

2000-42

ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ  
ИНСТИТУТ МАШИНОВЕДЕНИЯ НАН КР

На правах рукописи

УДК 621.01

ЗИЯЛИЕВ КАДЫРБЕК ЖАНУЗАКОВИЧ

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ И ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ  
ШАРНИРНО-ЧЕТЫРЕХЗВЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ  
С ОСОБЫМИ ПОЛОЖЕНИЯМИ

Специальность 05.02.18 – «Теория механизмов и машин»

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

БИШКЕК 2000

Работа выполнена в Инженерной Академии Кыргызской Республики и Исык-Кульском государственном университете им. К.Тыныстанова.

Научные руководители: Академик Международной Инженерной Академии, профессор М. Д. Акаева

Академик Международной Инженерной Академии, заслуженный изобретатель, доктор технических наук, профессор С. Абдраимов

Официальные оппоненты: Академик Международной Инженерной Академии, доктор технических наук, профессор Ж.Ж. Байгунчечков

Кандидат технических наук А.А. Абытов

Ведущая организация: Кыргызско-Российский Славянский университет

Защита состоится « 11 » мая 2000 г в 14<sup>00</sup> ч. на заседании специализированного совета Д 05.98.76 при Инженерной Академии КР и Институте машиноведения Национальной Академии Наук Кыргызской Республики, г. Бишкек, ул. Скрябина, 23.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института машиноведения НАН Кыргызской Республики.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные гербовой печатью, просим направлять по адресу: 720055, г. Бишкек, ул. Скрябина 23, Институт машиноведения НАН КР, Спецсовет Д 05.98.76, факс: (3312) 42-27-85

Автореферат разослан 25 марта 2000 г.

Ученый секретарь специализированного совета Д 05.98.76. к.т.н.

А.О. Абидов

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Шарнирно-четырёхзвенный механизм ввиду своей простоты, надежности в работе и широкого диапазона вариации закона движения выходного звена, получил широкое применение в качестве исполнительного и передаточного механизмов в различных устройствах и машинах. В зависимости от выбранного соотношения длин звеньев, шарнирно-четырёхзвенный механизм может работать в двухкоромысловом, кривошипно-коромысловом и двухкривошипном режимах, условия существования каждого из которых сформулированы правилом Грасгофа.

При определенных соотношениях длин звеньев и равенстве суммы длин двух звеньев механизма сумме длин двух остальных, шарнирно-четырёхзвенные механизмы могут работать в двух или во всех трех режимах при соответствующем управлении движением звеньев в их особых положениях (встраивание звеньев в одной линии). Обладая такими уникальными свойствами, эти механизмы вызывают наибольший интерес с точки зрения создания на их основе механизмов переменной структуры.

Геометрический анализ шарнирно-четырёхзвенного механизма позволил выявить ряд других, ранее неизвестных свойств шарнирно-четырёхзвенного механизма, в результате которого расширена область его применения. В частности, выявлены следующие механизмы и машины: передаточные механизмы, механизмы замков, механизмы с выстоями, механизмы, обеспечивающие заданный закон движения ведомого звена, ударные механизмы, прессы.

Создание ударных машин на основе шарнирно-четырёхзвенных механизмов с особыми положениями стало одним из важнейших направлений теоретических и экспериментальных исследований, проводимых в Инженерной академии Кыргызской Республики. Эти машины уникальны тем, что не требуют высокоточных технологических процессов изготовления деталей и их сборки, и в то же время, обладают высокой эффективностью, надежностью и долговечностью в работе. Кроме этого, на базе этих механизмов можно создавать машины с различной мощностью от малогабаритных до сверхмощных, крупногабаритных машин.

Выбор наиболее целесообразных конструктивных решений и оптимальных параметров узлов ударных машин с шарнирно-четырёхзвенным механизмом, является сложной научно-технической проблемой и требует разработки методов теоретических и экспериментальных исследований.

Данное исследование посвящено разработке методики исследования шарнирно-четырёхзвенных механизмов с особыми положениями. В основе этой методики лежит применение плоской и пространственной диаграмм шарнирно-четырёхзвенного механизма, в которых точки, прямые и плоскости принадлежат механизмам с определенными соотношениями длин звеньев и соответствующими кинематическими свойствами. Так, например, шарнирно-четырёхзвенные ударные механизмы в пространственной диаграмме образуют

плоскости, по которым соприкасаются объемные фигуры, определяющие зоны существования кривошипно-коромысловых и двухкоромысловых механизмов.

Характерной особенностью шарнирно-четырёхзвенных ударных механизмов является то, что в момент совершения удара все звенья встраиваются в одну линию, превращая механизм в неопределимую систему, что требует разработки специальной методики исследования их кинематики и динамики.

**Цель работы** заключается: в разработке методики исследования шарнирно-четырёхзвенных механизмов с особыми положениями на основе плоской и пространственной диаграмм, составлении аналитических уравнений для кинематического анализа и силового расчета шарнирно-четырёхзвенных ударных механизмов, классификации шарнирно-четырёхзвенных механизмов с особыми положениями.

**Основные задачи.** В настоящей работе решались следующие основные задачи:

- разработка методики составления плоских диаграмм шарнирно-четырёхзвенного механизма;
- анализ плоских диаграмм с выявлением в них всевозможных вариантов соотношений длин звеньев механизмов и определение их кинематических свойств на основе диаграмм;
- выявление в плоской (двумерной) диаграмме участков механизмов с определенными соотношениями длин звеньев, в том числе и для ударных механизмов;
- составление пространственной (трехмерной) диаграммы шарнирно-четырёхзвенного механизма;
- анализ пространственной диаграммы и определение в ней областей существования шарнирно-четырёхзвенных механизмов с различными соотношениями длин звеньев;
- определение условий существования шарнирно-четырёхзвенных механизмов, работающих в двух и трех режимах;
- классификация шарнирно-четырёхзвенных механизмов с особыми положениями и определение последовательности перехода их из одного вида в другие;
- разработка методики кинематического исследования и силового расчета ударных шарнирно-четырёхзвенных механизмов;
- разработка методики вывода уравнений передаточных отношений  $u_{21}$  и  $u_{21}$  для особых положений ударных механизмов;
- составление алгоритма и программы кинематического анализа и силового расчета ударных механизмов на электронно-вычислительных машинах;

**Методика выполнения работы.** В работе приведена методика построения плоской и пространственной диаграмм шарнирно-четырёхзвенного механизма. Основой построения диаграмм стало математическое описание правил Грасгофа в виде систем неравенств и решение их графическим

способом. Плоская и пространственная диаграммы позволили исследовать шарнирно-четырёхзвенные механизмы более глубоко и выявить общие закономерности их кинематических свойств.

Для кинематического исследования шарнирно-четырёхзвенных ударных механизмов составлены аналитические уравнения, для вывода которых в качестве расчетных схем использованы планы скоростей и ускорений, построенные в произвольной форме. По данной методике также разработаны аналитические уравнения для силового расчета ударного механизма.

**Научная новизна работы заключается** в следующем:

- составлены диаграммы шарнирно-четырёхзвенного механизма, определяющие области существования трех видов (двухкривошипного, кривошипно-коромыслового и двухкоромыслового) шарнирно-четырёхзвенного механизма в трехмерной системе координат;
- разработана методика изучения шарнирно-четырёхзвенного механизма по его диаграмме;
- разработана новая методика вывода уравнений для определения передаточных отношений  $u_{21}$  и  $u_{21}$  в особых положениях шарнирно-четырёхзвенных механизмов;
- разработана методика кинематического исследования и силового расчета шарнирно-четырёхзвенного ударного механизма новым методом, в котором для вывода аналитических уравнений в качестве расчетных схем служат планы скоростей, ускорений и сил, а также составлена программа для осуществления вычислений на ЭВМ;
- сформулированы правила, определяющие условия существования шарнирно-четырёхзвенных механизмов, работающих в двух и трех режимах;
- произведена классификация шарнирно-четырёхзвенных механизмов с особыми положениями и определены пути последовательного перехода их из одного вида в другие;

**Практическая ценность работы заключается** в применении плоской и пространственной диаграмм шарнирно-четырёхзвенного механизма для синтеза ударных механизмов с требуемыми кинематическими характеристиками. разработке плоских и пространственных диаграмм шарнирно-четырёхзвенного механизма, составлении аналитических уравнений для кинематического анализа и силового расчета шарнирно-четырёхзвенных ударных механизмов и составлении по ним программы расчета на ЭВМ.

**Реализация результатов.** Изготовлены два макета пространственной диаграммы шарнирно-четырёхзвенного механизма, используемые для анализа и синтеза механизмов с особыми положениями.

Разработан и изготовлен макет шарнирно-четырёхзвенного ударного механизма с наибольшим коромыслом.

Методика вывода аналитических уравнений для кинематических исследований и силового расчета внедрена в учебный процесс по курсу «Теория механизмов и машин» для специальностей «Автосервис» и «Специальные технические дисциплины» ИГУ им. К.Тыныстанова. Расчетные

уравнения также используются для кинематического анализа и силового расчета ударных механизмов, разрабатываемых в Инженерной академии КР.

**Апробация работы.** Основные положения работы докладывались: на Международной научно-теоретической конференции, посвященной 5-летию образования КРСУ "Проблемы и перспективы интеграции образования" (г. Бишкек, Кыргызстан, 1998г); на Международной конференции "Механизмы переменной структуры и виброударные машины" (г. Бишкек, Кыргызстан, 1999г.); на Международной конференции, посвященной 45-летию организации Фрунзенского политехнического института - Киргизского технического университета им. И.Раззакова "Технологии и перспективы современного инженерного образования, науки и производства" (г.Бишкек, Кыргызстан, 1999г.).

**Публикация результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 7 статей, 1 тезис доклада, оформлено 2 научных отчета.

**Объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, и содержит 133 страниц машинописного текста, 78 рисунков, библиографию из 137 наименований и двух приложений из 13 страниц.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы. Дана краткая характеристика - аннотация всех глав.

В первой главе рассмотрена методика построения плоских диаграмм шарнирно-четырёхзвенного механизма, осуществлен анализ диаграмм, составленных при  $b < c$ ,  $b = c$  и  $c < b$ . Разработана методика изучения свойств шарнирно-четырёхзвенного механизма с различными соотношениями длин звеньев по диаграмме. На основе плоских диаграмм построена трехмерная пространственная диаграмма шарнирно-четырёхзвенного механизма.

Известно, что существуют три типа шарнирно-четырёхзвенного механизма: двухкривошипный, кривошипно-коромысловый и двухкоромысловый, условия существования каждого из которых сформулированы правилом Грасгофа. Для большей наглядности области существования шарнирно-четырёхзвенных механизмов с различными соотношениями длин звеньев и соответственно с различными свойствами и возможные пути их преобразования можно изображать графически, в виде диаграмм. Начнем с построения плоских диаграмм. В этом случае длины двух звеньев должны быть переменными при постоянстве длин двух остальных. Например, пусть переменными будут  $a$ -длина основания и  $d$ -длина правого звена при постоянстве  $c$ -длины шатуна и  $b$ -длины левого звена (рис.1). При этом возможны три варианта соотношений длин, постоянных по величине звеньев:  $b < c$ ,  $b = c$  и  $c < b$ . Рассмотрим каждый вариант по отдельности.

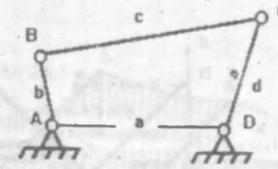


Рис. 1. Структурная схема шарнирно-четырёхзвенного механизма.

при  $b < c$  механизм будет двухкривошипным, если звенья соотносятся:

$$a_{н.м} + d_{н.б} < b + c \quad \text{или} \quad d < b + c - a \quad (1)$$

$$a_{н.м} + c_{н.б} \leq b + d \quad \text{или} \quad d > a + c - b$$

Индексами "н.м" и "н.б" обозначены наименьшее и наибольшее звенья механизма.

Область определения системы неравенств (1) является "зоной" существования двухкривошипного механизма, которая графически представляет площадь треугольника ДСМ (рис. 2), разграниченная прямыми  $d = b + c - a$ ;  $d = a + c - b$  и осью  $d$ .

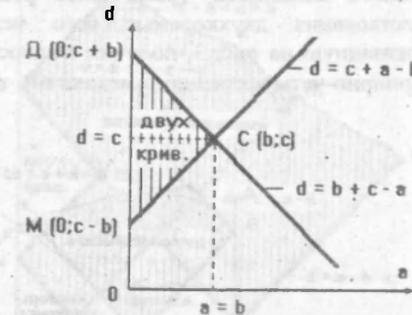


Рис. 2. Схема определения зоны существования двухкривошипного механизма при  $b < c$ .

Аналогичным образом определяется зона существования кривошипно-коромыслового механизма (рис.3). Для определения зоны существования двухкоромыслового механизма необходимо совместить системы неравенств двухкривошипного и кривошипно-коромыслового механизмов, изменив знаки неравенства в противоположные значения. Кроме этого должны быть учтены предельные значения длин звеньев, в частности, должны соблюдаться следующие условия: длина коромысла не должна превышать суммы длин остальных звеньев, т.е.  $d < c + a + b$ ; длина основания не должна превышать сумму длин остальных звеньев, т.е.  $a < b + c + d$  или  $d \geq a - b - c$

ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ  
ИНСТИТУТ МАШИНОВЕДЕНИЯ НАН КР

На правах рукописи

УДК 621. 01

**ЗИЯЛИЕВ КАДЫРБЕК ЖАНУЗАКОВИЧ**

**КИНЕМАТИЧЕСКИЙ И ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ  
ШАРНИРНО-ЧЕТЫРЕХЗВЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ  
С ОСОБЫМИ ПОЛОЖЕНИЯМИ**

Специальность 05. 02. 18 – «Теория механизмов и машин»

**А в т о р е ф е р а т**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

**БИШКЕК 2000**

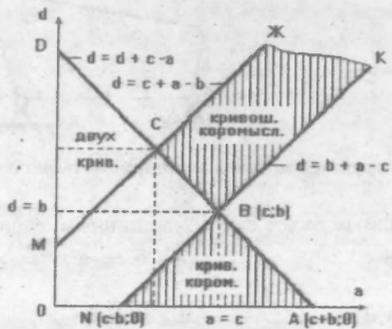


Рис. 3. Схема определена зоны существования кривошипно-коромыслового механизма.

и длина шатуна не должна превышать сумму длин остальных звеньев, т.е.  $c < a + b + d$  или  $d > c - b - a$ . С учетом всего этого, составим систему неравенств двухкоромыслового механизма, графическое решение которой определяет область существования двухкоромыслового механизма. Включив ее в диаграмму, показанную на рис. 3, получим полностью завершённую плоскую диаграмму шарнирно-четырёхзвенного механизма при  $b < c$  (рис. 4).

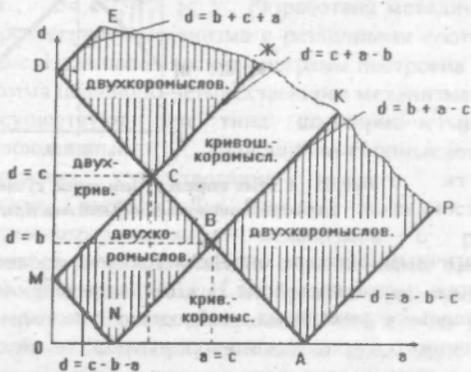


Рис. 4. Диаграмма шарнирно-четырёхзвенного механизма, построенная при  $b < c$ .

Диаграммы, составленные при  $b = c$  и  $b < c$ , приведены соответственно на рисунках 5 и 6.



Рис. 5. Плоская диаграмма шарнирно-четырёхзвенного механизма, построенная при  $b = c$ .

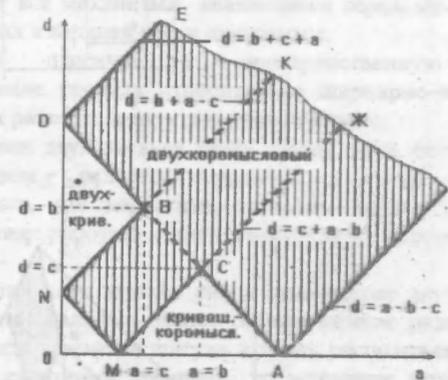


Рис. 6. Плоская диаграмма шарнирно-четырёхзвенного механизма, построенная при  $c < b$ .

На рисунке 7 показана схема построения пространственной (трехмерной) диаграммы на основе вышеуказанных плоских (двумерных) диаграмм (рис.4,5,6), а ее завершённый вид приведен на рис.8. Для обеспечения универсальности пространственной диаграммы введены безразмерные коэффициенты  $\lambda_1 = \frac{c}{b}$ ,  $\lambda_2 = \frac{d}{b}$  и  $\lambda_3 = \frac{a}{b}$ .

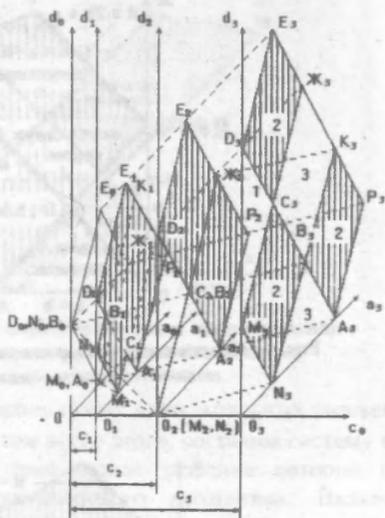


Рис. 7.

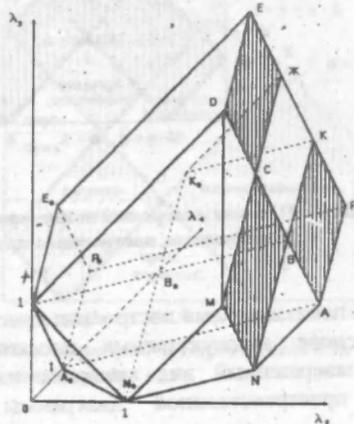


Рис. 8.

В пространственной диаграмме (рис.8) зоной существования двухкривошипных механизмов является фигура  $N_0D_0B_0CMD$ . Кривошипно-коромысловые механизмы в диаграмме отмечены фигурами  $N_0B_0A_0ABN$  и  $B_0K_0ЖКВС$ . Вся оставшаяся часть пространственной диаграммы является зоной существования двухкоромысловых механизмов.

Ударные механизмы принадлежат плоскостям, по которым соприкасаются объемные фигуры кривошипно-коромыслового и двухкоромыслового механизмов. В частности, к ним относятся следующие плоскости:  $B_0K_0ЖС$ ,  $B_0CB$ ,  $B_0K_0KB$ ,  $A_0B_0BA$ ,  $A_0B_0N_0$ ,  $N_0B_0BN$ .

Следует также отметить, что все механизмы - параллелограммы, где  $c = a < b = d$ , сосредоточены в отрезке  $D_0B_0$ , механизмы - параллелограммы с соотношением длин звеньев  $b = d < c = a =$  - в прямой  $B_0B$ , механизмы - ромбы с соотношением длин звеньев  $b = a < c = d$  - в прямой  $B_0C$ , а механизмы-ромбы с соотношением длин звеньев  $b = c < d = a$  соответствуют прямой  $B_0K_0$ . В точке  $B_0$ , являющейся пересечением всех выше отмеченных прямых, все звенья равны, т.е.  $a = b = c = d$ .

Необходимо отметить, что та часть диаграммы, которая ниже уровня прямой  $D_0B_0$ , включает все механизмы, являющиеся зеркальным отражением механизмов, включенных в верхней части диаграммы.

Проанализировав плоскую и пространственную диаграммы, сформулируем следующие правила относительно шарнирно-четырёхзвенных механизмов, способных работать в двух или трех режимах:

а) если сумма длин двух звеньев равна сумме длин двух остальных, и самым коротким звеном является основание, а также при равенстве противолежащих звеньев, где короткими звеньями являются основание и шатун, то механизм может работать в двухкривошипном и двухкоромысловом режимах.

б) если сумма длин двух звеньев равна сумме длин двух остальных, и самым коротким звеном является звено, расположенное рядом со стойкой (основанием), а также при равенстве шатуна и звена, расположенного рядом со стойкой, являющихся короткими звеньями, то механизм может работать в кривошипно-коромысловом и двухкоромысловом режимах.

в) если, все звенья равны или равны попарно, где одним из длинным звеном является шатун, механизм может работать во всех трех режимах.

Во второй главе разработана методика кинематического исследования шарнирно-четырёхзвенного механизма ударного механизма аналитическим методом, в котором в качестве расчетных схем служат планы скоростей и ускорений. Так, например, из расчетной схемы, приведенной на рис. 9, имеем:

$$|pc| = |pd| \cos(180^\circ - \varphi_3 + \varphi_1) + |bc| \cos(\varphi_3 - \varphi_2)$$

где

$$|bc| = \frac{|pb| \sin(180^\circ - \varphi_3 + \varphi_1)}{\sin(\varphi_3 - \varphi_2)}$$

Отсюда, после нескольких преобразований, получим:

$$u_{31} = \frac{\sin(\varphi_2 - \varphi_1)}{\lambda_3 \sin(\varphi_2 - \varphi_3)} \quad (2)$$

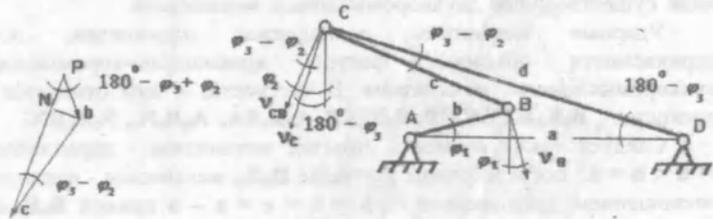


Рис.9

Определение передаточных отношений  $u_{31}$  и  $u_{21}$  в особых положениях механизмов обычными графоаналитическими методами невозможен. Это объясняется тем, что в данном случае все звенья встроены в одну линию, соответственно все векторы плана скоростей и ускорений также лежат в одной линии. Но ввиду того, что именно в особых положениях механизмов передаточные отношения  $u_{31}$  и  $u_{21}$  имеют максимальные значения, возникла потребность определения передаточных отношений другим, специфическим для особого положения механизма, методом.

Сущность данного метода заключается в следующем: строим кинематическую схему исследуемого ударного механизма для его положения близкого к особому положению (рис.10). Затем точку В, где соединены кривошип и шатун, соединяем с точкой Д (опорой коромысла) и в результате на кинематической схеме получим углы  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  помимо угловых координат звеньев. После этого определяем: как соотносятся эти углы между собой и углами координат ( $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$  и  $\varphi_3$ ) и к чему стремятся отношения этих углов при приближении механизма к особому положению. По этим отношениям углов и определяем передаточные отношения  $u_{31}$  и  $u_{21}$  при особом положении

механизма: 
$$u_{31} = \frac{b}{a-b} \left( 1 + \sqrt{\frac{ac}{bd}} \right); \quad u_{21} = \frac{b}{b-a} \left( 1 + \sqrt{\frac{ad}{bc}} \right)$$

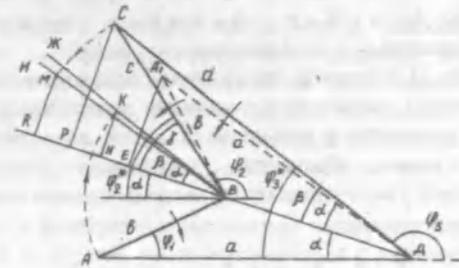


Рис. 2.12

Рис.10

Аналогичным образом определяются передаточные отношения в особом положении и для остальных видов ударных механизмов (с наибольшим шатуном и с наибольшим основанием).

В третьей главе составлены аналитические уравнения и программа для силового расчета ударных механизмов на ЭВМ, и произведена классификация шарнирно-четырёхзвенных механизмов с особыми положениями и определена последовательность перехода их из одного вида в другие.

Пространственная диаграмма (рис.8) позволяет классифицировать шарнирно-четырёхзвенные механизмы с особыми положениями по количеству возможных режимов работы. Для большей наглядности расположения механизмов в пространственной диаграмме и их возможных путей перехода из одного вида в другие, ее верхнюю часть, где кривошипом является звено б, преобразуем в схему, приведенную на рис.11. Из этого рисунка видно, что шарнирно-четырёхзвенные механизмы с особыми положениями по количеству возможных режимов работы делятся на механизмы, работающие в трех режимах и механизмы, работающие в двух режимах. К механизмам, работающим в трех режимах, относятся механизм квадрата с соотношением длин звеньев  $a = b = c = d$ , механизм ромбоида с соотношением длин звеньев  $b = a < c = d$  и механизм параллелограмма с соотношением длин звеньев  $b = d < c = a$ . Механизмы, работающие в двух режимах можно разделить на две группы:

- 1) механизмы, работающие в двухкривошипном и двухкоромысловом режимах;
- 2) механизмы, работающие в кривошипно-коромысловом и двухкоромысловом режимах;

К первой группе относятся механизмы с соотношениями длин звеньев  $a < b < c < d$ ,  $a < b = c < d$ ,  $a < c < b < d$ , где  $a = b + c - d$  и механизмы с соотношениями длин звеньев  $a < b < d < c$ ,  $a < b = d < c$ , где  $a = b + d - c$ .

Ко второй группе механизмов относятся механизмы с соотношениями длин звеньев  $b < c < a < d$ ,  $b < c = a < d$ ,  $b < a < c < d$ , где  $a = b + d - c$  (ударные механизмы с наибольшим коромыслом),  $b < c < d < a$ ,  $b < c = d < a$ ,

$b < d < c < a$ , где  $a = c + d - b$  (ударные механизмы с наибольшим основанием),  $b < a < d < c$ ,  $b < a = d < c$ ,  $b < d < a < c$ , где  $a = b + d - c$  (ударные механизмы с наибольшим шатуном).

На рис.11 показаны также пути последовательного перехода шарнирно-четырёхзвенных механизмов с особыми положениями из одного вида в другие путем одновременного варьирования длин двух звеньев. Варьирование длин звеньев условно обозначены стрелками. Например,  $d \uparrow c \downarrow$  означает одновременное увеличение длины звена  $d$  и уменьшение длины звена  $c$ .

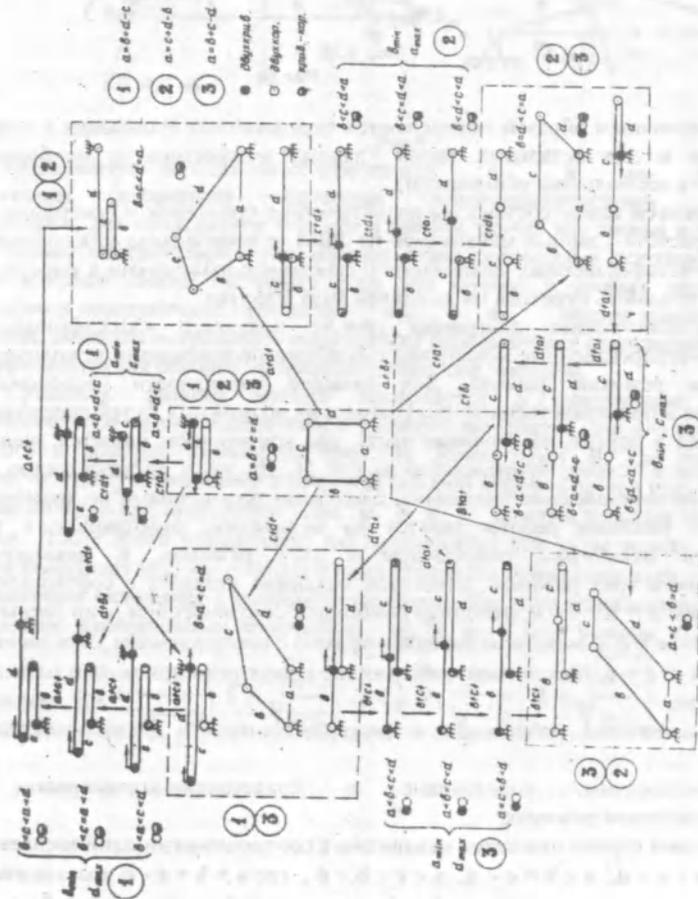


Рис.11

Из 19 схем механизмов с особыми положениями наиболее широкое применение в практике шарнирно-четырёхзвенные ударные механизмы с наибольшим шатуном в качестве исполнительных механизмов отбойных молотков, перфораторов и др. машин. Другие ударные механизмы, например, механизмы с наибольшим коромыслом и основанием находятся на стадии изучения их кинематики и динамики, а также на основе этих механизмов созданы опытные образцы и макеты ударных устройств.

Механизмы квадрата и ромбодные механизмы позволяют переходить не только из одного режима в другой, но и переходить из механизма второго класса в механизм первого класса и наоборот. Это позволяет намного расширить область их практического применения. Так, например, на основе их можно создавать механизмы с выстоями. Причем, продолжительность выстоя можно регулировать в любых пределах. На основе этих механизмов можно создавать прессы различного назначения, устройства для точечных сварок и др.

### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ СЛЕДУЮЩИЕ:

1. Разработана методика построения плоских диаграмм шарнирно-четырёхзвенного механизма и установлено, что плоская диаграмма построенная при  $b < c$  (const) и  $a, d - var$  включает в себя 31 вариант, диаграмма построенная при  $b = c$  (const),  $a$  и  $d - var$  - 13 вариантов и диаграмма построенная при  $b > c$ ,  $a$  и  $d - var$  - 31 вариант из 75 возможных вариантов соотношений длин звеньев шарнирно-четырёхзвенного механизма.

2. Выявлено, что на плоской диаграмме шарнирно-четырёхзвенного механизма области существования образуют для каждого отдельного вида шарнирно-четырёхзвенного механизма плоские фигуры, разграниченные друг от друга прямыми линиями. Также установлено, что прямые и точки, расположенные на стыке двух или трех фигур, называемых "зонами существования" того или иного вида шарнирно-четырёхзвенного механизма, определяют механизмы, способные работать в двух или трех режимах при соответствующем управлении движениями его звеньев в их особых положениях.

3. Анализ плоских диаграмм показал, что прямые, разграничивающие зоны существования кривошипно-коромыслового и двухкоромыслового механизмов соответствуют механизмам, способным работать в режиме удара.

4. Показана возможность перехода из плоских диаграмм в пространственную (трехмерную) диаграмму шарнирно-четырёхзвенного механизма, в которой в качестве осей координат функционируют безразмерные коэффициенты  $\lambda_2, \lambda_3$  и  $\lambda_4$ . Данная диаграмма представляет собой объемное тело, состоящее из отдельных фигур, отделяющихся друг от друга плоскостями и прямыми линиями. Каждая фигура пространственной диаграммы есть совокупность точек с координатами  $\lambda_2, \lambda_3$  и  $\lambda_4$ , обеспечивающих условия существования того или иного вида шарнирно-четырёхзвенного механизма.

5. Установлено, что сечения пространственной диаграммы в ее разных плоскостях, параллельных плоскостям системы координат  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$  и  $\lambda_4$  представляют разновидности плоских диаграмм, в которых в качестве постоянных могут сочетаться  $b$  и  $c$ ,  $b$  и  $d$ ,  $b$  и  $a$ .

6. Анализ пространственной диаграммы показал, что в плоскостях, где соприкасаются объемные фигуры диаграммы, являющиеся зонами существования того или иного вида шарнирно-четырёхзвенного механизма сосредоточены механизмы, способные работать в двух режимах. В линиях или точках, где стыкуются три фигуры диаграммы, механизмы могут работать во всех трех режимах (двухкривошипном, кривошипно-коромысловом и двухкоромысловом).

7. На основе анализа шарнирно-четырёхзвенных механизмов с использованием пространственной диаграммы сформулированы правила относительно существования шарнирно-четырёхзвенных механизмов, способных работать в двух или трех режимах.

8. Предложен графоаналитический метод вывода аналитических уравнений для определения передаточных функций линейных и угловых скоростей и ускорений звеньев шарнирно-четырёхзвенных ударных механизмов.

Установлено, что передаточные отношения  $u_{31}$  и  $u_{21}$  достигают максимальных значений в момент удара, когда механизм займет особое положение, и изменяются в разрывном характере в том же особом положении в начале отскока.

9. Разработан новый метод вывода аналитических уравнений для вычисления передаточных отношений  $u_{31}^n$  и  $u_{21}^n$  для особого положения в момент удара и  $u_{31}^0$  и  $u_{21}^0$  для особого положения в начале отскока ударных механизмов. Выявлены максимальные и минимальные предельные значения в указанных передаточных отношений при определенном соотношении длин звеньев ударных механизмов и степень влияния коэффициентов  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$  и  $\lambda_4$  на величины передаточных отношений  $u_{31}^n$  и  $u_{31}^0$  для всех видов шарнирно-четырёхзвенных ударных механизмов.

10. Установлено, что силы взаимодействия звеньев в кинематических парах ударных механизмов достигают максимальных значений при близких к удару моментах, затем резко уменьшаются к приходу механизма в особое положение, а также выявлено, что основную часть нагрузок, воспринимаемых шарнирами составляют нормальные силы, направленные вдоль оси звеньев.

11. Выявлено, что в дифференциальных ударных механизмах с соотношением длин звеньев  $b < c < d$ ,  $a = b + d$  - кривошип и коромысло преимущественно работают на сжатие, а шатун на растяжение. В ударных механизмах с соотношением длин звеньев  $b < d < c$ ,  $a = b + c - d$  кривошип и шатун воспринимают сжимающие нагрузки, а коромысло - растягивающие, причем эти силы увеличиваются с увеличением передаточного отношения  $u_{31}^n$  : большей интенсивностью, чем само передаточное отношение.

#### Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Акаева М.Д., Абдраимов С., Зиялиев К.Ж. Построение и анализ плоской диаграммы шарнирно-четырёхзвенного механизма. Наука и новые технологии, №2, - Бишкек, 1998.
2. Зиялиев К.Ж., Аканов Д.К. Исследование шарнирно-четырёхзвенного механизма переменной структуры. Тезисы докладов Международной научно-теоретической конференции "Проблемы и перспективы интеграции образования" посвященной 5-летию образования КРСУ. - Бишкек, 1998, с.9-10.
3. Акаева М.Д., Абдраимов С., Зиялиев К. Ж., Построение пространственной диаграммы шарнирно-четырёхзвенного механизма. /Материалы международной конференции «Механизмы переменной структуры и виброударные машины». - Бишкек, 4-5 октября, 1999, с. 17-22.
4. Акаева М.Д., Абдраимов С., Аканов Д.К., Зиялиев К. Ж., Шарнирно-четырёхзвенные механизмы переменной структуры с соотношением длин звеньев  $a=d$ ,  $a < d$ ,  $a > d$  (const)  $c$ ,  $b$ -var. /Материалы международной конференции «Механизмы переменной структуры и виброударные машины». - Бишкек, 4-5 октября, 1999, с.22-27.
5. Абдраимов С., Зиялиев К. Ж., Аканов Д. К. Кинематический анализ особых положений шарнирно-четырёхзвенных ударных механизмов. /Материалы международной конференции «Механизмы переменной структуры и виброударные машины». - Бишкек, 4-5 октября, 1999, с.68-73.
6. Абдраимов С., Зиялиев К.Ж., Аканов Д.К. Определение степени влияния соотношений длин звеньев ударных механизмов на передаточные отношения. / Материалы Международной конференции "Технологии и перспективы современного инженерного образования, науки и производства" посв. 45-летию организации Фрунзенского политехнического института - Кыргызского технического университета им. И. Разакова, - Бишкек, 7-8 октября, 1999, с. 24-28.
7. Абдраимов С., Зиялиев К. Ж., Аканов Д. К. Кинематический анализ шарнирно-четырёхзвенного ударного механизма с соотношением длин звеньев  $b < c < d$  и основанием. Вестник Иссык-Кульского университета, №1. - Каракол, 1999, с.30-34.
8. Акаева М.Д., Зиялиев К.Ж., Аканов Д.К. Шарнирно-четырёхзвенные механизмы переменной структуры с соотношением длин звеньев  $b < c < d$  ( $a$ -var). Вестник Иссык-Кульского университета, №1. - Каракол, 1999, с.34-38.

**Зиялиев Кадырбек Жанузакович**

**Түшүндүрмө**

Бул илимий эмгекте шарнирдик – төрт тогоолуу механизмдерди эки жана үч өлчөмдүү диаграммалардын жардамынын негизинде структуралык жана кинематикалык изилдөөнүн жаны ыкмасы каралган.

Шарнирдик – төрт тогоолуу урма механизмдерге кинематикалык жана динамикалык анализ жүргүзүү үчүн аналитикалык ыкмада эсептөөгө мүмкүн болгон теңдемелер түзүлгөн.

Түзүлгөн диаграммалардын негизинде өзгөчө абалдуу шарнирдик – төрт тогоолуу механизмдер классификацияланган жана алардын практикалык колдонулушу боюнча сунуштар берилген.

**Зиялиев Кадырбек Жанузакович**

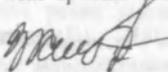
**АННОТАЦИЯ**

В данной научной работе рассмотрен новый метод структурного и кинематического исследования шарнирно-четырёхзвенных механизмов, основанный на использовании плоской и пространственной диаграмм. Составлены аналитические уравнения для кинематического и динамического анализа шарнирно-четырёхзвенных ударных механизмов. Произведена классификация шарнирно-четырёхзвенных механизмов с особыми положениями на основе построенных диаграмм и даны рекомендации по их практическому применению.

**Zialiev Kadirbek Januzakovich**

**ABSTRACT**

In this scientific work it is considered new method of structural and kinematical researches of hinged- four linked engines, based on use of plane and space diagram. It is worked out analutical equations for kinematical and dunamical analuses of hinged- four linked blow engines. It is made the qualifications of hinged- four linked engines with special conditions and given recommendations on their practical uze.



**Зиялиев Кадырбек Жанузакович**

**КИНЕМАТИЧЕСКИЙ И ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ШАРНИРНО-ЧЕТЫРЕХЗВЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ С ОСОБЫМИ ПОЛОЖЕНИЯМИ**

**Автореферат**

Тех.редактор *Н.Б.Садыралиева*

Подписано в печать 23.03.2000г. Формат бумаги 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Печать офсетная. Объем 1 п.л. Тираж 100 экз. Заказ 121.

720044. г.Бишкек, ул.Сухомлинова, 20. ИЦ "Текник". т.42-14-55