

ბოჭნის-ოცნობნობნობ

ტრანსპორტი

РАСЧЕТ ПОСАДКИ, ОСТОЙЧИВОСТИ И ОБЩЕЙ ПРОЧНОСТИ СУДНА В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Гегешидзе Э.И., Палавандишвили Г.А.
Грузинский технический университет

РЕЗЮМЕ

В работе рассмотрены некоторые конкретные вопросы, связанные с расчетом продолжительности рейса и судовых запасов. Рассчитываются судовые запасы в зависимости от суточного расхода топлива и воды. Строятся грузовая шкала и грузовой размер на КЭТЧ для посадки судна на ровный киль, бездифферента и изгиба корпуса. Распределяются запасы судовых запасов. Производится размещение грузов в первом приближении.

Ключевые слова: грузовая шкала, киль, крена, дифферента, стандартная плотность, судовое помещение.

При выполнении эксплуатационных расчетов по составлению грузового плана и проверке остойчивости и общей прочности судна используются следующие исходные данные:

- судовая документация;
- чертежи общего расположения судна;
- грузовая шкала;
- кривые элементов теоретического чертежа;
- эпюра емкости или таблица объемов;
- чертежи размещения грузов на судне;
- интерполяционные кривые плеч остойчивости формы (пантакарены);
- график изменения осадок оконечностей от приема 100 т груза или диаграмма осадок носом и кормой;
- характеристики судна;
- главные размерения судна: L, B, T_{cp}, H ;
- тип и мощность силовой установки: N_e ;
- плановая скорость судна в полном грузу: V_6 ;
- численность экипажа: n_3 ;
- площадь парусности судна в полном грузу: S_n ;
- аппликата центра парусности;
- характеристики заданного рейса;
- параметры посадки судна перед загрузкой: $T_n(d_n), T_k(d_n), T_{cp} = (d_{cp}), T_{xc} = (d_{xc})$;
- количество принимаемого груза $P_{гр}$ и его удельный погрузочный объем: μ ;
- расстояние между портами: S ;
- плотность морской воды в порту отправления: ρ ;
- скорость судна: V ;

Примечание: в скобках даны обозначения, принятые в Пр. Регистре.

Продолжительность рейса рассчитывается по заданному расстоянию между портами:

$$t_{pc} = \frac{S}{V_6}, \text{ час}$$

$$t_{pc} = \frac{t_p}{24}, \text{ сут.}$$

Судовые запасы рассчитываются в зависимости от суточного расхода топлива и воды и продолжительности рейса:

- необходимое количество топлива с учетом штормового запаса (принять равным 10% в т):

$$P_m = 1,1 N_e \cdot t_{pr} \cdot \frac{P_m}{1000}, \text{ т}$$

P_m – удельный расход топлива.

Для судов с двигателями внутреннего сгорания:

$$P_m = 0,170 - 0,200 \text{ кг/эл. с. час.}$$

Для судов с паротурбинными установками:

$$P_m = 0,230 - 0,240 \text{ кг/эл. с. час}$$

N_e – мощность силовой установки.

Запас смазочного масла обычно составляет 0,4-0,6% запасов топлива:

$$P_g = (0,004 - 0,006) \cdot P_m.$$

Запас пресной воды для нужд экипажа определяется исходя из санитарной нормы 70-100л на человека в сутки:

$$P_v = 0,1 \cdot t_{pc} \cdot n_{\text{э}}.$$

Запас провизии определяется исходя из нормы 3 кг на человека в сутки:

$$P_n = 0,003 \cdot t_{pc} \cdot n_{\text{э}}.$$

Для судов с паротурбинными установками необходимо также учесть запас котельной питательной воды в количестве 30-50 тонн.

При заданной посадке судна (T_n , T_k) водоизмещение определяется с помощью грузовой шкалы или кривых элементов теоретического чертежа (КЭТЧ).

Грузовая шкала и грузовой размер на КЭТЧ строятся для посадки судна на ровный киль, без крена, дифферента, изгиба корпуса, а также для стандартной плотности воды. Поэтому к водоизмещению, подсчитанному по грузовой шкале или грузовому размеру, необходимо вводить поправки.

1. Рассчитывается средняя осадка T_{cp} и дифферент d судна

$$T_{cp}(d) = \frac{T_n - T_k}{2}, \quad d(\Delta) = T_n - T_k.$$

2. По грузовой шкале снимаются водоизмещение для T_{cp} и при ρ_{sol} .

По кривым элементов теоретического чертежа снимаются элементы плавучести и рначальной остойчивости для осадки T_{cp} и

q – число тонн на 1 см осадки;

$\bar{x}_w$ – абсцисса центра величины;

z_w – аппликата центра величины;

x_f – абсцисса Ц.Т. площади ватерлинии;

r_0 – поперечный метацентрический радиус;

R_0 – продольный метацентрический радиус;

S_0 – площадь ватерлинии.

При отсутствии на чертеже величины q ее можно рассчитать по формуле:

$$q = \frac{\rho \cdot S}{100}.$$

3. Находится поправки к водоизмещению, определенному по грузовой шкале:

– поправки на плотность воды:

$$\Delta D_m = \frac{\rho_u - \rho}{\rho} \cdot D_0$$

ρ_u и ρ – соответственно измеренная и стандартная плотность воды,

– поправка на дифферент

$$\Delta D_{dif} = 100 \cdot q_0 \cdot x_{f_0} \cdot \frac{d_0}{L};$$

q_0 – число тонн на 1 см осадки,

x_{f_0} – абсцисса ц.т. площади ватерлинии.

– поправка рна обводы корпуса в оконечностях:

$$\Delta D_{отв} = 50_{q_0} \cdot \frac{d_0}{L} (l_n - l_k),$$

где: l_n, l_k – отстоящие марок углубления от носового и кормового перпендикуляров соответственно, определяется по боковому виду судна.

– поправка на изгиб корпуса:

$$\Delta D_{изг} = 0,74 \cdot q_0 \cdot f,$$

f – стрелка прогиба корпуса, см.

$$f = (T_{xc} - T_{cp}) \cdot 100.$$

4. Водоизмещение судна с учетом поправок при начальной посадке судна

$$D_0 = \bar{D}_0 + \Delta D_{nn} + \Delta D_{отф} + \Delta D_{отв} + \Delta D_{изг}.$$

5. Определяется положение центра величины по длине судна с учетом дифферента по формуле:

$$x_{co} = \bar{x}_{co} + R_0 \frac{d_0}{L}.$$

При составлении грузового плана используются:

для танкеров – таблицы судовых помещений

для сухогрузочных судов – эпюра емкостей или чертеж размещения грузов на судне.

Судовые запасы обычно распределяются в такой последовательности: топливо размещается в расходные цистерны, затем в топливные бункера и танки, расположенные в районе МКО, танки двойного дна, затем в диптанки и в последнюю очередь топливобалластные танки. Топливные танки заполняют с учетом температурного расширения. Объем, занимаемой топливом, определяется по формуле:

$$V = 0,97V_0, \text{ м}^3.$$

0,97 – коэффициент для учета температурного расширения;

V_0 – объем танка.

При распределении пресной воды цистерны обычно заполняются полностью.

Расположение провизионных кладовых, если нет точных данных, может быть ориентировочно определено по чертежам.

Расчет координат Ц.Т. принятых запасов ведется в таблице 1.

Координаты Ц.Т. принятых запасов определяются по формуле:

$$x_z = \frac{\sum M_x}{\sum P_z}, \quad z_z = \frac{\sum M_z}{\sum P_z}.$$

Таблица 1

Распределение судовых запасов

Запасы и их размещение	Вместимость помещений м ³	Количество пронятых запасов T	Координаты Ц.Т. запасов		Моменты	
			x	z	M_x	M_y
Топливо Расходная цистерна шп. 129×134						
Топливо всего Смазочное масло Пресная вода Провизия						
Итогол запасов		$\sum P_{зал}$	x_z	z_z	$\sum M_x$	$\sum M_z$

Размещение грузов по судовым помещениям ведется методом последовательных приближений. После предварительного размещения грузов рассчитывается посадка и остойчивость судна. Если они удовлетворительны, то проводится перестановка (перераспределение) грузов и снова проверяются посадка и остойчивость судна.

Размещение грузов в первом приближении производится в следующей последовательности:

а) определяется объем груза, размещаемого в судовых помещениях:

$$V_{zp} = \mu \cdot P_{zp}$$

Объем груза не может превышать суммарной вместимости судовых помещений:

$$V_{zp} = \mu \cdot P_{zp} \leq W_c \text{ — для сухогрузных судов}$$

$$V_{zp} \leq 0,97 \sum W_n \text{ — для нефтеналивных судов}$$

μ — удельный погрузочный объем груза

W — вместимость помещений, м³.

Если $V_{zp} \leq W$, то часть помещений можно не занимать грузом. Груз желательно размещать равномерно по длине судна, заполняя используемые помещения по возможности полностью.

При этом рекомендуется оставлять пустоты в концевых помещениях для возможности удифферентовки судна.

Если судно двухпалубное, то рекомендуется в первую очередь заполнять трюмы, причем полностью.

Составляется и заполняется таблица размещения грузов (таблица весовых нагрузок).

Таблица 2

Размещение грузов в первом приближении

Помещение	Вместимость помещения, м ³	Аппликата центра объема, м z	Объем занятый грузом, м ³ $V_{гр.з}$	Уд. погр. объем. м ³ /т, μ	Масса груза $P_{ц.т}$	Плечи		Моменты	
Трюм (танк) м Твиндек									
Итого			$\sum V_{гр}$		$\sum P_{гр}$	$x_{гр}$	$z_{гр}$	$\sum M_x$	$\sum M_z$

При заполнении таблицы 2 рекомендуется пользоваться чертежом размещения грузов на судне. На этом чертеже для каждого грузового помещения имеются шкала f - объема принятого груза и «С» — положения ц.т. принятого груза. С помощью этих шкал определяют уровень груза в трюме и аппликату его ц.т. Z_i .

При отсутствии чертежа размещения груза можно пользоваться эпюрой емкости или таблицей судовых помещений.

При частичном заполнении помещений аппликата ц.т. груза в i -м помещении приближенно определяется по формуле:

$$Z_{pi} = \frac{z_{Vi} - z_{он}}{W_i}, V_{zp} + z_{\Delta n},$$

Z_{Vi} — аппликата ц.т. оюбема i -го помещения (из табл.);

W_i — вместимость i -го помещения;

$V_{zp} = MP_{zp}$ — объем груза, принимаемого в помещении;

$z_{\Delta n}$ — возвышение двойного дна i -го помещения над основной (определяется по чертежу).

Координаты ц.т. принятого груза определяется по формулам:

$$x_{zp} = \frac{\sum M_{xi}}{P_{zp}}, \quad z_{zp} = \frac{\sum M_{zi}}{P_{zp}}.$$

в) определяется абсцисса ц.т. судна до погрузки с учетом дифферента

$$x_{\Delta o} = x_{co} - (z_{do} - z_{co}) \frac{d_0}{L}.$$

г) в табличной форме рассчитываются координаты ц.т. судна после погрузки в первом приближении (таблица 3).

д) По водоизмещению судна после погрузки D_1 и плотности воды по грузовой шкале определяется средняя осадки T_{cp1} .

Таблица 3

	Масса	Плечи		Моменты	
	ρ	x	z	M_x	M
Судно перед погрузочной	$D_0(\Delta_0)$	$x_{\partial o}$	$z_{\partial o}$		
Судовые запасы	$\sum P_z$	x_z	z_z		
Груз	$\sum P_{ep}$	x_{ep}	z_{ep}		
Судно после погрузки	$D_1(\Delta_1)$	$x_{\partial 1}$	$z_{\partial 1}$	$\sum M_x$	$\sum M_z$

е) для средней осадки T_{cp} с кривых элементов теоретического чертежа снимаются значения характеристик плавучести и начальной остойчивости.

x_{i_1} , x_{ρ_1} — абсцисса Ц.В. и Ц.Т. площади ватерлинии;

z_{c_1} , z_{m_1} — аппликаты Ц.В. и метacentра;

r_1 , R_1 — метacentрические радиусы;

$\bar{M}_1$ — момент, дифференцирующий на 1 см;

q_1 — число тонн на 1 см осадки.

ж) рассчитывается дифферент судна после погрузки в первом приближении:

$$d_1 = \frac{M_{\partial \text{иф}}}{\bar{M}_1} = \frac{D_1(x_{\partial 1} - x_{c_1})}{\bar{M}_1}.$$

Удовлетворительным можно считать дифферент, в пределах 0-0,6 м на корму.

з) если рассчитанный дифферент d_1 выходит за указанные пределы, то необходимо перераспределять груз и рассчитывать посадку во втором приближении. Для удифферентовки судна часть груза ΔP переносится из помещения с абсциссой x_1 в помещение с абсциссой x_2 .

$$\Delta P = \frac{100 \cdot \Delta d_1 \cdot \bar{M}_1}{x_2 - x_1}.$$

Затем повторяются расчеты по пунктам б), г), ж).

где Δd_1 — желаемое изменение дифферента.

Рассчитывается посадка судна после погрузки

$$T_{n_1}(d_n) = T_{cp_1} + \frac{d_2}{2}, \quad T_{\kappa_1}(d_\kappa) = T_{cp_1} + \frac{d_2}{2}$$

d_2 — дифферент судна после удифферентовки.

Рассчитывается метacentрическая высота

$$h_1 = z_{m_1} - z_{\partial 1} \quad \text{или} \quad h = r + z_{c_1} - z_{\partial 1}.$$

Продольная метacentрическая высота

$$H_1 = z_{M_1} - z_{\partial 1} \quad \text{или} \quad H = R_1 + z_{c_1} - z_{\partial 1}.$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований получены конкретные зависимости для расчета посадки, остойчивости и общей прочности судна в процессе эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Афонин З.М. и др. Теория и устройство судов. М.-Л., Транспорт, 1985, 372 с.
2. Бекенский Б.В. Практические расчеты мореходных качеств судна. М., Транспорт, 1974, 264с.
3. Мельник В.Н., Сизов В.Г., Степанов В.В. Эксплуатационные расчеты мореходных качеств судна. М. ЦРИА, МОФЛОТ, 1979.
4. Правила классификации и постройки морских судов. Л., Транспорт, 1981.