

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Одеська національна морська академія**  
***Кафедра теорії і устрою судна***

***КУРСОВА РОБОТА***

**по кафедрі ТУС**

**курсанта заочної форми навчання**

**Керівник \_\_\_\_\_**

**Одеса - 2013**

# РАСЧЕТ ПОСАДКИ И ОСТОЙЧИВОСТИ, ПРОВЕРКА ОСТОЙЧИВОСТИ И ОБЩЕЙ ПРОЧНОСТИ КОРПУСА СУДНА В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

## Исходные данные

Скорость судна в рейсе	$v_s =$	14,2	уз
Протяженность рейса	$S =$	7800	м.миль
Осадка по носовой марке углубления перед погрузкой	$T_{но}^M =$	0,79	м
Осадка по кормовой марке углубления перед погрузкой	$T_{ко}^M =$	5,59	м
Осадка по средней марке углубления перед погрузкой	$T_{мо}^M =$	2,97	м
Апplikата ЦТ судна перед погрузкой	$z_{g0} =$	8,65	м
Количество кипового груза	$P_{гр} =$	7100	т
Удельный погрузочный объем кипового груза	$\mu_{гр} =$	1,63	м <sup>3</sup> /т
Массовая плотность забортной воды в порту погрузки	$\rho_0 =$	1,008	т/м <sup>3</sup>

## 1. Расчет ходового времени и судовых запасов на рейс

1.1. Ходовое время рейса рассчитано по заданным расстоянию между портами и скорости судна:

$$t_p^x = S / (24 v_s) = 7800 / (24 \cdot 14,2) = 22,9 \text{ сут}$$

Для обеспечения разгрузки судна в порту прихода стояночное время принято равным:

$$t_p^c = 5,0 \text{ сут}$$

1.2. Необходимое количество ходовых запасов с учетом штормового запаса (равным 10%) найдено по нормам суточных расходов на ходу:

$$\text{моторное топливо} \quad P_{\text{мт}}^x = 1,1 q_{\text{мт}}^x t_p^x = 1,1 \cdot 20,8 \cdot 22,9 = 524 \text{ т,}$$

$$\text{дизельное топливо} \quad P_{\text{дт}}^x = 1,1 q_{\text{дт}}^x t_p^x = 1,1 \cdot 2,4 \cdot 22,9 = 60,5 \text{ т,}$$

$$\text{цилиндровое масло} \quad P_{\text{цил}}^x = 1,1 q_{\text{цил}}^x t_p^x = 1,1 \cdot 0,07 \cdot 22,9 = 1,8 \text{ т,}$$

$$\text{циркуляционное масло} \quad P_{\text{цир}}^x = 1,1 q_{\text{цир}}^x t_p^x = 1,1 \cdot 0,09 \cdot 22,9 = 2,3 \text{ т,}$$

$$\text{пресная вода} \quad P_{\text{пв}}^x = 1,1 q_{\text{пв}}^x t_p^x = 1,1 \cdot 3,4 \cdot 22,9 = 85,7 \text{ т.}$$

$$\text{Всего ходовых запасов} \quad P_{\text{зап}}^x = 524 + 60,5 + 1,8 + 2,3 + 85,7 = 674,3 \text{ т.}$$

1.3. Необходимое количество стояночных запасов найдено по нормам суточных расходов на стоянке:

$$\text{дизельное топливо} \quad P_{\text{дт}}^c = q_{\text{дт}}^c t_p^c = 2,4 \cdot 5,0 = 12,0 \text{ т,}$$

$$\text{циркуляционное масло} \quad P_{\text{цир}}^c = q_{\text{цир}}^c t_p^c = 0,02 \cdot 5,0 = 0,1 \text{ т,}$$

$$\text{пресная вода} \quad P_{\text{пв}}^c = q_{\text{пв}}^c t_p^c = 3,4 \cdot 5,0 = 17,0 \text{ т.}$$

$$\text{Всего стояночных запасов} \quad P_{\text{зап}}^c = 12,0 + 0,1 + 17,0 = 29,1 \text{ т.}$$

1.4. Количество запасов на отход:

$$\text{моторное топливо} \quad P_{\text{мт}}^o = P_{\text{мт}}^x = 524 \text{ т,}$$

$$\text{дизельное топливо} \quad P_{\text{дт}}^o = P_{\text{дт}}^x + P_{\text{дт}}^c = 60,5 + 12,0 = 72,5 \text{ т,}$$

$$\text{цилиндровое масло} \quad P_{\text{цил}}^o = P_{\text{цил}}^x = 1,8 \text{ т,}$$

$$\text{циркуляционное масло} \quad P_{\text{цир}}^o = P_{\text{цир}}^x + P_{\text{цир}}^c = 2,3 + 0,1 = 2,4 \text{ т,}$$

$$\text{пресная вода} \quad P_{\text{пв}}^o = P_{\text{пв}}^x + P_{\text{пв}}^c = 85,7 + 17,0 = 102,7 \text{ т.}$$

$$\text{Всего запасов на отход:} \quad P_{\text{зап}}^o = 524 + 72,5 + 1,8 + 2,4 + 102,7 = 703,4 \text{ т.}$$

1.5. Остаток запасов на приход:

$$\text{моторное топливо} \quad P_{\text{мт}}^п = P_{\text{мт}}^o - 0,9 P_{\text{мт}}^x = 524 - 0,9 \cdot 524 = 52,4 \text{ т,}$$

$$\text{дизельное топливо} \quad P_{\text{дт}}^п = P_{\text{дт}}^o - 0,9 P_{\text{дт}}^x = 72,5 - 0,9 \cdot 60,5 = 18,05 \text{ т,}$$

$$\text{цилиндровое масло} \quad P_{\text{цил}}^п = P_{\text{цил}}^o - 0,9 P_{\text{цил}}^x = 1,8 - 0,9 \cdot 1,8 = 0,2 \text{ т,}$$

$$\text{циркуляционное масло} \quad P_{\text{цир}}^п = P_{\text{цир}}^o - 0,9 P_{\text{цир}}^x = 2,4 - 0,9 \cdot 2,3 = 0,3 \text{ т,}$$

$$\text{пресная вода} \quad P_{\text{пв}}^п = P_{\text{пв}}^o - 0,9 P_{\text{пв}}^x = 102,7 - 0,9 \cdot 85,7 = 25,6 \text{ т.}$$

$$\text{Всего запасов на приход} \quad P_{\text{зап}}^п = 52,4 + 18,05 + 0,2 + 0,3 + 25,6 = 96,6 \text{ т.}$$

## 2. Определение водоизмещения при начальной посадке судна

2.1. Дифферент судна рассчитан по замерам с марок углубления:

$$d_0^M = T_{\text{н0}}^M - T_{\text{к0}}^M = 0,79 - 5,59 = -4,8 \text{ м.}$$

2.2. По чертежу оконечностей найдены отстояния марок углубления:

$$l_{\text{н}} = -6,0 \text{ м,}$$

$$l_{\text{к}} = 1,30 \text{ м,}$$

$$l_{\text{м}} = 1,20 \text{ м.}$$

2.3. Длина судна между марками углубления, по которым сняты осадки носом и кормой, составила:

$$L^M = L + l_H - l_K = 140,0 - 6,0 - 1,30 = 132,7 \text{ м.}$$

2.4. Тангенс угла дифферента судна и осадки на перпендикулярах и миделе найдены по формулам:

$$\text{tg } \psi_0 = d^M_0 / L^M = -4,8 / 132,7 = -0,0361 \text{ м,}$$

$$T_{H0} = T^M_{H0} - l_H \text{ tg } \psi_0 = 0,79 - 6 \cdot 0,0361 = 0,57 \text{ м,}$$

$$T_{K0} = T^M_{K0} - l_K \text{ tg } \psi_0 = 5,59 + 1,30 \cdot 0,0361 = 5,63 \text{ м,}$$

$$T_{M0} = T^M_{M0} - l_M \text{ tg } \psi_0 = 2,97 + 1,20 \cdot 0,0361 = 3,01 \text{ м.}$$

2.5. Приведенная (с учетом изгиба корпуса) средняя осадка найдена по формуле:

$$T_{cp0} = (T_{H0} + 6 T_{M0} + T_{K0}) / 8 = (0,57 + 6 \cdot 3,01 + 5,63) / 8 = 3,03 \text{ м.}$$

По грузовой шкале для найденной приведенной осадке  $T_{cp0}$  определены:

$$\text{водоизмещение судна при плотности морской воды } \rho = 1,008 \text{ т/м}^3 \quad D'_0 = 5089 \text{ т,}$$

$$\text{число тонн на сантиметр осадки} \quad q_0 = 19,67 \text{ т/см,}$$

$$\text{момент, дифферентующий судно на 1 сантиметр осадки} \quad M_{cm0} = 127,3 \text{ тм/см.}$$

Если рассчитать момент, дифферентующий судно на 1 сантиметр осадки по формуле:

$$M = DR/100L = 5089 \cdot 333,24 / 100 \cdot 140 = 121,1 \text{ тм/см.}$$

По кривым элементов теоретического чертежа определены:

$$\text{абсцисса ЦВ} \quad x_{c0} = 0,18 \text{ м,}$$

$$\text{абсцисса ЦТ площади ватерлинии} \quad x_{f0} = 0,107 \text{ м,}$$

$$\text{аппликата ЦВ} \quad z_{c0} = 1,615 \text{ м,}$$

$$\text{продольный метацентрический радиус} \quad R_0 = 333,24 \text{ м.}$$

Продольная метацентрическая высота:

$$H_0 = R_0 + z_{c0} - z_{g0} = 333,24 + 1,615 - 8,65 = 326,205 \text{ м.}$$

2.6. Для вычисления поправок на дифферент по грузовой шкале определены моменты, дифферентующие на 1 сантиметр осадки, а по кривым элементов теоретического чертежа определены продольный метацентрический радиус водоизмещение, для осадок:

$$T' = T_{cp0} + 0,5 = 3,03 + 0,5 = 3,53 \text{ м,}$$

$$M_{cm}' = 129,8 \text{ тм/см,}$$

$$D' = 6081 \text{ т,}$$

$$R' = 292,04 \text{ м;}$$

$$T'' = T_{cp0} - 0,5 = 3,03 - 0,5 = 2,53 \text{ м,}$$

$$M_{cm}'' = 106,6 \text{ тм/см, по формуле } M = DR/100L$$

$D'' = 4\,443,6$  т, (по формуле Длина x ширина x осадка(2,53) x коэффициент полноты (0,609))

$R'' = 336,0$  м;

2.7. Поправки к водоизмещению на дифферент рассчитаны:

а) первая поправка

$$\Delta D_1 = 100 q_0 x_{f0} \operatorname{tg} \psi_0 = 100 \cdot 19,67 \cdot 0,107 \cdot (-0,0361) = -7,6 \text{ т};$$

с учетом плотности забортной воды: ( $\rho_0 / 1,025$ )

$$\Delta D_1 = -7,47 \text{ т}$$

б) вторая поправка

$$\Delta D_2 = 50 (M_{\text{см}' } - M_{\text{см}''}) L \operatorname{tg}^2 \psi_0 = 50 \cdot (129,8 - 106,6) \cdot 140,0 \cdot 0,0362^2 = 212,8 \text{ т.}$$

с учетом плотности забортной воды : ( $\rho_0 / 1,025$ )

$$\Delta D_2 = 209,3 \text{ т}$$

2.8. Исправленное водоизмещение определено:

$$D_0'' = D_0' + \Delta D_1 + \Delta D_2 = 5\,089 - 7,47 + 209,3 = 5\,290,8 \text{ т.}$$

2.9. Абсцисса ЦТ судна при начальной посадке определена:

$$x_{g0} = x_{c0} + H_0 \operatorname{tg} \psi_0 = 0,18 - 326,2 \cdot 0,0361 = -11,59 \text{ м.}$$

### 3. Распределение запасов и груза (составление грузового плана)

3.1. Для осадки по летнюю грузовую марку  $T_{\text{лгм}} = 9,39$  м из данных по судну определено водоизмещение в полном грузу  $D_{\text{гр}} = 19220$  т и рассчитана чистая грузоподъемность судна в заданном рейсе:

$$D_{\text{ч}} = D_{\text{гр}} - (D_0 + \Sigma P_{\text{зап}}) = 19220 - (5\,290,8 + 703,4) = 13\,225,8 \text{ т.}$$

Заданное на рейс количество груза  $P_{\text{гр}}$  не превысило чистой грузоподъемности судна в рейсе:

$$(P_{\text{гр}} = 7100 \text{ т}) < (D_{\text{ч}} = 13\,225,8 \text{ т})$$

3.2. Запасы по судовым цистернам распределены с учетом заполнения расходных и отстойных цистерн. Размещение запасов на отход и приход приведено в таблице 3.2.1 и 3.2.2. Координаты центра тяжести запасов  $x_{\text{зап}}$  и  $z_{\text{зап}}$  рассчитаны по формулам:

$$x_{\text{зап}} = \Sigma M_{x \text{ зап}} / \Sigma P_{\text{зап}} ; z_{\text{зап}} = \Sigma M_{z \text{ зап}} / \Sigma P_{\text{зап}} .$$

Таблица 3.2.1 - Размещение судовых запасов на отход судна

Запасы и их размещение	Шпан-гоуты	Вместимость, т	На отход				
			масса, т	плечи, м		моменты, тм	
				x	z	$M_x$	$M_z$
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Моторное топливо 0,900 т/м<sup>3</sup></i>							

Расходные топливные цистерны №1,2 Л.Б и П.Б.	123÷127	37,2	37,2	-23,90	6,12	-889,08	227,6	
Отстойные топливные цистерны №1,2 Л.Б и П.Б.	123÷127	43,8	43,8	-23,90	4,73	-1 046,8	207,2	
Междудонная цистерна №3 Л.Б.	68÷95	209,0	209,0	10,60	0,74	2 215,4	154,7	
Междудонная цистерна №3 П.Б.	68÷95	202,0	202,0	10,90	0,74	2 201,8	149,5	
Междудонная цистерна № 7 П.Б.	133÷149	66,0	32,0	-35,30	1,03	-1 129,6	33,0	
МОТОРНОЕ ТОПЛИВО ВСЕГО				524,0	2,74	1 351,7	772,0	
<i>Дизельное топливо 0,850 т/м<sup>3</sup></i>								
Продолжение таблицы 3.2.1								
1	2	3	4	5	6	7	8	
Расходные цистерны диз. Топлива №1,2 Л.Б и П.Б.	123÷127	22,9	22,9	-23,9	6,12	-547,3	140,1	
Междудонная цистерна №6 Л.Б.	132÷151	69,0	49,6	-36,0	0,78	-1 785,6	38,7	
ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО ВСЕГО				72,5	-32,18	2,46	-2 332,9	178,7
<i>Масло 0,890 т/м<sup>3</sup></i>								
Цистерна запасов моторного масла Л.Б.	141÷144	11,1	1,8	-37,8	10,58	-68,0	19,0	
Цистерны запасов цилиндрического масла №1,2 Л.Б и П.Б.	136÷138	9,8	2,4	-34,5	10,58	-82,8	25,4	
СМАЗОЧНОЕ МАСЛО ВСЕГО				4,2	-35,9	10,57	-150,8	44,4
<i>Пресная вода 1,000 т/м<sup>3</sup></i>								
Цистерна питьевой воды Л.Б и П.Б.	122÷128	70,6	45,0	-21,40	10,30	-963,0	463,5	
Цистерна мытьевой воды Л.Б. и П.Б.	151÷168	179,6	57,7	-49,80	3,35	-2 873,5	193,3	
ПРЕСНАЯ ВОДА ВСЕГО				102,7	-37,36	6,4	-3 836,5	656,8
ИТОГО ЗАПАСОВ НА ОТХОД				703,4	-7,06	2,35	-4 968,5	1 651,9

Таблица 3.2.2 - Размещение судовых запасов на приход судна

Запасы и их размещение	Шпан-гоуты	Вмести-мость, т	На приход					
			масса, т	плечи, м		моменты, тм		
				х	z	M <sub>x</sub>	M <sub>z</sub>	
1	2	3	4	5	6	7	8	
<i>Моторное топливо 0,900 т/м<sup>3</sup></i>								
Расходные топливные цистерны №1,2 Л.Б и П.Б.	123÷127	37,2	25,0	-23,90	4,72	-597,5	118,0	
Отстойные топливные цистерны №1,2 Л.Б и П.Б.	123÷127	43,8	27,4	-23,90	6,12	-654,8	167,7	
МОТОРНОЕ ТОПЛИВО ВСЕГО				52,4	-23,90	5,45	-1252,4	285,7
<i>Дизельное топливо 0,850 т/м<sup>3</sup></i>								
Расходные цистерны диз. Топлива №1,2 Л.Б и П.Б.	123÷127	22,1	18,05	-23,90	5,90	-431,4	106,5	
ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО ВСЕГО				18,05	-23,90	5,90	-431,4	106,5
<i>Масло 0,890 т/м<sup>3</sup></i>								
Цистерна запасов моторного	141÷144	11,1	0,3	-37,80	10,58	-11,3	3,2	

масла Л.Б.							
Цистерны запасов цилиндрового масла №1,2 Л.Б и П.Б.	136÷138	9,8	0,2	-34,50	10,80	-6,9	2,2
СМАЗОЧНОЕ МАСЛО ВСЕГО			0,5	-36,15	10,69	-18,2	5,4
<i>Пресная вода 1,000 т/м<sup>3</sup></i>							
Цистерна питьевой воды Л.Б и П.Б.	122÷128	70,6	11,0	-21,40	10,3	-235,4	113,3
Цистерна митьевой воды Л.Б. и П.Б	151÷168	179,6	14,6	-49,80	3,35	-727,08	48,9
ПРЕСНАЯ ВОДА ВСЕГО			25,6	-37,6	6,3	-962,5	162,2
ИТОГО ЗАПАСОВ НА ПРИХОД			96,6	-27,6	5,8	-2664,5	559,7

3.3. Объем заданного к перевозке груза найден по формуле:

$$V_{гр} = P_{гр} \mu_{гр} = 7\,100 \cdot 1,63 = 11\,573 \text{ м}^3$$

В таблице 3.3.1 выполнено распределение груза по длине судна пропорционально вместимости отсеков.

Таблица 3.3.1 - Распределение груза пропорционально вместимости отсеков

Наименование помещения	Зерновой объем отсека, $W_{зер}, \text{ м}^3$	Коэффициент пропорциональности, k	Киповый объем груза, $W_{кип}, \text{ м}^3$
Трюм №1	640	1,153	555
Трюм №2	2560	1,115	2295
Трюм №3	2910	1,111	2620
Трюм №4	2930	1,110	2640
Трюм №5	970	1,141	850
Твиндек №1	900	1,139	790
Твиндек №2	1870	1,081	1730
Твиндек №3	1905	1,082	1760
Твиндек № 4	1895	1,071	1770
Твиндек №5	1550	1,069	1450
Твиндек бак	1040	1,083	960
СУММА	19170	-	17420

3.4. В первом приближении груз размещен пропорционально вместимости отсеков, и составленный грузовой план представлен в таблице 3.4.1.

Таблица 3.4.1 - Размещение груза в первом приближении

Наименование помещения	Вмес- тимость $W, \text{ м}^3$	$Z_v, \text{ м}$	Объем $V_{гр}, \text{ м}^3$	Масса $P_{гр}, \text{ т}$	Плечи, м		Моменты, тм	
					x	z	$M_x$	$M_z$
Трюм № 1	555	6,38	555	340,5	50,50	6,38	17 194,8	2 172,3
Трюм № 2	2295	4,80	2295	1408	32,00	4,8	45 055,2	6 758,3
Трюм № 3	2620	4,68	2620	1607,3	10,96	4,68	17 616,6	7 522,4
Трюм № 4	2640	4,70	2640	1619,6	-10,50	4,7	-17006,1	7 612,3

Трюм № 5	850	7,0	850	521,5	-51,9	7	-27064,4	3 650,3
Твиндек № 1	790	10,0	790	484,6	50,87	10	24654,8	4 846,6
Твиндек № 2	1730	10,15	-	-	-	-	-	-
Твиндек № 3	1760	10,15	793	486,5	10,96	9,02	5 332,1	4 388,2
Твиндек № 4	1770	10,15	1030	632	-10,57	9,28	-6 679,2	5 864,0
Твиндек № 5	1450	12,20	-	-	-	-	-	-
Твиндек-бак	960	14,20	-	-	-	-	-	-
<b>ИТОГО ГРУЗ:</b>	<b>17420</b>	<b>-</b>	<b>11573</b>	<b>7100</b>	<b>8,32</b>	<b>6,03</b>	<b>59103,8</b>	<b>42814,6</b>

Аппликата центра тяжести груза в частично заполненном твиндеке № 3 и № 4, определена по таблице «Чертеж размещения грузов».

3.5. В таблицах 3.5.1 и 3.5.2 рассчитаны координаты центра тяжести судна после загрузки в первом приближении на отход и приход.

Таблица 3.5.1 - Расчет абсциссы центра тяжести судна в первом приближении

Статья нагрузки	На отход				
	масса, т	плечи, м		моменты, тм	
		x	z	M <sub>x</sub>	M <sub>z</sub>
Судно перед загрузкой	5 290,8	-10,46	8,65	-55341,8	45765,4
Судовые запасы	703,4	-7,06	2,35	-4966,0	1653,0
Груз	7100,0	8,32	6,03	59072,0	42813,0
<b>СУДНО НА ОТХОД</b>	<b>13094,2</b>	<b>-0,094</b>	<b>6,89</b>	<b>-1235,8</b>	<b>90231,4</b>

Таблица 3.5.2 - Расчет абсциссы центра тяжести судна в первом приближении

Статья нагрузки	На приход				
	масса, т	плечи, м		моменты, тм	
		x	z	M <sub>x</sub>	M <sub>z</sub>
Судно перед загрузкой	5 290,8	-10,46	8,65	-55341,8	45765,4
Судовые запасы	96,55	-27,6	5,8	-2664,8	560,0
Груз	7100,0	8,32	6,03	59072,0	42813,0
<b>СУДНО НА ПРИХОД</b>	<b>12487,3</b>	<b>0,085</b>	<b>7,14</b>	<b>1065,45</b>	<b>89138,4</b>

3.6. Посадка судна на отход и приход после загрузки в первом приближении рассчитана в таблице 3.6.1.

Таблица 3.6.1 - Расчет посадки судна, после загрузки в первом приближении

Наименования величин	Обозначения и формулы	Значения величин	
		отход	приход
Водоизмещение судна, т	D (из табл.3.5.1 и 3.5.2)	13094,2	12487,3
Абсцисса центра тяжести судна, м	x <sub>g</sub> (из табл.3.5.1 и 3.5.2)	-0,094	0,085
Объемное водоизмещение, м <sup>3</sup>	V = D / 1,008	12990,3	12338,2

Средняя осадка судна, м	$T_{cp}$ (по грузовой шкале)	6,9	6,62
Число тонн на сантиметр осадки, т/см	$q$ (по грузовой шкале)	22,47	22,23
Момент, дифференцирующий на сантиметр, тм/см	$M_{cm}$ (по грузовой шкале)	170,01	165,01
Абсцисса центра величины, м	$x_c$ (по кривым элементам)	-0,2	-0,13
Абсцисса центра тяжести площ. ватерлинии, м	$x_f$ (по кривым элементам)	-1,5	-1,25
Апplikата поперечного метацентра, м	$z_m$ (по кривым элементам)	8,53	8,56
Коэффициент общей полноты	$\delta$ (по кривым элементам)	0,661	0,661
Дифферент судна, м	$d = D(x_g - x_c) / (100 M_{cm})$	0,081	0,161
Осадка судна носом, м	$T_H = T_{cp} + (0,5 - x_f/L) d$	6,94	6,7
Осадка судна кормой, м	$T_K = T_H - d$	6,86	6,54

3.7. Так как на отход судна, оно не было посажено с допустимым дифферентом на корму, следовательно, за предварительный грузовой план не принято распределение груза по трюмам судна в первом приближении, выполненное в таблице 3.4.1.

Необходимо перераспределить груз и рассчитать посадку судна во втором приближении. Для удифферентовки судна часть груза  $\Delta P$  необходимо перенести из твиндека №1 в твиндек №2. За желаемое изменение дифферента  $\Delta d$  принимаем -0,4. Тогда

$$\Delta P = 100 \cdot \Delta d \cdot M / (x_{c2} - x_{c1}) = 100 \cdot (-0,4) \cdot 170,1 / (32,5 - 50,87) = 370 \text{ т.}$$

Во втором приближении груз размещен пропорционально вместимости отсеков, и составленный грузовой план представлен в таблице 3.7.1.

Таблица 3.7.1 - Размещение груза во втором приближении

Наименование помещения	Вместимость $W, \text{ м}^3$	$z_v, \text{ м}$	Объем $V_{гр}, \text{ м}^3$	Масса $P_{гр}, \text{ т}$	Плечи, м		Моменты, тм	
					$x$	$z$	$M_x$	$M_z$
Трюм № 1	555	6,38	555	340,5	50,50	6,38	17 194,8	2 172,3
Трюм № 2	2295	4,80	2295	1408	32,00	4,8	45 055,2	6 758,3
Трюм № 3	2620	4,68	2620	1607,3	10,96	4,68	17 616,6	7 522,4
Трюм № 4	2640	4,70	2640	1619,6	-10,50	4,7	-17006,1	7 612,3
Трюм № 5	850	7,0	850	521,5	-51,9	7	-27064,4	3 650,3
Твиндек № 1	790	10,0	420	257,6	50,87	9,16	13107,6	2 364,2
Твиндек № 2	1730	10,15	370	227	32,5	8,55	7 377,3	1 940,8
Твиндек № 3	1760	10,15	793	486,5	10,96	9,02	5 332,1	4 388,2
Твиндек № 4	1770	10,15	1030	632	-10,57	9,28	-6 679,2	5 864,0
Твиндек № 5	1450	12,20	-	-	-	-	-	-
Твиндек-бак	960	14,20	-	-	-	-	-	-
<b>ИТОГО ГРУЗ:</b>	17420	-	11573	7100	7,73	5,95	54934,0	42269,0

Апplikата центра тяжести груза в частично заполненном твиндеке №1, №2, № 3, № 4 определена по таблице «Чертеж размещения грузов».

В таблицах 3.8.1 и 3.8.2 рассчитаны координаты центра тяжести судна после загрузки во втором приближении на отход и приход.

Таблица 3.8.1 - Расчет абсциссы центра тяжести судна во втором приближении

Статья нагрузки	На отход				
	масса, т	плечи, м		моменты, тм	
		x	z	M <sub>x</sub>	M <sub>z</sub>
Судно перед загрузкой	5 290,8	-10,46	8,65	-55341,8	45765,4
Судовые запасы	703,4	-7,06	2,35	-4966,0	1653,0
Груз	7100,0	7,73	5,95	54934,0	42269,0
<b>СУДНО НА ОТХОД</b>	<b>13094,2</b>	<b>-0,41</b>	<b>6,85</b>	<b>-5373,85</b>	<b>89 687,4</b>

Таблица 3.8.2 - Расчет абсциссы центра тяжести судна во втором приближении

Статья нагрузки	На приход				
	масса, т	плечи, м		моменты, тм	
		x	z	M <sub>x</sub>	M <sub>z</sub>
Судно перед загрузкой	5 290,8	-10,46	8,65	-55341,8	45765,4
Судовые запасы	96,55	-27,6	5,8	-2664,8	560,0
Груз	7100,0	7,73	5,95	54934,0	42269,0
<b>СУДНО НА ПРИХОД</b>	<b>12487,3</b>	<b>-0,246</b>	<b>7,094</b>	<b>-3072,63</b>	<b>88594,4</b>

Посадка судна на отход и приход после загрузки во втором приближении рассчитана в таблице 3.8.3.

Таблица 3.8.3 - Расчет посадки судна, после загрузки во втором приближении

Наименования величин	Обозначения и формулы	Значения величин	
		отход	приход
Водоизмещение судна, т	D (из табл.3.8.1 и 3.8.2)	13094,2	12487,3
Абсцисса центра тяжести судна, м	x <sub>g</sub> (из табл.3.8.1 и 3.8.2)	-0,41	-0,246
Объемное водоизмещение, м <sup>3</sup>	V = D / 1,008	12990,3	12338,2
Средняя осадка судна, м	T <sub>cp</sub> (по грузовой шкале)	6,9	6,62
Число тонн на сантиметр осадки, т/см	q (по грузовой шкале)	22,47	22,23
Момент, дифференцирующий на сантиметр, тм/см	M <sub>cm</sub> (по грузовой шкале)	170,01	165,01
Абсцисса центра величины, м	x <sub>c</sub> (по кривым элементам)	-0,2	-0,13
Абсцисса центра тяжести площ. ватерлинии, м	x <sub>f</sub> (по кривым элементам)	-1,5	-1,25
Апplikата поперечного метацентра, м	z <sub>m</sub> (по кривым элементам)	8,53	8,56
Коэффициент общей полноты	δ (по кривым элементам)	0,661	0,661
Дифферент судна, м	d = D (x <sub>g</sub> - x <sub>c</sub> ) / (100 M <sub>cm</sub> )	-0,162	-0,087
Осадка судна носом, м	T <sub>н</sub> = T <sub>cp</sub> + (0,5 - x <sub>f</sub> /L) d	6,81	6,57
Осадка судна кормой, м	T <sub>к</sub> = T <sub>н</sub> - d	6,98	6,66

Так как на отход судна, оно было посажено с допустимым дифферентом на корму, следовательно, за предварительный грузовой план принято распределение груза по трюмам судна во втором приближении, выполненное в таблице 3.7.1.

3.9. Определение посадки судна с помощью диаграммы осадок носом и кормой выполнено в таблице 3.9.1.

Таблица 3.9.1 - Расчеты посадки по диаграмме осадок носом и кормой

Наименования величин	Обозначения и формулы	Значения величин	
		отход	приход
Водоизмещение массовое, т	D (из табл.3.8.1 и 3.8.2)	13094,2	12487,3
Момент водоизмещения относит. миделя, тм	$M_x$ (из табл.3.8.1 и 3.8.2)	-5373,85	-3072,63
Осадка судна носом, м	$T_n$ (по диаграмме)	6,9	6,6
Осадка судна кормой, м	$T_k$ (по диаграмме)	7,00	6,69
Дифферент судна, м	$d = T_n - T_k$	-0,1	-0,09
Средняя осадка судна, м	$T_{cp} = (T_n + T_k) / 2$	6,95	6,645

Полученные по диаграмме параметры посадки отличаются от полученных по формулам незначительно, в дальнейших расчетах использованы результаты, приведенные в таблице 3.8.3.

#### 4. Расчеты остойчивости судна в рейсе

4.1. Поправки  $\Delta m_h$  к статическому моменту массы судна относительно основной плоскости на влияние свободной поверхности жидкого груза определена по справочному материалу для данного судна. В расчетную комбинацию включались цистерны с наибольшей поправкой  $\Delta m_h$  независимо от степени их заполнения (полные или частично заполненные). В расчет не включались цистерны, удовлетворяющие условию  $\Delta m_h \leq 0,01 D_{min}$ .

Поправки на влияние свободной поверхности жидкостей приведены в таблице 4.1.1.

Таблица 4.1.1 - Поправки на влияние свободной поверхности

Запасы и их размещение	Шпан-гоуты	Вместимость, т	масса, т	Поправка, $\Delta m_h$ , тм
Моторное топливо 0,900 т/м <sup>3</sup>				
Междудонная цистерна №3 Л.Б.	68÷95	209,0	209,0	1049
Междудонная цистерна №3 П.Б.	68÷95	202,0	202,0	1049
Междудонная цистерна № 7 П.Б.	133÷149	66,0	63,2	66
Дизельное топливо 0,850 т/м <sup>3</sup>				

Междудонная цистерна №6 Л. Б.	132÷151	69,0	50,4	74
СУММА				2238

4.2. Характеристики начальной остойчивости судна в рейсе рассчитаны в таблице 4.2.1.

Таблица 4.2.1 - Расчет характеристик начальной остойчивости

Наименования величин	Обозначения и формулы	Значения величин	
		отход	приход
Водоизмещение, т	D (из табл.3.8.1 и 3.8.2)	13094,2	12487,4
Неисправленная аппликата ЦТ судна, м	$z_{g0}$ (из табл.3.8.1 и 3.8.2)	6,85	7,09
Аппликата поперечного метацентра, м	$z_m$ (из табл.3.8.3)	8,53	8,56
Неисправленная метацентрическая высота, м	$h_0 = z_m - z_{g0}$	1,68	1,46
Поправка на влияние свободной поверхности, м	$\Delta z = \sum \Delta m_h / D$	0,17	0,18
Исправленная аппликата ЦТ судна, м	$z_g = z_{g0} + \Delta z$	7,02	7,27
Исправленная метацентрическая высота, м	$h = h_0 - \Delta z$	1,5	1,28

4.3. Для построения диаграмм статической остойчивости использованы кривые плеч остойчивости формы.

Расчет плеч статической и динамической остойчивости выполнен в таблицах 4.3.1 и 4.3.2.

Таблица 4.3.1 - Расчет плеч остойчивости судна на отход

Водоизмещение, D, т		13094,2				
Аппликата центра тяжести судна, $Z_{g0}$ , м		6,85				
Аппликата условного центра масс, $Z_M$ , м		0,00				
Исправленная аппликата центра тяжести судна, $Z_g' = Z_{g0} - Z_M$ , м		6,85				
$\delta\theta = 0,174$						
Угол крена, $\theta^\circ$	Плечо формы, $l_\phi$ , м	$\sin\theta$ , рад.	$Z_g' \cdot \sin\theta$	Плечо статической остойчивости $l = l_\phi - Z_g' \cdot \sin\theta$ , м	Интегральная сумма $\sigma(l)$	Плечо динамической остойчивости $d = \frac{\delta\theta}{2} \cdot \sigma(l)$ , м
0	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	1,500	0,174	1,192	0,308	0,308	0,027
20	3,030	0,342	2,342	0,687	1,304	0,113
30	4,61	0,500	3,425	1,185	3,177	0,276
40	6,020	0,643	4,404	1,616	5,978	0,52
50	7,040	0,766	5,247	1,793	9,387	0,817
60	7,660	0,866	5,932	1,728	12,909	1,123
70	7,950	0,940	6,438	1,512	16,149	1,405
80	7,930	0,985	6,747	1,183	18,844	1,64
90	7,600	1,000	6,849	0,75	20,778	1,8

Таблица 4.3.2 - Расчет плеч остойчивости судна на приход

Водоизмещение, D, т		12487,4				
Аппликата центра тяжести судна, $Z_{g0}$ , м		7,09				
Аппликата условного центра масс, $Z_M$ , м		0,00				
Исправленная аппликата центра тяжести судна, $Z_g' = Z_{g0} - Z_M$ , м		7,09				
$\delta\theta = 0,174$						
Угол крена, $\theta^\circ$	Плечо формы, $l_\phi$ , м	$\sin\theta$ , рад.	$Z_g' \cdot \sin\theta$	Плечо статической остойчивости $l = l_\phi - Z_g' \cdot \sin\theta$ , м	Интегральная сумма $\sigma(l)$	Плечо динамической остойчивости $d = \frac{\delta\theta}{2} \cdot \sigma(l)$ , м
0	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	1,50	0,174	1,234	0,265	0,375	0,023
20	3,040	0,342	2,426	0,614	1,145	0,099
30	4,625	0,500	3,547	1,078	2,836	0,247
40	6,050	0,643	4,562	1,488	5,402	0,47
50	7,080	0,766	5,434	1,645	8,535	0,742
60	7,700	0,866	6,144	1,556	11,736	1,021
70	7,970	0,940	6,67	1,3	14,593	1,27
80	7,950	0,985	6,99	0,962	16,856	1,466
90	7,600	1,000	7,09	0,505	18,323	1,594

Диаграммы статической остойчивости на отход и приход судна приведены на рисунках 4.3.1 и 4.3.2.

## 5. Проверка остойчивости судна в рейсе

5.1. Проверка остойчивости с помощью диаграммы предельных моментов из Информации об остойчивости судна выполнена в таблице 5.1.1.

Таблица 5.1.1 - Проверка остойчивости по графику предельных моментов

Наименования величин	Обозначения и формулы	Значения величин	
		отход	приход
Водоизмещение, т	D (из табл.3.8.1 и 3.8.2)	13374	12819
Момент относительно основной плоскости, тм	$M_z$ (из табл.3.8.1 и 3.8.2)	80028,7	79264,7
Момент для перехода к плоскости отсчета, тм	$\Delta M = D z_0$ , ( $z_0 = 8,0$ м)	3760	3320
Момент относительно плоскости отсчета, тм	$M_{z_0} = M_z - \Delta M$	76269	75945
Поправочный момент, тм	$\Sigma \Delta m_h$ (из табл.4.1.1)	2238	2238
Исправленный момент, тм	$M_{z_0} = M_{z_0} + \Sigma \Delta m_h$	78507	78183
Предельный момент, тм	$M_{пр}$ (по графику)	4000	3010
Разность моментов, тм	$\Delta = M_{z_0} - M_{пр}$	74507	75173

Значения разности моментов показывают, что остойчивость судна удовлетворяет требованиям Информации.

5.2. Нормируемые параметры устойчивости рассчитаны в таблице 5.2.1.

Таблица 5.2.1 - Расчеты нормируемых параметров устойчивости

Наименования величин	Обозначения и формулы	Значения величин	
		отход	приход
1	2	3	4
Водоизмещение массовое, т	D (из табл.3.8.1 и 3.8.2)	13094,2	12487,4
Осадка судна, м	T (из табл. 3.8.3)	6,9	6,62
Угол входа палубы в воду, °	$\theta_d = \arctg(2 (H - T) / B)$	26,342	27,58
Площадь парусности судна, м <sup>2</sup>	A <sub>п</sub> (по схеме отсеков)	1534	1573,2
Аппликата центра парусности, м	z <sub>п</sub> (по схеме отсеков)	9,69	9,666
Плечо парусности при постоянном ветре, м	$z_{пс} = z_{п} - T/2$	6,241	6,356
Кренящее плечо давления ветра, м	$l_{w1} = 504 A_{п} z_{пс} / (1000gD)$	0,038	0,041
Кренящее плечо порыва ветра, м	$l_{w2} = 1,5 l_{w1}$	0,057	0,061
Отношение ширины к осадке	B/T	2,98	3,11
Безразмерный множитель	X <sub>1</sub> (из табл. Правил)	0,91	0,89
Коэффициент	k <sub>θ</sub> (из табл. Правил)	1,09	1,07
Коэффициент общей полноты	δ (из табл. 3.6.1)	0,661	0,661
Безразмерный множитель	X <sub>2</sub> (из табл. Правил)	0,98	0,98
Относительная площадь скуловых килей, %	$100 A_{к} / (LB)$	1,50	
Поправочный коэффициент	k (из табл. Правил)	0,95	
Коэффициент капитанской формулы	$c = 0,373 + 0,023 B/T - 0,043 L/100$	0,381	0,384
Период бортовой качки, с	$T_{\theta} = 2 c B / \sqrt{h}$	12,8	13,8
Коэффициент	S (из табл. Правил)	0,06	0,055
Коэффициент	$r = 0,73 + 0,6 (z_g - T) / T$	0,74	0,78
Амплитуда качки, °	$\theta_r = 109 k X_1 X_2 \sqrt{r S}$	19,46	18,7
Угол крена от постоянного ветра, °	$\theta_0 = 57,3 l_{w1} / h$	1,45	1,8
Угол наклона при качке навстречу ветру, °	$\theta_1 = \theta_r - \theta_0$	18,01	16,9
Плечо динам.остойч. при крене θ <sub>1</sub> , м рад	d <sub>1</sub> (из табл.4.3.1 и 4.3.2)	0,096	0,075
Угол установивш. крена от порыва ветра, °	$\theta_2 = 57,3 l_{w2} / h$	2,17	2,69
Плечо дин.остойчив. при крене θ <sub>2</sub> , м рад	$d_2 = h (1 - \cos\theta_2)$	0,001	0,001
Плечо дин.остойчив. при крене 50°, м рад	d <sub>50</sub> (из табл.4.3.1 и 4.3.2)	0,817	0,742
Площадь "а" диаграммы, м рад	$a = d_1 + (\theta_1 + \theta_2) / 57,3 l_{w2} - d_2$	0,115	0,095
Площадь "b" диаграммы, м рад	$b = d_{50} - (50 - \theta_2) / 57,3 l_{w2} - d_2$	0,768	0,741
Критерий погоды	$K = b / a$	6,68	7,8
Параметр	$\sqrt{h_0} / B$	0,063	0,059
Расчетное ускорение (в долях g)	$a_{расч} = 0,0105 (h_0 / c^2 / B) k_{\theta} \theta_r$	0,125	0,101
Критерий ускорения	$K^* = 0,3 / a_{расч}$	2,4	2,97

5.3. Проверка выполнения требований к остойчивости судна произведена в таблице 5.3.1.

Таблица 5.3.1 - Проверка выполнения требований к остойчивости

Наименования величин	Обозначения	Нормативные значения		Значения величин	
		ИМО	отход	приход	
Площадь ДСО до угла крена 30°, м-рад	A <sub>30</sub>	≥ 0,055	0,314	0,273	
Площадь ДСО до угла крена 40°, м-рад	A <sub>40</sub>	≥ 0,09	0,546	0,49	
Площадь ДСО между 30° и 40°, м-рад	A <sub>30-40</sub>	≥ 0,03	0,232	0,217	
Наибольшее плечо стат. ост. при θ≥30°, м	l <sub>30</sub>	≥ 0,20	1,185	1,55	
Максимальное плечо диагр. стат. ост., м	l <sub>max</sub>	–	1,793	1,078	
Угол максимума диаграммы, °	θ <sub>m</sub>	≥ 25	50	50	
Угол заката диаграммы, °	θ <sub>v</sub>	–	> 80	> 80	
Исправленная начальная метацентр. высота, м	h	≥ 0,15	1,5	1,28	
Критерий погоды	K	≥ 1	6,68	7,8	
Угол крена от действия постоянного ветра, °	θ <sub>0</sub>	≤ 16	1,45	1,8	
Критерий ускорения	K*	–	≥ 1	2,4	2,97

Остойчивость судна в рейсе удовлетворяет всем требованиям к остойчивости.

## 6. Расчет посадки и начальной остойчивости судна по методу приема малого груза

Расчет выполнен для состояния судна на приход.

6.1. Израсходованные за переход запасы и координаты их центра тяжести найдены по формулам:

$$P_{3и} = P_{зап}^п - P_{зап}^о = 96,6 - 703,4 = - 606,8 \text{ т,}$$

$$x_{3и} = (P_{зап}^п x_{зап}^п - P_{зап}^о x_{зап}^о) / P_{3и} = (-2664,5 + 4 968,5) / (- 606,8) = - 3,79 \text{ м,}$$

$$z_{3и} = (P_{зап}^п z_{зап}^п - P_{зап}^о z_{зап}^о) / P_{3и} = (559,7 - 1 651,9) / (- 606,8) = 1,8 \text{ м,}$$

$$D_2 = D_1 + P_{3и} = 13094,2 - 606,8 = 12487 \text{ т.}$$

6.2. Посадка судна к концу рейса рассчитана по схеме расходования малого груза.

Изменение средней осадки судна на приход:

$$\Delta T_2 = P_{3и} / (100 q_1) = - 606,8 / 100 / 22,74 = - 0,267 \text{ м.}$$

Изменение дифферента судна на приход:

$$\Delta d_2 = P_{3и} (x_{3и} - x_{fl}) / (100 M_{cm1}) = - 606,8 \cdot (- 3,79 + 1,5) / 100 / 170,01 = -0,08 \text{ м.}$$

Осадки носом и кормой к концу рейса определены по формулам для приема малого груза:

$$T_{H2} = T_{H1} + \Delta T_2 + \Delta d_2 / 2 = 6,81 - 0,267 - 0,08 / 2 = 6,503 \text{ м,}$$

$$T_{K2} = T_{K1} + \Delta T_2 - \Delta d_2 / 2 = 6,98 - 0,267 + 0,08 / 2 = 6,753 \text{ м.}$$

Средняя осадка и дифферент:

$$T_{cp2} = (T_{H2} + T_{K2}) / 2 = (6,503 + 6,753) / 2 = 6,628 \text{ м,}$$

$$d_2 = T_{H2} - T_{K2} = 6,78 - 6,81 = -0,25 \text{ м.}$$

6.3. Неисправленная метацентрическая высота после расходования запасов определена по формуле:

$$h_{02} = h_{01} + P_{3и} (T_1 + \Delta T_2 / 2 - z_{3и} - h_{01}) / D_2 = 1,68 - 606,8 (6,9 - 0,267 / 2 - 1,8 - 1,68) / 12487 = 1,52 \text{ м}$$

Исправленное значение метацентрической высоты на конец рейса определено по формуле:

$$h_2 = h_{02} - \Sigma \Delta m_H / D_2 = 1,52 - 2238 / 12487 = 1,34 \text{ м.}$$

6.4. Допускаемая метацентрическая высота судна в конце рейса по диаграмме допускаемых моментов  $M_z$  составила:  $h_{доп} = 0,35 \text{ м.}$

Требования Информации к остойчивости судна в конце рейса выполнены, т.к.

$$(h = 1,34 \text{ м}) > (h_{доп} = 0,35 \text{ м}).$$

## 7. Проверка общей продольной прочности корпуса судна

7.1. Арифметическая сумма моментов относительно миделя от масс дедвейта рассчитана в таблице 7.1.1.

Таблица 7.1.1 - Расчет арифметической суммы моментов от масс дедвейта

Статья нагрузки	Масса $P_i$ , т		Плечо $x_i$ , м	Момент $M_x$ , тм	
	отход	приход		отход	приход
1	2	3	4	5	6
<i>Моторное топливо 0,900 т/м<sup>3</sup></i>					
Расходные топливные цистерны №1,2 Л.Б и П.Б.	37,2	25,0	-23,90	-889,08	-597,5
Отстойные топливные цистерны №1,2 Л.Б и П.Б.	43,8	27,4	-23,90	-1046,82	-654,86
Междудонная цистерна №3 Л.Б.	209,0	-	10,60	2215,4	-
Междудонная цистерна №3 П.Б.	202,0	-	10,90	2201,8	-
Междудонная цистерна № 7 П.Б.	32	-	-35,30	-1129,6	-
<i>Дизельное топливо 0,850 т/м<sup>3</sup></i>					
Расходные цистерны диз. Топлива №1,2 Л.Б и П.Б.	22,9	18,05	-23,90	-547,31	-431,4
Междудонная цистерна №6 Л. Б.	49,6	-	-36,00	-1785,6	-
<i>Масло 0,890 т/м<sup>3</sup></i>					
Цистерна запасов моторного масла Л.Б.	2,4	0,3	-37,8	-90,72	-11,34

Цистерны запасов цилиндрического масла №1,2 Л.Б и П.Б.	1,8	0,2	-34,5	-62,1	-6,9
<i>Пресная вода 1,000 т/м<sup>3</sup></i>					
Продолжение таблицы 7.1.1					
1	2	3	4	5	6
Цистерна питьевой воды Л.Б и П.Б.	45,0	11,0	-21,4	-963,0	-235,4
Цистерна митьевой воды Л.Б. и П.Б	57,7	14,6	-49,8	-2873,46	-727,08
<i>Груз</i>					
Трюм № 1	340,5		50,50		17 194,8
Трюм № 2	1408		32,00		45 055,2
Трюм № 3	1607,3		10,96		17 616,6
Трюм № 4	1619,6		-10,50		-17006,1
Трюм № 5	521,5		-51,9		-27064,4
Твиндек № 1	257,6		50,87		13107,6
Твиндек № 2	227		32,5		7 377,3
Твиндек № 3	486,5		10,96		5 332,1
Твиндек № 4	632		-10,57		-6 679,2
Твиндек № 5					
Твиндек-бак					
СУММА:	7803,4	7196,6	-		

7.2. Проверка общей продольной прочности корпуса судна по графику контроля прочности выполнена в таблице 7.2.1.

Таблица 7.2.1 - Проверка общей продольной прочности

Наименования величин	Значения величин	
	отход	приход
Водоизмещение D, т	13094,2	12487,4
Арифметическая сумма моментов масс дедефта $\Sigma/M_x$ , тм		
Момент, соответствующий допускаемому перегибу на вершине волны, тм	262320	250880
Момент, соответствующий нулевому изгибу на тихой воде, тм	134385	121627
Момент, соответствующий допускаемому прогибу на подошве волны, тм	60480	46365
Вид деформации	перегиб	перегиб
Отношение рассчитанного значения к допускаемому для моря, %		

Общая продольная прочность корпуса судна в рейсе обеспечена.

Составленный грузовой план может быть принят как исполнительный.

Список использованной литературы:

1. Мельник В.Н., Сизов В.Г., Степанов В.В. Эксплуатационные расчеты мореходных качеств судна: Учебное пособие. - М.: В/О "Мортехинформреклама", 1987. - 56 с.

2. Теория и устройство судов / Ф.М.Кацман, Д.В.Дорогостайский, А.В.Коннов, Б.П.Коваленко: Учебник. - Л.: Судостроение, 1991. - 416 с.

3. Новиков А.И. Оценка посадки, остойчивости и прочности судна в процессе эксплуатации: Учебное пособие. - Севастополь: Изд. Севастопольского нац. тех. ун-та, 2002. - 136 с.

4. Сизов В.Г. Теория корабля: Учебн. пособие. - Одесса: ФЕНИКС, 2003. - 284 с.

<http://mtelegraph.com/>