

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.2.3.

Тема работы: "Определение моментов инерции твёрдых тел с помощью трифуркового полавеса"

Оборудование: Трифурковый полавес, секундомер, счётчик часах из первичных, инвентарь, момент инерции которого наложен для измерения.

Цель работы: Измерение момента инерции различных тел и сравнение результатов с расчётом по теоретическим формулам; проверка единицы измерения момента инерции и спиральных волнистых формул Гюгена - Штейнера.

Теоретический материал:

Момент инерции тела при вращении определяется моментом инерции тела (стадо).
 $I = \int r^2 dm$, где

r — расстояние элемента массой dm до неподвижной оси вращения

известна площадь $\{$ земли $\}$ $\{$ земли $\}$
 земли размеры

$$\left. \begin{array}{l} 1) \text{ простая форма} \\ 2) \text{ сложная форма} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \text{вычисл. по} \\ \text{формуле} \\ \text{или прямолинейно} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \text{вычисл. по} \\ \text{формуле} \end{array} \right\}$$

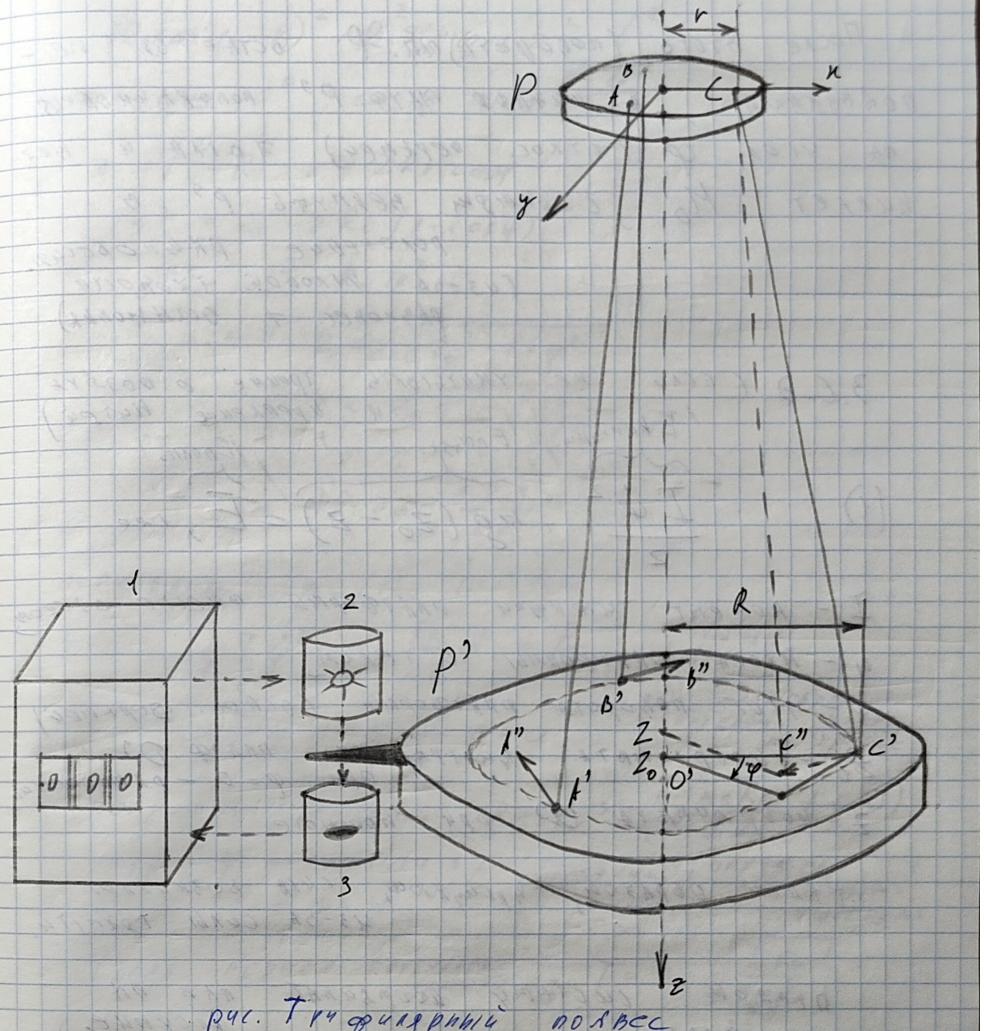


рис. Трифурковый полавес

Устройство, любое из которых используется.

P — неподвижн. плита, P' — неподвижн. пл. ср.

AA' , BB' , CC' — симметрич. расстоян. между

на платформе P есть рёбра, с помощью коих которого и создаются круговые колебания (путём поворотного груза)

После этого (поворота) мы имеем оставшиеся неизвестные, а также мы имеем R^2 попорядка порядка φ (угол вращения) тоже и более высокий M_0 , стремясь к верхнему пределу R^2 в результате разложения в ряды.

(43-3A) Угловое (скорость вращения \neq постоянная)

Задача (если не учитывать трение о воздух)

$$(1) \quad \frac{I \dot{\varphi}^2}{2} + mg(z_0 - z) = E, \text{ где}$$

I - момент инерции плакетки относительно стержня
 m - масса плакетки с грузом

φ - угол поворота плакетки (угол вращения)

z_0 - координата центра пад. плакетки при $\varphi = 0$ - равновесие
 z - координата Oz при повороте

Таким образом, выражаем суть вложенного 43-3А сюда формулы,

Найдём систему координат для них

$C(r; 0; 0)$ - верхний конец стержня из центра

$C'(R; 0; z_0)$ - нижний конец

$C''(R \cos \varphi; R \sin \varphi; z)$ - точка конца при повороте

Мы имеем $|CC''| = l$, тогда

$$(R \cos \varphi - r)^2 + R^2 \sin^2 \varphi + z^2 = l^2$$

$$\text{тогда } \varphi \leq 30^\circ; \cos \varphi \approx 1 - \frac{\varphi^2}{2}, \text{ тогда}$$

$$z^2 = l^2 - R^2 - r^2 + 2Rr \cos \varphi$$

$$z^2 = z_0^2 - 2Rr(1 - \cos \varphi)$$

$$z^2 \approx z_0^2 - Rr \varphi^2$$

$$\text{т.е. } z \approx \sqrt{z_0^2 - Rr \varphi^2}$$

$$z \approx z_0 \sqrt{1 - \frac{Rr \varphi^2}{z_0^2}}$$

$$z \approx z_0 - \frac{Rr \varphi^2}{2z_0}$$

подставив в (1), получим

$$\frac{1}{2} I \dot{\varphi}^2 + mg \frac{Rr}{2z_0} \varphi^2 = E \quad \text{т.е.}$$

$$I \ddot{\varphi} + mg \frac{Rr}{z_0} \varphi = 0 \quad \leftarrow \begin{array}{l} \text{так определил} \\ \text{ноги} \\ \text{и} \\ \text{голову} \end{array}$$

$$\text{получим решение: } \varphi = \varphi_0 \sin \left(\sqrt{\frac{mgRr}{Iz_0}} t + \Theta \right),$$

где φ_0 - начальная колебания, определена

Θ - фаза колебаний, определена

Период колебаний:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{Iz_0}{mgRr}}$$

Если $R = R_0$ то имеем

$$\text{т.е. } I = I_0 = mR_0^2 \text{ постоянное}$$

значение для колебаний

$$\text{тогда } \varphi = \frac{mgRr}{4m^2 R_0^2 z_0} T^2 \approx \text{const}$$

$$\text{т.е. } R = const; \quad v = const; \quad z_0 = const$$

а постоянна;

$$I = k m T^2, \text{ т.е.}$$

$$k = \frac{g R r}{4m^2 z_0} = const \quad (\text{характеристика})$$

Ход работы:

Иструменты

1) Необходимые инструменты, проводить

Чистоту и пригодность
 (функционально)
 Устройство возврата наручек, колеса.
 Механика. Испытательные машины.
 Радиоизмерительные приборы.

2) Воздушные круговые колеса,
 проводить соотношение $\sigma \gg T$,
 где σ - предел текучести

коэффициент колебаний.

3) Чистота рабочих для пазов и амплитуд колебаний. Для этого измеряют
 фиксацию по течею, пока первое колесо не будет определенное по 20-30
 полных колес, не переставляя измерения
 от амплитуды 80%.

Рабочий диапазон измеряется с течею
 амплитуды, для которых
 первое колесо будет соприкосновение колеса
 с концом измеряющей машины меньше.

4) Измерять для рабочих угловые
 φ_0 , R_{ur} , вычислив k и σ_k .

5) Определить I массы платформы

6) Измерить моменты инерции для
 тех же наборов вместе с ним отдельно,
 (помимо тела якоря, который
 масса которого не более 10% массы якоря)
 Приведя полученные значения $I = I_1 + I_2$.

Рассчитываемое значение I и сроках с экспериментом.

(7) Поместить на платформу якорь, пред-
 резанный по диаметру, чтобы этикетка
 $I(R)$ (от радиуса R до оси вращения)
 определять по меньшему моменту инерции якоря.

Таблица измерений:

(6)

Время и номер, т.с	Момент инерции, кг-м ²	Первый период, т.с	Момент инерции I_1 , кг-м ²
1 88,16	20	9,408	$5,44 \cdot 10^{-3}$
2 87,87	20	9,394	$5,68 \cdot 10^{-3}$
3 87,77	20	9,389	$5,67 \cdot 10^{-3}$

без якоря

$$m = 0,576 \text{ кг}$$

$E, \text{с}$	n	$T, \text{с}$	$I, \text{кг-м}^2$
1 60,66	20	3,033	$9,84 \cdot 10^{-3}$
2 60,54	20	3,027	$9,80 \cdot 10^{-3}$
3 60,45	20	3,023	$9,78 \cdot 10^{-3}$

Якорь

$$m = 0,576 + 1,58 = \\ = 2,094 \text{ кг}$$

$E, \text{с}$	n	$T, \text{с}$	$I, \text{кг-м}^2$
1 71,22	20	3,561	$11,19 \cdot 10^{-3}$
2 71,19	20	3,56	$11,18 \cdot 10^{-3}$
3 71,17	20	3,559	$11,18 \cdot 10^{-3}$

Колесо

$$m = 0,576 + 1,58 = \\ = 1,727 \text{ кг}$$

$E, \text{с}$	n	$T, \text{с}$	$I, \text{кг-м}^2$
1 51,8	20	2,558	$5,80 \cdot 10^{-3}$
2 51,04	20	2,552	$5,78 \cdot 10^{-3}$
3 50,92	20	2,546	$5,75 \cdot 10^{-3}$

Цилиндр

$$m = 0,576 + 1,16 = \\ = 1,736 \text{ кг}$$

	$t, \text{с}$	u	$T, \text{с}$	$I, \text{кн} \cdot \text{м}^2$
1	60,85	20	3,043	$15,74 \cdot 10^{-3}$
2	60,97	20	3,049	$19,40 \cdot 10^{-3}$
3	60,95	20	3,048	$15,89 \cdot 10^{-3}$

Фука + Краббс

$$u = 0,976 + 2,669 = \\ = 3,241 \text{ кн}$$

(7)

	1	2	3
0	60 3088	5982	5978
$T, \text{с}$	2,549	2,541	2,539
I_{ep}	$6,66 \cdot 10^{-3} \text{ кн} \cdot \text{м}^2$		
1	51,29	51,3	51,27
$T, \text{с}$	2,565	2,565	2,564
I_{ep}	$6,78 \cdot 10^{-3} \text{ кн} \cdot \text{м}^2$		
2	52,79	52,75	52,73
$T, \text{с}$	2,64	2,638	2,637
I_{ep}	$7,17 \cdot 10^{-3} \text{ кн} \cdot \text{м}^2$		
3	54,96	54,97	55,03
$T, \text{с}$	2,748	2,749	2,752
I_{ep}	$7,79 \cdot 10^{-3} \text{ кн} \cdot \text{м}^2$		
4	58,02	58,07	58,1
$T, \text{с}$	2,901	2,904	2,905
I_{ep}	$8,69 \cdot 10^{-3} \text{ кн} \cdot \text{м}^2$		
5	61,75	61,73	61,69
$T, \text{с}$	3,088	3,087	3,085
I_{ep}	$9,82 \cdot 10^{-3} \text{ кн} \cdot \text{м}^2$		
6	63,19	66,98	68,10
$T, \text{с}$	3,36	3,349	3,355
I_{ep}	$11,6 \cdot 10^{-3} \text{ кн} \cdot \text{м}^2$		
7	71,29	71,18	71,1
$T, \text{с}$	3,565	3,559	3,555
I_{ep}	$13,1 \cdot 10^{-3} \text{ кн} \cdot \text{м}^2$		

Разрезанная фука

Фука

$$u = 0,976 + 1,441 = \\ = 2,017 \text{ кн}$$

допущен шаг 6 шагов

Порядок таблицы

$$M_{\text{пл}} = 576,02 \text{ кн}$$

$$R = 155 \text{ мм}$$

$$v = 30 \text{ мм}$$

$$Z_{\text{шп}} = 1970 \text{ мм}$$

Маркерный ТСЛ

$$\text{Фука: } m = 2517,52 \text{ кг} \quad u = 1159,52 \text{ кн} \quad d = 50 \text{ мм}$$

$$\text{Кольцо: } l = 8,1 \text{ мм} \quad u = 2664,52 \text{ кн} \quad d = 158,8 \text{ мм}$$

Разрезанная фука:

$$\begin{aligned} & \text{Вес фуки} \quad m = 1440,52 \text{ кг} \\ & \text{Последовательность} \quad \text{шаг} \quad d = 87 \text{ мм} \\ & k = \frac{\pi R^2}{4 \cdot 20} \approx 5,11 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \end{aligned}$$

23.11.23 дз

Рассчитать изборотную рабочую П.2.3

Моменты избыточные

Без ТСЛ (нормы - маркеры)

$$I_{\text{теп}} = \frac{m R^2}{2} = 5,25 \cdot 10^{-3} \text{ кн} \cdot \text{м}^2$$

$$I_{\text{эксп}} = \frac{1}{3} (I_1 + I_2 + I_3) = 5,69 \cdot 10^{-3} \text{ кн} \cdot \text{м}^2$$

$$\delta I_s = I_s \sqrt{\left(\frac{\partial I_1}{\partial t}\right)^2 + \left(\frac{\partial I_2}{\partial t}\right)^2 + 4\left(\frac{\partial I_3}{\partial t}\right)^2} \approx 0,06 \cdot 10^{-3} \text{ кн} \cdot \text{м}^2$$

$$I_{\text{эксп}} = (5,69 \cdot 10^{-3} \pm 0,06 \cdot 10^{-3}) \text{ кн} \cdot \text{м}^2$$

$$\varepsilon \approx 7,57\%$$

Луна

$$I_{\text{лоб}} \approx 480 \cdot 10^{-3} \text{ кс. м}^2$$

$$I_{\text{зен}} = I_{\text{полн.}} - I_{\text{неб}}$$

$$I_{\text{полн.}} = \frac{1}{3}(I_1 + I_2 + I_3) \approx 9,81 \cdot 10^{-3} \text{ кс. м}^2$$

$$I_{\text{зен}} = 9,81 \cdot 10^{-3} - 5,69 \cdot 10^{-3} \approx 4,12 \cdot 10^{-3} \text{ кс. м}^2$$

$$\delta I_{\text{зен}} \approx 0,041 \cdot 10^{-3} \text{ кс. м}^2$$

$$I_{\text{зен}} = (4,12 \pm 0,04) \cdot 10^{-3} \text{ кс. м}^2$$

$$\varepsilon \approx 17\%$$

Роды

$$I_{\text{лоб}} \approx 6,37 \cdot 10^{-3} \text{ кс. м}^2$$

$$I_{\text{зен}} = 11,18 \cdot 10^{-3} - 5,69 \cdot 10^{-3} \approx 5,48 \cdot 10^{-3} \text{ кс. м}^2$$

$$\delta I_{\text{зен}} \approx 0,015 \text{ кс. м}^2$$

$$I_{\text{зен}} = (5,48 \pm 0,05) \cdot 10^{-3} \text{ кс. м}^2$$

$$\varepsilon \approx 16,2\%$$

Кундуз

$$I_{\text{лоб}} \approx 0,36 \cdot 10^{-3} \text{ кс. м}^2$$

$$I_{\text{зен}} \approx 0,057 \cdot 10^{-3} \text{ кс. м}^2$$

$$\delta I_{\text{зен}} \approx 0,0006 \cdot 10^{-3} \text{ кс. м}^2$$

$$I_{\text{зен}} = (5,70 \cdot 10^{-5} \pm 0,06 \cdot 10^{-5}) \text{ кс. м}^2$$

Луна + Роды

$$I_{\text{лоб}} = I_1 + I_2 \approx 15,66 \cdot 10^{-3} \text{ кс. м}^2$$

$$I_{\text{зен}} = 15,57 \cdot 10^{-3} - 5,69 \cdot 10^{-3} \approx 9,69 \cdot 10^{-3} \text{ кс. м}^2$$

$$\delta I_{\text{зен}} \approx 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ кс. м}^2$$

$$I_{\text{зен}} = (9,7 \cdot 10^{-3} \pm 0,1 \cdot 10^{-3}) \text{ кс. м}^2$$

$$\varepsilon \approx 15,23\%$$

РАЗРЕЗАНИЯ ЛУНЫ И МЛК

(ГРАФИК ЗАВИСИМОСТИ $I(h^2)$)

$$x = h^2; y = I$$

$$y = kx + b$$

$$т.е. k = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{\bar{I}h^2 - \bar{I}b^2}{h^4 - (b^2)^2}$$

$$b = \bar{y} - k\bar{x} = \bar{I} - k\bar{h}^2$$

$$\bar{I} \approx 8,95 \cdot 10^{-3} \text{ кс. м}^2$$

$$\bar{h}^2 = 17,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 = 17,5 \text{ км}^2$$

*419 ягоды
напечатаны
км² и км/км²*

$$\bar{I}h^2 \approx 1928,45 \text{ кр/км}^4$$

$$\bar{h}^4 \approx 584,5 \text{ м}^4$$

$$\bar{I}^2 = 8506,7 \text{ кр}^2$$

$$k = \frac{1928,45 - 17,5 \cdot 89,5}{584,5 - 17,5} \approx 1,3 \text{ (км/км/км²)}$$

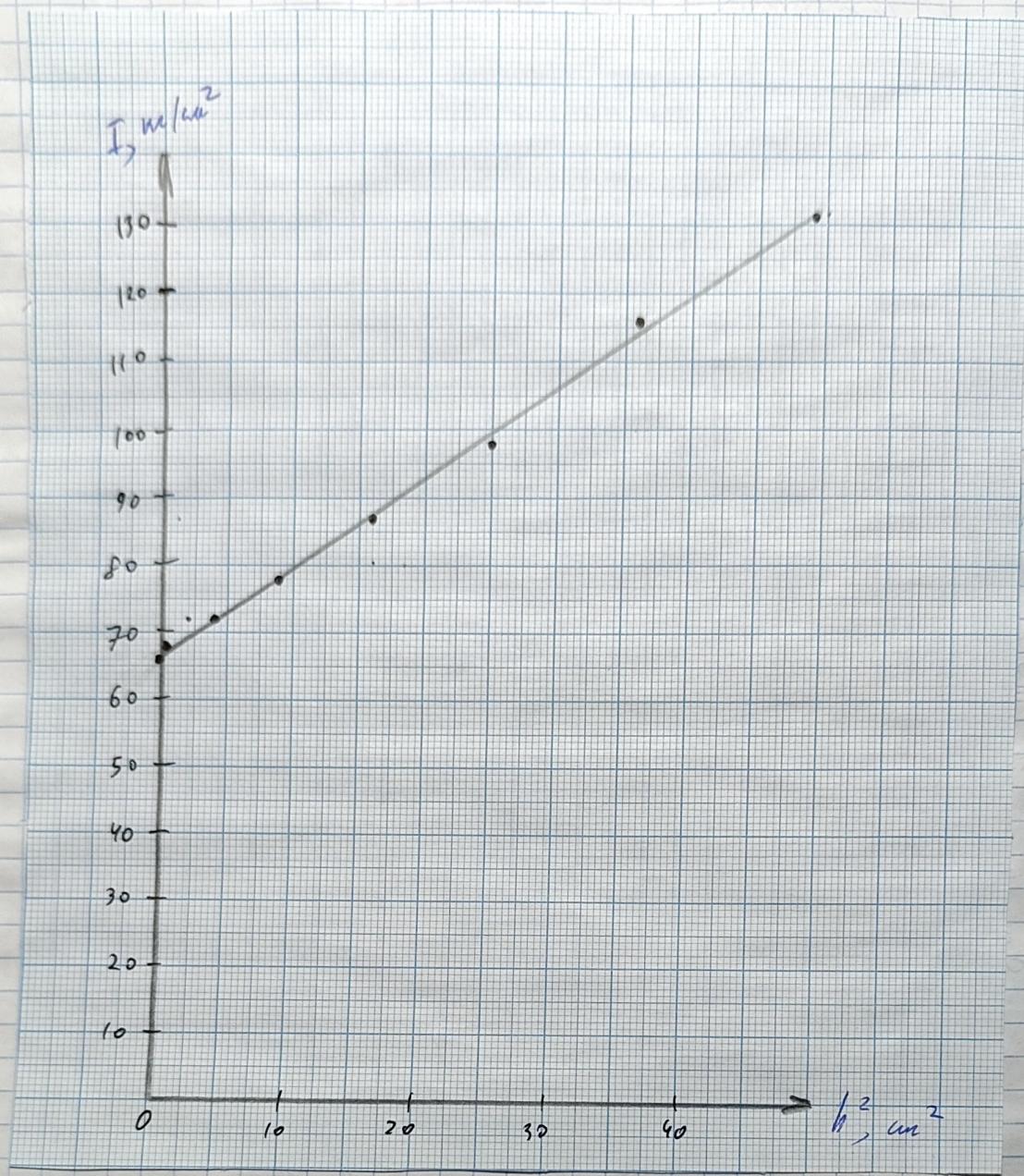
$$b = 89,5 - 1,3 \cdot 17,5 = 66,75 \text{ км/км²}$$

$$\delta_b = \frac{1}{181} \sqrt{1 \left[\frac{8506,7 - 89,5^2}{584,5 - 17,5^2} - 66,75^2 \right]} \approx 0,21 \text{ км/км²}$$

$$\delta_k = 0,21 \sqrt{584,5 - 17,5^2} \approx 0,09$$

$k = (1,30 \pm 0,09)$

$$b = (66,75 \pm 0,21)$$



При первом способе

1) $I(h^2)$ - линейная зависимость
 линейной, если нет - нелинейной
 по первому способу можно членами
 и выражать . k и b -
 раз. величины