

ТОРЦОВЫЙ КУЛАЧКОВЫЙ МЕХАНИЗМ, ЕГО ОСОБЕННОСТИ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Теплякова А.В.

Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: кулачковый механизм, кулачок, ударный механизм, бурение.

Аннотация. Кулачковые механизмы представляют собой отдельный, весьма уникальный класс механических систем. Отдельное место среди таких механизмов занимают торцовые цилиндрические кулачковые механизмы, которые получили свое применение в том числе в ударных системах бурильных машин. В настоящей статье показаны особенности таких механизмов, принципы и подходы к их разработке.

FRONT CAM MECHANISM, ITS FEATURES AND SCOPE OF APPLICATION

Teplyakova A. V.

Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg

Keywords: cam mechanism, cam, impact mechanism, drilling.

Abstract. Cam mechanisms represent a separate, very unique class of mechanical systems. A separate place among such mechanisms is occupied by front cylindrical cam mechanisms, which have been used, among other things, in impact systems of drilling machines. This article shows the features of such mechanisms, principles and approaches to their development.

Одним из главных требований к современным механическим системам является обеспечение движения ведомых рабочих звеньев в точном соответствии с заданными законами перемещения, скорости и ускорения. Применение в конструкциях деталей с простыми геометрическими формами, использование простых видов соединений не позволяет выполнить названное требование. На этом основании в механизмах стали применять звенья сложной криволинейной формы рабочих поверхностей.

Одним из таких звеньев является кулачок, образующий со смежным звеном высшую кинематическую пару. Геометрия профиля кулачка может быть задана любой, сколь угодно сложной, что позволяет приспособить его к различным условиям эксплуатации. С помощью кулачка становится возможным осуществление требуемого закона движения выходного звена при минимальных затратах материала и финансовых средств. Кулачковые механизмы [1] нашли свое применение в различных машинах – металлообрабатывающих, полиграфических, счетных и др.

К сожалению, нет точных исторических сведений о первом появлении кулачков. В монографии [2] автор предполагает, что термин «кулачок» произошел от санскритского «jambha», что указывает на Индо-Иранские корни этого изобретения.

В общем случае кулачок представляет собой звено, передающее движение толкателю или коромыслу, находящемуся с ним в непосредственном контакте.

Кулачок может совершать как вращательное, так и поступательное движение. Выходное звено может двигаться поступательно (толкатель) или совершать колебательное движение (коромысло). В зависимости от поверхности контакта выходные звенья могут быть остrokонечными, плоскими или роликовыми. Для обеспечения нормальной работы механизма коромысло или толкатель должен быть прижат к кулачку. Это достигается силовым (с помощью пружины или силы веса) или геометрическим замыканием.

Кулачковые механизмы, как и сами кулачки, достаточно разнообразны. Обратимся более подробно к одному из вариантов – торцовому кулачковому механизму (рис. 1) [2, 3]. Наиболее распространенным является такой механизм, в котором ось толкателя совпадает или параллельна оси вращения кулачка, – цилиндрический. Торцовый кулачок (рис. 1) имеет в качестве рабочей поверхности торец полого цилиндра. Цилиндрический кулачок 1 вращается вокруг неподвижной оси AA . Рабочий профиль кулачка 1 представляет собой сечение полого цилиндра поверхностью определенного рода. Толкатель 3, движущийся возвратно-поступательно в неподвижной направляющей вдоль оси, параллельной AA , имеет ролик 2, находящийся в соприкосновении с профилем кулачка 1.

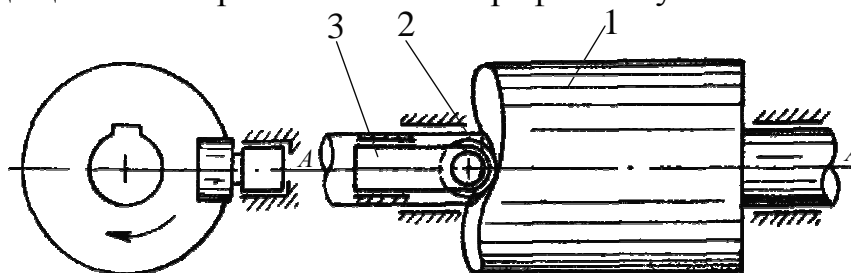


Рис. 1. Торцовый кулачковый механизм

Подвижность такого механизма определяется формулой П.Л. Чебышева [4]

$$W = 3n - 2p_5 - p_4, \quad (1)$$

где n – число подвижных звеньев механизма, p_5 – число кинематических пар 5-го класса, p_4 – число кинематических пар 4-го класса.

В таком механизме $n = 3$ (кулачок 1, ролик 2 и толкатель 3), $p_5 = 3$ (шарнирные соединения кулачка со стойкой, толкателя со стойкой и ролика с толкателем), $p_4 = 1$ (контакт ролика с кулачком). Тогда

$$W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 3 - 1 = 2.$$

Несмотря на вполне определенную работу механизма при задании лишь одного движения ведущему звену – кулачку, степень подвижности равна 2. Вторая подвижность является внутренней – это самопроизвольное вращение ролика.

Рациональное проектирование таких механизмов требует точного анализа и контроля законов скоростей и ускорений. На этом основании, как правило, закон движения толкателя принято задавать математической функцией, допускающей ее детальное исследование. Имея теоретический профиль кулачка, заданный аналитически, можно путем дифференцирования легко находить других кинематические характеристики. Анализ этих зависимостей позволяет получать представления об ударах, шуме, износе, вибрации системы кулачок – толкатель. Главным параметром кулачкового механизма является угол давления (рис. 2),

который естественным образом приводит к ограничениям при выборе геометрических параметров кулачка и кинематических характеристик механизма.

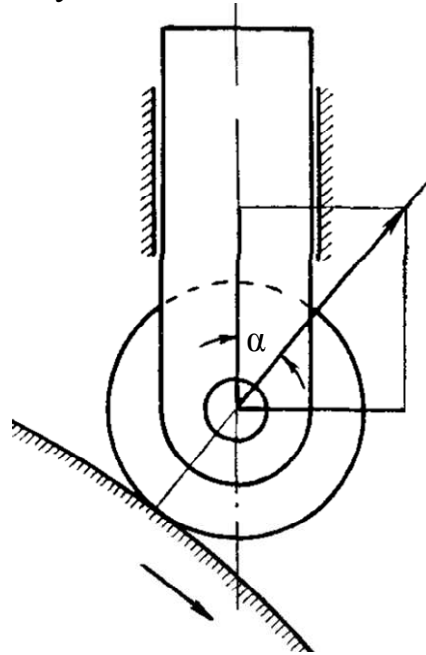


Рис. 2. Угол давления α в кулачковом механизме

Чаще всего в качестве кривых, описывающих профиль кулачка, используют степенные или тригонометрические функции, которые обеспечивают плавность движения, просты в конструировании, дешевле в производстве. Простейшим графиком движения является прямолинейный с постоянным углом наклона. Такой закон дает движение толкателя с постоянной скоростью без ускорения.

Рабочий профиль торцового кулачка задается на его развертке и определяется видом используемой линии (рис. 3).

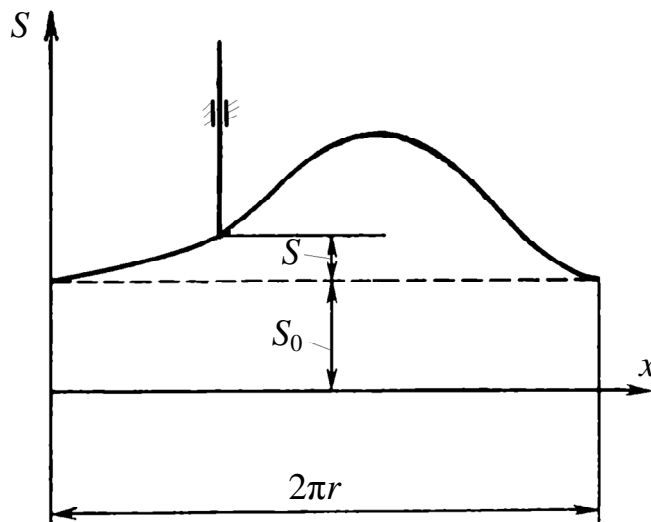


Рис. 3. Развертка кулачка: r – радиус средней линии кулачка, S – перемещение толкателя

Диаграмма перемещений толкателя фактически является действительной разверткой поверхности кулачка. А поскольку длина диаграммы перемещения равна длине окружности цилиндрического кулачка, то углы давления, измеренные на кулачке и на диаграмме перемещения, будут одинаковыми.

Одним из вариантов применения торцовых кулачковых механизмов является их реализация в качестве ударных (рис. 4) [5]. Особенность кулачкового ударного механизма заключается в том, что в этом механизме сравнительно просто реализовать практически любые законы движения ударной массы. Достигается это выбором соответствующего профиля кулачка.

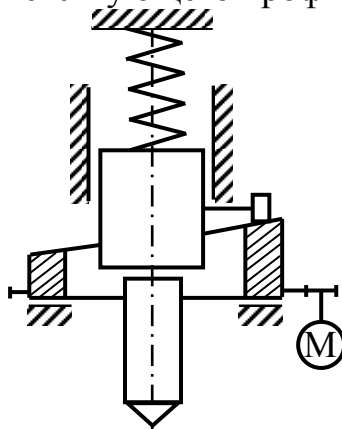


Рис. 4. Ударный кулачковый механизм

Первое применение торцовых кулачковых механизмов в импульсных машинах, реализующих ударное воздействие на объект деформации или разрушения, зафиксировано авторским свидетельством в 1933 году, выданным Жданову П.Э. [6]. Дальнейшее развитие науки и техники послужило появлению целого направления создания и исследования бурильных машин.

Анализ известных работ в области исследования и конструирования бурильных машин [7], оснащенных кулачковыми ударными механизмами, позволяет утверждать, что у этих исследований есть будущее, есть актуальные проблемы, решение которых позволит развить научные основы и практические подходы к созданию буровых установок, способных к автоматической адаптации режимов работы в зависимости от условий эксплуатации.

Список литературы

1. Крайнев А.Ф. Словарь-справочник по механизмам. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987. – 560 с.
2. Rothbart H.A. Cam design handbook. – New York: McGraw-Hill Professional Publ., 2003. – 606р.
3. Попов Н.Н. Расчет и проектирование кулачковых механизмов. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980. – 214с.
4. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. Изд. 3-е. – М.: Наука, 1975. – 640 с.
5. Манжосов В.К. Динамика и синтез кулачковых ударных механизмов: монография. – Ульяновск: УлГТУ, 2007. – 218 с.
6. А.с. №42526. Отбойный молоток / Жданов П.Э. – Заявка №139583 от 26.12.1933; опубл. 30.04.1935.
7. Teplyakova A. Analysis of impact cam mechanisms from the point of view of the rationality of their use in drilling machines / A. Teplyakova, I. Zhukov // E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 326. – P. 00023. – doi.org/10.1051/e3sconf/202132600023.

Сведения об авторе:

Теплякова Анна Васильевна – студент, Горный университет, Санкт-Петербург.