199218	103,655	1,732
6	0,248788	133,139	2,205
7	0,208699	166,309	2,697
8	0,128984	203,164	3,176
9	0,062446	243,705	3,625
10	0,024790	287,931	4,040
11	0,008367	335,843	4,421
12	0,002473	387,440	4,769
13	0,000658	442,723	5,097
14	0,000158	501,691	5,370
15	0,000034	564,345	5,621
16	0,000007	630,684	5,950

2.3.2.4 При расчете $\Delta h(H_i, \lambda_i)$ и $h(H_i, \lambda_i)$ в [2.3.2.1](#) мидель судна должен находиться на гребне волны и в точках $0,1\lambda_i$, $0,2\lambda_i$, $0,3\lambda_i$, $0,4\lambda_i$ и $0,5\lambda_i$ в нос и $0,1\lambda_i$, $0,2\lambda_i$, $0,3\lambda_i$ и $0,4\lambda_i$ в корму от него.

2.3.3 Значение C_2 рассчитывается как среднее из $C_2(Fn_i, \beta_i)$; каждое из которых является средневзвешенным значением по набору волн, указанных в [табл. 2.3.4.2](#), для каждого заданного набора чисел Фруда и направлений волн:

$$C_2 = [\sum_{i=1}^3 C_2(Fn_i, \beta_n) + C_2(0, \beta_n) + \sum_{i=1}^3 C_2(Fn_i, \beta_f)] / 7, \quad (2.3.3)$$

- где
- $C_2(Fn_i, \beta_n) = C_2(Fn, \beta)$ — рассчитываемое в соответствии с [2.3.3.1](#) при движении судна на встречном волнении со скоростью хода, равной V_i ;
 - $C_2(Fn_i, \beta_f) = C_2(Fn, \beta)$ — рассчитываемое в соответствии с [2.3.3.1](#) при движении судна на попутном волнении со скоростью хода, равной V_i ;
 - $Fn_i = V_i / \sqrt{Lg}$ — число Фруда, соответствующее скорости хода V_i ;
 - $V_i = V_s K_i$ — скорость хода судна, м/с, для соответствующего направления волнения;
 - V_s — эксплуатационная скорость судна, м/с;
 - g — ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с²;
 - K_i — из [табл. 2.3.3](#).

Таблица 2.3.3

Коэффициент K_i , зависящий от направления волнения

i	K_i	Соответствующее направление волнения
1	1,0	Встречное или попутное волнение при V_s
2	0,866	Волны под углом 30° к ДП при V_s
3	0,50	Волны под углом 60° к ДП при V_s

2.3.3.1 Значение $C_2(Fn, \beta)$, рассчитывается как средневзвешенное по набору волн, указанных в [2.3.4.2](#), для заданного числа Фруда и направления.

$$C_2(Fn, \beta) = \sum_{i=1}^N W_i C_i, \quad (2.3.3.1)$$

где W_i — весовой коэффициент для соответствующего случая волнения, указанного в [2.3.4.2](#);
 $C_i = 1$ — если максимальная амплитуда бортовой качки, рассчитанный по [2.3.4](#) превышает 25° ;
 $C_i = 0$ — в ином случае;
 N — общее количество случаев волнения, для которых рассчитывается максимальный угол бортовой качки для комбинации скорости и курса судна.

2.3.4 Максимальная амплитуда бортовой качки на встречном и попутном волнении рассчитывается в соответствии с [2.3.4.1](#) при каждой скорости V_i определяемой в [2.3.3](#).

При рассмотрении каждого случая расчет остойчивости судна на волнении должен предполагать его балансировку по посадке и дифференту на серии волн со следующими характеристиками:

длина волны $\lambda = L_1$;

высота волны $h_j = 0,01 \cdot jL$, где $j = 0,1 \dots, 10$.

гребень волны приходится на мидель и на точки $0,1L_1, 0,2L_1, 0,3L_1, 0,4L_1$ и $0,5L_1$ в нос и $0,1L_1, 0,2L_1, 0,3L_1, 0,4L_1$ в корму от него.

Для каждой высоты волны h_j рассчитывается максимальная амплитуда бортовой качки.

При каждой высоте волны, для которой в [2.3.3.1](#) задается $C_j = 1$, определяются высота волны H_i и соответствующее значение W_i в соответствии с [2.3.4.2](#).

2.3.4.1 Расчет максимальной амплитуды бортовой качки должен выполняться по уравнению несвязанной бортовой качки со следующими компонентами:

инерционным членом, учитывающим присоединенный момент инерции при бортовой качке на тихой воде;

линейным и нелинейным демпфирующим моментом при бортовой качке на тихой воде;

линейным и нелинейным восстанавливающим моментом при бортовой качке на тихой воде;

изменениями остойчивости на волнении из-за изменений восстанавливающего момента при бортовой качке.

Расчет максимальной амплитуды бортовой качки должен выполняться по методу, изложенному в [2.3.5](#) или другому методу, согласованному с Регистром.

2.3.4.2 Для каждого случая, указанного в [табл. 2.3.4.2](#) W_i берется из [табл. 2.3.2.3](#). Каждая ячейка таблицы соответствует среднему периоду волны между нулевыми точками T_z и значительной высоте волны H_s , и соотносится с высотой волны из [табл. 2.3.2.3](#). Максимальная амплитуда бортовой качки, соответствующая значительной высоте волны H_s , определяется методом линейной интерполяции максимальных амплитуд бортовой качки, соответствующих высотам волн h_i , полученным в [2.3.4.1](#).

Таблица 2.3.4.2

Частота возникновения случаев волнения на 100000 наблюдений для оценки колебательной реакции судна во время параметрической качки

H_s , м	T_z , с — средний период волны между нулевыми точками															
	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5
0,5	1,3	133,7	865,6	1186,0	634,2	186,3	36,9	5,6	0,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,5	0,0	29,3	986,0	4976,0	7738,0	5569,7	2375,7	703,5	160,7	30,5	5,1	0,8	0,1	0,0	0,0	0,0
2,5	0,0	2,2	197,5	2158,8	6230,0	7449,5	4860,4	2066,0	644,5	160,2	33,7	6,3	1,1	0,2	0,0	0,0
3,5	0,0	0,2	34,9	695,5	3226,5	5675,0	5099,1	2838,0	1114,1	337,7	84,3	18,2	3,5	0,6	0,1	0,0
4,5	0,0	0,0	6,0	196,1	1354,3	3288,5	3857,5	2685,5	1275,2	455,1	130,9	31,9	6,9	1,3	0,2	0,0
5,5	0,0	0,0	1,0	51,0	498,4	1602,9	2372,7	2008,3	1126,0	463,6	150,9	41,0	9,7	2,1	0,4	0,1
6,5	0,0	0,0	0,2	12,6	167,0	690,3	1257,9	1268,6	825,9	386,8	140,8	42,2	10,9	2,5	0,5	0,1
7,5	0,0	0,0	0,0	3,0	52,1	270,5	594,4	703,2	524,9	276,7	111,7	36,7	10,2	2,5	0,6	0,1
8,5	0,0	0,0	0,0	0,7	15,4	197,2	255,9	350,6	296,9	174,6	77,6	27,7	8,4	2,2	0,5	0,1
9,5	0,0	0,0	0,0	0,2	4,3	933,2	101,9	159,9	152,2	99,2	48,3	18,7	6,1	1,7	0,4	0,1
10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	10,7	37,9	67,5	71,7	51,5	27,3	11,4	4,0	1,2	0,3	0,1
11,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	3,3	13,3	26,6	31,4	24,7	14,2	6,4	2,4	0,7	0,2	0,1
12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,0	4,4	9,9	12,8	11,0	6,8	3,3	1,3	0,4	0,1	0,0
13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,4	3,5	5,0	4,6	3,1	1,6	0,7	0,2	0,1	0,0
14,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	1,2	1,8	1,8	1,3	0,7	0,3	0,1	0,0	0,0
15,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	0,6	0,7	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0
16,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0

2.3.5 Расчет максимальной амплитуды качки:

2.3.5.1 Зависимость для определения резонансной амплитуды качки в режиме главного параметрического резонанса, вызванного относительной вертикальной качкой и участием судна в редуцированном орбитальном движении, на любых курсах по отношению к волнению имеет вид:

$$4\omega_{\theta}^2(\theta_m) = \left(\frac{\alpha_0}{2}\right)^2 \frac{\omega_{\theta}^4}{(kh_0)^2} \frac{\theta_m^2}{f_1^2(\theta_m)} \left\{ \left(\frac{\zeta_{gm}}{\zeta_A}\right)^2 \left(\frac{z_p}{\chi T}\right)^2 \left(1 - \frac{\theta_m^2}{12}\right) + \left[\frac{z_p}{T} d_2 + kT \left(\bar{M}_X^{23} + \bar{M}_X^{24} \frac{\theta^2}{2}\right)\right]^2 - \right. \\ \left. 2 \left[\frac{z_p}{T} d_2 + kT \left(\bar{M}_X^{23} + \bar{M}_X^{24} \frac{\theta^2}{2}\right)\right] \cdot \frac{\zeta_{gm} z_p h_0}{\zeta_A \chi T \zeta_A} \cos \delta_{\zeta} \right\} + 4 \frac{f_1^2(\theta_m)}{\theta_m^2}, \quad (2.3.5.1)$$

- где ω_{θ} — собственная частота бортовой качки, рад/с;
 θ_m — максимальная амплитуда качки, град;
 $\alpha_0 = \pi \frac{h_b}{\lambda}$ — максимальный угол волнового склона;
 h_b — высота волны, м;
 λ — длина волны, м;
 $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ — волновое число, (рад/м);
 h_0 — начальная поперечная метацентрическая высота, м;
 $f_1(\theta_m) = \frac{4\omega_{\theta}}{3\pi} W \theta_m^2$;
 $W = W_0(1 + 2Fr + 10Fr^2)$ — относительный коэффициент демпфирования качки с учетом скорости хода;
 W_0 — квадратичное демпфирование без учета скорости, определенное расчетным или экспериментальным путем;
 $\zeta_A = 0,17\lambda^{0,75}$;
 $z_p = T - Z_g$, м;
 $\chi = V/(S_{вл}T)$ — коэффициент вертикальной полноты;
 V — объем погруженной части корпуса судна, м³;
 $S_{вл}$ — площадь ватерлинии, м²;
 T — средняя осадка, м;
 θ — амплитуда качки, рад.

Коэффициент d_2 определяется по следующей формуле:

$$d_2 = \frac{\chi_{\beta}^I}{\chi} - \frac{1}{2} (k |\sin \beta| T)^2 \frac{r}{T} \chi_{\beta}^{II} + \frac{1}{24} (k |\sin \beta| B)^4 \chi_{\beta}^{III} \frac{f_s(\alpha)}{\chi},$$

где α — коэффициент полноты ватерлинии,

$$\left\{ \begin{array}{l} \kappa_{\beta}^I = \sum_{i=0}^{\infty} (-1)^i \frac{u^{2i}}{(2i+1)!} \frac{1}{\alpha + (2i+1)(1-\alpha)}, \\ \kappa_{\beta}^{II} = \sum_{i=0}^{\infty} (-1)^i \frac{u^{2i}}{(2i+1)!} \frac{\alpha+1}{\alpha + (2i+1)(1-\alpha)} \cdot \\ \frac{1}{2\alpha+1} \frac{1}{[2\alpha + (2i+1)(1-\alpha)][3\alpha + (2i+1)(1-\alpha)]}, \\ \kappa_{\beta}^{III} = \sum_{i=0}^{\infty} (-1)^i \frac{u^{2i}}{(2i+1)!} \frac{(\alpha+1)}{[\alpha + (2i+1)(1-\alpha)]} \cdot \\ \frac{1}{(2\alpha+1)} \frac{1}{[2\alpha + (2i+1)(1-\alpha)][3\alpha + (2i+1)(1-\alpha)]} \cdot \\ \frac{1}{(3\alpha+1)(4\alpha+1)} \frac{1}{[4\alpha + (2i+1)(1-\alpha)][5\alpha + (2i+1)(1-\alpha)]}, \end{array} \right.$$

$$u = \frac{L}{2T} kT \cos \beta,$$

где κ_{β} — редуцированные коэффициенты;
 r — малый метacentрический радиус, м;
 β — курсовой угол, град;
 h_B — высота волны, м;
 B — ширина судна по КВЛ, м.

2.3.5.2 Определение момента нелинейного \bar{M}_X^{23} производится по следующей формуле:

$$\begin{aligned} \bar{M}_X^{23} = & \kappa_{\beta}^{II} \frac{r}{T} - \kappa_{\beta}^I \frac{\alpha}{T} - kT \left\{ \kappa_{\beta}^{II} \left(\frac{B}{T} \right)^2 \frac{f_2}{\chi} \cdot [p_4(1+\sin^2\beta) - \frac{z_p}{T} \sin^2\beta] - \kappa_{\beta}^I [p_1(1+\sin^2\beta) - \right. \\ & \left. 2 \frac{z_p z_w}{T^2}] \right\} + \frac{(kT)^2}{2} \left[\kappa_{\beta}^{II} \left(\frac{B}{T} \right)^2 \frac{f_2 p_5}{\chi} (2 + 7\sin^2\beta) - \kappa_{\beta}^I p_2 (1 + \sin^2\beta) - \kappa_{\beta}^{III} \left(\frac{B}{T} \right)^4 \frac{f_4}{\chi} \sin^2\beta \right] - \frac{(kT)^3}{6} \cdot \\ & \left[\kappa_{\beta}^{II} \left(\frac{B}{T} \right)^2 \frac{f_2 p_6 (1+6\sin^2\beta+\sin^4\beta)}{\chi} - \kappa_{\beta}^I p_3 \cdot (1 + 3\sin^2\beta) - \kappa_{\beta}^{III} \frac{f_4 p_5}{\chi} \sin^2\beta (3 + \sin^2\beta) \right] \quad (2.3.5.2) \end{aligned}$$

$$z_w = T - Z_c.$$

2.3.5.3 Функции, зависящие от коэффициентов полноты площади ватерлинии и вертикальной полноты $f_i(\alpha)$ и $p_i(\chi)$, определяются по формуле:

$$\left\{ \begin{array}{l} f_2(\alpha) = \frac{\alpha^2}{2(\alpha+1)(2\alpha+1)}, \\ f_4(\alpha) = \frac{3\alpha^4}{2(\alpha+1)(2\alpha+1)(3\alpha+1)(4\alpha+1)}, \\ p_1(\chi) = \frac{1}{3(3-2\chi)}, \quad p_2(\chi) = \frac{1}{4(4-3\chi)}, \quad p_3(\chi) = \frac{1}{5(5-4\chi)}, \\ p_4(\chi) = 1 - 3(1-\chi) + \frac{3(1-\chi)}{1+\chi} - \frac{1-\chi}{1+2\chi}, \\ p_5(\chi) = 3 \left[\frac{1}{2} - \frac{3(1-\chi)}{2-\chi} + \frac{3(1-\chi)}{1+\chi} - \frac{1-\chi}{1+2\chi} \right], \\ p_6(\chi) = 6 \left[\frac{1}{3} - \frac{3(1-\chi)}{3-2\chi} + \frac{3(1-\chi)}{3-\chi} - \frac{1-\chi}{3} \right], \\ p_7(\chi) = 1 - 5(1-\chi) + \frac{10(1-\chi)}{1+\chi} - \\ \frac{10(1-\chi)}{1+2\chi} + \frac{5(1-\chi)}{1+3\chi} - \frac{1-\chi}{1+4\chi} \end{array} \right. \quad (2.3.5.3)$$

2.3.5.4 Нелинейная добавка к возмущающему моменту для прямостенного судна, обводы которого аппроксимированы параболой

$$\bar{M}_X^{24} = \frac{r}{3T} \kappa_\beta^{II} + \frac{\alpha}{6T} \kappa_\beta^I - kT \left[1,33\psi_1 + \frac{Z_p}{T} \left(1,33 \frac{Z_w}{T} \kappa_\beta^I - 0,67\psi_5 \right) \right] + \frac{(kT)^2}{2} \left[4,5\psi_2 - 8,5 \left(\frac{B}{T} \right)^2 \psi_4 - 4,5 \frac{Z_p}{T} \psi_1 \right] - \frac{(kT)^3}{6} \left[10,65\psi_3 - \frac{Z_p}{T} \left(10,65\psi_2 - 2,64 \left(\frac{B}{T} \right)^2 \psi_4 \right) \right], \quad (2.3.5.4)$$

где $\psi_1 - \psi_5$ — редуцированные коэффициенты

$$\begin{aligned} \psi_1 &= \left(\frac{B}{T} \right)^2 f_2(\alpha) \frac{p_4(\chi)}{\chi} \kappa_\beta^{II} - p_1(\chi) \kappa_\beta^I, \\ \psi_2 &= \left(\frac{B}{T} \right)^2 f_2(\alpha) \frac{p_5(\chi)}{\chi} \kappa_\beta^{II} - p_2(\chi) \kappa_\beta^I, \\ \psi_3 &= \left(\frac{B}{T} \right)^2 \left[f_2(\alpha) \frac{p_6(\chi)}{\chi} - f_4(\alpha) \frac{p_7(\chi)}{\chi} \right] \kappa_\beta^{II} - p_3(\chi) \kappa_\beta^I, \\ \psi_4 &= \left(\frac{B}{T} \right)^2 \frac{f_4(\alpha)}{\chi} \kappa_\beta^{III}, \\ \psi_5 &= \left(\frac{B}{T} \right)^2 \frac{f_2(\alpha)}{\chi} \kappa_\beta^{II}. \end{aligned}$$

2.3.5.5 Определение амплитуды вертикальной качки ζ_{gm} и фазы δ_ζ производится на основании решения системы дифференциальных уравнений вертикальной и килевой качки

$$\begin{aligned} & \left(\frac{D}{g} + \lambda_{33k} \right) \ddot{\zeta}_g + v_{33k} \dot{\zeta}_g + \rho g S_0 \zeta_g - \\ & - \lambda_{35k} \ddot{\psi} - (v_{35k} - v_0 \lambda_{35k}) \dot{\psi} - \\ & - (\rho g S_0 x_f - v_0 v_{33k}) \psi = \\ & = r_0 \left(\rho g a_0 - \omega b'_{00} - \omega^2 a''_{00} \right) \cos \omega_k t - \\ & - r_0 \left(\rho g b_0 - \omega a'_{00} - \omega^2 b''_{00} \right) \sin \omega_k t, \\ & (J_y + \lambda_{55k}) \ddot{\psi} + \left(v_{55k} - \frac{v_0^2}{\omega^2} v_{35k} \right) \dot{\psi} + \\ & + (DH_0 - v_0^2 \lambda_{35k}) \psi - \lambda_{35k} \ddot{\zeta}_g - \\ & - (v_{35k} + v_0 \lambda_{33k}) \dot{\zeta}_g - \\ & - (\rho g S_0 x_f - v_0 v_{35k}) \zeta_g = \\ & = -r_0 \left(\rho g a_1 - \omega b'_{11} - \omega^2 a''_{11} \right) \cos \omega_k t + \\ & + r_0 \left(\rho g b_1 - \omega a'_{11} - \omega^2 b''_{11} \right) \sin \omega_k t, \end{aligned} \quad (2.3.5.5)$$

где $\lambda_{33k}, \lambda_{55k}, \lambda_{35k}$ — коэффициенты присоединенных масс при вертикальной, килевой качке и их взаимодействии;

$v_{33k}, v_{55k}, v_{35k}$ — коэффициенты демпфирования;

S_0 — площадь ватерлинии, м²;

x_f — абсцисса центра тяжести площади ватерлинии, м;

H_0 — продольная метацентрическая высота, м;

$a_1, b'_1, a''_1, b_1, a'_1, b''_1$ — коэффициенты возмущающих сил;

v_0 — скорость хода, м/с.

Коэффициенты системы могут быть рассчитаны любым общепринятым в теории корабля способом, например на основании использования комбинированного метода, основанного на применении конформных аппроксимаций шпангоутов и метода гидродинамических особенностей.

3 КРИТЕРИЙ РИСКА ПОТЕРИ ОСТОЙЧИВОСТИ ПРИ СТАТИЧЕСКОЙ ПОСТАНОВКЕ НА ВОЛНУ

3.1 ОБЛАСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

3.1.1 Требования настоящего раздела применяются ко всем судам длиной $L_1 \geq 24$ м, число Фруда F_n которых, соответствующее эксплуатационной скорости, превышает 0,24.

Для целей настоящего раздела определяется по формуле:

$$F_n = \frac{V_s}{\sqrt{gL_1}}, \quad (3.1.1)$$

где V_s — эксплуатационная скорость, м/с;
 g — ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с².

3.1.2 Для каждого варианта загрузки судно, остойчивость которого:

.1 отвечает требованию, указанному в [3.2](#), считается неязвимым к полной потере остойчивости;

.2 не отвечает требованию, указанному в [3.2](#), должно быть проверено в соответствии с [3.3](#).

Величину h_{min} следует взять с поправкой на влияние свободной поверхности жидких грузов в соответствии с 1.4.7 части IV «Остойчивость» Правил РС/К. Применение упрощенной оценки h_{min} , приведенной в [3.2.1](#), в качестве более строгой оценки без учета влияния исходного дифферента допускается в отношении судов, имеющих дифферент.

3.2 КРИТЕРИЙ РИСКА ПОТЕРИ ОСТОЙЧИВОСТИ ПРИ СТАТИЧЕСКОЙ ПОСТАНОВКЕ НА ВОЛНУ 1 УРОВНЯ

3.2.1 Судно считается неподверженным потере остойчивости при статической постановке на волну, если

$$h_{\min} > R_{PLA}, \quad (3.2.1)$$

где $R_{PLA} = 0,05$, м;
 h_{\min} — минимальное значение метацентрической высоты с учетом поправки на влияние свободной поверхности жидких грузов, рассчитанное при одном из следующих условий: при прохождении продольной волны вдоль корпуса судна, в соответствии с [3.2.2](#) или [3.2.3](#), м.

3.2.2 В соответствии с [3.2.1](#) h_{\min} можно определить по формуле:

$$h_{\min} = z_c + \frac{I_L}{V} - z_g \text{ только при } \frac{V_D - V}{A_W(D-d)} \geq 1,0, \quad (3.2.2)$$

где z_c — аппликата центра величины, соответствующая рассматриваемому варианту загрузки, м;
 z_g — аппликата центра тяжести, соответствующая рассматриваемому варианту загрузки, м;
 I_L — момент инерции площади ватерлинии при осадке d_L , м⁴;
 V — объемное водоизмещение, соответствующее рассматриваемому варианту загрузки, м³;
 $d_L = d - \delta d_L$, м;
 d — осадка на миделе, соответствующая рассматриваемому состоянию загрузки, м;
 $\delta d_L = \min(d - 0,25d_{full}, \frac{L_1 \cdot S_W}{2})$, м;
 $S_W = 0,0334$;
 D — теоретическая высота борта до верхней палубы, м;
 V_D — объемное водоизмещение при ватерлинии, соответствующей теоретической высоте борта D , м³;
 A_W — площадь ватерлинии при осадке, равной d , м².

3.2.3 В соответствии с [3.2.1](#) h_{\min} можно определить как минимальное значение метацентрической высоты, рассчитанное для конкретного судна, с учетом поправки на влияние свободной поверхности жидкости, в рассматриваемом состоянии загрузки с учетом балансировки судна по посадке и дифференту на серии волн со следующими характеристиками:

длина волны $\lambda = L_1$;

высота волны $h = L_1 \cdot S_W$, где $S_W = 0,0334$;

гребень волны приходится на мидель и на точки $0,1L_1$, $0,2L_1$, $0,3L_1$, $0,4L_1$ и $0,5L_1$ в нос и $0,1L_1$, $0,2L_1$, $0,3L_1$, $0,4L_1$ в корму от него.

3.2.4 В соответствии с [3.2.2](#), если $\frac{V_D - V}{A_W(D-d)} < 1,0$, то плечо восстанавливающего момента l должно быть положительным при угле крена 30° для каждого указанного случая.

3.3 КРИТЕРИЙ РИСКА ПОТЕРИ ОСТОЙЧИВОСТИ ПРИ СТАТИЧЕСКОЙ ПОСТАНОВКЕ НА ВОЛНУ 2 УРОВНЯ

3.3.1 Судно считается неподверженным потере остойчивости при статической постановке на волну, если наибольшее значение из трех критериев CR_1, CR_2, CR_3 рассчитанных в соответствии с [3.3.3](#), [3.3.4](#) и [3.3.5](#), в условиях хода судна с эксплуатационной скоростью, меньше R_{pL_0} ,

где $R_{pL_0} = 0,06$, м.

3.3.2 Каждый из трех критериев CR_1, CR_2, CR_3 представляет собой средневзвешенное значение некоторых параметров остойчивости для судна, которое считается неподвижным на волнах определенной высоты H_i и длины λ_i , взятых из [табл. 3.3.2](#),

где $CR_1 = \sum_{i=1}^N W_i C1_i$ — средневзвешенный критерий 1;
 $CR_2 = \sum_{i=1}^N W_i C2_i$ — средневзвешенный критерий 2;
 $CR_3 = \sum_{i=1}^N W_i C3_i$ — средневзвешенный критерий 3;
 W_i — весовой коэффициент, взятый из [табл. 3.3.2](#);
 N — количество случаев волнения, для которых определяются $C1_i, C2_i$ и $C3_i$ (272 для варианта);
 $C1_i$ — критерий 1, определенный по [3.3.3](#);
 $C2_i$ — критерий 2, определенный по [3.3.4](#);
 $C3_i$ — критерий 3, определенный по [3.3.5](#).

Для расчета восстанавливающего момента при движении на волнении следует использовать следующие значения длины и высоты волн:

длина волны $\lambda = L_1$;

высота волны $h_b = 0,01 \cdot iL_1$, где $i = 0,1, \dots, 10$.

Значения трех критериев $C1_i, C2_i, C3_i$ должны рассчитываться по [формулам 3.3.3 — 3.3.5](#), соответственно, с использованием длин и высот волн, взятых из [табл. 3.3.2](#).

Заданные случаи волнения для оценки критериев даны в [табл. 3.3.2](#). Для применения в [3.3.3 — 3.3.5](#) N следует принимать равным 272. Для каждой комбинации H_s и T_z значение W_i определяется делением взятого из [табл. 3.3.2](#) значения на 100000, что соответствует рассчитанному ниже значению H_i , при этом λ_i принимается равной L . Значения должны определяться методом линейной интерполяции из соотношения между h_b и значениями, полученными выше.

Таблица 3.3.2

**Частота возникновения случаев волнения на 100000 наблюдений
для расчета потери остойчивости при статической постановке на волну**

H_s , м	Tz, с — средний период волны между нулевыми точками															
	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5
0,5	1,3	133,7	865,6	1186,0	634,2	186,3	36,9	5,6	0,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,5	0,0	29,3	986,0	4976,0	7738,0	5569,7	2375,7	703,5	160,7	30,5	5,1	0,8	0,1	0,0	0,0	0,0
2,5	0,0	2,2	197,5	2158,8	6230,0	7449,5	4860,4	2066,0	644,5	160,2	33,7	6,3	1,1	0,2	0,0	0,0
3,5	0,0	0,2	34,9	695,5	3226,5	5675,0	5099,1	2838,0	1114,1	337,7	84,3	18,2	3,5	0,6	0,1	0,0
4,5	0,0	0,0	6,0	196,1	1354,3	3288,5	3857,5	2685,5	1275,2	455,1	130,9	31,9	6,9	1,3	0,2	0,0
5,5	0,0	0,0	1,0	51,0	498,4	1602,9	2372,7	2008,3	1126,0	463,6	150,9	41,0	9,7	2,1	0,4	0,1
6,5	0,0	0,0	0,2	12,6	167,0	690,3	1257,9	1268,6	825,9	386,8	140,8	42,2	10,9	2,5	0,5	0,1
7,5	0,0	0,0	0,0	3,0	52,1	270,1	594,4	703,2	524,9	276,7	111,7	36,7	10,2	2,5	0,6	0,1
8,5	0,0	0,0	0,0	0,7	15,4	97,9	255,9	350,6	296,9	174,6	77,6	27,7	8,4	2,2	0,5	0,1
9,5	0,0	0,0	0,0	0,2	4,3	33,2	101,9	159,9	152,2	99,2	48,3	18,7	6,1	1,7	0,4	0,1
10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	10,7	37,9	67,5	71,7	51,5	27,3	11,4	4,0	1,2	0,3	0,0
11,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	3,3	13,3	26,6	31,4	24,7	14,2	6,4	2,4	0,7	0,2	0,0
12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,0	4,4	9,9	12,8	11,0	6,8	3,3	1,3	0,4	0,1	0,0
13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,4	3,5	5,0	4,6	3,1	1,6	0,7	0,2	0,1	0,0
14,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	1,2	1,8	1,8	1,3	0,7	0,3	0,1	0,0	0,0
15,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	0,6	0,7	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0
16,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0

3.3.3 Критерий 1.

Критерий 1 задается следующей формулой:

$$C1_i = \begin{cases} 1 & \phi_V < R_{PL1}; \\ 0 & \text{в ином случае} \end{cases} \quad (3.3.3)$$

Угол заката ϕ_V с поправкой на влияние свободной поверхности жидкости можно определить как минимальное значение, рассчитанное для судна в рассматриваемом варианте загрузки и с учетом балансировки судна по посадке и дифференту на серии волн с характеристиками, указанными в [табл. 3.3.2](#).

Гребень волны приходится на мидель и на точки $0,1L_1$, $0,2L_1$, $0,3L_1$, $0,4L_1$ и $0,5L_1$ в нос и $0,1L_1$, $0,2L_1$, $0,3L_1$, $0,4L_1$ в корму от него.

$$R_{PL1} = 30^\circ.$$

3.3.4 Критерий 2.

Критерий 2 определяется из расчета угла статического крена судна по формуле:

$$C2_i = \begin{cases} 1 & \phi_s > R_{PL2a} \text{ или } \phi_{roll}(\text{градусы}) > R_{PL2b}; \\ 0 & \text{в ином случае} \end{cases} \quad (3.3.4)$$

Угол статического крена ϕ_s возникающий под действием кренящего плеча, заданного R_{PL3} , с поправкой на влияние свободной поверхности жидкости в случае положительной метацентрической высоты h при посадке судна без крена и дифферента можно определить как минимальное значение, рассчитанное в рассматриваемом варианте загрузки и с учетом балансировки судна по просадке и дифференту на серии волн с характеристиками, указанными в [табл. 3.3.2](#).

Гребень волны приходится на мидель и на точки $0,1L_1$, $0,2L_1$, $0,3L_1$, $0,4L_1$ и $0,5L_1$ в нос и $0,1L_1$, $0,2L_1$, $0,3L_1$, $0,4L_1$ в корму от него.

$$R_{PL2a} = 15^\circ;$$

$$R_{PL2b} = 25^\circ.$$

3.3.5 Критерий 3.

Критерий 3 определяется из расчета максимального плеча диаграммы статической остойчивости по формуле:

$$C3_i = \begin{cases} 1 & l_{max}(M) < R_{PL3}; \\ 0 & \text{в ином случае} \end{cases} \quad (3.3.5)$$

l_{max} определяется как наименьший из максимумов диаграмм статической остойчивости судна, с поправкой на влияние свободной поверхности жидкости, в соответствии с рассматриваемым состоянием загрузки и с учетом балансировки судна по посадке и дифференту на серии волн с характеристиками, указанными в [табл. 3.3.2](#).

Гребень волны приходится на мидель и на точки $0,1L_1$, $0,2L_1$, $0,3L_1$, $0,4L_1$ и $0,5L_1$ в нос и $0,1L_1$, $0,2L_1$, $0,3L_1$, $0,4L_1$ в корму от него;

$$R_{PL3} = 8(H_i/\lambda)dF_n^2.$$

4 КРИТЕРИЙ РИСКА ПОТЕРИ ОСТОЙЧИВОСТИ ОТ ДВИЖЕНИЯ НА ГРЕБНЕ ВОЛНЫ (БРОЧИНГА)

4.1 ОБЛАСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

4.1.1 Требования настоящего раздела применяются ко всем судам длиной $L_1 \geq 24$ м.

4.1.2 При каждом варианте загрузки судно, остойчивость которого:

.1 отвечает требованию, указанному в [4.2](#), считается неподверженным потере остойчивости от движения на гребне волны (бровичингу);

.2 не отвечает требованию, указанному в [4.2](#), должно:

эксплуатироваться в соответствии со специальными процедурами управления, направленными на избежание опасных ситуаций движения на гребне волны/бровичинга, рекомендованными в разд. 4.2.1 циркуляра ИМО MSC.1/Circ.1228, сведения о которых указываются в Информации об остойчивости и должны быть согласованы с Регистром; либо

быть проверено в соответствии с [4.3](#).

4.1.3 При каждом варианте загрузки судна, не отвечающем требованиям [4.2](#) и [4.3](#), требуется введение эксплуатационных ограничений, полученных из расчетов в соответствии с [4.3](#), которые должны быть внесены в Информацию об остойчивости и согласованы с Регистром.

4.2 КРИТЕРИЙ РИСКА ПОТЕРИ ОСТОЙЧИВОСТИ ПРИ ДВИЖЕНИИ НА ГРЕБНЕ ВОЛНЫ (БРОЧИНГЕ) 1 УРОВНЯ

4.2.1 Судно считается неподверженным потере устойчивости от движения на гребне волны (бродингу), если выполняется одно из следующих условий:

.1 $L_1 > 200$ м;

либо

.2 $F_n > 0,3$,

где F_n — число Фруда = $V_s/\sqrt{L_1g}$;
 V_s — эксплуатационная скорость на тихой воде, м/с.

4.3 КРИТЕРИЙ РИСКА ПОТЕРИ ОСТОЙЧИВОСТИ ПРИ ДВИЖЕНИИ НА ГРЕБНЕ ВОЛНЫ (БРОЧИНГЕ) 2 УРОВНЯ

4.3.1 Судно считается неподверженным потере остойчивости при движении на гребне волны (брочинге), если значение C меньше R_{SR} :

$$C = \sum_{H_S} \sum_{T_Z} \left(W2(H_S, T_Z) \frac{\sum_{i=1}^{N_\lambda} \sum_{j=1}^{N_a} W_{ij} C2_{ij}}{\sum_{i=1}^{N_\lambda} \sum_{j=1}^{N_a} W_{ij}} \right), \quad (4.3.1)$$

- где $R_{SR} = 0,0001$;
 $W2(H_S, T_Z)$ — весовой коэффициент кратковременного волнения моря, заданный в 4.3.2 как функция значительной высоты волны H_S и периода волны между нулевыми точками T_Z ;
 W_{ij} — статический весовой коэффициент волны, определяемый в 4.3.3 с крутизной $(H/\lambda)_j$ и отношением длины волны к длине судна $(\lambda/L_{BP})_j$, рассчитанный по совместному распределению значений крутизны и длины мгновенных волн, т.е. с заданной дискретизацией $N_\lambda = 80$ и $N_a = 100$;
 $C2_{ij}$ — значение, рассчитываемое в соответствии с 4.3.4.

4.3.2 Значение $W2(H_S, T_Z)$ определяется делением значения, взятого из табл. 4.3.2, на 100000. Оно равно 272 в случае кратковременного волнения моря. По согласованию с Регистром могут быть использованы другие источники статистических данных о волнении.

Таблица 4.3.2

Частота возникновения случаев волнения на 100000 наблюдений для оценки реакции судна на параметрическую бортовую качку

H_s , м	T_z , с — средний период волны между нулевыми точками															
	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5
0,5	1,3	133,7	865,6	1186,0	634,2	186,3	36,9	5,6	0,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,5	0,0	29,3	986,0	4976,0	7738,0	5569,7	2375,7	703,5	160,7	30,5	5,1	0,8	0,1	0,0	0,0	0,0
2,5	0,0	2,2	197,5	2158,8	6230,0	7449,5	4860,4	2066,0	644,5	160,2	33,7	6,3	1,1	0,2	0,0	0,0
3,5	0,0	0,2	34,9	695,5	3226,5	5675,0	5099,1	2838,0	1114,1	337,7	84,3	18,2	3,5	0,6	0,1	0,0
4,5	0,0	0,0	6,0	196,1	1354,3	3288,5	3857,5	2685,5	1275,2	455,1	130,9	31,9	6,9	1,3	0,2	0,0
5,5	0,0	0,0	1,0	51,0	498,4	1602,9	2372,7	2008,3	1126,0	463,6	150,9	41,0	9,7	2,1	0,4	0,1
6,5	0,0	0,0	0,2	12,6	167,0	690,3	1257,9	1268,6	825,9	386,8	140,8	42,2	10,9	2,5	0,5	0,1
7,5	0,0	0,0	0,0	3,0	52,1	270,1	594,4	703,2	524,9	276,7	111,7	36,7	10,2	2,5	0,6	0,1
8,5	0,0	0,0	0,0	0,7	15,4	97,9	255,9	350,6	296,9	174,6	77,6	27,7	8,4	2,2	0,5	0,1
9,5	0,0	0,0	0,0	0,2	4,3	33,2	101,9	159,9	152,2	99,2	48,3	18,7	6,1	1,7	0,4	0,1
10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	10,7	37,9	67,5	71,7	51,5	27,3	11,4	4,0	1,2	0,3	0,1
11,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	3,3	13,3	26,6	31,4	24,7	14,2	6,4	2,4	0,7	0,2	0,1
12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,0	4,4	9,9	12,8	11,0	6,8	3,3	1,3	0,4	0,1	0,0
13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,4	3,5	5,0	4,6	3,1	1,6	0,7	0,2	0,1	0,0
14,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	1,2	1,8	1,8	1,3	0,7	0,3	0,1	0,0	0,0
15,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	0,6	0,7	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0
16,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0

4.3.3 Значение W_{ij} можно рассчитать по формуле:

$$W_{ij} = \frac{4\sqrt{g}L_1^{5/2}T_{01}}{\pi v(H_S)^3} S_j^2 r_i^{3/2} \left(\frac{\sqrt{1+v^2}}{1+\sqrt{1+v^2}} \right) \Delta r \Delta s \cdot \exp \left[-2 \left(\frac{L_1 \cdot r_i \cdot S_j}{H_S} \right)^2 \left\{ 1 + \frac{1}{v^2} \left(1 - \sqrt{\frac{gT_{01}^2}{2\pi r_i L_1}} \right)^2 \right\} \right], \quad (4.3.3)$$

- где $v = 0,425$;
 $T_{01} = 1,086 T_Z$;
 $S_j = (H/\lambda)_j$ — крутизна волны. Изменяется от 0,03 до 0,15 с приращением $\Delta s = 0,0012$;
 $r_i = (\lambda/L)_i$ — отношение длины волны к длине судна. Изменяется от 1,0 до 3,0 с приращением $\Delta r = 0,025$.

4.3.4 Для каждого случая волнения значение $C2_{ij}$ рассчитывается следующим образом:

$$C2_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{если } \left| \frac{u}{c_i} - 1 \right| < f_{ij}; \\ 0 & \text{если } \left| \frac{u}{c_i} - 1 \right| \geq f_{ij}, \end{cases} \quad (4.3.4)$$

где u — эксплуатационная скорость на тихой воде, м/с;
 c_i — скорость движения волны = $\sqrt{\frac{g}{k_i}}$ м/с;
 k_i — волновое число = $\frac{2\pi}{r_i L}$ м⁻¹;
 g — ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с²;
 f_{ij} — эмпирическое ограничение на разность между относительной скоростью хода и скоростью движения волны.

4.3.4.1 Эмпирическое ограничение на разность между относительной скоростью хода и скоростью движения волны рассчитывается по формуле:

$$f_{ij} = 0,534 \cdot \sqrt{\frac{g \cdot k_i \cdot H_{ij} \cdot A_i}{2M}}, \quad (4.3.4.1)$$

где H_{ij} — высота волны = $s_j r_i L$, м;
 k_i — волновое число = $\frac{2\pi}{r_i L}$ м⁻¹;
 g — ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с²;
 M — масса судна в технической системе единиц (кГс·сек²/м);
 A_i — амплитуда объемной составляющей волновой возмущающей силы Фруда-Крылова, м³.

4.3.4.2 Амплитуда объемной составляющей волновой возмущающей силы Фруда-Крылова рассчитывается по формуле:

$$A_i = \sqrt{F c_i^2 + F s_i^2}, \quad (4.3.4.2)$$

где

$$F c_i = \sum_{m=N+1}^1 \{Q_m \cdot \cos[k_i \cdot (x_m - x_G)] + Q_{m-1} \cdot \cos[k_i \cdot (x_{m-1} - x_G)]\} \cdot (x_m - x_{m-1});$$

$$F s_i = \sum_{m=N+1}^1 \{Q_m \cdot \sin[k_i \cdot (x_m - x_G)] + Q_{m-1} \cdot \sin[k_i \cdot (x_{m-1} - x_G)]\} \cdot (x_m - x_{m-1}),$$

где

$$Q_m = \frac{1}{2} \cdot \sum_{n=1}^{S(m)-1} \{y_m(z_{n+1}) \cdot \exp[k_i(z_{n+1} - T_m)] + y_m(z_n) \cdot \exp[k_i \cdot (z_n - T_m)]\} \cdot (z_{n+1} - z_n);$$

$F c_i$; $F s_i$ — объемные компоненты силы Фруда-Крылова в волновой возмущающей силе продольной качки, м³;

k_i — волновое число = $\frac{2\pi}{r_i L}$ м⁻¹;

x_G — абсцисса центра тяжести судна, м;

x_m — абсцисса рассматриваемого теоретического шпангоута, м;

N — количество принятых к расчету теоретических шпангоутов;

$S(m)$ — количество расчетных ватерлиний на m -ом теоретическом шпангоуте;

T_m — осадка корпуса на m -ом теоретическом шпангоуте;

z_n — аппликата n -ой ватерлинии на m -ом теоретическом шпангоуте.

4.3.5 В рамках предлагаемого критерия риска результат $C \geq 1$ указывает на выход из диапазона чисел Фруда, соответствующих захвату данного судна попутной волной.

5 ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КАЧКИ В РЕЖИМЕ СУПЕРГАРМОНИЧЕСКИХ РЕЗОНАНСОВ

5.1 Супергармонические резонансы вертикальной, бортовой и килевой качки — это резонансы, возникающие на частотах, в два раза меньших соответствующих собственных частот. Причиной их возникновения является полигармоническая форма возмущающих сил и моментов, содержащая нелинейные составляющие, которые присутствуют всегда.

5.2 На основании выполненных расчетов для различных типов судов и сделанных выводов можно сформулировать следующие эксплуатационные указания для снижения параметров качки в зонах этих резонансов.

5.2.1 В условиях регулярного волнения:

.1 Для избегания интенсивной бортовой и вертикальной качки в супергармонических резонансных режимах следует избегать положения судна лагом, независимо от наличия скорости хода.

.2 На косом встречном волнении следует увеличивать скорость хода до расчетного значения, что ведет к снижению амплитуд бортовой и вертикальной качки в зонах супергармонических резонансов. На косом попутном волнении, наоборот, следует уменьшить скорость хода в два раза.

.3 На встречном регулярном волнении, наоборот, следует снизить скорость хода в два раза.

5.2.2 В условиях нерегулярного волнения:

.1 На балльности волнения в 6, 7, 8 по шкале волнения имеет место наибольшее влияние нелинейных сил на амплитуды качки и ускорения, независимо от курсового угла и скорости хода.

.2 Следует избегать положения судна лагом на любой балльности, независимо от значения скорости хода.

.3 Для снижения вертикальных и продольных ускорений на встречном нерегулярном волнении следует снизить скорость хода в два раза на любой балльности волнения.

5.3 Эксплуатационные рекомендации [5.2](#) следует включить в Информацию об остойчивости в раздел «Указания капитану».

ЧАСТЬ II. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОЦЕНКЕ МОРЕХОДНОСТИ ПРИ ПЕРЕГОНАХ СУДОВ

1 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ МОРЕХОДНЫХ КАЧЕСТВ И НАЗНАЧЕНИЮ ОГРАНИЧЕНИЙ ПО УСЛОВИЯМ ПОГОДЫ ВО ВРЕМЯ СОВЕРШЕНИЯ ПЕРЕГОНОВ

1.1 Положения настоящей части могут применяться к судам при назначении ограничений по условиям погоды во время совершения перегонов.

1.2 Если для района перегона в соответствии с правилами РС требуется повышение надводного борта, остойчивости или прочности судна, судовладелец должен предпринять все целесообразные и осуществимые меры для удовлетворения требованиям правил РС посредством выбора благоприятной балластировки или загрузки судна, подкрепления корпуса или демонтажа излишних для перегона судовых конструкций и оборудования.

1.3 Если для полного удовлетворения требованиям правил РС необходимы значительные трудноосуществимые конструктивные изменения, может быть применено ограничение перегона по условиям погоды.

Установленные ограничения по условиям погоды должны быть обоснованы расчетными размерами волновой и ветровой нагрузок, соответствующими применимым требованиям правил РС в отношении прочности, остойчивости и надводного борта, а также должны учитывать опыт перегона в этом районе однотипных или подобных судов.

Рекомендуемые способы оценки предельной балльности волнения по условиям прочности и предельной балльности ветра по условиям остойчивости приведены в [разд. 2](#) и [3](#) настоящей части.

1.4 Ограничения по условиям погоды на перегон не должны быть ниже ограничений, установленных правилами РС для конкретного района плавания, если возможность применения иных, менее жестких ограничений, не подтверждена расчетами прочности, остойчивости и надводного борта судна, выполненными для соответствующего района перегона и согласованными РС.

1.5 При установлении ограничений по условиям погоды, кроме нормированных мореходных качеств — прочности, остойчивости, плавучести и непотопляемости (надводного борта), должна быть учтена степень обеспечения общей мореходности, обусловленная размерами судна, соотношениями главных размерений, мореходными образованиями корпуса, возвышением оконечностей над ватерлинией, наличием надстроек, характером конструкции закрытия отверстий, достаточной скоростью.

1.6 Если при установленных ограничениях по погоде общая мореходность судна, его остойчивость и осадки не обеспечивают достаточно надежного предотвращения чрезмерных ускорений от качки и/или опасных ударов корпуса судна о воду (слеминг) при движении на волнении, то, кроме ограничений по погоде, должны быть разработаны обоснованные рекомендации по выбору курса и скорости на волнении. Обоснованные рекомендации должны быть включены в инструкцию для капитана судна или капитана буксира (для случая перегона методом буксировки) проекта перегона.

Судам, для которых предельным является ветер 8 баллов (очень крепкий ветер) и более и волнение 7 баллов (очень сильное) и более, ограничения по погоде могут не устанавливаться.

1.7 Предельная высота волны, применяемая при назначении ограничений по погоде, во всех случаях не должна превышать удвоенной высоты надводного борта в носу судна.

Для обеспечения общей (навигационной) мореходности судно должно иметь достаточную осадку на ровный киль или быть с умеренным дифферентом на корму и с полным погружением винтов (при перегоне своим ходом). В общем случае нормальной считается осадка на миделе, равная $L/40 + 1,0$ при дифференте на корму не более $0,015L$,

где L – длина судна м, как это определено в Правилах о грузовой марке морских судов и в Руководстве по применению положений Международной конвенции о грузовой марке (LL-66/88).

Во всех случаях предельная высота волны, применяемая при назначении ограничения по погоде, не должна превышать удвоенной величины осадки на миделе.

1.8 При назначении ограничений по погоде для перегона судов внутреннего плавания рекомендуется использовать установленные условия, которым должны удовлетворять эти суда, выходящие в море.

В обобщенном виде эти условия приведены в [табл. 1.8](#).

Географические районы рассматриваются и согласовываются Регистром в каждом конкретном случае. Суда разряда «Л» к морскому перегону без подкрепления корпуса не допускаются.

Таблица 1.8

Разряд в соответствии с Правилами классификации и постройки судов для внутренних водных путей Российской Федерации	Допускаемая высота волны 3 % обеспеченности, м		Соответствующая степень волнения, баллы (в скобках указан диапазон высот волн, м)
	В соответствии с Правилами классификации и постройки судов для внутренних водных путей Российской Федерации	При перегоне морем	
М-СП	3,5	$\leq 3,5$	5 (2–3,5)
М-ПР	3,0	$\leq 2,5$	5 (2–3,5)
М	3,0	$\leq 2,5$	5 (2–3,5)
О-ПР	2,0	$\leq 2,0$	4 (1,25–2,0)
О	1,75 ($h_1 \% = 2,0$)	$\leq 1,7$	4 (1,25–2,0)
Р	1,05 ($h_1 \% = 1,2$)	$\leq 1,0$	3 (0,75–1,25)

1.9 С уменьшением размеров судна ограничения по условиям погоды ужесточаются.

Исходя из размеров судна, высота волны 3 % обеспеченности, применяемая при назначении ограничений по погоде, не должна превышать $h_{3\%} = 0,25L^{3/4}$. Для судов $L \geq 70$ м ограничения по погоде, исходя из размеров судна, не назначаются. Для судов $L < 70$ м ограничения по погоде не должны быть менее жесткими, чем предписанные для установленного района плавания в соответствии с требованиями Правил РС/К.

1.10 Для судов с немореходными и маломореходными образованиями корпуса, характеризующимися необычными соотношениями размеров, нелегальными обводами корпуса, отсутствием надстроек (особенно бака), недостаточным возвышением носовой оконечности и т. п. (например, для судов понтонного типа), кроме ограничений по условиям прочности, остойчивости или надводному борту и вне зависимости от них устанавливаются ограничения по погоде, обусловленные немореходной формой корпуса.

Эти ограничения обосновываются опытом перегонов или математическим моделированием мореходности однотипных или подобных судов, которое должны быть выполнены компетентной организацией, и не должны превышать по степени волнения 5 баллов (если по иным причинам не требуется более жесткого ограничения).

При назначении ограничений для плавучего дока по прочности следует руководствоваться требованиями 3.12.4.7 части II «Корпус» Правил РС/К.

Во всех случаях при установлении ограничений по нескольким причинам (например, по прочности и остойчивости) назначается наиболее жесткое ограничение.

1.11 Ограничения по условиям погоды устанавливаются путем назначения единых характеристик ветроволновых режимов, принятых в системе

Гидрометеорологической службы, являющихся для данного судна предельно допустимыми.

Ограничения по ветру назначаются в баллах силы ветра по шкале Бофорта, относящейся к средним эквивалентным скоростям ветра, в интервале скоростей, включающем установленную предельную скорость ветра.

Ограничения по волнению назначаются в баллах действующей шкалы степени волнения, относящейся к высотам волн 3 % обеспеченности, в диапазонах высот волн, включающих установленную предельную высоту волны.

При назначении ограничения по погоде (в баллах) и степени волнения (по установленной высоте волны 3 % обеспеченности) необходимо исходить из следующего положения: если высота предельной для данного судна волны 3 % обеспеченности и диапазона волн для определенного балла степени волнения равна или меньше среднего значения высоты волны диапазона (среднее арифметическое граничных значений), то ограничение по степени волнения назначается на балл ниже.

Аналогично следует поступать при назначении ограничении по погоде в баллах силы ветра.

1.12 Соблюдение ограничений по условиям погоды обуславливается, в частности, получением прогнозов соответственно характеристикам ветроволновых режимов по назначенным ограничениям. Применение диапазонов измерения баллов волнения в высотах волн 3 % обеспеченности требует прогнозов по этим же высотам волн. При этом следует иметь в виду, что если в прогнозе не указана специально прогнозируемая высота волны 3 % обеспеченности, то в отечественных прогнозах для морей, омывающих Россию, указывается высота волны 5 % обеспеченности, а для других морей и во всех иностранных прогнозах 13,5 % обеспеченности. Связь между этими высотами определяется следующими формулами:

$$h_{3\%} = 1,08h_{5\%};$$

$$h_{3\%} = 1,33h_{13,5\%}.$$

Применение интервалов баллов ветра в средних эквивалентных скоростях при расчетах по данным формулам не требует учета порывов ветра по прогнозам.

1.13 Балластировка судов для перегона или загрузка судов, не имеющих достаточных балластных танков, должна предусматривать наиболее благоприятный вариант обеспечения прочности, остойчивости и плавучести (надводного борта). Одновременно балластировка и загрузка должны обеспечивать достаточную осадку для предотвращения чрезмерных ударов волн о днище в носовой оконечности и необходимого погружения гребного винта (при перегоне своим ходом).

1.14 Условия перегона устанавливаются в проекте перегона (см. разд. 4.5 части IV «Внеочередные и другие освидетельствования» Правил технического наблюдения за судами в эксплуатации).

1.15 Возможность совершения перегона судна в ледовой обстановке рассматривается Регистром в каждом конкретном случае с учетом ледовых усилений корпуса судна, а также положений 2.2.3.1 части I «Классификация» Правил РС/К в отношении рекомендаций по эксплуатации судна в ледовых условиях.

2 ОЦЕНКА ПРЕДЕЛЬНОЙ БАЛЛЬНОСТИ ВОЛНЕНИЯ ПО УСЛОВИЯМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЧНОСТИ КОРПУСА СУДНА

2.1 Для приближенной оценки предельной балльности волнения при перегоне судна вне установленного района плавания по условиям обеспечения прочности корпуса судна могут быть использованы изложенные ниже способы.

2.2 Для судов с недостаточной для района перегона общей продольной прочностью корпуса:

.1 расчетная предельная высота волны $h_{3\%}$, определяемая условиями общей продольной прочности (для наиболее ослабленного поперечного сечения в средней части корпуса), определяется по формуле:

$$h_{3\%} = \frac{2|M_{пр} - M_{sw}|}{C_b BL(L - 2x)} \leq 2d, \quad (2.2.1)$$

где $M_{пр}$ — предельный изгибающий момент для рассматриваемого поперечного сечения корпуса, кН·м, определяемый согласно 2.3;
 M_{sw} — изгибающий момент на тихой воде в рассматриваемом поперечном сечении корпуса при загрузке судна во время перегона, кН·м;
 L, B и d — длина, ширина и осадка судна при перегоне, м;
 C_b — коэффициент общей полноты судна при водоизмещении во время перегона;
 x — отстояние рассматриваемого поперечного сечения корпуса от миделя, м (при $x < 0,2L$ применяется $x = 0,2L$).

.2 абсолютная разность $M_{прx}$ и M_{swx} вычисляется с учетом знаков этих моментов.

При перегибе корпуса $M_{прx}$ и M_{swx} считаются положительными, при прогибе корпуса — отрицательными;

.3 предельный изгибающий момент $M_{прx}$ для рассматриваемого поперечного сечения корпуса принимается равным меньшему из значений, определяемых по следующим формулам:

$$M'_{прx} = \frac{I}{Z_{max}} R_{eH} 10^{-5}; \quad (2.2.3-1)$$

$$M'_{прx} = \frac{I}{Z_i} \sigma_{cr} 10^{-5}, \quad (2.2.3-2)$$

где R_{eH} — верхний предел текучести стали, МПа;
 Z_{max} — расстояние от горизонтальной нейтральной оси рассматриваемого поперечного сечения корпуса до наиболее удаленной растянутой связи, м;
 I — момент инерции рассматриваемого поперечного сечения корпуса судна относительно горизонтальной нейтральной оси, см⁴;
 Z_i — расстояние от горизонтальной нейтральной оси до центра тяжести поперечного сечения i -й сжатой балки расчетной палубы, днища или второго дна (карлингса, днищевого стрингера, продольного ребра жесткости), м;
 σ_{cr} — критическое напряжение указанной i -й балки, МПа, в рассматриваемом поперечном сечении корпуса.

При определении момента инерции поперечного сечения корпуса следует учитывать возможность редуцирования гибких связей (пластин) под действием расчетных сжимающих напряжений. При этом редуцированию не подлежат прилегающие к продольным балкам части пластин шириной с каждой стороны балки по 0,25 от размера короткой стороны опорного контура.

Редуцируемые части гибких связей вводятся в расчет с редуционным коэффициентом ψ , определяемым по формуле:

$$\psi = \sigma_{cr} / \sigma_{жс}, \quad (2.2.3-3)$$

где σ_{cr} — критическое напряжение i -й пластины, МПа, в рассматриваемом поперечном сечении корпуса;

$\sigma_{жс}$ — действующие в жестких связях сжимающие напряжения от общего изгиба, МПа.

2.3 Для судов с недостаточной для района перегона местной прочностью корпуса высота расчетной волны 3 % обеспеченности определяется, исходя из величины расчетной нагрузки p , при действии которой напряжения в связях корпуса не превышают следующих значений:

для флоров и рамных шпангоутов — $0,85R_{eH}$;

для стрингеров и кильсонов — R_{eH} ;

для наружной обшивки — R_{eH} ;

для набора и обшивки концевых переборок надстроек и стенок рубок — $0,80R_{eH}$,

где R_{eH} — предел текучести стали.

Высота волны 3 % обеспеченности $h_{3\%}$, м, определяется для различных перекрытий по следующим формулам:

.1 для днищевой и бортовой обшивки и набора в средней части длины судна

$$h_{3\%} = \frac{4}{3}(0,1p - d), \quad (2.3.1-1)$$

где p (для днища) — равномерно распределенная по площади нагрузка, кПа;

p (для борта) — расчетный напор на уровне днища нагрузки, определенной по треугольнику или трапеции, кПа;

d — осадка судна, м.

Противодавление P_L , кПа, груза (балласта) на днище может учитываться для связей, воспринимающих это противодавление, следующим образом:

$$\text{при } P_L \leq 10d \quad h_{3\%} = \frac{4}{3}(0,1p - d + 0,1P_L); \quad (2.3.1-2)$$

$$\text{при } P_L > 10d \quad h_{3\%} = \frac{4}{3}(0,1p + d - 0,1P_L). \quad (2.3.1-3)$$

Для борта может учитываться противодавление только жидкого груза;

.2 для днища на длине $0,25L$ от носового перпендикуляра

$$h_{3\%} = \frac{2}{3}(0,1p - d) \quad \text{— при клинообразной форме носовой оконечности}; \quad (2.3.2-1)$$

$$h_{3\%} = \frac{1}{2}(0,1p - d) \quad \text{— при ложкообразной форме носовой оконечности}; \quad (2.3.2-2)$$

$$h_{3\%} = \frac{2}{5}(0,1p - d) \quad \text{— при санообразной форме носовой оконечности}, \quad (2.3.2-3)$$

где p — нагрузка, равномерно распределенная по площади днища, кПа.

.3 для концевых переборок надстроек и стенки рубок, расположенных на верхней открытой палубе

$$h_{3\%} = k_p(0,07L + l), \quad (2.3.3)$$

где $k = 1$ — для носовых переборок;
 $k = 2$ — для носовых стенок рубок;
 $k = 4$ — для кормовых переборок;
 p — нагрузка, равномерно распределенная на площади стенки (переборки), кПа.

2.4 Ограничения по предельной балльности волнения из условий общей (см. 2.2) и местной (см. 2.3) прочности устанавливаются по наименьшей вычисленной величине волны 3 % обеспеченности. Однако во всех случаях наименьшая высота волны должна приниматься не более $2d$.

Предельная балльность волнения определяется по установленной, наименьшей высоте волны 3 % обеспеченности в соответствии с табл. 2.4. За табличную высоту волны принимается волна высотой, равной среднему арифметическому крайних высот волн, указанных в таблице для данной балльности.

Таблица 2.4

Высота волны 3 %-ной обеспеченности, м	Середина интервала, м	Степень волнения, баллы	Характеристика волнения, м
0,75–1,25	1,0	3	умеренное
1,25–2,0	1,63	4	значительное
2,0–3,5	2,75	5	сильное
3,5–6,0	4,75	6	сильное
6,0–8,5	7,25	7	очень сильное
8,5–11,0	9,75	8	очень сильное

Если расчетная высота волны 3 % обеспеченности менее 1,5 м, возможность перегона морем такого судна без подкреплений корпуса рассматривается Главным управлением Регистра с целью принятия особых мер предосторожности для практического исключения возможности нарушения ограничений по погоде при перегоне.

При расчетной высоте волны 3 % обеспеченности 10 м и более ограничения по условиям прочности не назначаются.

2.5 Для судов, для которых по возрасту и типу срок выполнения требуемых Правилами технического наблюдения за судами в эксплуатации замеров остаточных толщин не наступил, в качестве расчетных принимаются построечные размеры связей корпуса. Для корпусов судов, на которых в соответствии с Правилами технического наблюдения за судами в эксплуатации с определенного возраста и согласно типу судна выполняются замеры остаточных толщин, в качестве расчетных должны приниматься фактические остаточные толщины связей корпуса из действующих документов по оценке технического состояния корпуса судна.

3 ОЦЕНКА ПРЕДЕЛЬНОЙ БАЛЛЬНОСТИ ВОЛНЕНИЯ ПО УСЛОВИЯМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОСТОЙЧИВОСТИ СУДНА

3.1 Для приближенной оценки предельной балльности ветра по условиям остойчивости может быть применен изложенный ниже способ.

Предельная балльность ветра определяется в зависимости от параметра P , определяемого по формуле:

$$P = 109k_6 \sqrt{\frac{l_{cp} D \theta_{опр}}{(A - B \theta_{опр}) S_{п}}} (1 - 1,4 \theta_{M} / \theta_{зак}), \quad (3.1-1)$$

где k_6 — коэффициент приведения скорости ветра к высоте 6 м над уровнем моря, определяемый по формуле $k_6 = 1,11 - 0,02(Z_{п} - T)$;
 $S_{п}$ — площадь парусности, м²;
 $Z_{п}$ — возвышение центра парусности над основной плоскостью, м;
 T — осадка судна, м;
 D — водоизмещение судна, т;
 θ_{M} — амплитуда качки, град, которую рекомендуется принимать по данным модельных и натурных испытаний либо на основании расчета. При отсутствии других данных ее можно вычислить по формулам, приведенным в части IV «Остойчивость» Правил РС/К;
 $\theta_{зак}$ — угол заката диаграммы статической остойчивости, град;
 $\theta_{опр}$ — угол опрокидывания, рад;
 l_{cp} — среднее плечо, соответствующее углу опрокидывания, м, определяемое по формуле:

$$l_{cp} = 1/\theta_{опр} \int_0^{\theta_{опр}} l d\theta \quad (3.1-2)$$

$$A = Z_{п} - T/4 - Z_g/2 \quad (3.1-3)$$

$$B = 0,155(Z_{п} - T), \quad (3.1-4)$$

где Z_g — возвышение центра тяжести судна над основной плоскостью, м.

3.2 Предельная балльность ветра определяется по полученному значению параметра P в соответствии с [табл. 3.2](#).

Полученную балльность следует откорректировать в соответствии с материалами опыта эксплуатации близких по типу судов; если такой материал отсутствует, необходимо снизить на один балл полученное значение предельной балльности.

Расчет предельной балльности ветра должен быть произведен для нагрузки в условиях перегона с наименьшей остойчивостью.

Таблица 3.2

P , м/с	Ветер	Предельная балльность ветра
1,0	штиль	0
3,2	тихий	1
6,2	легкий	2
9,6	слабый	3
13,6	умеренный	4
17,8	свежий	5
22,3	сильный	6
26,2	крепкий	7
31,6	очень крепкий	8
36,7	шторм	9
42,0	сильный шторм	10
47,5	жестокий шторм	11
53,0	ураган	12

Российский морской регистр судоходства

Руководство по оценке мореходности

ФАУ «Российский морской регистр судоходства»
191186, г. Санкт-Петербург, ул. Миллионная, д. 7, литера А
www.rs-class.org/ru/