



# Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» «Техника и технологии кораблестроения и водного транспорта»

11 класс

Заключительный этап

2024-2025

## Задания, ответы и критерии оценивания

### Задача 1 (40 баллов)

| Максимальная оценка за задание | Решение расчетной части | Наглядность схем |
|--------------------------------|-------------------------|------------------|
| Макс. 40б.                     | Макс. 30б.              | Макс. 10б.       |

Яхта стоит на якорю. Глубина моря на месте стоянки  $h$  - 15м. Якорная цепь натянута под углом  $30^\circ$  к горизонту

Масса якоря - 63кг, масса одного метра якорной цепи калибра 12,5 мм - 3,7кг, плотность стали  $\rho_c$  - 7850 кг/м<sup>3</sup>, плотность морской воды  $\rho$  - 1025кг/м<sup>3</sup>.

Процесс снятия судна с якоря разделяется на три этапа:

I этап – подтягивание судна к якорю – характеризуется постоянным натяжением якорной цепи

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

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

Посчитайте с каким усилием  $P_{\text{ц}}$  якорный механизм начинает выбирать якорную цепь (I этап) и с каким усилием  $P_{\text{я}}$  подымает якорь после отрыва от грунта (III-этап). Решение аргументируйте схемой действия сил.

*Вес цепи считать равномерно распределенными по всей длине натянутой цепи, ускорение свободного падения  $g = 9.8 \text{ м/с}^2$ .*

*Высоту надводного борта до клюза (отверстие в борту для пропускания якорной цепи), сопротивление воды и трения в клюзе в расчеты не принимать.*

### Решение.

Найдем сначала длину цепи на первом этапе  $L = h/\sin 30^\circ$ ,

масса всей погруженной цепи  $M_{\text{ц}} = m_{\text{ц}} \cdot h/\sin 30^\circ$ . Так-как якорь лежит на грунте, его вес не участвует в натяжении цепи. Найдем вес всей погруженной цепи  $P_o = M_{\text{ц}} \cdot g$ . Так-как мы рассматриваем натянутую цепь, то точку приложения сил будем рассматривать как результирующую посередине погруженной цепи (провисом цепи можно пренебречь).

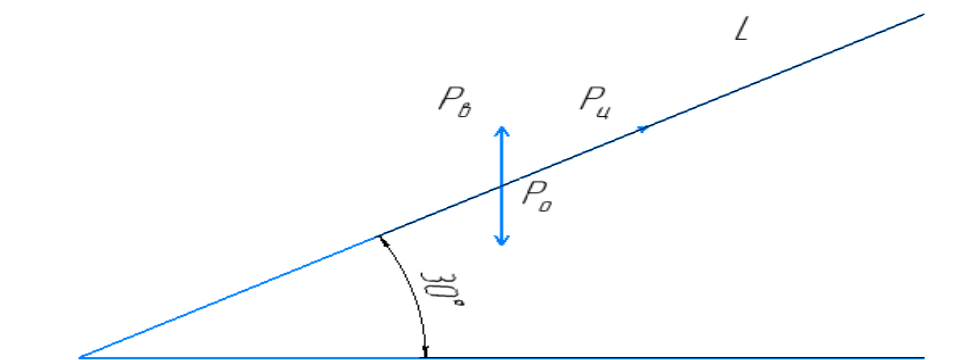


Рис.1

I этап. На цепь также действует выталкивающая сила  $P_в = V_ц * g * \rho$

$V_ц = M_ц / \rho_с$ .  $P_в = (M_ц / \rho_с) * g * \rho$ . Из схемы действия сил рис.1 видно, что  $P_ц = (P_o - P_в) / \sin 30^\circ = ((m_ц * h / \sin 30^\circ) * g - ((m_ц * h / \sin 30^\circ) / \rho_с) * g * \rho) / \sin 30^\circ$

$$P_ц = ((3,7 * 15 / 0,5) * 9,81 - ((3,7 * 15 / 0,5) / 7850) * 9,81 * 1025) / 0,5 = 1894 \text{ Н}$$

III этап. Так-как якорь подымается вертикально, то

$$P_я = (m_ц * h + m_я) * g - ((m_ц * h + m_я) / \rho_с) * g * \rho = (3,7 * 15 + 63) * 9,81 - ((3,7 * 15 + 63) / 7850) * 9,81 * 1025 = 1010 \text{ Н}$$

Ответ:  $P_ц = 1894 \text{ Н}$ ,  $P_я = 1010 \text{ Н}$

## Задача 2 (40 баллов)

| Максимальная оценка за задание | Решение расчетной части | Наглядность схем |
|--------------------------------|-------------------------|------------------|
| Макс. 40б.                     | Макс. 25б.              | Макс. 15б.       |

Скорость яхты, идущей в галфвинд правым галсом (под углом  $90^\circ$  к ветру, дующему справа)  $v_1$  - 2 узла (1 узел - 1,852 км/час) см.рис.1, сила сопротивления воды при этой скорости  $F_1$  - 80 Н. Площадь паруса  $S$  - 40 м<sup>2</sup>. Угол установки паруса к ДП (Диаметральная плоскость - вертикальная плоскость, проходящая по центру судна от кормы в нос)  $\alpha$  -  $45^\circ$ . Скорость ветра увеличилась до  $v_0$  - 9 м/с.

Посчитайте скорость яхты  $v_2$  при этом ветре, учитывая, что сила сопротивления воды увеличивается пропорционально квадрату увеличения скорости яхты и сила давления ветра определяется формулой  $W = 0,5 * S * \rho * v_0^2$ . Где  $W$  - сила ветра в Н,  $v_0$  - скорость ветра м/с,  $\rho$  - плотность воздуха = 1,225 кг/м<sup>3</sup>. Решение аргументируйте схемой действия сил на парус.

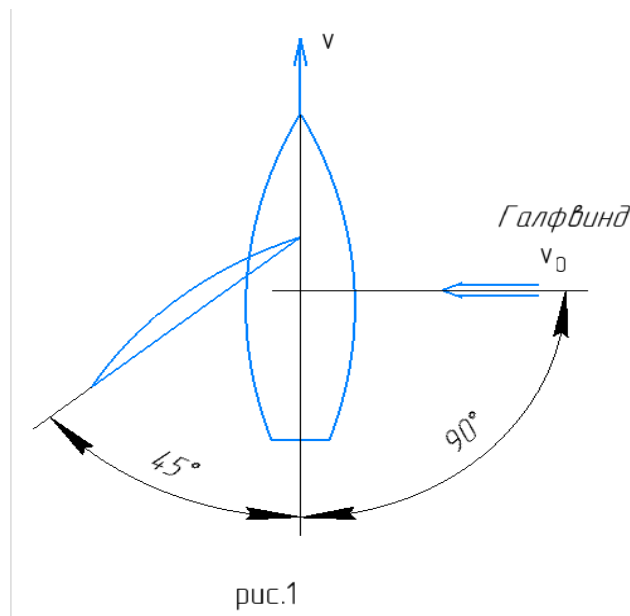


рис.1

### Решение:

Рассмотрим силы воздействия на парус, из схемы рис.2 видно, что  $F_T = F_B$  так-как  $= F_B / \cos a$ ,  $F_T = \sin a * W = F_B * 1/a = F_B * 1$ .

$$\sin 45^\circ = \cos 45^\circ$$

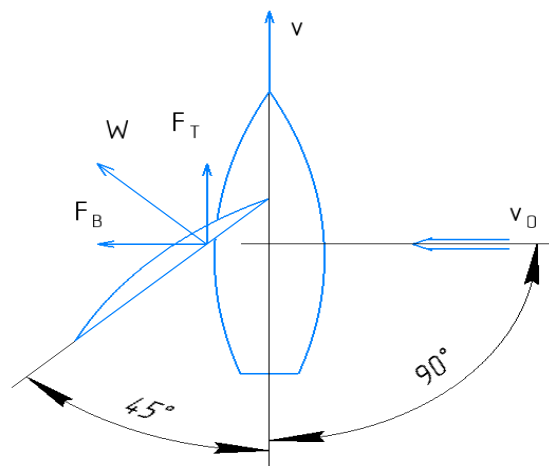


рис.2

Также очевидно, что толкающая сила ветра будет уменьшаться с увеличением скорости яхты. Формулу  $W$  можно записать в таком виде

$$W = 0.5 * \rho * (v_0 - v_2)^2, F_T = \sin a * 0.5 * S * \rho * (v_0 - v_2)^2.$$

Скорость яхты  $v_2$  установится тогда, когда толкающая сила ветра сравняется с силой сопротивления воды, то есть  $F_T = F_2$ . можем найти из квадратичной зависимости от скорости  $F_2 = F_1 * (v_2 / v_1)^2$ . Отсюда

$F_1 \cdot (v_2/v_1)^2 = \sin \alpha \cdot 0.5 \cdot \rho \cdot (v_0 - v_2)^2$ .  $F_1 \cdot v_2^2 / v_1^2 = \sin \alpha \cdot 0.5 \cdot S \cdot \rho \cdot (v_0 - v_2)^2$  Подставим числовые значения в равенство:

$$80 \cdot v_2^2 / 1^2 = 0,707 \cdot 0,5 \cdot 40 \cdot 1,225 \cdot (9 - v_2)^2,$$

$$4,632 \cdot v_2^2 = 81 - 18 v_2 + v_2^2$$

$$3,632 v_2^2 + 18 v_2 - 81 = 0$$

Решим квадратное уравнение:

$$v_2 = (-18 \pm \sqrt{18^2 + 4 \cdot 3,632 \cdot 81}) / (2 \cdot 3,632),$$

Так-как скорость яхты не может быть отрицательной в нашем случае, то

$$v_2 = 2,58 \text{ м/с} = 5 \text{ узлов}$$

**Ответ: 5 узлов**

### Задача 3 (20 баллов)

| Максимальная оценка за задание | Решение расчетной части |
|--------------------------------|-------------------------|
| Макс. 20б.                     | Макс. 20б.              |

Для поднятия грота (задний парус на яхте) используется шкотовая лебедка диаметр барабана которой  $d_b$  -100мм, длина рукоятки  $L$  -200мм, передаточное отношение  $n$  – 2/1 (то есть за два оборота рукоятки барабан делает один оборот и протягивает фал.) Сила натяжения фала (веревка, служащая для поднятия и спуска паруса) при поднятии грота  $P$  – 250Н. Необходимо определить усилие на рукоятке  $P_p$  при поднятии грота, а также мощность  $N$  необходимую для поднятия паруса за  $t$  – 10с на высоту  $H$  – 5м

#### Решение:

Найдем усилие на рукоятке  $P_p = P \cdot d_b / (2 \cdot n \cdot L) = 250 \cdot 0.1 / (2 \cdot 2 \cdot 0.2)$

$$P_p = 31,25 \text{ Н.}$$

$$\text{Мощность } N = P \cdot H / t = 250 \cdot 5 / 10 = 125 \text{ Вт}$$

Ответ:  $P_p = 31,25 \text{ Н}$ ,  $N = 125 \text{ Вт}$