



**Заключительный этап (финал)**  
**Всероссийской олимпиады студентов «Я – профессионал»**  
**по направлению «Судостроение: морской и речной флот»**

**Категория «Магистратура/специалитет»**

**Задача №1. Сопротивление материалов и строительная механика корабля**

На рисунке 1 представлена расчетная схема карлингса маломерного судна. На концах балка упруго заделана на поперечных водонепроницаемых переборках. Коэффициенты податливости упругих заделок равны между собой и, соответственно, равны  $\vartheta$ . Карлингс загружен равномерно распределенной нагрузкой  $q$ . Осевой момент инерции поперечного сечения карлингса  $I$ , модуль упругости материала балки  $E$ .

Посередине пролета карлингс опирается на рамный бимс, представляющий собой упругую опору с коэффициентом податливости  $A$ . Схема упругой опоры представлена на рисунке 2. Осевой момент инерции поперечного сечения рамного бимса  $I_1$ , модуль упругости материала рамного бимса аналогичен карлингсу.

Задача:

1. Определить (в символьном виде) значение коэффициента податливости упругой опоры  $A$  ( $A = f(l, E, I_1)$ )
2. Определить (в символьном виде) зависимость изгибающего момента в упругой заделке  $M_0$  от изгибающего момента на упругой опоре  $M_1$  ( $M_0 = f(M_1, q, l, E, I, \vartheta)$ ).

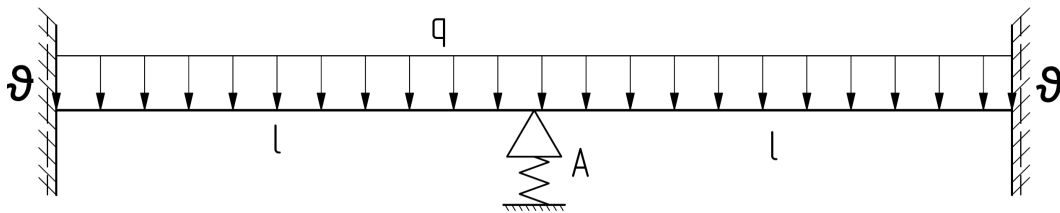


Рисунок 1. Расчетная схема карлингса

Справочные данные для решения задачи:

Приложение №1. Элементы изгиба балок, свободно опертых на две опоры

	$A = B = \frac{ql}{2}$	$M = \frac{qx(l-x)}{2}$ $M_{\max} = \frac{ql^2}{8}$	$f = \frac{q(2lx^3 - x^4 - l^3x)}{24EI}$ $f_{\max} = -\frac{5ql^4}{384EI}$	$\Theta_A = \Theta_B = \frac{ql^3}{24EI}$
	$-A = B = \frac{M}{l}$	$M_x = -\frac{Mx}{l}$ при $x = \frac{l}{2}$ $M = \frac{M}{2}$ при $x = l$ $M_{\max} = M$	$f = \frac{Mx}{6EI} (l^2 - x^2)$ $f_{\max} = 0.0642 \frac{Ml^2}{EI}$ $f = \frac{Ml^2}{16EI} \text{ при } x = \frac{l}{2}$	$\Theta_A = -\frac{Ml}{6EI}$ $\Theta_B = -\frac{Ml}{3EI}$

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

Задание №1. Определение значение коэффициента податливости упругой опоры  $A$

1. Коэффициент податливости определяется как значение прогиба балки от единичной нагрузки. Для этого на упругой опоре, в месте ее пересечения с балкой необходимо прикладывается единичную силу  $\bar{P} = 1$  и строится эпюра изгибающих моментов. Расчетная схема представлена на рисунке П1.1 (а).

Определяются опорные реакции, которые соответственно равны



$$R_1 = \frac{2}{3}; \quad R_2 = \frac{1}{3}$$

2. Строится эпюра изгибающих моментов. Эпюра представлена на рисунке 1.1 (б).

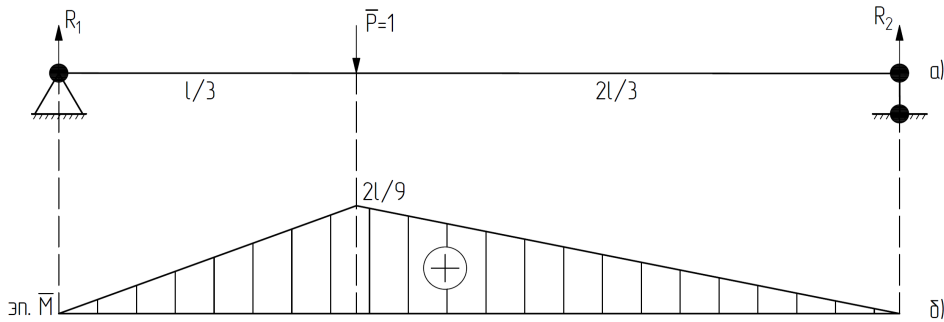


Рисунок 1.1 (а – расчетная схема рамного бимса; б- эпюра изгибающих моментов от единичной нагрузки)

3. Прогиб от единичной нагрузки определяется любым из известных методов. В данном случае, расчет выполнен с помощью формулы Симпсона

$$A = \frac{l}{6 \cdot 3 \cdot EI_1} \left( 0 \cdot 0 + 4 \cdot \frac{l}{9} \cdot \frac{l}{9} + \frac{2l}{9} \cdot \frac{2l}{9} \right) + \frac{2l}{3 \cdot 6 \cdot EI_1} \left( \frac{2l}{9} \cdot \frac{2l}{9} + 4 \cdot \frac{l}{9} \cdot \frac{l}{9} + 0 \cdot 0 \right) = \frac{3l}{18EI_1} \left( \frac{4l^2}{81} + \frac{4l^2}{81} \right) = \frac{4l^3}{243EI_1}$$

*Задание №2. Определение зависимости изгибающего момента в упругой заделке  $M_0$  от изгибающего момента на упругой опоре  $M_1$*

1. Решение задачи выполняется с помощью методом 3-х моментов. Для этого, в первую очередь, составляется расчетная схема:

- 1.1. Нумеруются закрепления слева направо начиная с «0»;
- 1.2. Балка разрезается в упругих заделках и на промежуточной опоре;
- 1.3. В разрезанных сечениях вводятся опорные моменты.

Расчетная схема балки представлена на рисунке 1.2.

2. Записывается система уравнений совместности угловых деформаций. На данном этапе допускается рассмотрение двух вариантов решения.

I вариант	II вариант
$\begin{cases} \alpha_{00} = \alpha_{0(01)} \\ \alpha_{1(01)} = \alpha_{1(12)} \\ \alpha_{2(12)} = \alpha_{22} \end{cases}$	$\begin{cases} \alpha_{00} = \alpha_{0(01)} \\ \alpha_{1(01)} = 0 \end{cases}$

II вариант системы базируется на том, что расчетная схема основной балки полностью симметрична относительно сечения, проходящего по упругой опоре. Как следствие, ввиду симметрии, угол поворота поперечного сечения на данной опоре равен 0. Ниже приведенное решение исходит из II варианта системы.

3. С помощью справочных данных, приведенных к задаче, составляются выражения углов поворота поперечных сечения на опорах:

$$\alpha_{00} = -\vartheta M_0$$

$$\alpha_{0(01)} = \frac{M_0 l}{3EI} + \frac{ql^3}{24EI} + \frac{M_1 l}{6EI} + \frac{f}{l}$$

$$\alpha_{1(01)} = -\frac{M_0 l}{6EI} - \frac{ql^3}{24EI} - \frac{M_1 l}{3EI} + \frac{f}{l}$$

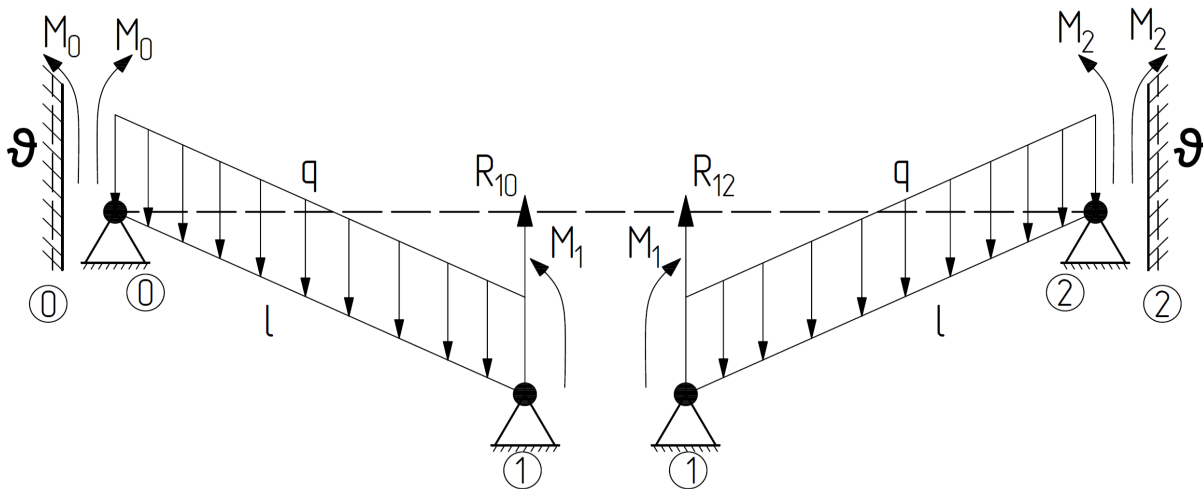


Рисунок 1.2 Расчетная схема карлингса

4. Прогиб на опоре 1,  $f$ , определяется как произведение коэффициента податливости  $A$  и реакции на данной опоре  $R_1$ .

$$f = A \cdot R_1 = A(R_{10} + R_{12}) = 2AR_{10} \text{ (в силу симметрии расчетной схемы)}$$

$$R_{10} = \frac{ql}{2} + \frac{M_o}{l} - \frac{M_1}{l}$$

5. Составляется расширенная система уравнений совместности угловых деформаций.

$$\begin{cases} -\vartheta M_o = \frac{M_o l}{3EI} + \frac{ql^3}{24EI} + \frac{M_1 l}{6EI} + \frac{2A(\frac{ql}{2} + \frac{M_o}{l} - \frac{M_1}{l})}{l} \\ -\frac{M_o l}{6EI} - \frac{ql^3}{24EI} - \frac{M_1 l}{3EI} + \frac{2A(\frac{ql}{2} + \frac{M_o}{l} - \frac{M_1}{l})}{l} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -\vartheta M_o - \frac{M_o l}{3EI} - \frac{ql^3}{24EI} - \frac{M_1 l}{6EI} = \frac{2A(\frac{ql}{2} + \frac{M_o}{l} - \frac{M_1}{l})}{l} \\ \frac{M_o l}{6EI} + \frac{ql^3}{24EI} + \frac{M_1 l}{3EI} = \frac{2A(\frac{ql}{2} + \frac{M_o}{l} - \frac{M_1}{l})}{l} \end{cases}$$

6. Производятся преобразования двух уравнений

$$-\vartheta M_o - \frac{M_o l}{3EI} - \frac{ql^3}{24EI} - \frac{M_1 l}{6EI} = \frac{M_o l}{6EI} + \frac{ql^3}{24EI} + \frac{M_1 l}{3EI}$$

$$\frac{M_o l}{3EI} + \frac{M_o l}{6EI} + \vartheta M_o = -\frac{ql^3}{24EI} - \frac{M_1 l}{3EI} - \frac{ql^3}{24EI} - \frac{M_1 l}{6EI}$$

$$\frac{2M_o l + 6M_o \vartheta EI + M_o l}{6EI} = -\frac{ql^3}{12EI} - \frac{M_1 l}{2EI}$$

$$M_o \left( \frac{3l + 6\vartheta EI}{6EI} \right) = \frac{-ql^3 - 6M_1 l}{12EI}$$

$$M_o (3l + 6\vartheta EI) = \frac{-ql^3 - 6M_1 l}{2}$$



$$M_o = \frac{-ql^3 - 6M_1l}{2(3l + 6\vartheta EI)} = \frac{-ql^3 - 6M_1l}{6l + 12\vartheta EI} = -\frac{6l\left(\frac{ql^2}{6} + M_1\right)}{6l\left(1 + \frac{2\vartheta EI}{l}\right)} = \frac{-\frac{ql^2}{6} - M_1}{1 + \frac{2\vartheta EI}{l}}$$

### Критерии оценивания задачи №1

Суммарное количество баллов за задачу – 20 баллов. Максимальное количество баллов ставится за полностью решенную задачу.

Подробная система оценивания:

1. составлена расчетная схема для определения коэффициента податливости упругой опоры – 2 балла;
2. составлено выражение для определения коэффициента податливости упругой опоры  $A$  ( $A = f(l, E, I_1)$ ) – 4 балла;
3. составлена система уравнений совместности угловых деформаций – 5 баллов;
4. составлено выражение зависимости изгибающего момента в упругой заделке  $M_0$  от изгибающего момента на упругой опоре  $M_1$  ( $M_0 = f(M_1, q, l, E, I, \vartheta)$ ) – 9 баллов.

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 посчитать трудоёмкость сборки секции продольной переборки, представленной на рисунке 2, с учетом следующей информации:

- **Условия сборки:** сборочно-сварочный цех, стенд;
- **Холостой набор:** уголок 100х63х7- поз.15-20;
- **Толщина переборки:** 8 мм- поз.1-4;
- **Рамный набор:** Т 180х5/100х8- поз. 5-10, поз.13 и 14;
- **Толщина книц:** 7мм, поз. 21. Принять, что разметку мест установки набора выполняют при помощи эскизов.

Трудоёмкость сварочных работ и зачистки сварных швов и околшовной зоны принять равной 20% от трудоёмкости сборочных работ.

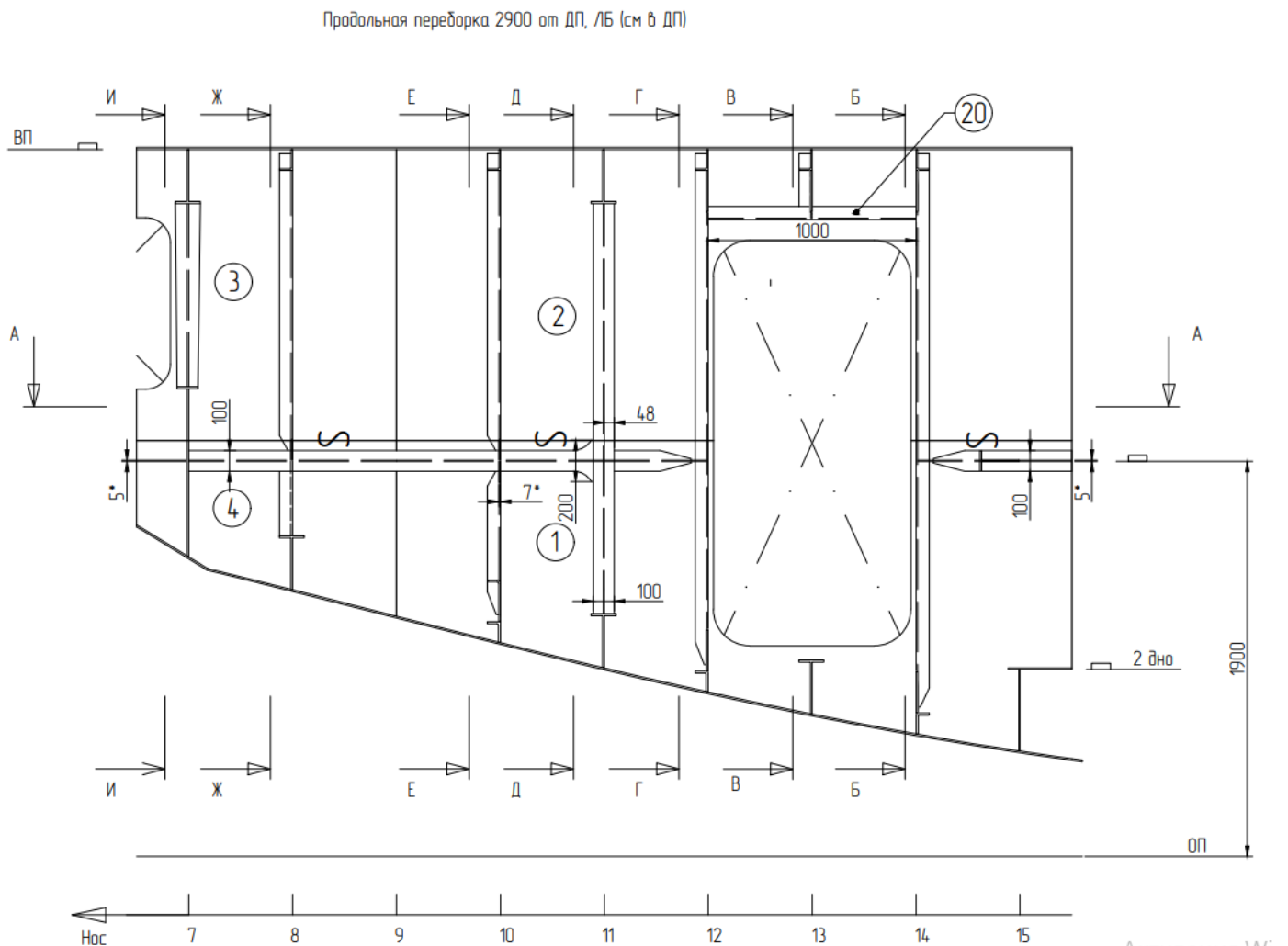


Рисунок 2. Плоская секция продольной переборки

Ниже, на рисунках 3-5 представлены детали полотнища с размерами и сечения с размерами набора

*Справочные данные для решения задачи:*

Приложение №2. Укрупненные нормативы времени по сборке корпусных конструкций

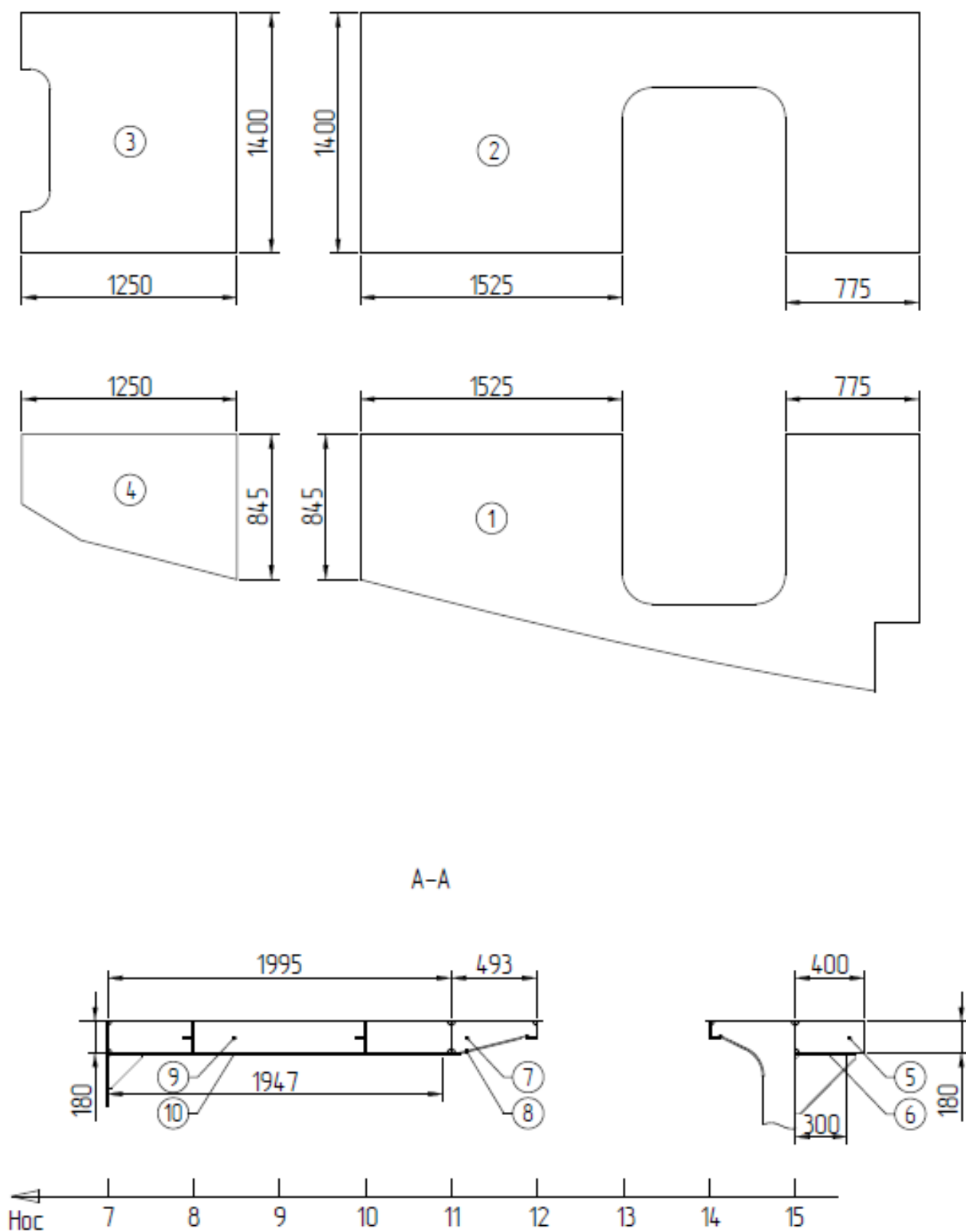


Рисунок 3.

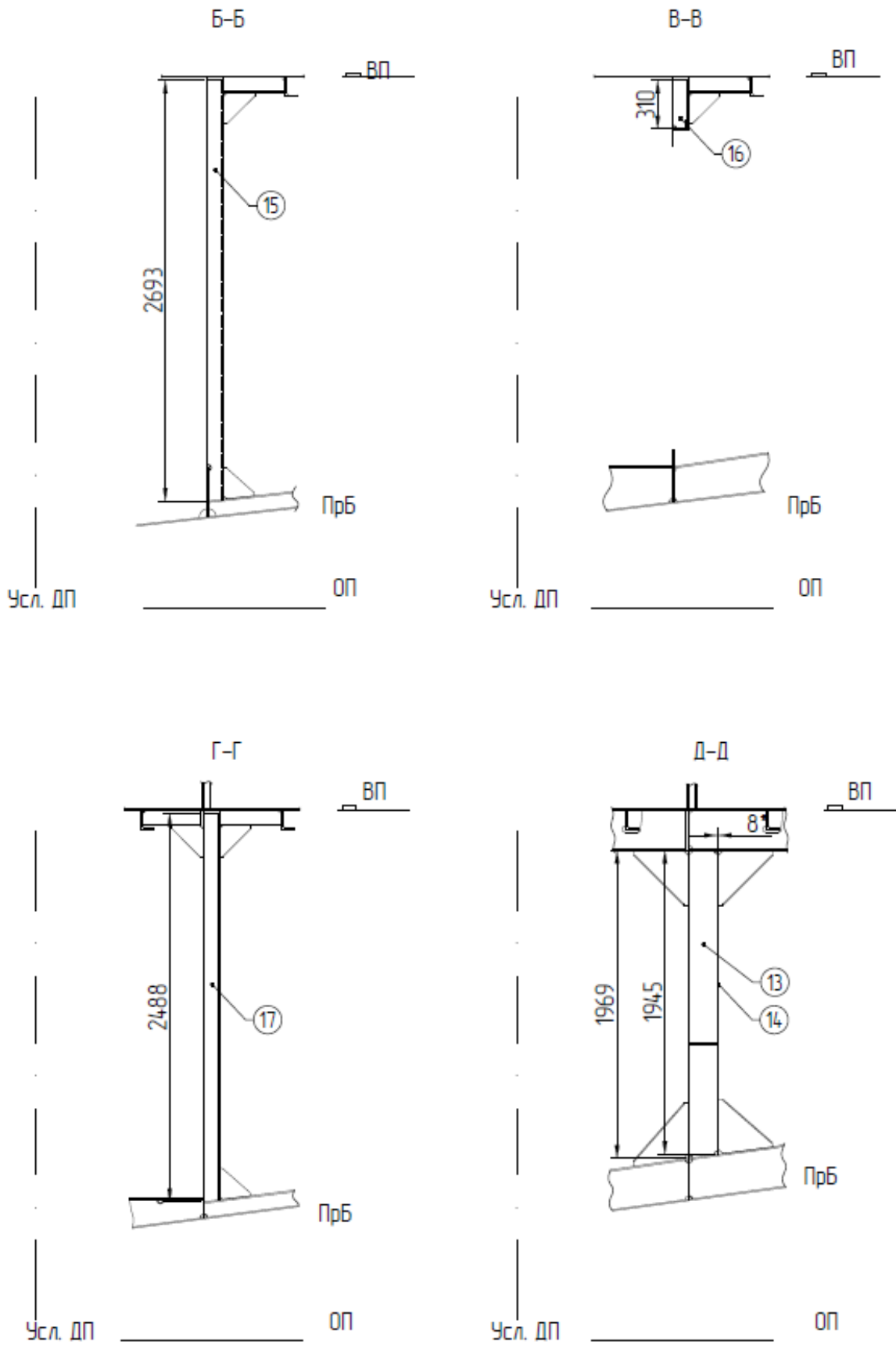


Рисунок 4.

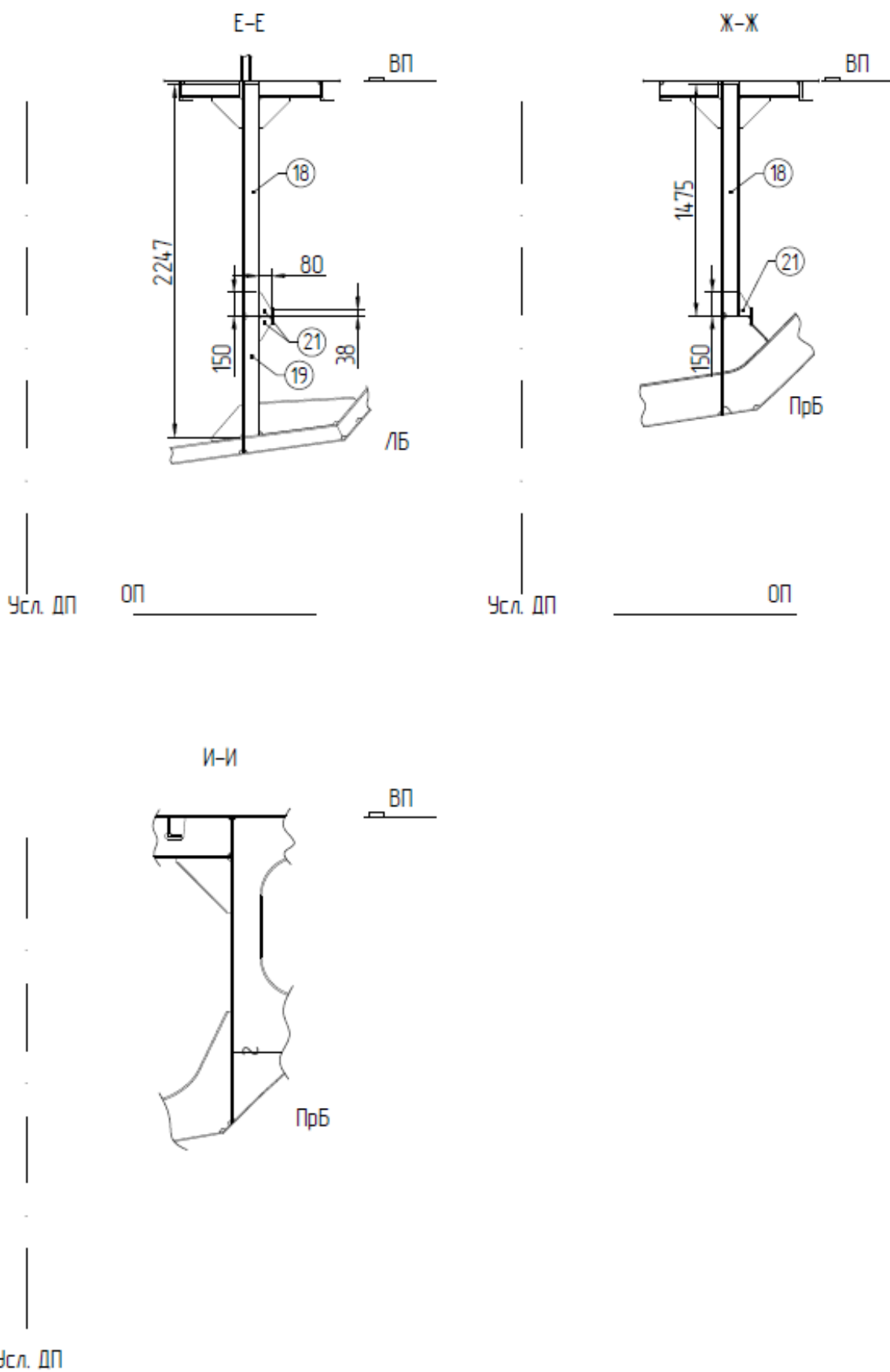


Рисунок 5.



Приложение №2. Укрупненные нормативы времени по сборке корпусных конструкций

**Карта 1**

**СБОРКА ПЛОСКИХ ПОЛОТНИЦ ИЗ ЛИСТОВ**

Содержание работы

Уложить листы на место сборки полотна, совместить кромки листов стыковать и закрепить прихватки, обжать по плоскости, проверить контур полотна. Сдать работу.

Толщина листа, S, мм	В и д л и с т а				
	плоский			гофрированный (коробчатого профиля)	гофрированный (волнистого профиля)
	М е с т о с б о р к и п о л о т н и щ а				
	на стенде	на магнитном стенде с флюсовыми подушками	на плите	на стенде-постели с сечением, фиксирующим профиль гофра	
Норма времени на 1 м соединения, ч					
2	0,35	0,21	0,27	0,30	0,32
4	0,33	0,20	0,26	0,29	0,31
6	0,32	0,19	0,25	0,27	0,30
8	0,33	0,19	0,26	0,28	0,31
10	0,33	0,20	0,26	0,29	0,31
15	0,36	0,22	0,29	0,31	0,34
20	0,39	0,23	0,31	0,33	0,36
25	0,41	0,25	0,33	0,35	0,38
30	0,44	0,26	0,35	0,38	0,42
35	0,48	0,28	0,39	0,41	0,45
40	0,52	0,31	0,41	0,44	0,47
50	0,57	0,34	0,45	0,48	0,53
Разряд работы	2,50 (3;2)			3,13 (4;2)	

**П р и м е ч а н и я :**

1 При сборке полотенц к норме времени карты следует применять коэффициенты:

**0,90** – толщиной от 4 до 10 мм с применением магнитного прижима для стыкования кромок;

**1,20** – при сборке узлов набора из листов (вертикальный киль, стрингеры, флоры, комингсы и т.д.);

**1,20** – при стыковании переборок и выгородок с комингсами;

**0,80** – на обжатие кромок при сборке нахлесточного соединения листов;

**1,15** – под сварку автоматом с обратным формированием шва;

**1,20** – с криволинейными стыкуемыми кромками или кромками, образующими внутренний контур

**1,1** – такелажные работы.

**СБОРКА ТАВРОВЫХ УЗЛОВ НАБОРА НА ПЛИТЕ.**

Содержание работ

Уложить пояска и лист стенки на плиту. Разметить на пояске место установки стенки. Установить по разметке стенку на пояска. Проверить перпендикулярность стенки с пояском. Подогнать и обжать стенку к пояску, закрепить прихватками. Сдать работу.

Высота Н, м листа стенки	Вид таврового узла											
	Прямолинейный						Криволинейный					
	Толщина листа стенки S, мм											
	4	6	10	15	20	30	4	6	10	15	20	30
	Норма времени на 1 м соединения, ч											
0,1	0,13	0,13	0,15	0,16	0,17	0,20	0,16	0,17	0,18	0,20	0,22	0,25
0,2	0,14	0,14	0,16	0,17	0,19	0,22	0,17	0,18	0,19	0,21	0,23	0,27
0,4	0,15	0,16	0,17	0,19	0,21	0,24	0,19	0,20	0,22	0,24	0,26	0,31
0,6	0,17	0,18	0,19	0,21	0,23	0,27	0,21	0,22	0,24	0,27	0,29	0,34
0,8	-	0,20	0,21	0,24	0,26	0,30	-	0,25	0,27	0,29	0,32	0,37
1,0	-	-	0,23	0,26	0,28	0,33	-	-	0,29	0,32	0,35	0,41
1,5	-	-	0,28	0,31	0,31	0,40	-	-	0,35	0,38	0,42	0,49
2,0	-	-	0,33	0,37	0,4	0,46	-	-	0,42	0,46	0,50	0,58
2,5 (3;2)							.3,1 (4;2)					

**Примечания:**

1 Норма времени в карте рассчитана на сборку тавровых узлов с шириной пояска до 0,2 м, криволинейных со стрелкой погиба до 150 мм на 1 м длины.

2 При сборке узлов набора таврового соединения к норме времени по карте следует применить коэффициенты:

**1,20** – криволинейных со стрелкой погиба более 150 мм на 1 м длины к графе «Криволинейный»;

**1,20** – со сломом пояска;

**1,10** – имеющих пояски шириной до 0,40м;

**1,15** – имеющих пояски шириной до 0,60м;

**0,80** – в приспособлении;

Приложение №2 (продолжение)

**Карта 17**

**УСТАНОВКА НА ПОЛОТНИЦЕ НАБОРА ПОЛОСОБУЛЬБОВОГО И УГЛОВОГО ПРОФИЛЯ**  
**Содержание работы**

Установить набор по разметке, выровнять, проверить, обжечь к полотнищу и закрепить прихватками. Сдать работу.

Наименование профиля			Вид полотнища		
Полособульбовый несимметричный	Угловой		без погиби	с погибью в одном направлении	с погибью в двух направлениях
	равнобокий	неравнобокий			
Номер профиля Z			Норма времени на 1 м соединения, ч		
5	4	4,5/2,8	0,11	0,13	0,15
8	5,5	6,3/4	0,12	0,15	0,16
14	9	10/6,3	0,15	0,18	0,21
20	14	16/10	0,18	0,1	0,25
27	18	20/12,5	0,21	0,25	0,29
-	25	25/16	0,24	0,28	0,33
Разряд работы			2,50 (3;2)	3,13 (4;2)	3,53 (4;3)

**Примечание:** При установке набора на полотнище к норме времени по карте следует применять коэффициенты:

- 1,2** – на полотнище толщиной до 4 мм;
- 1,5** – набора в районе выкружек;
- 0,9** – с применением магнитного прижима;
- 0,9** – полосового набора (к полособульбовому набору);
- 1,1** – симметричного полособульба;
- 1,1** – встык на ранее выставленные шельфы, бракетты.
- 1,1** – такелажные работы.

**Карта 18**

**УСТАНОВКА НАБОРА ТАВРОВОГО ПРОФИЛЯ НА ПОЛОТНИЦЕ**  
**Содержание работы**

Установить тавровые узлы набора по разметке на полотнище, выровнять, проверить, обжечь к полотнищу и закрепить прихватками. Сдать работу.

Толщина стенки набора S, мм	Высота набора Н, м								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0
Норма времени на 1 м соединения, ч									
5	0,19	0,21	0,23	0,25	0,30	0,34	0,36	0,49	0,60
10	0,20	0,22	0,25	0,27	0,32	0,36	0,41	0,53	0,65
15	0,22	0,24	0,26	0,29	0,34	0,39	0,44	0,56	0,69
20	-	-	0,28	0,31	0,37	0,42	0,47	0,60	0,74
25	-	-	0,30	0,33	0,39	0,44	0,49	0,64	0,78
30	-	-	0,32	0,35	0,41	0,47	0,52	0,68	0,83

**Примечания:**

1. При установке набора на полотнище к норме времени следует применять коэффициенты:
  - 1,20** – с пересечением выставл. набора (с вырезами для набора) и с обжатием к набору;
  - 1,15** – в зазор между выставленным набором;
  - 1,50** – в районе выкружек;
  - 1,40** – двутаврового профиля;
  - 1,50** – швеллерного профиля;
  - 1,0** – Г-образного сварного набора.
  - 1,1** – такелажные работы.

Приложение №2 (продолжение)

**Карта 28**

### СТЫКОВАНИЕ, ОБЖАТИЕ (примыкание) КРОМОК КОНСТРУКЦИЙ

Содержание работы

Совместить и подогнать стыкуемые, примыкаемые кромки с помощью приспособлений, закрепить прихватками. Сдать работу.

Наименование соединения кромок конструкции	Толщина соединяемых кромок S, мм										
	2	4	6	10	15	20	25	30	35	40	50
	Норма времени на 1 м соединения, ч										
Стыкование	0,28	0,27	0,26	0,28	0,31	0,34	0,38	0,41	0,44	0,48	0,54
Обжатие (примыкание)	0,22	0,21	0,20	0,21	0,24	0,26	0,29	0,31	0,33	0,37	0,41

**Примечания:**

1 При стыковании, обжатии (примыкании) кромок конструкций к норме времени по карте следует применять коэффициенты:

**1,2** – гофрированных;

**0,8** – без набора;

**1,2** – под вертикальную автоматическую старку;

**1,1** – на эластичнее технологические гребенки с учетом их изготовления.

**1,1** – такелажные работы.

**Карта 31**

### УСТАНОВКА КНИЦ, БРАКЕТ И АНАЛОГИЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Содержание работы

Разметить и установить детали с подгонкой по месту, проверить, обжать и закрепить прихватками. Сдать работу.

Толщина детали s, м	Полупериметр детали P, м									
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	5,0
	Норма времени на одну деталь, ч									
2	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	-	-	-	-	-
4	0,10	0,12	0,13	0,14	0,16	0,21	-	-	-	-
10	0,14	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,37	0,49	0,65	1,97
15	0,17	0,19	0,21	0,24	0,27	0,35	0,47	0,62	0,81	2,47
20	0,22	0,24	0,27	0,30	0,34	0,44	0,59	0,77	1,02	3,10
25	0,27	0,30	0,34	0,38	0,42	0,56	0,74	0,97	1,28	3,89
30	-	0,38	0,42	0,47	0,53	0,70	0,93	1,22	1,61	4,89
35	-	0,48	0,53	0,60	0,67	0,88	1,16	1,53	2,02	6,14
40	-	0,60	0,67	0,75	0,84	1,11	1,46	1,92	2,54	7,72

**Примечания:**

1 Норма времени в карте рассчитана на установку деталей на плоскую поверхность в нижнем положении с обжатием по двум кромкам.

2 При установке деталей к норме времени по карте следует применять коэффициенты:

**0,7** – по одной кромке;

**1,2** – по трем кромкам;

**1,3** – по четырем кромкам;

**1,2** – с вырезами для выставленного набора;

**1,2** - в объемных секциях;

**0,8** - с нахлесточным соединением (внакрой);

**0,8** - без разметки.

**2,0** – при притыкании к литью.

**1,1** – такелажные работы.

Приложение №2 (продолжение)

**Карта 46**

### УСТАНОВКА И ПРОВЕРКА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ПОСТЕЛИ

#### Содержание работы

Установить постель по разметке на сборочную площадку, выровнять, проверить, закрепить. Подготовить постель под установку шаблона. Изготовить и установить стойки с разметкой под шаблоны. Установить шаблоны, закрепить, проверить, причертить и перенести контрольные риски с шаблонов на лекалы, кернить. Снять шаблоны. Сдать работу.

Наименование операций	Сумма основных размеров Р, м							
	4	6	8	10	15	20	30	40
	Норма времени на одну постель, ч							
Установка и проверка постели	-	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	10,0	12,0
	Норма времени на один шаблон, ч							
Установка шаблонов, проверка обводов лекала	0,7	1,1	1,7	2,4	-	-	-	-

**Примечания:**

1. При проверке установки постелей и шаблонов на постель к норме времени по карте следует применять коэффициенты:

**0,8** – с помощью оптических приборов;

**1,2** – с погибью в двух направлениях;

**1,5** – секций оконечностей.

3 При установке сухарей (планок) на лекала постели по установленным шаблонам норму времени брать по 0,08 на 1 шт.

При обрезке сухарей(планок) газовым резаком по разметке с зачисткой норму времени брать по 0,04 ч за 1 шт.

**1,1** – такелажные работы.

**Карта 54**

### РАЗМЕТКА МЕСТ УСТАНОВКИ ПРОДОЛЬНОГО И ПОПЕРЕЧНОГО НАБОРА

#### Содержание работы

Построить контрольные и базовые линии, контур, наметить точки продольного и поперечного набора, пробить меловой ниткой, кернить. Сдать работу.

Наименование размечаемой конструкции	Способ разметки		Разряд работ
	по рейкам с плаза	по эскизам	
	Норма времени на 1 м размечаемой линии, ч		
Узлы и секции, собираемые на плите	0,026	0,038	2,50 (3;2)
Секции, собираемые на постелях, кроме секции оконечностей	0,038	0,060	3,13 (4;2)
Секции оконечностей	0,60	0,084	3,73 (5;2)

**Примечания:**

1 Норма времени карты рассчитана на разметку мест установки набора с построением контрольных линий при суммарной длине размечаемых линий не менее 20 м.

2 При разметке мест установки узлов и деталей к норме времени по карте следует применять коэффициенты:

**1,30** – фундаментов;

**1,50** – с применением шлангового уровня;

**1,40** – при помощи отвеса;

**1,30** – криволинейных линий;

**1,20** – линий длиной менее 10 м;

**1,10** – линий длиной менее 20 м;

3 При разметке мест установки мелких деталей норму времени за одну деталь брать по **0,05ч**.

Приложение №2 (продолжение)

**Карта 57**

**ПРАВКА КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**  
(после сварки)

Содержание работы

Осмотреть конструкцию, наметить участки, подлежащие правке. Выправить конструкцию, проверить. Сдать работу.

Наименование конструкций	Толщина обшивки конструкции S, мм						
	2	4	6	10	15	20	
Тавровый или Г-образный сварной набор	31	30	29	28	26	25	
Фундаменты, мачты	-	35	32	22	16	10	
Палубы, платформы, фальшборта, переборки	14	13	12	11	10	9	
Люковые закрытия	4		3		2		
Блоки и секции надстроек и рубок	8						
Днищевые секции	Плоскостные	12	11	10	9	8	7
	Объемные	13	12	11	10	9	8
Блоки секций и блоки корпуса							
Секции борта и оконечностей	Плоскостные	15	14	13	12	11	10
	Объемные						
Разряд работы	4,11 (5;3)			3,53 (4;3)			

**Примечания:**

1 Процентное соотношение правки конструкций от сборочных работ установлено по максимальному значению и может быть уменьшено в зависимости от конкретного объема работ по правке конструкций; определяется технологом и нормировщиком с выходом на рабочее место.

2 Допустимый метод правки сварных конструктивных конструкций предусмотрен согласно РД5.9621.

**Решение задачи №2. Технология судостроения**

Решение задачи выполнено в табличной форме в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Расчет трудоемкости сборки секции продольной переборки

<b>Собрать секцию Продольной переборки ЛБ.</b>			
Собрать полотнище продольной переборки (ЛБ) из листов.			
1. Уложить листы на место сборки полотнища <b>поз. 1-4, S8</b> , совместить кромки листов стыковать и закрепить прихватки, обжечь по плоскости, проверить контур полотнища. <b>Лстык=5,8 м.</b> <b>1,1- такелажные работы</b> <b>1,2- с кромками, образующими внутренний контур</b>	$0,33*1,2*1,1*5,8=$	2,53	<b>НД-4, Карта 1</b>
2. Собрать тавровые узлы набора- <b>поз.13 и 14, 9 и 10, 7 и 8, 5 и 6.</b> Уложить пояска и лист стенки на плиту. Разметить на пояске место установки стенки. Установить по разметке стенку на пояска. Проверить перпендикулярность стенки с пояском. Подогнать и обжечь стенку к пояску, закрепить прихватками. <b>Н=0,2 м, Стенки=5 мм, Лсоед=4,56 м</b>	$0,14*1,1*1,1*4,56=$	0,77	<b>НД-4, Карта 3</b>



<p><b>1,1 – имеющих пояски шир до 0,4 м</b>  <b>1,1- такелажные работы</b></p>			
<p>3. Разметить места установки набора. Построить линии продольного и поперечного набора, пробить меловой ниткой, кернить.                  Сдать работу.  <b>Лразм=15,0 м</b>  <b>1,2 – линий длиной менее 10 м</b></p>	$0,038*15,0*1,2=$	0,68	<b>НД-4, Карта 54</b>
<p>4. Установить рамный набор- поз.13+поз.14, T180x5/100x8.  <b>Лсоед=1,95 м</b>  <b>1,1- такелажные работы</b></p>	$0,21*1,1*1,95=$	0,5	<b>НД-4, Карта 18</b>
<p>5. Установить рамный набор- поз.9+10, 7+8, 5+6 T180x5/100x8.  <b>Лсоед=2,9 м</b>  <b>1,1- такелажные работы</b></p>	$0,21*1,1*2,9=$	0,7	<b>НД-4, Карта 18</b>
<p>6. Совместить и подогнать примыкаемые кромки с помощью приспособлений, закрепить прихватками.  <b>Примыкание- L=0,227x2 уч, ΣL=0,6 м, S5</b>  <b>Стыкование- L=0,2x1уч, L=0,1x1 уч, ΣL=0,3 м, S8</b></p>	$(0,2*0,6)+(0,28*0,3)=$	0,2	<b>НД-4, Карта 28</b>
<p>7. Установить холостой набор, уг. 100x63x7- поз.15(1),16(1),17(1), 18(2),19(1),20(1).  <b>ΣL=10,2 м</b>  <b>1,1- такелажные работы</b></p>	$0,15*1,1*10,2=$	1,7	<b>НД-4, Карта 17</b>
<p>8. Совместить и подогнать примыкаемые кромки с помощью приспособлений, закрепить прихватками.  <b>Примыкание-L=0,15x2 уч (дет. 5,6+15;дет.7,8+17)</b>  <b>L=0,163x3 уч (дет. 20+15+16+17)</b>  <b>L=0,163x3 уч (дет.18(2),19+9, 10)</b>  <b>ΣL=1,3 м, S7/S8</b></p>	$0,21*1,3=$	0,3	<b>НД-4, Карта 28</b>
<p>9. Разметить и установить кницы с подгонкой по месту, проверить, обжать и закрепить прихватками: S7                  поз.21 (3)- P/2=0,23 м  <b>1,2- по трем кромкам</b></p>	$0,14*3*1,2=$	0,50	<b>НД-4, Карта 31</b>



Трудоёмкость на сборку секции продольной переборки:		7,82	
<b>10.Править секцию после сварки. Осмотреть конструкцию, наметить участки, подлежащие правке. Выправить конструкцию, проверить.</b> Норма времени правки от сбороч. работ в % сост.- <b>11</b>	$0,11*7,82=$	0,86	<b>НД-4, Карта 57</b>
<b>11.Σ Трудоёмкость сварочных работ составляет 20% от сборочных:</b>	$0,2*7,82$	1,56	
<b>Σ Трудоёмкость составляет</b>	$7,82+0,86+1,56=$	10,3	

### Критерии оценивания задачи №2

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. указаны и посчитаны пункты 1-8 - 10 баллов;
2. указан и посчитан пункт 9 - 1 балл;
3. указан и посчитан пункт 10 - 2 балла;
4. указан и посчитан пункт 11 - 2 балла;

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





### 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. На судне имеются 2 одинаковые топливные цистерны прямоугольной формы, заполненные на 50 %. В рамках модернизации происходит замена установленной на судне кормовой винто-рулевой колонки (ВРК). ВРК поднимается портовым краном из машинного отделения и устанавливается на палубе по левому борту. В результате накренения судна, свободная поверхность в каждой топливной цистерне повернулась на некоторый угол, соответствующий углу крена судна. Требуемые для расчетов и вычислений значения представлены в таблице 1. Необходимо определить:

1. поперечную метацентрическую высоту после снятия ВРК со штатного места до размещения ее на верхней палубе;
2. поперечную метацентрическую высоту судна после размещения ВРК на палубе у левого борта без учета влияния свободной поверхности;
3. угол крена, который получает судна после размещения ВРК на палубе у левого борта;
4. поперечную метацентрическую высоту судна после размещения ВРК на палубе у левого борта с учетом влияния свободной поверхности;
5. угол дифферента, после размещения ВРК на палубе.

Таблица 1. Исходные данные.

Информация по расчетному случаю нагрузки (до снятия ВРК со штатного места, с топливными цистернами, заполненными на 50 %)	
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
Масса и координаты центра тяжести ВРК до демонтажа	
Масса, $m_0$ , т	5,0
Абсцисса центра тяжести, $x_{gВРК0}$ , м	-12,50
Ордината центра тяжести, $y_{gВРК0}$ , м	0
Апplikата центра тяжести, $z_{gВРК0}$ , м	1,50
Координаты центра тяжести ВРК на палубе	
Абсцисса центра тяжести, $x_{gВРК1}$ , м	-5,50
Ордината центра тяжести, $y_{gВРК1}$ , м	-3,50
Апplikата центра тяжести, $z_{gВРК1}$ , м	3,60
Размеры топливной цистерны (одной)	
Длина, $l_{ц}$ , м (вдоль судна)	2,00
Ширина, $b_{ц0}$ , м (поперек судна)	2,00
Высота, $h_{ц}$ , м	1,00
Прочие характеристики	
Удельный вес топлива в цистернах, $\gamma_{топ}$ , т/м <sup>3</sup>	0,8

Примечания:

1. Расчет координат центра масс выполнен в следующей системе координат:
  - по длине (ось  $x$ ) - со знаком "+" – в нос от миделя;
  - 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. Массу ВРК считать «малым грузом» по отношению к судну;

*Справочные данные для решения задачи:*



Приложение №3. Кривые элементов теоретического чертежа

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

Приложение №3. Кривые элементов теоретического чертежа

Таблица ПЗ.1. Кривые элементов теоретического чертежа

T, м	D, т	V, м <sup>3</sup>	X <sub>с</sub> , м	Z <sub>с</sub> , м	S, м <sup>2</sup>	X <sub>f</sub> , м	I <sub>x</sub> , м <sup>4</sup>	I <sub>yf</sub> , м <sup>4</sup>	R <sub>b</sub> , м	RL, м	ZMB, м	δ	α	β	Ω, м <sup>2</sup>
1,45	200,50	200,50	0,000	0,883	213,400	0,000	1297,0	10223,0	6,465	51,0	7,349	0,513	0,796	0,836	247,00
1,46	202,70	202,70	0,000	0,889	214,000	0,000	1302,0	10283,0	6,426	50,7	7,315	0,514	0,797	0,837	247,00
1,47	204,80	204,80	0,000	0,895	214,500	0,000	1308,0	10334,0	6,387	50,5	7,282	0,515	0,798	0,837	248,00
1,48	207,00	207,00	0,000	0,901	215,000	0,000	1314,0	10378,0	6,347	50,1	7,249	0,517	0,798	0,837	249,00
1,49	209,10	209,10	0,000	0,907	215,400	0,000	1319,0	10415,0	6,308	49,8	7,215	0,518	0,799	0,838	250,00
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

Таблица ПЗ.2 – Условные обозначения кривых элементов теоретического чертежа

T, м	Осадка судна	I <sub>yf</sub> , м <sup>4</sup>	Продольный момент инерции Swl
D, т	Водоизмещение судна	R <sub>b</sub> , м	Поперечный метцентрический радиус
V, м <sup>3</sup>	Объемное водоизмещение судна	RL, м	Продольный метацентрический радиус
X <sub>с</sub> , м	Абсцисса центра величины	ZMB, м	Апplikата поперечного метацентра
Z <sub>с</sub> , м	Апplikата центра величины	δ	К-т продольной полноты
S, м <sup>2</sup>	Площадь ватерлинии	α	К-т полноты ватерлинии
X <sub>f</sub> , м	Абсцисса ЦТ ватерлинии	β	К-т полноты мидель-шпангоута
I <sub>x</sub> , м <sup>4</sup>	Поперечный момент инерции Swl	Ω, м <sup>2</sup>	Площадь смоченной поверхности



### Решение задачи №3. Остойчивость и непотопляемость

*Задание №1. Определение поперечной метацентрической высоты после снятия ВРК со штатного места до размещения ее на верхней палубе.*

1. Пересчитывается случай нагрузки судна с учетом снятия ВРК

№ п/п	Наименование	Масса, т	X, м	Y, м	Z, м	Mx, т·м	My, т·м	Mz, т·м
1	Судно в расчетном случае нагрузки	215,0	0	0	2,350	0	0	505,25
2	ВРК	-5,0	-12,500	0	1,500	62,50	0	-7,50
<b>Итого:</b>		<b>210,0</b>	<b>0,297</b>	<b>0</b>	<b>2,370</b>	<b>62,50</b>	<b>0</b>	<b>497,75</b>

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

$$z_{mb1} = 7,201$$

3. Определяется новое значение поперечной метацентрической высоты:

$$h_1 = z_{mb1} - z_{g1} = 7,201 - 2,370 = 4,831 \text{ м.}$$

*Задание №2. Определение поперечной метацентрической высоты судна после размещения ВРК на палубе у левого борта без учета влияния свободной поверхности.*

1. Пересчитывается случай нагрузки судна с учетом размещения ВРК на палубе

№ п/п	Наименование	Масса, т	X, м	Y, м	Z, м	Mx, т·м	My, т·м	Mz, т·м
1	Судно без ВРК	210,0	0,297	0	2,370	62,50	0	497,75
2	ВРК	5,0	-5,500	-3,500	3,600	-27,50	-17,5	18,0
<b>Итого:</b>		<b>215,0</b>	<b>0,162</b>	<b>-0,081</b>	<b>2,399</b>	<b>35,00</b>	<b>-17,5</b>	<b>515,75</b>

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

$$z_{mb2} = 7,127$$

3. Определяется новое значение поперечной метацентрической высоты:

$$h_2 = z_{mb2} - z_{g2} = 7,127 - 2,399 = 4,728 \text{ м.}$$

*Задание №3. Определение угла крена, который получает судна после размещения ВРК на палубе у левого борта.*

1. Так как масса ВРК считается «малым грузом», по отношению к общему водоизмещению судна, то для расчета угла крена допустимо использование формулы начальной поперечной метацентрической высоты:

$$\theta = \frac{M_{кр}}{D_2 h_2} = \frac{m_0 y_{gВРК1}}{D_2 h_2} = \frac{5 \cdot (-3,5)}{215 \cdot 4,728} = 0,0172 \text{ рад} = 0,986 \text{ град.}$$

*Задание №4. Определение поперечной метацентрической высоты судна после размещения ВРК на палубе у левого борта с учетом влияния свободной поверхности.*

1. Свободная поверхность в топливных цистернах учитывается поправкой к поперечной метацентрической высоте. Поправка определяется учетом удельного веса жидкости в цистерне и моментом инерции свободной поверхности относительно ее продольной оси.

Ввиду того, что цистерна прямоугольная, то в не наклоненном состоянии ширина свободной поверхности была бы равна  $b_{ц0} = 2,0$  м, а длина -  $l_{ц} = 2,0$  м. После наклонения судна на  $\theta = 0,986$  град, длина свободной поверхности не увеличилась, а ширина стала равной

$$b_{ц1} = \frac{b_{ц0}}{\cos \theta} = \frac{2,0}{\cos 0,986} = \frac{2,0}{0,999} = 2,0 \text{ м}$$



Так как угол накренения достаточно мал, ширина свободной поверхности не меняется, поэтому ее изменением можно пренебречь.

2. Определяется момент инерции свободной поверхности жидкости в цистерне:

$$i_x = \frac{b_{ц0} l_{ц}^3}{12} = \frac{2 \cdot 2^3}{12} = 1,33 \text{ м}^4$$

3. Определяется поправка к метацентрической высоте:

$$\Delta h = -\frac{\gamma_{\text{топ}} i_x}{D_2} = -\frac{0,8 \cdot 1,33}{215} = -0,005 \text{ м}$$

2. Определяется поперечная метацентрическая высота с учетом поправок от двух цистерн:

$$h_3 = h_2 + 2\Delta h = 4,728 - (2 \cdot 0,005) = 4,718 \text{ м}$$

*Задание №5. Определение угла дифферента, после размещения ВРК на палубе.*

1. Расчет угла дифферента выполнен при рассмотрении размещения ВРК на палубе у ЛБ, как «перенос груза», в рамках судна.

Тогда вес переносимого груза,  $m_0 = 5,0 \text{ т}$ , водоизмещение судна составляет  $D_0 = D_2 = 215,0 \text{ т}$ .

2. Плечо переноса груза вдоль оси X:

$$l_{x2} = x_{g\text{ВРК}1} - x_{g\text{ВРК}0} = -5,5 - (-12,5) = 7,00 \text{ м.}$$

3. Плечо переноса груза вдоль оси Z:

$$l_{z2} = z_{g\text{ВРК}1} - z_{g\text{ВРК}0} = 3,60 - 1,50 = 2,10 \text{ м.}$$

4. Для расчета продольной метацентрической высоты, с КЭТЧ линейной интерполяцией определяются аппликата центра величины и продольный метацентрический радиус:

$$R_2 = 48,8 \text{ м} ; z_{c2} = 0,923 \text{ м.}$$

5. Определяется продольная метацентрическая высота:

$$H_2 = R_2 - z_{c2} - z_{g2} = 48,8 - 0,923 - 2,399 = 45,478$$

6. Определяется угол дифферента:

$$\psi = \frac{m_0}{D_0} \frac{l_{x2}}{H_2 - \frac{m_0}{D_0} \cdot l_{z2}} \cdot (57,3) = \frac{5}{215} \cdot \frac{7}{45,478 - \frac{5}{215} \cdot 2,10} \cdot (57,3) = 0,205 \text{ град.}$$

### 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. определена поперечная метацентрическая высота после снятия ВРК со штатного места до размещения ее на верхней палубе – 3 балла;

2. определена поперечная метацентрическая высота судна после размещения ВРК на палубе у левого борта без учета влияния свободной поверхности - 3 балла;

3. определен угол крена, который получает судна после размещения ВРК на палубе у левого борта - 3 балла;

4. определена поперечная метацентрическая высота судна после размещения ВРК на палубе у левого борта с учетом влияния свободной поверхности - 6 баллов;

5. определен угол дифферента, после размещения ВРК на палубе - 5 баллов.

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 определить минимально необходимый диаметр штурвала в рулевой рубке исходя из требований Регистра к минимально допустимому усилию рулевого при управлении судном, имеющим максимальную скорость 8 узлов в пресной воде.

Указания к выполнению:

- Рулевое устройство судна состоит из пластинчатого пера руля. Геометрические характеристики рулевого органа показаны на рисунке 6.
- Крутящий момент от баллера передается на штурвал при помощи штуртросового привода в соответствии со схемой, показанной на рисунке 7. КПД каждого шкива штуртросового привода, в том числе оси штурвала, принять 0,98.
- Максимально допустимое усилие рулевого к штурвалу принять – 160 Н.
- Диаметр оси штурвала принять 200 мм.

Справочные данные для решения задачи:

Приложение №4. Гидродинамические характеристики судового руля

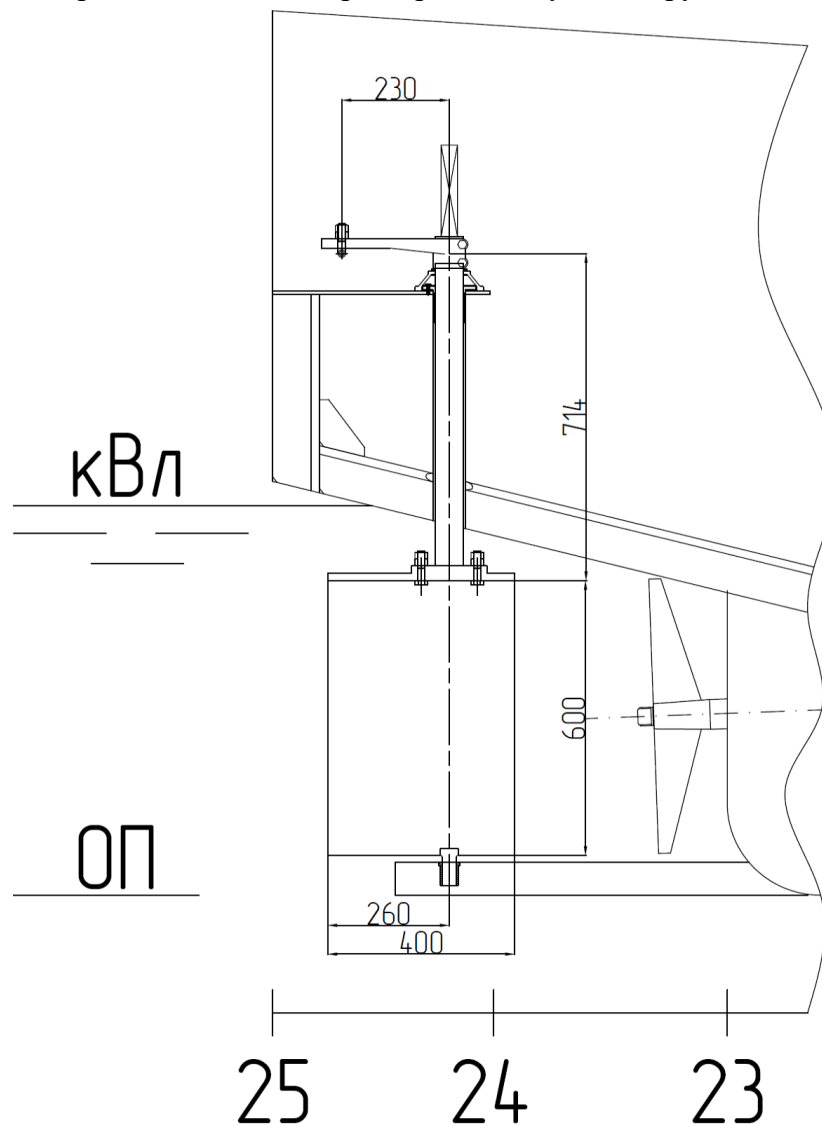


Рисунок 6. Геометрические характеристики рулевого органа судна

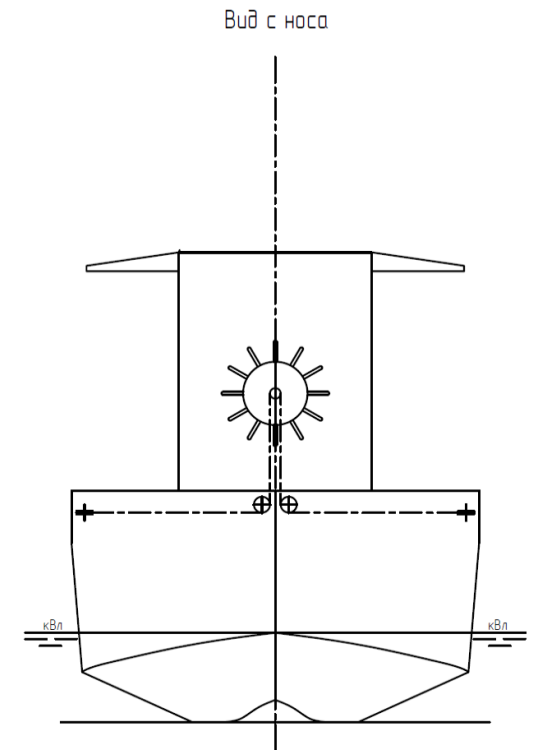
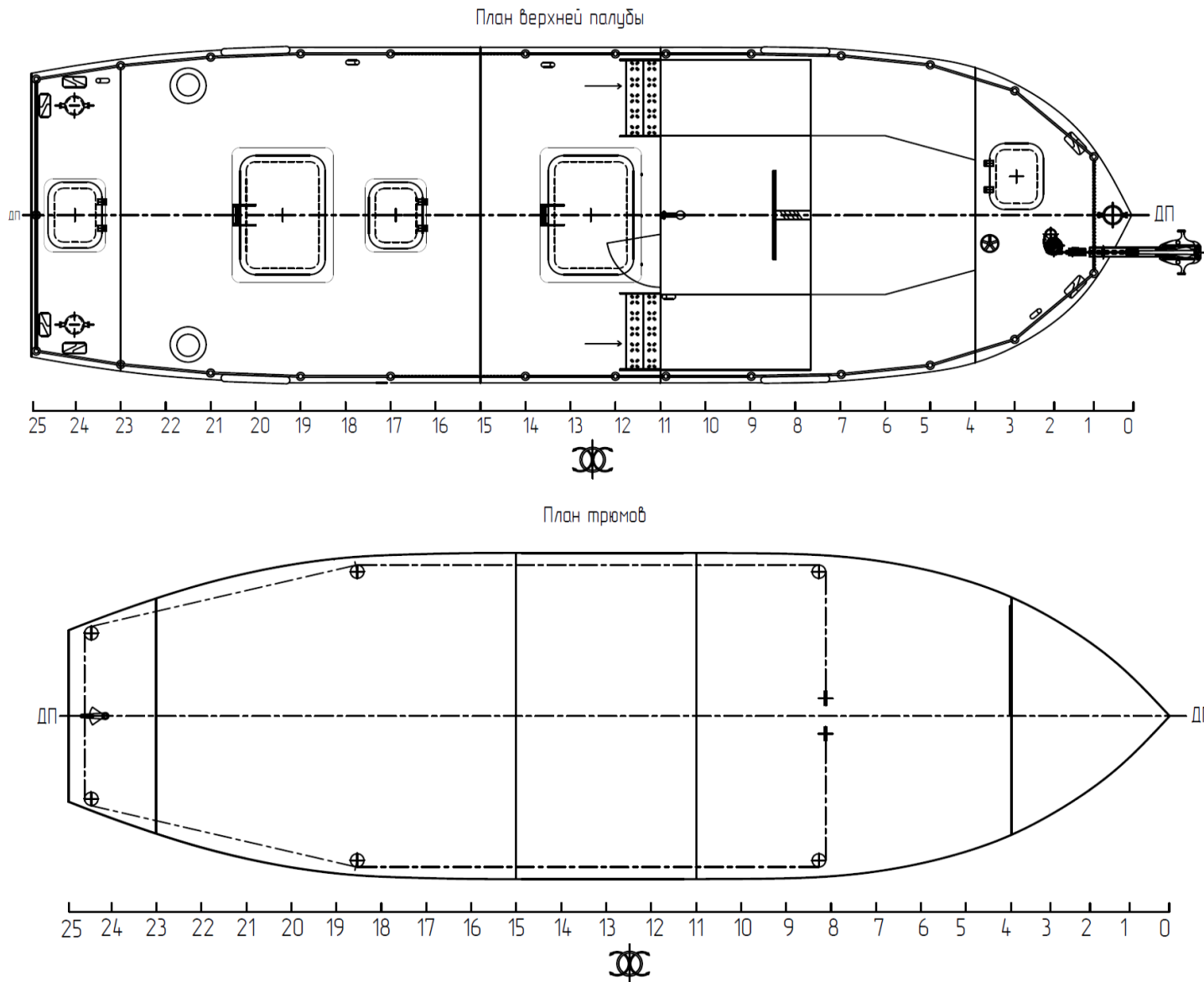
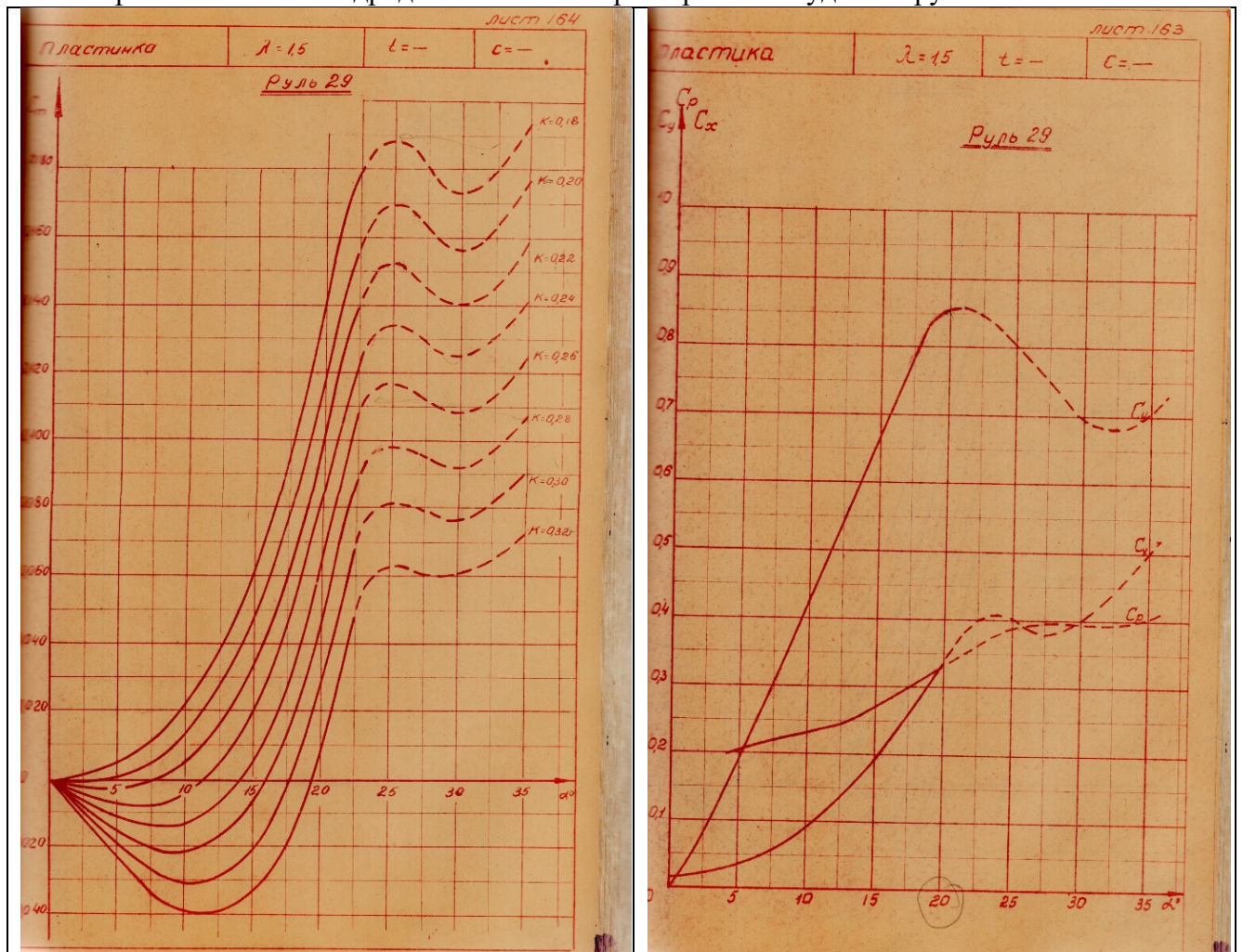


Рисунок 7. Схема штуртросового привода

Приложение №4. Гидродинамические характеристики судового руля



Условные обозначения, принятые на рисунках:

$C_x$  – коэффициент лобового сопротивления;

$C_y$  – коэффициент подъемной силы;

$C_p$  – коэффициент центра давления;

$C_m$  – коэффициент момента, относительно оси баллера;

$\lambda$  – относительное удлинение пера руля;

$K$  – коэффициент компенсации;

$\alpha$  – угол атаки, градусы.

**Решение задачи №4. Судовые устройства**

1. Определение максимального крутящего момента на баллере.

Для определения максимального крутящего момента на баллере для начала необходимо определить максимальное значение нормальной силы  $N$ , н, по формуле:

$$N = X * \sin(\alpha) + Y * \cos(\alpha), \text{ где}$$

$X$  – лобовое сопротивление;  $Y$  – подъемная сила, рассчитываемые по формулам:

$$X = C_x * \rho * \frac{V^2}{2} * S;$$

$$Y = C_y * \rho * \frac{V^2}{2} * S, \text{ где}$$

$\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  – плотность воды;

$V = 8 * 0.514 = 4.112 \text{ м/с}$  – скорость судна

$S = 0.6 * 0.4 = 0.24 \text{ м}^2$  – площадь пера руля.



Снимаются данные с графиков приложения №4 и рассчитывается лобовая сила  $X$ , подъемная сила  $Y$  и нормальная сила  $N$ :

Коэф/угол	5	10	15	20	25	30	35
$C_x$	0,04	0,09	0,19	0,34	0,4	0,4	0,5
$C_y$	0,19	0,43	0,67	0,86	0,8	0,69	0,7
$C_p$	0,21	0,23	0,27	0,33	0,39	0,39	0,4
$X, Н$	81	183	386	690	812	812	1015
$Y, Н$	386	873	1359	1745	1623	1618	1420
$N, Н$	391	891	1413	1876	1814	1618	1745

Очевидно, что максимальный крутящий момент будет при угле атаки 20 градусов.

Максимальный крутящий момент будет вычисляться по формуле:

$$M = N * (\text{хц. д.} - a), Н * м$$

где,  $a$ -расстояние оси баллера от передней кромки руля

хц. д. =  $C_p * b$ , где  $b$  – ширина пера руля.

Таким образом крутящий момент будет равен,  $M = 1876 * (0.33 * 0.4 - 0.14) = -15,008 Н*м$ .

2. Расчетное усилие, прилагаемое штуртросом, с учетом КПД шкивов, рассчитывается по формуле:

$$F = M / (0.23 * \eta), \text{ где}$$

$\eta = 0,98^9 = 0.83$  - КПД шкивов

0,23 м – расстояние от оси баллера до точки крепления штуртроса на румпеле.

$$\text{Таким образом, } F = \frac{15,008}{0,23 * 0,83} = 78,6Н$$

Требуемый крутящий момент на оси штурвала будет составлять  $78,6 * 0,2 = 15,72 Н*м$

Исходя из требований минимально допустимом усилие в 160 Н, минимальный диаметр штурвала будет  $15,72 / 160 = 0,098 м$ .

#### 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 общая нормальная сила на пере руля – 2 балла;
3. определено крутящий момент на баллере – 2 балла;
4. учтено КПД шкивов штуртроса – 2 балла.
4. определен минимально допустимый размер штурвала – 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 судно со следующим символом класса: **KM \* Ice3 AUT1 container ship**.

Главные размерения:

- Длина наибольшая – 88,65 м;
- Длина между перпендикулярами – 85,35 м;
- Ширина – 15,0 м;
- Высота борта на миделе – 7,325 м;
- Осадка в полном грузу – 6,35 м.
- Осадка балластная – 3,20 м.

Общее расположение представлено на рисунке 8. На рисунке 9 приведена принципиальная схема системы водяного пожаротушения судна.

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

*Справочные данные для решения задачи:* не предоставляются

### Решение задачи №5. Судовые системы

На указанной принципиальной схеме имеются следующие ошибки:

1. Кингстон (поз.4) располагается выше балластной ватерлинии. Т.е., в случае, когда судно находится в балласте, вода в систему поступать не будет.

Необходимо – расположить кингстон в подводной части судна.

2. В соответствии с заданием, судно имеет ледовую категорию ICE3. Следовательно, забор воды должен осуществляться через ледовый ящик, препятствующий попаданию в систему мусора, битого льда и препятствующий замерзанию кингстона.

Необходимо – предусмотреть на судне ледовый ящик, из которого будет «питаться» система.

3. Кингстон (поз. 4) имеет невозвратную конструкцию. На схеме он установлен неправильно, т.е. вода не может поступать в систему.

Необходимо – установить кингстон правильно, т.е. «перевернуть» кингстон.

4. Согласно схеме, в системе установлен центробежный насос НЦВ 25/16, т.е. насос с расходом 25 м<sup>3</sup>/ч и напором 16м. Палуба мостика располагается на высоте 18 150 мм от ОП судна. Учитывая, что насос располагается в нижней части судна, непосредственно рядом с днищем, то его напора будет недостаточно для тушения пожара на палубе мостика судна.

Необходимо – заменить насос с другими характеристиками, в частности, с увеличенным напором.

5. Все трубопроводы на судне 76x4,0 мм, что соответствует условному диаметру DN65. Вся арматура на судне (гидранты, фильтры) имеют условный диаметр DN 65. Однако, кингстон имеет условный диаметр DN40. Малый условный диаметр кингстона не позволит обеспечить требуемый расход воды в системе.

Необходимо – увеличить условный диаметр кингстона до DN65.

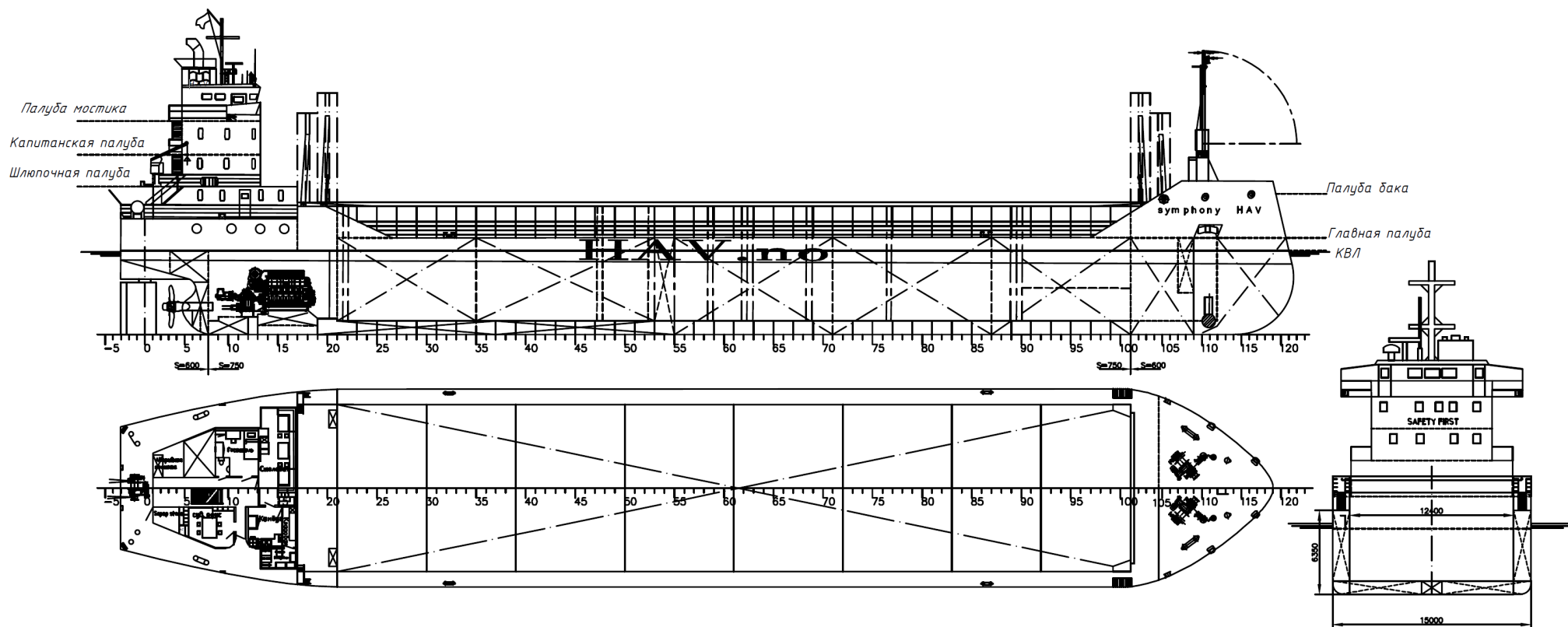


Рисунок 8. Чертеж общего расположения судна



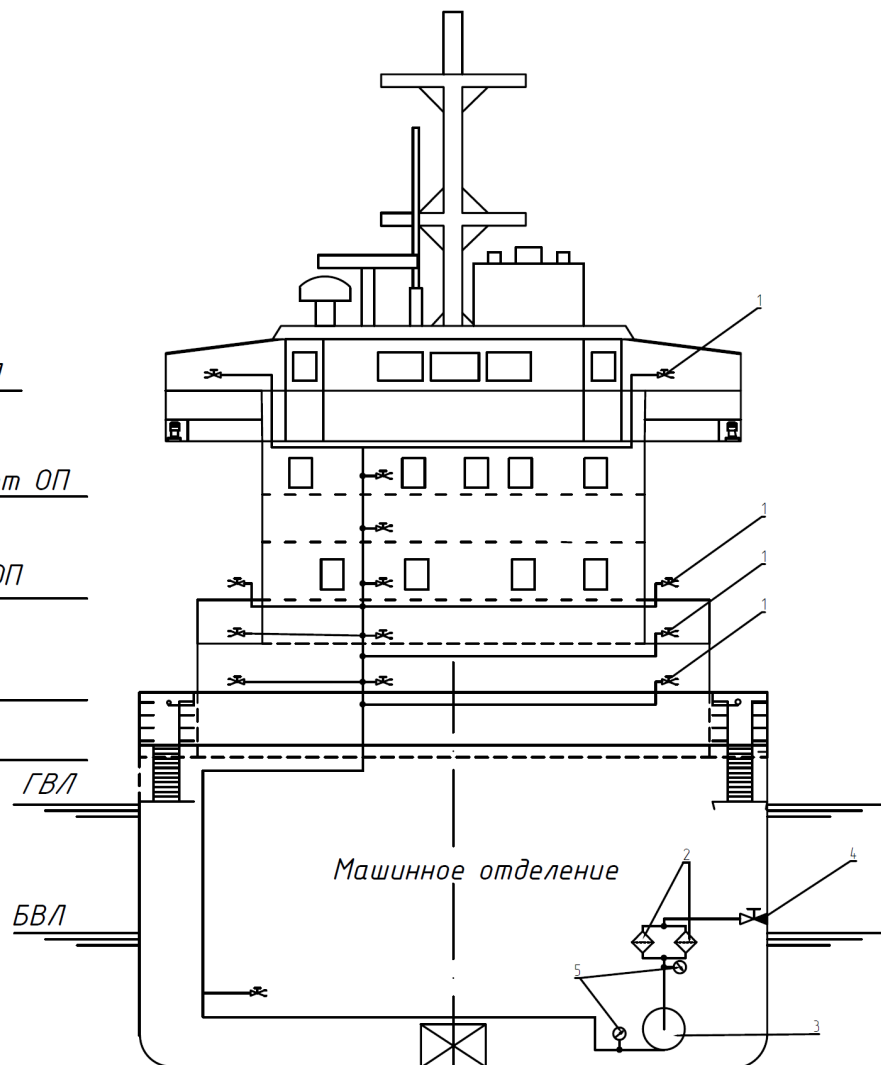
Палуба мостика 18 150 от ОП

Капитанская палуба 15 300 от ОП

Шлюпочная палуба 12185 от ОП

Палуба Бака 8750 от ОП

Верхняя палуба 7325 от ОП



Условные обозначения	
	Фильтр
	Пожарный гидрант запорный
	Кингстон невозвратно-запорный
	Насос центробежный

Трубы и соединения				
DN, мм	Толщина стенки	Материалы и стандарты		
		Материал	Сортамент	Соединения
76	4,0	B20	ГОСТ 8732-78	ГОСТ16037-80

Оборудование				
Поз.	Кол-во	Наименование	Технические данные	Поставщик и модель
3	1	Насос центробежный	25 м <sup>3</sup> /ч	НЦВ 25 / 16

Изделия и арматура				
Поз.	Кол-во	Наименование	Примечание	
1		Пожарный гидрант запорный, DN 65		
2		Фильтр, DN 65		
4		Кингстон невозвратно-запорный, DN 40		
5		Манометр, DN 10, DN 6		

1. Рабочее давление в системе – 3,0 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.

Рисунок 9. Принципиальная схема системы водяного пожаротушения 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 расположением кингстона выше ватерлинии – 2 балла;
2. определено наличие ошибки в системе, связанная с отсутствием кингстонного (ледового) ящика – 2 балла;
3. определено наличие ошибки в системе, связанная с неправильной установкой кингстона невозвратно-запорной конструкции – 2 балла;
4. определено наличие ошибки в системе, связанная с недостаточной производительностью насоса системы – 2 балла;
5. определено наличие ошибки в системе, связанная с несоответствием размера (условного диаметра) кингстона – 2 балла;

### Задача №6. Ходкость

Построить кривую буксировочного сопротивления,  $R = f(v_s)$ , и буксировочной мощности натурального судна  $N = f(v_s)$ , длиной  $L = 120$  м, в функции от скорости судна  $v_s$ , по данным испытания его модели в пресной воде с  $t=10^\circ\text{C}$ , изготовленной с масштабным числом 20, с площадью смоченной поверхности  $2,02$  м<sup>2</sup>. Результаты испытания: при  $v_m = 0,65; 1,15; 1,65; 2,15$  м/сек, сопротивление модели составило  $R_m = 0,235; 0,650; 1,480; 3,05$  кгс.

Принять, что кинематическая вязкость воды для натуре соответствует той же, что для модели, а плотность воды для натуре принять по исходным данным.

Справочные данные:

1. Кинематическая вязкость пресной воды при  $t=10^\circ\text{C}$ ,  $\nu=1,3063 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с;
2. Плотность пресной воды,  $\rho_m = 1000$  кг/м<sup>3</sup>;
3. Плотность морской воды,  $\rho_n = 1025$  кг/м<sup>3</sup>;
4. Ускорение свободного падения,  $g=9,815$  м/с<sup>2</sup>;
5. Формула коэффициента трения пластины:

$$\zeta_{\text{тр}} = \frac{0,455}{(\lg Re)^{2,58}}$$

### Решение задачи №6. Ходкость

Решение данной задачи происходит в следующей последовательности:

1. определяется длина модели, для дальнейшего расчета составляющих коэффициентов сопротивления, по формуле:

$$L_m = M \cdot L_n. \quad (1.1)$$

2. определяются расчетные величины числа Рейнольдса и Фруда для модели:

$$Re_m = \frac{v \cdot L_m}{\nu}. \quad (1.2)$$

$$Fr_m = \frac{v}{\sqrt{g \cdot L_m}}. \quad (1.3)$$

3. рассчитывается коэффициент трения эквивалентной пластины для модели:

$$\zeta_{\text{трм}} = \frac{0,455}{(\lg Re_m)^{2,58}} \quad (1.4)$$

4. используя данные по сопротивлению модели, рассчитывается ее остаточное сопротивление:

$$\zeta_{\text{ост}} = \frac{2R_M}{\rho_M \cdot v^2 \cdot \Omega_M} - \zeta_{\text{тр}} \quad (1.5)$$

5. рассчитывается скорость натуры, м/с:

$$v_H = v \cdot \sqrt{M} \quad (1.6)$$

6. рассчитывается скорость натуры, узлы:

$$v_s = \frac{v}{0,515} \quad (1.7)$$

7. рассчитывается число Рейнольдса для натуры:

$$Re_H = \frac{v \cdot L_M \cdot M}{\nu} \quad (1.8)$$

8. рассчитывается коэффициент трения эквивалентной пластины для натуры:

$$\zeta_{\text{трн}} = \frac{0,455}{(\lg Re_H)^{2,58}} \quad (1.9)$$

9. рассчитывается сопротивление трения натуры без поправки на шероховатость:

$$R_{\text{тр}} = \zeta_{\text{трн}} \cdot \frac{\rho_H \cdot v_H^2 \cdot \Omega_H}{2} \quad (1.10)$$

10. рассчитывается остаточное сопротивление натуры без поправки на шероховатость:

$$R_{\text{ост}} = \zeta_{\text{ост}} \cdot \frac{\rho_H \cdot v_H^2 \cdot \Omega_H}{2} \quad (1.11)$$

11. рассчитывается полное сопротивление натуры без поправки на шероховатость:

$$R_o = R_{\text{ост}} + R_{\text{тр}} \quad (1.12)$$

12. рассчитывается полное сопротивление натуры с поправкой на шероховатость:

$$R = R_o \cdot \left( 1 + \frac{\Delta \zeta_{\text{ш}}}{\zeta_{\text{трн}} + \zeta_{\text{ост}}} \right) \quad (1.13)$$

13. рассчитывается буксировочную мощность натуры:

$$N = R \cdot v_H \quad (1.14)$$

Результаты расчетов представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1. Расчет буксировочного сопротивления и мощности

№ п/п	$v_m$ , м/сек	$R_m$ , кгс	$R_m$ , Н	$Re_m \cdot 10^{-6}$	$F_{ГМ}$	$\zeta_{ГРМ} \cdot 10^{-3}$	$\zeta_{ост} \cdot 10^{-3}$	$v_n$ , м/с	$v_n$ , уз	$Re_n \cdot 10^{-8}$	$\zeta_{ГРМ} \cdot 10^{-3}$	$R_{ГР}$ , кН	$R_{ост}$ , кН	$R_o$ , кН	$R$ , кН	$N$ , кВт
1	0,650	0,235	2,31	2,99	0,085	3,67	1,73	2,91	5,7	2,67	1,86	6,51	6,06	12,57	12,58	36,6
2	1,15	0,650	6,38	5,28	0,150	3,33	1,44	5,14	10,0	4,72	1,73	18,9	15,8	34,72	34,72	178,6
3	1,65	1,480	14,5	7,58	0,215	3,14	2,14	7,38	14,4	6,78	1,65	37,2	48,3	85,47	85,48	630,8
4	2,15	3,05	29,9	9,88	0,280	3,01	3,40	9,62	18,7	8,83	1,60	61,1	130,3	191,32	191,33	1839,7

На рисунках 7.1 и 7.2 представлены графики  $R = f(v_s)$  и  $P = f(v_s)$  соответственно.

$$R=f(v_s)$$

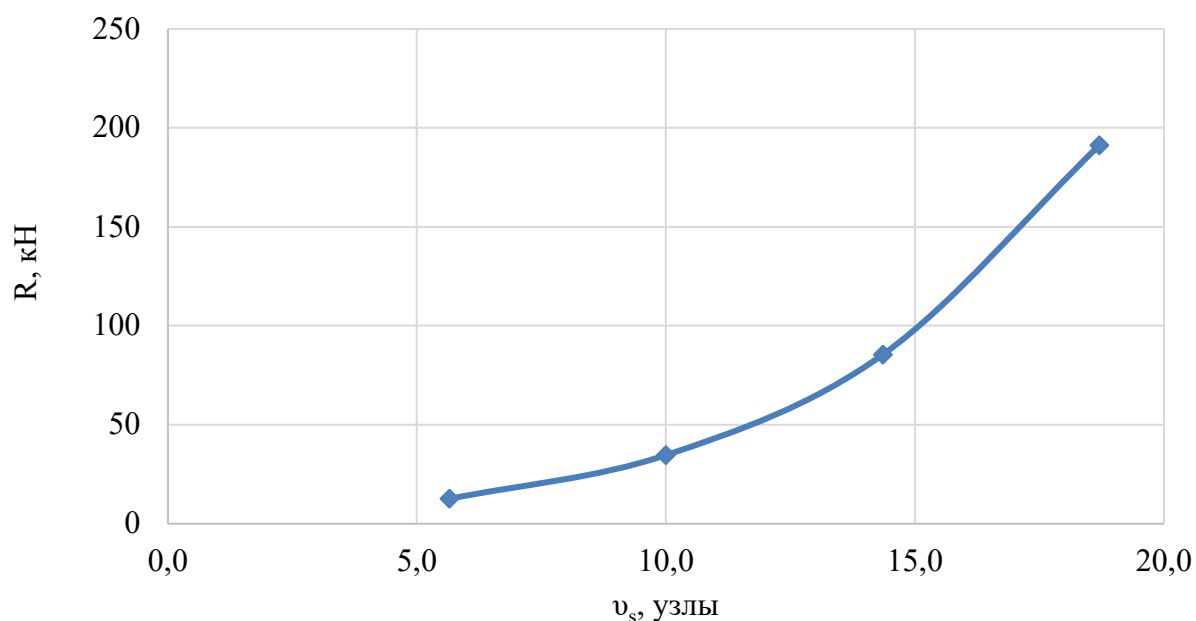


Рисунок 7.1. График зависимости  $R = f(v_s)$

$$P=f(v_s)$$

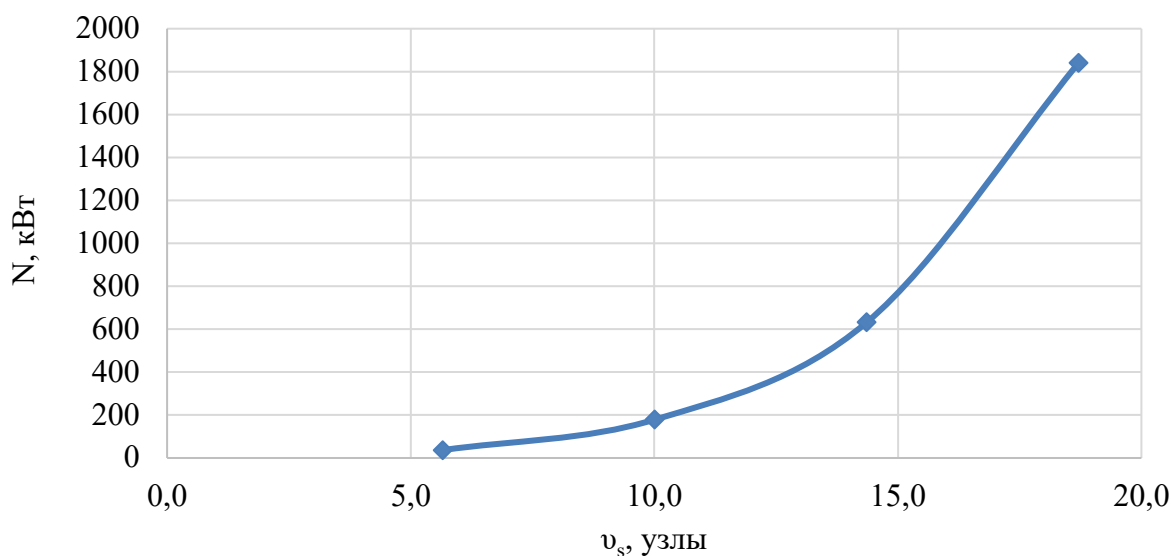


Рисунок 7.2. График зависимости  $P = f(v_s)$

**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. определено сопротивление трения эквивалентной пластины – 2 балла;
3. определено остаточное сопротивления судна – 2 балла;
4. определено полное сопротивление судна с учетом шероховатости и построен график – 4 балла;
5. определена буксировочная мощность судна и построен график – 2 балла.

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