

Всероссийская олимпиада школьников по физике
заключительный этап

T9-77

заполнять печатными буквами!!!

ШУББЕ

Фамилия

Леонтий

Имя

ПАВЛОВИЧ

Отчество

+7 964 343 17 65

Номер вашего мобильного телефона

1. Пишите только с одной стороны листа.
2. Не мните, не сгибайте, не рвите листы.
3. Нумеруйте листы (например, «лист 5 из 8»).

Это лист № 0 из 12
Всего 12 листов

Томск, 2019

Теория

9 класс

Т9-77

Шифр

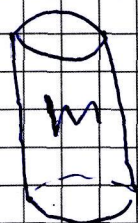
	1	2	3	4	5	Σ
Проверка	10	8,5	10	3,5	10	42
Подпись	АСВ	<i>[Handwritten Signature]</i>	Зин	КА	АА	
Апелляция						
Подпись						

Мех 8 узла

4



$$V_0 = \frac{m_0}{\rho_0}$$



$$V = \frac{m}{\rho_0 \gamma}$$

$$\rho = \frac{V_0}{V} = \frac{m_0}{\rho_0 V}; V = \frac{m_0}{\rho_0 \rho}$$

$$k m c (T - t_1) = m_0 c_0 t_1$$

$$k m c (T - t_2) = m_0 c_0 t_2$$

$$k \frac{T - t_2}{T - t_1} = \frac{t_2}{t_1}$$

1 2 3 4 5 6 7
1 1 1 0,5 0 0 0
35

3-й цилиндр нагревается полностью жидкостью из бака, т.к. масса при нагревании как и в 2-х первых у-ниях перемещается в 3-е

$$\frac{T - 10}{10} = 1,6 \Rightarrow T = 90^\circ \text{C}$$

4-й цилиндр может либо нагреваться часть жидкости, либо всю — $T = 45^\circ \text{C}$ (3-й не может, т.к. тогда $t_3 = t_4 = T$)

$$\frac{T - 10}{10} = 3 \Rightarrow T = ?!$$

Рассмотрим случаи:

1) 1-й цилиндр нагревается часть жидкости:

$$m c (T - 10) = \rho_0 \left(\frac{m_0}{\rho_0 \gamma} - \frac{m}{\rho_0} \right) c_0 \cdot 10; \text{ — 1-й цилиндр}$$

$$m c T - 10 m c = \frac{10 m_0 c_0}{\gamma} - \frac{5 m c_0}{3}; \frac{m_0}{m} = \gamma \left(\frac{c T}{10 c_0} + \frac{1}{6} - \frac{c}{c_0} \right)$$

$$6 m c (T - 15) = \frac{m_0}{\gamma} c_0 \cdot 15 - \frac{m c_0 \cdot 15}{6}; \text{ — 2-й цилиндр}$$

$$\frac{1}{6} c T - 24 c = \frac{15 c T}{10} + \frac{15 c_0}{6} - 15 c - \frac{15 c_0}{6}; \rho c = 0,1 c T; T = 90^\circ \text{C}$$

мес 9 из 19 c_0^2

$$\textcircled{4} \quad 3mc(30-30) \\ 3mcT = 3mc \cdot 30 = \frac{m_0 c_0}{\gamma} \cdot 30 - \frac{m c_0 \cdot 30}{6}, \quad \text{3-й цилиндр}$$

$$Q_{mc} = \frac{m_0 c_0}{\gamma} - \frac{m c_0}{6}; \quad \frac{m_0}{m} = \gamma \left(8 \frac{c}{c_0} + \frac{1}{6} \right)$$

$$Q_{mc} = 8mc + \frac{1}{6} m c_0 - m c_0$$

$$36c = 48c + c_0 - c_0 \quad ?!$$

$$36 = 48$$

Значит такого
выражения не может быть.

Значит первое цилиндрическое
кольцо,

Решим уравнение тем. баланса для 1-го и
3-го цилиндра, а далее разобьем 2 кольцо

$$m_0 c_0 (t_1 - t_0) = mc(T - t); \quad \frac{m_0}{m} = \frac{c}{c_0} \frac{T - t_0}{t_0} \quad \text{1-й и 3-й цилиндры}$$

$$\left(\frac{m_0}{m} - \frac{3m}{6} \right) c_0 \cdot 30 = 3mc(T - 30); \quad \text{3-й цилиндр}$$

$$\frac{30m_0 c_0}{\gamma} - 15m c_0 = 3mcT - 90mc;$$

$$\frac{30}{\gamma} m c \frac{T - t_0}{t_0} - 15m c_0 = 3mcT - 90mc;$$

$$\frac{3mcT}{\gamma} - \frac{30c}{\gamma} - 15c_0 = 3cT - 90c; \quad 15c_0 = \frac{3cT}{\gamma} - \frac{30c}{\gamma} + 90c - 3cT;$$

$$\frac{c_0}{c} = \frac{T}{5\gamma} - \frac{2}{\gamma} + 6 - \frac{T}{5}; \quad \frac{m_0}{m} = \frac{T - t_0}{\frac{2T}{\gamma} - \frac{30}{\gamma} + 60 - 2T}$$

рис 10 из 12

2) 4-й цилиндр полностью вытесняет жидкость;

$$T = 45^\circ\text{C};$$

$$\frac{C_0}{C} = \frac{g}{\gamma} - \frac{z}{\gamma} + 6 - g = \frac{7}{\gamma} - 3$$

$$\frac{m_0}{m} = \frac{35}{\frac{70}{\gamma} - \frac{20}{\gamma} + 60 - 30} = \frac{35}{\frac{70}{\gamma} - 30} = \frac{3,5}{\frac{7}{\gamma} - 3}$$

а) 2-й цилиндр не вытесняет воду!

$$1,6 \text{ мс} (45 - 15) = m_0 c_0 \cdot 15; m_0 c_0 = 3,2 \text{ мс};$$

$$\frac{m_0}{m} \frac{C_0}{C} = 3,2 = 3,5 \quad ?!$$

б) 2-й цилиндр вытесняет воду!

$$1,6 \text{ мс} \cdot 30 = \left(\frac{m_0}{\gamma} - \frac{1,6 \text{ м}}{6} \right) C_0 \cdot 15;$$

$$3,2 \text{ мс} = \frac{m_0 C_0}{\gamma} - \frac{1,6 \text{ мс}}{6}; \frac{C_0}{C} \left(\frac{m_0}{\gamma} - \frac{1,6 \text{ м}}{6} \right) = 3,2 \text{ м};$$

$$\frac{C_0}{C} \left(\frac{3,5}{7 - 30\gamma} - \frac{1,6}{6} \right) = 3,2; \frac{C_0}{C} = \frac{3,2}{\frac{3,5}{7 - 30\gamma} - \frac{1,6}{6}} = \frac{7}{\gamma} - 3;$$

$$3,2 = \frac{10,5}{7 - 30\gamma} + 0,8 + \frac{24,5}{7\gamma - 30\gamma^2} - \frac{11,2}{6};$$

$$4,2667 = \frac{24,5}{7 - 30\gamma} - 10,5; 29,8667 - 12,2\gamma = \frac{24,5}{\gamma} - 10,5;$$

$$12,8\gamma^2 - 40,3667\gamma + 24,5 = 0; \Delta = 1629,6 - 1254,4;$$

$$\gamma = \frac{40,3667 \pm 19,366}{25,6}; \sqrt{\Delta} = 19,366$$

$$\frac{C_0}{C} = 5,43$$

$$\frac{m_0}{m} = 0,645; m = 310 \text{ г}$$

$$T = 45^\circ\text{C}$$

Мес II уз II

3) 4-й цилиндр не полностью расширился
и жесткость

$$\left(\frac{m_0}{r} - \frac{4m}{6}\right) c_0 \cdot 45 = 4mc(T-45);$$

$$\frac{45m_0 c_0}{r} - 30m c_0 = 4mcT - 180mc$$

$$\frac{45 c_0 (T-10)}{r \left(\frac{180}{r} - \frac{20}{r} + 60 - 25\right)} = 4mcT - 180c + 30c_0;$$

$$15 - 20 + 60r - 25r$$

$$c_0 \left(\frac{45(T-10)}{25-20+60r-25r} \right) = c(4T-180);$$

$$\frac{c_0}{c} = \frac{T}{5r} - \frac{2}{r} + 6 - \frac{T}{5} = \frac{45T - 450 - 80r + 600 - 1800r + 60T}{(4T-180)(25-20+60r-25r)} \Rightarrow$$

⇒

а) 2-й цилиндр не полностью расширился.

Изм. ст. 8 (из уравнения состояния газа)

$$T = 90^\circ\text{C}$$

$$\frac{18}{r} - \frac{2}{r} + 6 - 18 = \frac{150 - 1800r + 500r - 1350}{180 \cdot (180 - 20 + 60r - 180r)}$$

$$\frac{16}{r} - 12 = \frac{3600r - 1200}{180(160 - 120r)} = \frac{20r - 6,67}{160 - 120r}$$

$$2560 - 1920r - 1920r + 1440r^2 = 20r^2 - 6,67r;$$

$$1420r^2 - 3833,33r + 2560 = 0; \quad \Delta = 14694444 \dots$$

$$r = \frac{3833 \pm 382}{2840} > 1 \quad ?! \quad \sqrt{\Delta} = 382$$

мес 12 из 12

④ Значит 2-й цилиндр выбеет жидкость

$$\left(\frac{m_0}{\eta} - \frac{1,6m}{6} \right) c_0 \cdot 15 = 4mc(T-15) - \text{Тем. баланс}$$

$$\frac{T}{5\eta} - \frac{2}{\eta} + 6 - \frac{T}{5} = \frac{4mT - 150 - 1800\eta + 60\eta T - 15T}{(4T-180)(2\eta - 20 + 60\eta - 2T)}$$

$$\frac{m_0}{m} = \frac{T-10}{\frac{2\eta}{\eta} - \frac{20}{\eta} + 60 - 2T}$$

$$\frac{c_0}{c} = \frac{T}{5\eta} - \frac{2}{\eta} + 6 - \frac{T}{5}$$

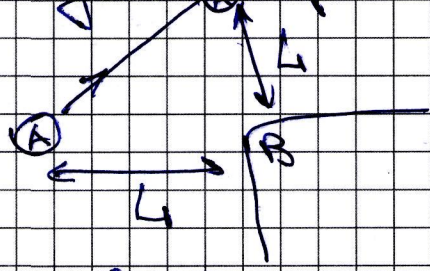
Система решается \Rightarrow осяза

Я не понимаю ход Ваших мыслей.
Если Вы найдёте по критериям за что
ставить баллы, пишу на апелляции!

Лист 1 из 12

①

Нарисуем картинку:



При прямолинейном движении есть только две точки от которых расстояние

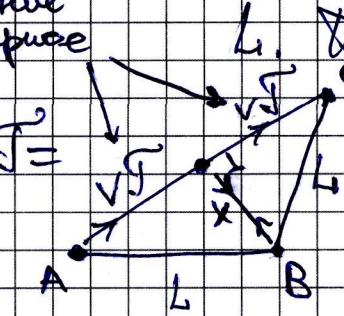
т.к. движение равномерное

L . Пусть скорость корабля v :

$$x = \left(\frac{v}{4} + \frac{3}{8}v \right) T =$$

Σ скорость катера

$$= \frac{3}{4} v T$$



т.е. Δ равнобедренный и x -медиана, она же высота

Возьмем т. Пифагора:

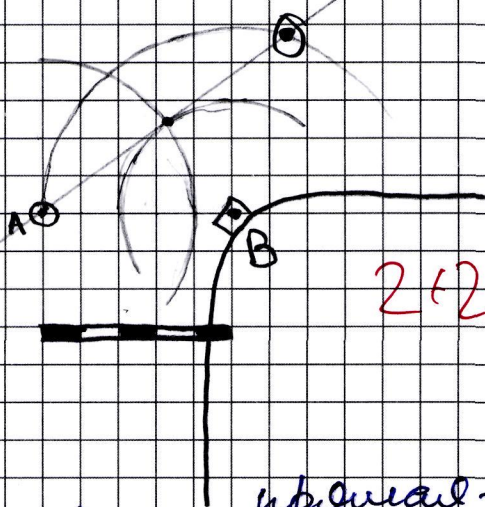
$$x^2 + (vT)^2 = L^2 = \frac{9}{16} (vT)^2 + (vT)^2 \Rightarrow L = \frac{5}{4} v T$$

$vT = 4$ км. Значит катер за

время T проходит расстояние $\frac{3}{8} vT = 1,5$ км

$$x = \frac{3}{4} vT = 3 \text{ км}$$

Построение



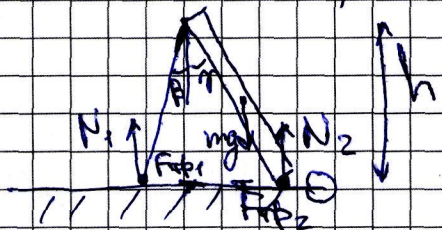
① Построим окружность с центром в B и радиусом 3 и окружность с центром в A и радиусом 4

② Проведем прямую через A и точку пересечения окружностей (так, чтобы она не пересекала берег). Эта

③ Построим окружность с центром в B и радиусом 5. Её пересечение с прямой — искомого точка.

Мет 2 из 12
 ③

Сначала рассмотрим арку целиком.



т.к. равновесие:

а) \sum сил по горизонтали = 0.

$$F_{cp1} = F_{cp2} \quad 1)$$

б) \sum сил по вертикали = 0:

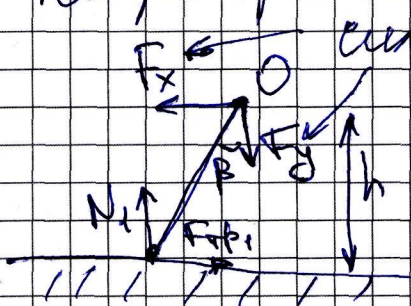
$$mg = N_1 + N_2 \quad 2)$$

в) \sum моментов сил отн. $O = 0$:

$$mg(h + gB) = N_1(h + gB + k + gB);$$

$$mg + gB = N_1 \cdot 3 + gB; N_1 = \frac{2mg}{3} \Rightarrow \text{из 2), } N_2 = \frac{2mg}{3}$$

Теперь рассмотрим только левую опору:



сил от массивной части

Аналогично:

а) \sum сил по горизонтали = 0:

$$F_x = F_{cp1} \quad 3)$$

б) \sum сил по вертикали = 0:

$$N_1 = F_y = \frac{mg + gB}{3} = 24,67 \text{ Н}$$

в) \sum моментов сил отн. $O = 0$:

$$F_{cp1} \cdot h = N_1 \cdot (h + gB); F_{cp1} = \frac{mg + gB}{3} = 24,26 \text{ Н}$$

Из 1) и 3) $F_{cp1} = F_{cp2} = F_x = 24,26 \text{ Н}$.

Итак суммарная сила с которой действует масса на опору (и по 3-му 3-му закону Ньютона сила с которой опора действует на массу) $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{588,557 + 444,89} = 40,9 \text{ Н}$

Лист 3 из 12

(3)

Теперь найдём μ_{\min} , при котором сферешонка не будет развезаться.

$$F_{\text{тр}1} = 24,26 \text{ Н} \leq \mu N_1 = \mu \cdot 66,67 \text{ Н}$$

$$F_{\text{тр}2} = 24,26 \text{ Н} \leq \mu N_2 = \mu \cdot 133,33 \text{ Н}$$

если μ $\rightarrow 0$
вышлестется,
шарик не
развезается.

$$\mu \geq \frac{24,26}{66,67} = 0,364$$

$$\mu \geq \frac{24,26}{133,33} = 0,181$$

$$\Leftrightarrow \mu \geq 0,364$$



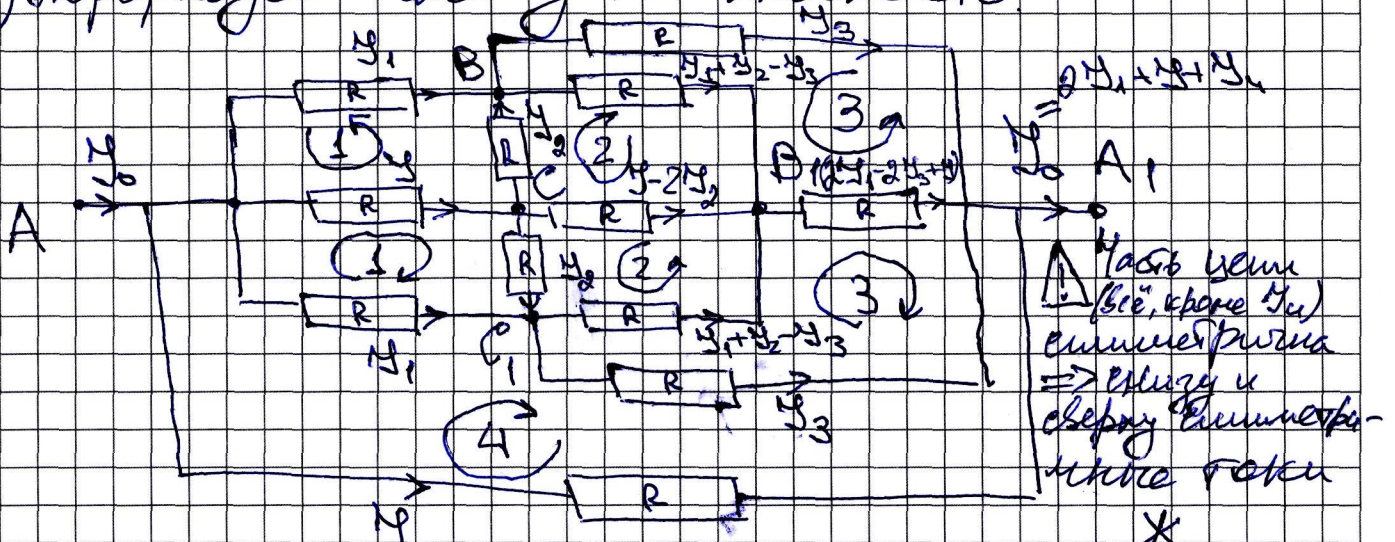
$$\underline{\mu_{\min} = 0,364}$$

/10

лист 4 из 12

б)

а) Переключим схему на плоскость:



Возьмем I контура (II з-н Кирхгофа):

1) $I_1 + I_2 = I_3$ 2) $I_2 + I_1 + I_2 - I_3 = I - 2I_2$
 3) $I_1 + I_2 - I_3 + 2I_1 - 2I_3 + I = I_3$ 4) $I_1 + I_3 = I_4$

Подставим в 2 и 3 1-е:

2) $4I_2 - I_3 + I + I_2 = I$; $5I_2 = I_3$ - подставим в 3-е
 3) $3I_1 + I_2 + I = 4I_3$; $3I + 3I_2 + I_2 + I = 20I_2$; $4I = 16I_2$; $I = 4I_2$

$I_1 = 5I_2$; $I_2 = I_2$; $I_3 = 5I_2$; $I_4 = I_1 + I_3 = 10I_2$; $I = 4I_2$

$I_0 = 2I_1 + I + I_4 = 10I_2 + 4I_2 + 10I_2 = 24I_2 = I_0$

Общее напряжение $U_0 = I_4 R = 10I_2 R$

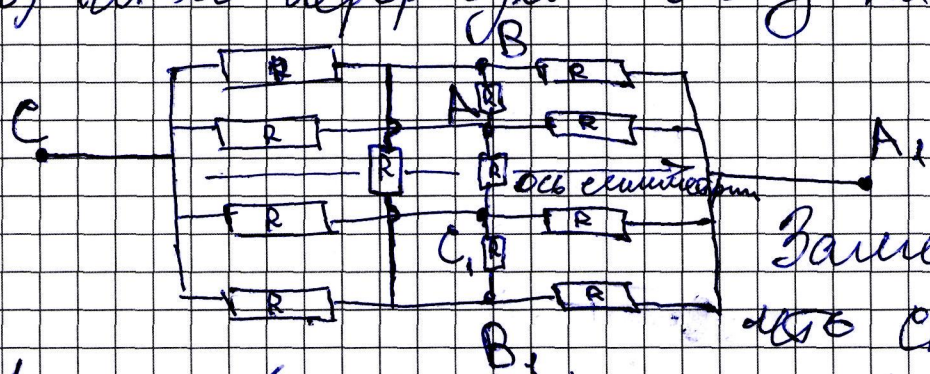
Сопротивление цепи $R_0 = \frac{U_0}{I_0} = \frac{10I_2 R}{24I_2} = 5 \Omega$

57

* Т.к. везде сопротивление = R = 10 Ом, оно везде сократится => можно не искать

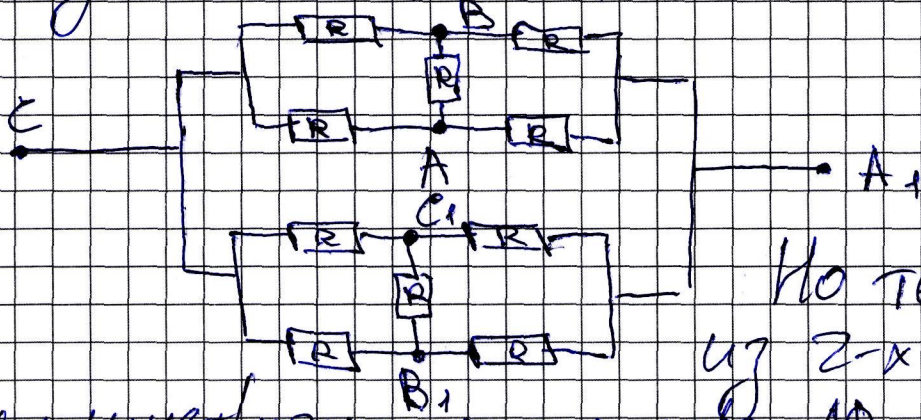
5) Миср 5 из 12

8) Также перефразируем схему на плоскость:

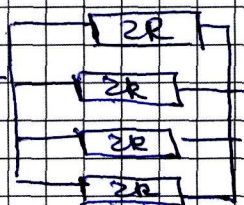


Заметим также, что схема симметрична (теперь 3ω) \Rightarrow ток через AB_1 и $BB_1 = 0$.

Тогда схема такая:



Но теперь каждая из 2-х частей также симметрична \Rightarrow ток через AB и C_1B тоже $= 0$.
Схема превращается в следующую:



$$R_0 = \frac{R}{2} = 6 \text{ Ом}$$

Здесь выражается φ -то параллельное соединение:

$$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{2R} + \frac{1}{2R} + \frac{1}{2R} = \frac{2}{R}$$

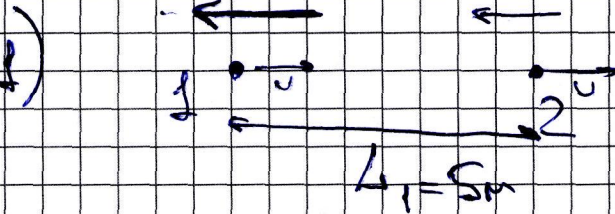
(+3)

~~Σ = 10~~

Лиса 6 уз 12

Пусь первая машина тормозит быстрее;

$$a_1 > a_2$$



В этом случае минимальное расстояние между машинами

будет тогда, когда скорости их равны (далее скорость 1-й будет < скорости 2-й \Rightarrow расст. увелич.)

Машина проедет:

$$S_1 = vt - \frac{a_1(t-T)^2}{2}$$

$$S_2 = vt - \frac{a_2 t^2}{2}$$

В случае мин. расстояния.

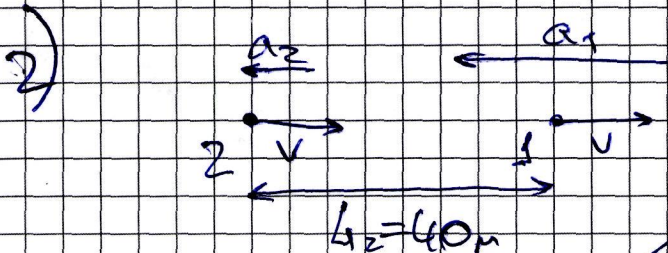
расстояние L_1'

$$L_1' = S_1 - S_2 = \frac{a_2 t^2}{2} - \frac{a_1(t-T)^2}{2} =$$

$$= \frac{a_2 T^2 (a_1^2)}{2(a_1 - a_2)^2} - \frac{a_1 T^2 a_2^2}{2(a_1 - a_2)^2} =$$

$$= \frac{a_1 a_2 T^2}{2(a_1 - a_2)^2} (a_1 - a_2) = \frac{a_1 a_2 T^2}{2(a_1 - a_2)} = 5 \text{ м}, \frac{a_1 a_2}{a_1 - a_2} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} =$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{a_2} - \frac{1}{a_1}}, \frac{1}{a_2} - \frac{1}{a_1} = 0,1 \frac{\text{с}^2}{\text{м}}$$



В этом случае скорость первой машины всегда будет < скорости 2-й \Rightarrow минимальное расстояние будет в момент полной остановки 2-й машины.

лист 7 из 12

②

Это произойдёт через $t = \sqrt{t} + \frac{V}{a_2}$
 За это время обе машины остановятся
 \rightarrow пройденная спец. пути,

$$S_1 = Vt_1 - \frac{a_1 t_1^2}{2} = \frac{V^2}{a_1} - \frac{V^2}{2a_1} = \frac{V^2}{2a_1}$$

$$S_2 = V\sqrt{t} - \frac{a_2 t^2}{2}; t_2 = \frac{V}{a_2}; S_2 = V\sqrt{t} + \frac{V^2}{a_2} - \frac{V^2}{2a_2} = V\sqrt{t} + \frac{V^2}{2a_2}$$

Максимальное безопасное расстояние L_2 :

$$L_2 = S_2 - S_1 = V\sqrt{t} + \frac{V^2}{2} \left(\frac{1}{a_2} - \frac{1}{a_1} \right);$$

Получаем квадратное $0,1 \frac{m^2}{s^2}$

уравнение отн. V : (подставим все числа в СИ; a в $\frac{m}{c^2}$)

$$V^2 \left(\frac{1}{2a_2} - \frac{1}{a_1} \right) + 0,05 V^2 + V - 40 = 0; D = 1 + 40 \cdot 4 \cdot 0,05 = 9; \sqrt{D} = 3;$$

$$V = \frac{-1 \pm 3}{0,1} = 20 \frac{m}{c}$$

н. 1-5; 7-11 (8,5)