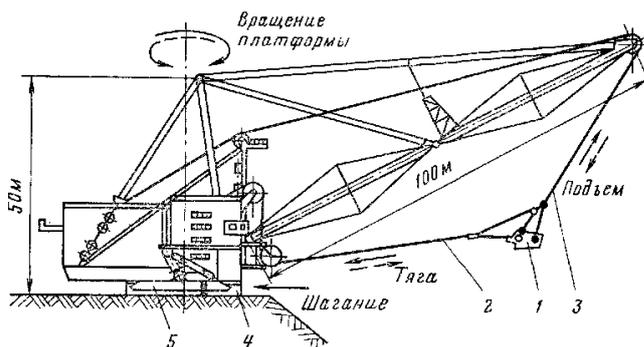


8 КЛАСС

1. На Назаровском угольном разрезе работают шагающие экскаваторы. В процессе работы они опираются своей нижней плитой на грунт уступа. Когда нужно отодвинуться от уступа назад, по обеим сторонам экскаватора на грунт опускаются два башмака (лыжи). Насос начинает нагнетать масло в гидроцилиндры башмаков, и экскаватор приподнимается над грунтом. Затем он смещается (с помощью других гидроцилиндров) назад, и под своим весом опускается на грунт. Башмаки (лыжи) поднимаются, и, при необходимости цикл повторяется снова. Какую среднюю полезную мощность  $P$  должен развивать двигатель насосов гидроцилиндров, чтобы экскаватор массой  $m = 1720$  т мог перемещаться со скоростью  $u = 200$  м/ч? Считать, что центр масс экскаватора движется вниз под действием только силы тяжести по дуге окружности с центром в шарнире башмака (лыжи).



Решение:

Поскольку центр масс экскаватора смещается по дуге окружности, длина каждого шага экскаватора по горизонтали равна высоте его подъёма  $\Delta x = \Delta y$ .

Работа двигателя на одном шаге  $\Delta A = mg\Delta x$

Средняя мощность двигателя  $P = \frac{\Delta A}{\Delta t} = mg \frac{\Delta x}{\Delta t} = mgu = 1720 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{200 \text{ м}}{3600 \text{ с}} \approx 937,4 \text{ кВт}$

Ответ: 937,4 кВт

Явное указание на равенство сдвига по горизонтали и вертикали при шагании.	+3 балла
Верно определена работа двигателя на каждом шаге.	+3 балла
Получена верная формула для полезной мощности двигателя.	+2 балла
Верно проведён расчёт.	+2 балла

2. С лесозаготовок в Кежемском районе брёвна в плотках и россыпью сплавляют по Ангаре до лесопунктов Кодинска и Лесосибирска. Какое минимальное число  $N$  брёвен лиственницы нужно собрать в плот, чтобы на нём мог стоять человек массой  $m = 100$  кг? Из-за постоянного нахождения в воде плотность бревна лиственницы может стать равной  $\rho = 990$  кг/м<sup>3</sup>. Считать брёвна цилиндрами радиусом  $R = 12$  см и длиной  $L = 6$  м.

Решение:

Объём одного бревна  $V_0 = \pi R^2 L$

Сила тяжести, действующая на плот  $F_T = N\rho g V_0 = N\rho g \pi R^2 L$

Сила Архимеда, действующая на полностью погружённый плот  $F_A = N\rho_0 g V_0 = N\rho_0 g \pi R^2 L$ .

Условие равновесия  $mg = F_A - F_T = N(\rho_0 - \rho)g \pi R^2 L$

Число брёвен  $N = \frac{m}{(\rho_0 - \rho)g \pi R^2 L} = \frac{100 \text{ кг}}{(1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} - 990 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}) \cdot 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 3,14 \cdot (0,12 \text{ м})^2 \cdot 6 \text{ м}} \approx 3,75$

Число брёвен должно быть целым. Чтобы плот не утонул округляем вверх.

Ответ: 4

Найден объём одного бревна	+1 балл
Вычислена сила тяжести, действующая на плот	+1 балл
Найдена сила Архимеда, действующая на полностью погружённый плот	+2 балла

Сформулировано условие равновесия плота с человеком.	+2 балла
Найдена верная формула для числа брёвен	+2 балла
Верное вычисление $N$	+1 балла
Округление $N$ до целого вверх.	+1 балл

3. Изложница представляет собой чугунный параллелепипед размерами 30 см x 30 см x 80 см, в котором сделана цилиндрическая полость диаметром  $D = 20$  см и высотой  $h = 60$  см. На КрАЗе полость изложницы полностью заполнили жидким алюминием при температуре  $t_0 = 700^\circ\text{C}$ . Через некоторое время температуры чугуна и алюминия стали примерно одинаковыми и равными  $\theta = 220^\circ\text{C}$ . Какое количество тепла  $Q_0$  было передано при этом внешней среде? Плотность жидкого алюминия равна  $\rho = 2380$  кг/м<sup>3</sup>, средняя удельная теплоёмкость алюминия в данном диапазоне температур равна  $c = 1100$  Дж/(кг $\cdot$ °C), удельная теплота плавления алюминия равна  $\lambda = 394$  кДж/кг, температура плавления алюминия равна  $T = 660^\circ\text{C}$ , удельная теплоёмкость чугуна равна  $c^* = 550$  Дж/(кг $\cdot$ °C), плотность чугуна  $\rho^* = 7200$  кг/м<sup>3</sup>, температура в литейном цехе  $t = 50^\circ\text{C}$ .

Решение:

$$\text{Объём чугуна } V_1 = abc - \frac{\pi D^2}{4} h = 0,3 \text{ м} \cdot 0,3 \text{ м} \cdot 0,8 \text{ м} - \frac{3,14 \cdot (0,2 \text{ м})^2}{4} \cdot 0,6 \text{ м} = 0,053 \text{ м}^3$$

$$\text{Масса чугуна } m_1 = \rho^* V_1 = 7200 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,053 \text{ м}^3 \approx 381,6 \text{ кг}$$

$$\text{Объём алюминия } V_2 = \frac{\pi D^2}{4} h = \frac{3,14 \cdot (0,2 \text{ м})^2}{4} \cdot 0,6 \text{ м} = 0,019 \text{ м}^3$$

$$\text{Масса алюминия } m_2 = \rho V_2 = 2380 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,019 \text{ м}^3 \approx 45,2 \text{ кг}$$

Количество тепла, выделившееся при остывании алюминия

$$Q_1 = c m_2 (t_0 - \theta) = 1100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 45,2 \text{ кг} \cdot (700^\circ\text{C} - 220^\circ\text{C}) \approx 23,9 \text{ МДж}$$

Количество тепла, выделившееся при затвердевании алюминия

$$Q_2 = \lambda m_2 = 394000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 45,2 \text{ кг} \approx 17,8 \text{ МДж}$$

Количество тепла, которое пошло на нагрев чугуна

$$Q_3 = c^* m_1 (\theta - t) = 550 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 381,6 \text{ кг} \cdot (220^\circ\text{C} - 50^\circ\text{C}) \approx 35,7 \text{ МДж}$$

Количество тепла во внешнюю среду

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 - Q_3 = 23,9 \text{ МДж} + 17,8 \text{ МДж} - 35,7 \text{ МДж} \approx 6 \text{ МДж}$$

Ответ: 6 МДж

Объём чугуна	+1 балл
Масса чугуна	+1 балл
Объём алюминия	+1 балла
Масса алюминия	+1 балл
Количество тепла, выделившееся при остывании алюминия	+2 балла
Количество тепла, выделившееся при затвердевании алюминия	+1 балл
Количество тепла, которое пошло на нагрев чугуна	+2 балла
Количество тепла во внешнюю среду	+1 балл

4. Ночью по первому пути станции Иланская движется грузовой поезд со скоростью  $v_1 = 20$  км/ч. По второму пути во встречном направлении движется другой грузовой поезд со скоростью  $v_2 = 80$  км/ч. Длина вагонов первого грузового поезда равна  $l_1 = 12$  м, а второго --  $l_2 = 21$  м. На третьем пути стоит железнодорожник, который может видеть в промежутках между вагонами фонарь, установленный у входа в вокзал. Через какое время  $T$  повторяется появление фонаря? Определите максимальное время  $\tau$ , которое может быть виден фонарь при своём появлении. Расстояние между кузовами соседних вагонов в обоих поездах одинаково и равно  $\delta = 3$  м. Размерами лампочки пренебречь.

Решение:

Пусть в некоторый момент времени железнодорожник увидел фонарь в просвете между вагонами. Чтобы он снова стал виден, за время  $T$  мимо железнодорожника должно пройти целое число вагонов как первого  $N_1$ , так и второго  $N_2$  поездов.

$$\begin{cases} N_1 l_1 = v_1 T, \\ N_2 l_2 = v_2 T. \end{cases}$$

Разделим первое уравнение на второе и выразим отношение чисел вагонов:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{l_2}{l_1} \cdot \frac{v_1}{v_2} = \frac{21 \text{ м} \cdot 20 \text{ км/ч}}{12 \text{ м} \cdot 80 \text{ км/ч}}$$

Приведём это отношение к несократимой дроби

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{7}{16}$$

Таким образом, минимально возможные целые числа вагонов равны  $N_1 = 7, N_2 = 16$ .

Из первого уравнения

$$T = \frac{N_1 l_1}{v_1} = \frac{7 \cdot 12 \text{ м}}{\left(\frac{20000 \text{ м}}{3600 \text{ с}}\right)} \approx 15,1 \text{ с}$$

Максимальное время видимости фонаря определяется минимальной скоростью поезда:

$$\tau = \frac{\delta}{v_2} = \frac{3 \text{ м}}{\left(\frac{80000 \text{ м}}{3600 \text{ с}}\right)} \approx 0,14 \text{ с}$$

Ответ: 15,1 с, 0,14 с

Условие видимости фонаря словами	+1 балл
Условие видимости фонаря в виде системы уравнений	+2 балла
Отношение чисел вагонов	+1 балл
Приведение $N_1/N_2$ к несократимой дроби и нахождение минимальных $N_1$ и $N_2$	+3 балла
Вычисление $T$	+1 балла
Вычисление $\tau$	+2 балла