

5. Рабочие формулы и исходные данные.

$$d = x_2 - x_1 \quad \bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i = \frac{1}{5} (d_1 + \dots + d_5)$$

$$S_{\bar{d}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{(d_1 - \bar{d})^2 + \dots + (d_5 - \bar{d})^2}{20}}$$

$$\Delta_{\bar{d}} = t_{\alpha n} \cdot S_{\bar{d}} \quad \Delta_d = \sqrt{\Delta_{\bar{d}}^2 + \left(\frac{2}{3} \Delta_{nd}\right)^2} = \sqrt{\Delta_{\bar{d}}^2 + \left(\frac{2\Delta_{\alpha}}{3\alpha}\right)^2}$$

$$\Delta_R = \frac{2}{3} \Delta_{nR} = \frac{2}{3} \cdot 0,05 = 0,033 \text{ см}$$

$$\Delta_{\rho} = \frac{2}{3} \Delta_{n\rho} = \frac{2}{3} \cdot 100 = 66,67 \text{ кг/м}^3$$

$$\Delta_{\rho_0} = \frac{2}{3} \Delta_{n\rho_0} = \frac{2}{3} \cdot 40 = 26,67 \text{ кг/м}^3$$

$$\Delta_{\alpha} = \frac{2}{3} \Delta_{n\alpha} = \frac{2}{3} \cdot 0,001 = 0,00067 \text{ мм/дел}$$

$$\Delta_l = \frac{2}{3} \Delta_{nl} = \frac{2}{3} \cdot 0,05 = 0,033 \text{ см}$$

$$\Delta_t = \frac{2}{3} \Delta_{nt} = \frac{2}{3} \cdot 0,005 = 0,0033 \text{ с}$$

$$\Delta_g = 0,005 \text{ м/с}^2 - \text{половина от разряда последней значащей цифры}$$

$$\Delta_g = \frac{2}{3} \Delta_{ng} = \frac{2}{3} \cdot 0,005 = 0,0033 \text{ м/с}^2$$

$$\Delta_g = \frac{2}{3} \Delta_{ng} = \frac{2}{3} \cdot 0,005 = 0,0033 \text{ м/с}^2$$

$$r = \alpha \bar{d} / 2 \quad \Delta_r = \frac{r \Delta_d}{d}$$

$$v = l/t \quad [\text{м/с}] \quad \Delta_v = v \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta l}{l}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t}{t}\right)^2}$$

$$k = \frac{1}{1 + \frac{2,4r}{R}}$$

$$\eta = \frac{2r^2(\rho - \rho_0)}{9v} gk$$

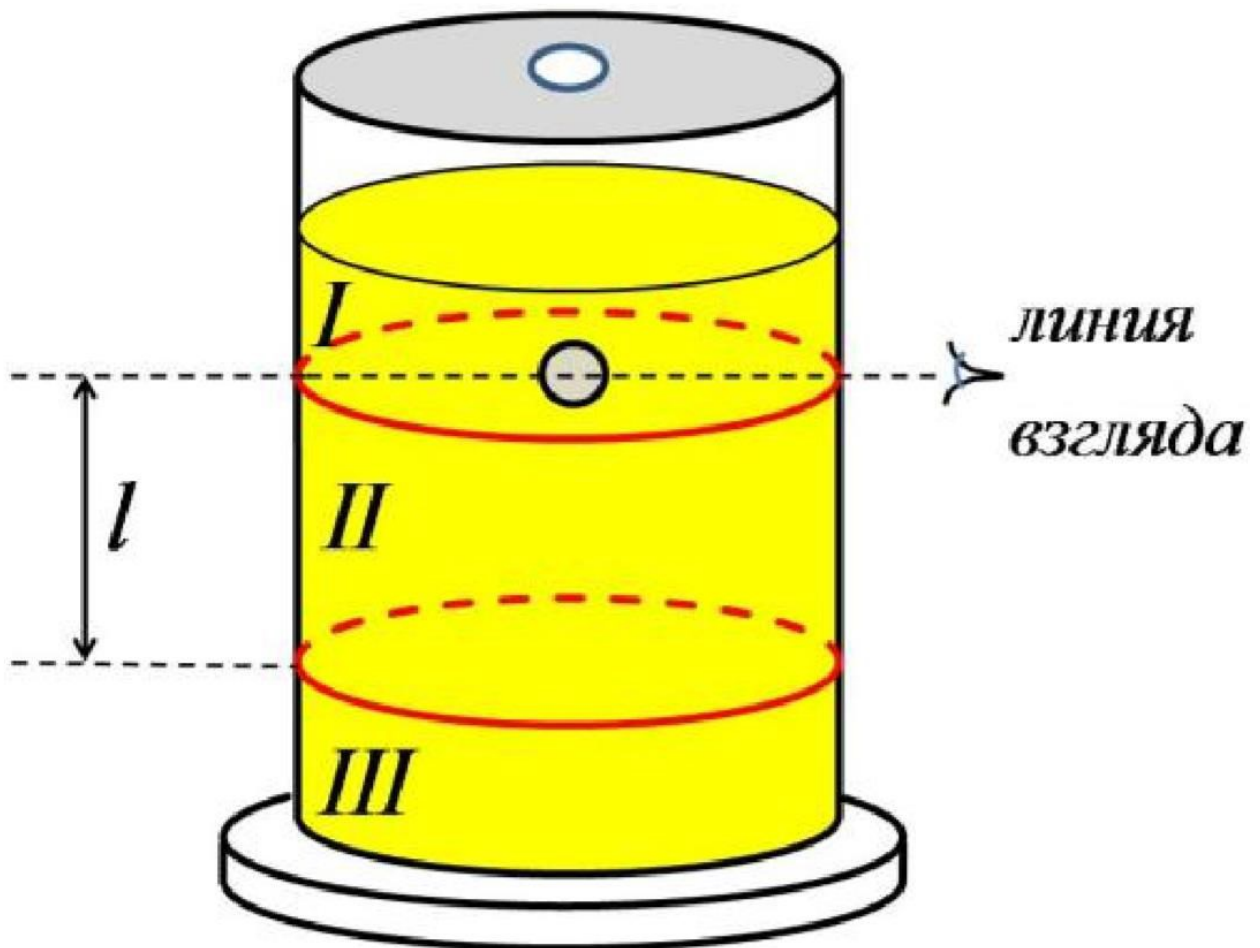
$$\Delta_{\eta} = \eta \cdot \sqrt{\left(2\frac{\Delta_r}{r}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_v}{v}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_g}{g}\right)^2 + \frac{(\Delta\rho)^2 + (\Delta\rho_0)^2}{(\rho - \rho_0)^2}}$$

$$\varepsilon_{\eta} = \frac{\Delta_{\eta}}{\eta} \cdot 100\%$$

6. Измерительные приборы.

№	Наименование	Предел измерений	Цена деления	Класс точности	Δ и
1	Металлическая линейка	500 мм	1 мм/дел	-	0,5 мм
2	Секундомер	60 мин	0,01 с/дел	-	0,005 с

7. Схема установки.



8. Результаты прямых измерений и их обработки.

Таблица 1.

$(R \pm \Delta R)$ см	$(2,95 \pm 0,05)$
$(\rho \pm \Delta \rho)$ кг/м ³	(7800 ± 100)
$(\rho_0 \pm \Delta \rho_0)$ кг/м ³	(960 ± 40)
$(\alpha \pm \Delta \alpha)$ мм/дел	$(0,266 \pm 0,001)$
$(l \pm \Delta l)$ см	$(10,20 \pm 0,05)$

Таблица 2.1. Первый шарик					
№ опыта	1	2	3	4	5
x_2 дел	6,03	6,09	6,33	6,29	5,57
x_1 дел	2,32	2,37	2,61	2,64	1,94
d дел	3,71	3,72	3,72	3,65	3,63
$(\bar{d} \pm \Delta \bar{d})$ дел	(3,69 \pm 0,05)				
$(r \pm \Delta r)$ мм	(0,49 \pm 0,01)				
$(t \pm \Delta t)$ с	(21,95 \pm 0,01)				
$(v \pm \Delta v)$ м/с	(0,0046 \pm 0,0001)				
$(\eta \pm \Delta \eta)$ Па * с	(0,7701 \pm 0,0256)				

$$\bar{d} = \frac{(3,71 + 3,72 + 3,72 + 3,65 + 3,63)}{5} = 3,69 \text{ дел}$$

Таблица 2.2. Второй шарик					
№ опыта	1	2	3	4	5
x_2 дел	7,19	7,20	7,81	6,84	7,48
x_1 дел	1,27	1,24	1,91	0,88	1,51
d дел	5,92	5,96	5,90	5,96	5,97
$(\bar{d} \pm \Delta \bar{d})$ дел	(5,94 \pm 0,04)				
$(r \pm \Delta r)$ мм	(0,79 \pm 0,01)				
$(t \pm \Delta t)$ с	(8,5 \pm 0,01)				
$(v \pm \Delta v)$ м/с	(0,012 \pm 0,001)				
$(\eta \pm \Delta \eta)$ Па * с	(0,77501 \pm 0,01620)				

$$\bar{d} = \frac{(5,92 + 5,96 + 5,90 + 5,96 + 5,97)}{5} = 5,94 \text{ дел}$$

Таблица 2.3. Третий шарик					
№ опыта	1	2	3	4	5
x_2 дел	8,01	7,99	8,77	8,75	8,87
x_1 дел	0,43	0,48	1,27	1,28	1,34
d дел	7,58	7,51	7,50	7,47	7,53
$(\bar{d} \pm \Delta \bar{d})$ дел	(7,52 \pm 0,05)				
$(r \pm \Delta r)$ мм	(1,0002 \pm 0,007)				
$(t \pm \Delta t)$ с	(5,61 \pm 0,01)				
$(v \pm \Delta v)$ м/с	(0,0182 \pm 0,0001)				
$(\eta \pm \Delta \eta)$ Па * с	(0,819 \pm 0,018)				

$$\bar{d} = \frac{(7,58 + 7,51 + 7,50 + 7,47 + 7,53)}{5} = 7,52 \text{ дел}$$

9. Расчёт результатов косвенных измерений.

$$r_I = \frac{\alpha \bar{d}_1}{2} = 0,266 * \frac{3,69}{2} = 0,49 \text{ мм} (= 0,00049 \text{ м})$$

$$r_{II} = \frac{\alpha \bar{d}_2}{2} = 0,266 * \frac{5,94}{2} = 0,79 \text{ мм} (= 0,00079 \text{ м})$$

$$r_{III} = \frac{\alpha \bar{d}_3}{2} = 0,266 * \frac{7,52}{2} = 1,0002 \text{ мм} (= 0,001 \text{ м})$$

$$v_I = \frac{l}{t_I} = \frac{10,2}{21,95} = 0,465 \text{ см/с} (= 0,00465 \text{ м/с})$$

$$v_{II} = \frac{l}{t_{II}} = \frac{10,2}{8,5} = 1,2 \text{ см/с} (= 0,012 \text{ м/с})$$

$$v_{III} = \frac{l}{t_{III}} = \frac{10,2}{5,61} = 1,818182 \text{ см/с} (= 0,01818182 \text{ м/с})$$

$$k_I = \frac{1}{1 + \frac{2,4r_I}{R}} = 0,999602$$

$$k_{II} = \frac{1}{1 + \frac{2,4r_{II}}{R}} = 0,999358$$

$$k_{III} = \frac{1}{1 + \frac{2,4r_{III}}{R}} = 0,999187$$

$$\eta_I = \frac{2r_I^2(\rho - \rho_0)gk_I}{9v_I} = 0,770138 \text{ Па * с}$$

$$\eta_{II} = \frac{2r_{II}^2(\rho - \rho_0)gk_{II}}{9v_{II}} = 0,775009 \text{ Па * с}$$

$$\eta_{III} = \frac{2r_{III}^2(\rho - \rho_0)gk_{III}}{9v_{III}} = 0,819449 \text{ Па * с}$$

10. Расчёт погрешностей измерений.

$$S_{\bar{d}_I} = \sqrt{\frac{(d_1 - \bar{d})^2 + \dots + (d_5 - \bar{d})^2}{20}} = 0,019131$$

$$S_{\bar{d}_I} = \sqrt{\frac{(d_1 - \bar{d})^2 + \dots + (d_5 - \bar{d})^2}{20}} = 0,013565$$

$$S_{\bar{d}_{II}} = \sqrt{\frac{(d_1 - \bar{d})^2 + \dots + (d_5 - \bar{d})^2}{20}} = 0,018276$$

$$S_{\bar{d}_{III}} = \sqrt{\frac{(d_1 - \bar{d})^2 + \dots + (d_5 - \bar{d})^2}{20}} = 0,018276$$

$$\Delta_{\bar{d}_I} = t_{\alpha n} S_{\bar{d}_I} = 0,05319$$

$$\Delta_{\bar{d}_{II}} = t_{\alpha n} S_{\bar{d}_{II}} = 0,03771$$

$$\Delta_{\overline{d_{III}}} = t_{\alpha n} S_{\overline{d_{III}}} = 0,05081$$

$$\Delta_{d_I} = \sqrt{\Delta_{\overline{d}}^2 + \left(\frac{2\Delta_{\alpha}}{3\alpha}\right)^2} = 0,05327$$

$$\Delta_{d_{II}} = \sqrt{\Delta_{\overline{d}}^2 + \left(\frac{2\Delta_{\alpha}}{3\alpha}\right)^2} = 0,03783$$

$$\Delta_{d_{III}} = \sqrt{\Delta_{\overline{d}}^2 + \left(\frac{2\Delta_{\alpha}}{3\alpha}\right)^2} = 0,05089$$

$$\Delta_{r_I} = \frac{r_I \Delta_{d_I}}{d_I} = 0,00708 \text{ мм}$$

$$\Delta_{r_{II}} = \frac{r_{II} \Delta_{d_{II}}}{d_{II}} = 0,00503 \text{ мм}$$

$$\Delta_{r_{III}} = \frac{r_{III} \Delta_{d_{III}}}{d_{III}} = 0,00677 \text{ мм}$$

$$\Delta_{v_I} = v_I * \sqrt{\left(\frac{\Delta l}{l}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t}{t}\right)^2} = 0,0000229 \text{ м/с}$$

$$\Delta_{v_{II}} = v_{II} * \sqrt{\left(\frac{\Delta l}{l}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t}{t}\right)^2} = 0,0000626 \text{ м/с}$$

$$\Delta_{v_{III}} = v_{III} * \sqrt{\left(\frac{\Delta l}{l}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t}{t}\right)^2} = 0,0000948 \text{ м/с}$$

$$\Delta_{\eta_I} = \eta_I * \sqrt{\left(2 \frac{\Delta r_I}{r_I}\right)^2 + \left(\frac{\Delta v_I}{v_I}\right)^2 + \left(\frac{\Delta g_I}{g_I}\right)^2 + \frac{(\Delta \rho)^2 + (\Delta \rho_0)^2}{(\rho - \rho_0)^2}} = 0,0256 \text{ Па*с}$$

$$\Delta_{\eta_{II}} = \eta_{II} * \sqrt{\left(2 \frac{\Delta r_{II}}{r_{II}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta v_{II}}{v_{II}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta g_{II}}{g_{II}}\right)^2 + \frac{(\Delta \rho)^2 + (\Delta \rho_0)^2}{(\rho - \rho_0)^2}} = 0,0162 \text{ Па*с}$$

$$\Delta_{\eta_{III}} = \eta_{III} * \sqrt{\left(2 \frac{\Delta r_{III}}{r_{III}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta v_{III}}{v_{III}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta g_{III}}{g_{III}}\right)^2 + \frac{(\Delta \rho)^2 + (\Delta \rho_0)^2}{(\rho - \rho_0)^2}} = 0,0175 \text{ Па*с}$$

$$\varepsilon_{\eta_I} = \frac{\Delta_{\eta_I}}{\eta_I} * 100\% = 3,33\%$$

$$\varepsilon_{\eta_{II}} = \frac{\Delta_{\eta_{II}}}{\eta_{II}} * 100\% = 2,09\%$$

$$\varepsilon_{\eta_{III}} = \frac{\Delta_{\eta_{III}}}{\eta_{III}} * 100\% = 2,14\%$$

11. Графики.

-

12. Окончательные результаты.

1) $\eta_I = (0,770 \pm 0,030) \text{ Па} \cdot \text{с}; \quad \varepsilon_{\eta_I} = 3,33\%; \quad \alpha = 0,95.$

2) $\eta_{II} = (0,775 \pm 0,016) \text{ Па} \cdot \text{с}; \quad \varepsilon_{\eta_I} = 2,09\%; \quad \alpha = 0,95.$

3) $\eta_{II} = (0,775 \pm 0,016) \text{ Па} \cdot \text{с}; \quad \varepsilon_{\eta_I} = 2,14\%; \quad \alpha = 0,95.$

13. Выводы и анализ результатов работы.

Учитывая схожесть значений косвенно измеренных величин $\eta_I = (0,770 \pm 0,030) \text{ Па} \cdot \text{с}; \eta_{II} = (0,775 \pm 0,016) \text{ Па} \cdot \text{с}; \eta_{II} = (0,775 \pm 0,016) \text{ Па} \cdot \text{с}$ и их маленькие погрешности, можно сделать вывод о том, что размер шарика, опускаемого в жидкость не влияет на значение коэффициента внутреннего трения данной жидкости.