

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Фізико-математичний факультет

Лабораторна робота No 1-3

**ВИВЧЕННЯ ЗАКОНІВ ДИНАМІКИ ОБЕРТАЛЬНОГО РУХУ ЗА
ДОПОМОГОЮ МАЯТНИКА ОБЕРБЕКА**

Виконав студ. Групи

Ткаченко Костянтин Олександрович Іп-331

Київ 2025

Ткаченко Костянтин ІП-331

Вага

1 = 0.07, 2 = 0.08, 3 = 0.09, 4 = 0.1, 5 = 0.11, 6 = 0.12

Таблиця 3.1

i	L = Lmin									
	R1 = 20					R2 = 35				
	M×10 ³ (Н·м)	M, Н * м	t _{1,2,3}	<t>,с	B, рад /с	M×10 ³ (Н·м)	M, Н * м	t _{1,2,3}	<t>,с	B, рад /с
1	13.734	0.013734	17.26	17.26	0.980	24.035	0.027468	10.51	10.51	1.508
2	15.696	0.015696	15.85	15.85	1.164	27.468	0.030902	9.89	9.89	1.707
3	17.658	0.017658	14.81	14.81	1.333	30.902	0.030902	9.39	9.39	1.892
4	19.620	0.019620	14.04	14.04	1.411	34.335	0.034335	8.98	8.98	2.069
5	21.582	0.021582	13.34	13.34	1.618	37.769	0.037769	8.63	8.63	2.238
6	23.544	0.023544	12.79	12.79	1.786	41.202	0.041202	8.33	8.33	2.406
Mt = 0.003 (Н·м) l min = 0.012 (кг·м ²)					Mt = 0.003 (Н·м) l min = 0.019 (кг·м ²)					

M×10³(Н·м)

Для r₁ = 0.020 м:

1. 0.07 кг → M = 0.07 × 9.81 × 0.020 = 0.013734 Н·м → M×10³ = 13.734
2. 0.08 кг → M = 0.08 × 9.81 × 0.020 = 0.015696 Н·м → M×10³ = 15.696
3. 0.09 кг → M = 0.09 × 9.81 × 0.020 = 0.017658 Н·м → M×10³ = 17.658
4. 0.10 кг → M = 0.10 × 9.81 × 0.020 = 0.019620 Н·м → M×10³ = 19.620
5. 0.11 кг → M = 0.11 × 9.81 × 0.020 = 0.021582 Н·м → M×10³ = 21.582
6. 0.12 кг → M = 0.12 × 9.81 × 0.020 = 0.023544 Н·м → M×10³ = 23.544

Для r₂ = 0.035 м:

1. t = 10.10 с → B = 2×1/(0.020×10.10²) = 0.980
2. t = 09.27 с → B = 2×1/(0.020×9.27²) = 1.164
3. t = 08.66 с → B = 2×1/(0.020×8.66²) = 1.333
4. t = 08.42 с → B = 2×1/(0.020×8.42²) = 1.411
5. t = 07.86 с → B = 2×1/(0.020×7.86²) = 1.618
6. t = 07.48 с → B = 2×1/(0.020×7.48²) = 1.786

$M, H \cdot m$

Для $r_1 = 0.020$ м:

1. $m = 0.07 \text{ кг} \rightarrow M = 0.07 \times 9.81 \times 0.020 = 0.013734 \text{ Н} \cdot \text{м}$
2. $m = 0.08 \text{ кг} \rightarrow M = 0.08 \times 9.81 \times 0.020 = 0.015696 \text{ Н} \cdot \text{м}$
3. $m = 0.09 \text{ кг} \rightarrow M = 0.09 \times 9.81 \times 0.020 = 0.017658 \text{ Н} \cdot \text{м}$
4. $m = 0.10 \text{ кг} \rightarrow M = 0.10 \times 9.81 \times 0.020 = 0.019620 \text{ Н} \cdot \text{м}$
5. $m = 0.11 \text{ кг} \rightarrow M = 0.11 \times 9.81 \times 0.020 = 0.021582 \text{ Н} \cdot \text{м}$
6. $m = 0.12 \text{ кг} \rightarrow M = 0.12 \times 9.81 \times 0.020 = 0.023544 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Для $r_2 = 0.035$ м:

1. $m = 0.07 \text{ кг} \rightarrow M = 0.07 \times 9.81 \times 0.035 = 0.024035 \text{ Н} \cdot \text{м}$
2. $m = 0.08 \text{ кг} \rightarrow M = 0.08 \times 9.81 \times 0.035 = 0.027468 \text{ Н} \cdot \text{м}$
3. $m = 0.09 \text{ кг} \rightarrow M = 0.09 \times 9.81 \times 0.035 = 0.030902 \text{ Н} \cdot \text{м}$
4. $m = 0.10 \text{ кг} \rightarrow M = 0.10 \times 9.81 \times 0.035 = 0.034335 \text{ Н} \cdot \text{м}$
5. $m = 0.11 \text{ кг} \rightarrow M = 0.11 \times 9.81 \times 0.035 = 0.037769 \text{ Н} \cdot \text{м}$
6. $m = 0.12 \text{ кг} \rightarrow M = 0.12 \times 9.81 \times 0.035 = 0.041202 \text{ Н} \cdot \text{м}$

$B = 2h/(r \cdot t^2)$, где $h = 1$ м

Для $R1 = 0.020$ м:

1. $t = 10.10 \text{ с} \rightarrow B = 2 \times 1 / (0.020 \times 10.10^2) = 0.980$
2. $t = 09.27 \text{ с} \rightarrow B = 2 \times 1 / (0.020 \times 9.27^2) = 1.164$
3. $t = 08.66 \text{ с} \rightarrow B = 2 \times 1 / (0.020 \times 8.66^2) = 1.333$
4. $t = 08.42 \text{ с} \rightarrow B = 2 \times 1 / (0.020 \times 8.42^2) = 1.411$
5. $t = 07.86 \text{ с} \rightarrow B = 2 \times 1 / (0.020 \times 7.86^2) = 1.618$
6. $t = 07.48 \text{ с} \rightarrow B = 2 \times 1 / (0.020 \times 7.48^2) = 1.786$

Для $R2 = 0.035$ м:

1. $t = 06.15 \text{ с} \rightarrow B = 2 \times 1 / (0.035 \times 6.15^2) = 1.508$
2. $t = 05.78 \text{ с} \rightarrow B = 2 \times 1 / (0.035 \times 5.78^2) = 1.707$
3. $t = 05.49 \text{ с} \rightarrow B = 2 \times 1 / (0.035 \times 5.49^2) = 1.892$
4. $t = 05.25 \text{ с} \rightarrow B = 2 \times 1 / (0.035 \times 5.25^2) = 2.069$
5. $t = 05.05 \text{ с} \rightarrow B = 2 \times 1 / (0.035 \times 5.05^2) = 2.238$

$$6. \quad t = 04.87 \text{ c} \rightarrow B = 2 \times 1 / (0.035 \times 4.87^2) = 2.406$$

Графіки для таблиці 3.1

Для $R1 = 20 \text{ мм}$:

$B \text{ (рад/с)} \mid M \text{ (Н·м)}$

0.336 | 0.013734

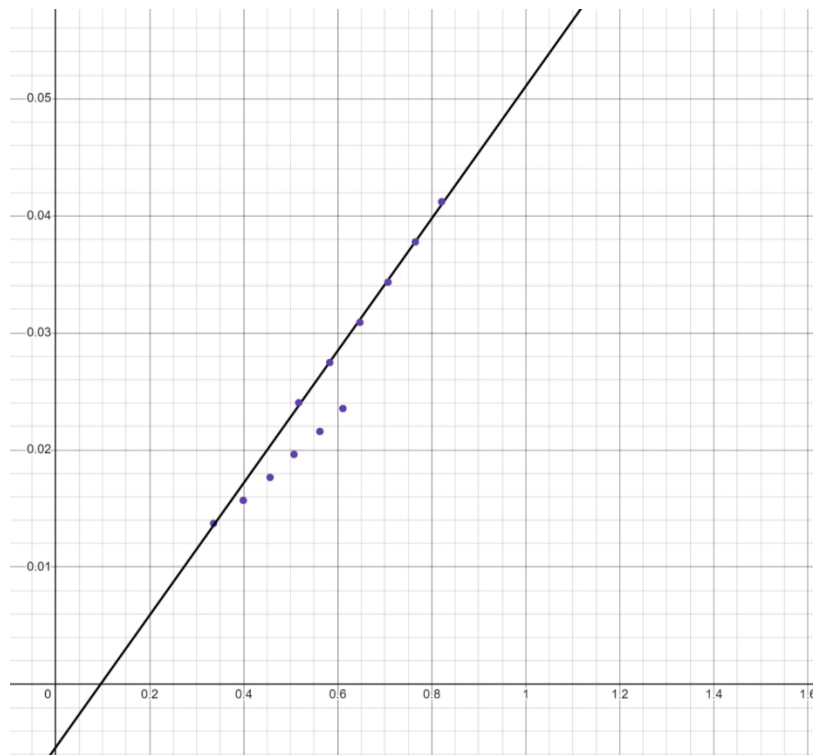
0.399 | 0.015696

0.456 | 0.017658

0.507 | 0.019620

0.562 | 0.021582

0.611 | 0.023544



i	R1 = 20		
	M×10 ³ (Н·м)	M, Н * m	t _{1,2,3}
1	13.734	0.013734	17.2
2	15.696	0.015696	15.8
3	17.658	0.017658	14.8
4	19.620	0.019620	14.0
5	21.582	0.021582	13.3
6	23.544	0.023544	12.7
Mt = 0.006 (Н·м) I min = 0.036 (кг·м ²)			

Для R2 = 35 мм:

В (рад/с) | М (Н·м)

0.517 | 0.024035

0.583 | 0.027468

0.647 | 0.030902

0.707 | 0.034335

0.765 | 0.037769

0.821 | 0.041202

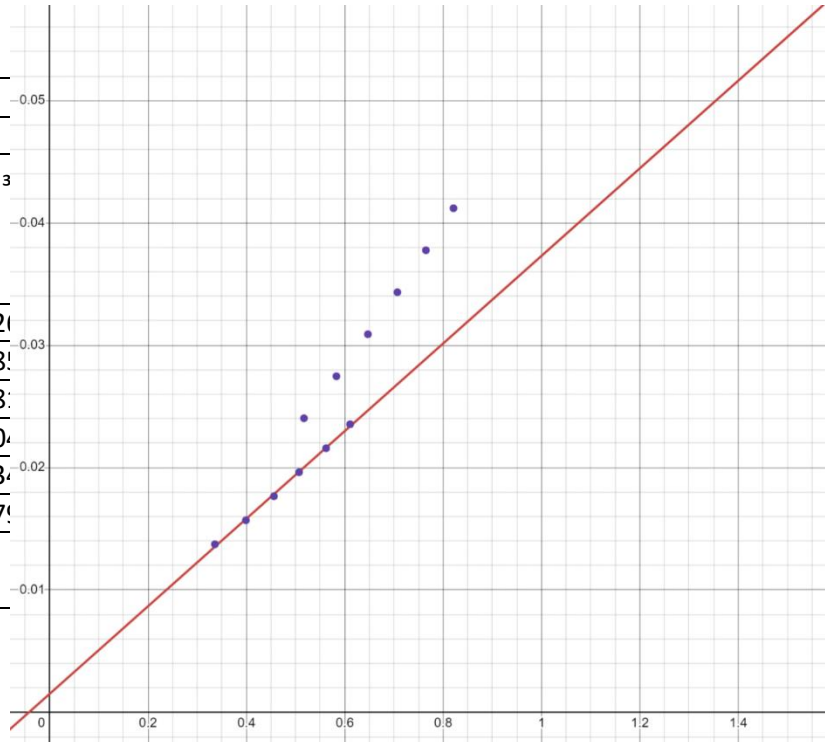


Таблица 3.2

M×10³(Н·м)

Для r₁ = 0.020 м:

$$1. \quad m = 0.07 \text{ кг} \rightarrow M = 0.07 \times 9.81 \times 0.020 \times 10^3 = 13.734$$

$$2. \quad m = 0.08 \text{ кг} \rightarrow M = 0.08 \times 9.81 \times 0.020 \times 10^3 = 15.696$$

$$3. \quad m = 0.09 \text{ кг} \rightarrow M = 0.09 \times 9.81 \times 0.020 \times 10^3 = 17.658$$

$$4. \quad m = 0.10 \text{ кг} \rightarrow M = 0.10 \times 9.81 \times 0.020 \times 10^3 = 19.620$$

Ткаченко Костянтин ІП-331

5. $m = 0.11 \text{ кг} \rightarrow M = 0.11 \times 9.81 \times 0.020 \times 10^3 = 21.582$

6. $m = 0.12 \text{ кг} \rightarrow M = 0.12 \times 9.81 \times 0.020 \times 10^3 = 23.544$

Для $r_2 = 0.035 \text{ м}$:

1. $m = 0.07 \text{ кг} \rightarrow M = 0.07 \times 9.81 \times 0.035 \times 10^3 = 24.035$

2. $m = 0.08 \text{ кг} \rightarrow M = 0.08 \times 9.81 \times 0.035 \times 10^3 = 27.468$

3. $m = 0.09 \text{ кг} \rightarrow M = 0.09 \times 9.81 \times 0.035 \times 10^3 = 30.902$

4. $m = 0.10 \text{ кг} \rightarrow M = 0.10 \times 9.81 \times 0.035 \times 10^3 = 34.335$

5. $m = 0.11 \text{ кг} \rightarrow M = 0.11 \times 9.81 \times 0.035 \times 10^3 = 37.769$

6. $m = 0.12 \text{ кг} \rightarrow M = 0.12 \times 9.81 \times 0.035 \times 10^3 = 41.202$

$M, \text{ Н} \cdot \text{м}$

Для $r_1 = 0.020 \text{ м}$:

7. $m = 0.07 \text{ кг} \rightarrow M = 0.07 \times 9.81 \times 0.020 = 0.013734 \text{ Н} \cdot \text{м}$

8. $m = 0.08 \text{ кг} \rightarrow M = 0.08 \times 9.81 \times 0.020 = 0.015696 \text{ Н} \cdot \text{м}$

9. $m = 0.09 \text{ кг} \rightarrow M = 0.09 \times 9.81 \times 0.020 = 0.017658 \text{ Н} \cdot \text{м}$

10. $m = 0.10 \text{ кг} \rightarrow M = 0.10 \times 9.81 \times 0.020 = 0.019620 \text{ Н} \cdot \text{м}$

11. $m = 0.11 \text{ кг} \rightarrow M = 0.11 \times 9.81 \times 0.020 = 0.021582 \text{ Н} \cdot \text{м}$

12. $m = 0.12 \text{ кг} \rightarrow M = 0.12 \times 9.81 \times 0.020 = 0.023544 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Для $r_2 = 0.035 \text{ м}$:

7. $m = 0.07 \text{ кг} \rightarrow M = 0.07 \times 9.81 \times 0.035 = 0.024035 \text{ Н} \cdot \text{м}$

8. $m = 0.08 \text{ кг} \rightarrow M = 0.08 \times 9.81 \times 0.035 = 0.027468 \text{ Н} \cdot \text{м}$

9. $m = 0.09 \text{ кг} \rightarrow M = 0.09 \times 9.81 \times 0.035 = 0.030902 \text{ Н} \cdot \text{м}$

10. $m = 0.10 \text{ кг} \rightarrow M = 0.10 \times 9.81 \times 0.035 = 0.034335 \text{ Н} \cdot \text{м}$

11. $m = 0.11 \text{ кг} \rightarrow M = 0.11 \times 9.81 \times 0.035 = 0.037769 \text{ Н} \cdot \text{м}$

12. $m = 0.12 \text{ кг} \rightarrow M = 0.12 \times 9.81 \times 0.035 = 0.041202 \text{ Н} \cdot \text{м}$

$B = 2h/(r \cdot t^2)$, где $h = 1 \text{ м}$

Для $R1 = 0.020 \text{ м}$:

1. $m = 0.07 \text{ кг} \rightarrow t = 17.26 \text{ с} \quad B = 2 \times 1 / (0.020 \times 17.26^2) = 0.336 \text{ рад/с}^2$
2. $m = 0.08 \text{ кг} \rightarrow t = 15.85 \text{ с} \quad B = 2 \times 1 / (0.020 \times 15.85^2) = 0.399 \text{ рад/с}^2$
3. $m = 0.09 \text{ кг} \rightarrow t = 14.81 \text{ с} \quad B = 2 \times 1 / (0.020 \times 14.81^2) = 0.456 \text{ рад/с}^2$
4. $m = 0.10 \text{ кг} \rightarrow t = 14.04 \text{ с} \quad B = 2 \times 1 / (0.020 \times 14.04^2) = 0.507 \text{ рад/с}^2$
5. $m = 0.11 \text{ кг} \rightarrow t = 13.34 \text{ с} \quad B = 2 \times 1 / (0.020 \times 13.34^2) = 0.562 \text{ рад/с}^2$
6. $m = 0.12 \text{ кг} \rightarrow t = 12.79 \text{ с} \quad B = 2 \times 1 / (0.020 \times 12.79^2) = 0.611 \text{ рад/с}^2$

Для $R2 = 0.035 \text{ м}$:

1. $m = 0.07 \text{ кг} \rightarrow t = 10.51 \text{ с} \quad B = 2 \times 1 / (0.035 \times 10.51^2) = 0.517 \text{ рад/с}^2$
2. $m = 0.08 \text{ кг} \rightarrow t = 9.89 \text{ с} \quad B = 2 \times 1 / (0.035 \times 9.89^2) = 0.583 \text{ рад/с}^2$
3. $m = 0.09 \text{ кг} \rightarrow t = 9.39 \text{ с} \quad B = 2 \times 1 / (0.035 \times 9.39^2) = 0.647 \text{ рад/с}^2$
4. $m = 0.10 \text{ кг} \rightarrow t = 8.98 \text{ с} \quad B = 2 \times 1 / (0.035 \times 8.98^2) = 0.707 \text{ рад/с}^2$
5. $m = 0.11 \text{ кг} \rightarrow t = 8.63 \text{ с} \quad B = 2 \times 1 / (0.035 \times 8.63^2) = 0.765 \text{ рад/с}^2$
6. $m = 0.12 \text{ кг} \rightarrow t = 8.33 \text{ с} \quad B = 2 \times 1 / (0.035 \times 8.33^2) = 0.821 \text{ рад/с}^2$

Графіки для таблиці 3.2

Для $R1 = 20 \text{ мм}$:

$B \text{ (рад/с)} \mid M \text{ (Н·м)}$

0.980 | 0.013734

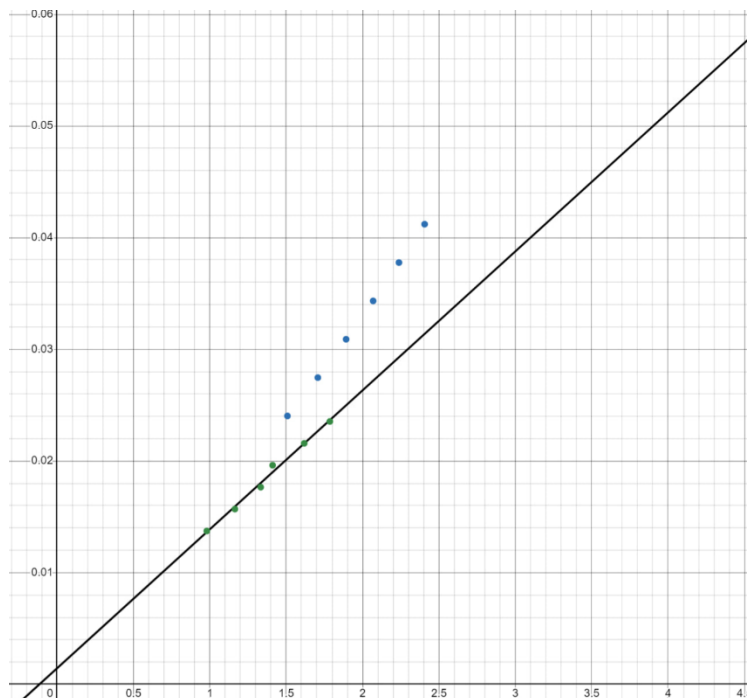
1.164 | 0.015696

1.333 | 0.017658

1.411 | 0.019620

1.618 | 0.021582

1.786 | 0.023544



Для $R_2 = 35$ мм:

B (рад/с) | M (Н·м)

1.508 | 0.024035

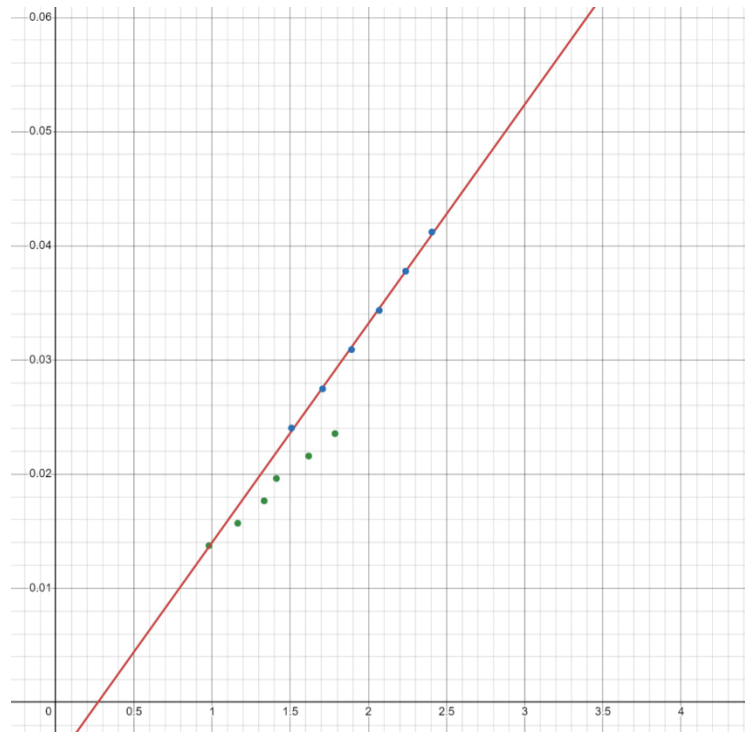
1.707 | 0.027468

1.892 | 0.030902

2.069 | 0.034335

2.238 | 0.037769

2.406 | 0.041202



Таблиця 3.3

$\sigma_t = 0.2$ (с)	$\sigma_m = 0.001$ (кг)	$\sigma_g = 0.001$ (м/с ²)	$\sigma_\beta = 0.1$ (рад/с ²)
$\sigma_h = 0.001$ (м)	$\sigma_r = 0.0005$ (м)	$\sigma_M = 0.001$ (Н·м)	$\sigma_{\langle\beta\rangle_\Sigma} = 0.2$ (рад/с ²)
$S_t = 0.1$ (с)	$S_{\langle\beta\rangle} = 0.15$ (рад/с ²)	$\sigma_{M/M} = 0.05$	$\sigma_{\beta/\beta} = 0.06$

Контрольні запитання

1. Момент сил і момент імпульсу: Момент сили - це векторна величина, що характеризує обертальну дію сили на тіло. Момент імпульсу - це величина, що характеризує обертальний рух системи. Зв'язок між ними визначається рівнянням моментів.
2. Закон збереження моменту імпульсу: У замкненій системі (коли відсутні зовнішні моменти сил) повний момент імпульсу системи залишається незмінним.
3. Момент імпульсу та сил відносно осі визначаються як проекції відповідних векторів на цю вісь. Рівняння моментів визначає їх взаємозв'язок.
4. Момент інерції - це міра інертності тіла при обертовому русі. Теорема Штейнера: $I = I_0 + md^2$, де I_0 - момент інерції відносно осі, що проходить через центр мас. Основне рівняння: $IB = M$.
5. У роботі момент інерції маятника визначається як тангенс кута нахилу графіка $M(B)$. Він залежить від маси тягарців та їх відстані від осі обертання.
6. Момент сил тертя визначається як точка перетину прямої $M(B)$ з віссю M (при $B = 0$).
7. Похибки експерименту оцінюються шляхом:
 - Розрахунку систематичних похибок вимірювальних приладів

- Визначення випадкових похибок при повторних вимірах
- Обчислення відносних похибок величин за формулами (3.13)-(3.15)

Конспект:

Кутове прискорення.

$$\beta = \frac{2h}{\gamma t^2}$$

h - висота спуску матеріалу

γ - радіус шківів

t - час спуску

Момент сили

$$M \approx m \cdot g \cdot \gamma$$

m - маса матеріалу

g - прискорення вільного падіння

γ - радіус шківів

Залежність моменту сили від
кутового прискорення:

$$M = M_1 + I\beta$$

M_1 - момент сил тертя

I - момент інерції системи

Конспект теорії.

Мета роботи: Експериментальна перевірка основного рівняння динаміки обертального руху твердого тіла та визначення моменту інерції тіла.

Основне рівняння динаміки обертального руху: $I\beta = M_z$

де:

I - момент інерції тіла відносно осі обертання

β - кутове прискорення

M_z - сума зовнішніх зов. сил навіс оберт

Переміщення важка $h = 1,0$ м

Прізвище студента

Ткаченко

Студентська група

ІП-з31

Дата виконання

2.01.2025_Час_17:53

Сфотографуйте (або зробіть скрін-шот) нижньої частини сторінки і прикріпіть її до звіту по роботі