

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ

Директор Морского колледжа

М.М. Майстришин

2026 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
ОП.06 Теория и устройство судна

специальность

26.02.05

Эксплуатация судовых энергетических
установок

уровень среднего
профессионального
образования

Специалист среднего звена

квалификация

Техник-судомеханик

Год приема

2026

Севастополь

2026

Методические указания для выполнения практических и лабораторных работ по дисциплине **ОП.06 Теория и устройство судна** разработана на основе Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 26.02.05 Эксплуатация судовых энергетических установок (3 года 10 месяцев), входящей в укрупненную группу специальностей 26.00.00 Техника и технологии кораблестроения и водного транспорта

Организация-разработчик: ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Разработчик:

Иваницкая Анна Сергеевна, преподаватель

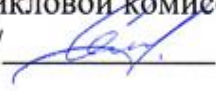
Рассмотрено и одобрено на заседании
цикловой комиссии

«Судомеханических дисциплин»

Протокол № 6

от «12» 01 2026 г.

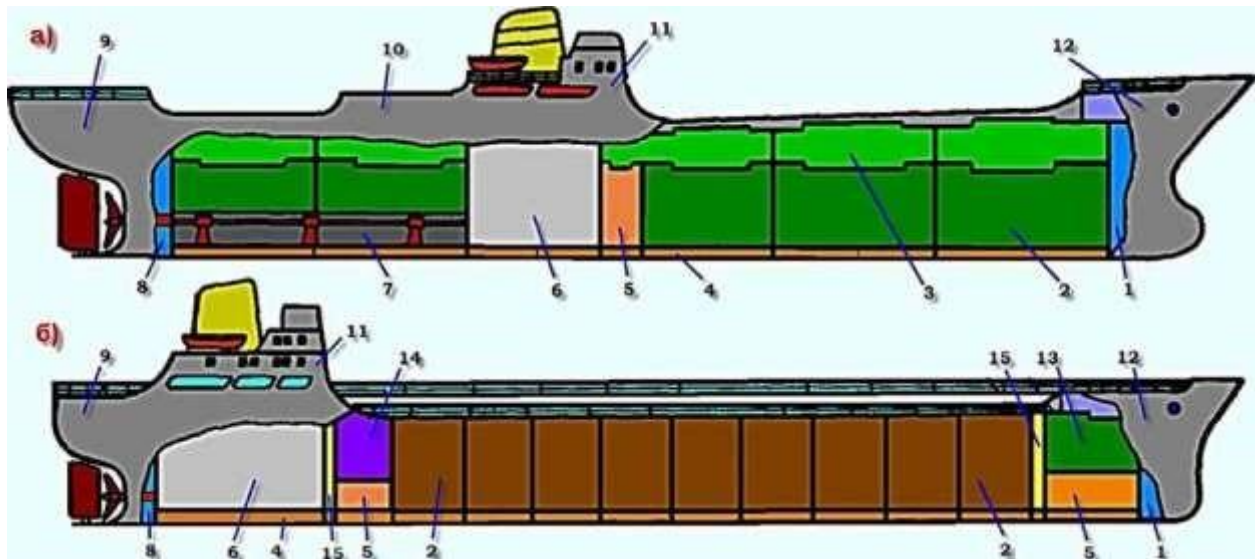
Председатель цикловой комиссии

Семенюта А.В. / 

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

«Разбиение корпуса на отсеки. Переборки»

1. Судовые отсеки.



Внутреннее устройство судна: а) сухогрузное судно; б) танкер

1 - форпик; 2 - грузовые трюмы (танки); 3 - твиндек; 4 - двойное дно;
5 - диптанк; 6 - машинное отделение; 7 - туннель гребного вала; 8 - ахтерпик;
9 - ют; 10 - средняя надстройка; 11 - рубки; 12 - бак; 13 - сухогрузный трюм;
14 - насосное отделение; 15 - коффердам

Форпик — помещение в носовой части судна между форштевнем и первой («таранной») переборкой, крайний носовой отсек судна. Обычно служит для размещения грузов или водяного балласта. Форпик не следует путать с баком.

Грузовые трюмы (танки) – грузовые помещения на сухогрузных (наливных) судах. Трюмы судов оборудуют деревянным настилом, называемым трюмным пайолом, который укладывается на специальные деревянные лаги. Доски пайола с нижней стороны окрашивают масляными, эпоксидными, хлорвиниловыми и другими красками.

Твиндек – междупалубное пространство внутри корпуса грузового судна (сухогруза, для балкеров, танкеров, газовозов, контейнеровозов, цементовозов, костеров и прочих торговых судов это не приемлемо) между двумя палубами или между палубой и платформой. При наличии трёх палуб различают верхний и нижний твиндеки, при большем количестве палуб — верхний твиндек, второй твиндек, третий твиндек и далее, сверху вниз. Твиндек служит для размещения грузов или пассажиров и экипажа.

Двойное дно – часть корпуса судна, ограниченная снаружи днищевой наружной обшивкой судна, изнутри – вторым дном и крайними междудонными листами. Двойное дно судна разделяется флорами и стрингерами на водонепроницаемые отсеки, имеющие

горловины используется для размещения запасов топлива, пресной воды, масла и водяного балласта.

Диптанк – судовая цистерна, ограниченная сверху палубой или платформой, возвышающейся над вторым дном, и предназначенная для размещения жидких судовых запасов, балласта или груза.

Машинное отделение – Машинное отделение на судах размещается как в средней их части, так и в корме. В нем располагаются СЭУ и различные механизмы и системы, обеспечивающие экипаж теплом, светом, водой и т. п. В последнее время имеется тенденция расположения машинного отделения в корме. Некоторые суда могут иметь промежуточное расположение машинного отделения, когда оно смещено от середины судна к корме. Современные суда имеют кормовое и промежуточное расположение машинного отделения.

Туннель гребного вала – элемент валопровода, непосредственно соединенный с гребным винтом.

Ахтерпик – крайний кормовой отсек судна, простирающийся от ахтерштевня. От остальных помещений отделен водонепроницаемой поперечной (ахтерпиковой) переборкой. Наряду с форпиком может служить для устранения дифферента судна.

Ют – кормовая надстройка судна или кормовая часть верхней палубы.

Полуют – ют, частично утопленный в корпус судна.

Средняя надстройка – закрытое сооружение на главной палубе судна, расположенное от борта до борта, либо отстоящее от бортов на небольшое расстояние, не превышающее 4 % от ширины судна.

Рубка – закрытое сооружение специального назначения на палубе надводного судна или на палубе надстройки. Имеет ширину, которая явственно меньше ширины корпуса судна.

Бак – надстройка в носовой части палубы, доходящая до форштевня. Баком называют также и всю переднюю часть палубы (спереди от фок-мачты или носовой надстройки).

Сухогрузный трюм – сухогрузный трюм служит для удифферентовки танкера в грузу: при полной загрузке танкер может получить дифферент на нос, и легкий трюм в носовой части позволяет сместить центр тяжести судна к корме, обеспечивая нужный дифферент на корму. Поэтому сухогрузный трюм обычно пустует или используется для хранения судового имущества. На многих танкерах сухогрузного трюма нет, и удифферентовка обеспечивается помимо него.

Насосное отделение – помещение для топливных насосов.

Коффердам – узкий вертикальный или горизонтальный водонепроницаемый судовой отсек, отделяющий помещения с опасными веществами от остальных судовых помещений.

Виды судовых переборок:

Перебо́рка — вертикальная стенка внутри корпуса судна, кроме двойного борта, разделяющая внутреннее пространство на отсеки. Также к переборкам относят наружные стены надстроек и рубок. Переборки разделяют на:

а) в зависимости от ориентации относительно корпуса судна:

- поперечные;
- продольные;

б) в зависимости от места установки:

- переборки корпуса судна (трюмные и твиндечные)
- переборки надстроек и рубок;

в) в зависимости от исполнения:

- водо-, нефтенепроницаемые;
- газонепроницаемые;
- проницаемые;

г) в зависимости от формы:

- плоские (В том числе подкреплённые набором);
- гофрированные;
- цилиндрические;
- сферические;

д) в зависимости от способности воспринимать нагрузку:

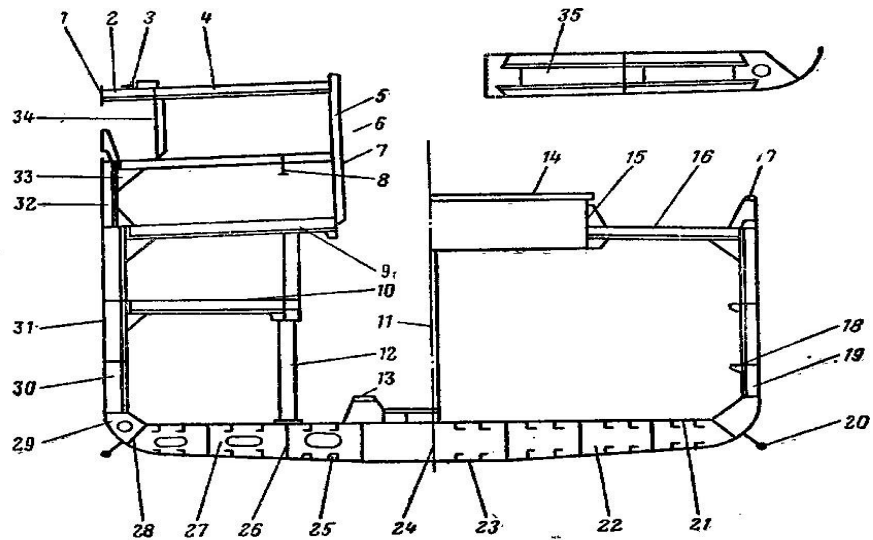
- прочные (выдерживают значительную нагрузку и могут быть опорами для перекрытий корпуса);
- лёгкие;

е) в зависимости от назначения:

- главные (основные), идущие по всей ширине судна от палубы до днища и обеспечивающие неизменность формы корпуса при его кручении и изгибе. При затоплении отсека препятствуют распространению воды вдоль судна, в связи с этим называют также «аварийными»;
- таранные (отделяют форпик от пространства трюма);
- ахтерпиковые (отделяют ахтерпик от пространства трюма);
- переборки цистерн (балластных, креновых, дифферентных, топливных и других);
- переборки диптанков или бункерные (ограничивают цистерны для жидкого топлива или угольные ямы);
- отбойные (продольные и поперечные переборки с вырезами, ограничивающие силу удара переливающейся в танках и цистернах при качке жидкости); - туннельные (предназначены для разделения стенок туннеля гребного вала, коридоров электротрасс, проходов вдоль судна);
- переборки шахт (погрузочных, машинных, вентиляционных и других);
- противопожарные (разделяют судно на противопожарные отсеки);
- трюмные;

- наружные переборки (стенки надстроек и рубок); - переборки выгородок или лёгкие;
- переборки коффердамов.

2. Знать составляющие мидель-шпангоута судна.



1. Отделочный лист Boundary plate
2. Ватервейс Gutter, gutter waterway
3. Угольник ватервейса Gutter bar
4. Бимс Beam
5. Стойка Stiffener
6. Машинная шахта Machinery casing
7. Стенка машинной шахты Casing side
8. Карлингс Deck girder
9. Рамный бимс Web beam
10. Настил платформы Platform plating
11. Продольная полупереборка Longitudinal half-bulkhead
12. Пиллерс Pillar
13. Фундамент под главный двигатель Seating under main engine, Машинный фундамент Engine seating, Котельный фундамент Boiler seating
14. Люковая крышка Hatch cover
15. Комингс люка Hatch coaming
16. Палубный настил Deck plating
17. Фальшборт Bulwark
18. Бортовой стрингер Side stringer
19. Трюмный шпангоут Hold frame
20. Скуловой киль Side keel, bilge keel
21. Настил двойного дна Double bottom plating
22. Водонепроницаемый флор Watertight floor
23. Горизонтальный киль Flat plate keel, plate keel
24. Вертикальный киль (внутренний) Centre girder
25. Продольные днищевые балки Bottom longitudinal stiffeners
26. Днищевой стрингер Side girder
27. Флор сплошной Solid floor
28. Крайний междудонный лист Margin plate
29. Скуловая кница Bilge bracket, frame bracket
30. Рамный шпангоут Web frame
31. Наружная обшивка Shell plating
32. Шпангоут Frame

33. Кница Knee

34. Боковая переборка рубки Deckhouse side

35. Открытый флор Bracket floor

3. Произвести расчёт внешних нагрузок на корпус судна со стороны моря.

1) Расчетное давление p , кПа, действующее на корпус судна со стороны моря, определяется по формулам:

для точек приложения нагрузок, расположенных ниже осадки d ,

$$(1) p_1 = p_{st} + p_w; \text{ кПа}$$

для точек приложения нагрузок, расположенных выше осадки d ,

$$(2) p_2 = p_w, \text{ кПа}$$

где p_{st} – статическое давление, кПа, определяемое по формуле:

$$(3) p_{st} = 10z_i; \text{ кПа}$$

z_i – отстояние точки приложения нагрузки от осадки d , м;

2) Расчетное давление, обусловленное перемещениями корпуса относительно профиля волны, p_w , кПа, определяется по формулам:

для точек приложения нагрузок, расположенных ниже осадки d ,

$$(4) p_{w1} = p_{w0} - \frac{7,5c_w z_i}{d}; \text{ кПа}$$

для точек приложения нагрузок, расположенных выше осадки d ,

$$(5) p_{w2} = p_{w0} - 7,5a_x z_i, \text{ кПа}$$

$$(6) p_{w0} = 5c_w a_v a_x, \text{ кПа, где}$$

$$(7) c_w = \begin{cases} 0,0856L & \text{при } L \leq 90 \text{ м;} \\ 10,75 - \left(\frac{300}{100}\right)^{3/2} & \text{при } 90 < L < 300 \text{ м;} \\ 10,75 & \text{при } 300 \leq L \leq 350 \text{ м.} \end{cases}$$

$$(8) a_v = \frac{0,8 \cdot v_0 \left(\frac{L}{1000} + 0,4\right)}{\sqrt{L}} + 1,5;$$

$$(9) a_x = kx \left(1 - \frac{2 \cdot x_1}{L}\right) \geq 0,267;$$

kx - коэффициент, равный 0,8 и 0,5 для поперечных сечений в нос и корму от миделя, соответственно;

x_1 - отстояние рассматриваемого поперечного сечения от ближайшего (носового или кормового) перпендикуляра, м;

В любом случае, произведение $a_v a_x$ должно приниматься не менее 0,6.

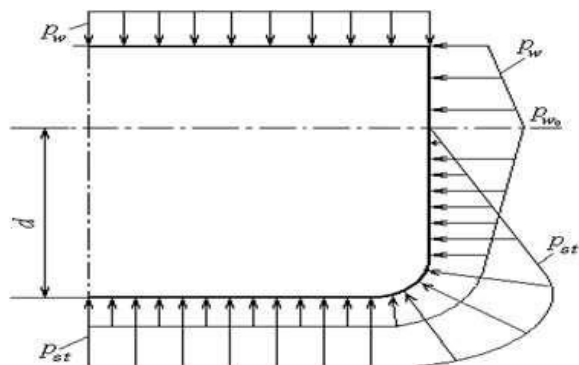


Рис. 1.3 - Распределение нагрузки p_w по контуру поперечного сечения судна

№ вар.	L, м	x_1 , м	z_i , м	d, м	v_0 , м/с
1	187.2	0,8 в нос	0,5	7.8	7,2
2	214.7	1,6 в корму	0,9	13.6	7,7
3	167.9	3,4 в нос	0,4	11.7	5,8
4	200.1	0,9 в корму	2,6	15.6	6,8
5	154.3	5,4 в нос	1,6	16.4	8,4
6	271.8	0,6 в корму	3,4	12.2	4,1
7	197.9	4,2 в нос	0,8	12.6	4,8
8	192.1	0,3 в корму	1,2	9.7	9,2
9	168.7	1,7 в нос	2,7	9.8	8,2
10	164.6	0,3 в корму	0,7	9.6	6,8
11	206.2	3,6 в нос	1,5	13.9	6,4
12	219.4	0,4 в корму	2,4	14.7	5,4
13	178.8	1,9 в нос	2,3	14.1	6,9
14	194.5	2,8 в корму	0,6	13.6	3,9
15	169.1	2,9 в нос	0,6	9.8	4,1
16	148	0,8 в корму	1,4	7.6	7,8
17	160.6	3,6 в нос	1,7	8.7	6,7
18	146.7	5,7 в корму	2,5	6.9	4,9
19	157.2	6,9 в нос	2,9	7.3	5,1
20	156	4,7 в корму	3,1	7.4	4,6
21	163.8	8,9 в нос	3,3	7.9	9,0
22	197.1	1,3 в корму	2,1	8.7	7,8
23	180.2	6,8 в нос	1,9	8.9	8,7
24	190	4,6 в корму	2,0	10.4	5,9

25	193.6	7,8 в нос	2,2	10.9	6,6
26	187.2	0,8 в нос	0,5	7.8	7,2
27	214.7	1,6 в корму	0,9	13.6	7,7
28	167.9	3,4 в нос	0,4	11.7	5,8
29	200.1	0,9 в корму	2,6	15.6	6,8
30	154.3	5,4 в нос	1,6	16.4	8,4

Вывод: закреплены знания по судовым отсекам, переборкам и коэффициентам полноты судна, произведены расчёты на прочность корпуса.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

«Управляемость судна»

1. Управляемость судна.

Управляемость – способность судна удерживать заданное направление движения или изменять по требованию судоводителя.

Недостаточная управляемость судна приводит к увеличению времени рейса и расхода топлива, она может явиться причиной столкновений, затрудняет работу рулевого. Судно, полностью потерявшее управляемость вследствие выхода из строя рулевого устройства, считается терпящим бедствие.

Теория управляемости дает возможность определить величины сил, действующих на руль и корпус при криволинейном движении судна, определить элементы управляемости в различных условиях эксплуатации.

Судно управляется с помощью рулевого устройства (руля, иногда в качестве рулевого устройства используются крыльчатые движители, поворотные винтовые колонки, подруливающие устройства). Возникающие на руле гидродинамические силы через связи с корпусом передаются на корпус судна и создают момент, поворачивающий судно вокруг вертикальной оси, проходящей через его центр тяжести.

Управляемость судна зависит от формы подводной части корпуса. Установлено, что поворотливость судна ухудшается с ростом отношения L/V , с увеличением площади кормового дейдвуда, носового подреза и дифферента на корму. Поворотливость мало изменяется с изменением коэффициента полноты подводной части мидель-шпангоута C_m , несколько ухудшается с ростом отношения d/L и существенно улучшается с ростом отношения V/d , с увеличением коэффициента полноты C_v , полноты кормы и дифферента на нос. С увеличением площади руля, а также при расположении руля в винтовой струе поворотливость при больших углах перекадки руля улучшается. Кроме того, управляемость судна в большой степени зависит от условий эксплуатации (ветер, волнение, течение, ограниченность фарватера и т.д.).

Для того, чтобы удержать судно на заданном курсе, под действием ветра и волнения, осуществляют перекадку руля.

Если у движущегося судна переложить руль на борт и некоторое время не приводить его в среднее положение, то центр тяжести судна опишет кривую, которая называется **циркуляцией**.

В зависимости от характера действующих сил (и в зависимости от вида данного участка циркуляции) различают три периода циркуляции: манёвренный, эволюционный и установившийся.

Манёвренный период циркуляции длится от начала перекладки руля до её завершения. ВО время манёвренного периода появляются силы и моменты, стремящиеся изменить прямолинейный характер движения судна, но так как перекладка руля происходит за несколько секунд, а судно обладает определённой инерцией, то во время манёвренного периода оно продолжает двигаться практически прямолинейно.

Эволюционный период начинается с конца перекладки руля и длится до тех пор, пока циркуляция из кривой переменной кривизны не превратится в часть окружности (до поворота на 90 ... 100°).

Установившийся период циркуляции начинается с конца эволюционного периода, и длится до тех пор, пока руль не будет приведен в диаметральную плоскость. В это время циркуляция представляет собой окружность. **Циркуляция характеризуется:**

1) диаметром установившейся циркуляции $D_{ц}$, м, т.е. диаметром окружности, описываемой центром тяжести судна в период установившегося движения.

Диаметр установившейся циркуляции, м, морских узлов, а также пассажирских и грузопассажирских судов внутреннего плавания может быть приближённо определён по формуле Шенхера:

$$D_{ц} = \frac{2 \cdot R \cdot V}{C_y \cdot S_p \cdot \cos \alpha}, (1)$$

R – эмпирический коэффициент, зависящий от отношения V/S_6L ;

Таблица 1 – Определение эмпирического коэффициента

V / S_6L	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12
R	0,845	0,67	0,55	0,46	0,4	0,37

L – длина судна, м;

S_p – площадь диаметральной плоскости, погруженной в воду, м²; V – объёмное водоизмещение судна, м³; C_y – коэффициент подъёмной силы.

$$C_y = \frac{0,08 \cdot \alpha}{1 + 1,1/\lambda}, (2)$$

λ – удлинение руля, м;

$$\lambda = h_p^2 / S_p, (3)$$

$$h_p = \frac{d - 2h_1}{1,2}, (4)$$

h_p – высота погруженной части пера руля, м; $h_1 = 0,4$, м

S_p – погруженная в воду площадь проекции руля на плоскость хорды, м²; α – угол перекладки руля.

2) тактическим диаметром циркуляции D_T , м, т.е. расстоянием между положениями диаметральной плоскости в момент перекладки руля и после поворота судна на 180°;

$$D_T = (0,9 \dots 1,2) D_{ц}, \quad (5)$$

3) выдвигом l_1 , расстоянием между положениями центра тяжести судна в начальный момент перекладки руля в диаметральной плоскости после поворота судна на 90°;

$$l_1 = (0,6 \dots 1,2) D_{ц}, \quad (6)$$

4) обратным смещением l_2 , м, т.е. максимальным расстоянием, на которое смещается центр тяжести судна в сторону, противоположную перекладке руля, $l_2 = (0 \dots 0,1) D_{ц}$.

5) прямым смещением l_3 , т.е. расстоянием между диаметральной плоскостью судна в начальный момент перекладки руля и центром тяжести его после поворота на 90°; $l_3 = (0,5 \dots 0,6) D_{ц}$;

6) углом дрейфа β , т.е. углом между вектором скорости центра тяжести и диаметральной плоскостью судна;

7) углом курса ψ , т.е. углом между положениями ДП судна в рассматриваемый момент времени и в момент начала перекладки руля;

8) углом скорости, или углом траектории φ , т.е. углом между векторами скорости в рассматриваемый момент времени и в начале перекладки руля;

9) скоростью судна на циркуляции $v_{ц}$, в узлах, т.е. линейной скоростью центра тяжести судна:

$$v_{ц} = \frac{vs}{1 + (2,68 / (\frac{D_{ц}}{L}))}, \quad (7)$$

10) угловой скоростью ω , т.е. скоростью вращения судна вокруг вертикальной оси;

11) периодом циркуляции $T_{ц}$, т.е. временем, затрачиваемым судном на поворот на 360°;

$$T_{ц} = \pi \cdot D_{ц} / V_{ц}, \quad (8)$$

Угол крена на установившейся циркуляции определяют приравнивая кренящий и восстанавливающий моменты ($M_{кр} = M_{\theta}$):

$$\sin \theta = 0,0238 \cdot \frac{V_s \cdot V_s \cdot (Zg - \frac{d}{2})}{g \cdot h \cdot L}, (9)$$

V_s – скорость судна на прямолинейном курсе, узл.;

Zg – возвышение центра тяжести судна над основной плоскостью, м; d – осадка судна, м; h – поперечная метацентрическая высота судна, м; L – длина судна.

2. Произвести индивидуальный расчёт характеристик руля.

№ вар.	S_p , м ²	S_b , м ²	V , м ³	α , °	L , м	V_s , м/с	d , м	Zg , м	θ , °
1	26	3254,07	31434,33	10	138	7,2	8	2,6	10
2	27	6294,79	71508,84	12	142	7,7	10.5	2,1	11
3	28	3357,58	38377,1	16	127	5,8	11	2,6	12
4	29	5899,75	81416,53	18	138	6,8	9	2,4	13
5	30	4195,47	67840,71	20	147	8,4	11.3	2,8	14
6	31	4379,83	72529,99	24	138	4,1	9,5	2,9	15
7	32	5357,35	53252,04	27	142	4,8	10.5	3,6	16
8	33	4113,35	41791,66	32	127	9,2	11	3,6	17
9	34	3404,76	42287,08	36	138	8,2	10	3,4	18
10	35	1439,99	21167,82	39	147	6,8	11.2	3,5	19
11	36	4371,27	72388,24	42	138	6,4	9.1	3,1	20
12	37	8108,38	92111,14	46	142	5,4	9.4	3,7	21
13	38	4276,99	59749,59	49	127	6,9	12.3	3,9	22
14	39	3123,92	34488,12	52	138	3,9	10.2	4,2	23
15	40	2188,31	22517,76	56	147	4,1	7.5	4,4	24
16	41	1450,36	14010,51	58	138	7,8	8	4,6	25
17	42	983,88	16765,24	67	142	6,7	6.9	4,8	26
18	43	982,58	12478,77	69	127	4,9	8.4	4,7	27
19	44	940,92	15581,57	73	138	5,1	5.5	4,9	28
20	45	1232,37	12681,08	78	147	4,6	7.9	5,1	29
21	46	1200,25	18219,8	83	138	9,0	8.1	5,2	30
22	47	1544,61	24126,81	85	142	7,8	9.8	5,4	31
23	48	1344,90	20496,31	86	127	8,7	8.7	5,2	32
24	49	2959,23	36753,6	90	138	5,9	6.5	5,6	33
25	50	3915,53	40290,81	90	147	6,6	8.1	5,7	34
26	26	3254,07	31434,33	10	138	7,2	8	2,6	10
27	27	6294,79	71508,84	12	142	7,7	10.5	2,1	11
28	28	3357,58	38377,1	16	127	5,8	11	2,6	12
29	29	5899,75	81416,53	18	138	6,8	9	2,4	13
30	30	4195,47	67840,71	20	147	8,4	11.3	2,8	14

$k = V / S_6 L$	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12
R	0,845	0,67	0,55	0,46	0,4	0,37

d

$$D_{\Pi} = \frac{2 \cdot R \cdot V}{C_y \cdot S_p \cdot \cos \alpha}, \quad T_{\Pi} = \pi \cdot D_{\Pi} / V_u, \quad C_y = \frac{0,08 \cdot \alpha}{1 + 1,1/\lambda}, \quad \sin \theta = 0,0238 \cdot \frac{V_s \cdot V_s \cdot (Zg - \frac{d}{2})}{g \cdot h \cdot L},$$

$$k = V/S_0 L, \quad g = 9,81, \text{ м/с}^2, \quad h_1 = 0,4, \text{ м}, \quad \lambda = h_p^2 / S_p, \quad h_p = \frac{d-2h_1}{1,2}, \quad D_T = (0,9 \dots 1,2) D_{ц}, \quad l_1 = (0,6 \dots 1,2) D_{ц}, \quad v_u = \frac{vs}{1+(2,68/(\frac{D_{ц}}{L}))}$$

Вывод: в ходе работы мы научились определять управляемость судна.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

«Расчёты сопротивлений при буксировке буровой установки»

1. Основные требования к буксировке.

Буксировка несамоходных судов, плавучих объектов малого (до 1000 т) и среднего (5000 – 10 000 т) тоннажа может выполняться одним буксировщиком мощностью соответственно 2000 – 3000 л.с. и 5000 л.с. на одном буксирном тросе длиной 500 и 700, диаметром от 41 до 52 мм.

При достаточной мощности буксировщика возможна буксировка одновременно двух объектов на двух параллельных буксирных тросах разной длины, чтобы не допустить повреждения корпусов объектов при их возможном сближении.

Если в этом случае буксировщик имеет на лебедке один буксирный трос, то на второй объект подается дополнительный буксирный трос, который буксировщик крепит на своем битенге.

Крупнотоннажные суда, плавучие доки, буровые платформы и другие сооружения буксируют транспортными судами или буксирами-спасателями мощностью 9 000 – 12 000 л.с. и более на одном либо двух буксирных тросах диаметром 66 мм, длиной 1000 – 1500 м и более. Для обслуживания буксируемого объекта, экспедиции в целом, маневрирования в портах захода и в узкостях в состав экспедиции включают один – два вспомогательных буксира мощностью 2000 – 5000 л.с.

Для обеспечения безопасности перегона крупных плавучих объектов, необходимо выполнить следующие основные требования:

1. Разрывное усилие стального буксирного троса должно быть не менее большего из значений натяжения троса на тихой воде или натяжения троса на предельно допустимом волнении.

2. Длина стального буксирного троса выбирается в зависимости от волнения:

Волнение, баллы	Длина стального буксирного троса, м
3 и менее	350
4	500
5	700
6	900
7	1100
8	1250

1. При буксировке плавучего дока на двух параллельных буксирных тросах разрывное усилие каждого из них должно быть не менее 0,55 разрывного усилия, указанного в пункте 1. Длина каждого из двух тросов принимается равной длине одного троса.

2. Длина одного буксирного троса, выбранного, как сказано в пункте 2, может быть уменьшена до 350 м, если применяется вставка из синтетического троса. При этом суммарное

разрывное усилие вставки должно составлять не менее 1,4 разрывного усилия стального буксирного троса, длина вставки должна быть не менее следующих значений:

Волнение, баллы	Длина вставки, м
5 и менее	35
6	55
7	75
8	100

Если в составе буксирной линии применяется якорная цепь, то ее разрывное усилие должно быть не менее разрывного усилия основного буксирного троса, а длина засчитывается в общую длину буксирной линии.

Следует иметь в виду, что при составной буксирной линии все части ее должны быть равнопрочными

Для смягчения отрицательного воздействия рывков при волнении провес буксирной линии должен допускать изменение расстояния между буксировщиком и буксируемым объектом, равное половине высоты волны.

При ограниченных глубинах надлежит контролировать провес буксирного троса, чтобы не допустить касания им грунта. Все элементы буксирной линии, соприкасающиеся с деталями корпуса буксировщика и объекта, необходимо предохранять от перетирания клетневанием, прокладкой плотной парусины, толстой резины, деревянными выкладками или другим способом.

С этой же целью буксирный трос ежедневно перетравливается на незначительную длину (около 1 м). Особой проверке подлежат узлы и детали буксирной линии, соединяющие отдельные ее элементы.

Стальные тросы, якорные цепи, скобы, тройники и другие детали буксирного устройства должны иметь сертификаты, удостоверяющие их прочность, которая должна соответствовать прочности основного буксирного троса.

Удлинение при спрямлении получается удвоением расчета одной ветви.

2. Произвести расчет буксирных линий

В морской практике существуют следующие виды буксировок: за кормой на буксирном тросе; борт о борт (лагом); методом толкания.

В штормовую погоду может быть использован только первый способ буксировки.

Усилия, которые возникают в буксирном тросе при орбитальном перемещении судов на волнении, достигают значительных величин, равных $1/6$ водоизмещения наименьшего из них.

Поэтому крупнотоннажные объекты предпочтительнее буксировать буксирами-спасателями, имеющими малую массу, при достаточной мощности. Для уменьшения влияния динамических нагрузок на буксирную линию она должна иметь

такую длину, которая обеспечивала бы расстояние между буксировщиком и буксируемым объектом, кратное длине волны. При этом суда будут одновременно всходить на волну, значительно уменьшая вероятность рывков.

Во время движения состава буксирная линия принимает форму кривой, параметры которой изменяются – происходит упругое удлинение и спрямление.

Процесс изменения параметров буксирной линии называется игрой. Суммарная игра буксирной линии должна быть больше высоты волны 3%-ой обеспеченности. В этом случае суда будут свободно совершать орбитальное перемещение без рывков и чрезмерных усилий в буксирной линии.

Сопротивление буксируемого объекта определяется по формуле:

$$R_{\delta o} = R_k + R_e \quad (1)$$

где $R_e = 10\%$ от R_k при свободно вращающемся винте; $R_{з.в.} = 30\%$ при застопоренном винте.

Сопротивление корпуса буксировщика и буксируемого объекта рассчитывается по приближенным эмпирическим формулам:

$$R_k = R_f + R_{\Gamma} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} R_f &= f \rho \Omega V^{1.83} 10^{-5} \\ R_{\Gamma} &= 0,09 \delta_{on} D V^4 / L^2 \\ \Omega &= D^{2/3} \left(4,854 + 0,492 \frac{B}{T_{cp}} \right) \end{aligned} \quad (3-5)$$

где R_k – сопротивление корпуса, кН R_f –
сопротивление трения, кН R_{Γ} – остаточное
сопротивление, кН

Ω - площадь смоченной поверхности, m^2

D – водоизмещение судна, т

V – текущее значение скорости судна, м/с

T_{cp} – осадка средняя, м

B – ширина понтона, м L –

длина понтона, м

$\delta_{оп}$ – коэффициент полноты водоизмещения, ρ –
 массовая плотность морской воды, кг/м^3 $\rho = 1025 \text{ кг/м}^3$

Коэффициент трения f в зависимости от длины судна можно выбрать в таблице 1

Таблица 1 – Зависимость коэффициента трения от длины судна (плавсредства)

	$L = 120 - 150$	$L = 160 - 190$	$L = 200 - 220$
f	0,141	0,140	0,139

До $L \leq 120$ м f принимать равным 0,142.

Сила упора винта может быть рассчитана по приближенной эмпирической формуле:

$$P_{\text{в}} = P_{\text{шв}} = 0,14 N_e \quad (6)$$

где N_e – мощность, подводимая к винту, кВт

1 л.с. = 0,7355 кВт

$R_{\text{шв}}$ – сила упора винта на швартовах, кН

Ветер и волнение создают дополнительное сопротивление движению буксирного каравана, которое снижает скорость буксировки:

$$R_{\text{возд.}} = C_v \frac{\mu_v}{2} S_{\text{лоб.}} (W_u + V)^2 10^{-3} \quad (7) \quad \mu_v = 0,02$$

где C_v – Аэродинамический коэффициент воздушного сопротивления, принимается равным от 0,6 до 1,0;

W_u – скорость истинного ветра, м/с

- массовая плотность воздуха = 1,25 кг/ м.куб.

$$R_{\text{волн.}} = 0,5 \rho K_{\text{волн.}} \Omega V^2 10^{-3} \quad (8)$$

Коэффициент сопротивления волнения $K_{\text{волн}}$ - (степень волнения в баллах); - массовая плотность воды = 1025 кг/м.куб.

Основное уравнение буксировки (без учета инерционных сил, возникающих при рывке буксирного троса)

$$T_{\Gamma} = P_{\text{в}} - R_{\text{бо}} \quad (9)$$

где T_{Γ} – номинальная тяга на гаке, кН

Все расчеты сводятся в таблицы для штилевой и штормовой погоды.

Вычислить $S_{\text{лоб}}$, м^2 по формуле:

$$S_{\text{лоб}} = 2(T_{\text{ср}} \cdot B + T_{\text{ср}} \cdot L + L \cdot B) \quad (10)$$

3. По выше перечисленным формулам произвести расчёты по буксировке буровой установки.

Произвести расчёты для буксировки буровой установки по заданию.

№ по журналу	V, м/с	доп	D, т	L, м	Tcp, м	B, м	Ne, л.с.	k _{волн}	Wu, м/с
1	1,98	0,74	1000	50	2	30	9000	3	10,2
2	2	0,75	1200	60	2,2	33	9100	5	10,4
3	2,2	0,76	1400	70	2,4	36	9200	5	10,6
4	2,22	0,77	1600	80	2,6	39	9300	6	10,8
5	2,24	0,78	1800	90	2,8	42	9400	2	11
6	2,26	0,79	2000	100	3	45	9500	3	11,2
7	2,28	0,8	2100	110	3,2	48	9600	4	11,4
8	2,3	0,81	2200	120	3,4	51	9700	6	11,6
9	2,32	0,82	2300	130	3,6	54	9800	5	11,8
10	2,34	0,83	2400	140	3,8	57	9900	3	12
11	2,36	0,84	2500	145	4	60	10000	2	12,2
12	2,38	0,85	2600	150	4,2	63	10100	4	12,4
13	2,4	0,86	2700	155	4,4	66	10200	5	12,6
14	2,42	0,87	2800	160	4,6	69	10300	2	12,8
15	2,44	0,88	2900	165	4,8	72	10400	6	13
16	2,46	0,89	3000	170	5	75	10500	3	13,2
17	2,48	0,9	3100	175	5,2	78	10600	8	13,4
18	2,5	0,91	3200	180	5,4	81	10700	2	13,6
19	2,52	0,92	3300	185	5,6	84	10800	6	13,8
20	2,54	0,93	3400	190	5,8	87	10900	7	14
21	2,56	0,94	3500	195	6	90	11000	3	14,2
22	2,58	0,95	3600	200	6,2	93	11100	2	14,4
23	2,6	0,96	3700	210	6,4	96	11200	7	14,6
24	2,62	0,97	3800	215	6,6	99	11300	3	14,8
25	2,64	0,98	3900	220	6,8	102	11400	8	15

Вывод: в ходе работы были закреплены знания по техническим средствам освоения шельфа. Произведён расчёт буксировочных составляющих.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

«Определение снабжения судна по правилам РМРС. Расчёт усилий на звёздочке брашпиля»

1. Якорное устройство судна.

Якорное устройство должно:

- обеспечивать надёжную стоянку судна на рейдах и в открытом море; — удерживать на месте судно, стоящее одновременно на якоре (якорях) и на швартовах;
- служить одним из средств снятия судна с мели;
- способствовать управлению судном в стеснённых условиях плавания.



1 - становой якорь, 2 – якорная скоба, 3 – вертлюг, 4 – якорная цепь, 5 – бортовой клюз, 6 – якорная труба, 7 – палубный клюз, 8 – цепной стопор, 9 – винтовой стопор, 10 – брашпиль (шпиль), 11 – цепная труба, 12 – цепной ящик, 13 – устройство экстренной отдачи якорной цепи

Каждое судно должно иметь якорное снабжение, а также стопоры для крепления становых якорей по-походному, устройства для крепления и отдачи коренных концов якорных цепей, механизмы для отдачи и подъёма становых якорей и для удержания на них судна при отданных якорях.

Для снабжения судов допускаются якоря следующих типов: Холла, Грузона, адмиралтейские.

К судовым якорям относятся:

Становые якоря постоянно заведены в клюзы и служат для постановки на якорь.

Запасные якоря по конструкции и весу идентичны становым и хранятся в специально отведённых местах на палубе или трюме.

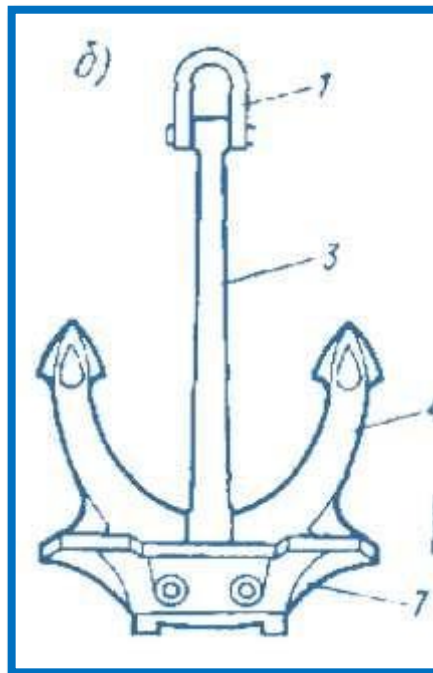
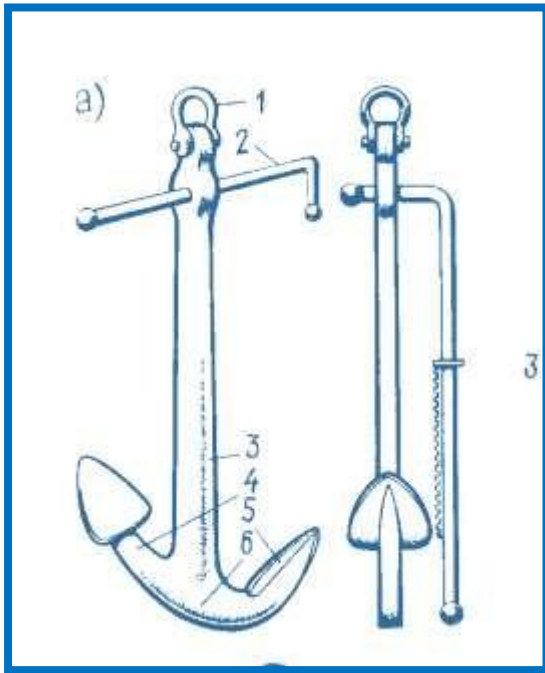
Стоп-анкеры служат для удержания судна в определённом направлении, они обычно заводятся с кормы.

Верпы служат для тех же целей, что и стоп-анкеры.

Дреки – небольшие шлюпочные якоря.

Кошки — трёх или четырёхлапые якоря, имеющие вес в несколько килограмм. В основном служат для отыскания затонувших или вылавливания плавающих предметов.

Ледовые якоря – необходимы для удержания судна у ледового поля.

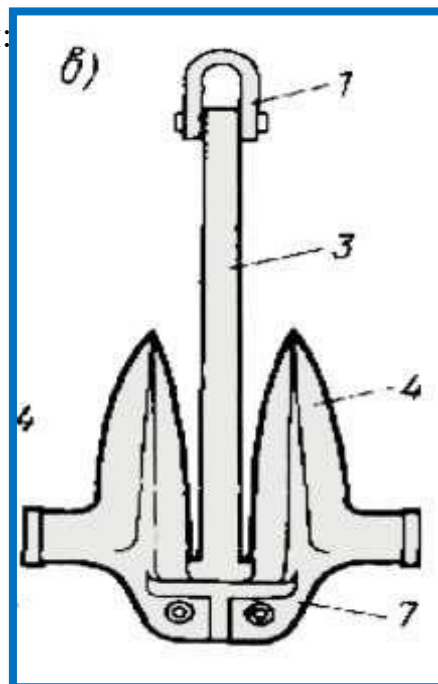


По конструкции якоря подразделяются:

- со штоком, зарывающиеся в грунт одной

- со штоком и без штока, зарывающиеся в грунт двумя лапами.

Якорь состоит: 1 - скоба; 2 - шток;
3 - веретено; 4 - рог; 5 - лапа; 6 - тренд;
7 - коробка.



лапой.

2. Определить характеристику снабжения N_c . Кроме плавкранов и буксиров:

$$N_c = \Delta^{2/3} + 2Bh + 0,1A,$$

где Δ – весовое водоизмещение судна при осадке по ЛГВЛ, m^3

$\Delta = \Delta_{\text{полное}} - \Delta_{\text{порожнем}}, t$

B – ширина судна, м

h – высота от ЛГВЛ до верхней кромки настила палубы самой высокой рубки, м, которая определяется по формуле:

$$h = a + \sum h_i,$$

где a – расстояние от ЛГВЛ до верхней кромки настила ВП, у борта на МШ,
м

$$a = D - d, \text{ м}$$

h_i – высота в ДП каждого яруса надстройки или рубки, имеющей ширину большую, чем $0,25B$, м

При наличии у судна 2, или более надстроек или рубок, учитывается только 1 надстройка, или рубка рассматриваемого яруса, имеющая большую ширину.

Для самого нижнего яруса h_i измеряется в ДП от ВП или, при наличии у ВП уступа, от условной линии, являющейся продолжением ВП.

L – длина судна, измеренная как 96% по КВЛ.

A – площадь парусности судна (учитывается только корпуса, надстроек и рубок шириной больше $0,25B$).

$$A = \sum l_i \cdot h_i, \text{ м}^2$$

$l_i = 0,15L$, м – длина i -того яруса надстройки

$h_i = 0,25B$, м – высота i -того яруса надстройки

3. Определение якорного снабжения по Характеристике снабжения N_c .

3.1. По Характеристике снабжения N_c , из РМРС_2015, стр. 247, определить количество станковых якорей, масса каждого якоря, суммарная длина обеих якорных цепей, калибр цепи.

Таблица 3.1 – Индивидуальное задание

№ Вар.	L , м	B , м	D , м	d , м	Δ пол, т	Δ пор, т	n палуб	Катег. подкрепл.	Район эксплуат.
1	150	21	11.2	8	20700	6900	1	Ice2	R1
2	195	27	14.2	10.5	45300	15100	2	Arc4	R2

3	213	32	15.2	11	61500	20500	1	Ice3	R1
4	174	23.4	12.5	9	30100	10000	2	Arc4	R2
5	215	31	15.5	11.3	61800	20600	1	Ice2	R1
6	165	23	12,4	9,5	29600	9900	2	Ice3	R2
7	182	24.3	13.8	10.5	38100	12700	1	Arc4	R1
8	215	31	16	11	58700	19600	2	Ice2	R1
9	186	27.6	15.6	10	41100	13700	1	Arc4	R2
10	180	28	16	11.2	45200	15100	2	Ice3	R1
11	172	22.8	13.6	9.1	28600	9500	1	Arc4	R2
12	181	20.5	14.4	9.4	36100	12000	2	Ice2	R1
13	190	29.5	16.8	12.3	54600	18200	1	Ice3	R2
14	178	23.4	14.6	10.2	34000	11300	2	Arc4	R1
15	140	20	12	7.5	13700	4600	1	Ice2	R1
16	148	21	12.6	8	16200	5400	2	Arc4	R2
17	143	20.5	11.8	6.9	13200	4400	1	Ice3	R1
18	142	23	14.4	8.4	17800	5900	2	Arc4	R2
19	91	14	8	5.5	9100	1500	1	Ice2	R1
20	145	22	12.3	7.9	14500	5500	2	Ice3	R2
21	141	22.8	14.2	8.1	16900	5600	1	Arc4	R1
22	178	24.9	19.4	9.8	27600	8700	2	Ice2	R2
23	195	26.4	20.1	8.7	56700	13600	1	Arc4	R1
24	168	21.2	16.3	6.5	34600	10670	2	Ice3	R2
25	143	16.2	14.2	8.1	15360	5600	1	Arc4	R1

Вывод: в ходе работы мы научились рассчитывать характеристику снабжения для выбора якорного устройства судна.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

«Расчёт снабжения судна (якорное, швартовное, буксирное). Расчёт усилий на звёздочке брашпиля»

1. Швартовное снабжение судна.

На каждом судне должно иметься швартовное устройство, обеспечивающее подтягивание судна к береговым или плавучим причальным сооружениям и надёжное крепление судна к ним.

Швартовное устройство служит для крепления судна к причалу, борту другого судна, рейдовым бочкам, палам, а также перетяжки вдоль причалов. В состав швартовного устройства входят:

- швартовные тросы;
- кнехты;
- швартовные клюзы и направляющие роульсы;
- киповые планки (с роульсами и без них);
- вьюшки и банкеты;
- швартовные механизмы (турачки брашпиля, шпиль, лебедки); вспомогательные приспособления (стопора, кранцы, скобы, бросательные концы).

Швартовные тросы (канаты). В качестве швартовных концов используются растительные, стальные и синтетические тросы. Стальные тросы применяются все реже, так как они плохо воспринимают динамические нагрузки, требуют больших физических усилий при передаче с борта судна на причал. Наиболее распространёнными на морских судах являются стальные швартовы диаметром от 19 до 28 мм. Хранят стальной швартов на ручных вьюшках, оборудованных тормозом, прижимаемым pedalю к щеке барабана. На крупнотоннажных судах устанавливают швартовные вьюшки с приводом.

Широкое распространение получили швартовы, изготовленные из синтетических тросов. Они легче равнопрочных им стальных и растительных швартовов, обладают хорошей гибкостью, которая сохраняется при относительно низких температурах.

Кнехты представляют собой парные чугунные или стальные тумбы, расположенные на некотором расстоянии друг от друга, но имеющие общее основание. Кроме обыкновенных кнехтов, в некоторых случаях, особенно на низкобортных судах, применяются крестовые кнехты, которые могут быть как двойные, так и одинарные.

Клюзы. Для пропуска швартовов с судна на берег в фальшборте делают швартовный клюз — круглое или овальное отверстие, окаймлённое литой рамой с гладкими закруглёнными краями. Для проводки швартовов с автоматических лебёдок обычно устанавливают универсальные поворотные клюзы.

Такие клюзы предохраняют трос от перетирания. На судах, следующих по Панамскому каналу, где проводка судна через шлюзы осуществляется с помощью береговых тягачей, обязательно устанавливают панамские клюзы, имеющие больший радиус кривизны рабочей поверхности, чем у бортового, и лучше приспособленные для работы со швартовыми большого диаметра.

Киповые планки. Киповые планки предназначены для изменения направления швартова. На большинстве современных судов устанавливают киповые планки из отдельно стоящих двух-трёх роульсов. Киповые планки без роульсов обычно применяют только на небольших судах при малом диаметре швартовного троса.

Роульсы уменьшают износ тросов и снижают усилие, необходимое для их выбирания. Отводные (палубные) роульсы устанавливают около швартовного механизма, что предотвращает перекося швартова на барабане (турачке).

Вьюшки и банкеты. Для хранения швартовных тросов используют банкеты и вьюшки. Последние представляют собой горизонтальный барабан, вал которого закреплён в подшипниках станины. По бокам барабан имеет диски, препятствующие сходу троса.

Бросательные концы (выброски). Для подачи швартовов на берег или другое сооружение обычно используется бросательный конец — лёгкий пеньковый трос с песком в тросовой оплётке на конце. Конец крепят за огон швартова и последний подают через швартовный или буксирный клюз. Выброску укладывают в шлаг и, удерживая за свободный конец, бросают на причал. С помощью этого лёгкого троса на берег вытягиваются сравнительно тяжёлые швартовы. Бросательный конец изготавливают из линя длиной около 25 метров.

Кранцы применяют для предохранения корпуса судна от повреждения при швартовке. Мягкие кранцы чаще всего делают плетёными из старого растительного троса. Применяют также пробковые кранцы, представляющие собой небольшой шаровидный мешок, заполненный мелкой пробкой. В последнее время все более широкое применение находят пневматические кранцы.

Переносные стопоры. Выбранный с помощью механизма швартовный трос переносят на кнехты и закрепляют. Чтобы при переносе троса он не потравливался, на него предварительно накладывают стопор. Стопор крепится к рыму у основания кнехта или за обух на палубе судна.

Швартовые механизмы. Для выбирания швартовов могут быть использованы как специально установленные для этой цели швартовые механизмы (например, швартовые шпили, лебёдки и т. д.), так и другие палубные механизмы (например, брашпили, грузовые лебёдки и т. д.), имеющие швартовые барабаны. Для выбирания швартовных тросов на баке используют турачки брашпиля. Швартовые шпили устанавливают для работы с кормовыми швартовыми. Они занимают мало места на палубе, привод шпиля располагается под палубой.

Автоматические швартовые лебёдки могут устанавливаться для работы с кормовыми и носовыми швартовыми. Швартов постоянно находится на барабане лебёдки, не требуется его предварительной подготовки перед подачей и переноса на кнехты после обтягивания. Лебёдки автоматически подтягивают судно, выбирая слабинку троса, или потравливают слишком сильно натянутый трос при изменении положения судна относительно причала в процессе грузовых операций, во время прилива или отлива.

2. Определение усилий на звёздочке якорного механизма и швартовном барабане.

Процесс снятия судна с якоря разделяется на три периода:

I период – подтягивание судна к якорю – характеризуется постоянным натяжением якорной цепи и обеспечивает якорному механизму установившийся режим работы;

II период – отрыв якоря от грунта – наступает в момент, когда заканчивается подтягивание и якорная цепь занимает вертикальное положение;

III период – подъем якоря с цепью на борт судна, начинается после отрыва якоря от грунта.

Зависимость условной глубины якорной стоянки от калибра якорной цепи: d до 14 мм – $h_y = 1/3$ полной длины якорной цепи; $d = 15-17$ мм – $h_y = 65$ мм; $d = 18-28$ мм – $h_y = 80$ мм; $d = \text{более } 28$ мм – $h_y = 100$ мм.

2.1. Усилие на звёздочке в якорном механизме в первом периоде, Н:

$$T_1 = kgq(l^2 - h^2)/2h, (1)$$

где l – длина провисшего участка вытравленной за борт цепи, м:

$$l = h \cdot \sqrt{\left(\frac{(2 \cdot R) / (0,87 \cdot q \cdot h \cdot g)}{1} \right) + 1}, (2)$$

h – глубина якорной стоянки, м;

$k = 1,2..1,3$ – коэффициент, учитывающий потери при трении цепи о клюз;

$0,87$ – коэффициент, учитывающий потери веса стали в воде; q – масса одного погонного метра якорной цепи, кг/м; $g = 9,81$ м/с² – ускорение свободного падения.

2.2. Усилие на звёздочке якорного механизма во втором периоде, Н: $T_2 =$

$$kg[0,87(Q + qh) + 2q], (3)$$

где Q – масса якоря из ПР №6, кг.

2.3. Усилие на звёздочке якорного механизма в третьем периоде, Н:

$$T_3 = 0,87kg(Q + qh), (4)$$

2.4. Усилия на звёздочке якорного механизма при использовании брашпиля, Н:

$$T_4 = 2 \cdot 0,87kg(Q + qh/2), (5)$$

2.5. Номинальная расчётная нагрузка по Правилам Регистра, Н:

$$T_{\text{ном}} = 11,3(qh_y + Q), (6)$$

2.6. Необходимое условие расчёта:

$$T_{\text{расч}} \geq T_{\text{ном}}$$

$$T_{\text{расч}} \geq 2 \cdot T_{\text{ном}}, (7)$$

2.7. Усилие на швартовном барабане, Н:

$$T_{ш} = \frac{\sigma_{ш} \cdot d \cdot d}{0,636} \leq R_p, (8)$$

где d – диаметр каната, м;

$\sigma_{ш}$ – условное напряжение, принимаемое $\sigma_{ш} = 13 \text{ МПа}$ – для морских судов; $\sigma_{ш} = 11..13 \text{ МПа}$ – для судов внутреннего плавания.

2.8. Определение основных параметров механизмов.

На современных судах, как правило, применяются механизмы с электрическими или гидравлическими приводами. Правилами РМРС допускается на судах с характеристикой снабжения менее 205 установка ручных якорных механизмов, а также использование других палубных механизмов.

2.9. Исходные данные для расчётов.

№ вар.	h, м	R,	q, кг	h _y , м	Р-н плав.	R _p , Н	Диаметр каната, d, мм
1	10	R _{p+2}	33,1	9	Морское судно	Выбрать из РМРС_2015 по N _c	11,1
2	12		33,1	11	Внутреннего плавания		12,7
3	14		33,1	13	Морское судно		12,7
4	16		38,9	15	Внутреннего плавания		15,9
5	20		38,9	19	Морское судно		15,9
6	25		38,9	24	Внутреннего плавания		19,1
7	30		43,7	29	Морское судно		19,1
8	35		43,7	34	Внутреннего плавания		22,2
9	40		43,7	39	Морское судно		22,2
10	45		50,6	44	Внутреннего плавания		25,5
11	50		50,6	49	Морское судно		25,5
12	55		50,6	54	Внутреннего плавания		28,7
13	60		58,2	59	Морское судно		28,7
14	65		58,2	64	Внутреннего плавания		31,8
15	70		58,2	69	Морское судно		31,8
16	75		68,6	74	Внутреннего плавания		36,6
17	80		68,6	79	Морское судно		36,6
18	85		68,6	84	Внутреннего плавания		39,8
19	90		80,9	89	Морское судно		39,8
20	95		80,9	94	Внутреннего плавания		47,8
21	100		80,9	99	Морское судно		47,8
22	105		94,6	104	Внутреннего плавания		55,7
23	110		94,6	109	Морское судно		55,7
24	115		94,6	114	Внутреннего плавания		63,7

25	120		94,6	119	Морское судно	63,7
26	10		33,1	9	Морское судно	11,1
27	12		33,1	11	Внутреннего плавания	12,7
28	14		33,1	13	Морское судно	12,7
29	16		38,9	15	Внутреннего плавания	15,9
30	20		38,9	19	Морское судно	15,9

Вывод: в ходе работы получены навыки расчётов усилий и определение основных параметров механизмов.

1. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

2. «Коэффициенты полноты.

3.

4. Коэффициенты полноты судна.

Коэффициенты полноты — численные показатели, характеризующие полноту обводов судна. Различают четыре коэффициента полноты:

- $C_{wl}(\alpha)$ — коэффициент полноты конструктивной ватерлинии, отношение площади ватерлинии к площади описанного прямоугольника;
- $C_m(\beta)$ — коэффициент полноты подводной части мидель-шпангоута, отношение площади подводной части мидель-шпангоута к площади описанного прямоугольника;
- $C_b(\delta)$ — коэффициент общей полноты, отношение водоизмещения к объёму описанного параллелепипеда.
- $X(\varphi)$ — коэффициент продольной полноты, отношение водоизмещения к объёму прямого цилиндра, основанием которого служит подводная часть мидель-шпангоута.

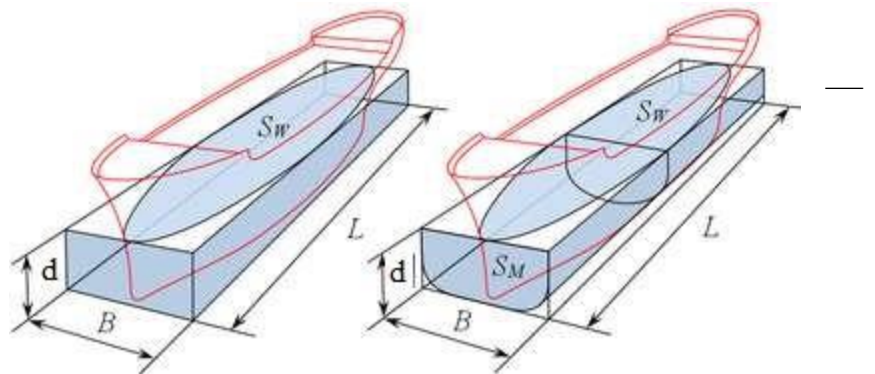
Коэффициенты полноты всегда находятся в диапазоне $0 \dots 1$. Каждый класс судна имеет характерные значения коэффициентов полноты. Чем больше коэффициенты полноты, тем полнее обводы судна и, наоборот, чем он меньше, тем обводы более вытянуты и заострены. Более полные обводы означают большую грузопместимость, но меньшую скорость хода по сравнению с судами, обладающими меньшими значениями коэффициентов полноты.

Коэффициенты полноты определяются следующими соотношениями:

$$C_{wl}(\alpha) = \frac{S_{wl}}{L \cdot B}; \quad C_m(\beta) = \frac{S_m}{B \cdot d}; \quad C_b(\delta) = \frac{V}{L \cdot B \cdot d}; \quad X(\varphi) = \frac{V}{L \cdot S_m} = \frac{C_b(\delta)}{C_m(\beta)},$$

где

- водоизмещение;
- площадь горизонтальной проекции корпуса по ватерлинии;
- площадь подводной части мидель-шпангоута;
- длина судна по ватерлинии;
- ширина судна по ватерлинии;
- средняя осадка судна.

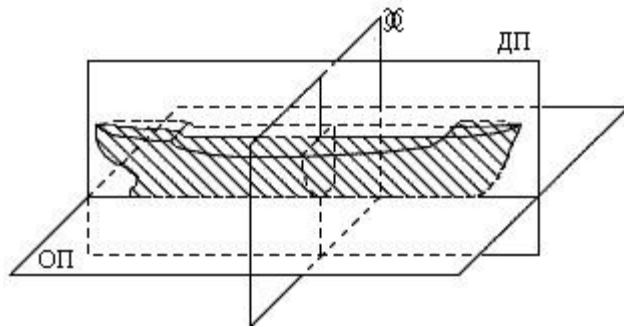


Базовые координатные плоскости судна.

Диаметральная плоскость (ДП) – фронтальная плоскость проекции, продольно-вертикальную плоскость, проходящую вдоль всего судна посередине его ширины, и разделяющую судно на две симметричные части - правую (правый борт) и левую (левый борт).

Основная плоскость (ОП) – горизонтальная плоскость проекции, проходящая через самую нижнюю точку корпуса судна перпендикулярно диаметральной плоскости.

За профильную плоскость принимают вертикально-поперечную плоскость, которую проводят посередине проектной (расчетной) длины судна. Эту плоскость, делящую судно на две части - носовую и кормовую, называют плоскостью мидель-шпангоута и обозначают знаком $\bowtie$.



5. Решить задачу на использование коэффициентов полноты.

$$C_{wl}(\alpha) = \frac{S_{wl}}{L \cdot B}; \quad C_m(\beta) = \frac{S_m}{B \cdot d}; \quad C_B(\delta) = \frac{V}{L \cdot B \cdot d}; \quad X(\varphi) = \frac{V}{L \cdot S_m} = \frac{C_B(\delta)}{C_m(\beta)}$$

№ по журн	$C_{wl}(\alpha)$	$C_m(\beta)$	$C_B(\delta)$	$X(\varphi)$	L	B	d	S_m	V	S_{wl}
1	-	-	-	-	187.2	27.6	7.8	172,22	31434,33	4185,04
2	-	-	-	-	214.7	31	13.6	345,71	71508,84	5524,23
3	-	-	-	-	167.9	26.4	11.7	259,46	38377,1	3767,68
4	-	-	-	-	200.1	32.2	15.6	431,99	81416,53	5605,6
5	-	-	-	-	154.3	32.3	16.4	460,86	67840,71	4385,82
6	-	-	-	-	271.8	31.7	12.2	286,19	72529,99	6462,05
7	-	-	-	-	197.9	28.1	12.6	315,11	53252,04	5004,89
8	-	-	-	-	192.1	26.7	9.7	227,91	41791,66	4564,87
9	-	-	-	-	168.7	29.4	9.8	253,55	42287,08	3967,82
10	-	-	-	-	164.6	19.7	9.6	147,51	21167,82	2561,67
11	-	-	-	-	206.2	32.8	13.9	360,18	72388,24	4869,62
12	-	-	-	-	219.4	33.6	14.7	424,77	92111,14	6339,78
13	-	-	-	-	178.8	31.6	14.1	405,46	59749,59	5198,07
14	-	-	-	-	194.5	15.9	13.6	201,1	34488,12	2906,99
15	-	-	-	-	169.1	15.8	9.8	134,71	22517,76	2351,17

16	-	-	-	-	148	17.3	7.6	103,87	14010,51	2048,32
17	-	-	-	-	160.6	16.9	8.7	132,33	16765,24	2469,87
18	-	-	-	-	146.7	18.4	6.9	110,46	12478,77	2375,37
19	-	-	-	-	157.2	18.6	7.3	115,41	15581,57	2514,57
20	-	-	-	-	156	16.9	7.4	92,54	12681,08	1977,3
21	-	-	-	-	163.8	17.6	7.9	112,62	18219,8	2306,3
22	-	-	-	-	197.1	20.1	8.7	145,14	24126,81	3327,84
23	-	-	-	-	180.2	21.3	8.9	151,66	20496,31	3108,99
24	-	-	-	-	190	30	10.4	227,76	36753,6	4218
25	-	-	-	-	193.6	31.3	10.9	259,29	40290,81	4665,95
26	-	-	-	-	187.2	27.6	7.8	172,22	31434,33	4185,04
27	-	-	-	-	214.7	31	13.6	345,71	71508,84	5524,23
28	-	-	-	-	167.9	26.4	11.7	259,46	38377,1	3767,68
29	-	-	-	-	200.1	32.2	15.6	431,99	81416,53	5605,6
30	-	-	-	-	154.3	32.3	16.4	460,86	67840,71	4385,82
31	-	-	-	-	271.8	31.7	12.2	286,19	72529,99	6462,05

Решить задачу на использование коэффициентов полноты.

$$C_{wl}(\alpha) = \frac{Swl}{L \cdot B}; \quad C_m(\beta) = \frac{Sm}{B \cdot d}; \quad C_b(\delta) = \frac{V}{L \cdot B \cdot d}; \quad X(\varphi) = \frac{V}{L \cdot Sm} = \frac{Cb(\delta)}{Cm(\beta)}$$

№ по журн	$C_{wl}(\alpha)$	$C_m(\beta)$	$C_b(\delta)$	$X(\varphi)$	L	B	d	Sm	V	Swl
1	0,86	-	0.85	-	219.4	33.6	-	424,77	92111,14	-
2	0,83	-	0.79	-	214.7	31	-	345,71	71508,84	-
3	0,81	-	0.78	-	187.2	27.6	-	172,22	31434,33	-
4	0,75	-	0.65	-	156	16.9	-	92,54	12681,08	-
5	0,88	-	0.86	-	169.1	15.8	-	134,71	22517,76	-
6	0,77	-	0.61	-	193.6	31.3	-	259,29	40290,81	-
7	0,8	-	0.8	-	163.8	17.6	-	112,62	18219,8	-
8	0,92	-	0.75	-	178.8	31.6	-	405,46	59749,59	-
9	0,89	-	0.84	-	192.1	26.7	-	227,91	41791,66	-
10	0,87	-	0.81	-	200.1	32.2	-	431,99	81416,53	-
11	0,8	-	0.87	-	168.7	29.4	-	253,55	42287,08	-
12	0,86	-	0.73	-	157.2	18.6	-	115,41	15581,57	-
13	0,74	-	0.62	-	190	30	-	227,76	36753,6	-
14	0,84	-	0.7	-	197.1	20.1	-	145,14	24126,81	-
15	0,88	-	0.67	-	146.7	18.4	-	110,46	12478,77	-
16	0,81	-	0.6	-	180.2	21.3	-	151,66	20496,31	-
17	0,72	-	0.77	-	206.2	32.8	-	360,18	72388,24	-
18	0,79	-	0.68	-	164.6	19.7	-	147,51	21167,82	-
19	0,94	-	0.82	-	194.5	15.9	-	201,1	34488,12	-
20	0,85	-	0.74	-	167.9	26.4	-	259,46	38377,1	-
21	0,88	-	0.83	-	154.3	32.3	-	460,86	67840,71	-
22	0,9	-	0.76	-	197.9	28.1	-	315,11	53252,04	-
23	0,8	-	0.72	-	148	17.3	-	103,87	14010,51	-
24	0,91	-	0.71	-	160.6	16.9	-	132,33	16765,24	-

25	0,75	-	0.69	-	271.8	31.7	-	286,19	72529,99	-
26	0,86	-	0.85	-	219.4	33.6	-	424,77	92111,14	-
27	0,83	-	0.79	-	214.7	31	-	345,71	71508,84	-
28	0,81	-	0.78	-	187.2	27.6	-	172,22	31434,33	-
29	0,75	-	0.65	-	156	16.9	-	92,54	12681,08	-
30	0,88	-	0.86	-	169.1	15.8	-	134,71	22517,76	-
31	0,77	-	0.61	-	193.6	31.3	-	259,29	40290,81	-

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7

«Грузовое устройство судна»

1. Грузовое устройство судна.

Грузовым устройством называется комплекс конструкций, механизмов и изделий, предназначенный для грузовых операций силами судна.

Грузовое устройство со стрелами. Основные элементы такого устройства: — мачты или грузовые колонны, которые служат опорой для стрел (на некоторых судах опорой может являться лобовая переборка надстройки);

— грузовые стрелы с такелажем и оборудованием для проводки и крепления такелажа;

— грузовые лебедки;

— грузовые помещения (трюмы и твиндеки) с соответствующим закрытием грузовых люков.

Грузовые мачты. При наличии на судне трех мачт носовую называют фокмачтой, среднюю — грот-мачтой и кормовую — бизань-мачтой.

Наиболее простой по конструкции является одиночная мачта, которая представляет собой стальную трубу большого диаметра. Для прочного крепления мачты она пропускается через отверстие в верхней палубе — пяртнерс и ее нижний конец — шпор приваривается к настилу нижней палубы или второго дна. Место крепления шпора мачты называется степсом. Кроме крепления к корпусу судна, мачты раскрепляются при помощи стоячего такелажа из жесткого стального троса. Тросы, идущие от мачты к бортам, называются вантами. Спереди мачты поддерживаются штагами, а в корму идут бакштаги.

Для обеспечения необходимого вылета грузовых стрел за борт вместо одиночных мачт устанавливают грузовые колонки и порталные мачты, состоящие из двух мачт — Л-образной или П-образной, которые в верхней части соединены салингом. Салинг служит для крепления троса, который поддерживает стрелу. В середине салинга устанавливается стеньга. Верхний конец стеньги заканчивается плоским диском — клотиком.



Рис. 6.63. Грузовые мачты:
а – одиночная, б – Л-образная, в – П-образная

Грузовые стрелы. Грузовые стрелы делятся на легкие и тяжелые. Легкой называется стрела грузоподъемностью не более 10 т, а тяжеловесной – одиночная стрела грузоподъемностью более 10 т.

Легкая грузовая стрела представляет собой стальную трубу с утолщением в средней части. Нижний конец стрелы (шпор) имеет вилку с двумя проушинами. На верхний конец стрелы (нок) насаживают кольцо (бугель), имеющий четыре обуха. Стрелы сварной конструкции могут не иметь бугеля, а для крепления такелажа к ноку стрелы приваривают обухи.

Для шарнирного соединения шпора стрелы с мачтой на последней на высоте 2 — 2,5 м от палубы устанавливают башмак, имеющий проушину и подпятник. Нок стрелы поддерживается топенантом. Изменяя длину топенанта, можно изменить угол подъема стрелы. Топенант состоит из стального троса, коренной конец которого крепится к верхнему обуху нокового бугеля. Второй, ходовой конец топенанта проходит через топенант-блок, закрепленный на мачте. Ниже блока к топенанту крепится треугольное звено — треугольник топенанта. С другой стороны к треугольнику прикреплены длиннозвенная цепь — грузовой стопор и стальной трос — лопарь топенанта. Лопарь топенанта служит для подъема стрелы.

Выбирают лопарь с помощью грузовой лебедки, на турачку которой заводят ходовой конец лопаря. Грузовым стопором стрелу закрепляют в нужном положении, для чего одно из звеньев цепи крепят к обуху, приваренному на палубе.

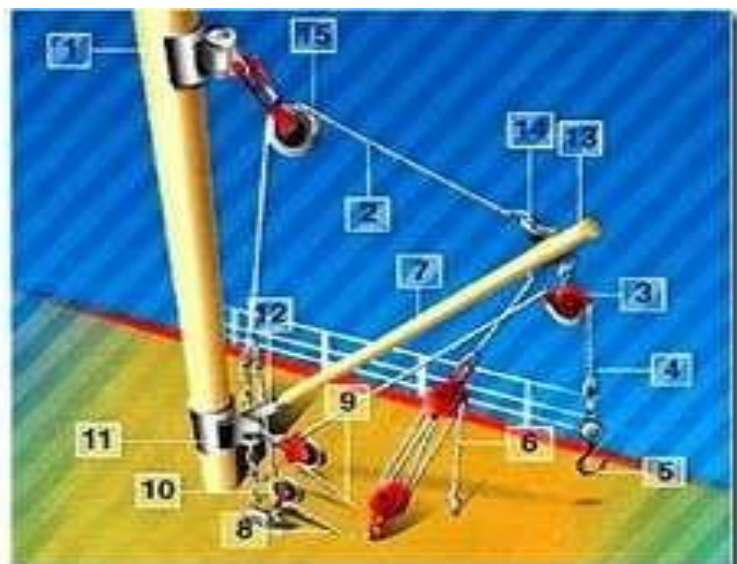


Рис. 6.64. Легкая грузовая стрела:
1 – манта; 2 – топенант; 3 – грузовой блок; 4 – грузовой шкентель; 5 – грузовой гак; 6 – оттяжка; 7 – стрела; 8 – канат на турачку грузовой лебедки; 9 – канат на барабан грузовой лебедки; 10 – лопарь топенанта; 11 – башмак; 12 – шпор стрелы; 13 – нок стрелы; 14 – бугель; 15 – топенант-блок

На многих судах для крепления топенанта и подъема стрелы вместо грузового стопора используют топенантные вьюшки, которые приводятся во вращение от грузовой лебедки. Для подъема стрелы с грузом суда имеют специальные топенантные лебедки или грузовые лебедки снабжаются топенантным барабаном. В этом случае топенант выполняется в виде талей (топенант-тали), что уменьшает нагрузку на топенантную лебедку. Груз поднимают гибким стальным тросом — грузовым шкентелем. На одном конце его закрепляют грузовой гак а) и противовес, а другой конец через грузовой и направляющий блоки проводят к грузовой лебедке, где прочно закрепляют на барабане.

Поворот стрелы для выноса груза за борт и обратно производится при помощи оттяжек б). Каждая стрела имеет две оттяжки, что дает возможность надежно закрепить ее в нужном положении. Оттяжка состоит из конца стального троса — мантыля и талей, основанных растительным тросом. Мантыли оттяжек закрепляют за боковые обухи нокового бугеля, а тали нижними блоками крепят за обухи или рымы, установленные на палубе, фальшборте, рубке и т. п. При подъеме груза грузовой шкентель выбирают с помощью грузовых лебедок.



Рис. 6.66. Грузовая лебедка

Легкие стрелы могут работать как в одиночном так и в спаренном варианте.

При работе в спаренном варианте «на телефон» грузовые шкентеля соединяют как показано. Затем одну стрелу (береговую) устанавливают в положение «за бортом»

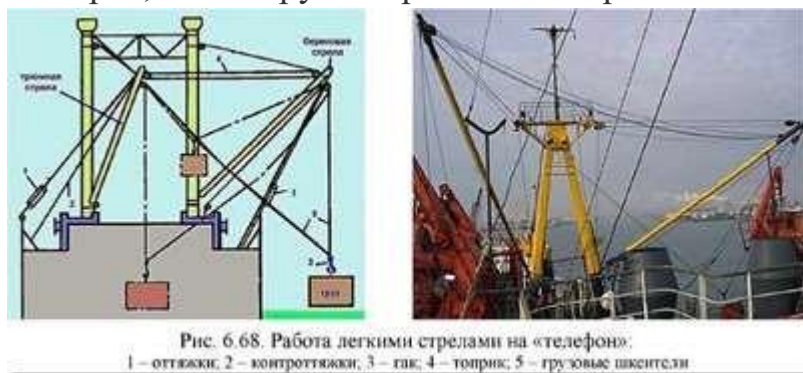
так, чтобы ее нок находился над причалом.

Вторую стрелу (трюмную) устанавливают в положение «над люком» так, чтобы ее нок находился над просветом люка грузового трюма.

Выгрузка осуществляется следующим образом. Груз, зацепленный грузовым гак «трюмной» стрелы, поднимается выше комингса трюма и фальшборта. Лебедка «береговой»

стрелы подбирает слабинку своего грузового шкентеля и как бы «берет груз на себя», одновременно лебедка «трюмной» стрелы потравливает свой грузовой шкентель. Груз начинает перемещаться в сторону причала и, как только окажется над местом выгрузки, оба шкентеля травят и груз опускается на причал.

Грузоподъемность при работе на «телефон» уменьшается почти вдвое относительно грузоподъемности каждой отдельной стрелы вследствие увеличения усилий в стрелах, шкентелях и оттяжках, особенно при угле между шкентелями 120° и более. Недостатком этого способа является и то, что с изменением места подъема или укладки груза в трюме требуется перестановка стрел, на которую затрачивается время.



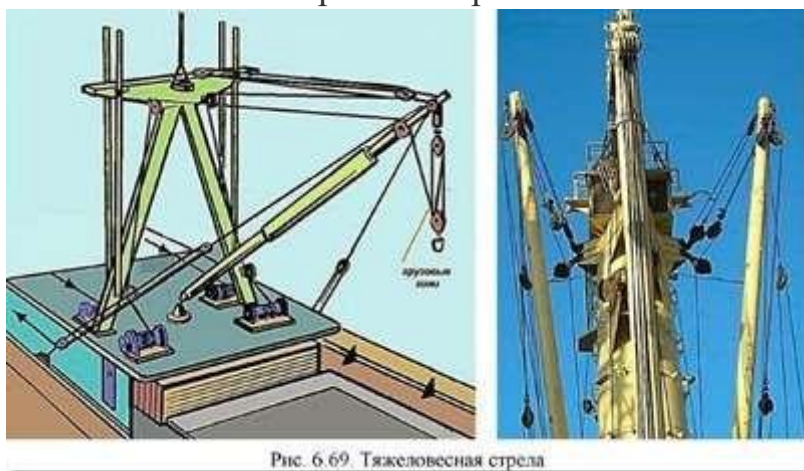
В полной мере грузоподъемность стрел может быть использована при работе способом «одиночной стрелы». В этом случае стрелу устанавливают над люком и груз на шкентеле поднимают из трюма на достаточную высоту. Затем стрелу с помощью оттяжек вываливают за борт и груз опускают на причал. Подбрав шкентель, стрелу возвращают в исходное положение.

Способ «одиночной стрелы» имеет низкую производительность и требует большой затраты ручного труда. Поэтому он применяется только в исключительных случаях.

На переходе легкие стрелы опускаются в горизонтальное положение, для чего устанавливаются стойки с накладными бугелями, в которых закрепляются ноки стрел.

Многие универсальные грузовые суда оборудуют одной или двумя тяжеловесными стрелами грузоподъемностью до 40 — 50 т, а в отдельных случаях (на специальных судах) — до 300 т.

Тяжеловесными стрелами работают по способу одиночной стрелы.



Но в отличие от легких стрел стрелы-тяжеловесы имеют три рабочих движения: подъем груза, поворот стрелы и изменение наклона стрелы. Конструкция и вооружение тяжеловесной стрелы имеют некоторые особенности. Шпор стрелы для уменьшения изгиба мачты опирается не на мачту, а на специальный фундамент, установленный на палубе. Отличием в конструкции

нока стрелы является наличие врезного блока, установленного в прорези, которая сделана несколько ниже бугеля.



Рис. 6.70. Тяжеловесная стрела в работе

К нижней скобе на ноке стрелы подвешен верхний неподвижный блок многошкивных талей — грузовых гиней. К нижнему подвижному блоку гиней подвешен двурогий гак с вертлюгами.

Перегрузка тяжеловесов судовыми средствами должна производиться под личным руководством старшего помощника капитана. К работе на тяжеловесных стрелах допускаются только специально обученные члены экипажа, объявленные приказом по судну.

Грузовые краны. На многих грузовых и пассажирских судах устанавливают грузовые краны. Грузоподъемность судовых грузовых кранов составляет от 1,5 до 25 т. Устанавливаемые на судах краны могут быть стационарными поворотными, перемещающимися поворотными и мостовыми с выдвижной консолью. Основными преимуществами кранов по сравнению со спаренными грузовыми стрелами являются их сравнительно небольшие размеры, быстрота действия, постоянная готовность к действию, возможность поворота стрелы с грузом на 360 градусов и удобство обслуживания. К недостаткам судовых грузовых кранов следует отнести ограниченную грузоподъемность и «чувствительность» к крену.



Рис. 6.71. Суда, оборудованные грузовыми кранами

Маркировка грузовых стрел и кранов. На каждое освидетельствованное грузовое устройство должна ставиться марка, содержащая следующие сведения: — грузоподъемность в тоннах с проставлением перед ней букв SWL (Safety Weight Load), также для стрел наименьший допускаемый угол наклона к горизонту, а для кранов и механизированных стрел с переменным вылетом — допускаемый наименьший и наибольший вылеты для каждой установленной грузоподъемности; — месяц и год испытания; — отличительный номер.



Рис. 6.72. Маркировка грузовой стрелы
Грузоподъемность 5 т при наклоне стрелы к горизонту не менее 30° и 2,5 т при работе спаренными стрелами



Рис. 6.73. Маркировка грузового крана
Грузоподъемность 15 т при вылете стрелы 25,5 м и наклоне стрелы не менее 20°

Грузоподъемность — наибольшая масса допустимого к подъему груза, включая массу вспомогательных приспособлений, применяемых для крепления груза.

Вылет — расстояние между центром тяжести поднятого груза и вертикальной осью вращения (для стрелы — шпор стрелы).

Люковые закрытия. Закрытия грузовых люков делятся на съемные, откатываемые, откидные и наматываемые. Для доступа в трюмы в палубах делают большие вырезы — грузовые люки, которые по периметру ограждают вертикальным листом — комингсом высотой 500 — 600 мм.

Наиболее простым является съемное закрытие, состоящее из одной стальной крышки, которая закрывает весь люк. Подъем крышек и установка их на место производится краном. Снятую крышку укладывают на палубу или на соседний люк. Наиболее широко съемные закрытия применяются на контейнеровозах и лихтеровозах, где они могут выполняться без комингсов люка, что обеспечивает удобное размещение контейнеров на палубе.

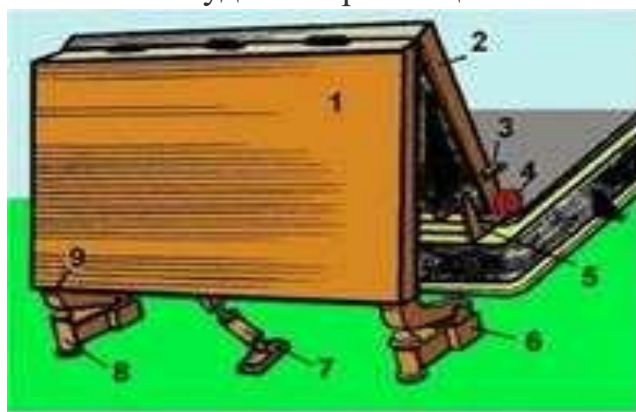


Рис. 6.74. Откидное люковое закрытие с гидроприводом:
1 — ведущая секция; 2 — ведомая секция; 3 — гнездо для стопорной планки; 4 — роульс ведомой секции;
5 — стойка-ограничитель; 6 — стойки; 7 — плунжер; 8 — резиновые амортизаторы; 9 — крайние крошечейны

Откидное закрытие может быть выполнено из одной крышки, которая закрывает весь люк. Крышка шарнирно крепится к комингсу и при открытом люке занимает вертикальное положение, что создает некоторые неудобства при грузовых операциях.

Поэтому чаще применяется откидное закрытие с двумя крышками, каждая из которых закрывает только половину люка. Крышка состоит из двух частей — секций, соединенных между собой шарнирно. Для открывания и закрывания крышек используют мощный гидравлический привод.

Большое применение на флоте получили закрытия системы Мак-Грегора, у которых люк закрывается несколькими металлическими секциями длиной на всю ширину люка.

В положении по-походному секции плотно обжаты. Поэтому прежде чем открывать люк, необходимо секции несколько приподнять (подорвать), иначе при горизонтальном перемещении секции будет происходить быстрый износ резины уплотнения. Для подъема и опускания секций имеется целый ряд различных конструкций.

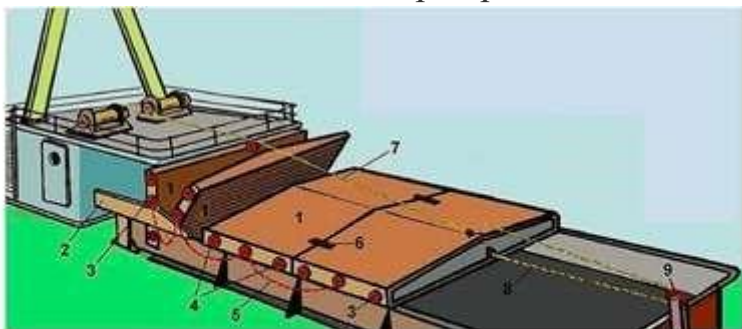


Рис. 6.75. Люковое закрытие системы Мак-Грегора.
1 – люковая секция; 2 – направляющая балка; 3 – центрирующий ролик; 4 – опорные катки;
5 – цепочка, сдвигающая секции между собой; 6 – соединительный клин; 7 – трос, предназначенный для
открытия; 8 – трос, предназначенный для закрытия; 9 – клинфас-блок.

Каждая из этих секций имеет четыре ведущих ролика (по два с каждого борта) и два направляющих (центрирующих). При выборе троса, который закреплен на последней секции, все секции начинают сдвигаться вдоль люка, перемещаясь на ведущих роликах по продольным комингсам. Когда секции последовательно подходят к концу люка, центрирующие ролики вкатываются на направляющие балки, и под действием силы тяжести каждая секция поворачивается и занимает вертикальное положение.

Закрывают люк в обратном порядке. Для этого ведущий трос проводят через канифас-блок, установленный на противоположном конце люка. При натяжении троса крайняя секция сходит с направляющих балок и начинает перемещаться по продольным комингсам. Все секции соединены между собой цепью, поэтому каждая тянет за собой следующую.

Водонепроницаемость закрытия обеспечивается резиновым уплотнением между крышкой и комингсом, а также между отдельными секциями крышки. Для плотного обжатия резинового уплотнения секции прижимают одну к другой клиновыми зажимами. К комингсу люка секция прижимается винтовыми задрайками или клиньями.

Откатываемое закрытие состоит из двух секций, которые при открывании люка откатываются на роликах к бортам по специальным направляющим. При многоярусной конструкции откатываемое закрытие также выполняется из двух секций, каждая из которых при помощи гидравлических домкратов может быть приподнята так, что вторая подкатывается под нее, открывая половину люка.



Рис. 6.76. Откатываемые закрытия на балкере

2. Характеристика грузового устройства судна по заданию.

Произвести расчёт грузовой стрелы, на основании данных из таблицы:

№ варианта	Грузоподъём. стрелы, т	Запас прочности $k_{зп} = \sigma_T / \sigma$	Коэффициент динамичности $\Psi_H = 1,7 \sigma_T / \sigma$	P_3^* , кгс	l , м	Наружный диаметр трубы D , мм	Внутр. диаметр трубы d , мм
1	5 и меньше	2,5	1,75	11,75	25,7	102	92
2	10	2,38	1,67	12	25,9	104	94
3	15	2,27	1,59	12,25	26,1	108	98
4	20	2,18	1,52	12,5	26,3	114	104
5	5 и меньше	2,5	1,75	12,75	26,5	121	111
6	10	2,38	1,67	13	26,7	127	117
7	15	2,27	1,59	13,25	26,9	133	123
8	20	2,18	1,52	13,5	27,1	140	130
9	5 и меньше	2,5	1,75	13,75	27,3	146	136
10	10	2,38	1,67	14	27,5	152	142
11	15	2,27	1,59	14,25	27,7	159	149
12	20	2,18	1,52	14,5	27,9	165	155
13	5 и меньше	2,5	1,75	14,75	28,1	168	158
14	10	2,38	1,67	15	28,3	178	168
15	15	2,27	1,59	15,25	28,5	180	170
16	20	2,18	1,52	15,5	28,7	194	184
17	5 и меньше	2,5	1,75	15,75	28,9	203	193
18	10	2,38	1,67	16	29,1	219	209
19	15	2,27	1,59	16,25	29,3	245	235
20	20	2,18	1,52	16,5	29,5	273	263
21	5 и меньше	2,5	1,75	16,75	29,7	299	289
22	10	2,38	1,67	17	29,9	324	314
23	15	2,27	1,59	17,25	30,1	325	315
24	20	2,18	1,52	17,5	30,3	351	341
25	5 и меньше	2,5	1,75	17,75	30,5	356	346

σ – действующие напряжения сжатия, кгс/см²;

σ_T – предел текучести металла, кгс/см²

(1) $P_3 = k_{зп} \Psi_H P_3^*$ - расчётное усилие в стреле, кгс; $k_{зп}$ – запас

прочности;

Ψ_H - коэффициент динамичности; P_3^* - усилие сжатия грузовой стрелы, кгс;

(2) $P_3 = \frac{E \cdot J \cdot \pi \cdot \pi}{l \cdot l}$ – момент инерции сечения грузовой стрелы, кгс;

$E=2,15 \cdot 10^6$ – предел упругости (модуль Юнга), кгс/см²; l – длина стержня (грузовой стрелы), см;

(3) $J_c = \frac{P_{з'} \cdot l \cdot l}{E \cdot \pi \cdot \pi}$, см⁴ – момент инерции сечения;

(4) $J = \frac{\pi}{64} \cdot (D^4 - d^4)$ – момент инерции сечения трубы;

D – наружный диаметр трубы с учётом точности изготовления, см; d – внутренний диаметр трубы с учётом точности изготовления, см.

Вывод: в ходе работы мы изучили грузовые устройства различных типов судов, а также научились определять нагрузки от грузовой стрелы.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8

«Остойчивость судна на больших углах крена»

1. Найти поперечную и продольную метацентрические высоты судна.

Остойчивость на больших углах крена характеризуется диаграммами статической и динамической остойчивости. Диаграмма статической остойчивости - это зависимость восстанавливающего момента M_v и плеча восстанавливающего момента l_v от угла крена судна. Диаграмма динамической остойчивости - это зависимость работы восстанавливающего момента A_v и плеча динамической остойчивости l_d от угла крена судна.

Плечо статической остойчивости определяется по формуле:

(1) $l_\Theta = h_\Phi - a \cdot \sin \Theta$, м где h_Φ - плечо остойчивости формы.

a - расстояние между центром масс и центром величины, оно определяется по формуле:

$$(2) \ a = Z_g - Z_c, \text{ м}$$

Поперечная метацентрическая высота – расстояние между поперечным (малым) метацентром и центром тяжести судна.

$$(3) \ h = r - a, \text{ м}$$

r – метацентрический радиус судна, наклоненного на угол Θ .

$$(4) \ r = \frac{I_x}{V}, \text{ м}$$

где I_x - момент инерции площади ватерлинии относительно продольной центральной оси.

Продольная метацентрическая высота – Величина $M. В. П.$ во много раз превосходит таковую поперечной метацентрической высоты. Поэтому беспокоиться относительно того, что судно перевернется в продольном направлении, никогда не приходится. Численное значение $M. В. П.$ колеблется от L до $2,5L$, где L — длина судна.

$$(5) \ H = Z_c + R - Z_g, \text{ м}$$

$$(6) \ R = \frac{I_{yf}}{V}, \text{ м}$$

где I_{yf} – момент инерции площади ватерлинии относительно поперечной центральной оси.

Расчет остойчивости на больших углах крена состоит из следующих этапов:

– построение для различных углов крена (0^0 - 90^0 с шагом 10^0) равнообъемных ватерлиний и расчет для каждого угла крена метацентрических радиусов, для расчетного водоизмещения;

– выполняется расчет плеча формы, для тех же углов и водоизмещения;

– расчет плеч статической и динамической остойчивости для водоизмещения по КВЛ и заданного значения аппликаты центра масс судна. Оценка остойчивости выполняется согласно требований "Правил классификации и постройки морских судов" Российского Морского Регистра судоходства (2015 г.). При этом, судно должно отвечать следующим требованиям:

- судно должно, не опрокидываясь, противостоять одновременному действию динамически приложенного давления ветра и бортовой качки;
- числовые значения параметров диаграммы статической остойчивости судна на тихой воде и исправленной начальной метацентрической высоты должны быть не ниже назначенных;
- должно быть учтено влияние на остойчивость последствия возможного обледенения;
- должны удовлетворяться дополнительные требования.

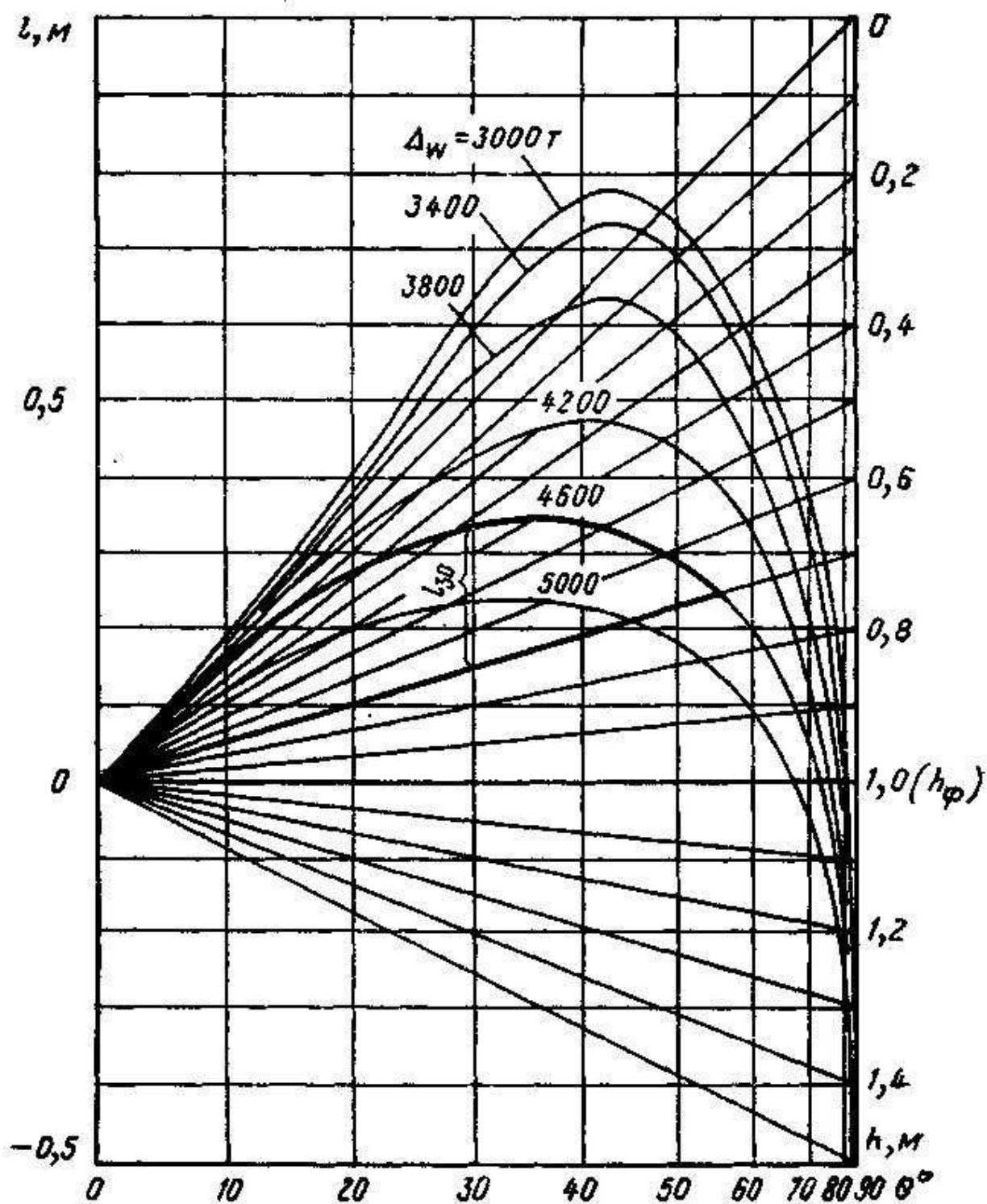


Рис. 13. Универсальная диаграмма статической остойчивости

2. Рассчитать составляющие остойчивости судна.

№ по журналу	Угол крена судна, Θ°	Аппликат а центра тяжести судна, Z_g , м	Аппликат а центра величины судна, Z_c , м	Дедвейт судна, Δw , т	I_x , м ⁴	V , м ³	I_{yf} , м ⁴
1	10	0,3	2,4	3000	25010		51250

2	11	0,32	2,6	3400	25015	5130	51255
3	12	0,35	2,8	3800	25020		51260
4	13	0,37	3	4200	25025		51265
5	14	0,4	3,2	4600	25030		51270
6	15	0,42	3,4	5000	25035		51275
7	16	0,45	3,6	3000	25040		51280
8	17	0,47	3,8	3400	25045		51285
9	18	0,5	4	3800	25050		51290
10	19	0,52	4,2	4200	25055		51295
11	20	0,55	4,4	4600	25060		51300
12	21	0,57	4,6	5000	25065		51305
13	22	0,6	4,8	3000	25070		51310
14	23	0,62	5	3400	25075		51315
15	24	0,65	5,2	3800	25080		51320
16	25	0,67	5,4	4200	25085		51325
17	26	0,7	5,6	4600	25090		51330
18	27	0,72	5,8	5000	25095		51335
19	28	0,75	6	3000	25100		51340
20	29	0,77	6,2	3400	25105		51345
21	30	0,8	6,4	3800	25110		51350
22	31	0,82	6,6	4200	25115		51355
23	32	0,85	6,8	4600	25120		51360
24	33	0,87	7	5000	25125		51365
25	34	0,9	7,2	3000	25130		51370

Вывод: в ходе работы мы научились определять остойчивость судна с помощью универсальной диаграммы.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №9

«Прочность корпуса судна»

1. Прочность судна.

Внешние силы, вызывающие общий изгиб корпуса судна в условиях эксплуатации, и соответствующие им изгибающие моменты определяют для двух характерных случаев: при положении судна на тихой воде и на волнении.

Расчетные суммарные изгибающие моменты в миделевом сечении можно представить как сумму момента на тихой воде и волнового момента:

$$M_{\text{расч}} = M_{TB} + M_W = 10 \cdot \frac{\Delta L}{m} + M_W,$$

корпус судно обшивка перекрытие палубное

где Δ - водоизмещение судна;

m - коэффициент изгибающего момента

M_W , кНм, – волновой изгибающий момент, действующий в вертикальной плоскости, в рассматриваемом поперечном сечении определяется по формулам:

- вызывающий перегиб судна:

$$M_W = 190 C_W \cdot B \cdot L^2 \cdot C_s \cdot \alpha \cdot 10^{-3},$$

$\alpha = 1$ - для миделевого сечения корпуса,

- вызывающий прогиб судна:

$$M_W = -110 C_W \cdot B \cdot L^2 \cdot (C_s + 0,7) \cdot \alpha \cdot 10^{-3}$$

Таким образом, суммарный изгибающий момент на вершине волны составляет:

$$M_{BB} = 10 \cdot \frac{\Delta L}{m} + M_W$$

Суммарный изгибающий момент на подошве волны составляет:

$$M_{\text{пв}} = 10 \cdot \frac{\Delta L}{m} - M_W$$

Расчетные моменты поперечного сечения корпуса.

Расчетный изгибающий момент, в поперечном сечении, равный максимуму абсолютной величины алгебраической суммы составляющих моментов M_{SW} M_W и определяется по формуле:

$$M_T = |M_{SW} + M_W|$$

$$M_{SW} = \frac{\Delta \cdot L}{m}, \text{ кН/м};$$

Эквивалентный брус является геометрической моделью поперечного сечения корпуса, которая используется для проверки общей прочности судна.

В первом приближении все связи расчетного сечения считают жесткими, не теряющими устойчивость при действующих сжимающих напряжениях и работающих всей своей площадью. Потерю устойчивости связей, установленную расчетами, учитывают в расчетах

эквивалентного бруса во втором и последующих приближениях. В данном случае это не требуется. Расчет ведут для половины поперечного сечения.

Для определения I проводят ось сравнения О-О, относительно которой рассчитывают статические моменты площадей и моменты инерции всех связей расчетного сечения. Ось сравнения выбирают обычно в плоскости днища.

Произведения $F_i \cdot Z_i$ – статические моменты площадей связей, и $F_i \cdot (Z_i)^2$ – переносные моменты инерции связей также заносятся в данную таблицу. Собственные моменты инерции горизонтальных связей не учитываются в виду их малости по сравнению с суммой переносных моментов инерции. После заполнения таблицы суммируют площади связей A , статические моменты B и переносные моменты инерции C и определяют элементы эквивалентного бруса.

Напряжения в продольных связях корпуса:

$$\sigma \leq 0,5 \cdot \sigma_n = 163 \text{ МПа.}$$

Момент инерции

$$I = 2 \cdot (C - A \cdot Z_0^2) \quad \text{м}^4, \text{ должен быть больше } \text{м}^4$$

$$I_{\min} = 3c_w BL^3 (C_b + 0,7), \quad \text{Момент сопротивления}$$

$$W = I / (H - Z_0) \quad \text{м}^3, \text{ должен быть не менее}$$

$$W_{\min} = C_w BL^2 (C_b + 0,7) \eta,$$

Произведенные в табличной форме расчеты эквивалентного бруса показали, что возникающие в связях судового корпуса нормальные напряжения при действии суммарных изгибающих моментов при перегибе и прогибе судна не превышают допускаемых значений. Максимальные напряжения возникают в настиле палубы (114 МПа) не превышают допускаемых

напряжения $\sigma_{\text{дон}} = 163 \text{ МПа}$, т.е. $\sigma_{\text{max}} \leq \sigma_{\text{дон}}$. Моменты инерции и сопротивления больше минимальных значений.

Общая продольная прочность корпуса при продольном изгибе обеспечена. Полученные в таблице значения момента сопротивления W , момента инерции I и σ не превышают регламентируемых Российским Морским Регистром Судоходства.

2. Индивидуальные задания.

Задача 1

Рассчитать суммарный изгибающий момент $M_{расч.}$ в миделевом сечении судна, если известны момент на тихой воде $M_{тв}$, волновой изгибающий момент, действующий в вертикальной плоскости, момент в рассматриваемом поперечном сечении M_w .

Задача 2

Найти суммарные изгибающие моменты на вершине и подошве волны, если известны момент в рассматриваемом поперечном сечении M_w , водоизмещение судна Δ , длина судна L .

Задача 3

Рассчитать минимальный момент сопротивления движению судна, если известны коэффициент волнового сопротивления C_w , ширина судна B , длина судна L , коэффициент общей полноты C_b , пропульсивный коэффициент η .

№ по журналу	L, м	Δ , т	M_w , кНм	$M_{тв}$, кНм	m	C_b	C_w	η
1	120	38000	45600	11679	100	0,74	0,001	0,89
2	125	38500	48125	12347	101	0,75	0,001	0,89
3	130	39000	50700	13498	102	0,76	0,001	0,89
4	135	39500	53325	14279	103	0,77	0,002	0,9
5	140	40000	56000	15397	104	0,78	0,002	0,9
6	145	40500	58725	16427	105	0,79	0,002	0,9
7	150	41000	61500	17395	106	0,8	0,0026	0,91
8	155	41500	64325	18467	107	0,81	0,0028	0,91
9	160	42000	67200	19786	108	0,82	0,0028	0,91
10	165	42500	70125	20319	109	0,83	0,0028	0,92
11	170	43000	73100	22394	110	0,84	0,003	0,92
12	175	43500	76125	24378	111	0,85	0,003	0,92
13	180	44000	79200	26497	112	0,86	0,003	0,93
14	185	44500	82325	28692	113	0,87	0,0038	0,93
15	190	45000	85500	30179	114	0,88	0,0038	0,93
16	195	45500	88725	32619	115	0,89	0,0038	0,94
17	200	46000	92000	34791	116	0,9	0,004	0,94
18	205	46500	95325	36128	117	0,91	0,004	0,95
19	210	47000	98700	36973	118	0,92	0,004	0,95
20	215	48500	104275	38651	119	0,93	0,0048	0,96
21	220	49000	107800	40678	120	0,94	0,0048	0,96
22	225	50500	113625	42316	121	0,95	0,0048	0,97
23	230	51000	117300	44972	122	0,96	0,005	0,97

24	235	52500	123375	46789	123	0,97	0,005	0,98
25	240	55000	132000	42689	124	0,98	0,005	0,98

$$M_{\text{расч}} = M_{TB} + M_W$$

$$M_{BB} = 10 \cdot \frac{\Delta L}{m} + M_W$$

$$M_{\text{пв}} = 10 \cdot \frac{\Delta L}{m} - M_W$$

$$W_{\text{min}} = C_w B L^2 (C_b + 0,7) \eta,$$

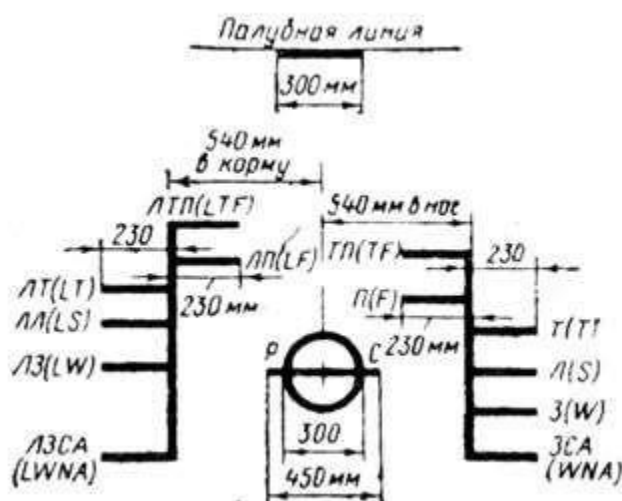
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 10

«Расчёт грузового плана судна»

1. Грузовые характеристики.

1. Грузовая марка.

Грузовая марка — знак предельной осадки, наносимый на обоих бортах морского судна в середине его длины. Грузовую марку изображают в виде круга, пересечённого по центру горизонтальной линией, которая показывает наибольшую допустимую осадку судна в морской воде (в летнее время в зоне умеренного климата), и ряда горизонтальных линий, показывающих предельное погружение его в море или реке в зависимости от времени года и района плавания.



Применяются следующие грузовые марки:

- летняя грузовая марка – Л (S);
- зимняя грузовая марка – З (W);
- зимняя грузовая марка для Северной Атлантики – ЗСА (WNA);
- тропическая грузовая марка – Т (T);
- грузовая марка для пресной воды – П (F); тропическая марка для пресной воды – ТП (TF).

Грузовая марка, соответствующая сезону, не должна быть погружена в воду на протяжении всего периода от момента выхода из порта до прихода в следующий порт. Судам, на борта которых нанесены грузовые марки, выдается Международное свидетельство о грузовой марке на срок не более чем на 5 лет.

На каждом судне хранится свидетельство на надводный борт, и если осадка больше, чем это допускается грузовой маркой, то его капитан не имеет права выйти в море. В случае перегрузки портовые власти, ответственные за выход судна в рейс, вправе потребовать удаления лишнего груза и даже задержать судно в порту.

Настоящая конвенция применяется ко всем судам, кроме:

- 1) военных кораблей,
- 2) новых судов длиной менее 24 метров (79 футов),
- 3) существующих судов валовой вместимостью менее 150 регистровых тонн,
- 4) прогулочных яхт, не занимающихся коммерческими перевозками, 5) рыболовных судов.

К объемным технико-эксплуатационным характеристикам транспортных грузовых и пассажирских судов относятся: грузовместимость, удельная грузовместимость, валовая вместимость и чистая вместимость.

1.2. Объёмная характеристика судов.

Грузовместимость судна представляет собой объем всех его грузовых помещений и характеризует способность судна вместить определенное количество грузов по объему. Грузовместимость выражается в кубических метрах, а в некоторых странах – и в кубических футах. Различают грузовместимость судна насыпью и в кипах:

- киповая грузовместимость судна (м^3), или объем всех грузовых помещений между внутренними кромками выступающих конструкций (шпангоутов, бимсов, карлингсов и т. п.) и защищающих их деталей;

- грузовместимость судна насыпью (м^3) - суммарный объем всех имеющихся в грузовых помещениях свободных объемов.

Киповая грузовместимость судна всегда меньше грузовой вместимости насыпью. Эта разница находится в пределах до 4-5 % для больших судов и до 10% -малых.

Удельная грузовместимость судна ($\text{м}^3/\text{т}$), показывает грузовой вместимости судна, приходящуюся на 1 т его чистой грузоподъемности. $w = W/D_{\text{ч}}$.

При уменьшении чистой грузоподъемности величина удельной грузовой вместимости увеличивается, и наоборот.

Для исчисления взимаемых с судов сборов за пользование каналами, лоцманские услуги, постановку в доки и т. п., а также для статистического учета флота устанавливают так называемую валовую вместимость судна и чистую вместимость судна, которые измеряются в регистровых тоннах (1 рег. т. = 100 куб. фут или $2,83 \text{ м}^3$). Каждое морское транспортное судно получает так называемое мерительное свидетельство, в котором указывается его регистровая вместимость.

Валовая вместимость судна, или брутто-регистрационный тоннаж (БРТ) выражает объем помещений судна как сооружения в целом.

Чистая вместимость судна, или нетто-регистрационный тоннаж (НРТ) выражает условный объем помещений судна, которые служат для перевозки грузов или пассажиров, т.е. коммерчески эксплуатируемых.

Контейнеровместимость – измеряется в ДФЭ (TEU'S). ДФЭ - двадцатифутовый эквивалент (TEU'S - twenty feet equivalent unit's), т. е. указывается какое количество двадцатифутовых контейнеров может разместить судно в трюмах и на палубе.

Пассажировместимость – наибольшее количество пассажиров, допускаемых к перевозке на данном пас. судне согласно спецификации и свидетельству о безопасности судна. Зависит в значительной степени от напряженности пассажиропотока, района и дальности плавания.

1.3. Весовое водоизмещение судна

Весовое водоизмещение является главным весовым измерителем судна и складывается по статьям нагрузки из постоянного веса (вес корпуса, механизмов, электрооборудования, устройств и т. п.) и переменного веса (топливо, запасы, экипаж, перевозимые грузы, пассажиры и пр.). Вес этих грузов точно учитывается при проектировании судна в специальном документе, который носит название весовой нагрузки судна и в соответствии с которым производятся все расчеты, связанные с определением качеств судна.

Весовое водоизмещение – величина переменная. Изменяется от веса судна порожнем до загруженного судна по тропическую пресную ГМ.

В зависимости от количества принимаемого переменного груза весовое водоизмещение может широко изменяться, вследствие чего возникает необходимость в установлении видов водоизмещения судна при различных состояниях его нагрузки.

Объемное водоизмещение судна является основной характеристикой надводного судна и определяется объемом подводной части его корпуса. Оно прямо связано с весовым водоизмещением судна, так как по закону Архимеда всякое плавающее тело вытесняет объем воды, вес которой равен весу самого тела.

Объемное водоизмещение зависит от удельного веса воды (плотности воды). В пресной воде, удельный вес которой равен единице, весовое водоизмещение, выраженное в метрических тоннах, численно равно объемному водоизмещению в кубических метрах.

2. Расчёт грузового плана.

Таблица 1 - Исходные данные:

№ вар.	Обязательные грузы, т			Факультативные грузы				
	Оборудован ие Р1, т	Груз , Р2, т	Груз , Р3, т	Медь, μт, м³/т	Канифоль, μл, м³/т	μ1, м³/т	μ2, м³/т	μ3, м³/т
1	1700	1000	1800	0,3	2,4	1,73	2,45	2,3
2	1760	1010	1810					
3	1680	1008	1820					
4	1780	1007	1830					
5	1690	1060	1840					
6	1785	1009	1850					
7	1820	1015	1860					
8	1770	1040	1870					
9	1830	1030	1880					
10	1810	1060	1805					
11	1740	1058	1815					
12	1720	1075	1825					
13	1725	1005	1835					
14	1695	1009	1845					
15	1784	1025	1855					
16	1714	1073	1865					
17	1740	1064	1875					

18	1813	1069	1885						
19	1722	1084	1846						
20	1726	1037	1876						
21	1804	1069	1845						
22	1796	1047	1834						
23	1784	1068	1879						
24	1769	1074	1842						
25	1710	1034	1843						
26	1700	1000	1800						
27	1760	1010	1810						
28	1680	1008	1820						
29	1780	1007	1830						
30	1690	1060	1840						

Таблица 2 - Эксплуатационно – технические характеристики судна

№ варианта	L, м	B, м	H, м	Δ ₀ , т	Δ, т	Dw, т	Wk, м³	d, м	Df, м	qv, т/сут	qt, т/сут	R, миль	V, уз
1	138	20,6	12	5380	19200	13500	17900	9,6	-0,25	3,5	40	2500	13
2	142	22,4	13,6	5460	19800	13750	18300	10,2	-0,27	3,7	42	2600	14
3	127	18,6	10,8	5010	17700	11500	15400	7,6	-0,38	2,7	35	2200	14
4	138	20,6	12	5380	19200	13500	17900	9,6	-0,25	3,5	40	2500	13
5	147	23,4	13,2	5460	19740	14400	18450	8,3	-0,21	4,1	45	2800	13
6	138	20,6	12	5380	19200	13500	17900	9,6	-0,25	3,5	40	2500	13
7	142	22,4	13,6	5460	19800	13750	18300	10,2	-0,27	3,7	42	2600	14
8	127	18,6	10,8	5010	17700	11500	15400	7,6	-0,38	2,7	35	2200	14
9	138	20,6	12	5380	19200	13500	17900	9,6	-0,25	3,5	40	2500	13
10	147	23,4	13,2	5460	19740	14400	18450	8,3	-0,21	4,1	45	2800	13
11	138	20,6	12	5380	19200	13500	17900	9,6	-0,25	3,5	40	2500	13
12	142	22,4	13,6	5460	19800	13750	18300	10,2	-0,27	3,7	42	2600	14
13	127	18,6	10,8	5010	17700	11500	15400	7,6	-0,38	2,7	35	2200	14
14	138	20,6	12	5380	19200	13500	17900	9,6	-0,25	3,5	40	2500	13
15	147	23,4	13,2	5460	19740	14400	18450	8,3	-0,21	4,1	45	2800	13
16	138	20,6	12	5380	19200	13500	17900	9,6	-0,25	3,5	40	2500	13
17	142	22,4	13,6	5460	19800	13750	18300	10,2	-0,27	3,7	42	2600	14
18	127	18,6	10,8	5010	17700	11500	15400	7,6	-0,38	2,7	35	2200	14
19	138	20,6	12	5380	19200	13500	17900	9,6	-0,25	3,5	40	2500	13
20	147	23,4	13,2	5460	19740	14400	18450	8,3	-0,21	4,1	45	2800	13
21	138	20,6	12	5380	19200	13500	17900	9,6	-0,25	3,5	40	2500	13
22	142	22,4	13,6	5460	19800	13750	18300	10,2	-0,27	3,7	42	2600	14
23	127	18,6	10,8	5010	17700	11500	15400	7,6	-0,38	2,7	35	2200	14
24	138	20,6	12	5380	19200	13500	17900	9,6	-0,25	3,5	40	2500	13

25	147	23,4	13,2	5460	19740	14400	18450	8,3	-0,21	4,1	45	2800	13
26	138	20,6	12	5380	19200	13500	17900	9,6	-0,25	3,5	40	2500	13
27	142	22,4	13,6	5460	19800	13750	18300	10,2	-0,27	3,7	42	2600	14
28	127	18,6	10,8	5010	17700	11500	15400	7,6	-0,38	2,7	35	2200	14
29	138	20,6	12	5380	19200	13500	17900	9,6	-0,25	3,5	40	2500	13
30	147	23,4	13,2	5460	19740	14400	18450	8,3	-0,21	4,1	45	2800	13

3. Расчет грузоподъемности и грузовместимости судна на рейс.

1) определить количество запасов топлива и воды на предстоящий рейс

$$\square P_{\text{зап}} = P_{\text{топ}} + P_{\text{в}} = 1,2q_{\text{т}} R/24\cdot V + 1,1q_{\text{в}}R/24\cdot V = (1,2q_{\text{т}} + 1,1q_{\text{в}})\cdot R / 24\cdot V; \text{ т}$$

2) определить количество обязательных грузов

$$\square P_{\text{и}} = P_1 + P_2 + P_3; \text{ т}$$

3) определить объем, занимаемый обязательными грузами на судне:

$$\textbf{W}_{\text{об.}} = P_1 \square_1 + P_2 \square_2 \square P_3 \square_3, \text{ м}^3$$

4) определить объем, который займут факультативные грузы на судне:

$$\textbf{W}_{\text{фак.}} = \textbf{W}_{\text{к}} - \textbf{W}_{\text{об.}}; \text{ м}^3$$

5) определить общее количество факультативных грузов:

$$\square P_{\text{фак.}} \square D_{\text{w}} \square \square P_{\text{зап.}}; \text{ т}$$

6) определить количество тяжелого груза:

$$P_{\text{т}} \square \square \overline{P_{\text{фак}} \square_{\text{л}} \square W_{\text{фак.}}} \\ \square_{\text{л}} \square \square m$$

7) определить объем, занимаемый тяжелым грузом:

$$W_{\text{т}} \square P_{\text{т}} \square m; \text{ м}^3$$

8) определить массу легкого груза:

$$P_{\text{л}} \square \square P_{\text{фак.}} \square P_{\text{т}}; \text{ т}$$

9) определить объем, занимаемый легким грузом:

$$W_{\text{л}} \square P_{\text{л}} \cdot \square_{\text{л}}; \text{ м}^3$$

$$\text{Проверка: } 1) \text{ } W_{\text{к}} \square W_{\text{об.}} \square W_{\text{т.}} \square W_{\text{л.}}; \text{ м}^3$$

$$2) D_w \square P_1 \square P_2 \square P_3 \square P_m \square P_{\text{л}} \square \square P_{\text{зан.}}; m$$

$$3) D_{\text{ч}} \square D_w \square \square P_{\text{зан.}} \square P_1 \square P_2 \square P_3 \square P_m \square P_{\text{л}}; m$$

Вывод: в ходе практической работы мы научились рассчитывать грузовые вместимости судна.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 11

«Системы судовой сигнализации»

1. Судовая сигнализация. Виды сигнализации на судне.

Судовая сигнализация подразделяется на пожарную, авральную и обиходную. На теплоходах применяется автоматическая пожарная сигнализация, предназначенная для подачи сигнала тревоги в ходовую рубку в случае возникновения пожара или недопустимого превышения температуры воздуха в помещениях судна. Необходимость пожарной сигнализации на грузовых и буксирных судах объясняется отсутствием постоянной вахты в машинном отделении. Сигнал тревоги «Пожар» включается с помощью пожарных извещателей, которые могут быть ручного действия (кнопочные выключатели) и автоматические (тепловые, дымовые и комбинированные).

Тепловые пожарные извещатели срабатывают при повышении температуры воздуха в районе их расположения до 70 °С. Принцип действия максималнодифференциального пожарного извещателя (рис. 1) основан на свойстве термобиметалла деформироваться при изменении температуры. Чувствительный механизм извещателя находится в пластмассовом корпусе 2. Два биметаллических чувствительных элемента 3 и 4 неподвижными концами прикреплены к стойкам, а подвижными — к осям контактных шайб. Элемент 3 расположен в закрытой камере 7, а элемент 4 — в открытой камере 6. При медленном нарастании температуры оба элемента, одинаково нагреваясь, поворачивают контактные шайбы 9 и 10 с одинаковой угловой скоростью. Поэтому электрические контакты остаются замкнутыми. При достижении заданной температуры движение контактной шайбы 9 закрытого элемента ограничивается упором 1, вследствие чего контакты размыкаются, и происходит срабатывание извещателя при максимально допустимой температуре.

При резком скачкообразном повышении температуры окружающей среды открытый элемент 4 быстрее воспринимает ее, а следовательно, угловая скорость контактной шайбы 10 выше, чем шайбы 9. Происходит выключение контакта, т. е.

извещатель срабатывает как дифференциальный. Чувствительный элемент 4 защищен от механических повреждений перфорированным пластмассовым чехлом 5. Два сальниковых ввода 8 служат для подключения проводов. Сигнал тревоги поступает в ходовую рубку на

щите пожарной сигнализации, в котором смонтированы электромагнитное реле, конденсатор, лампа, сигнализирующая о пожаре, и два выключателя. Рядом с щитом установлен звонок.

Питание схемы пожарной сигнализации обеспечивается от стартерной аккумуляторной батареи дизель-генераторов напряжением 24В через групповой щит.

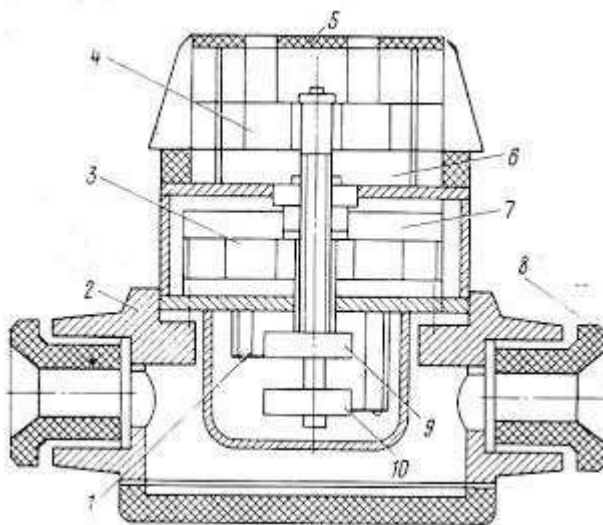


Рис. 1. Максимально – дифференциальный пожарный извещатель

При подаче напряжения на выводы соединительного щита схема автоматической пожарной сигнализации готова к действию.

На щите пожарной сигнализации (ЩПС) выключатели S1, S2 должны быть постоянно включены (рис. 2). Так как контакты пожарных извещателей при нормальной температуре замкнуты, ток проходит через катушку реле K1, однополюсный выключатель S1 и контакты всех извещателей, соединенных последовательно. Реле K1 срабатывает и размыкает свои контакты в цепях сигнальной лампы H1 и звонка H2.

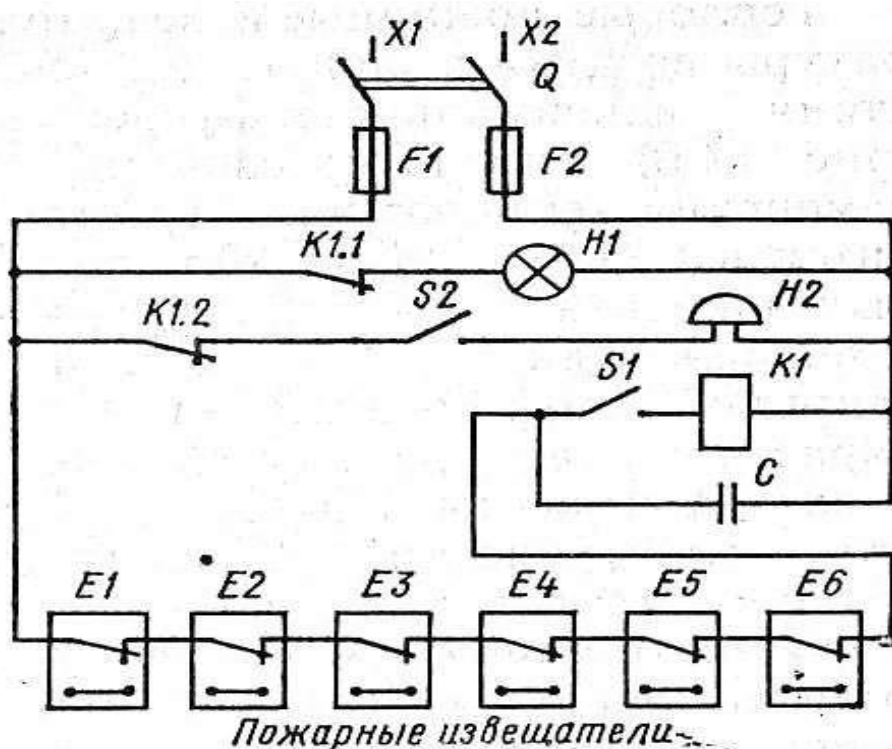


Рис. 2. Схема пожарной сигнализации

Схема находится под напряжением и постоянно готова к действию. При повышении температуры воздуха в машинном отделении до 70°C один или несколько извещателей, находящихся наиболее близко от очага повышенной температуры, срабатывают. Размыкается цепь питания катушки реле К1 на ЩПС. Реле обесточивается и замыкает свои контакты в цепях питания сигнальной лампы и звонка. Лампа включается, а звонок звонит. Подача сигнала «Пожар» продолжается до тех пор, пока температура воздуха в машинном отделении не станет ниже 70°C и извещатель снова не замкнет свои контакты в цепи катушки реле К1.

Для снятия звукового сигнала на ЩПС установлен выключатель S2.

Наличие в схеме питания и исправность реле, звонка и лампы проверяют размыканием выключателя S1 цепи катушки реле. При выключении катушки реле К1 его контакты замыкаются и подается сигнал «Пожар», как и в случае автоматического срабатывания пожарных извещателей.

Конденсатор С предназначен для защиты от ложных срабатываний извещателя в условиях повышенной вибрации корпуса судна. При размыкании контактов извещателей реле кратковременно остается включенным из-за тока разряда конденсатора. Конденсаторы подобного назначения обычно встроены в извещатели.

Аваральная сигнализация служит для подачи сигналов при проведении авральных работ и аварийной ситуации. На пассажирских судах она разбивается на две группы — для экипажа и пассажиров. Авральную сигнализацию включают из рубки. Колокола авральной сигнализации размещают в машинном отделении, коридорах, на наружных стенках надстроек. В шумных помещениях дополнительно устанавливают сигнальную лампу. Авральная сигнализация питается от аварийной аккумуляторной или отдельной батареи. Емкость батареи должна соответствовать работе сигнализации в течение 15 мин.

Обиходная сигнализация предназначена для вызова дежурного или обслуживающего персонала при помощи электрических звонков с номераторами, определяющими, откуда произведен вызов. Для этого в помещениях устанавливают кнопки вызова, а в дежурном помещении — номератор с электрическим звонком. Система обиходной сигнализации получает питание от судовой сети или от аккумуляторной батареи.

Основными приборами судовой электрической сигнализации являются электрические звонки, трещетки, ревуны, сигнальные лампы и номераторы.

Электрические звонки бывают двух типов: работающие на «обрыв» цепи (типа ЗВОФ) и на короткое замыкание (типа ЗВКФ). На рис. 3 представлены схемы включения звонков обоих типов. При работе на обрыв (рис. 3, а) контакт прерывателя 5 разрывает цепь электромагнита L звонка при притягивании якоря и опять замыкает его на возврате якоря в исходное положение. Для улучшения коммутации параллельно прерывателю включен конденсатор С. В звонке, работающем на короткое замыкание (рис. 3, б), при притягивании якоря катушки электромагнита шунтируются контактом прерывателя. Цепь питания при этом замыкается накоротко. Вследствие этого звонки на короткое замыкание можно включать только последовательно с каким-либо резистором или сигнальной лампой.

Ревуны и трещетки устроены так же, как и звонки. Ревущий звук получается в результате частых ударов бойка о мембрану. Для усиления звука применяется рупор.

У трещетки частота ударов бойка о мембрану меньше, чем у ревуна. Это достигается насадкой медных гильз на сердечник электромагнитов.

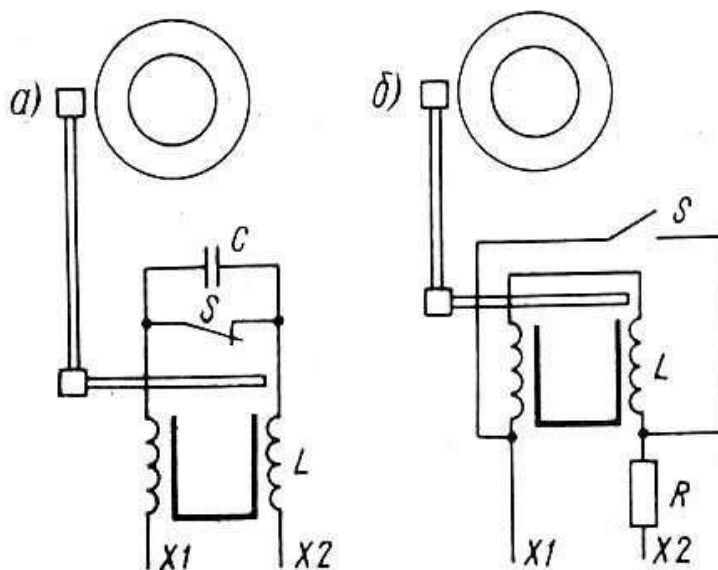


Рис. 3. Схемы электрических звонков

Номератор — прибор в виде ящика с рядом окошек на передней стенке. Число окошек соответствует числу кнопок вызова. Внутри прибора против каждого окошка устанавливается специальное электромагнитное реле-бленкер (рис. 4).

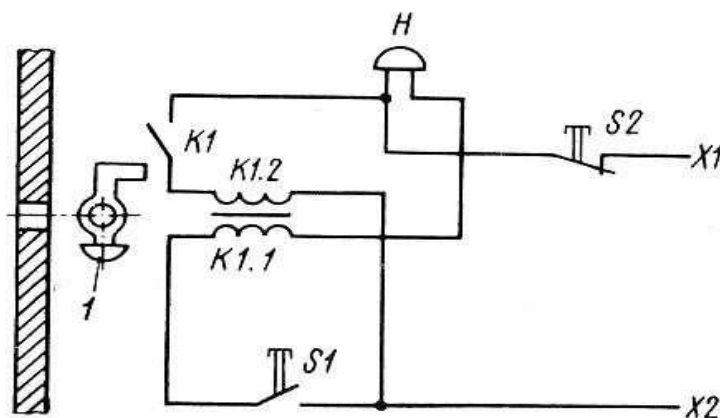


Рис. 4. Схема бленкера

При нажатии кнопки вызова $S1$ по рабочей обмотке реле $K1.1$ пойдет ток, якорь притянется и замкнет контакт $K1$ удерживающей обмотки $K1.2$. Последняя получит питание, и при отпуске кнопки якорь останется притянутым к сердечнику. Звонки H звонят до тех пор, пока не будет отпущена кнопка $S1$. К якорю прикреплена алюминиевая полусфера 1, которая при его притяжении закроет окошко. По номеру на полусфере определяют, откуда поступил вызов. Сигнал в окошке будет сохраняться до тех пор, пока дежурный не нажмет кнопку $B2$. При этом разрывается цепь питания удерживающей обмотки $K1.2$, и под действием пружины якорь возвращается в исходное положение, окошко освобождается.

2. Расчёт системы осушения.

Внутренний диаметр осушительной магистрали и приемных отростков D_o непосредственно присоединяемых к насосу, должен определяться по формуле:

$$D_o = 1,5 \cdot \sqrt{L \cdot (B + H)} + 25, \text{ мм} \quad (16.1)$$

где L, B, H – длина, ширина и высота борта судна, м.

Внутренний диаметр приемных отростков d_o присоединяемых к магистрали, а также диаметр приемного трубопровода ручного насоса должны определяться по формуле:

$$d_o = 2,0 \cdot \sqrt{l \cdot (b + H)} + 25, \text{ мм} \quad (16.2)$$

где l – длина осушаемого отсека, измеряемая по его днищу, м; b – ширина осушаемого отсека, м.

Во всех случаях внутренний диаметр осушительных трубопроводов должен быть не менее 40 мм, на судах длиной менее 10 м допускается уменьшение этого диаметра до 20 мм.

Внутренний диаметр труб, присоединяемых непосредственно к осушительному насосу, должен быть равен внутреннему диаметру приемного патрубка насоса.

После округления диаметра осушительной магистрали до ближайшего стандартного размера, находят производительность осушительного насоса

$$Q_{н.о.} = 0,0036 \cdot \frac{\pi \cdot d_o \cdot d_o}{4} \cdot v = 0,0056 \cdot d_o \cdot d_o, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (16.3)$$

где v – скорость воды в приемной магистрали, м/с.

По найденной производительности подбирают насос, приняв напор $H = 15 \dots 25$ м.

Для предотвращения загрязнения внутренних вод нефтепродуктами, выброс подсланевых вод из машинных, котельных, насосных и дизельгенераторных отделений за борт категорически запрещается и для их сбора на самоходном судне должны быть предусмотрены соответствующие цистерны. Объем этих цистерн зависит от мощности главного двигателя:

$N_e < 290 \text{ кВт} - V_{ц} = 5 \text{ м}^3$;

$N_e = 290 \dots 735 \text{ кВт} - V_{ц} = 8 \text{ м}^3$; $N_e =$

$735 \dots 1470 \text{ кВт} - V_{ц} = 12 \text{ м}^3$; $N_e > 1470 \text{ кВт} -$

$V_{ц} = 15 \text{ м}^3$.

3. Произвести расчёт системы осушения.

№ вар	L, м	B,	H, м	l, м	b, м	v, м/с	Ne, кВт
1	150	21м	11.2	3,5	2,5	1	190
2	195	27	14.2	3,7	2,2	1,1	279
3	213	32	15.2	4	3,1	1,2	280
4	174	23.4	12.5	4,2	3,3	1,3	331
5	215	31	15.5	4,5	4	1,4	360
6	165	23	12,4	4,8	4,3	1,5	440
7	182	24.3	13.8	5,4	4,1	1,6	441
8	215	31	16	5,9	5,7	1,7	588
9	186	27.6	15.6	6,7	6,4	1,8	551
10	180	28	16	6,9	6,7	1,9	662
11	172	22.8	13.6	7,4	6,8	2	662
12	181	20.5	14.4	7,8	7	2,1	294
13	190	29.5	16.8	8,6	6,5	2,2	412
14	178	23.4	14.6	9	6,4	2,3	551
15	140	20	12	9,3	8,6	2,4	588
16	148	21	12.6	9,6	7,4	2,5	749
17	143	20.5	11.8	9,8	8,3	2,6	749
18	142	23	14.4	10,4	7	2,7	882
19	91	14	8	10,7	8,6	2,8	1029
20	145	22	12.3	11	9,8	2,9	537
21	141	22.8	14.2	11,6	10,7	3	588
22	178	24.9	19.4	11,9	6,9	3,1	662
23	195	26.4	20.1	12	10,7	3,2	735
24	168	21.2	16.3	13,4	11,9	3,3	882
25	143	16.2	14.2	14,2	12,8	3,4	1000
26	150	21	11.2	3,5	2,5	1	190
27	195	27	14.2	3,7	2,2	1,1	279
28	213	32	15.2	4	3,1	1,2	280
29	174	23.4	12.5	4,2	3,3	1,3	331
30	215	31	15.5	4,5	4	1,4	360

$$D_o = 1,5 \cdot \sqrt{L \cdot (B + H)} + 25, \text{ мм (1)}$$

$$d_o = 2,0 \cdot \sqrt{l \cdot (b + H)} + 25, \text{ мм (2)}$$

$$Q_{н.о.} = 0,0036 \cdot \frac{\pi \cdot d_o \cdot d_o}{4} \cdot v = 0,0056 \cdot d_o \cdot d_o, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (3)$$

Объем этих цистерн зависит от мощности главного двигателя:

$$Ne < 290 \text{ кВт} - V_{ц} = 5 \text{ м}^3;$$

$$Ne = 290 \dots 735 \text{ кВт} - V_{ц} = 8 \text{ м}^3; Ne =$$

$$735 \dots 1470 \text{ кВт} - V_{ц} = 12 \text{ м}^3; Ne > 1470 \text{ кВт} -$$

$$V_{ц} = 15 \text{ м}^3.$$

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 12

«Ходкость судна»

Ходкость судна.

Буксировочное сопротивление R плавающего судна представляют как сумму сопротивлений трения R_t , сопротивления выступающих частей $R_{в.ч.}$, воздушного сопротивления $R_{возд.}$.

$$R = R_t + R_{\phi} + R_v + R_{в.ч.} + R_{возд.}$$

Способность судна развивать определённую скорость хода при данной мощности главных двигателей и соответствующем движителе называется **ходкостью**.

Буксировочная мощность при скорости подсчитывается по формуле:

$$N_b = \frac{R \cdot v}{75}, \text{ л.с.}$$

где R выражено в кг, v – в м/с. Буксировочную мощность часто обозначают не N_b , а EPS .

$$\text{Для буксиров: } N_e = \frac{(R+Z)v}{75}, \text{ л.с.}$$

Где Z – сопротивление буксируемого судна (воза).

Мощность, подведённая к ступице гребного винта,

$$N_p = \frac{N_d}{\eta_d}$$

Мощность на валу двигателя (эффективная мощность)

$$N_e = \frac{N_p}{\eta_v \cdot \eta_{п}} = \frac{N_b}{\eta_d \cdot \eta_v \cdot \eta_{п}} = \frac{N_b}{\eta}$$

Индикаторная мощность

$$N_i = \frac{N_e}{\eta_m} = \frac{N_b}{\eta_d \cdot \eta_v \cdot \eta_{п} \cdot \eta_m} = \frac{N_b}{\eta \cdot \eta_m}$$

В приведенных формулах обозначено: η_d , η_v , $\eta_{п}$ – к.п.д. соответственно

движителя, валопровода, передачи η – пропульсивный коэффициент судна, η_m

– механический к.п.д. (двигателя).

Примерные значения к.п.д.:

Паровой машины $\eta_m = 0,9 - 0,93$;

ДВС $\eta_m = 0,74 - 0,86$;

Электропередачи (с учетом потерь валопровода) постоянного тока $\eta_m = 0,85 - 0,9$;

Переменного - $\eta_m = 0,88 - 0,94$, зубчатого редуктора $\eta_p = 0,97 - 0,98$;

Гидромуфты $\eta_p = 0,95 - 0,97$; электромагнитно муфты $\eta_p = 0,06 - 0,98$;

При кормовом расположении МО $\eta_v = 0,96 - 0,98$;

При среднем расположении МО $\eta_v = 0,95 - 0,98$; $\eta_d = 0,45 - 0,75$. Ориентировочно,

$$\eta \approx 0,9 - 0,08 \sqrt{n} \sqrt[4]{\frac{Ne}{Vs}}$$

где n_m – число оборотов гребного винта, мин,

V_s – скорость хода, узлы.

2. Индивидуальное задание.

Задача 1

На ходовых испытаниях судно углерудовоз, с расположением машинного отделения в корме, развил скорость 15,36 уз при эффективной мощности ДВС 5400 л.с. и 115 об/мин. Найти значения буксировочной мощности и буксировочного сопротивления судна.

Задача 2

Определить скорость судна в узлах, если его длина 120 м, а число Фруда равно 0,2.

Задача 3

Рассчитать воздушное сопротивление морского лесовоза при скорости хода 15 узлов. Скорость встречного ветра $V_v = 4$ м/с. Площадь проекции леса надводной части судна с надстройками и др. сооружениями на плоскость мидельшпангоута 192 м^2 , коэффициент сопротивления воздуха равен 1,2, плотность воздуха равно $0,125 \text{ кг}\cdot\text{с}^2/\text{м}^4$.

Задача 4

Известно, что остаточное сопротивление воды равно 6700 кг, вязкостное сопротивление 17000 кг и сопротивление трения 154000 кг. Определить величину волнового сопротивления.

Задача 5

Судно длиной 100 м увеличило скорость хода с 14 до 21 узл. Определить во сколько раз изменилось число Фруда. $Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot l}}$

Задача 6

Определить подъёмную силу R_y , лобовое сопротивление R_x и абсциссу центра давления x_p для руля с площадью пера 4 м^2 при угле атаки $\alpha = 5; 10; 15; 20; 25^\circ$ и скорости движения в пресной воде $V = 7$ м/сек. Использовать рисунок 1.

Задача 7 Определить нормальную R_n и

тангенциальную R_t составляющие силы R для руля с площадью пера 5 м^2 при угле атаки $\alpha = 5; 10; 15; 20; 25^\circ$ и скорости движения в пресной воде $V = 8$ м/сек. Использовать рис. 1.

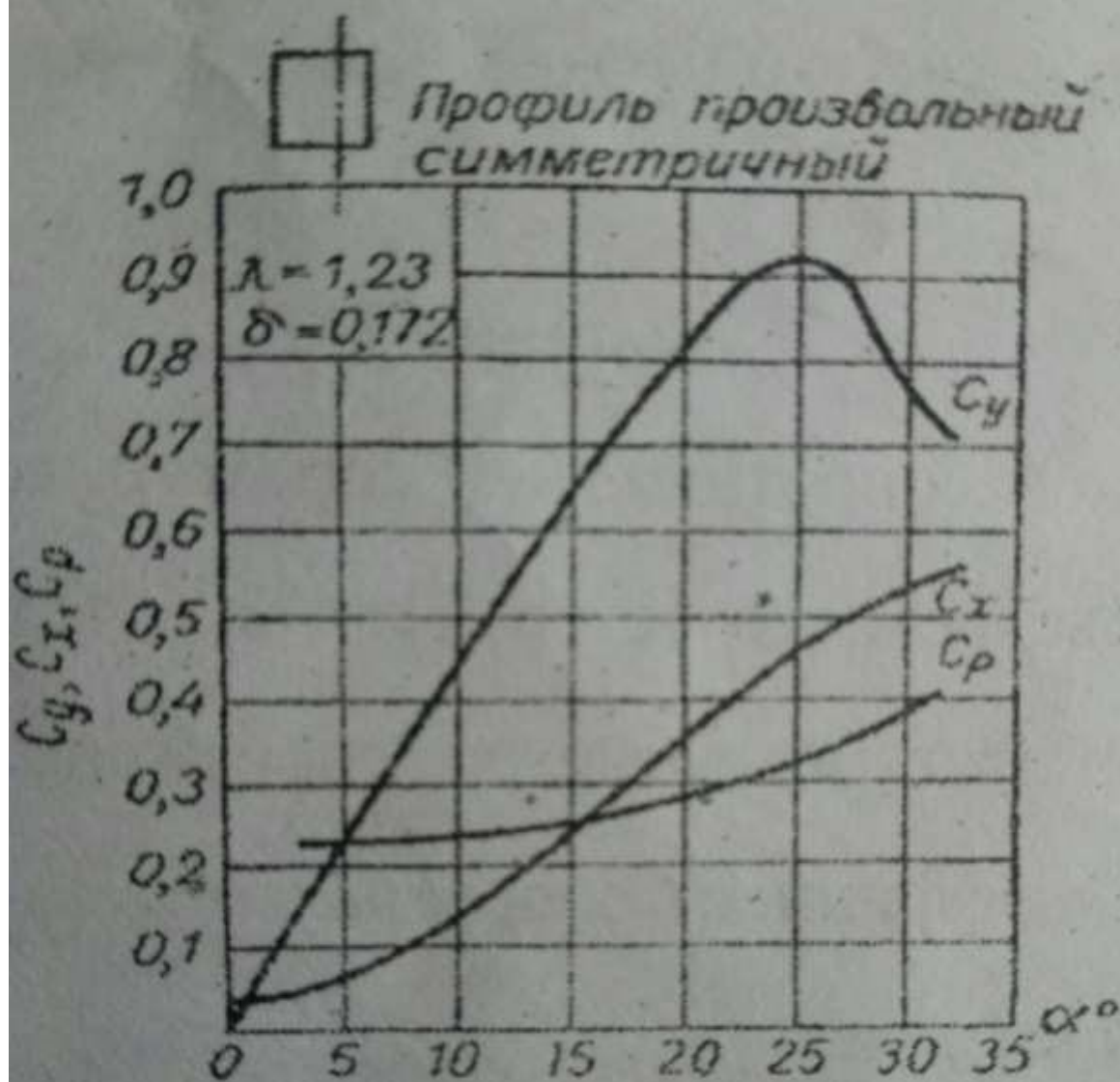


Рисунок 1- Кривые продувки крыла