

УДК 621.01

**Зиялиев Кадырбек Жанузакович**, д.т.н., профессор,  
Иссык-Кульский государственный университет им. К. Тыныстанова

**Зиялиев Кадырбек Жанузакович**, т.и.д., профессор,  
К. Тыныстанов атындагы Ысык-Көл мамлекеттик университети

**Ziyaliev Kadyrbek Zhanuzakovich**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Issyk-Kul State University named after K. Tynystanov

**Чинбаев Омурбек Конопияевич**

научный сотрудник,

Иссык-Кульский государственный университет им. К. Тыныстанова

**Чинбаев Омурбек Конопияевич**

илимий кызматкер,

К. Тыныстанов атындагы Ысык-Көл мамлекеттик университети

**Chinbaev Omurbek Konopiyaevich**, researcher,

Issyk-Kul State University named after K. Tynystanov

**Дюшембаев Жээнбек Жакшылыкович**

научный сотрудник,

Иссык-Кульский государственный университет им. К. Тыныстанова

**Дюшембаев Жээнбек Жакшылыкович**, илимий кызматкер,

К. Тыныстанов атындагы Ысык-Көл мамлекеттик университети

**Dyushembaev Jeenbek Zhakshylykovich**, researcher,

Issyk-Kul State University named after K. Tynystanov

#### КИНЕМАТИКА ШЕСТИЗВЕННОГО УДАРНОГО МЕХАНИЗМА С НАИБОЛЬШИМ КОРОМЫСЛОМ

**Аннотация.** В данной работе рассмотрена кинематика шестизвального ударного механизма с наибольшим коромыслом, с улучшенными кинематическими и динамическими параметрами, синтезированного на основе кривошипно-коромыслового и двухкривошипного шарнирно-четырёхзвенных механизмов с особыми положениями звеньев. Данный механизм был разработан авторами статьи и в 2022 году на него получен Евразийский патент на изобретения. В статье на основе результатов кинематического анализа шестизвального ударного механизма с наибольшим коромыслом обоснована целесообразность использования его в качестве исполнительного механизма при создании новых ударных и ударно-вращательных машин, используемых в горно-добывающей промышленности, а также в строительных и дорожно-строительных работах.

**Ключевые слова:** Особое положение, звено, коромысло, механизм, синтез, кинематика.

#### АЛТЫ ЗВЕНОЛУУ КОРОМЫСЛОСУ ЭҢ УЗУН БОЛГОН УРГУЛООЧУ МЕХАНИЗМДИН КИНЕМАТИКАСЫ

**Аннотация.** Бул илимий макалада кривошиптуу-коромыслолук жана эки кривошиптик звенолору өзгөчө абалга ээ болуучу механизмдердин негизинде синтезделген алты звенолуу, коромыслосу эң узун болгон, кинематикалык жана динамикалык параметрлери жакшыртылган ургулоочу механизмдин кинематикасы каралган. Бул механизм макаланын авторлору тарабынан түзүлгөн жана ага 2022-жылы Евразиялык ойлоп табуучулук патенти алынган. Илимий макалада алты звенолуу, коромыслосу эң чоң болгон ургулоочу механизмди кинематикалык изилдөөнүн жыйынтыктарынын негизинде аны тоо кендерин иштетүү тармагында жана ошондой эле курулуш, курулуш-монтаждоо иштеринде колдонулуучу жаңы ургулоочу жана буруп ургулоочу мшиналарды түзүүдө аткаруучу механизм катары колдонуунун талапка ылайыктуулугу негизделген.

**Негизги сөздөр:** Өзгөчө абал, звено, коромысло, механизм, синтез, кинематика.

## STRUCTURAL SYNTHESIS OF A SIX-LINK PERCUSSION MECHANISM WITH THE LARGEST ROCKER ARM

**Abstract .** This paper considers the kinematics of a six-link impact mechanism with the largest crank, with improved kinematic and dynamic parameters, synthesised on the basis of a crank and two-crank articulated four-link mechanism with special link positions. This mechanism was developed by the authors of the article and the Eurasian patent for invention was obtained in 2022. In the article, based on the results of kinematic analysis of the six-link percussion mechanism with the largest yoke, the feasibility of its use as an actuating mechanism in the creation of new percussion and percussion-rotating machines used in the mining industry, as well as in construction and road-building works is substantiated.

**Keywords:** Special position, link, connecting rod, mechanism, synthesis.

В шарнирно-рычажных механизмах существует положение, в котором при одном и том же направлении движения ведущего звена появляется возможность ведомого звена двигаться в одном из нескольких возможных направлений движения звена, т.е. появляется возможность «выбора» в каком направлении дальше двигаться. Это происходит благодаря «особым положениям» механизма. Есть «особые положения» и в шарнирно-четырёхзвенных механизмах [1]. Особым называется положение механизма, в котором механизм может переходить из одного закона движения в другой в процессе работы (без разборки и сборки механизма), т.е.  $\varphi_3(\varphi_1) \leftrightarrow \varphi_3^I(\varphi_1)$  (рис. 1).

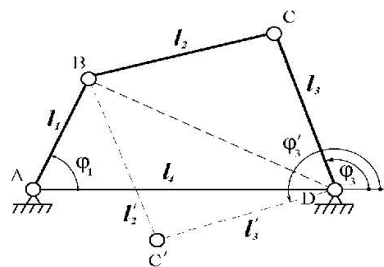
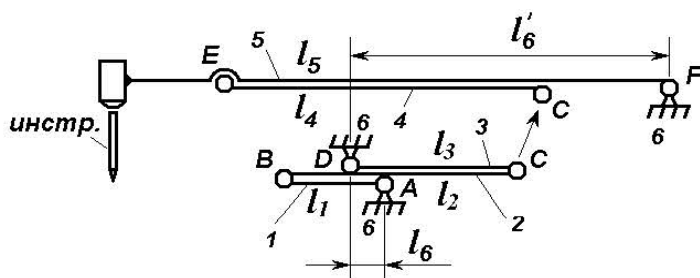


Рисунок 1

В работе [2] подробно описан синтез шестизвенного ударного механизма с соотношением длин звеньев:

$$l_1 < l_3 < l_2; \quad l_2 - l_3 < l_1; \quad l_6 = l_1 - l_2 + l_3; \quad l_3 < l_4 < l_5; \quad l_6^I = l_3 - l_4 + l_5$$

(рис. 2) на основе двух шарнирно-четырёхзвенных механизмов с особыми положениями. Один из этих механизмов с соотношением длин звеньев;  $l_1 < l_3 < l_2$ ;  $l_2 - l_3 < l_1$ ;  $l_4 = l_1 - l_2 + l_3$ , представленный на рис. 3, работает в двухкривошипном режиме по двум законам движения звеньев, графические зависимости угловых координат звеньев 3 и 1 представлены на рис. 4.



$$l_1 < l_3 < l_2; l_2 - l_3 < l_1; l_6 = l_1 - l_2 + l_3; l_3 < l_4 < l_5; l'_6 = l_5 - l_4 + l_3$$

Рисунок 2

Графическая зависимость  $\varphi_3(\varphi_1)$  механизма с соотношением длин звеньев  $l_1 < l_3 < l_2; l_2 - l_3 < l_1; l_6 = l_1 - l_2 + l_3$ , представленная на рис. 4 жирной линией, описывает работу механизма по первому закону, при котором в процессе работы механизма в треугольнике, образованном звеньями 2, 3 и базовым отрезком BD, кинематические пары располагаются почасовому контуру по следующей последовательности: BCD (рис. 1), а тонкой линией изображена графическая зависимость  $\varphi_3^I(\varphi_1)$  работы механизма по второму закону движения, где эти же кинематические пары располагаются: BDC<sup>I</sup> (рис. 1).

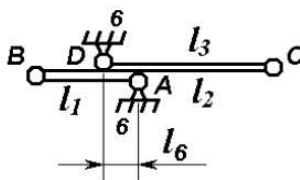
Зависимость угловых координат  $\varphi_3(\varphi_1)$  при работе механизма по первому закону определяется по следующей формуле:

$$\varphi_3 = \text{sgn}(-\sin \varphi_1) \cdot \arccos \frac{\lambda_6 - \cos \varphi_1}{\sqrt{1 + \lambda_6^2 - 2\lambda_6 \cos \varphi_1}} + \arccos \frac{\lambda_2^2 - \lambda_3^2 - \lambda_6^2 + 2\lambda_6 \cos \varphi_1 - 1}{2\lambda_3 \sqrt{1 + \lambda_6^2 - 2\lambda_6 \cos \varphi_1}}, \quad (1)$$

где  $\lambda_2 = l_2/l_1, \lambda_3 = l_3/l_1, \lambda_6 = l_6/l_1$

При работе механизма по второму закону зависимость угловых координат  $\varphi_3^I(\varphi_1)$  определяют по формуле:

$$\varphi_3^I = \text{sgn}(-\sin \varphi_1) \cdot \arccos \frac{\lambda_6 - \cos \varphi_1}{\sqrt{1 + \lambda_6^2 - 2\lambda_6 \cos \varphi_1}} - \arccos \frac{\lambda_2^2 - \lambda_3^2 - \lambda_4^2 + 2\lambda_4 \cos \varphi_1 - 1}{2\lambda_3 \sqrt{1 + \lambda_4^2 - 2\lambda_4 \cos \varphi_1}}. \quad (2)$$



$$l_1 < l_3 < l_2; l_2 - l_3 < l_1; l_6 = l_1 - l_2 + l_3$$

Рисунок 3

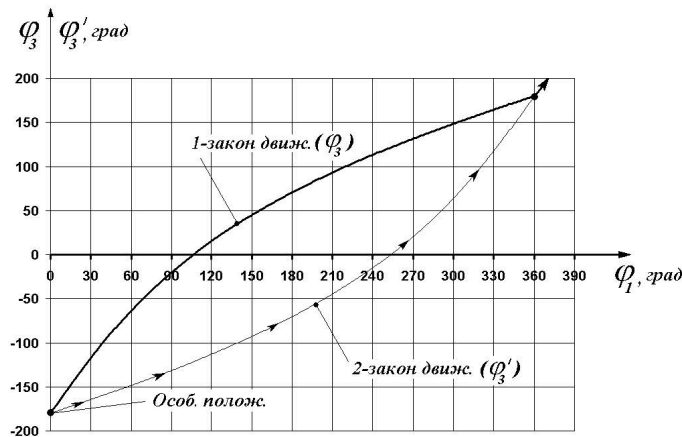


Рисунок 4.

Из этих графических зависимостей, представленных на рис. 4 видно, что когда механизм каждый раз в особом положении переходит из одного закона движения в другой, передаточное отношение  $u_{з1}$  за весь период работы изменяется плавно. При этом за каждый оборот ведущего кривошипа передаточное отношение  $u_{з1}$  в особом положении изменяется: в одном случае имеет наименьшее значение (меньше единицы), в следующем – максимальное (больше единицы), т.е. меняется поочередно. Именно этот режим работы, т.е. поочередный переход из одного закона в другой должно быть использовано в синтезируемом шестизвенном механизме.

Вторым механизмом, который составляет основу шестизвенного ударного механизма (рис. 1), является шарнирно-четырёхзвенный ударный механизм с соотношением звеньев:  $l_1 < l_2 < l_3$ ;  $l_3 - l_2 < l_1$ ,  $l_4 = l_3 - l_2 + l_1$ , который представлен на рис. 5. Принцип действия данного механизма подробно описан в работе [2].

Зависимость угловых координат  $\varphi_5(\varphi_3)$  при работе механизма по первому закону определяется по следующей формуле:

$$\varphi_5 = \text{sgn}(-\sin \varphi_3) \cdot \arccos \frac{\lambda_6 - \cos \varphi_3}{\sqrt{1 + \lambda_6^2 - 2\lambda_6 \cos \varphi_3}} + \arccos \frac{\lambda_4^2 - \lambda_5^2 - \lambda_6^2 + 2\lambda_6 \cos \varphi_3 - 1}{2\lambda_5 \sqrt{1 + \lambda_6^2 - 2\lambda_6 \cos \varphi_3}}, \quad (1)$$

где  $\lambda_4 = l_4 / l_3$ ,  $\lambda_5 = l_5 / l_3$ ,  $\lambda_6 = l_6' / l_3$

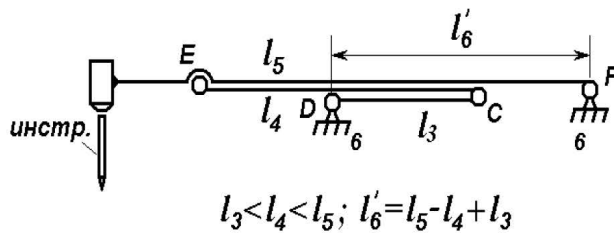


Рис. 5

Графические зависимости угловых координат  $\varphi_5(\varphi_3)$  и  $\varphi_5'(\varphi_3)$  звеньев 5 и 3 представлены на рис. 6. В отличие от первого механизма (рис. 3) второй механизм (рис. 5) должен работать только по одному из двух законов движения звеньев, не переходя в особое положение в другой закон движения. Этому переходу препятствует инструмент, ударяясь которому коромысло с бойком отскакивает, передав часть своей энергии инструменту.

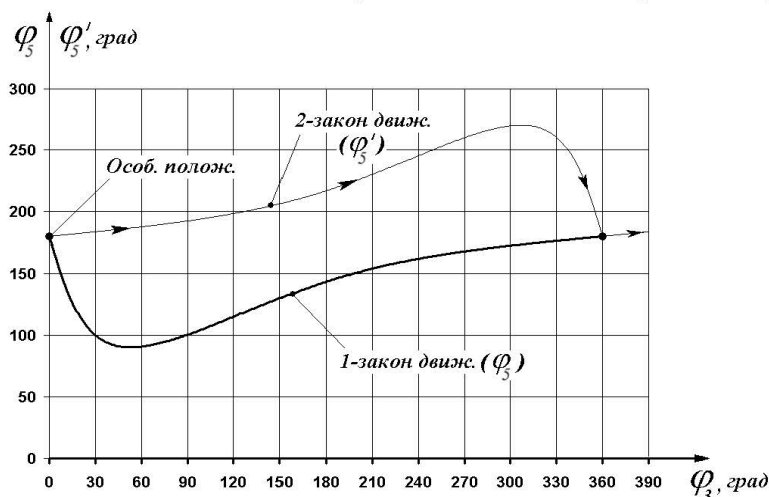


Рисунок 6

При синтезе механизма, представленного на рис. 2 соединение двух схем механизмов (рис. 3 и рис. 5) произведено так, чтобы функцию кривошипно-коромыслового механизма (рис. 5) выполнял ведомый кривошип 3 двухкривошипного механизма (рис. 3). В результате шестизвенный ударный механизм (рис. 2), синтезированный на основе двух шарнирно-четырёхзвенных механизмов (рис. 3 и 5) будет играть роль 2-х ступенчатого «редуктора» с изменяющимися передаточными числами. При этом передаточное отношение угловой скорости выходного звена (коромысла 5) к угловой скорости входного звена (ведущего кривошипа 1) определяется по формуле:  $u_{51} = u_{31} \cdot u_{53}$ . В отличие от четырёхзвенного ударного механизма (рис. 5), в предлагаемом шестизвенном ударном механизме за счет двухступенчатого изменения передаточного числа нагрузка на шарниры значительно уменьшаются, соответственно повышается надежность ударного механизма [2].

### Литература:

1. Зиялиев К.Ж. Кинематический и динамический анализ шарнирно-четырёхзвенных механизмов переменной структуры с созданием машин высокой мощности. Бишкек, Илим, 2005.
2. Зиялиев К.Ж., Чинбаев О.К., Жакыпов Н.Ж. Структурный синтез шестизвенного ударного механизма с наибольшим шатуном / Известия Национальной академии наук Кыргызской Республики, г. Бишкек, 2022. ISSN 0002-3221.