



# 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  $m_{ц}$  - 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  $P_{ц}$  якорный механизм начинает выбирать якорную цепь (I этап) и с каким усилием  $P_{я}$  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  $g = 9.8м/с^2$ .*

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

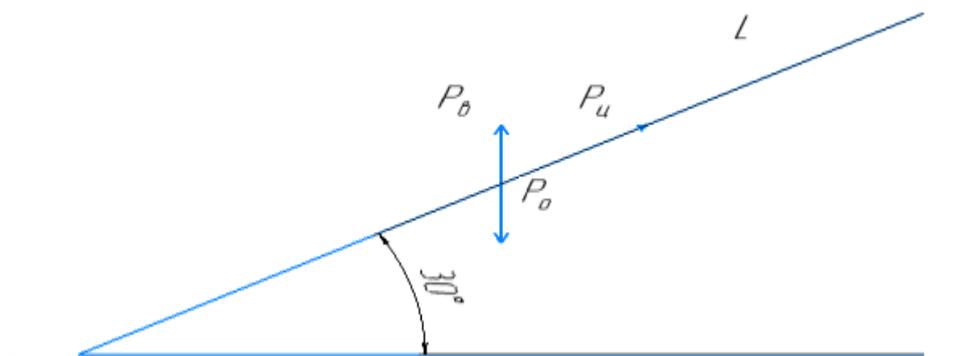


Рис.1

I этап. На цепь также действует выталкивающая сила  $P_b = V_{ц} * g * \rho$

$V_{ц} = M_{ц} / \rho_c$ .  $P_b = (M_{ц} / \rho_c) * g * \rho$ . Из схемы действия сил рис.1 видно, что  $P_{ц} = (P_o - P_b) / \sin 30^\circ = ((m_{ц} * h / \sin 30^\circ) * g - ((m_{ц} * h / \sin 30^\circ) / \rho_c) * g * \rho) / \sin 30^\circ$

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

III этап. Так-как якорь подымается вертикально, то

$$P_{я} = (m_{ц} * h + m_{я}) * g - ((m_{ц} * h + m_{я}) / \rho_c) * g * \rho = (3,7 * 15 + 63) * 9,81 - ((3,7 * 15 + 63) / 7850) * 9,81 * 1025 = 1010 \text{ Н}$$

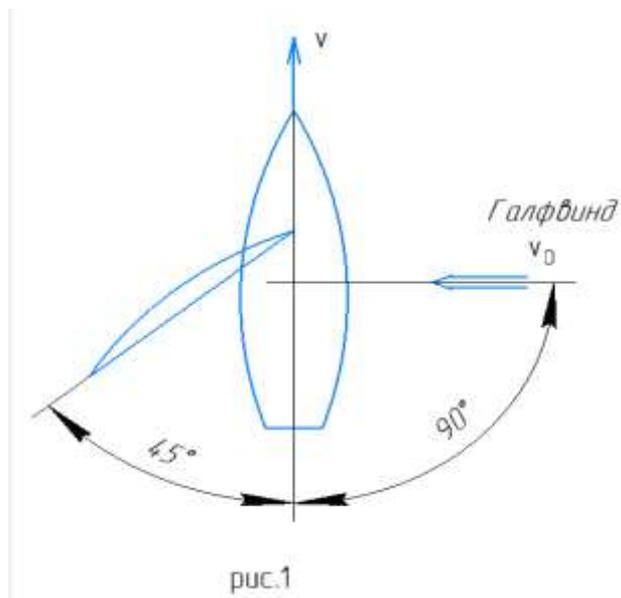
Ответ:  $P_{ц} = 1894 \text{ Н}$ ,  $P_{я} = 1010 \text{ Н}$

### 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.

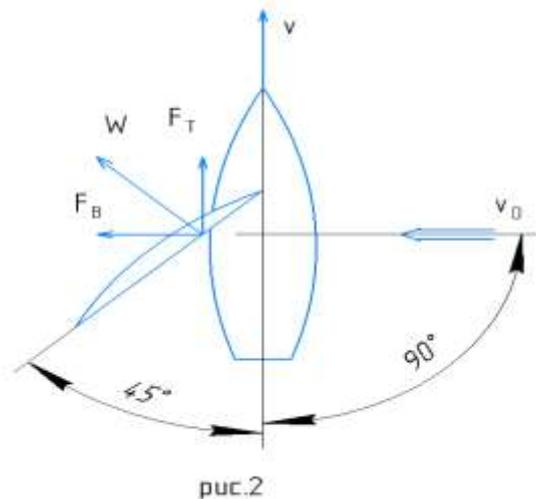
Посчитайте скорость яхты  $v_2$  при этом ветре, учитывая, что сила сопротивления воды увеличивается пропорционально квадрату увеличения скорости яхты и сила давления ветра определяется формулой  $W = 0.5 * S * \rho * v_0^2$ . Где  $W$  - сила ветра в Н,  $v_0$  - скорость ветра м/с,  $\rho$  - плотность воздуха = 1,225 кг/м<sup>3</sup>. Решение аргументируйте схемой действия сил на парус.



### Решение:

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

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



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

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

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

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

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

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

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

Решим квадратное уравнение:

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

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  $d_b = 100 \text{ мм}$ , длина рукоятки  $L = 200 \text{ мм}$ , 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  $P = 250 \text{ Н}$ . Необходимо определить усилие на рукоятке  $P_p$  при поднятии грота, а также мощность  $N$  необходимую для поднятия паруса за  $t = 10 \text{ с}$  на высоту  $H = 5 \text{ м}$

#### Решение:

Найдем усилие на рукоятке  $P_p = P * d_b / (2 * n * L) = 250 * 0,1 / (2 * 2 * 0,2)$

$$P_p = 31,25 \text{ Н.}$$

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

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



# Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда»

## Техника и технологии кораблестроения и водного транспорта»

9-10 классы

Заключительный этап

2024-2025

### Задания, ответы и критерии оценивания

#### Задача 1 (25 баллов)

При проектировании якорного механизма нужно выбрать двигатель к нему со следующими исходными данными:

- при выборке якорной цепи яхты, возникает сила натяжения цепи - 2000н;
- коэффициент, учитывающий потери на трение при прохождении цепи в клюзе (отверстие в борту для пропускания якорной цепи) - 1,2;
- коэффициент полезного действия (кпд) якорного механизма  $\eta$  - 0,7;
- скорость выборки цепи по требованиям морского регистра принимается  $v_{ц}$  - 0,2м/с; коэффициент мощности двигателя  $K_d=2$  (нужен для преодоления силы зацепления якоря с грунтом).

Рассчитать мощность двигателя  $N$  необходимую для поднятия якоря.

#### Решение:

При прохождении цепи в клюзе сила трения составляет 20% от силы натяжения, сила натяжения цепи на якорном механизме  $P_{я} = K_k * P_{ц}$ .

Мощность якорного механизма  $N_{я} = A/t$ , где  $A$  - работа в Дж,  $t$  - время в сек.

Работа  $A = S * P_{я} = P_{я} * v * t$ ,  $N_{я} = P_{я} * v$ . Но так-как КПД якорного механизма  $\eta = 0,7$ , то мощность двигателя  $N = N_{я} * K_d / \eta = K_k * P_{ц} * v * K_d / \eta$

$$N = 1,2 * 2000 * 0,2 * 2 / 0,7 = 1371 \text{ вт} \approx 1,4 \text{ кВт}$$

**Ответ: 1,4 кВт**

#### Задача 2 (25 баллов)

Для электрооборудования парусной яхты необходимо подобрать аккумулятор, емкости  $Q$  которого, хватало для непрерывной работы всех бортовых систем в течение  $t$  - 5 часов. А также подобрать генератор, мощности  $N_g$  которого хватило бы не только на обеспечение работы всех систем, но и на заряд аккумулятора (аккумулятор заряжается силой тока, составляющей 1/10 от полной емкости аккумулятора). Напряжение бортовой сети яхты - 12в.

Яхта будет оборудована тремя ходовыми огнями с лампами мощностью  $N_1$  по 20Вт, двумя светильниками салона мощностью 2 по 25Вт, навигационной группой электроприборов общим током потребления  $I_3$  - 2А, холодильник мощностью  $N_4$  - 90вт (При выборе генератора необходимо учитывать, что при включении компрессора холодильника сила тока потребления компрессором увеличивается до 10 раз). Для

стабильной работы аккумулятора, он не должен разряжаться больше чем на половину своей емкости. Включение всех электроприборов параллельное.

### Решение:

Найдем общую силу тока потребления -  $I = 3N_1 / U + 2 N_2 / U + I_3 + N_4 / U$

Емкость аккумулятора  $Q = 2 t * I = 2 t * (3N_1 / U + 2 N_2 / U + I_3 + N_4 / U)$

$$Q = 2 * 5 (3 * 20 / 12 + 2 * 25 / 12 + 2 + 90 / 12) = 187 \text{ А} * \text{час}$$

Выбираем аккумулятор емкостью  $Q = 200 \text{ А} * \text{ч}$ , зарядный ток

$$I_3 = Q / 10 = 200 / 10 = 20 \text{ А}$$

Подберем генератор по силе тока потребления, где учтем силу тока запуска холодильника

$$I_{\Gamma} = I_{\Pi} + I_3 = (3 * 20 / 12 + 2 * 25 / 12 + 2 + 10 * 90 / 12) + 20 = 86,2 + 20 = 106,2 \text{ А},$$

Мощность генератора =  $I_{\Gamma} * U = 106,2 * 12 = 1274 \text{ Вт}$

Выбираем  $N_{\Gamma} = 1,5 \text{ кВт}$

**Ответ:  $Q = 200 \text{ А} * \text{ч}$ ,  $N_{\Gamma} = 1,5 \text{ кВт}$**

### Задача 3 (25 баллов)

На парусной яхте установлен электродвигатель с питанием от аккумуляторов, который используется для захода и выхода из гавани, для удобной швартовки и т.д. Масса аккумуляторов  $m = 200 \text{ кг}$ , энергоемкость аккумуляторов составляет  $q = 48 \text{ (Вт} \cdot \text{ч) / кг}$ , усилие на гребном винте –  $400 \text{ Н}$ , КПД системы привода гребного винта  $\eta = 0,8$ . Определите максимальное расстояние  $S$ , проходимое яхтой без подзарядки при движении с постоянной скоростью равной  $v = 4 \text{ узла}$  (1 узел =  $1,852 \text{ км/ч}$ ). Необходимо учесть также, что литий-ионные аккумуляторы не рекомендуется разряжать ниже 20% емкости.

### Решение:

$S = v * t$ , где  $t$  – время хода без подзарядки.

Энергоемкость всех аккумуляторов составляет  $Q = m * q * 0,8$ , где 0,8 - 80% заряда аккумуляторов

Определим необходимую мощность для движения яхты  $N = F * v / \eta$ , отсюда  $t = Q / N$ .

$$S = v * m * q * 0,8 / (F * v / \eta)$$

$$S = 2,06 * 200 * 48 * 3600 * 0,8 / (400 * 2,06 / 0,8) = 55 \text{ 296 м} = 55,3 \text{ км}$$

**Ответ:  $S = 55,3 \text{ км}$**

#### Задача 4 (25 баллов)

Корабль движется при помощи гребного винта из 4-х лопастей. Пульсации давления воды от работы винта в кормовой части создают так называемую «лопастную» вибрацию корпуса с частотой 12 Гц. Какова (в оборотах в минуту) частота вращения гребного вала?

#### Решение:

Пусть частота вращения гребного вала равна  $n$  об/мин. Тогда в минуту с учетом 4-х лопастей винт создает  $4 \cdot n$  пульсаций в минуту или  $4 \cdot n / 60$  пульсаций в секунду.

Корпус корабля вибрирует с частотой действующих на него пульсаций, таким образом:  $4 \cdot n / 60 = 12$  Гц. Отсюда  $n = 12 \cdot 60 / 4 = 180$  об/мин.

**Ответ: 180 об/мин.**



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

7-8 классы

Заключительный этап

2024-2025

## Задания, ответы и критерии оценивания

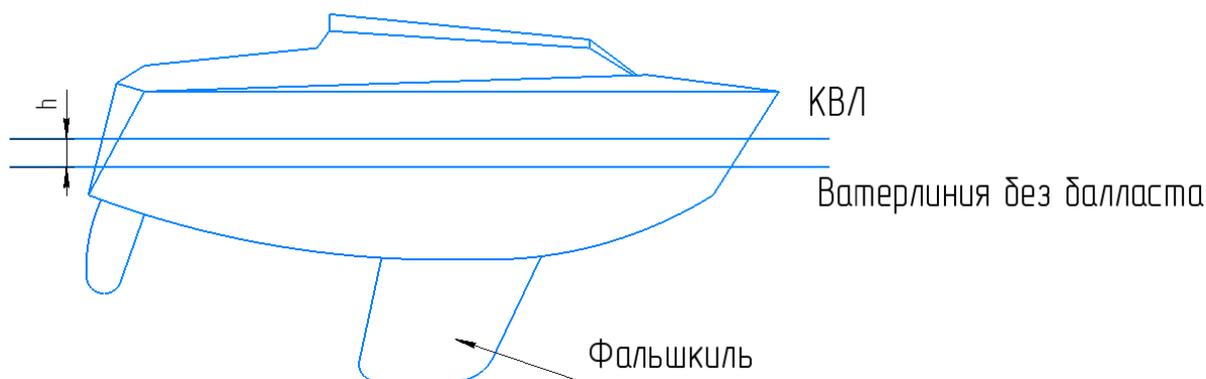
### Задача 1

Максимальная оценка за задание	Решение расчетной части	Новизна идеи проектной части	Наглядность схем проектной части	Обоснование идеи проектной части
Макс. 50б.	Макс. 15б.	Макс. 15б	Макс. 10б.	Макс. 10б.

Для того, чтобы уравновесить яхту и повысить ее остойчивость применяют так называемый фальшкиль, в котором размещают балласт. На яхте в фальшкиль уложили 34 свинцовые чушки объемом по 4 л.

Найдите разницу высоты осадки яхты до загрузки балласта и после. Площадь сечения по ватерлинии в пределах КВЛ плюс минус 0,5м считать неизменной.

Предложите конструкцию фальшкиля и способ укладки свинцовых чушек, учитывая, что чем глубже погружён фальшкиль, тем ниже центр тяжести яхты, что обеспечивает её остойчивость.



### Решение:

Найдем массу свинца  $M_c = \rho_c * V_c = 11341 * 34 * 0,004 = 1542,37\text{кг}$ .

Найдем объем вытесненной воды  $V_v = M_c / \rho_v = 1542,37 / 1025 = 1,5\text{м}^3$ .

Разница осадки  $h = V_v / S = 1.5 / 5 = 0.3\text{м}$

## Задача 2

Максимальная оценка за задание	Решение расчетной части	Наглядность схем
Макс. 30б.	Макс. 20б.	Макс. 10б.

Порт, в который должна прибыть яхта находится на расстоянии  $S$  – 20 миль. Направление ветра навстречу направлению яхты. Чтобы добраться до пункта назначения, яхта идет курсом крутой бейдевинд  $45^\circ$  к ветру (ветер спереди сбоку к курсу корабля  $45^\circ$ ) галсами (отрезок пути судна от поворота до поворота, а также положение судна по отношению ветра) под углом  $90^\circ$  к предыдущему. Скорость яхты  $v$  – 4 узла (1 узел - 1 миля/час)

Необходимо построить схему движения судна и определить зависит ли расстояние, пройденное яхтой относительно воды от количества галсов и соответственно их длины и определить время  $t$ , необходимое для всего пути. Время, потраченное на смену галсов не учитывать, направление ветра на всем продолжении пути неизменно.

### Решение:

Для решения задачи построим схему движения судна рис.1.

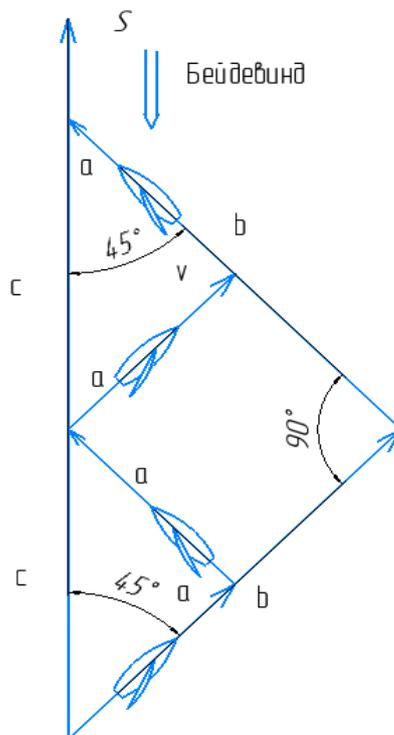


Рис. 1

Очевидно из схемы, что  $b = 2a$ , и  $2$  – расстояние пройденное до пункта прибытия равно или за два галса  $b$ , или за четыре галса. Это можно подтвердить и теоремой

пифагора для прямоугольного треугольника  $c^2 = a^2 + a^2$ ,  $(2c)^2 = (2a)^2 + (2a)^2$ . То есть общее пройденное расстояние не зависит от количества галсов. Насколько длинными должны быть галсы и под каким углом к ветру идти – это уже дело шкипера.

Найдем расстояние относительно воды пройденное яхтой  $S_B = 2 * \sqrt{S^2 / 2}$ , отсюда время затраченное на весь путь

$$t = S_B / v = 2 \sqrt{S^2 / 2} / v = 2 \sqrt{20^2 / 2} / 4 = 7,1 \text{ часа}$$

### Задача 3

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

На кабестан (механизм для передвижения груза, состоящий из вертикального вала, на который при вращении наматывается цепь), приводимый в действие ручным механизмом, (блок радиусом  $R=0,98$  м) наматывается якорная цепь при подъеме якоря. Сколько кругов вокруг кабестана проходят матросы при подъеме якоря с глубины 100 м при высоте борта судна до клюза (круглое, овальное или прямоугольное отверстие в фальшборте, палубе или борту, служащее для пропускания и уменьшения перетирания якорной цепи) 5 м, если они при этом должны давить на рукоять кабестана на расстоянии  $s=0,5$  м от края блока? Какую работу при этом они выполняют, если масса якоря –  $m=500$  кг? Массой цепи и трением пренебречь.

### Решение:

Один виток цепи на блоке кабестана составит  $2\pi R$  м. Общая длина выбираемой цепи –  $L=105$  м. Тогда число витков равно  $n=L/(2\pi R)=17$ , ему соответствует число кругов, пройденных матросами, а их путь  $L_1=n*2\pi*(R+s)=158,085$  м. Так как кабестан – неподвижный блок, то выигрыша в силе он не дает и матросы преодолевают действие на якорь силы тяжести, совершая работу:

$$A=m*g*L_1=500*9,81*158,085=775406,642 \text{ Дж}=775,4 \text{ кДж.}$$

**Ответ: 775,4 кДж.**