

УДК 621.01

КРИВОШИПНО-ПОЛЗУННЫЙ МЕХАНИЗМ С ДВУМЯ ШАТУНАМИ¹**Белов Илья Вадимович**

Ilya_belov_ilya@list.ru

Семенов Дмитрий Вадимович

edwaydeslbn@gmail.com

Белов Александр Андреевич

sasha_belov2001@mail.ru

студенты 2 курса механико-технологического факультета, Новосибирский государственный технический университет НЭТИ Россия, г. Новосибирск

Аннотация

Работа посвящена описанию кривошипно-ползунного механизма как способа преобразования вращательного движения в возвратно- поступательное. Даны определения вращательного и поступательного движения. Проведён математический расчёт и построен график изменения скорости камня.

Данная статья содержит в себе теоретические данные, анализ результатов экспериментов, выводы, диаграммы и ссылки на авторитетные источники, что подтверждает научный интерес.

Ключевые слова: вращательное движение, шатун, механизм, вал, ползун

CRANK-SLIDE MECHANISM WITH THREE CONNECTING RODS²**Ilya V. Belov**

Ilya_blov_ilya@list.ru

Dmitry V. Semenov

edwaydeslbn@gmail.com

Alexander A. Belov

¹ Научный руководитель: **Чусовитин Николай Анатольевич**, кандидат технических наук, доцент, Новосибирский государственный технический университет НЭТИ Россия, г. Новосибирск, chusovitin@corp.nstu.ru

² Scientific adviser: **Nikolai A. Chusovitin**, Candidate of Technical Sciences, associate professor Novosibirsk State Technical University NETI Russia, Novosibirsk

sasha_belov2001@mail.ru

2nd year students of the Faculty of Mechanics and Technology Novosibirsk State Technical University NETI Russia, Novosibirsk

ABSTRACT

The work is devoted to the description of the crank-slider mechanism as a way of converting rotational motion into reciprocating. Definitions of rotational and translational motion are given. A mathematical calculation was carried out and a graph of the change in the speed of the stone was built.

This article contains theoretical data, analysis of experimental results, conclusions, diagrams and links to authoritative sources, which confirms the scientific interest.

Keywords: rotary movement, connecting rod, mechanism, shaft, slider

Преобразование вращательного движения в возвратно- поступательное

Вращательное движение — это движение тела, при котором все его точки двигаются вокруг одной точки с одинаковой угловой скоростью в одном направлении. Оно находит широкое применение в различных областях науки и техники. Например, вращательное движение возникает при запуске ДВС [1].

Поступательное движение – движение тела, при котором его точки перемещаются по одной прямой линии с постоянной скоростью. Оно описывается законами классической механики и также находит широкое применение в различных областях науки и техники. Например, поступательное движение возникает при движении автомобиля по дороге или при движении поезда по рельсам.

Существует несколько способов преобразования вращательного движения в возвратно-поступательное. Один из таких способов - кривошипно-ползунный механизмы. Например, устройство классического ДВС [2].

Кривошипно-ползунный механизм состоит из нескольких частей: кривошип, шатуны, камень и кулиса.

Рассмотрим рисунок 1, на котором изображен кривошипно-ползунный механизм с двумя шатуна

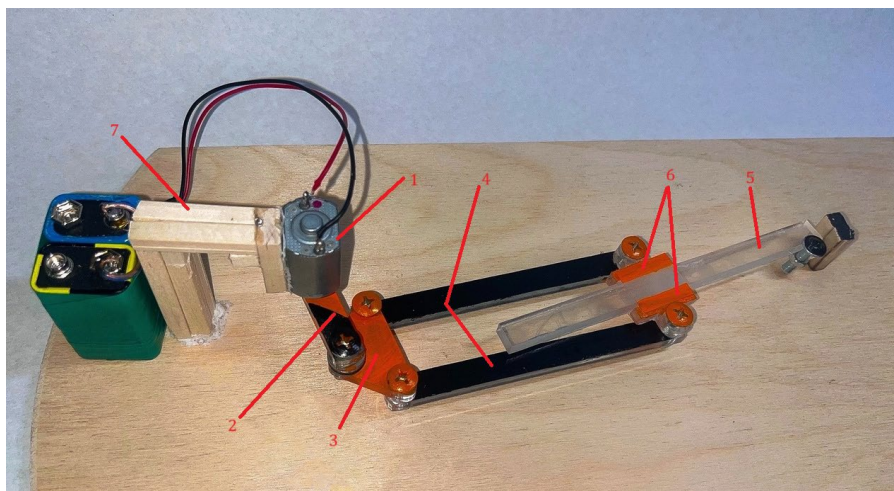


Рисунок 1. Кривошипно-шатунный механизм с двумя шатунами
 1- электродвигатель; 2- кривошип; 3- шатун; 4- шатуны;
 5- кулиса; 6 – камень; 7- стойка

Принцип работы

Кривошипно-шатунный механизм с двумя шатунами работает при помощи вращения вала электродвигателя 1 передавая вращение кривошипу 2, который в свою очередь вращает шатун 3 и два шатуна 4, к которым закреплен камень 6. Камень 6 ходит по направляющей кулисы 5. Механизм закреплен на стойке 7 (рис. 1).

Устройство механизма

В данном механизме используется коллекторный электродвигатель постоянного тока FF-130 мощностью 0.73 Вт и номинальным напряжением в 9 В. Скорость вращения вала составляет 7300 об/мин на холостом ходу.

В данной конструкции используется на два шатуна больше, чем в классическом кривошипно-шатунном механизме. Благодаря этому снижается вероятность смещения камня, за счет симметричного осевого приложения сил.

Область применения

Данный механизм может применяться во всех сферах, где применяется классический кривошипно-ползунный механизм, например: роторные кату- машинки, ДВС работающие по циклу Отто, Аткинсона, Миллера и им подобные [3].

Экспериментальная часть

Исходные данные:

$$n_1 = 7300 \text{ об/мин}; l_{O_1A} = 24 \text{ мм} = 0,024 \text{ м}; l_{AB} = l_{AD} = 19 \text{ мм} = 0,019 \text{ м};$$

$$l_{BC} = l_{DE} = 99 \text{ мм} = 0,099 \text{ м};$$

$$l_{CF} = l_{EF} = \frac{1}{2} \cdot l_{BD} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(l_{AB})^2 + (l_{AD})^2} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(0,019)^2 + (0,019)^2} = 0,013435029 \text{ м}$$

(1)

n_1 - частота вращения кривошипа 1(O_1A);

l_{O_1A} – длина кривошипа 1;

$l_{AB} = l_{AD}$ - размеры шатуна 2; треугольник BAD прямоугольный ($\angle C = 90^\circ$)

$l_{BC} = l_{DE}$ - длины шатунов 3 и 4;

$BC \parallel DE$; $|CE| = |BD|$ (рис. 2).

Расчёт в формуле (1) проделан на основе теоремы Пифагора.

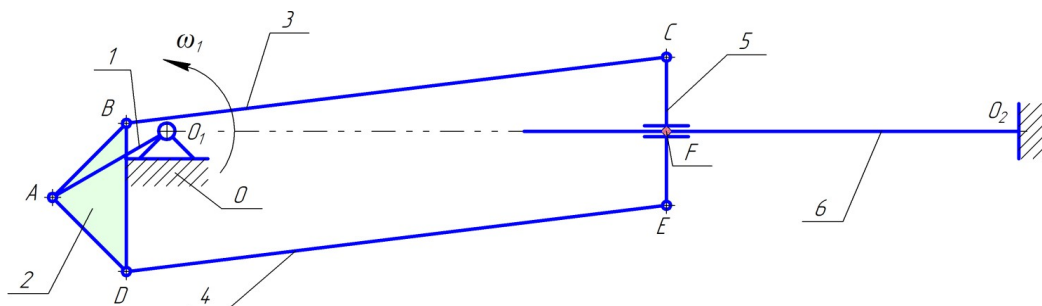


Рисунок 2. Схема механизма в произвольном положении.

Кулису 6 расположим горизонтально, сделав ее неподвижной. Если кулису 6 сделать подвижной (например, расположив в точке O_2 шарнирную неподвижную опору), то полученный механизм по формуле Чебышева будет иметь две степени свободы, соответственно однозначное положение механизма не будет определяться положением кривошипа 1 [4].

В таком виде на рисунке 2 механизм имеет 1 степень свободы.

Число подвижных звеньев: $n = 5(1,2,3,4,5)$; стойка 0 и кулиса 6 – неподвижны.

Число одноподвижных кинематических пар 5 класса: $p_5 = 7$; вращательные точки - O_1, A, B, C, D, E ; поступательная точка - F ;

Число двухподвижных кинематических пар 4 класса: $p_4 = 0$.

По формуле Чебышева получим:

$$W = 3n - 2p_5 - p_4 = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 7 - 0 = 1$$

Нам необходимо построить график линейной скорости в точке F (геометрический центр камня 5).

Решение.

1. Построение кинематических диаграмм (перемещения и скорости т.Ф) [5].

1.1. Для начала построим план положений механизма (12 положений).

Принимаем масштабный коэффициент длин $\mu_1 = 0,001 \frac{\text{м}}{\text{мм}}$.

За начальное положение (положение 0) принимаем крайнее левое положение (по положению камня 5) механизма $O_1A_0B_0D_0C_0F_0E_0O_2$. При этом кривошип 1 и кулиса 6 находятся на одной горизонтальной линии и $|A_0O_2| = |A_0O_1| + |O_1O_2|$.

Положение 0 выделено основной линией.

Примем направление вращения кривошипа 1 против хода часовой стрелки.

Далее используя метод засечек, строим оставшиеся 11 положений механизма, поворачивая каждый раз кривошип 1 на угол $\varphi_1 = 30^\circ$ в сторону вращения.

Положение 6 ($O_1A_6B_6D_6C_6F_6E_6O_2$) является крайним правым положением механизма (по положению камня 5). В этом положении кривошип 1 и кулиса 6 также находятся на одной горизонтальной линии, но $|O_1O_2| = |O_1A_6| + |A_6O_2|$.

Также на плане укажем ход камня кулисы 5 - h_5 . Измеряем на плане:

$$h_5 = |F_0F_6| = 48 \text{ мм};$$

Реальный ход камня:

$$H_5 = h_5 \cdot \mu_1 = 48 \cdot 0,001 = 0,048 \text{ м}.$$

Очевидно, что $H_5 = 2 \cdot l_{O_1A}$

План положений механизма показан на рисунке 3

План положений механизма, $\mu_1 = 0,001 \frac{M}{MM}$

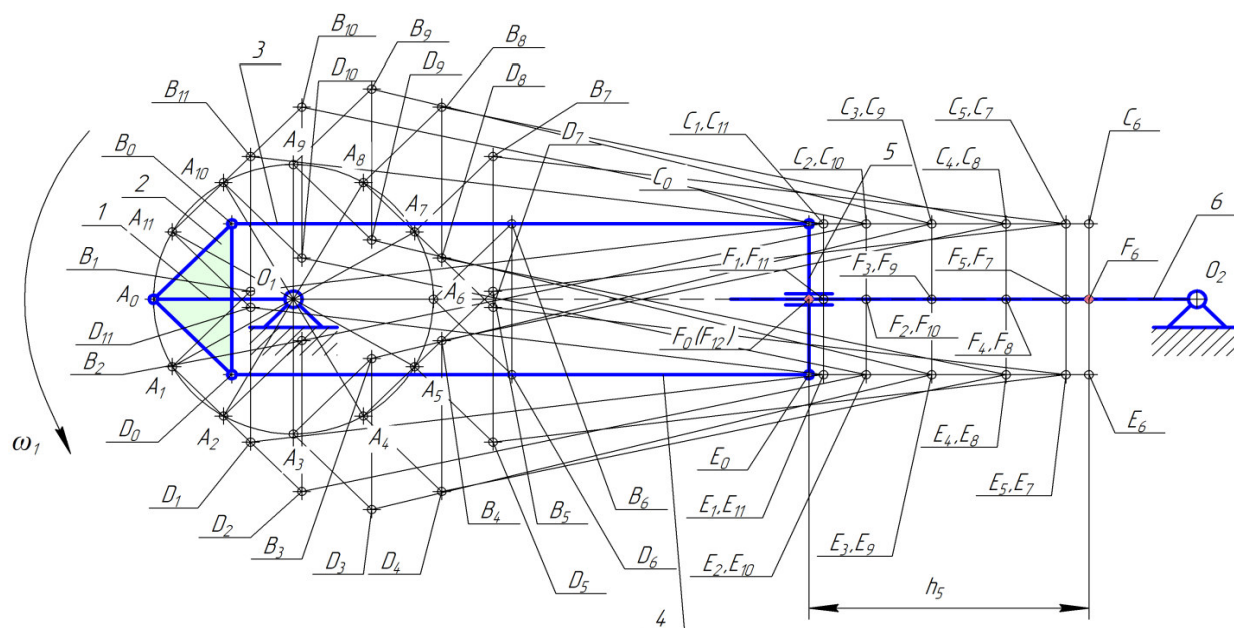


Рисунок 3. План положений механизма

1.2. Теперь построим диаграмму перемещений камня кулисы 5 (точка F)

Строим диаграмму перемещений т. F в зависимости от угла поворота кривошипа 1.

По оси абсцисс откладываем отрезок $x = 180 \text{ мм}$, который делим на двенадцать частей.

Для диаграммы перемещений принимаем масштабные коэффициенты:

$$\mu_\varphi = \frac{2\pi}{x} = \frac{2\pi}{180} = 0,034906585 \frac{\text{рад}}{\text{мм}}; \mu_{\varphi^\circ} = \frac{360}{180} = 2 \frac{^\circ}{\text{мм}};$$

$$\omega_1 = \frac{n_1 \cdot \pi}{30} = \frac{7300 \cdot \pi}{30} = 764,4542124 \text{ с}^{-1}$$

$$\mu_t = \frac{2\pi}{\omega_1 \cdot x} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 30}{n_1 \cdot \pi \cdot x} = \frac{2 \cdot 30}{7300 \cdot 180} = 0,000045662 \frac{\text{с}}{\text{мм}}.$$

$$\mu_s = \mu_1 = 0,001 \frac{M}{MM}.$$

$\mu_\varphi, \mu_{\varphi^\circ}$ – масштабный коэффициент угла поворота кривошипа 1 (φ);
 ω_1 – угловая скорость кривошипа 1;

μ_t - масштабный коэффициент времени;
 μ_s - масштабный коэффициент перемещения т. F .

По оси ординат в соответствии с масштабом откладываем перемещение точки F в зависимости от положения механизма.

Диаграмма перемещений камня (т. F) показана на рисунке 4.

Диаграмма перемещений выходного звена (т. F)
 $\mu_\varphi = 0,034906585 \frac{рад}{мм}$; $\mu_t = 0,000045662 \frac{с}{мм}$; $\mu_s = 0,001 \frac{м}{мм}$

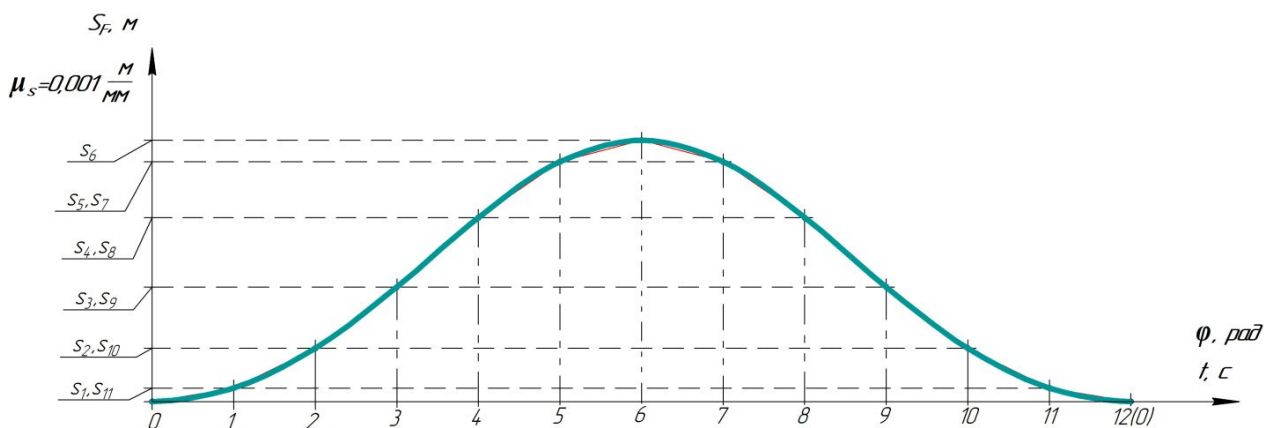


Рисунок 4. Диаграмма перемещений т. F .

1.3. Построение диаграммы скоростей (график скорости) выходного звена осуществляем графическим дифференцированием (методом хорд) диаграммы перемещений [6].

Масштабный коэффициент скорости:

$$\mu_v = \frac{\mu_s}{H_v \cdot \mu_t} = \frac{0,001}{50 \cdot 0,000045662} = 0,438000964 \frac{м}{с \cdot мм};$$

Диаграмма скоростей показана на рисунке 5.

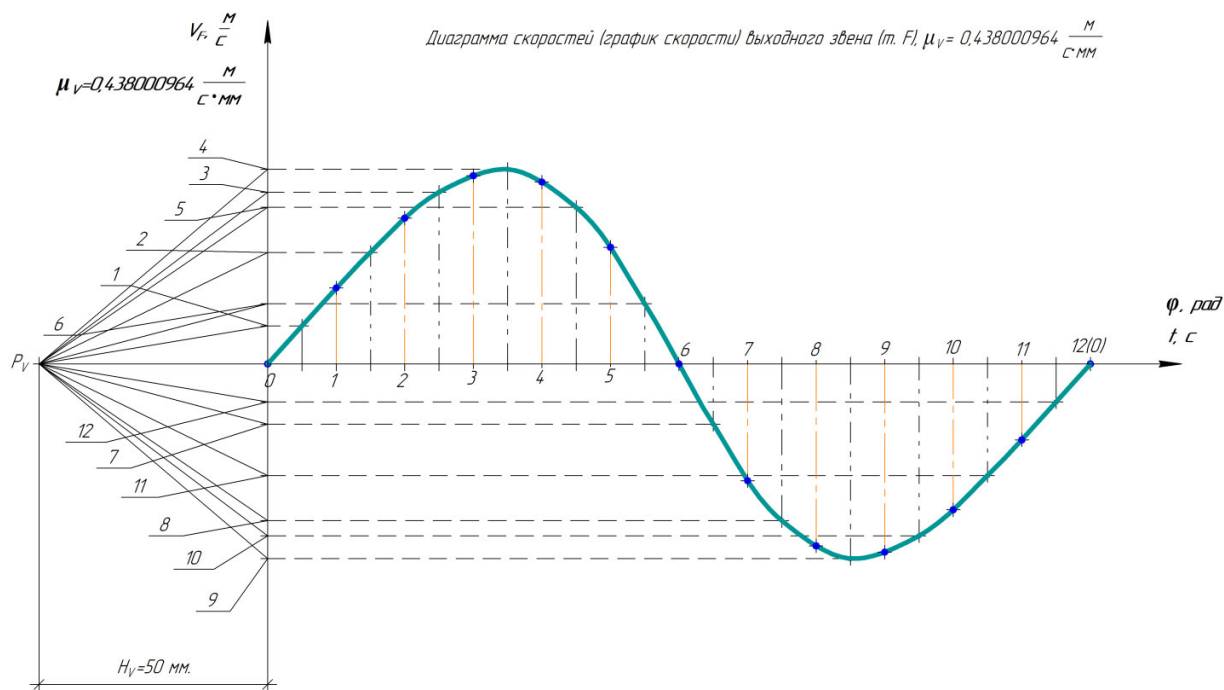


Рисунок 5. Диаграмма скоростей выходного звена

φ - угол поворота кривошипа 1;

t - время;

V_F - скорость камня кулисы (т. F).

По графику скорости мы можем определить скорость точки F (камня 5) при всех положениях механизма (в момент времени).

Таким образом, была рассчитана скорость выходного звена для кривошипно-ползунного механизма и построен график. Уникальность данных расчетов состоит в том, что они позволяют быстро и точно решать подобные задачи.

Список литературы:

1. Теория механизмов, машин и манипуляторов: учеб.-метод. комплекс. В 2 ч. Ч. 1. Организационные основы курсового проектирования технологических машин / В. Ф. Коренский. – Новополюцк: ПГУ, 2008. – 62 с
2. Кривошипно-ползунный механизм рабочей машины. Структурный анализ кривошипно-ползунного механизма ТММ // edukr.ru [Электронный ресурс] URL: <https://edukr.ru/>
3. Теория механизмов и механика машин: учеб. для вузов, под ред. Фролова К.В. - М.: Высш. шк. 1998. 496 с
4. Левитская О.Н., Левитский Н.И., Курс теории механизмов и машин: Учеб. пособие для мех. спец. вузов.-2-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш. шк., 1985.-279 с., ил.
5. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин: учебник для студентов ВТУЗов/ И. И. Артоболевский – Изд.4-е, перераб. и доп. – Москва: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1986. - 639 с.
6. Попов С. А. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин /С. А. Попов, Т. А. Тимофеев. М.: Высш. шк., 1998. - 351 с.

References:

1. Theory of mechanisms, machines and manipulators: textbook-method. complex. In 2 hours. Part 1. Organizational bases of the course design of technological machines / VF Korensky. - Novopolotsk: PGU, 2008. - 62 p.
2. Crank-slider mechanism of the working machine. Structural analysis of the crank-slider mechanism TMM // edukr.ru [Electronic resource] URL: <https://edukr.ru/>
3. Theory of mechanisms and mechanics of machines: textbook. for universities, ed. Frolova K.V. - M.: Higher School, 1998. - 496 p.
4. Levitskaya O.N., Levitsky N.I., The course of the theory of mechanisms and machines: Textbook for mechanical specialties of universities. -2nd ed., revised and additional. - M.: Higher school, 1985.-279 p., ill.
5. Artobolevsky I.I. Theory of mechanisms and machines: a textbook for students of technical universities / I.I. Artobolevsky - Ed. 4th, revised and additional – Moscow: Nauka. Main edition of physical and mathematical literature, 1986. - 639 p.
6. Popov S. A. Course design on the theory of mechanisms and machines /S. A. Popov, T. A. Timofeev. - M.: Higher school, 1998. - 351 p.