

Вариант задания

2

Лист работы

1 из 4

Задача 1:

Предположим, что отметки сделаны звуковой волной через одинаковые промежутки времени.

Тогда, считая, что источник расположен в центре движущегося предмета, получаем: (в СО источник) (направление получаем из рисунка)

$$\begin{cases} x(v + u) = 3x & \leftarrow \text{за предметом} \\ x(v - u) = x & \leftarrow \text{перед предметом.} \end{cases} \quad \begin{matrix} (v - \text{скорость звука}) \\ u - \text{скорость источника} \end{matrix}$$

$$\textcircled{1} \frac{v+u}{v-u} = 3 \Rightarrow v+u = 3v-3u \Rightarrow u = \frac{v}{2}$$

Предполагаем, что предмет движется в воздухе $v_{\text{возд}}$

$$u \approx \frac{340 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2} = 170 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $170 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Задача 2:

t_1 - начальная температура воды

t_2 - начальная температура льда.

Запишем уравнение теплового баланса:

Вот тк. кол-во льда и воды и их молярные массы одинаковые, то и их массы тоже будут одинаковыми.



$$c_{в} m (t_0 - t_1) + c_1 m (0 - t_2) + \lambda m + c_в m (t_0 - 0) = 0$$

условия график зависимости температуры от количества переданного груза

$$t_0 = \frac{(c_в t_1 + c_1 t_2 - \lambda) m}{2 c_в m}$$

~~$Q = 18 Q_0$ (из графика)~~

$$t_0 = \frac{t_1}{2} + \frac{c_1 t_2}{2 c_в} - \frac{\lambda}{2 c_в} = \frac{t_1}{2} + \frac{2100 \frac{Дж}{кг \cdot ^\circ C}}{2 \cdot 4200 \frac{Дж}{кг \cdot ^\circ C}} t_2 - \frac{0,32 \cdot 10^6 \frac{Дж}{кг}}{2 \cdot 4200 \frac{Дж}{кг \cdot ^\circ C}} = \frac{t_1}{2} + \frac{t_2}{4} - 38^\circ C$$

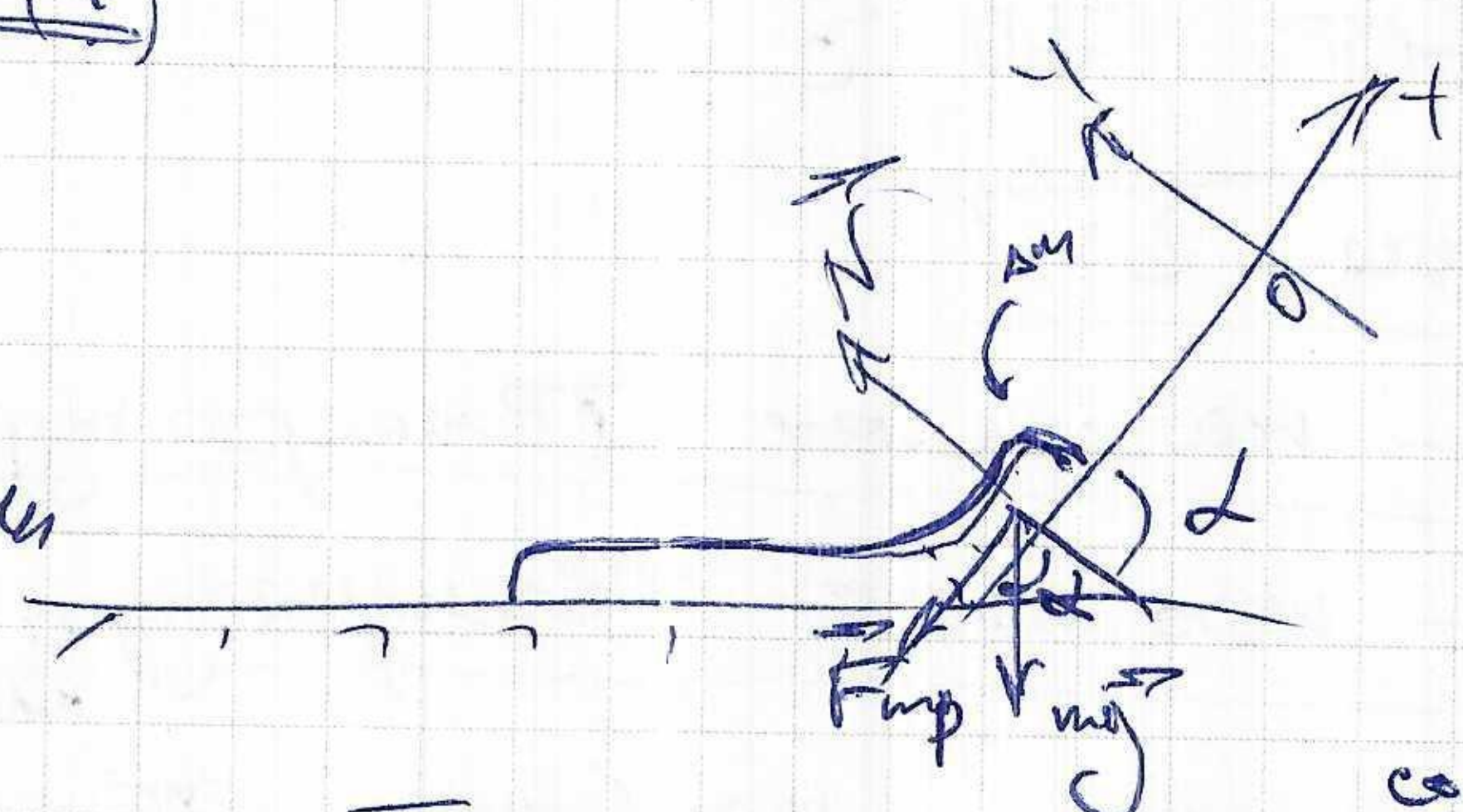
Т.к. температура воды (кроме) не может быть выше $100^\circ C$, то $\frac{t_1}{2} \leq 100^\circ C$, а $t_2 < 0^\circ C$
 \Rightarrow График верный при высоких $t_1 > 76,2^\circ C$ и при не очень низких t_2 .

Я думаю, руководитель работ будет доволен, т.к.:

- 1) Наклон графика нагрева воды меньше наклона льда (верно из-за разности теплоемкостей)
- 2) кол-во теплоты, необходимое для таяния льда больше кол-ва теплоты для его нагрева как в жидком состоянии, так и в твердом. Хотя и разница на графике не большая, а на самом деле почти на 2 порядка (!)

Задача 3:

Используя II закон Ньютона и закон Уолла и СО



получаем: $N = \Delta m g \cos \alpha \Rightarrow F_{тр} = \mu N = \mu \Delta m g \cos \alpha$

$F_{\Sigma} = F = \Delta m g \sin \alpha + \mu \Delta m g \cos \alpha = \Delta m g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$ сила действующая на Δm и тормозящая его



Вариант задания

2

Лист работы

2

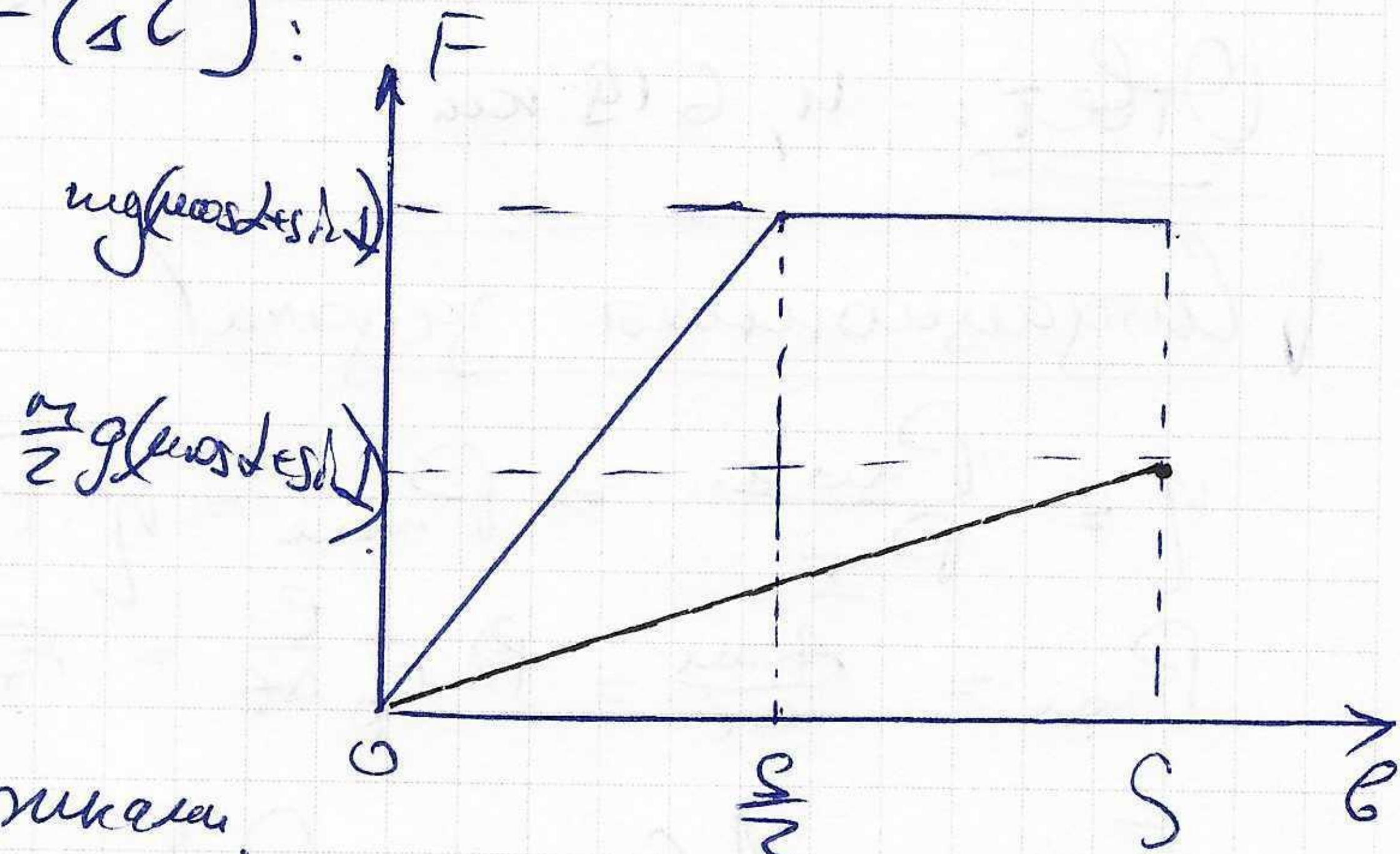
из

4

Введём $\alpha = \frac{v_m}{\Delta e}$ — погонная мощность, тогда:
(«зрелая» на массу груза)
 $F = \alpha \Delta e g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$

График зависимости $F(\Delta e)$:

- — математики
- — физики



Тогда работа сил
сопротивления численно
равна площади под графиками.

$$A_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{S}{2} \cdot mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) + \frac{S}{2} mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = \frac{3S}{4} mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

математики

$$A_2 = \frac{1}{2} S \cdot \frac{m}{2} g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \text{ — физики.}$$

По теореме о изменении кинетической энергии:

$$\begin{cases} \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = -A_1 \\ \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = -A_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{v_0^2 - 2A_2}{v_0^2 - 2A_1}} \quad \text{(изменение кинетической энергии уже учтено)}$$

т.к. работа против движения

$$\Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{v_0^2 - \frac{2}{m} A_2}{v_0^2 - \frac{2}{m} A_1}} = \sqrt{\frac{v_0^2 - \frac{1}{2} S g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}{v_0^2 - \frac{3}{2} S g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}} = \sqrt{\cos^2 \alpha} = \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} =$$

$$\sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \frac{4}{5} \Rightarrow \sqrt{\frac{v_0^2 - \frac{1}{2} S g (0,1 \cdot \frac{4}{5} + \frac{3}{5})}{v_0^2 - \frac{3}{2} S g (0,1 \cdot \frac{4}{5} + \frac{3}{5})}} = \sqrt{\frac{v_0^2 - 0,34 S g}{v_0^2 - 1,02 S g}}$$

Математики явно окажутся выше, т.к. считают точку
отсчёта центр тяжести у математиков он $\frac{3S}{4} \sin \alpha$, а
у физиков не выше $\frac{S}{2} \sin \alpha$.

$$\text{[Ответ: } \sqrt{\frac{v_0^2 - 0,34 S g}{v_0^2 - 1,02 S g}}, \text{ математики выше.]}$$



Задача 4:

$$E = E_{\text{max}} \text{ при } U \ll D, \text{ т.к.}$$

$$r = \sqrt{U^2 + D^2} \text{ - расстояние по закону Кулона до точки, а } D \text{ - фикс.}$$

$$E_{\text{max}} = \frac{F_{\text{max}}}{q} = k \frac{q}{r^2} = k \frac{q}{U^2 + D^2} = k \frac{q}{D^2}$$

\leftarrow пробный заряд

$$\Rightarrow D = \sqrt{\frac{kq}{E_{\text{max}}}} = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{КВ}^2} \cdot 30 \text{ КВ}}{2000 \frac{\text{В}}{\text{м}}}} \approx 11,618,95 \text{ м} \approx 11,619 \text{ км}$$

Ответ: 11,619 км

Ситуационная задача

$$\eta = \frac{P_{\text{пол.}}}{P_{\Sigma}} \Rightarrow P_{\text{пол.}} = \eta \cdot P_{\Sigma} = \eta \cdot P_{\text{эл.}} = \eta \cdot IU$$

$$P_{\text{пол.}} = \frac{A_{\text{пол.}}}{\Delta t} = E_p \frac{e}{\Delta t} = E_p \cdot \nu$$

$$E_p = \mu N = \mu P \cdot S = \mu P \cdot h \cdot 2\pi r$$

$$\nu = \omega r$$

$$\Rightarrow \eta IU = \mu P \cdot h \cdot 2\pi r \cdot \omega r \Rightarrow \omega = \frac{\eta IU}{2\pi \mu P h r^2}$$

$$= \frac{0,6 \cdot 5,5 \text{ А} \cdot 160 \text{ В}}{2 \cdot \pi \cdot 0,8 \cdot 27 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 16 \cdot 10^3 \text{ м} \cdot (21 \cdot 10^{-3} \text{ м})^2} \approx 551,4 \text{ с}^{-1}$$

Для заклинкивания электрогвоздя $E_p = E_{\text{max}}$

$$\Rightarrow U = E_p \cdot r = P h \cdot 2\pi r \cdot r = 2\pi P h r^2 =$$

$$= 2 \cdot \pi \cdot 27 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 16 \cdot 10^3 \text{ м} \cdot (21 \cdot 10^{-3} \text{ м})^2 \approx 1,2 \text{ КВ} \cdot \text{м}$$

Ответ: 551,4 с⁻¹, 1,2 КВ·м

Задача 5:

$$Q = P_{\Sigma} = \Delta U_{\text{б.г.}} + \Delta U_{\text{нар.}} \text{ (т.к. процесс изотермический)}$$

работа газа равна нулю



Вариант задания

2

Лист работы 3 из 4

$$P_2 = \frac{6}{2} \nu_n \cdot R(T' - T_0) + \frac{5}{2} \nu_e R(T' - T_0)$$

По уравнению Менделеева-Клапейрона:

$$PV = \nu RT \Rightarrow P_2 = \left(3(P_n' - P_{n0}) + \frac{5}{2}(P_e' - P_{e0}) \right) V$$

По уравнению для изохорного процесса:

$$\frac{P'}{P_0} = \frac{T'}{T_0} \Rightarrow P_2 = \left(3P_{n0} \left(\frac{T'}{T_0} - 1 \right) + \frac{5}{2} P_{e0} \left(\frac{T'}{T_0} - 1 \right) \right) V =$$
$$= \left(3P_{n0} + \frac{5}{2} P_{e0} \right) \left(\frac{T'}{T_0} - 1 \right) V$$

Считая, что в начале, когда температура прижата растение она открыта дверь и давление было атмосферным

Используя таблицу мы можем найти, что
где при $\varphi > \varphi_{\text{мин}} = 0,3$ давление паров
на 2 порядка ниже атмосферного ($P_{\text{пар}} = 100 \text{ Па}$)

$$\Rightarrow P_2 \approx \frac{5}{2} P_{\text{пар}} V \left(\frac{T'}{T_0} - 1 \right) \Rightarrow T' = \left(\frac{2P_2}{5P_{\text{пар}} V} + 1 \right) T_0$$

$$\frac{P_{n0}}{P_{n0}'} = \frac{T'}{T_0} \Rightarrow P_{n0} = \frac{P_{n0}' T_0}{T'} = \frac{\varphi_{\text{мин}} P_{\text{пар}} (T') T_0}{T'}$$

$$\varphi_0 = \frac{P_{n0}}{P_{\text{пар}}(T_0)} = \frac{\varphi_{\text{мин}} T_0 P_{\text{пар}}(T')}{T' P_{\text{пар}}(T_0)}$$

$$T' = \left(\frac{2 \cdot 340 \text{ Вт} \cdot 1800 \text{ с}}{5 \cdot 100^5 \text{ Па} \cdot 38,25 \text{ м}^3} + 1 \right) 293 \text{ К} \approx 305 \text{ К} = 32^\circ \text{C}$$

$$P_{\text{пар}}(32^\circ \text{C}) = 4,7578 \text{ кПа} \Rightarrow$$

$$\varphi_0 = \frac{0,3 \cdot 293 \text{ К} \cdot 4,7578 \text{ кПа}}{305 \text{ К} \cdot 2,3388 \text{ кПа}} \approx 0,51$$

Ответ: 0,51

Задача 6: (рассматриваю вращение для конуса)



Зависимо, зависимость углов
скорости точек ^{дна} конуса будет

отсчитывать гармонической функцией, тогда
 $T = 2\pi \frac{1}{\omega_0}$ - время за которое точка вернется
в положение с нач. углом скорости

$\ell = 2\pi R$ - расстояние перемещения каждой точки.

Пусть α - наклон конуса, тогда $a = \frac{R}{\sin \alpha}$, тогда
угол отклонения конуса за T

$$\varphi = \frac{\ell}{a} = 2\pi \sin \alpha.$$

Точка с переместится на такой же угол

$h = \frac{R}{\tan \alpha}$ - высота конуса, тогда $\ell' =$ ^{здесь} расстояние которое пройдет
т.с.

$$T = \frac{\ell'}{v} = \frac{h\varphi}{v} = \frac{2\pi R \sin \alpha}{\tan \alpha v} = \frac{2\pi R}{v} \cos \alpha.$$

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T} = \frac{v \cos \alpha}{R}.$$

$$\omega(t) = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$$

$$\dot{\omega}(t) = -\omega_0 A \sin(\omega_0 t + \varphi_0).$$

$$A = \frac{2v}{R} \quad (\text{максимальная } \omega, \text{ т.к. вершина точки конуса})$$

$$\text{Тогда } \boxed{\omega(t) = \frac{2v}{R} \cos\left(\frac{v}{R} t \cos \alpha + \varphi_0\right)}$$

Коэффициент пропорциональности тоже будет дан-
считаться ^{тригонометр.} гармонической функцией:

$$\boxed{\frac{\dot{\omega}(t)}{\omega(t)} = -\frac{1}{\omega_0} \operatorname{ctg}(\omega_0 t + \varphi_0) = -\frac{R}{2v \cos \alpha} \operatorname{ctg}\left(\frac{v}{R} t \cos \alpha + \varphi_0\right)}$$

Например, для вершины точки конуса $\varphi_0 = 0$ т.к.

$$\text{при } t=0 \quad \omega(0) = A \Rightarrow \omega(t) = \frac{2v}{R} \cos\left(\frac{v}{R} t \cos \alpha\right)$$

$$\text{а коэффициент пропорц. } \frac{\dot{\omega}(t)}{\omega(t)} = -\frac{R}{2v \cos \alpha} \operatorname{ctg}\left(\frac{v}{R} t \cos \alpha\right).$$

Ситуационная задача



При замкнутых контактах двигателя

$$P_{\text{пол}} = 0 \Rightarrow P_{\text{эл}} = P_{\text{гн}} \Rightarrow I' U = I'^2 R \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I' = \frac{U}{R}, \text{ где } R - \text{сопротивление обмотки}$$

$$\text{Из начальных условий } \eta = \frac{P_{\text{эл}} - P_{\text{гн0}}}{P_{\text{эл}}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{I_0 U - I_0^2 R}{I_0 U} \Rightarrow R = \frac{U(1-\eta)}{I_0} \Rightarrow I' = \frac{I_0}{1-\eta}$$

Из нагрузочной характеристики $I \sim F \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{F'}{F_0} = \frac{I'}{I_0} \Rightarrow F' = \frac{I'}{I_0} F_0 = \frac{F_0}{1-\eta} = \frac{F_{\text{гн}}}{1-\eta} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow M = F' \cdot r = \frac{F_{\text{гн}} \cdot r}{1-\eta} = \frac{P_{\text{гн}} \cdot h \cdot 2\pi r \cdot n}{1-\eta} =$$

$$= \frac{27 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot 16 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot (21 \cdot 10^3 \text{ м})^2 \cdot 2 \cdot \pi}{1-0,6} \approx 3 \text{ Н.м}$$

Ответ: 511,4 с⁻¹, 3 Н.м.

