

УДК 621.01

## Расчет геометрических и массо-инерционных параметров коромысла-бойка уравновешенного ударного механизма переменной структуры

Эргешов Б.Т. - ЖАГУ

Известно, что при проектировании коромысел ударных механизмов переменной структуры (МПС) необходимо выполнение определенных условий [1,3,4], обеспечивающих минимум реактивных ударных импульсов на опорах.

В настоящей работе предлагается методика расчета геометрических и массо-инерционных параметров коромысла-бойка МПС.

Отметим, что в процессе расчетов именно «поиск» и «удержание» точки расположения центра удара в пределах тела коромысла, является наиболее сложной задачей [2].

В связи с этим, направлением работ является поиск более компактной и рациональной формы коромысла. На рис.1 приведена одна из предлагаемых форм коромысла уравновешенного ударного механизма.

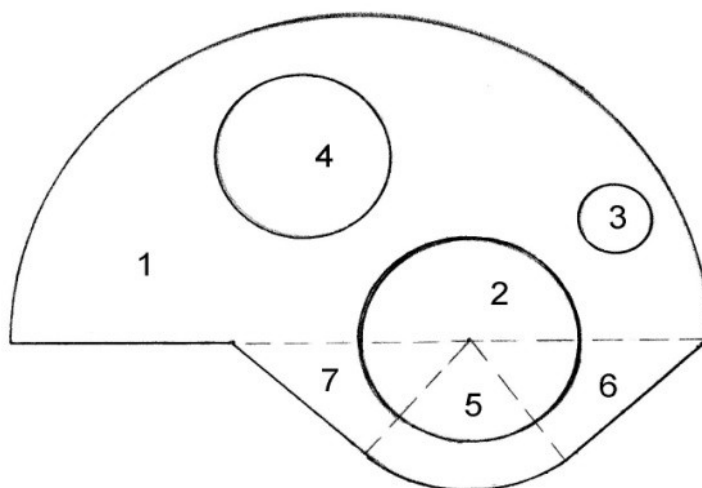


Рис.1. Предлагаемая форма коромысла.

По известным правилам разбиваем коромысло на 7 простых тел: цилиндрический полукруг 1; три цилиндра 2, 3 и 4; цилиндрический сектор 5 и две призмы 6, 7. Необходимо указать, что цилиндры 2 и 4 являются отверстиями, первый для оси вращения, второй необходим для «удержания» центра удара в теле коромысла. Цилиндр 3 является пальцем для головки шатуна.

На рис.2,3 представлены расчетные схемы коромысла для определения необходимых параметров.

Так как коромысло состоит из  $n$  элементов, то его масса, момент инерции и координаты центра масс определяются соответственно по следующим известным формулам

$$m = \sum_{i=1}^n m_i, \quad (1) \quad J = \sum_{i=1}^n J_i, \quad (2)$$

$$\begin{cases} x_c = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^n m_i x_{ci}, \\ y_c = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^n m_i y_{ci} \end{cases} \quad (3) \quad r_c = \sqrt{x_c^2 + y_c^2} \quad \beta = \arctg\left(\frac{y_c}{x_c}\right)$$

где  $m$  – масса коромысла, кг;

$m_i$  – масса  $i$ -го элемента, кг;

$J$  – момент инерции коромысла, кгм<sup>2</sup>;

$J_i$  – момент инерции  $i$ -го элемента коромысла, кгм<sup>2</sup>;

$x_{ci}$  – координаты центра масс  $i$ -го элемента по оси  $x$ , мм;

$y_{ci}$  – координаты центра масс  $i$ -го элемента по оси  $y$ , мм;

$x_c, y_c$  – координаты общего центра масс коромысла соответственно по осям  $x$  и  $y$ ;

$\beta$  – угол, образованный линией, соединяющий центр масс коромысла с осью вращения и началом координат;

$r_c$  – расстояние от оси вращения коромысла до его центра масс, мм.

Масса полукруга 1 определяется как

$$m_1 = \delta \rho \alpha_1 R_1^2 \quad \text{где } \delta \text{ – толщина полукруга}$$

Координаты центра масс

$$x_{c1} = -R_2, \quad y_{c1} = \frac{2R_1}{3(\alpha_1/2)} \cdot \sin(\alpha_1/2), \quad r_{c1} = \sqrt{(x_{c1}^2) + (y_{c1}^2)}$$

Момент инерции полукруга 1 относительно оси вращения коромысла, проходящей через точку  $O_2$  в соответствии с формулами (2) определится как

$$J_{1O_2} = \frac{m_1 R_1^2}{2} + m_1 r_{c1}^2 \quad \text{или} \quad J_{1O_2} = \frac{m_1 R_1^2}{4}$$

Таким образом, инерционные параметры цилиндрического полукруга 1 определены.

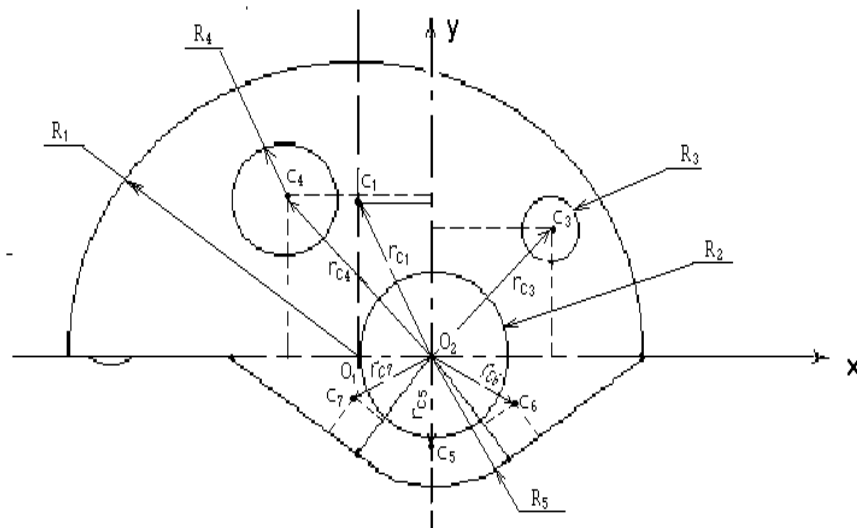


Рис.2. Расчетная схема коромысла – бойка.

Для вычисления моментов инерции цилиндрические отверстия 2 и 4 можно представить как тела с отрицательными массами и моментами инерции.

Для нахождения инерционных параметров, цилиндрические отверстия 2 и 4 можно представить как тела с отрицательными массами и моментами инерции

$$m_2 = -\pi R_2^2 \delta \rho; \quad J_{20} = -\frac{m_2 R_2^2}{2};$$

$$m_4 = -\pi R_4^2 \delta \rho; \quad J_{40} = -\left(\frac{m_4 R_4^2}{2} + m_4 r_{c4}^2\right);$$

Координаты центра масс тел 2 и 4

$$x_{c2}=0, \quad y_{c2}=0;$$

$$x_{c4}=-r_{c4} \cos \beta_4, \quad y_{c4}=r_{c4} \sin \beta_4;$$

где  $\beta_4$  – угол, образованный между линией соединяющей центр масс отверстия 4 и осью ординаты (рис.3).

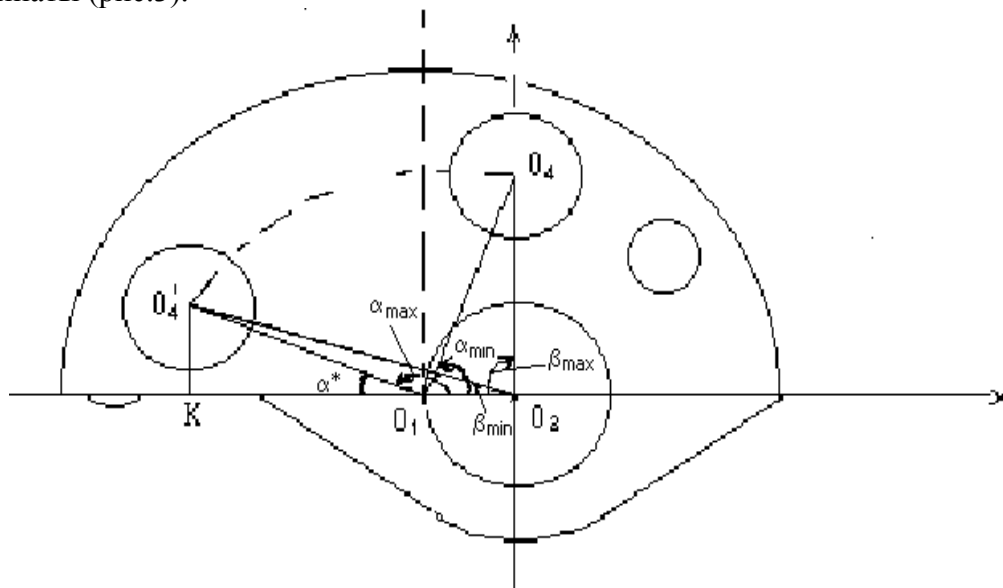


Рис.3.

$$\text{Откуда } \beta_4^{\max} = \frac{\pi}{2}, \quad \beta_4^{\min} = \arctg\left(\frac{O_4 K}{R_2 + O_1 K}\right)$$

$$\text{Отсюда } \alpha_{\max} = \pi - \alpha^*; \quad \alpha^* = \arctg\left(\frac{O_4^1 K}{O_1 K}\right); \quad O_4^1 K = R_4 + 5; \quad O_1 O_4^1 = R_1 - 5 - R_4;$$

$$O_1 K = \sqrt{(O_1 O_4^1)^2 - (O_4^1 K)^2};$$

$$O_2 O_4^1 = \sqrt{R_2^2 + (O_1 O_4^1)^2 - 2R_2(O_1 O_4^1) \cos \alpha_{\max}}.$$

Следовательно радиус - вектор центра масс тела 4 определяем по формуле

$$r_{c4} = O_2 O_4 = \sqrt{(O_1 O_4^1)^2 - R_2^2}; \quad r_{c4}^1 = O_2 O_4^1$$

Аналогично определяются массы, моменты инерции и координаты центров масс остальных частей коромысла.

Зная массо- инерционные параметры отдельных частей коромысла, определяем общие массу, координаты центра масс и момент инерции коромысла.

$$\text{Масса коромысла } m = m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7$$

Координаты центра масс

$$x_c = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^n m_i x_{ci} = \frac{1}{m} (m_1 x_{c1} + m_2 x_{c2} + m_3 x_{c3} + m_4 x_{c4} + m_5 x_{c5} + m_6 x_{c6} + m_7 x_{c7}),$$

$$y_c = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^n m_i y_{ci} = \frac{1}{m} (m_1 y_{c1} + m_2 y_{c2} + m_3 y_{c3} + m_4 y_{c4} + m_5 y_{c5} + m_6 y_{c6} + m_7 y_{c7})$$

Момент инерции

$$J_0 = \sum_{i=1}^n J_{i0} = J_{10} + J_{20} + J_{30} + J_{40} + J_{50} + J_{60} + J_{70},$$

Координаты центра удара находятся по формулам

$$x_y = \frac{J_0}{mx_c}; \quad y_y = 0; \quad L_y = \frac{J_0}{mr_c}. \quad (4)$$

Для удобства и автоматизации вычислений составлена компьютерная программа (рис.4.)

Результаты расчетов приведены в таблице 1 и на рис.5.

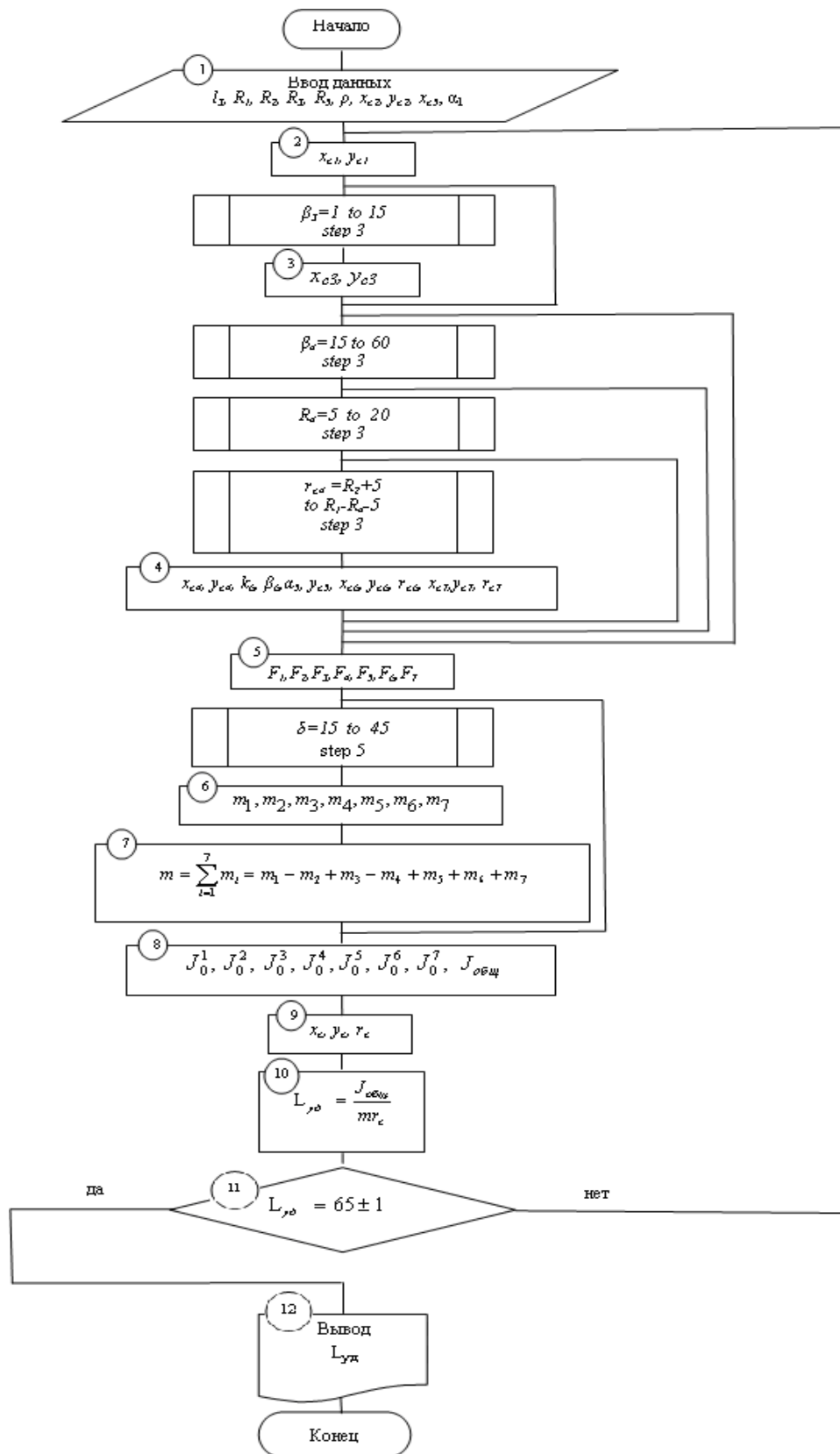


Рис.4. Алгоритм расчета геометрических и массо-инерционных параметров коромысла-бойка

№	Параметры	Значения параметров элементов по номерам элемента							Значение параметров коромысла
		1	2	3	4	5	6	7	
1	Масса, $m_i$ , кг	1.119	-0.214	0.016	-0.166	0.105	0.084	0.084	1.028
2	Момент инерции, $J_i$ , $10^4$ кгм <sup>2</sup>	16.93	0.31	0.156	2,23	0.33	0.328	0,328	15,53
3	Координаты центра масс: $x_{ci}$ , мм $y_{ci}$ , мм $r_{ci}$ , мм	-17 23,34 28,87	0 0 0	30,9 2,7 31	-31,46 15,34 35	0 -15,27 15,27	18.15 -6,276 19,2	-18.15 -6,276 19,2	-23.1 -0,07 23,1
4	Плечо удара, $L_y$ , мм	-	-	-	-	-	-	-	65

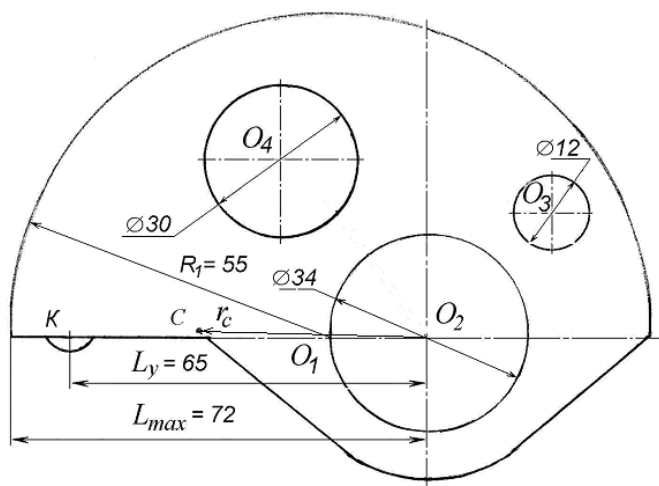


Рис. 5. Коромысло-боек уравновешенного ударного механизма

Таким образом, разработана методика расчета массо-инерционных параметров коромысла уравновешенного ударного механизма.

### Литература

1. Еремянц В.Э. Динамика ударных систем с вращающимся бойком. Сб. трудов Инженерной академии КР. Вып.1. – Бишкек: 1995. – С. 226-233.
2. Кошбаев А.А. Методы определения и снижения вибрации ручных ударных машин с механизмом переменной структуры. Дисс...канд.техн.наук. - Бишкек, 200;
3. С.Абдраимов, В.Э.Еремянц, Э.С.Абдраимов, Ю.А.Фокин, Н.С.Абдраимова. Методика расчета ударного элемента механизма переменной структуры. // Материалы международной научной конференции «История, культура и экономика юга Кыргызстана» - Ош: КУУ, 2000.-С.277-283.

