

$$L_{53}''' = L_{53}(\varphi_5')^2 - L_H \cos(\varphi_H - \varphi_5) - L_3 \sin(\varphi_H - \varphi_5) ;$$

$$\varphi_5'' = \frac{-L_H \sin(\varphi_H - \varphi_5) - L_3 \cos(\varphi_H - \varphi_5) - 2L_{53}'\varphi_{53}'}{L_{53}} .$$

Аналогично, преобразовывая второе уравнение системы (1), можно получить уравнения для кулисы 6 и кулисного камня 4.

A. V. Komarov

KINEMATICS OF ROTARY-PISTON ENGINE BASED ON RACK-AND-LEVER MECHANISM

Considered kinematics and elements of synthesis of rotary-piston engine based on the planetary gear and rocker linkage. The proposed construction allows to create rotary-piston engine with four working chambers. The formulas for kinematic characteristics of machine elements.

Keywords: kinematics, rotary-piston engine, planetary gear, rocker mechanism.

Комаров Алексей Викторович — доцент кафедры «Теория механизмов и машин» ФГБОУ ВПО ПсковГУ, канд. техн. наук, доцент, alvicomm@mail.ru.

УДК 62-2

Д. В. Гринёв

К ВОПРОСУ О ЗАКОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ УГЛА МЕЖДУ РЫЧАГАМИ РЫЧАЖНО-КУЛАЧКОВОГО МЕХАНИЗМА Ю. Н. ЛУКЬЯНОВА

Рассматривается вопрос о выборе оптимального закона изменения угла между рычагами рычажно-кулачкового четырёхзвенного механизма.

Ключевые слова: рычажно-кулачковый механизм, угол между рычагами, закон изменения.

В настоящее время довольно широкое распространение получили роторно-лопастные машины. Данные конструкции используются при проектировании и изготовлении компрессоров, насосов, тепловых двигателей, расширительных машин.

Одним из основных узлов таких агрегатов является механизм преобразования движения лопастей во вращение выходного вала. Перспективным развитием класса подобных механизмов является рычажно-кулачковый четырёхзвенный механизм Ю. Н. Лукьянова (рис. 1) [1, 2, 3].

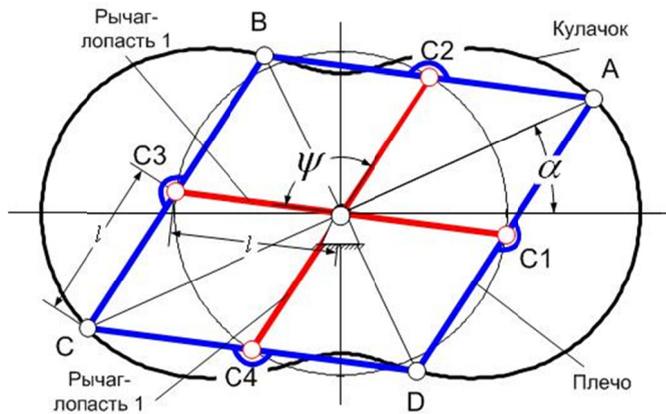


Рис. 1. Рычажно-кулачковый четырёхзвенный механизм Ю. Н. Лукьянова

Механизм содержит четырёхзвенник и кулачок. Четырёхзвенник состоит из шарнирно связанных плеч одинаковой длины $L = 2l$ (AB, BC, CD, DA). К серединам плеч шарнирно закреплены рычаги ($C1-C3$ и $C2-C4$).

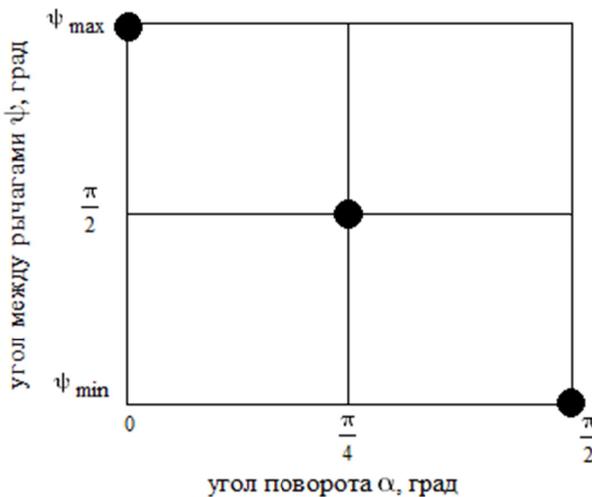
В качестве основного угла для расчётов принят угол поворота α между диагональю AC и осью x .

Важнейшим кинематическим параметром механизма является угол между рычагами ($C1-C3$ и $C2-C4$) ψ . Данный угол меняется в пределах:

$$\psi_{min} \leq \psi \leq \psi_{max}, \quad \psi_{max} = \pi - \psi_{min},$$

где значения минимального и максимального значения угла ψ_{min} и ψ_{max} задаются из конструктивных соображений.

Четырёхзвенник $ABCD$ при работе механизма проходит через 3 характерных положения:



- 1) $\psi_{max} = \pi - \psi_{min}$ при $\alpha = 0$,
- 2) $\psi = \frac{\pi}{2}$ при $\alpha = \frac{\pi}{4}$,
- 3) $\psi = \psi_{min}$ при $\alpha = \frac{\pi}{2}$.

Рис. 2. Характерные точки четырёхзвенника

Вопрос выбора оптимальной кривой, проходящей через данные точки, является ключевым, так как задает закон изменения угла между рычагами и, как следствие, профиль кулачка.

В работе Ю. Н. Лукьянова предложен гармонический закон вида (рис. 3):

$$\psi(\alpha) = \frac{\pi}{2} + \left(\frac{\pi}{2} - \psi_{\min} \right) \cos(2\alpha). \quad (1)$$

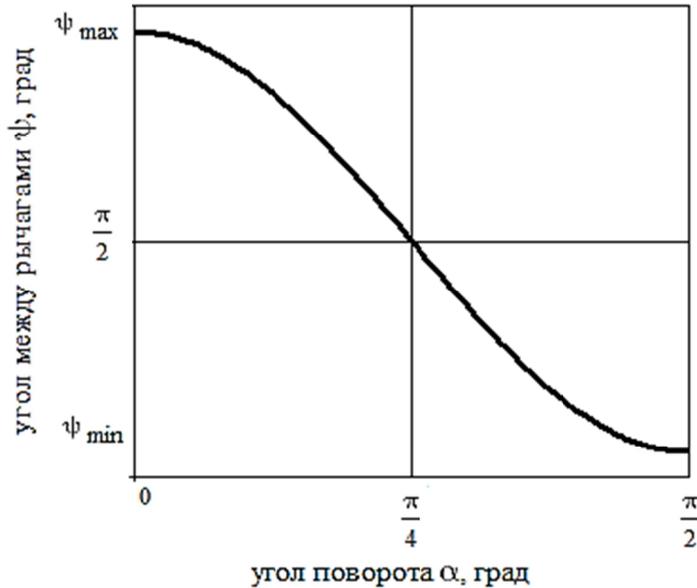


Рис. 3. Закон изменения угла между рычагами Ю. Н. Лукьянова

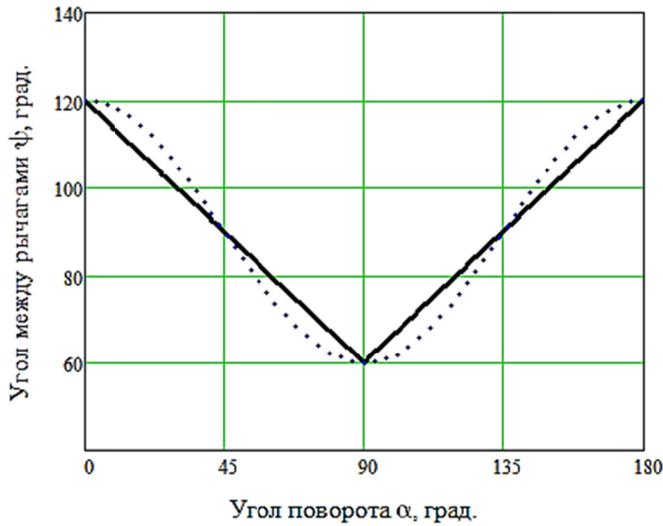
Проанализируем возможное поведение функции ψ , проходящей через характерные точки, на примере двух функций.

1. Функция прямой.

Анализ рис. 2 позволяет получить уравнение прямой, проходящей через характерные точки, на периоде π в следующем виде:

$$\psi(\alpha) = \begin{cases} \frac{2}{\pi}(2\psi_{\min} - \pi)\alpha + \pi - \psi_{\min}, & \text{если } \alpha \geq 0 \\ \frac{2}{\pi}(2\psi_{\min} - \pi)(-\alpha), & \text{если } \frac{\pi}{2} \leq \alpha \leq \pi \end{cases} \quad (2)$$

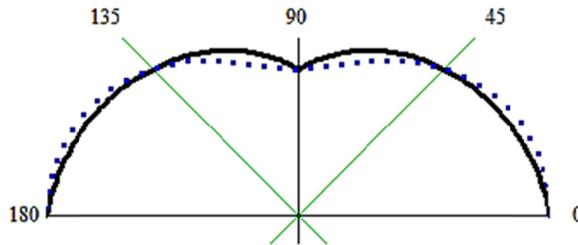
Построим график данной зависимости вместе с функцией (1) (см. рис. 4). При анализе приняты следующие значения угла между рычагами: $\psi_{\max} = 120^\circ$, $\psi_{\min} = 60^\circ$.



Примечание: пунктиром показана зависимость Ю. Н. Лукьянова

Рис. 4. Закон изменения угла между рычагами (функция прямой)

Подставив полученную функцию (2) в уравнение профиля кулачка, получим профиль, изображенный на рис. 5.



Примечание: пунктиром показан профиль кулачка Ю. Н. Лукьянова

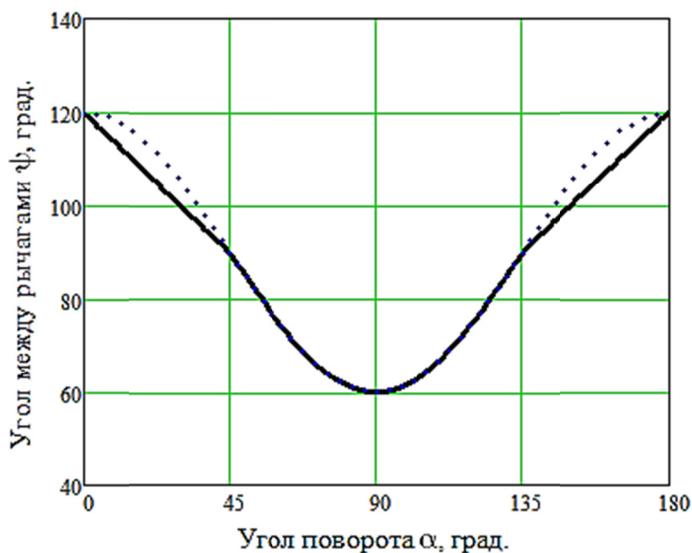
Рис. 5. Профиль кулачка при использовании закона изменения угла между рычагами в виде прямой

2. Кусочно-заданная функция.

Для увеличения плавности профиля кулачка в зоне $\alpha = \pi/2$, объединим функции (1) и (2) в кусочном виде:

$$\psi(\alpha) = \begin{cases} \frac{2}{\pi}(2\psi_{min} - \pi)\alpha + \pi - \psi_{min}, & \text{если } \alpha \geq 0 \\ \frac{\pi}{2} + \left(\frac{\pi}{2} - \psi_{min}\right)\cos(2\alpha), & \text{если } \frac{\pi}{4} \leq \alpha \leq \frac{3\pi}{4} \\ \frac{2}{\pi}(2\psi_{min} - \pi)(-\alpha), & \text{если } \frac{3\pi}{4} \leq \alpha \leq \pi \end{cases} \quad (3)$$

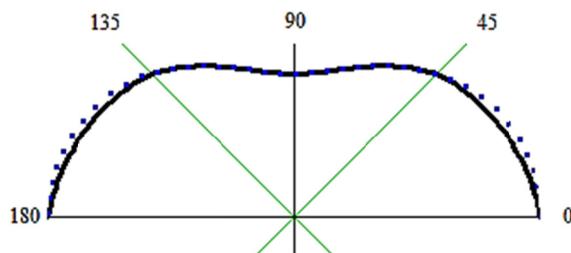
Построим график данной зависимости вместе с функцией (1) (см. рис. 6).



Примечание: пунктиром показана зависимость Ю. Н. Лукьянова

Рис. 6. Закон изменения угла между рычагами (кусочная функция)

Подставив полученную функцию (3) в уравнение профиля кулачка, получим профиль, изображенный на рис. 7.



Примечание: пунктиром показан профиль кулачка Ю. Н. Лукьянова

Рис. 7. Профиль кулачка при использовании закона изменения угла между рычагами в виде кусочной функции

Полученные результаты подтверждают необходимость и возможность поиска более оптимального закона изменения угла между рычагами, а, значит, и профиля кулачка.

Выбор оптимального закона является многофакторным. Для принятия решения необходимо провести кинематическое, динамическое и прочностное исследования.

Литература

1. Авторское свидетельство № 724850. Заявлено 30.05.1978 / Лукьянов Ю. Н., Котляров В. Н. // Оpub. 30.03.80. Бюл. № 12.
2. Механизм для преобразования движения. Пат. 2374526. Рос. Федерация / Лукьянов Ю. Н., Плохов И. В., Журавлев Ю. Н. и др.; опубл. 27.11.2009.
3. Разработка математической модели протекания термодинамического цикла с внешним подводом тепла, позволяющей создать экологически чистый двигатель роторно-лопастного типа / Заключит. отчёт по НИР ФГУП «ВНТИЦ». УДК 621.486, № 01200850182. 2008.

D. V. Grinev

ABOUT VARIATION OF THE ANGLE BETWEEN THE LEVERS OF THE CAM-AND-LEVER MECHANISM

The question of the variation of the angle between the levers of the cam-and-lever mechanism is considered.

Keywords: cam-and-lever mechanism, angle between the levers, variation of the angle.

Гринёв Дмитрий Владимирович — доцент кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВПО ПсковГУ, канд. техн. наук, grinev_dmitry@mail.ru.