

DETERMINATION OF THE DERIVATIVE OF THE REDUCED MOMENT OF INERTIA BY THE ANGLE OF ROTATION OF THE DRIVE LINK USING THE ZHUKOVSKY LEVER

U.A. Abduvaliev,
Ph.D., dots. TGTU AF

The article considers solutions to the issues of determining the derivative of the reduced moment of inertia by the angle of rotation of the reduction link using the Zhukovsky lever

Key words: mechanism, link, crank, slider, center of mass, inertia, moment, force, speed, acceleration.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДНОЙ ОТ ПРИВЕДЕННОГО МОМЕНТА ИНЕРЦИИ ПО УГЛУ ПОВОРОТА ЗВЕНА ПРИВЕДЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ РЫЧАГА ЖУКОВСКОГО

У.А. Абдувалиев,
к.т.н., dots. ТГТУ АФ

Ключевые слова: механизм, звено, кривошип, ползун, центр масс, инерция, момент, сила, скорость, ускорение.

В статье рассмотрены решения вопросов определения производной от приведенного момента инерции по углу поворота звена приведения с помощью рычага Жуковского.

Для кривошипно-ползунного механизма найти значение производной $dI_n/d\varphi$ от приведенного момента инерции I_n по углу φ поворота звена приведения AB в положении $\varphi = 60^\circ$. размеры звеньев $l_{AB} = 0,1$ м, $l_{BC} = 0,4$ м, $l_{BS_2} = 0,08$ м – координата центра масс S_2 звена 2; массы звеньев $m_2 = 4$ кг, $m_3 = 5$ кг; момент инерции звена 2 относительно оси, проходящей через его центр масс, $I_2 = 40 \cdot 10^{-3}$ кгм².

Р е ш е н и е. 1) Строим схему механизма (рис. 1 а) в масштабе $\mu_l = 0,002$ м/мм.

2) Строим повернутый план скоростей (рис. 1 б) механизма по векторному равенству

$$v_C = v_B + v_{CB}$$

Методом подобия находим на плане скоростей точку S_2 -конец вектора скорости v_{S_2} центра масс звена 2.

3) Строим план ускорений (рис. 1 в) механизма по векторному равенству

$$a_C = a_B + a_{CB}^n + a_{CB}^t$$

Методом подобия находим на плане ускорений точку S_2 -конец вектора ускорений a_{S_2} центра масс звена 2.

4) Вычисляем инерционную нагрузку звеньев 2 и 3. Эта нагрузка для звена 2 будет состоять из силы инерции $P_{и_2}$, модуль которой равен

$$P_{и_2} = m_2 a_{S_2} = m_2 (\pi s_2) \frac{\omega_1^2 l_{AB}}{(ab)} N,$$

И инерционного момента $M_{и_2}$

$$M_{и_2} = I_2 \varepsilon = I_2 \frac{a_{CB}^t}{l_{BC}} = I_2 \frac{(nc)\mu_a}{l_{BC}} = I_2 \frac{(ac)\omega_1^2 l_{AB}}{l_{BC}(\pi b)},$$

где (πs_2) , (nc) и (πb) - отрезки из плана ускорений.

Момент $M_{и_2}$ представим в виде пары сил P_M и $-P_M$, приложенных в точках B и C перпендикулярно к линии BC (рис. 1 а). момент этих сил будет равным

$$P_M = \frac{M_{и2}}{l_{BC}} = I_2 \frac{(\pi c) \omega_1^2 l_{AB}}{l_{BC}^2 (\pi b)} \quad N$$

Для звена 3 инерционной нагрузкой будет только $P_{и3}$ с модулем

$$P_{и3} = m_3 a_3 = m_3 (\pi c) \mu_a = \frac{(\pi c) \omega_1^2 l_{AB}}{(\pi b)},$$

где (πc) - отрезки из плана ускорений.

5) Определяем с помощью рычага Жуковского приведенную силу. Для этого переносим найденную инерционную нагрузку в соответствующие

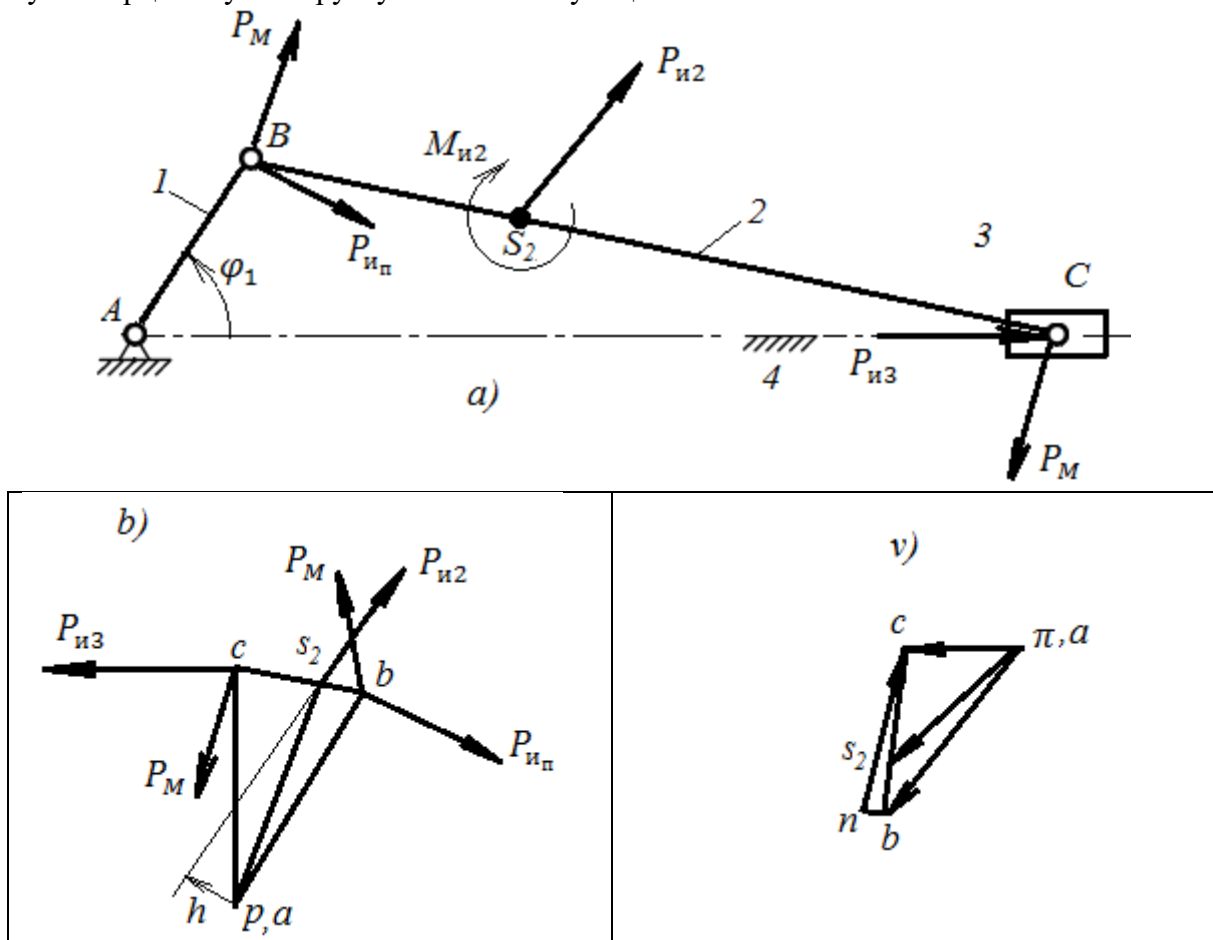


Рисунок 1. а) Общий вид кривошипно-ползунного механизма;

б) план скоростей повернутый на 90°; в) план ускорений

точки плана скоростей (рис. 1 б). Кроме того, к точке б плана прикладываем пока неизвестную приведенную силу инерции $P_{иn}$ перпендикулярно к линии АВ (к линии pb). Записываем равенство между суммой моментов от инерционной нагрузки и моментом от приведенной силы инерции относительно начала p плана скоростей. Из этого равенство находим модуль приведенной силы инерции $P_{иn}$:

$$P_{иn} = \frac{P_{и3}(pc) + P_{и2}(h) - P_M(bc)}{(pb)},$$

где (pc) , (h) , (bc) и (pb) – отрезки из плана скоростей.

Модуль приведенного момента сил инерции масс звеньев механизма при его перманентном движении будет $|M_{ин}| = P_{ин} l_{AB}$.

Для определения производной $dI_n/d\varphi$ момент $M_{ин}$ следует подставить в формулу.

Если момент $M_{ин}$ имеет направление, совпадающее с направлением, выбранным за положительным для угла φ_1 , то он должен быть подставлен в формулу со знаком «плюс», а в противном случае – со знаком «минус».

Таким образом, искомая производная $dI_n/d\varphi$ при $\varphi_1 = 60^\circ$ будет равен

$$\begin{aligned} \frac{dI_n}{d\varphi_1} &= \frac{2}{\omega_1^2} M_{in} = -\frac{2}{\omega_1^2} (-P_{in} l_{AB}) = \frac{2}{\omega_1^2} \left[\frac{P_{из}(pc) + P_{из}(h) - P_M(bc)}{(pb)} \right] = \\ &= \frac{2}{\omega_1^2} \left[\frac{m_3(\pi c)\omega_1^2 l_{AB}}{(\pi b)(pb)} (pc) + \frac{m_3(\pi s_2)\omega_1^2 l_{AB}}{(\pi b)(pb)} (h) - \frac{I_2(nc)\omega_1^2 l_{AB}}{l_{BC}^2(\pi b)(pb)} (bc) \right] l_{AB} = \\ &= \frac{2 \cdot 0,0036}{30 \cdot 30} \left[(5 \cdot 12 \cdot 28 + 4 \cdot 24 \cdot 6) - \frac{45 \cdot 10^{-3} \cdot 26 \cdot 15}{0,09} \right] = 0,016488 \text{ кгм}^2, \end{aligned}$$

где $l_{AB} = 0,06$ м, $l_{BC} = 0,3$ м, $(pb) = (\pi b) = 30$ мм, $(\pi c) = 12$ мм, $(pc) = 28$ мм, $(\pi s_2) = 24$ мм, $h = 6$ мм, $(nc) = 26$ мм, $(bc) = 15$ мм – размеры звеньев и отрезки из планов скоростей и ускорений.

Вывод. Решение задачи по приведенной методике дает возможность решить задачи любой сложности простым способом и получить достаточно достоверные результаты.

Литература

1. Усманходжаев Х.Х. Машина ва механизмлар назарияси. Т.: 1980.
2. Пятаев А.В. Динамика машин. Учебное пособие. Т.: 2004.
3. Narma C.S., Purohit Kamlesh. Theory of Mechanisms and Mashines. India., 2009.
4. Артоболевский И.И. Сборник задач по теории механизмов и машин. М.: 1975.

Сведения об авторе:

Убайдулла Абдуллаевич Абдувалиев, кандидат технических наук, доцент Ташкентского государственного технического университета Алмалыкского филиала. тел. +998 94 600 14 14.