

## СОЗДАНИЕ ВИБРОУДАРНЫХ МАШИН НА ОСНОВЕ ШАРНИРНО-РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ С ОСОБЫМИ ПОЛОЖЕНИЯМИ

*Зиялиев К.Ж., Чинбаев О.К., Дюшембаев Ж.Ж.*

*Иссык-Кульский государственный университет им. К. Тыныстанова, Каракол*

**Ключевые слова:** шарнирно-рычажный механизм, виброударные машины, неопределенность движений, особое положение механизма, коромысло, шатун.

**Аннотация.** Статья рассматривает особые положения в механизмах и их применение в виброударных машинах. Обосновывается значение возможности перехода механизмов между различными режимами работы без разборки. Анализируются условия существования особых положений и их применимость в инженерной практике. Обсуждаются различные типы ударных механизмов и их кинематические характеристики. Отмечается перспективность дальнейших исследований в области создания и совершенствования виброударных машин на основе механизмов с особыми положениями.

## CREATION OF VIBRATION-IMPACT MACHINES BASED ON ARTICULATED-LEVER MECHANISMS WITH SPECIAL PROVISIONS

*Ziialiev K.Zh., Chinbaev O.K., Diushembaev Zh.Zh.*

*Issykkul State University named after K. Tynystanov, Karakol*

**Keywords:** hinge-lever mechanism, vibration-impact machines, uncertainty of movements, special position of the mechanism, rocker arm, connecting rod.

**Abstract.** The article examines special provisions in mechanisms and their application in vibration-impact machines. The importance of the possibility of transferring mechanisms between different operating modes without disassembly is substantiated. The conditions for the existence of special provisions and their applicability in engineering practice are analyzed. Various types of impact mechanisms and their kinematic characteristics are discussed. The prospects for further research in the field of creating and improving vibro-impact machines based on mechanisms with special provisions are noted.

Особое положение – это положение механизма, при котором возникает неопределенность в движении звеньев, т.е. при движении ведущего звена в одном и в том же направлении, ведомое звено может двигаться в том же или ином направлении. Следовательно, в особом положении механизм может перейти из одного закона движения в другой, что то же самое перейти из одной схемы сборки механизма в другую (рис. 1) без разборки-сборки механизма. [1]. В отдельных случаях механизм может переходить из одного класса в другой.

Рассмотрим все варианты шарнирно-четырёхзвенных механизмов с особыми положениями и условия их существования. Условием существования особого положения механизма является то, что коромысло (или наибольшее коромысло в двухкоромысловом механизме, а также наибольший кривошип в двухкривошипном механизме) и шатун лежат на одной линии. Это возможно при следующих условиях [1]:

1) окружность радиуса  $l_3 - l_2$  ( $l_3 \geq l_2$ ) с центром в точке  $D$  пересекается с окружностью радиуса  $l_1$  с центром в точке  $A$  (рис. 2);

2) окружность радиуса  $l_2 - l_3$  ( $l_2 \geq l_3$ ) с центром в точке  $D$  пересекается с окружностью радиуса  $l_1$  с центром в точке  $A$  (рис. 3);

3) окружность радиуса  $l_3 + l_2$  с центром в точке  $D$  пересекается с окружностью радиуса  $l_1$  с центром в точке  $A$  (рис. 4).

Эти три условия, в зависимости от соотношений длин звеньев, могут существовать каждое по отдельности или в следующем сочетании: 1) первое и второе; 2) первое и третье; 3) второе и третье; 4) первое, второе и третье.

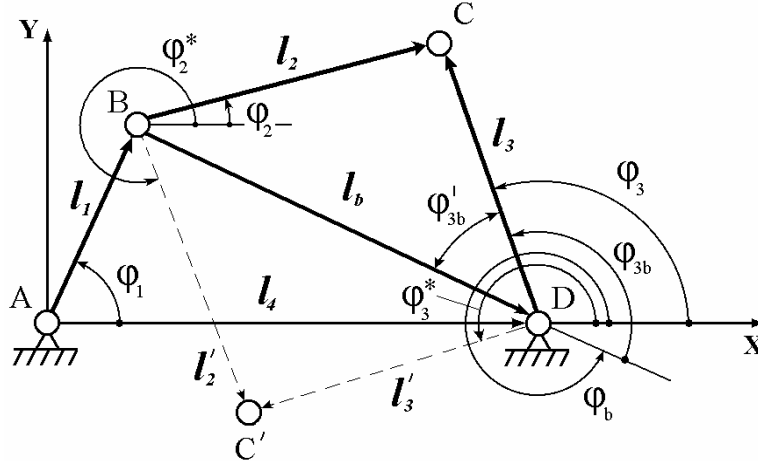


Рис. 1. Две схемы сборки шарнирно-четырёхзвенного механизма.

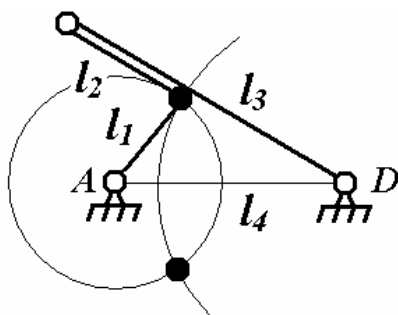


Рис. 2 Механизм с особыми положениями с наибольшим коромыслом

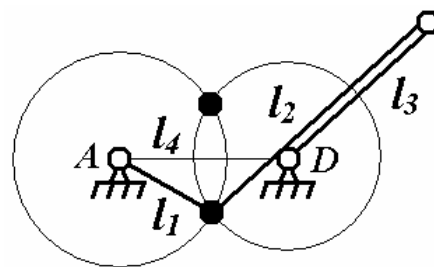


Рис. 3 Механизм с особыми положениями с наибольшим шатуном

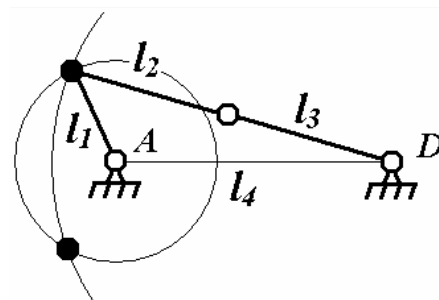


Рис. 4. Особые положения шарнирно-четырёхзвенного механизма:

$l_1$  – кривошип;  $l_2$  – шатун;  $l_3$  – коромысло

Количество точек пересечения этих окружностей определяет количество особых положений механизма. Исключением является положение, когда окружность радиуса  $l_1$  одновременно пересекается с окружностями радиусов  $l_3 - l_2$  и  $l_3 + l_2$  в четырех точках (с каждой окружностью в двух), в этом случае особые положения рассматриваемого механизма определяются только двумя

точками, лежащими по одну сторону оси межопорного расстояния в зависимости от того, как собран механизм (рис. 5). Только разобрав его и собрав заново, можно получить остальные два особые положения механизма.

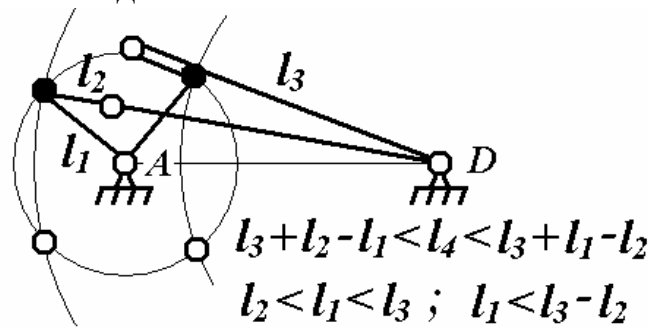


Рис. 5. Механизм с особыми положениями с соотношением длин звеньев

$$l_3 + l_2 - l_1 < l_4 < l_3 + l_1 - l_2$$

Из всех возможных схем механизмов с особыми положениями рассмотрим те, которые могут быть использованы в качестве исполнительного механизма в виброударных машинах.

Механизм с соотношением длин звеньев  $l_1 < l_2 < l_3$ ;  $l_3 - l_2 < l_1$  при  $l_4 = l_3 - l_2 + l_1$ , представленный на рисунке 6, может работать в кривошипно-коромысловом режиме по двум законам движения звеньев (рис. 7). На рисунке 7 звенья представлены в относительных размерах:  $\lambda_2 = l_2/l_1$ ,  $\lambda_3 = l_3/l_1$  и  $\lambda_4 = l_4/l_1$ . При работе механизма только по первому или второму закону движения звеньев коромысло совершает одно качательное движение за один оборот кривошипа. Если каждый раз в особом положении механизма осуществляется переход механизма из одной схемы сборки в другую, соответственно и переход из одного закона движения в другой, то амплитуда качательного движения коромысла увеличится в два раза, но этот цикл совершается за два оборота кривошипа [2].

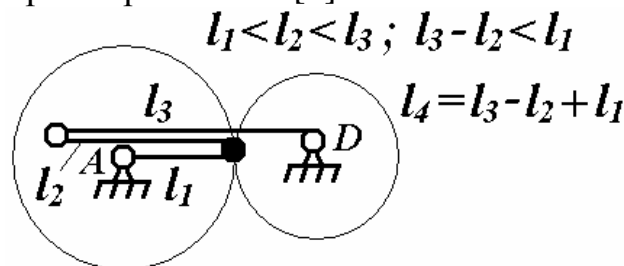


Рис. 6. Ударный механизм с наибольшим коромыслом

При работе механизма только по одному из двух законов движения коромысло (массивное), доходя до особого положения с максимальной скоростью ударяет по инструменту, передав ему значительную часть своей кинетической энергии не переходит его и отскакивая продолжает работать по тому же закону движения, которая была до соударения с инструментом виброударной машины. В этом случае передаточное отношение скачкообразно меняется и по направлению, и по величине. Так как в данном механизме наибольшую длину имеет коромысло, они называются ударными механизмами с наибольшим коромыслом.

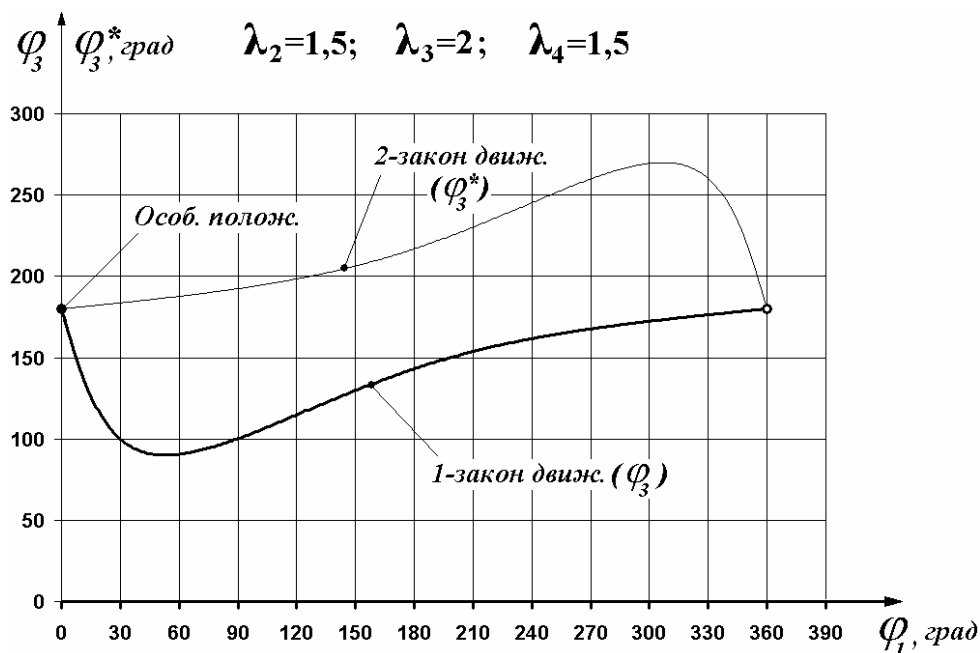


Рис. 7. Графики зависимостей угловых координат  $\varphi_3$  и  $\varphi_3^*$  от угла  $\varphi_1$  для механизма с соотношением длин звеньев  $l_1 < l_2 < l_3; l_3 - l_2 < l_1$  при  $l_4 = l_3 - l_2 + l_1$

Кривошипно-коромысловый механизм с соотношением длин звеньев  $l_1 < l_2 < l_3; l_3 - l_2 < l_1$  при  $l_4 = l_3 + l_2 - l_1$  (рис. 8) имеет одно особое положение и он также может работать в режиме удара, как и рассмотренный нами выше механизм с соотношением длин звеньев  $l_1 < l_2 < l_3; l_3 - l_2 < l_1$  при  $l_4 = l_3 - l_2 + l_1$  (рис. 6). Данный механизм, графики зависимостей углов  $\varphi_3$  и  $\varphi_3^*$  от  $\varphi_1$  которого приведены на рисунке 9, называется ударным механизмом с наибольшим основанием.

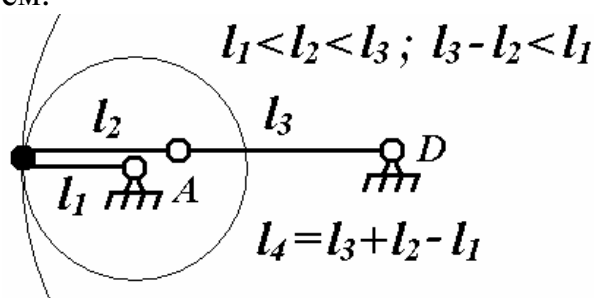


Рис. 8. Ударный механизм с наибольшим основанием

Механизм с соотношением длин звеньев  $l_1 < l_3 < l_2; l_2 - l_3 < l_1$  при  $l_4 = l_1 + l_2 - l_3$  с одним особым положением (рис. 10) называют ударным механизмом с наибольшим шатуном. Графики функций  $\varphi_3$  и  $\varphi_3^*$  от  $\varphi_1$  для данного механизма приведены на рисунке 11.

Из графиков, приведенных на рисунке 11 видно, что ударный механизм с наибольшим шатуном может работать в кривошипно-коромысловом режиме по двум законам движения звеньев и обладает свойством переключаться из одного закона движения в другой в особом положении звеньев [3].

Режим работы таких механизмов, при котором одно качательное движение коромысла совершается за один оборот кривошипа (работа механизма только по

определенному закону движения), используется в ударных машинах для совершения удара коромыслом по инструменту.

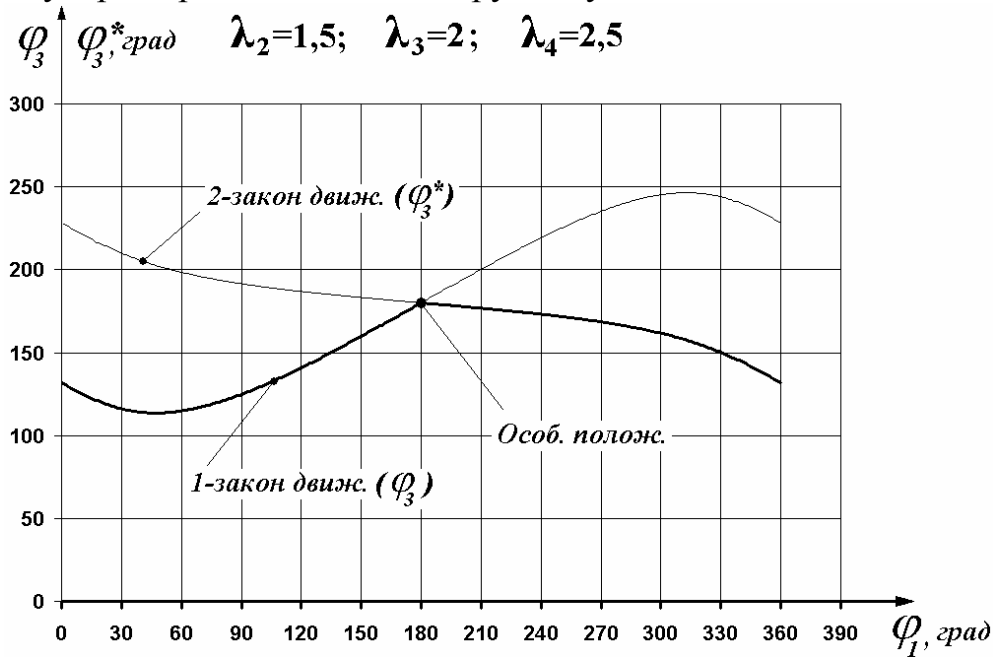


Рис. 9. Графики зависимостей угловых координат  $\varphi_3$  и  $\varphi_3^*$  от угла  $\varphi_1$  для механизма с соотношением длин звеньев  $l_1 < l_2 < l_3$ ;  $l_3 - l_2 < l_1$  при  $l_4 = l_3 + l_2 - l_1$

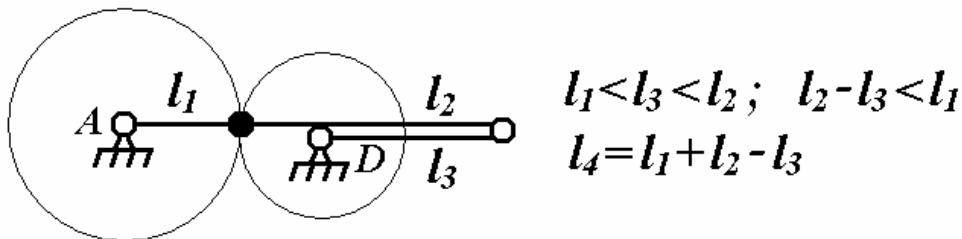


Рис. 10. Ударный механизм с наибольшим шатуном

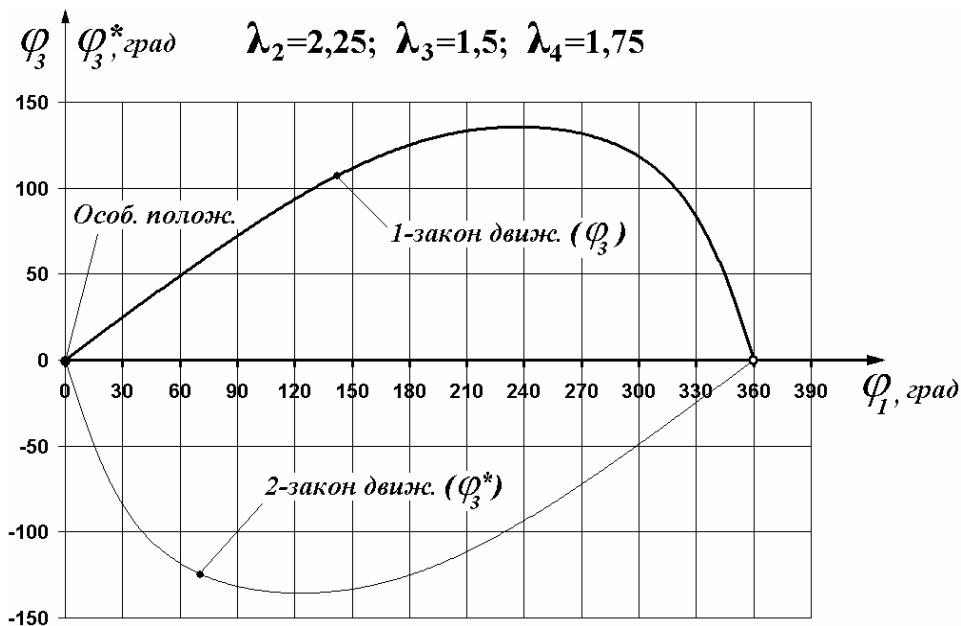


Рис. 11. Графики зависимостей угловых координат  $\varphi_3$  и  $\varphi_3^*$  от угла  $\varphi_1$  для механизма с соотношением длин звеньев  $l_1 < l_3 < l_2$ ;  $l_2 - l_3 < l_1$  при  $l_4 = l_1 + l_2 - l_3$ .

На основе рассмотренных выше механизмов с особыми положениями (рис. 6, рис. 8, рис. 10) с учетом особенностей их кинематических характеристик, представленных соответственно на рисунках 7, 9 и 11, на базе Инженерной академии Кыргызской Республики созданы опытные образцы виброударных машин различного назначения, такие как отбойные молотки, перфораторы, уплотнительные машины и др., структурные схемы исполнительных механизмов которых представлены на рисунке 12.

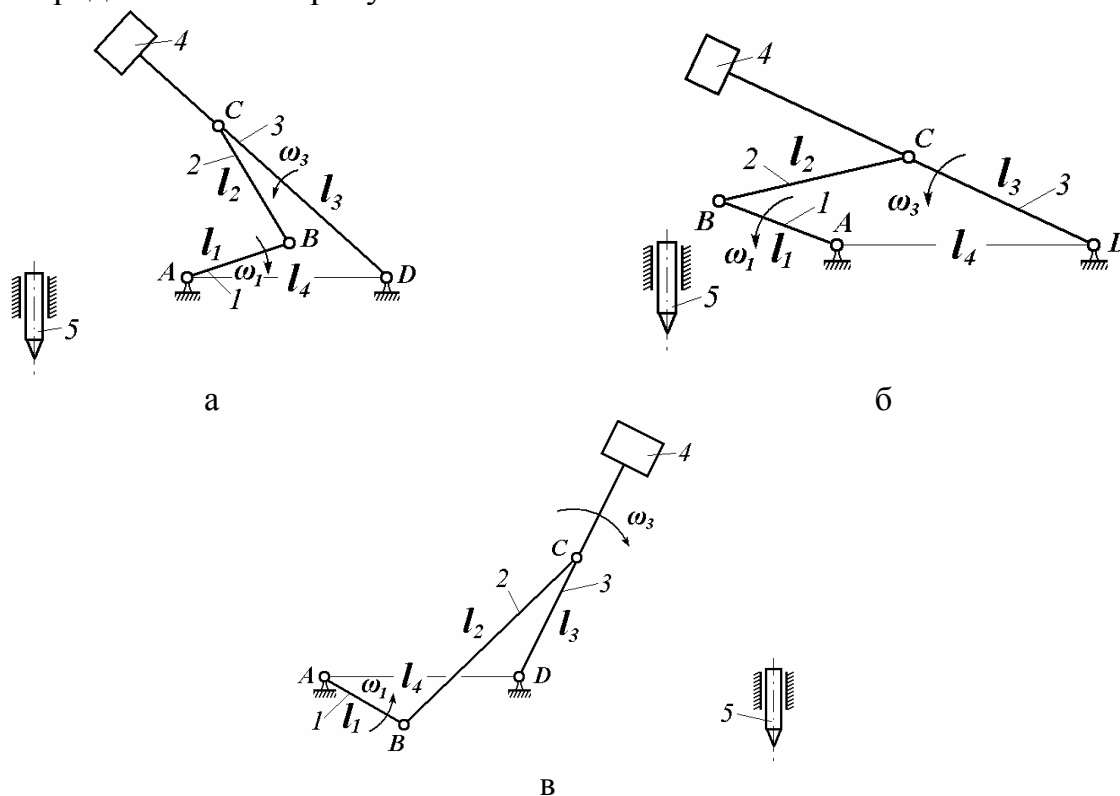


Рис. 12. Структурные схемы ударных механизмов с особыми положениями: а – с наибольшим коромыслом; б – с наибольшим основанием; в – с наибольшим шатуном; 1 – кривошип; 2 – шатун; 3 – коромысло; 4 – боек

В настоящее время на базе Инженерной академии Кыргызской Республики проводятся научно-исследовательские работы по дальнейшему усовершенствованию виброударных машин, созданных на основе шарнирно-рычажных механизмов с особыми положениями.

### Список литературы

1. Зиялиев К.Ж. Кинематический и динамический анализ шарнирно-четырёхзвенных механизмов переменной структуры с созданием машин высокой мощности. – Бишкек: Илим, 2005. – 195 с.
2. Евразийский патент на изобретение №040452. Шестизвенный рычажный ударный механизм с наибольшим коромыслом. – Москва, 2022.
3. Евразийский патент на изобретение №040453. Шестизвенный рычажный ударный механизм с наибольшим шатуном. – Москва, 2022.

### Сведения об авторах:

Зиялиев Кадырбек Жанузакович – д.т.н., профессор;

Чинбаев Омурбек Конопияевич – научный сотрудник;

Дюшембаев Жээнбек Жакшылыкович – научный сотрудник.