



Категория «Бакалавриат»

Задача №1. Сопротивление материалов и строительная механика корабля

На рисунке 1 представлен упрощенный эскиз поперечного сечения судна-лесовоза, длиной 113,0 м, шириной 16,5 м, высотой борта 8,5 м и осадкой 5,0 м. Согласно «Расчету перерезывающих сил и изгибающих моментов» максимальное значение изгибающего момента наблюдается в случае нагрузки «В полном грузу с лесом» на вершине волны и равно 36510 тм.

В процессе эксплуатации судна, вследствие коррозионного износа, толщина днищевой обшивки и горизонтального киля уменьшилась равномерно на 4 мм. Лист верхней палубы 3000x18, в ходе выполнения ремонтных работ, заменен на лист 3000x30. На сколько процентов изменились максимальные нормальные напряжения от общего изгиба в листах верхней палубы и в горизонтальном киле?

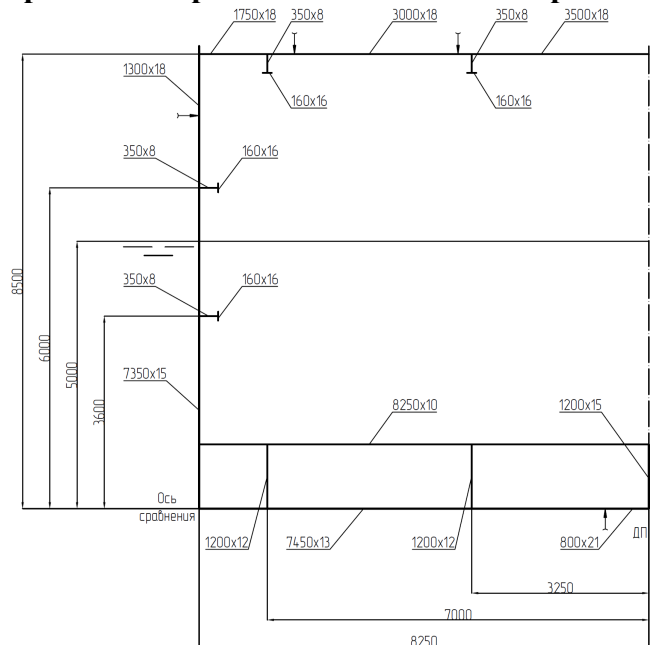


Рисунок 1. Упрощенный эскиз поперечного сечения лесовоза

Расчет выполнять без учета редуцирования. Ускорение свободного падения принять равным 10 Н/кг.

При выполнении расчетов полагать, что все размеры, представленные на рисунке 1, указаны до теоретических линий. Правило толщин показано на рисунке 2

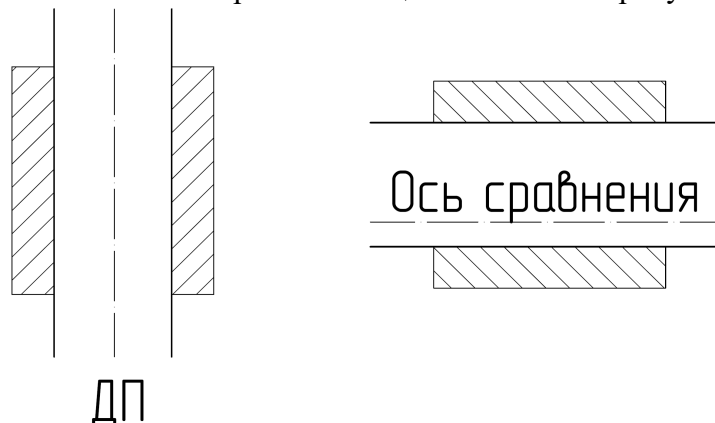
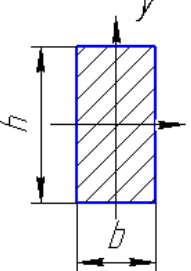
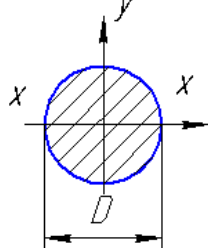
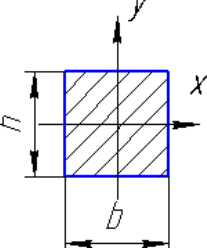
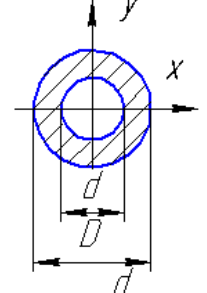
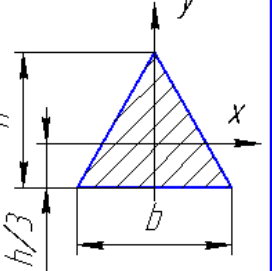


Рисунок 2. Правило толщин

Справочные данные для решения задачи:

Приложение №1. Таблица моментов инерции стандартных сечений

Вид сечения	Прямоугольник	Круг	Квадрат	Кольцо	Равнобедренный треугольник
			 $b = h$	 $c = \frac{D-d}{2}$	 $h = \frac{\sqrt{3}}{2}b$
$J_x$	$\frac{bh^3}{12}$	$J_x = J_y = \frac{\pi D^4}{64}$	$J_x = J_y = \frac{b^4}{12}$	$J_x = J_y = \frac{\pi D^4}{64} (1 - c^4)$	$\frac{bh^3}{36}$
$J_y$	$\frac{hb^3}{12}$				$\frac{hb^3}{48}$

**Решение задачи №1. Сопротивление материалов и строительная механика корабля**

1. Определение нормальных напряжений от общего изгиба выполняется через расчет эквивалентного бруса. Для этого, в первую очередь, нумеруются все размеры связей, учитываемые в расчете (см. рисунок П1.1.)

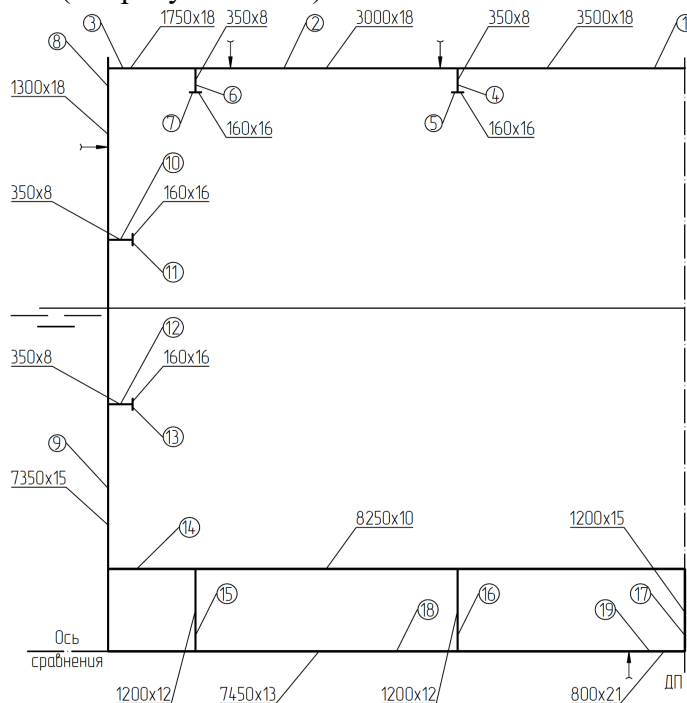


Рисунок П1.1. Нумерация связей для расчета эквивалентного бруса

2. Выполняется расчет эквивалентного бруса. Желательно, в табличной форме. Расчет представлен в таблице П1.1. При определении собственного момента инерции горизонтальные связи и небольшие вертикальные связи в расчет допускается не учитывать, поскольку их вклад в расчет незначительный.

При выполнении расчетов используются следующие формулы:



$$e_0 = \frac{\sum S}{\sum F}, \quad (\text{П1.1})$$

где  $e_0$  – положение нейтральной оси сечения, см;  $\sum S$  – суммарный статический момент, см<sup>3</sup>;  $\sum F$  – суммарная площадь сечения, см<sup>2</sup>.

$$I_0 = 2 \left( \sum (Fz^2; i) - \sum F \cdot e_0^2 \right), \quad (\text{П1.2.})$$

где  $I_0$  – осевой момент инерции сечения, см<sup>4</sup>;  $\sum (Fz^2; i)$  – сумма переносных моментов и собственных моментов инерции сечения, см<sup>4</sup>.

$$W = \frac{I_0}{y_{max}}, \quad (\text{П1.3.})$$

где  $W$  – момент сопротивления, см<sup>3</sup>;  $y_{max}$  – расстояние от нейтральной оси до рассматриваемой связи, см.

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^3}{W}, \quad (\text{П1.4.})$$

где  $\sigma$  нормальные напряжения от общего изгиба, МПа;  $M$  – изгибающий момент, кНм.

Расчет вспомогательных величин представлен в таблице 1.2 в столбце «Расчет №1».

3. После выполнения расчета эквивалентного бруса, выполняется его пересчет с учетом следующего:

- 3.1. толщина связи №2 изменяется с «18» на «30» мм;
- 3.2. толщина связи №18 изменяется с «13» на «9» мм;
- 3.3. толщина связи №19 изменяется с «21» на «17» мм.

Расчет эквивалентного бруса с учетом вышеизложенных изменений представлен в таблице 1.3. При этом, относительно предыдущего расчета эквивалентного бруса меняются только значения, покрашенные желтым цветом.

Расчет вспомогательных величин представлен в таблице 1.2 в столбце «Расчет №1».

Таблица 1.2 Расчет вспомогательных величин

	Расчет №1	Расчет №2
Положение нейтральной оси, см	393,8	448,5
Момент инерции сечения, см <sup>4</sup>	2313214803	2329333115
Момент сопротивления палубы, см <sup>3</sup>	5051129	5779926
Момент сопротивления днища, см <sup>3</sup>	5857871	5183830
Изгибающий момент, кНм	365100	
Максимальные напряжения на уровне палубы, МПа	72,1	63,2
Максимальные напряжения на уровне днища, МПа	-62,3	-70,4

4. Определяются изменения напряжений в районе палубы и днища. Изменения нормальных напряжений от общего изгиба на уровне палубы составляют  $((63,2 - 72,1)/72,1) \cdot 100 = 12,3$  %. Изменения нормальных напряжений от общего изгиба на уровне днища составляют  $((70,4 - 62,3)/62,3) \cdot 100 = 13$  %.

2023/2024 учебный год   
 Всероссийская олимпиада студентов «Я – профессионал»

Таблица 1.1. Расчет эквивалентного бруса №1

№ п/п	Наименование связи	Высота, мм	Ширина, мм	Площадь связи, см <sup>2</sup>	Отстояние от оси сравнения, мм	Статический момент, см <sup>3</sup>	Переносный момент, см <sup>4</sup>	Собственный момент инерции, см <sup>4</sup>	Отстояние от нейтральной оси, мм	Напряжения от общего изгиба, МПа
1	Настил ВП 1	18	3500	630	8509	536067	456139410		4571	72,1
2	Настил ВП 2	18	3000	540	8509	459486	390976637		4571	72,1
3	Настил ВП 3	18	1750	315	8509	268034	228069705		4571	72,1
4	Стенка карлингса №1	350	8	28	8325	23310	19405575			
5	Полка карлингса №1	16	160	26	8142	20844	16970794			
6	Стенка карлингса №2	350	8	28	8325	23310	19405575			
7	Полка карлингса №2	16	160	26	8142	20844	16970794			
8	Ширстрек	1300	18	234	8000	187200	149760000	3295500		
9	Бортовая обшивка	7350	15	1103	3675	405169	148899516	496331719		
10	Стенка бортового стрингера №1	8	350	28	6004	16811	10093444			
11	Полка бортового стрингера №1	160	16	26	6004	15370	9228292			
12	Стенка бортового стрингера №2	8	350	28	3604	10091	3636868			
13	Полка бортового стрингера №2	160	16	26	3604	9226	3325137			
14	Настил II дна	10	8250	825	1205	99413	11979206			
15	Днищевой стрингер №1	1200	12	144	600	8640	518400	1728000		
16	Днищевой стрингер №2	1200	12	144	600	8640	518400	1728000		
17	Вертикальный киль	1200	7,5	90	600	5400	324000	1080000		
18	Днищевая обшивка	13	7450	969	-6,5	-630	409		-3945	-62,3
19	Горизонтальный киль	21	800	168	-10,5	-176	185		-3949	-62,3
	<b>СУММА</b>			<b>5375</b>		<b>2117048</b>	<b>1990385568</b>			

2023/2024 учебный год   
 Всероссийская олимпиада студентов «Я – профессионал»

Таблица 1.3. Расчет эквивалентного бруса №2

№ п/п	Наименование связи	Высота, мм	Ширина, мм	Площадь связи, см <sup>2</sup>	Отстояние от оси сравнения, мм	Статический момент, см <sup>3</sup>	Переносный момент, см <sup>4</sup>	Собственный момент инерции, см <sup>4</sup>	Отстояние от нейтральной оси, мм	Напряжения от общего изгиба, МПа
1	Настил ВП 1	18	3500	630	8509	536067	456139410		4024	63,1
2	Настил ВП 2	30	3000	900	8515	766350	652547025		4030	63,2
3	Настил ВП 3	18	1750	315	8509	268034	228069705		4024	63,1
4	Стенка карлингса №1	350	8	28	8325	23310	19405575			
5	Полка карлингса №1	16	160	26	8142	20844	16970794			
6	Стенка карлингса №2	350	8	28	8325	23310	19405575			
7	Полка карлингса №2	16	160	26	8142	20844	16970794			
8	Ширстрек	1300	18	234	8000	187200	149760000	3295500		
9	Бортовая обшивка	7350	15	1103	3675	405169	148899516	496331719		
11	Стенка бортового стрингера №1	8	350	28	6004	16811	10093444			
12	Полка бортового стрингера №1	160	16	26	6004	15370	9228292			
13	Стенка бортового стрингера №2	8	350	28	3604	10091	3636868			
14	Полка бортового стрингера №2	160	16	26	3604	9226	3325137			
15	Настил II дна	10	8250	825	1205	99413	11979206			
16	Днищевой стрингер №1	1200	12	144	600	8640	518400	1728000		
17	Днищевой стрингер №2	1200	12	144	600	8640	518400	1728000		
18	Вертикальный киль	1200	7,5	90	600	5400	324000	1080000		
19	Днищевая обшивка	9	7450	671	-4,5	-302	136		-4489	-70,4
20	Горизонтальный киль	17	800	136	-8,5	-116	98		-4493	-70,4
	<b>СУММА</b>			<b>5405</b>		<b>2424300</b>	<b>2251955595</b>			



## Критерии оценивания задачи №1

Суммарное количество баллов за задачу – 20 баллов. Максимальное количество баллов ставится за полностью решенную задачу. Ошибки, обусловленные округлением расчетных величин и значений в рассмотрение не берутся.

Подробная система оценивания:

1. Представлена схема расчетного сечения эквивалентного бруса с пронумерованными связями – 2 балла;
2. Выполнен расчет эквивалентного бруса №1 – 10 баллов;
3. Выполнен расчет эквивалентного бруса №2 – 6 баллов;
4. Определено изменение нормальных напряжений в районе днища – 1 балл;
5. Определено изменение нормальных напряжений в районе палубы – 1 балл.

В случае, если какой-то из вышеперечисленных этапов выполнен частично, оценивания осуществляется промежуточным количеством баллов, в соответствии с экспертной оценкой проверяющего.

## Задача №2. Технология судостроения

Необходимо написать технологию сборки плоской секции палубы рубки (рисунок 3), с учетом следующей информации:

- **Условия сборки:** сборочно-сварочный цех, стенд;
- **Детали настила:** поз.1-5, толщина - 5 мм;
- **Холостой набор:** уг.32х50х4 - поз.6 (11 шт), поз.7 (3 шт), поз.8 (1 шт), поз.9 (1 шт);
- **Рамный набор:** уг.63х100х7- поз.10 (1шт).

План палубы рубки 2 яруса.

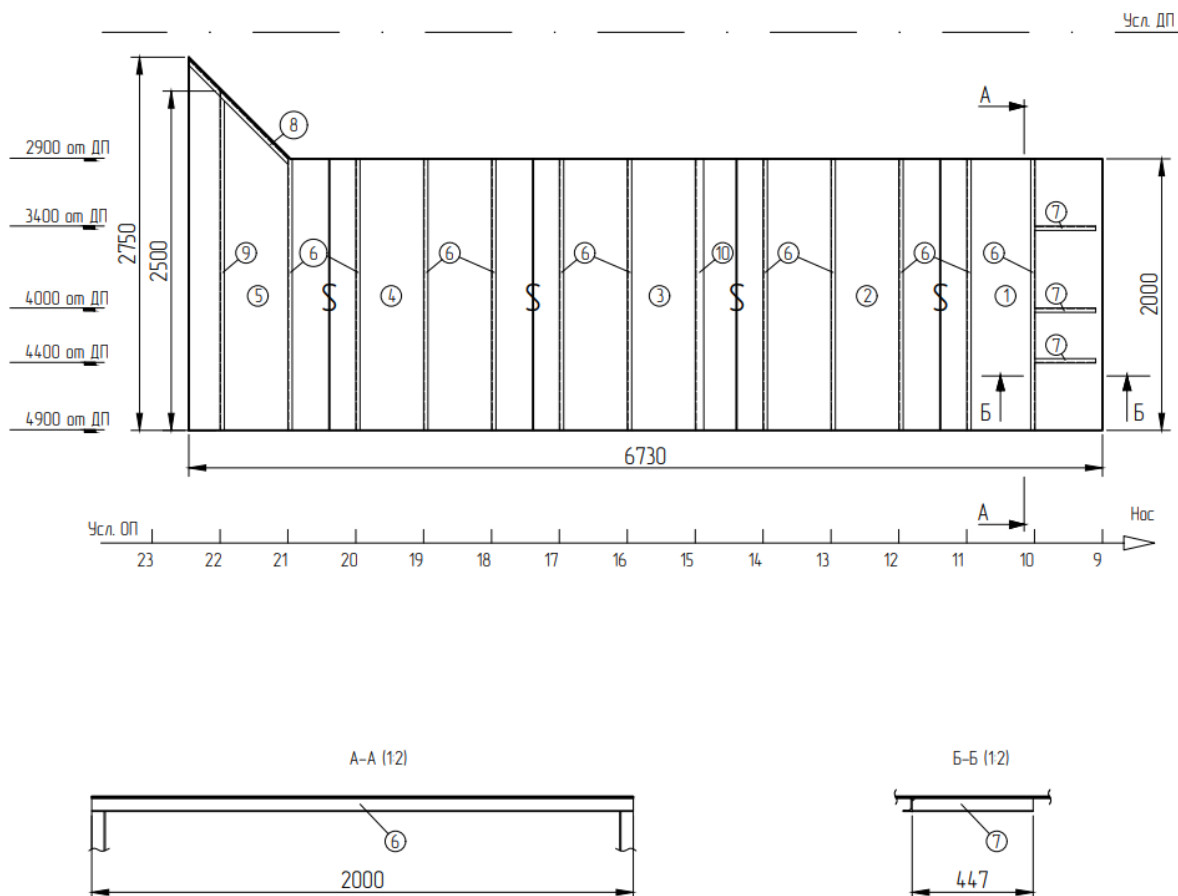


Рисунок 3. Плоская секция палубы рубки

Справочные данные для решения задачи: не предоставляются



**Всероссийская олимпиада студентов «Я – профессионал»  
Решение задачи №2. Технология судостроения**

Решение задачи представлено в табличной форме в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Технология сборки плоской секции палубы рубки

1. Собрать полотнище палубы рубки 2 яруса из листов- поз.1-5. Уложить листы на стенд, совместить кромки листов стыковать и закрепить прихватками, обжать по плоскости, проверить контур полотнища. Сдать работу.
2. Сварить листы полотнища между собой- поз.1-5, S5.
3. Зачистить усиления св. шва от брызг и неровностей.
4. Разметить места установки набора- поз.6-10. Построить контрольные и базовые линии, наметить точки продольного и поперечного набора, пробить меловой ниткой, кернить. Сдать работу.
5. Установить р.ж. поз.6-10.
6. Приварить р.ж. к полотнищу палубы рубки- поз.6-10.
7. Зачистить усиления св. шва от брызг и неровностей.
8. Примыкание концов набора- поз.7(3 шт) к поз.6(1 шт). Совместить и подогнать примыкаемые кромки с помощью приспособлений, закрепить прихватками. Сдать работу.
9. Обварить торцы набора
10. Зачистить усиления св. шва от брызг и неровностей.
11. Осмотреть конструкцию, наметить участки, подлежащие правке. Выправить конструкцию, проверить по обводам, полуширотам и размерам с занесением данных в карту замеров.

**Критерии оценивания задачи №2**

Суммарное количество баллов за задачу – 15 баллов. Максимальное количество баллов ставится за полностью решенную задачу.

Подробная система оценивания:

1. прописаны пункты 1-7 – 10 баллов;
2. прописаны пункты 8,9,10 – 2 балла;
3. прописан пункт 11 - 3 балла.



## Задача №3. Остойчивость и непотопляемость

Рассматривается автомобильно-пассажирский паром длиной  $L = 30,0$  м, шириной  $B = 9,6$  м, высотой борта  $H = 3,4$  м. Судно сидит без крена на ровный киль. Судно получает днищевую пробоину, в результате чего сухие отсеки №1-3 по правому борту оказываются затопленными. В результате, судно получает крен на правый борт.

Чтобы спрямить судно, капитан принимает решение затопить сухой отсек № 8 по левому борту.

Необходимо:

1. определить угол крена и поперечную метацентрическую высоту после затопления отсеков №1-3;
2. доказать, что принятое капитаном решение не приводит к спрямлению судна;
3. определить потерю запаса плавучести относительно неповрежденного состояния, после затопления отсеков №1-3 и №8;
4. определить поперечную метацентрическую высоту после затопления отсеков №1-3 и №8.

Требуемые для расчетов и вычислений значения представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1. Исходные данные.

Расчетный случай	
Водоизмещение, $D_0$ , т	215,0
Абсцисса центра тяжести, $x_{g0}$ , м	0
Ордината центра тяжести, $y_{g0}$ , м	0
Апplikата центра тяжести, $z_{g0}$ , м	2,35
Прочие характеристики	
Практическая шпация, $a_0$ , м	0,5
Плотность жидкости, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	1000
Коэффициент проницаемости отсеков № 1-3	0,98
Коэффициент проницаемости отсека №2	0,90

Примечания:

1. Расчет координат центра масс выполнен в следующей системе координат:
  - по длине (ось  $x$ ) - со знаком "+" – в нос от миделя (29 практ. шпангоут);
  - по ширине (ось  $y$ ) - со знаком "+" – на правый борт;
  - по высоте (ось  $z$ ) - со знаком "+" – вверх от основной плоскости;
2. Промежуточные значения по кривым элементов теоретического чертежа определять с помощью линейной интерполяции.
3. Обвод корпуса в районе 15-43 шпангоута принять цилиндрическим (поперечное сечение не меняется)

*Справочные данные для решения задачи:*

Приложение №2. Кривые элементов теоретического чертежа (КЭТЧ);

Приложение №3. Схема водонепроницаемых отсеков;

Приложение №4. Эскиз поперечного сечения днищевой части судна в районе 30 шпангоута.

Приложение №5. Данные по определению площади и центра тяжести прямоугольного треугольника.



**2023/2024 учебный год**   
**Всероссийская олимпиада студентов «Я – профессионал»**

Приложение №2. Кривые элементов теоретического чертежа

T, м	D, т	V, м <sup>3</sup>	Xc, м	Zc, м	S, м <sup>2</sup>	Xf, м	Ix, м <sup>4</sup>	Iyf, м <sup>4</sup>	Rb, м	RL, м	ZMB, м	δ	α	β	Ω, м <sup>2</sup>
1,50	211,30	211,30	0,000	0,913	215,800	0,000	1324,0	10453,0	6,269	49,5	7,182	0,519	0,799	0,838	250,00
1,51	213,40	213,40	0,000	0,919	216,200	0,000	1330,0	10490,0	6,231	49,1	7,150	0,520	0,800	0,838	251,00
1,52	215,60	215,60	0,000	0,925	216,600	0,000	1335,0	10528,0	6,193	48,8	7,119	0,521	0,800	0,838	252,00
1,53	217,80	217,80	0,000	0,931	217,000	0,000	1341,0	10565,0	6,157	48,5	7,088	0,522	0,800	0,839	253,00
1,54	220,00	220,00	0,000	0,937	217,500	0,000	1346,0	10603,0	6,121	48,2	7,058	0,523	0,801	0,839	253,00
1,55	222,10	222,10	0,000	0,943	217,900	0,000	1352,0	10640,0	6,085	47,9	7,029	0,524	0,801	0,839	254,00
1,56	224,30	224,30	0,000	0,949	218,300	0,000	1357,0	10678,0	6,051	47,6	7,000	0,525	0,802	0,839	255,00
1,57	226,50	226,50	0,000	0,955	218,700	0,000	1363,0	10716,0	6,017	47,3	6,972	0,526	0,802	0,840	255,00
1,58	228,70	228,70	0,000	0,961	219,100	0,000	1368,0	10753,0	5,983	47,0	6,944	0,527	0,802	0,840	256,00
1,59	230,90	230,90	0,000	0,967	219,500	0,000	1374,0	10791,0	5,951	46,7	6,918	0,528	0,803	0,840	257,00
1,60	233,10	233,10	0,000	0,973	219,900	0,000	1379,0	10829,0	5,918	46,5	6,891	0,529	0,803	0,840	258,00
1,61	235,30	235,30	0,000	0,979	220,400	0,000	1385,0	10867,0	5,887	46,2	6,866	0,530	0,803	0,840	258,00
1,62	237,50	237,50	0,000	0,985	220,800	0,000	1391,0	10906,0	5,856	45,9	6,840	0,531	0,804	0,840	259,00
1,63	239,70	239,70	0,000	0,991	221,200	0,000	1396,0	10944,0	5,825	45,7	6,816	0,532	0,804	0,841	260,00
1,64	241,90	241,90	0,000	0,997	221,600	0,000	1402,0	10983,0	5,795	45,4	6,792	0,533	0,805	0,841	261,00
1,65	244,10	244,10	0,000	1,002	222,000	0,000	1408,0	11021,0	5,766	45,1	6,768	0,534	0,805	0,841	261,00

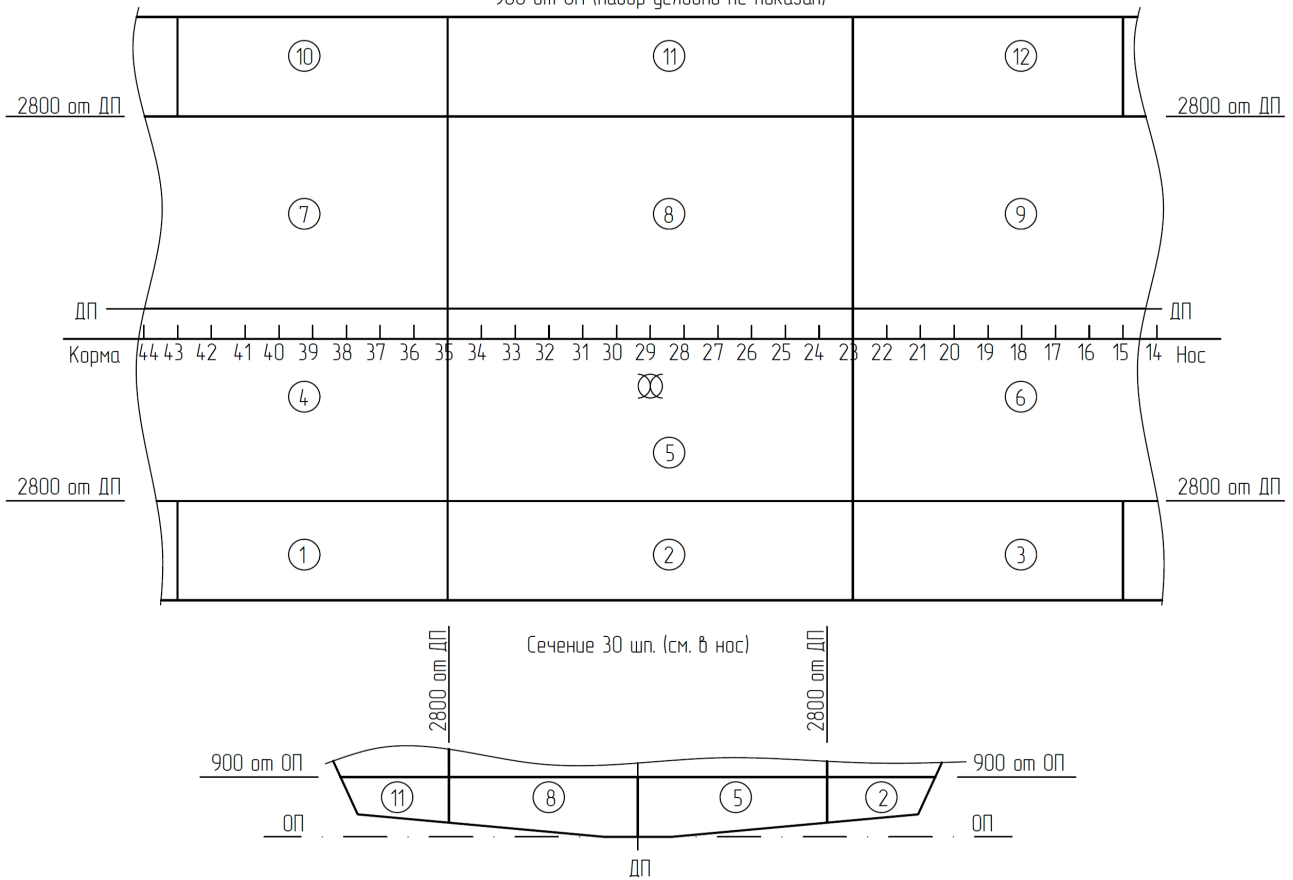
Условные обозначения кривых элементов теоретического чертежа

T, м	Осадка судна	Iyf, м <sup>4</sup>	Продольный момент инерции Swl
D, т	Водоизмещение судна	Rb, м	Поперечный метацентрический радиус
V, м <sup>3</sup>	Объемное водоизмещение судна	RL, м	Продольный метацентрический радиус
Xc, м	Абсцисса центра величины	ZMB, м	Аппликата поперечного метacentра
Zc, м	Аппликата центра величины	δ	К-т продольной полноты
S, м <sup>2</sup>	Площадь ватерлинии	α	К-т полноты ватерлинии
Xf, м	Абсцисса ЦТ ватерлинии	β	К-т полноты мидель-шпангоута
Ix, м <sup>4</sup>	Поперечный момент инерции Swl	Ω, м <sup>2</sup>	Площадь смоченной поверхности

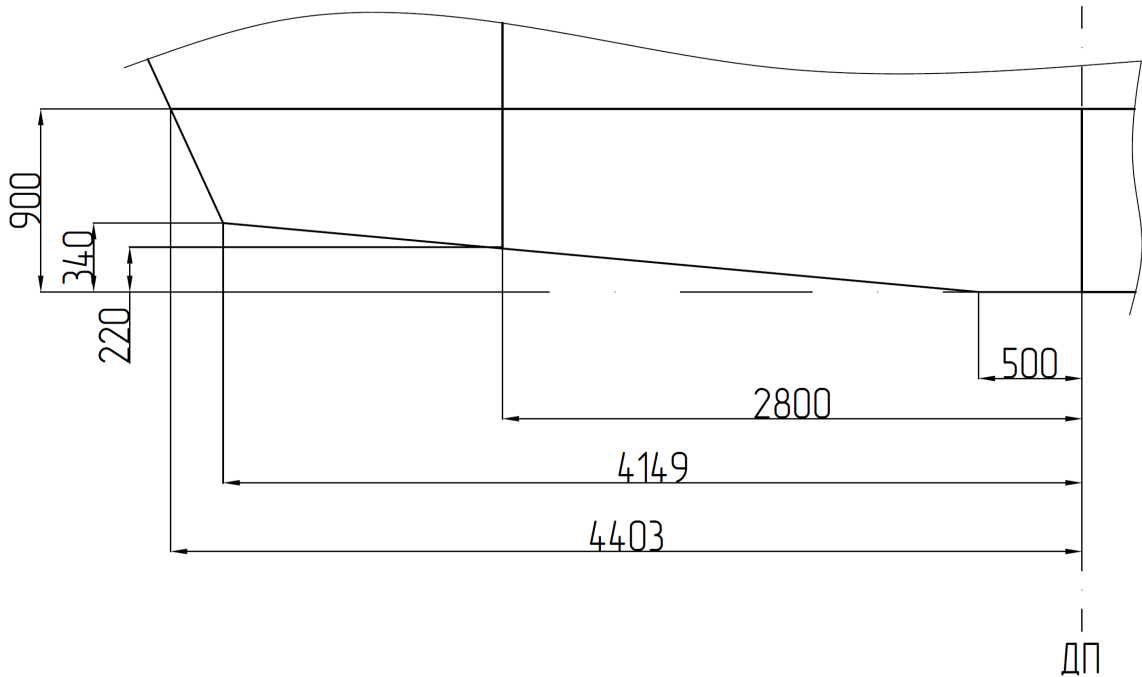


Приложение №3. Схема водонепроницаемых отсеков.

900 от ОП (набор условно не показан)

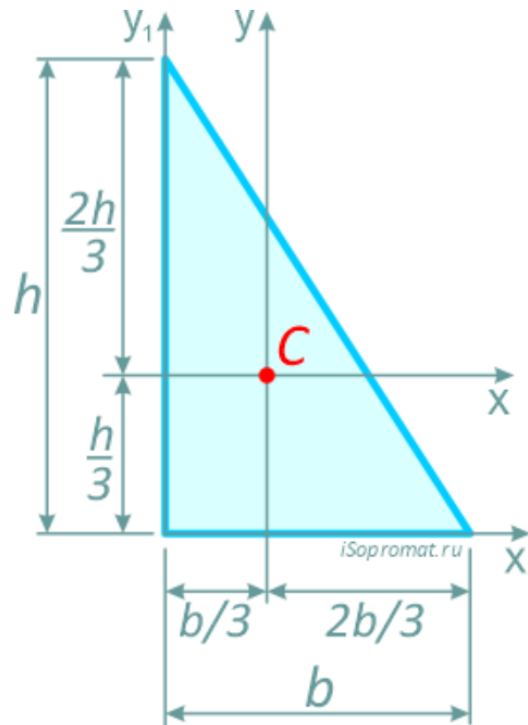


Приложение №4. Эскиз поперечного сечения днищевой части судна в районе 30 шпангоута.





Приложение №5. Данные по определению площади и центра тяжести прямоугольного треугольника.



Площадь треугольника определяется как половина произведения его катетов.

Центр тяжести прямоугольного треугольника располагается на пересечении медиан на расстоянии  $1/3$  высоты от основания и  $2/3$  высоты от вершины.

### Решение задачи №3. Остойчивость и непотопляемость

Задание №1. Определение угла крена и поперечной метацентрической высоты после затопления сухого отсека №2.

1. С помощью КЭТЧ линейной интерполяцией определяется осадка судно по водоизмещению  $D_0$ .

$$T_0 = f(D_0) = 1,517 \text{ мм.}$$

2. Согласно схеме водонепроницаемых отсеков, верхняя кромка отсеков №1-3 располагается на высоте 900 мм от ОП. Осадка судна в рассматриваемом случае нагрузки – 1517 мм. Как следствие, в случае повреждения отсека №2 он полностью заполняется водой.

Согласно условию задачи, корпус судна на участке 15-43 шпангоут, имеет постоянное поперечное сечение. Поэтому, для определения массы жидкости, поступившей судно необходимо найти объем затопленного пространства.

Суммарная длина отсека составляет 28 шпаций. С учетом того, что шпация равна 0,5 м, данная длина составляет 14 м.

Расчет площади и координат центра тяжести поперечного сечения отсека выполнен с помощью его разбивки на более простые фигуры: прямоугольника и двух прямоугольных треугольников (см. рисунок 3.1.). Расчет выполнен в табличной форме.

№ фигуры	Форма фигуры	Размер №1, мм	Размер №2, мм	Площадь, мм <sup>2</sup>	X <sub>г</sub> , мм	Y <sub>г</sub> , мм	M <sub>x</sub> , мм <sup>3</sup>	M <sub>y</sub> , мм <sup>3</sup>
1	Прямоугольник	1349	561	756789	675	406	510832575	307256334
2	Треугольник	254	561	71247	1434	499	102168198	35552253
3	Треугольник	125	1349	84313	450	84	37940625	7082250
ИТОГО				912349	713	384	650941398	349890837

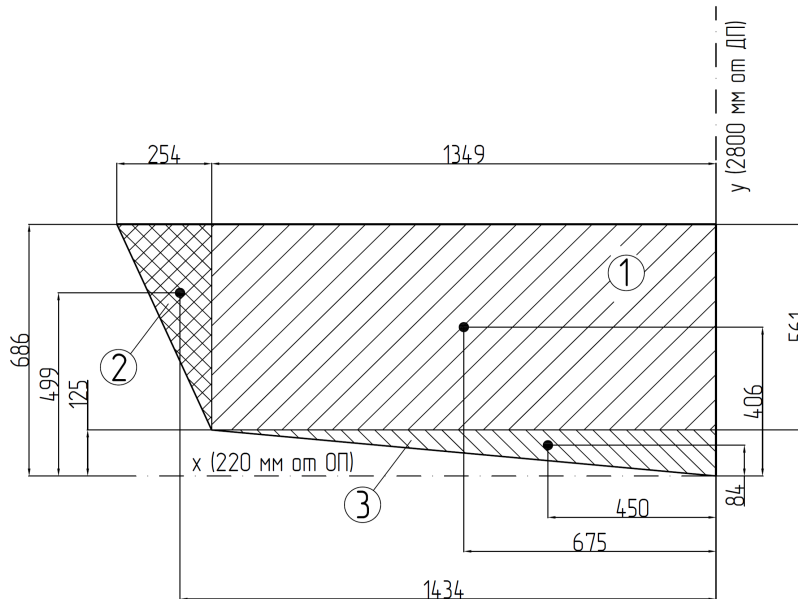


Рисунок 3.1. Разбивка поперечного отсека № 2 на простые фигуры

Таким образом, объем затопленного отсека составляет  $0,912 \cdot 14 = 12,8 \text{ м}^3$ . С учетом плотности воды  $1000 \text{ кг/м}^3$ , и коэффициента проницаемости  $0,98$  масса влившейся воды составляет  $12,8 \cdot 1 \cdot 0,98 = 12,5 \text{ т}$ .

Так как затопленный отсек расположен симметрично, относительно плоскости мидель-шпангоута, то абсцисса центра тяжести затопленного объема  $x_{g1} = 0$ . Аппликата затопленного объема равна  $z_{g1} = 220 + 384 = 604 \text{ мм}$ . Ордината -  $y_{g1} = 713 + 2800 = 3513 \text{ мм}$ .

3. Рассчитывается случай нагрузки судна после повреждения.

№ п/п	Наименование	Масса, т	X, м	Y, м	Z, м	Mx, т·м	My, т·м	Mz, т·м
1	Судно до повреждения	215	0	0	2,350	0	0	505,25
2	Затопленные отсеки №1-3	12,5	0	3,513	0,604	0	43,91	7,55
<b>Итого:</b>		<b>227,5</b>	<b>0</b>	<b>0,193</b>	<b>2,254</b>	<b>0</b>	<b>43,91</b>	<b>512,80</b>

4. По кривым элементов теоретического чертежа, с помощью линейной интерполяции определяется значение аппликаты продольного метацентра.

$$z_{mb1} = 6,959$$

5. Определяется значение поперечной метацентрической высоты:

$$h_1 = z_{mb1} - z_{g1} = 6,959 - 2,254 = 4,705 \text{ м}$$

6. Затопленный отсек №2 можно принять как «малый груз», принятый на судно. В таком случае, для расчета угла крена допустимо использование формулы начальной поперечной метацентрической высоты:

$$\theta = \frac{M_{кр}}{D_1 h_1} = \frac{12,5 \cdot 3,513}{227,5 \cdot 4,705} = 0,0410 \text{ рад} = 2,35 \text{ град}$$

*Задание №2. Доказательство, что принятое капитаном решение не приводит к спрямлению судна;*

1. Чтобы спрямить судно, затопление отсека №8 по левому борту должно привести к устранению кренящего момента, вызванного затоплением отсеков №1-3. Кренящий момент, возникающий за счет затопления данных отсеков равен

$$M_{кр} = 12,5 \cdot 3,513 = 43,912 \text{ тм}$$



2. Необходимо определить площадь и координаты центра тяжести поперечного сечения отсека №8. Для этого, он также разбивается на простые фигуры, как показано на рис. 3.2. Расчет выполнен в табличной форме.

№ фигуры	Форма фигуры	Размер №1, мм	Размер №2, мм	Площадь, мм <sup>2</sup>	Xg, мм	Yg, мм	Mx, мм <sup>3</sup>	My, мм <sup>3</sup>
1	Прямоугольник	2300	686	1577800	1650	557	2603370000	878834600
2	Прямоугольник	900	500	450000	250	450	112500000	202500000
3	Треугольник	214	2300	246100	1267	142	311808700	34946200
<b>ИТОГО</b>				<b>2273900</b>	<b>1331</b>	<b>491</b>	<b>3027678700</b>	<b>1116280800</b>

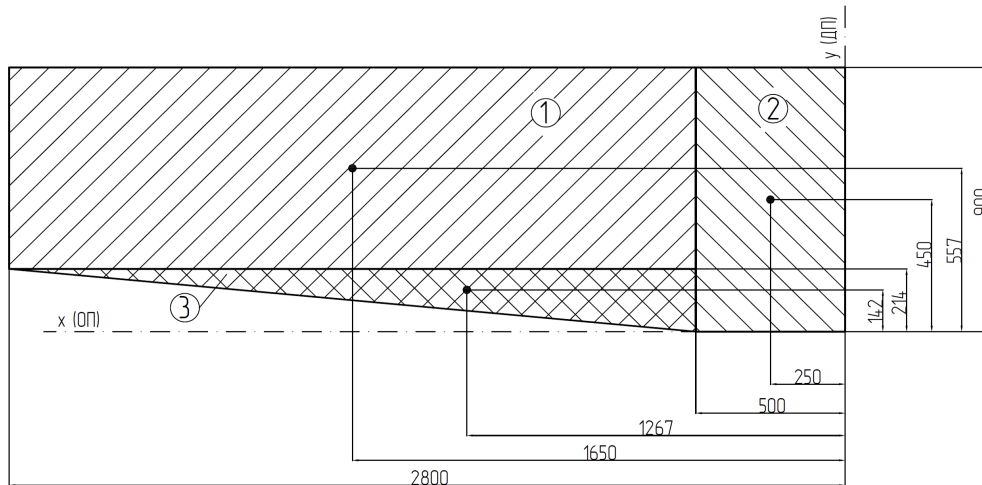


Рисунок 3.2. Разбивка поперечного отсека № 8 на простые фигуры

3. Суммарная длина отсека составляет 12 шпаций. С учетом того, что шпация равна 0,5 м, данная длина составляет 6 м.

Таким образом, объем затопленного отсека составляет  $2,27 \cdot 6 = 13,62 \text{ м}^3$ . С учетом плотности воды  $1000 \text{ кг/м}^3$ , и коэффициента проницаемости 0,60 масса влившейся воды составляет  $13,62 \cdot 1 \cdot 0,90 = 12,2 \text{ т}$ .

4. Чтобы спрямить судно, ордината затопленного отсека №8 должна быть равна  $43,912/12,2 = 3,59 \text{ м}$ . В то время как по расчетам она равна 0,491 м. Таким образом, затопленный отсек №8 не позволит обеспечить спрямление судна.

*Задание №3. Определение потери запаса плавучести относительно неповрежденного состояния, после затопления отсеков №1-3 и №8.*

Потеря запаса плавучести определяется суммарной массой воды, поступившей в судно, т.е.  $12,5 + 12,2 = 24,7 \text{ т}$  или  $24,7 \text{ м}^3$  или  $242 \text{ кН}$ .

*Задание №3. Определение поперечной метацентрической высота после затопления отсеков №1-3 и №8.*

1. Рассчитывается случай нагрузки после затопления отсеков № 1-3 и №8.

№ п/п	Наименование	Масса, т	X, м	Y, м	Z, м	Mx, т·м	My, т·м	Mz, т·м
1	Судно до повреждения	215	0	0	2,350	0	0	505,25
2	Затопленные отсеки №1-3	12,5	0	3,513	0,604	0	43,91	7,55
3	Затопленный отсек №8	12,2	0	-1,267	0,491	0	-15,46	5,99
<b>Итого:</b>		<b>239,7</b>	<b>0</b>	<b>0,119</b>	<b>2,164</b>	<b>0</b>	<b>28,46</b>	<b>518,79</b>

2. По кривым элементов теоретического чертежа, с помощью линейной интерполяции определяется значение аппликаты продольного метацентра.



$$z_{mb2} = 6,816$$

3. Определяется значение поперечной метацентрической высоты:

$$h_2 = z_{mb2} - z_{g2} = 6,816 - 2,164 = 4,652 \text{ м.}$$

### Критерии оценивания задачи №3

Суммарное количество баллов за задачу – 20 баллов. Максимальное количество баллов ставится за полностью решенную задачу. Ошибки, обусловленные округлением расчетных величин и значений в рассмотрение не берутся.

Подробная система оценивания:

1. определен угол крена и поперечная метацентрическая высота после затопления отсеков №1-3 – 7 баллов;
2. доказано, что принятое капитаном решение не приводит к спрямлению судна – 7 баллов;
3. определена потеря запаса плавучести относительно неповрежденного состояния, после затопления отсеков №1-3 и №8 – 2 балла;
4. определена поперечная метацентрическая высота после затопления отсеков №1-3 и №8 – 4 балла.

В случае, если какой-то из вышеперечисленных этапов выполнен частично, оценивания осуществляется промежуточным количеством баллов, в соответствии с экспертной оценкой проверяющего.



### Задача №4. Судовые устройства

Необходимо подобрать швартовный канат для малого рыболовного судна, стоящего у причальной стенки. Предполагается, что судно швартуется двумя канатами. Ориентировочная схема швартовки представлена на рисунке 4. Общий вид судна представлен на рисунке 5. Элементы швартовного устройства должны обеспечивать надежную фиксацию судна при ветре в 9 баллов.

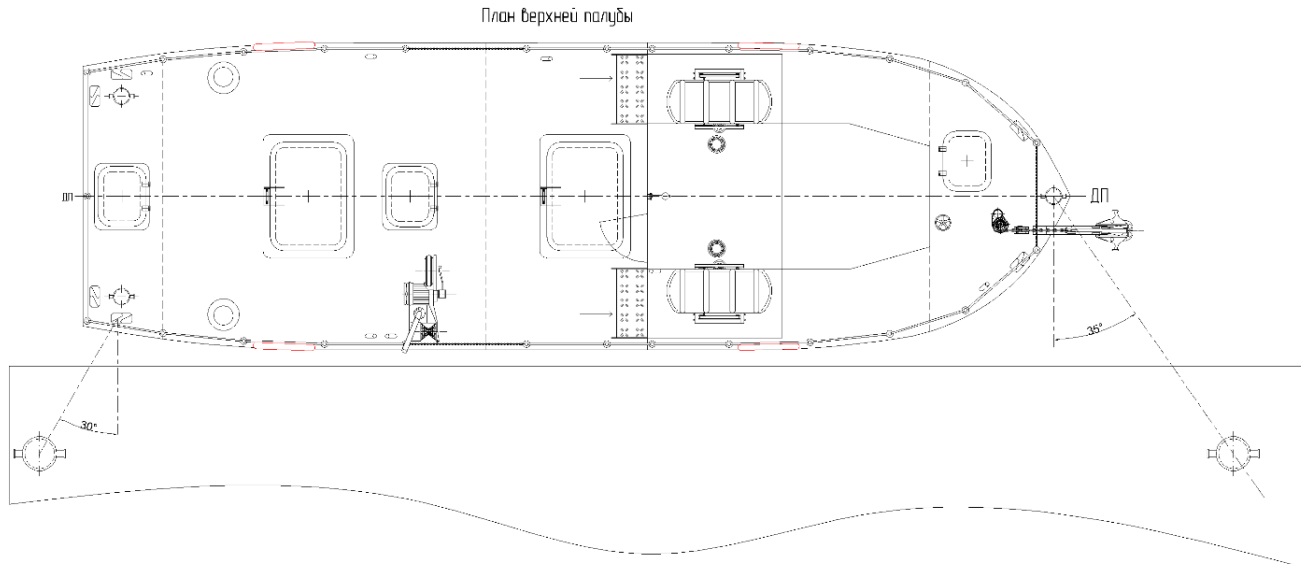


Рисунок 4. Ориентировочная схема швартовки судна

Указания к выполнению:

- Подбор каната производить для каната пенькового тросовой свивки для группы канатов В.
- Элементами леерного ограждения, антенн, якорного и спасательного устройств – пренебречь.
- Расчетное давление ветра принять  $60 \text{ кг/м}^2$ . Все значения в расчетах округлить до целого числа.
- Коэффициент запаса прочности принять равным трем.

*Справочные данные для решения задачи:*

Приложение №6. Характеристики пеньковых канатов тросовой свивки, согласно ГОСТ 30055-93 «Канаты из полимерных материалов и комбинированные. Технические условия»

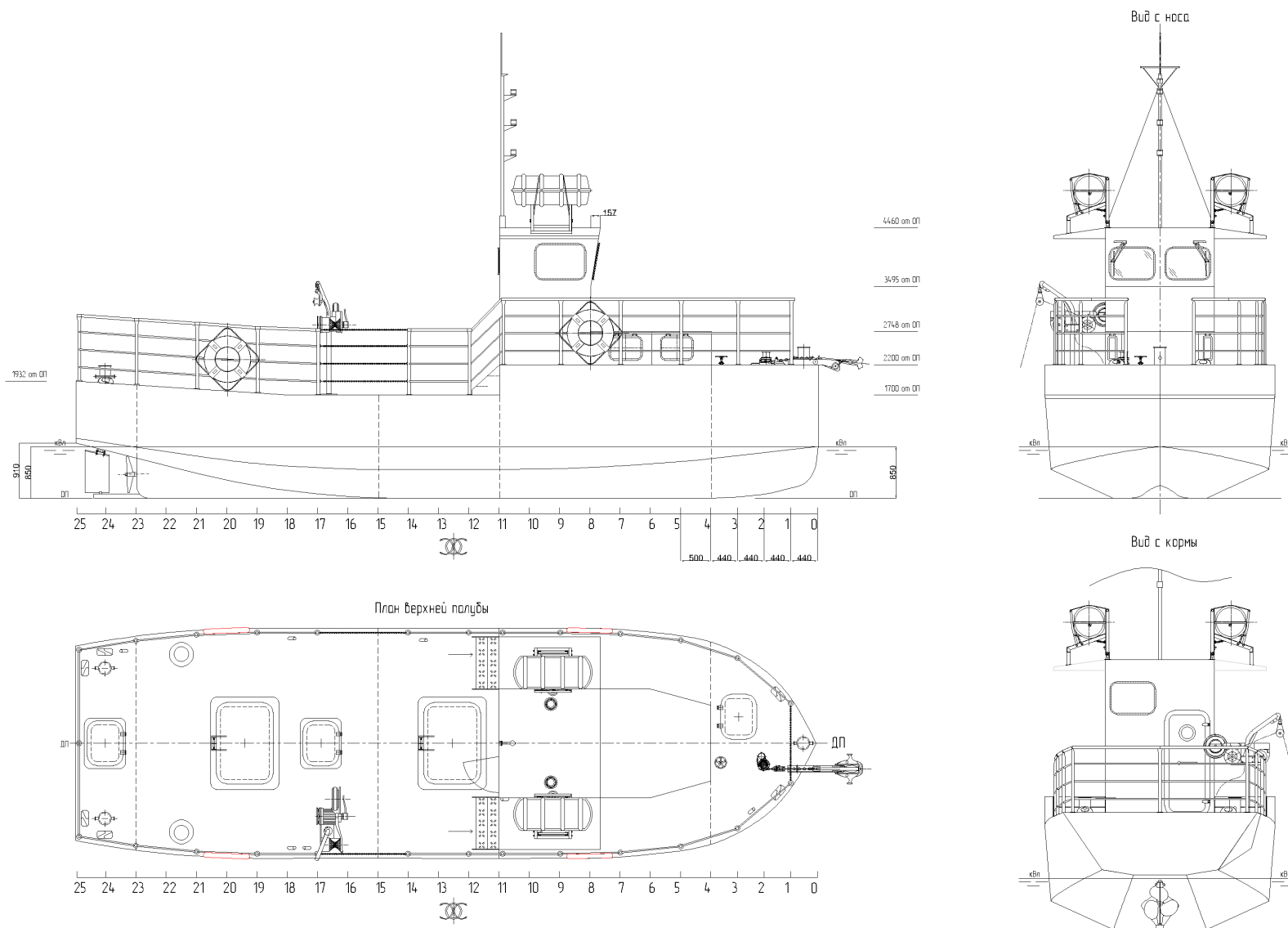


Рисунок 5. Общий вид судна







### Критерии оценивания задачи №4

Суммарное количество баллов за задачу – 15 баллов. Максимальное количество баллов ставится за полностью решенную задачу. Ошибки, обусловленные округлением расчетных величин и значений в рассмотрение, не берутся.

Подробная система оценивания:

1. определен общий правильный подход к решению поставленной задачи – 7 баллов;
2. определена площадь парусности – 2 балла;
3. определено расчетное усилие, испытываемое канатом – 2 балла;
4. определено сечение каната по выбранному усилию – 2 балла.
4. определено сечение каната из условий работы руками – 2 балла.

В случае, если какой-то из вышеперечисленных этапов выполнен частично, оценивания осуществляется промежуточным количеством баллов, в соответствии от экспертной оценки проверяющего.

### Задача №5. Судовые системы

Рассматривается малое рыболовное судно, подлежащее классификации РМРС или РКО. На рисунке 6 приведена принципиальная схема системы осушения судна.

Необходимо найти принципиальные ошибки, допущенные в приведенной принципиальной схеме, а также расписать меры, необходимые для приведения системы в состояние работоспособности при штатной (неаварийной) работе системы осушения.

*Справочные данные для решения задачи:* не предоставляются

### Решение задачи №5. Судовые системы

На указанной принципиальной схеме осушения следующие ошибки:

1. Указано, что в качестве насоса (поз. 3) используется НЦВ 25/20. Данный насос не является самовсасывающим. Следовательно, он не сможет обеспечить откачку вод, расположенных ниже его уровня.

Необходимо – заменить насос на самовсасывающий, например, типа НЦВС.

2. Невозвратно-запорный клапан, через который осуществляется выброс воды за борт (21-22 шп. ПрБ) установлен таким образом, что проход воды через него возможен только из-за борта внутрь судна. Откачка воды в таком случае невозможна.

Необходимо – поменять направление работы указанного клапана.

3. Фильтр (поз. 2) установлен после насоса (поз. 3), а не перед. Фильтр служит для предотвращения попадания сторонних частиц в насос, с целью недопущения поломки насоса. Приемные сетки служат только для недопущения попадания крупных частиц (мусора) в систему.

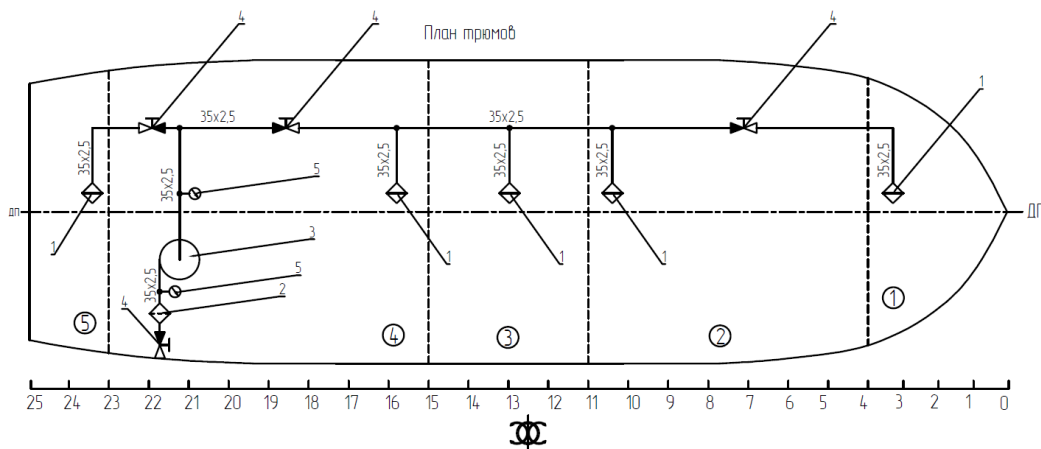
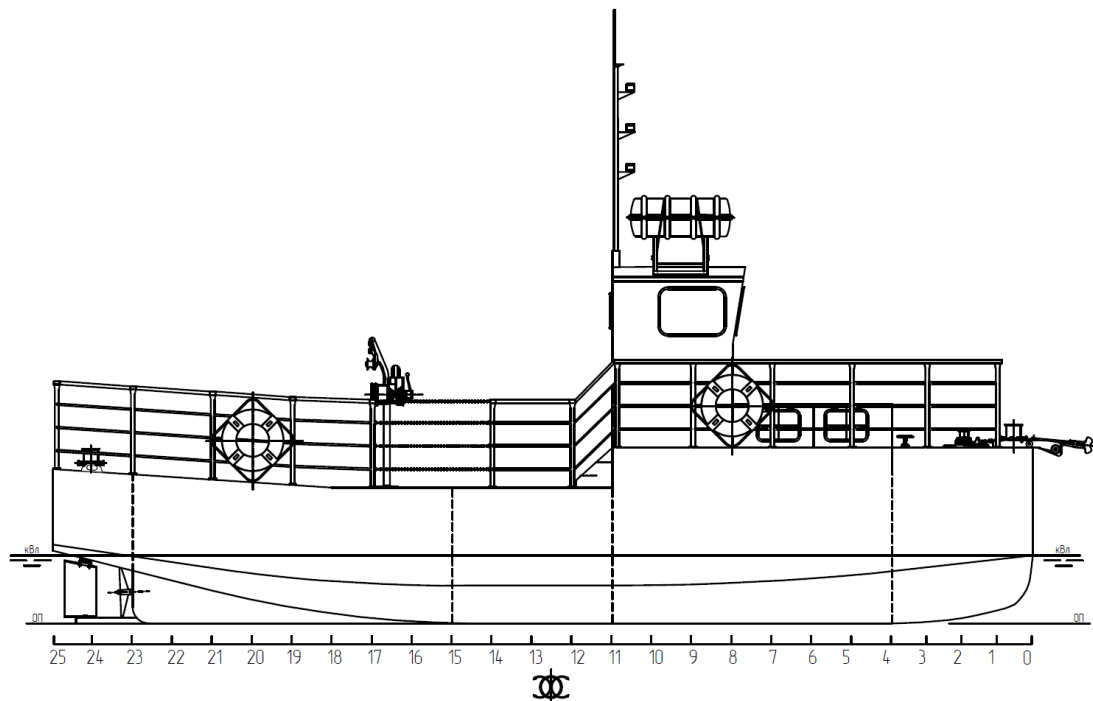
Необходимо – установить (перенести) фильтр перед насосом.

4. Установленная невозвратно-запорная арматура (поз. 4) не может обеспечить полноценное функционирование системы. В частности, при затоплении трюма (помещение 3), команда сможет перекрыть клапаны в кубрике (помещение 2) и в машинном отделении (помещение 4), отвечающие за ветку системы в ахтерпик. Таким образом, насос будет пытаться одновременно всосать воду из кубрика, трюма и машинного отделения. При затоплении трюма, насос будет всасывать воздух из соседних отсеков, а воду из трюма не будет.

Необходимо – установить запорную арматуру после каждого приемного отростка.



Вид на правый борт



Условные обозначения	
	Фильтр
	Приемная сетка
	Клапан невозвратно-запорный
	Насос центробежный

Трубы и соединения				
DN, мм	Толщина стенки	Материалы и стандарты		
		Материал	Сортамент	Соединения
35	2,5	В20	ГОСТ 8732-78	ГОСТ 16037-80

Оборудование				
Поз.	Кол-во	Наименование	Технические данные	Поставщик и модель
3	1	Насос центробежный	25 м³/ч	НЦВ 25 / 20

Изделия и арматура			
Поз.	Кол-во	Наименование	Примечание
1		Приемная сетка, DN 32	
2		Фильтр, DN 32	
4		Клапан невозвратно-запорный, DN 32	
5		Манометр, DN 10, DN 6	

ДП

1. Рабочее давление в системе – 2,0 бар.
2. Условные обозначения труб и арматуры в соответствии с ОСТ 5P.5613-2001.
3. Цифры в обозначении позиции труб означают диаметр и толщину стенки трубы в мм.

Наименование помещений	
1	Форпик / цепной ящик
2	Кубрик
3	Трюм
4	Машинное отделение
5	Ахтерпик

Рисунок 6. Принципиальная схема системы осушения маломерного рыболовного судна



## Критерии оценивания задачи №5

Суммарное количество баллов за задачу – 10 баллов. Максимальное количество баллов ставится за полностью решенную задачу.

Подробная система оценивания:

1. определено наличие ошибки в системе, связанная с насосом – 3 балла;
2. определено наличие ошибки в системе, связанная с неправильным ориентированием невозвратного клапана в районе 22 шп. ПрБ – 2 балла;
3. определено наличие ошибки в системе, связанная с местом установки фильтра – 2 балла;
4. определено наличие ошибки в системе, связанная с местом установки невозвратно-запорной арматуры на осушительной магистрали – 3 балла.

## Задача №6. Ходкость

Во время ходовых испытаний в открытом море нового свежескрашенного судна была зафиксирована зависимость мощность главного двигателя от скорости движения судна:

Скорость, узлы	0	3,6	5,7	7,1	8,2	9,1
Мощность ГД, кВт	0	200	400	600	800	1000

Определить максимально достижимую скорость судна через 3 года эксплуатации, с учетом обрастания подводной части, приняв:

- Максимальная мощность ГД – 1000 кВт
- КПД нового винта – 0,53;
- КПД винта через 3 года – 0,5;
- Площадь смоченной поверхности судна – 1000 м<sup>2</sup>;
- Коэффициент Поправки на шероховатость свежескрашенного судна –  $0,2 \cdot 10^{-3}$ ;
- Коэффициент Поправка на шероховатость судна через 3 года –  $0,8 \cdot 10^{-3}$ .
- КПД остальных элементов Главной судовой передачи – 0,98
- КПД остальных элементов ГСП из-за износа через 3 года – 0,9

*Справочные данные для решения задачи:* не предоставляются

## Решение задачи №6. Ходкость

Дана зависимость мощности ГД от скорости судна.

1. Определяется мощность, расходуемая на движение (буксировочная мощность):

$$N = N_{гд} * \eta_0, \text{ кВт, где}$$

$$\eta_0 = \eta_v * \eta_{гсп} - \text{пропульсивный КПД, где}$$

$$\eta_v - \text{КПД гребного винта}$$

$$\eta_{гсп} - \text{КПД главной судовой передачи}$$

Таким образом, зависимость буксировочной мощности от скорости:

Скорость, узлы	0	3,6	5,7	7,1	8,2	9,1
Буксировочная мощность, кВт	0	104	208	312	416	519

2. Определяется сопротивление движению судна на заданных скоростях

$$R = N/v, \text{ где}$$

$$v = V_s * 0.514, \text{ м/с} - \text{ скорость движения судна}$$

3. Определяется сопротивление судна через 3 года.

Поскольку по условиям задачи изменяется только поправка на шероховатость, то прибавку к сопротивлению можно рассчитать по формуле:



$$\Delta R_{\text{шер}} = \Delta \xi_{\text{шер}} \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \Omega, \text{ кН, где:}$$

$\Delta \xi_{\text{шер}} = (0,8 - 0,2) \cdot 10^{-3}$  – изменение коэф. поправки на шероховатость;

$\rho = 1025 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  – плотность морской воды

$v$  – скорость судна,  $\frac{\text{м}}{\text{с}}$

$\Omega$  – площадь смоченной поверхности,  $\text{м}^2$

4. Определяется буксировочное сопротивление судна через 3 года на заданных скоростях  
 $R_{3г} = R + \Delta R_{\text{шер}}$

5. Расчет новой буксировочной мощности судна через 3 года - см. п. 2

6. Определяется требуемая мощность ГД, с учетом пропульсивного КПД

Расчет пп.1-6 сведен в табличный вид:

Наименование	ед. изм.						
Скорость	Узлы	0	3,6	5,7	7,1	8,2	9,1
Мощность главного двигателя	кВт	0	200	400	600	800	1000
Скорость	м/с	0	1,85	2,38	3,65	4,21	4,68
Буксировочная мощность судна через 3 года	кВт	0	104	208	312	416	519
Сопротивление	кН	0	56,1	70,9	85,4	98,6	111,0
Изменение (прирост) сопротивления на заданных скоростях через 3 года	кН	0	1,05	2,64	4,10	5,46	6,73
Сопротивление судна через 3 года	кН	0	57,2	73,6	89,5	104,0	117,8
Буксировочная мощность судна через 3 года	кВт	0	105,8	215,5	326,6	438,5	550,9
Требуемая мощность ГД через 3 года	кВт	0	235	479	726	975	1224

7. Определяется достижимая скорость судна через 3 года путем линейной интерполяции величин:

При скорости 8,2 узла требуемая мощность 975 кВт

При скорости 9,1 узла требуемая мощность 1224 кВт

На увеличение скорости 0,9 узлов понадобилось 249 кВт.

Таким образом, при увеличении мощности на 25 кВт будет прирост скорости, равный:

$$25 * \frac{0,9}{249} = 0,09 \text{ узла.}$$

Округляем до 0,1 узла.

Таким образом, максимально достижимая скорость данного судна через 3 года составит 8,3 узла.

### Критерии оценивания задачи №6

Суммарное количество баллов за задачу – 20 баллов. Максимальное количество баллов ставится за полностью решенную задачу. Ошибки, обусловленные округлением расчетных величин и значений в рассмотрение, не берутся.

Подробная система оценивания:

1. определен общий правильный подход к решению поставленной задачи – 10 баллов;
2. определен прирост сопротивления судна за 3 года – 2 балла;
3. определено буксировочное сопротивление судна через 3 года – 2 балла;
4. определена буксировочная мощность судна – 2 балла;
5. определена максимально достижимая скорость судна через 3 года – 4 балла.

2023/2024 учебный год



**Всероссийская олимпиада студентов «Я – профессионал»**

В случае, если какой-то из вышеперечисленных этапов выполнен частично, оценивания осуществляется промежуточным количеством баллов, в соответствии от экспертной оценки проверяющего.