



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА**

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Инженерные науки**

ФИО участника олимпиады: **Гидирим Ульяна Олеговна**

Класс: **9**

Технический балл: **83**

Дата проведения: **05 марта 2021 года**

№ задачи	1	2	3	4	5	Сумма
Балл	20	15	18	10	20	83

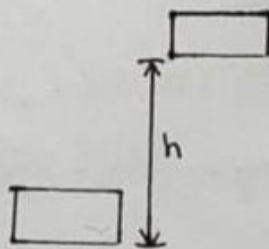
√1.

$$\eta = 0,9$$

$$m = 10^8 \text{ кг}$$

$$h = 100 \text{ м}$$

$$N = 10^7 \text{ кВт/ч}$$



Чтобы прибыль была наибольшей необходимо затратить

электроэнергию на подъём узлов когда её стоимость минимальна, а получать электроэнергию, спуская узлы, когда её стоимость максимальна. Для расчёта стоимости электроэнергии необходимо знать её количество, т.е. работу, совершаемую при передвижении узлов: $A_n = A_z \cdot \eta$, $A_z = \Delta E_p = mgh$.

Мощность электродвигателей* $N = \frac{A_n}{t}$. Тогда $t = \frac{A_n}{N} = \frac{mgh\eta}{Ng\eta}$ - время подъёма или спуска узлов. $t = \frac{10^8 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н} \cdot 100 \text{ м} \cdot 0,9 \cdot \eta}{\text{кг} \cdot 10^7 \cdot 10 \text{ Н} \cdot 100 \text{ м} \cdot 0,9 \cdot \eta} = \frac{10^8 \text{ кг}}{10^7 \text{ кг}} \cdot \eta = 10 \text{ ч}$. * Буквой N обозначена

не мощность электродвигателей, а масса узлов, поднимаемая за час. Полезная работа, совершаемая электродвигателями, равна количеству электроэнергии:

$$A_n = mgh\eta = 10^8 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 100 \text{ м} \cdot 0,9 = 90 \cdot 10^9 \text{ Дж} = 90 \cdot 10^6 \text{ кВт} \cdot \text{с} = 25 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Пусть в 7 часов узлы были подняты. Тогда для максимального дохода их нужно опускать в период с 11 до 20 ч. Полученный за это время доход равен $C_g = E_g \cdot k = E_1 \cdot k_1 + E_2 \cdot k_2 = A_1 \cdot k_1 + A_2 \cdot k_2$, где k - стоимость электроэнергии, $t_{1,2}$ время работы двигателя при этой стоимости, A - работа, совершаемая за час: $A = \frac{A_n}{t}$

$$A = \frac{25 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{ч}}{10 \text{ ч}} = 25 \cdot 10^2 \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{ч}}, \quad k_1 = 4 \text{ руб/кВт} \cdot \text{ч}, \quad k_2 = 5 \text{ руб/кВт} \cdot \text{ч}$$

$$C_g = A (t_1 k_1 + t_2 k_2) = 25 \cdot 10^2 \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{ч}} \cdot (4 \cdot 6 + 5 \cdot 4) \frac{\text{руб} \cdot \text{ч}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}} = 25 \cdot 10^2 \cdot 44 \text{ руб} = 1100 \cdot 10^2 \text{ руб} = 110 \cdot 10^3 \text{ руб}$$

$$C_p = A (t_3 k_3 + t_4 k_4), \quad t_3 = 2 \text{ ч}, \quad t_4 = 8 \text{ ч}, \quad k_3 = 4 \text{ руб/кВт} \cdot \text{ч}, \quad k_4 = 2 \text{ руб/кВт} \cdot \text{ч}$$

Для минимального расхода узлы нужно поднимать с 21 до 6 ч.

$$C_p = 25 \cdot 10^2 \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{ч}} \cdot (2 \cdot 4 + 8 \cdot 2) \frac{\text{ч} \cdot \text{руб}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}} = 25 \cdot 10^2 \cdot 24 \text{ руб} = 600 \cdot 10^2 \text{ руб} = 60 \cdot 10^3 \text{ руб}$$

~1. Продолжение

прибыль / день = $C_n / \text{день} = C_g - C_p = (110 - 60) \cdot 10^3 \text{ руб} = 50 \cdot 10^3 \text{ руб} / \text{день}$

Пусть в месяце 30 дней, тогда прибыль за месяц составит $50 \cdot 30 \cdot 10^3 \text{ руб} = 1,5 \cdot 10^6 \text{ руб}$

Ответ: 1,5 миллиона рублей.

ТАЭС экономит электроэнергию за счёт её дополнительной выработки путём опускания плузов.

~2

Чтобы дуговая и чайник работали ^{не} одновременно, их необходимо подключить параллельно, при последовательном соединении каждый прибор будет работать только если выключен второй. В любом случае сила тока будет составлять 26,8 А.

1)

$P = UI$ $U_L = U_C = U$
 $I_{общ} = I_L + I_C = 26,8 \text{ А}$
 $I_L = \frac{P_L}{U} = \frac{3,5 \cdot 10^3 \text{ Вт} \cdot \text{А}}{220 \text{ В}} \approx 15,9 \text{ А}$
 $I_C = \frac{P_C}{U} = \frac{2,4 \cdot 10^3 \text{ Вт} \cdot \text{А}}{220 \text{ В}} = \frac{240}{22} \approx 10,9 \text{ А}$

2)

$I_g = I_n = \frac{P_g}{U - U_n} = \frac{P_n}{U_n}$ $U_n = \frac{P_n \cdot U}{P_g + P_n} = \frac{2,4 \cdot 10^3 \text{ Вт} \cdot 220 \text{ В}}{(3,5 + 2,4) \cdot 10^3 \text{ Вт}} \approx 89,5 \text{ В}$
 $P_g U_n = P_n U - P_n U_n$ $U_g = 220 \text{ В} - U_n = 130,5 \text{ В}$
 $U_n (P_g + P_n) = P_n U$ $I_n = I_g = \frac{2,4 \cdot 10^3 \text{ Вт}}{89,5 \text{ В}} = 26,8 \text{ А}$

Количество теплоты, сообщаемое чайнику $Q = mc\Delta T$, где ΔT - изменение температуры, с одной стороны, и $Q = P_n t$, где t - время нагрева чайника, с другой стороны. $\Delta T = 100^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C} = 90^\circ\text{C}$. При найденной силе тока, чтобы выключатель не сработал, чайник должен работать не более, чем 95с, т.е. 95с (при силе тока 26,8А, выключатель

$m = \frac{P_n t}{c \Delta T}$

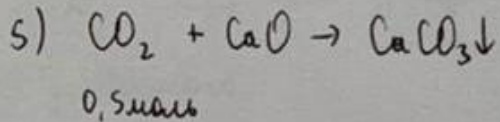
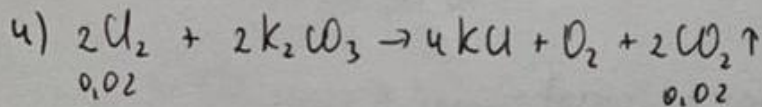
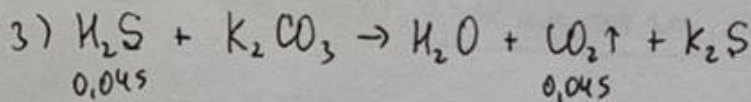
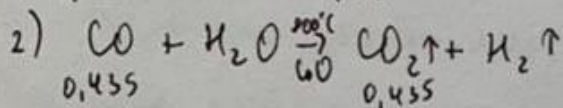
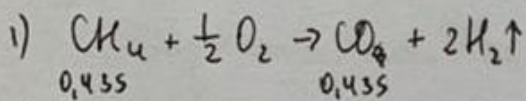
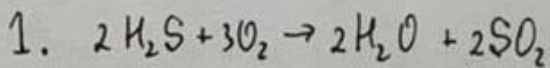
~ 2. Прогаживание

сработает примерно через 100с).

Тто есть, $m = \frac{2,4 \cdot 10^3 \text{ Вт} \cdot 95 \text{ с} \cdot \text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}{4200 \text{ Дж} \cdot ^\circ\text{C}} = \frac{2,4 \cdot 95}{4,2 \cdot 90} \text{ кг} \approx 0,6 \text{ кг} = 600 \text{ г}$

Ответ: Васа может нагреть не более, чем 600г воды.

~ 3



Совпадающий продукт в реакции $\text{ZnS} - \text{CO}_2$.

Рассчитаем количество моль газов в исходной смеси:

$n(\text{CH}_4) = 0,5 \cdot 0,87 = 0,435 \text{ моль}$ $n(\text{H}_2\text{S}) = 0,045 \text{ моль}$ $n(\text{Cl}_2) = 0,02 \text{ моль}$

$n(\text{смеси}) = \frac{V}{V_n} = \frac{11,2 \text{ л}}{22,4 \text{ л}} \cdot \text{моль} = 0,5 \text{ моль}$

$n(\text{CO}_2) = 0,435 + 0,045 + 0,02 = 0,5 \text{ моль}$

2. По з-ну сохранения массы, масса колонки увеличится на массу углекислого газа, т.е.

$\Delta m = \underset{\text{моль}}{44} \cdot 0,5 \text{ моль} = \underline{22 \text{ г}}$

Ответ: масса колонки увеличится на 22г.

~4

$$P_0 = 1 \text{ атм} = 760 \text{ мм рт ст}$$

$$V_0 = 0,5 \text{ кг / сут}$$

$$V_p = 1 \text{ мм рт ст / ч} = 24 \text{ мм рт ст / сут}$$

$$m_0 = 5 \text{ кг}$$

Оптимальная стратегия расходования кислорода - дать давлению опуститься до минимально возможного уровня, а затем начать использовать запас кислорода так, чтобы количество используемого из запаса кислорода равнялось количеству потерь / сут. Поскольку температура постоянна, давление будет изменяться только за счёт микропречишки. Найдем минимально допустимое давление $P_{\min} = 0,7 P_0 = 532 \text{ мм рт ст}$, которое будет к моменту исчерпания запаса кислорода.

$$\Delta P = P_0 - P_{\min} = 228 \text{ мм рт ст}$$

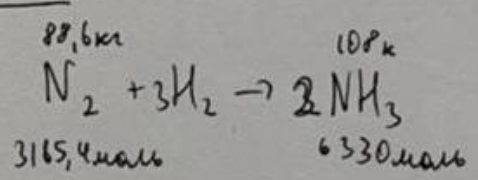
$$t_1 = \frac{\Delta P}{V_p} = \frac{228}{24} \text{ сут} = 9,5 \text{ сут} - \text{время, за которое давление опустится до минимально допустимого}$$

$$t_2 = \frac{m_0}{V_0} = \frac{5}{0,5} \text{ сут} = 10 \text{ сут} - \text{время, на которое хватит запаса кислорода, чтобы поддержать минимальное парциальное давление}$$

$$t = t_1 + t_2 = 19,5 \text{ сут} - \text{время поддержания допустимого парциального давления}$$

Ответ: в течение 19,5 сут; 532 мм рт ст.

~5



Водород присутствует в избытке, следовательно расчёт ведём по азоту.

$$m(N_2) \approx 88,6 \text{ кг} \quad n(N_2) = 3165,4 \text{ моль} \quad n(NH_3) = 2 \cdot n(N_2) \approx 6330 \text{ моль}$$

$$m(NH_3) \approx 107622 \text{ г} \approx 108 \text{ кг}$$

Ответ: предприятие может получить 108 кг аммиака.

№5. Продолжение

Если бы при каждом проходе катализатора из зоны реакции не удалялось бы 1 кг азота, то масса ^{оставшегося от} вступающего в реакцию азота образовывала бы бесконечно убывающую геометрическую прогрессию со знаменателем $q=0,75$. Но технологический процесс несовершенен, поэтому после n -ного прохода катализатора в зоне реакции азота не останется. Расчёты показывают, что это случится на 11-том проходе катализатора:

номер прохода катализатора	масса азота, кг	
	вступившего в реакцию	оставшегося в зоне реакции
1	25	44
2	18,5	54,5
3	13,6	39,9
4	10	28,9
5	7,2	20,7
6	5,2	14,5
7	3,6	9,9
8	2,5	6,4
9	1,6	3,8
10	0,95	1,85
11	0,46	0,38
Всего	88,6	

+

+

+