

**Демонстрационный вариант практической части
предпрофессионального экзамена
2018-2019 учебный год**

Конструкторское направление

Подводный самолет – аппарат с положительной плавучестью, способный погружаться при движении за счет небольших крыльев, создающих направленную вниз силу.

Аппарат имеет сухую массу 500 кг, вытесняемый объем 0,55 м³, крылья общей площадью 0,01 м² с коэффициентом подъемной силы $C_y = 0,5$, а так же коэффициент гидродинамического сопротивления аппарата $C_x = 0,15$ и площадь поперечного сечения 0,05 м². Аппарат снабжен двумя одинаковыми симметрично расположенными двигателями.

Подъемная сила определяется как:

$$Y = C_y S_{\text{крыла}} \frac{(\rho U^2)}{2},$$

а сила сопротивления как

$$X = C_x S_{\text{попер}} \frac{\rho U^2}{2}.$$

Вопросы

- 1) Определите скорость движения, необходимую для погружения аппарата, а так же потребную силу тяги одного двигателя.
- 2) Определите потребляемую мощность обоих двигателей, если суммарный КПД (электродвигателя с гребным винтом) равен 65%.

Решение:

1) На аппарат в вертикальном направлении действуют три силы: направленная вверх сила Архимеда и направленные вниз сила тяжести и погружающая сила крыльев. Запишем уравнение баланса сил:

$$\rho g V - Mg - C_y S_{\text{крыла}} \frac{\rho U^2}{2} = 0,$$

отсюда можно найти необходимую скорость движения U:

$$U = \sqrt{2g \frac{\rho V - M}{C_y S_{\text{крыла}} \rho}} = 14 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Мощность двигателя можно найти как произведение силы тяги на скорость движения аппарата. Поскольку аппарат должен двигаться с постоянной скоростью, сила тяги одного двигателя равна половине силы сопротивления движению аппарата. Найдем силу по указанной формуле, подставив туда найденное значение скорости:

$$X = 0,5 C_x S_{\text{попер}} \frac{\rho U^2}{2} = 0,5 \frac{C_x S_{\text{попер}}}{C_y S_{\text{крыла}}} g (\rho V - M).$$

Проделаем численный расчет:

$$X = 0,5 \cdot \frac{0,15 \cdot 0,05 \text{ м}^2}{0,5 \cdot 0,01 \text{ м}^2} 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \left(1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,55 \text{ м}^3 - 500 \text{ кг} \right) = 375 \text{ Н.}$$

2) Эффективная мощность двигателя равна произведению потребляемой мощности двух двигателей на КПД. Следовательно

$$N_{\text{потр}} = \frac{2XU}{\eta} = \frac{2 \cdot 375 \text{ Н} \cdot 14 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{0,65} \approx 16 \text{ кВт.}$$

Основные критерии оценивания решения задач по направлениям: конструкторское, исследовательское, технологическое

- Выделение основных физических процессов, их последовательности и причинно-следственных связей.** Данный пункт подразумевает оценку текстового и графического описания физических процессов.
- Правильная формализация физических процессов, запись основных зависимостей (формул), описывающих физические процессы или состояния элементов системы.** В качестве исходных формул необходимо использовать законы и определения физических величин, общие известные уравнения процессов и состояний.
- Составление системы уравнений, алгоритма расчета, математической модели.** Здесь корректная запись системы является приоритетной относительно упрощения и приведения к удобному виду. Оценивается умение комбинировать и преобразовывать выражения, с целью получения нужных данных.
- Проведение расчетов, получение и представление результата.** Оценивание каждого вопроса задачи производится отдельно с весовым коэффициентом, равным (1/[количество вопросов]), а также добавляется бонусный балл за качество оформления или представления ответа.

Критерии оценивания решения задач

	Конструкторская	Технологическая	Исследовательская
1. Выделение физических процессов, последовательности и причинно-следственных связей			
Основные баллы	9	8	10
Графическое описание	+3	+3	+2
Структурирование	+2	+2	+2
Максимальное число баллов за этап	14	13	14
2. Формализация физических процессов			
Основные баллы	8	9	10

Максимальное число баллов за этап	8	9	10
3. Подготовка системы уравнений, алгоритма, математической модели			
Основные баллы	8	8	10
Преобразование системы уравнений	+2	+2	+3
Максимальное число баллов за этап	10	10	13
4. Проведение расчетов, получение и представление результата			
Расчеты и результат	9	8	5
Представление результата	+3	+4	+2
Максимальное число баллов за этап	12	12	7
5. Дополнительные баллы в соответствии со спецификой задачи			
Максимальное число баллов за этап	6	6	6
Общее количество баллов			
Максимальная сумма баллов за задачу	50	50	50