



**Национальная академия наук
Кыргызской Республики**

**Институт машиноведения и
автоматики**

ISSN 1694-7657

МАШИНОВЕДЕНИЕ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 1 (17)

Бишкек 2023

Редакционная коллегия:

Джуматаев М.С., главный редактор, д-р. техн. наук, проф., академик ИАИ КР;
Султаналиев Б.С., зам. главного редактора, д-р. техн. наук, проф.;
Абдраимов Э.С., д-р. техн. наук, проф.;
Абидов А.О., д-р. техн. наук, проф., член-корр. ИАИ КР;
Анохин А.В., канд. техн. наук, с.н.с.;
Аширалиев А., д-р. техн. наук, проф.;
Давлятов У.Р., д-р. техн. наук, проф., член-корр. ИАИ КР;
Еремьянц В.Э., д-р. техн. наук, проф.;
Мамасаидов М.Т., д-р. техн. наук, проф., академик НАН КР;
Маткеримов Т.Ы., д-р. техн. наук, проф.;
Мендекеев Р.А., д-р. техн. наук, проф.;
Муслимов А.П., д-р. техн. наук, проф.;
Наумкин Н.И., д-р. пед. наук, канд. техн. наук, проф.;
Обозов А.Д., д-р. техн. наук, проф., член-корр. НАН КР;
Рагрин Н.А., д-р. техн. наук, проф.;
Садиева А.Э., д-р. техн. наук, проф.;
Ураимов М., д-р. техн. наук, проф., член-корр. НАН КР;
Усубалиев Ж., канд. техн. наук, проф.;
Шамсутдинов М.М., д-р. техн. наук, проф.;
Шариембиев Ж.С., д-р. техн. наук, доцент;
Эликбаев К.Т., канд. техн. наук.

Ответственный секретарь: Квитко С.И., канд. техн. наук, с.н.с.

Журнал публикует статьи, обзоры и краткие сообщения по результатам научно-исследовательских работ по следующим направлениям:

Механика:

Механика жидкости и газа;
Механика деформируемого твердого тела;
Теория механизмов и машин;
Колесания механических систем.

Машиностроение:

Машиноведение и детали машин;
Машиностроительные материалы;
Горное машиностроение;
Строительное и дорожное машиностроение;
Сельскохозяйственное машиностроение.

Энергетика и транспорт:

Возобновляемые источники энергии;
Организация и безопасность дорожного движения.

Редактор: Комарова Е.В.

Компьютерная верстка: Толтосва М.Б.

Издание ИМА НАН КР

Адрес редакции:

Бишкек, 720055, ул. Скрябина 23, ИМА НАН КР

Тел.: +996 (0312) 54 11 13

E-mail: machinery.kg@gmail.com

© ИМА НАН КР

СОДЕРЖАНИЕ

ЮБИЛЕИ

Усубалиев Ж., Султаналиев Б. С.

Академик О. Д. Алимов. Ученый. Инженер. Организатор науки (к 100-летию со дня рождения) 13

Мамасаидов М. Т.

О творческом наследии академика О. Д. Алимова в развитии камнедобывающей техники.....21

Еремьянц В. Э., Волоскова И. С.

О. Д. Алимов. Инженер – искатель. Творец. Хранитель.....35

Аширалиев А.

Мечта научного руководителя и ученики, превратившие её в реальность..53

МЕХАНИКА

Джуматаев М. С., Баялиев А. Ж., Сабырбеков Н. Т.

Ударные машины с механизмами переменной структуры с кинематическим разделением привода и бойка в момент удара.....62

Джуматаев М. С., Баялиев А. Ж.

Совершенствование конструктивных решений ударного узла отбойного молота.....74

Умарова З. М.

Результаты экспериментов и анализ уравнения регрессии в швейной машине.....83

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Анохин А. В., Васильев В. Б., Мурашова С. Ф.

Двойная буровая колонна как оптимальный объект для математического моделирования.....92

Рагип Н. А., Дыйканбаева У. М.

Корреляционный анализ результатов технических испытаний.....102

Усубалиев Ж., Эликбаев К. Т., Райымбабаев Т. О.

Влияние формы рабочей поверхности раздвижных щек раскалывающего устройства на напряжение в плоскости раскола камня (часть 1).....116

М. С. Джуматаев, А. Ж. Баялиев, Н. Т. Сабырбеков

МЕХАНИКА

МЕХАНИКА

MECHANICS

УДК 621.01

**СОККУ УЧУРУНДА УРУУЧУ МАССАНЫ
ИШТЕТКИЧТЕН КИНЕМАТИКАЛЫК
АЖЫРАТУУЧУ ӨЗГӨРҮЛМӨ ТҮЗҮЛҮШТӨГҮ
МЕХАНИЗМДҮҮ УРГУЛООЧУ МАШИНАЛАР**

**УДАРНЫЕ МАШИНЫ С МЕХАНИЗМАМИ
ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ С
КИНЕМАТИЧЕСКИМ РАЗДЕЛЕНИЕМ
ПРИВОДА И БОЙКА В МОМЕНТ УДАРА**

**PERCUSSION MACHINES WITH MECHANISMS
OF VARIABLE STRUCTURE WITH KINEMATIC
SEPARATION OF THE DRIVE AND STRIKER
AT THE MOMENT OF IMPACT**

М. С. Джуматаев, А. Ж. Баялиев, Н. Т. Сабырбеков

M. S. Dzhumataev, A. Zh. Bayaliev, N. T. Sabyrbekov

Макалада допиолуу-калтектүү механизмдердин кыймылындагы кээ бир абалдарында түзүлүшүн өзгөртүү аркылуу функционалдык өзгөрүү мүмкүнчүлүктөрүн пайдаланып жаңы негиздеги ургулоочу машиналарды жана түзмөктөрдү иштеп чыгуу маселелери каралган. Өзгөрүлмө түзүлүштөгү калтектүү механизмдердин ургулоочу механизмдер катары колдонуу идеясынын айдын үстүнкү катмарын бургулоодон баштап ар түрдүү ургулоочу машиналарга чейин өнүгүшү каралган. Өзгөрүлмө түзүлүштөгү допиолуу-калтектүү механизмдерди жердин иартында колдонуу механизмдин түзүлүшүнө бир топ өзгөрүүлөрдү киргизүүгө мажбур кылды. Макалада ар түрдүү ургулоочу машиналардын тажрыйбалык жана өндүрүштүк үлгүлөрүн жаратууга негиз болгон өзгөрүлмө түзүлүштөгү механизмдер каралган. Иштелип чыккан түзүлүштөрдүн жана техникалык чечимдердин кооптуу жетишпегендиктери талданып, аларды жок кылуу жолдору корсотулган.

В статье рассмотрены вопросы разработки ударных машин и устройств на основе шарнирно-рычажных механизмов, имеющих особые положения, в которых возможны при определенных условиях изменения структуры и функциональных возможностей. Рассмотрены схемы рычажных механизмов переменной структуры в развитии идеи их использования в качестве ударных механизмов, начиная с генераторов силовых импульсов, для бурения шпуров на поверхности Луны. Применение шарнирно-рычажных механизмов переменной структуры в земных условиях вынудило внести изменения в схему механизма. В статье рассмотрены схемы механизмов, на основе которых были созданы опытные и промышленные образцы ударных машин различного назначения. Приведены критический анализ недостатков разработанных схем и технические решения, позволившие их устранить.

The article deals with the development of impact machines and devices based on articulated-lever mechanisms with special positions in which it is possible, under certain conditions, to change the structure and functionality. Schemes of lever mechanisms with a variable structure are considered in the development of the idea of their use as impact mechanisms, starting with generators of power impulses for drilling holes on the surface of the Moon. The use of hinged-lever mechanisms of variable structure in terrestrial conditions forced to make changes to the scheme of the mechanism. The article discusses the schemes of mechanisms on the basis of which experimental and industrial samples of impact machines for various purposes were created. A critical analysis of the shortcomings of the developed schemes and technical solutions that made it possible to eliminate them is given.

Түйүн сөздөр: ургулоочу машина, өзгөрүлмө түзүлүштөгү допшолуу-калтектуу механизм, ийримуунактуу-жылгычтуу механизм, ийримуунактуу-термелгичтуу механизм, эки ийримуунактуу механизм, жетелегич, ургуч, аба жаздык, кинематикалык ажыратуу.

Ключевые слова: ударная машина, шарнирно-рычажный механизм переменной структуры, кривошипно-ползунный механизм, кривошипно-коромысловый механизм, двухкривошипный механизм, поводок, боек, воздушная подушка, кинематическое разделение.

Keywords: impact machine, articulated-lever mechanisms a variable structure, slider-crank mechanism, crank-rocker mechanism, double-crank mechanism, lead, baizes, air cushion, kinematic separation.

В течение длительного времени в Институте машиноведения ведутся исследования, связанные с разработкой машин и устройств на основе шарнирно-рычажных механизмов, позволяющих за счет изменения структуры в определенных положениях изменить их функциональные возможности. Эти механизмы получили название

переменной структуры. Начало исследования положила задача по разработке генераторов силовых импульсов бурового автомата для бурения шпура на поверхности Луны [1]. Механический импульсный генератор в период разгона бойка представляет собой пятизвенный, кривошипно-коромысловый механизм (рис. 1 а), а в период взвода бойка работает как кривошипно-ползунный механизм (рис. 1б).

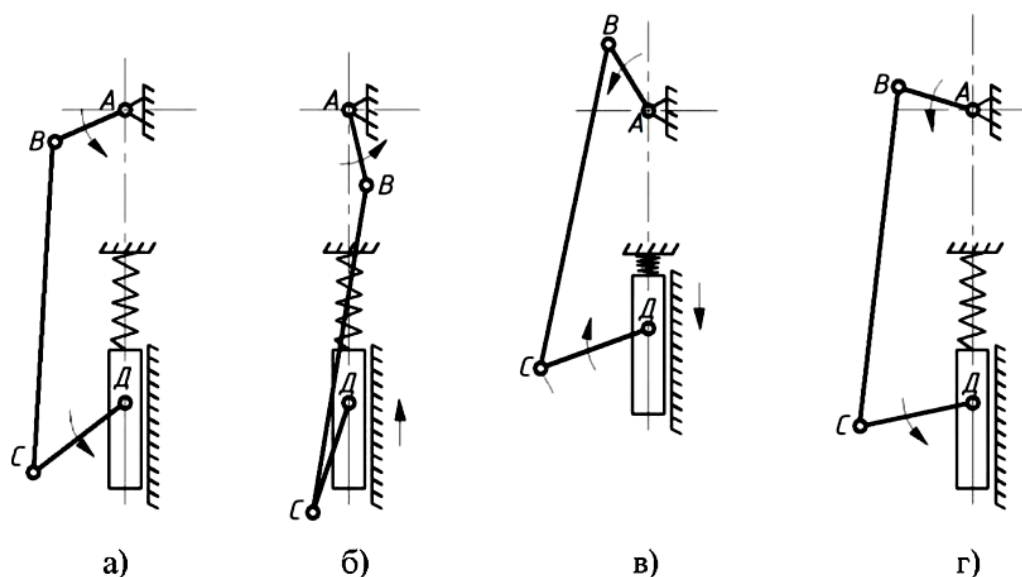


Рисунок 1 — Механический импульсный генератор силовых импульсов

Для перехода с одного вида на другой необходимо изменение одного из геометрических параметров механизма, а именно расстояния между опорами вращения кривошипа и коромысла, так как изменение расстояния между опорами приводит к изменению угла качания коромысла. В одном из крайних положений коромысло захватывается ползуном, служащим его опорой, и механизм переходит в кривошипно-ползунный режим работы (рис. 1 в). В крайнем верхнем положении ползуна момент сил, заклинивающих коромысло, отсутствует. Коромысло освобождается, структура механизма изменяется, механизм вновь переходит в кривошипно-коромысловый режим (рис. 1 г). Под действием накопленной энергии пружины, установленной между опорой коромысла и бойком, боек движется ускоренно вниз. Таким образом, изменение структуры необходимо для взвода бойка с последующим использованием энергии сжатой пружины для разгона бойка. Следует отметить, что

ресурс работы ударного узла ограничивается ресурсом работы пружины. Для работы в ограниченное время такой режим работы вполне допустим.

В начале 80-х годов прошлого века в Институте автоматики АН Кирг. ССР была предпринята попытка использовать шарнирно-рычажные механизмы переменной структуры при создании безмуфтовых прессов-автоматов. Используемые в конструкциях кривошипных прессов фрикционные муфты включения стали ограничивать их производительность. Тогда было предложено использовать шарнирно-рычажные механизмы переменной структуры в качестве исполнительного органа прессов. Однако специфичные условия работы исполнительного органа кривошипных прессов не позволяют заменить их механизмом переменной структуры, использованным в буровых автоматах. Поэтому была предложена новая схема шарнирно-рычажного механизма переменной структуры [2], в которой механизм имеет два устойчивых режима работы — кривошипно-коромысловый и кривошипно-ползунный (рис. 2).

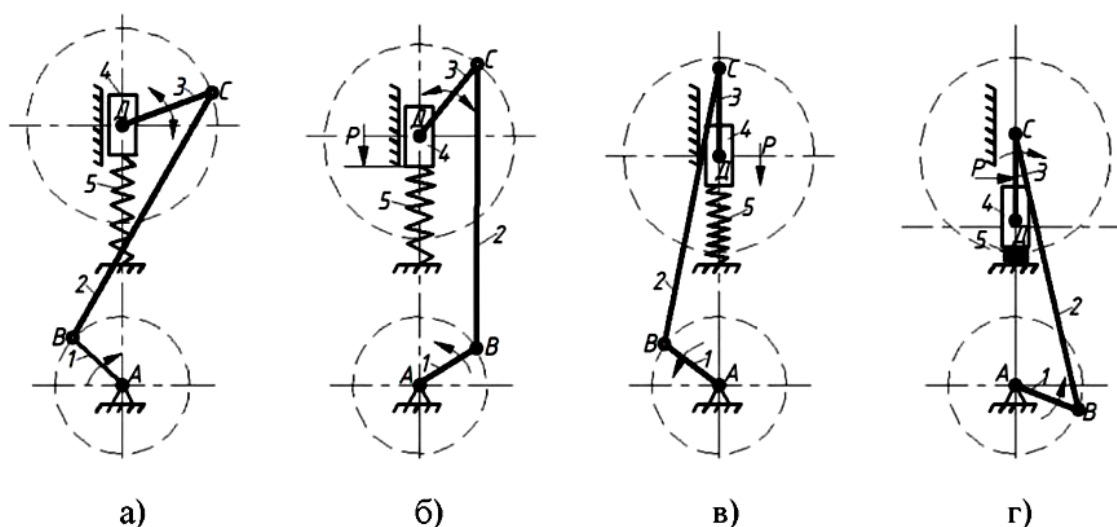


Рисунок 2 — Кинематическая схема исполнительного органа пресс-автомата

В холостом режиме работы механизм работает как кривошипно-коромысловый механизм (рис. 2 а), а в рабочем — как

кривошипно-ползунный (рис. 2 в). Перевод из одного режима работы в другой осуществляется изменением положения опоры коромысла, установленного на ползуне (рис. 2 б), который в свою очередь выполнен с возможностью перемещения на небольшую величину. Силовым воздействием изменяется межопорное расстояние кривошипа и коромысла механизма и меняется зона качания коромысла. В одном из крайних положений качания коромысло замыкается на ползуне, и при дальнейшем повороте кривошипа механизм переходит в кривошипно-ползунный режим работы. Обратный переход механизма осуществляется силовым воздействием, размыкающим коромысло от ползуна (рис. 2 г). Следует отметить, что использование принципиально нового технического решения позволило создать ряд новых конструкций прессов для обработки металлов давлением, в том числе быстроходных пресс-автоматов.

Перемена вида механизма при изменении геометрического параметра, а именно межопорного расстояния шарнирно-четырёхзвенного механизма, указала на необходимость проведения полного анализа закономерностей движения звеньев при изменении не только межопорного расстояния, но и длин других звеньев. Такие исследования проведены в работе [3], где были выявлены закономерности преобразования видов шарнирно-четырёхзвенных механизмов при изменении геометрических параметров, составляющих его звеньев. Было предложено новое направление использования механизмов переменной структуры — ударные машины. На рисунке 3 приведена одна из схем использования механизмов переменной структуры в качестве ударного механизма.

Ударный механизм представляет собой кривошипно-коромысловый шарнирно-четырёхзвенный механизм, на коромысле которого установлена ударная масса бойка. При вращении кривошипа коромысло может достичь в одном из крайних положений так называемого неопределённого, особого, положения, когда все звенья механизма выстраиваются в одну линию. Из-за того, что в этом положении боек совершает удар по инструменту коромысла, меняет направление движения и отскакивает в обратную сторону.

Таким образом механизм избегает так называемого “заклинивания” в особом положении. Следует отметить, что это техническое решение было воплощено в конструкции нескольких механических, электромеханических и гидромеханических ударных машин и инструментов, которые показали их работоспособность.

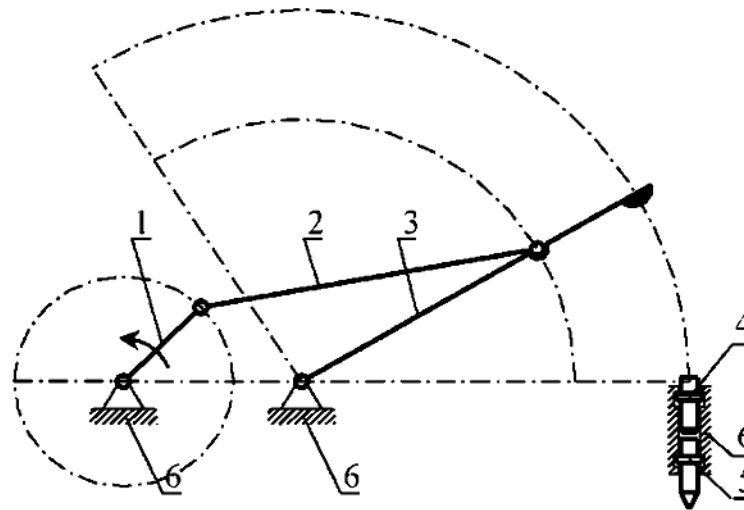


Рисунок 3 — Кинематическая схема четырехзвенного ударного МПС

Однако длительное использование таких ударных машин выявило, что их ресурс использования ограничен. В связи с этим в момент удара часть динамической нагрузки передается к опоре коромысла, что приводит к его поломке. К тому же ударное взаимодействие бойка, установленного на коромысле с инструментом, должно произойти в момент расположения коромысла перпендикулярно к оси инструмента. В противном случае эффективность передачи энергии удара существенно уменьшается. Ресурс работы таких ударных машин определялся прочностью материала коромысла и в меньшей степени шатуна [4]. Конструктивное усиление и поиск путей упрочнения коромысла-бойка не на много увеличила ресурс работы ударного узла. Поэтому были начаты исследования по разделению механизма привода от ударной массы в момент удара бойка по инструменту [4, 5]. Было предложено более десяти технических решений, позволяющих провести кинематическое отделение шарнирно-рычажного механизма от ударной массы в момент удара. Среди них есть схемы

механизма, в которых боек совершает прямолинейное движение в момент удара. Рассмотрим некоторые из них, которые были реализованы в конструкции ручных электромеханических молотков и показали работоспособность. В работе [4] предложена схема (рис. 4), в котором ударная масса бойка установлена на коромысле с возможностью движения относительно него по фигурному пазу. В момент удара ударная масса кинематически не связана с коромыслом, поэтому опора коромысла не испытывает динамическую нагрузку. Однако сохраняется недостаток — возможный не прямой удар в момент соударения с инструментом.

Геометрический элемент ударной массы, обеспечивающий ей ограниченный свободный ход относительно коромысла, выполнен в виде продолговатого фигурного отверстия с радиусными торцовыми поверхностями. Центры радиусов лежат на оси симметрии ударной системы.

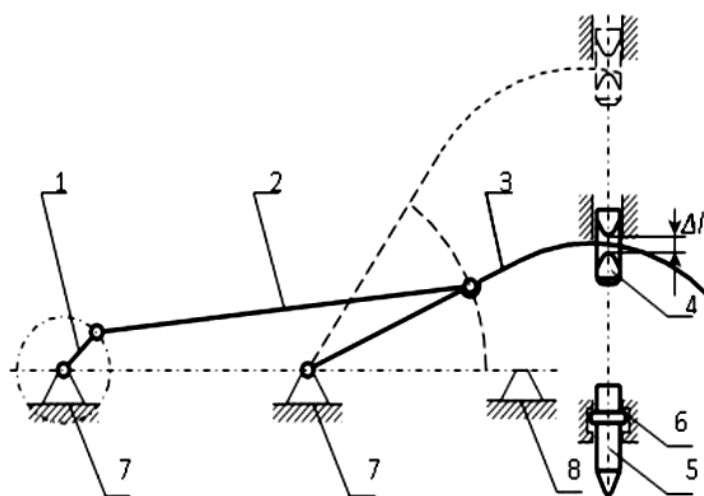


Рисунок 4 — Кинематическая схема ударного механизма переменной структуры с поступательно движущимся бойком

Однако реализация данной схемы в конструкции электромеханической ударной машины усложняет ее, появляются дополнительно соударяющиеся элементы, что отрицательно сказывается на надежности и долговечности машины. Была предложена схема ударного узла с нецентральной кривошипно-ползунным механизмом [5] (рис. 5), в процессе работы которого

ползун совершает возвратно-поступательное движение и наносит удар по инструменту.

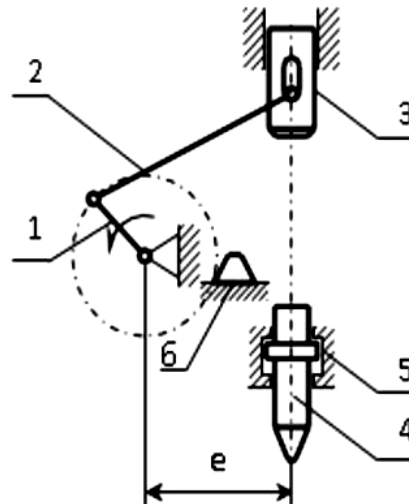


Рисунок 5 — Схема ударного узла с кривошипно-ползунным механизмом

Ползун имеет возможность перемещения относительно шатуна, что обусловлено наличием зазора. Однако, как показал анализ работы механизма с приближением к особому положению, поперечная составляющая сила достигает значительной величины, что затрудняет перемещение звеньев механизма и возможны случаи заклинивания звеньев.

Поэтому в следующих схемах предложены механизмы с двухкривошипно-ползунными механизмами переменной структуры[5], две из которых представлены на рисунке 6. Для решения проблемы поперечной составляющей было предложено использовать второй, симметричный кривошип и шатун (рис. 6а), направления движения которых должны быть противоположны первому. При достаточно точном исполнении симметрично расположенных кривошипов и шатунов поперечные нагрузки, возникающие при движении, взаимно уравновешиваются.

Однако, как видно из схемы, при этом не устраняется недостаток, связанный с соударениями, возникающими в моменты разъединения шатуна и ползуна-бойка. Это взаимодействие окажет существенное влияние на ресурс работы машины. Поэтому предложены схемы ударного узла двухкривошипно-ползунными

механизмами, где взаимодействие шатунов с бойком происходит посредством воздушной камеры. В одной из схем таких механизмов (рис. 6б) поршень установлен внутри ползуна-бойка с возможностью перемещения относительно последнего на некоторую величину, свободный ход. В конечных участках хода поршня в ползуне бойке имеются воздушные камеры “А” и “В”, в которых образуются воздушные подушки при их взаимном движении. Таким образом замена жесткой связи между поршнем и ползуном-бойком уменьшает динамические нагрузки на привод механизма.

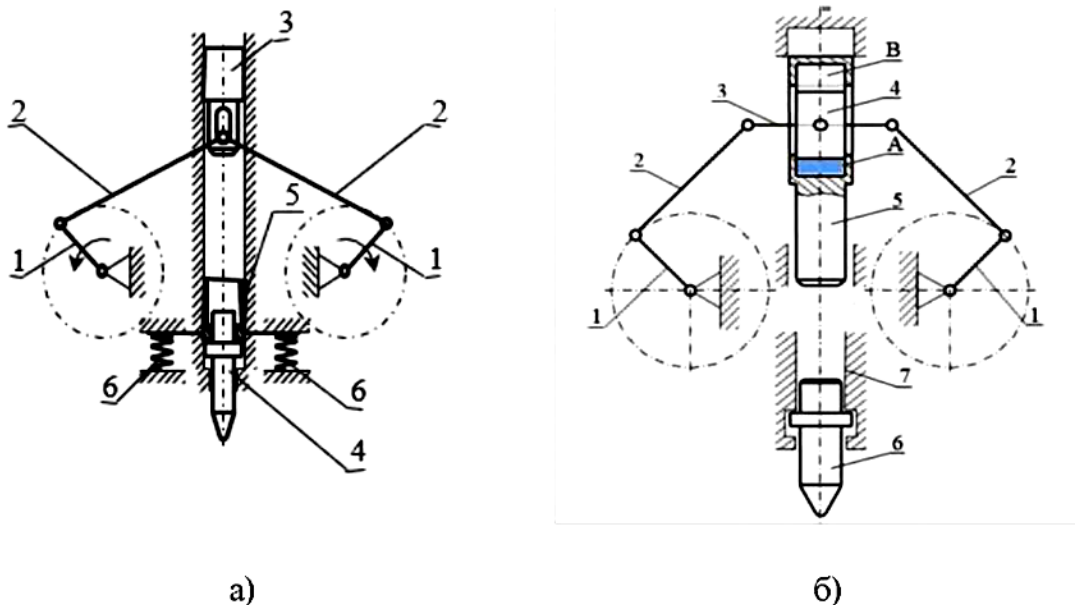


Рисунок 6 — Схемы ударных механизмов с двухкривошипно-ползунными механизмами переменной структуры

Следует отметить, обладая рядом преимуществ, связанных с исключением ударных процессов при кинематическом разъединении бойка от приводных элементов, введение второго симметричного кривошипа с шатуном существенно усложнило конструкцию. Испытания опытной конструкции молотка с двухкривошипно-ползунным механизмом показали работоспособность этой конструкции. Однако эти же испытания показали, что использование зубчатых колес в передаче движения в кривошипы, а также наличие зазоров в кинематических парах, могут внести коррективы в

синхронность вращения кривошипов, что в свою очередь приводит к необходимости учета при расчетах зазоров в кинематических парах и боковых зазоров в зубчатых зацеплениях[4]. Поэтому дальнейший поиск технических решений привел к необходимости отказа от спаренных кривошипных механизмов в пользу одного центрального кривошипно-ползунного механизма, но с использованием наработок, связанных с воздушной подушкой между поршнем и ползуном-бойком. На рисунке 7 показана схема ударного механизма с кривошипно-ползунным механизмом переменной структуры с воздушной подушкой.

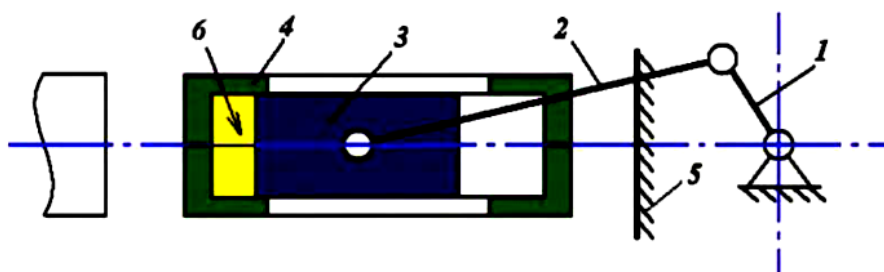


Рисунок 7 — Схема ударного механизма с кривошипно-ползунным механизмом переменной структуры с воздушной подушкой

Механизм состоит из кривошипа 1, шатуна 2, поводка 3 и бойка 4. Все элементы установлены в корпусе 5. Механизм работает следующим образом. Вращение кривошипа 1 посредством шатуна 2 преобразуется в поступательное движение поводка 3. При этом поводок 3 установлен внутри бойка с возможностью относительного движения в полости 6, поэтому боек 4 остается неподвижным. При движении поводка 3 (рис.7) полости 6 появляется воздушная подушка. Взаимодействие поводка 3 и бойка 4 в левой части полости 6 приводит к возникновению воздушной подушки и увеличению в ней давления. Это приводит к появлению движущей силы, действующей на боек 4, который ускоренно устремляется к инструменту и наносит по нему удар.

Дальнейшее вращение кривошипа 1 приводит к холостому ходу поводка 3, при котором он движется в сторону опоры кривошипа. В момент взаимодействия бойка 4 и поводка 3 в правой

части полости 6 снова появляется воздушная подушка, исключая ударное их взаимодействие. Затем цикл работы механизма повторяется. Следует отметить, что в развитии данной идеи в лаборатории динамики импульсных систем Института машиноведения НАН КР были разработаны несколько конструктивных решений, учитывающих особенности взаимодействия поводка и бойка. На рисунке 8 приведена конструкция отбойного молота УБ-2, разработанного на основе принципа работы ударного механизма с кривошипно-ползунным механизмом переменной структуры с воздушной подушкой.

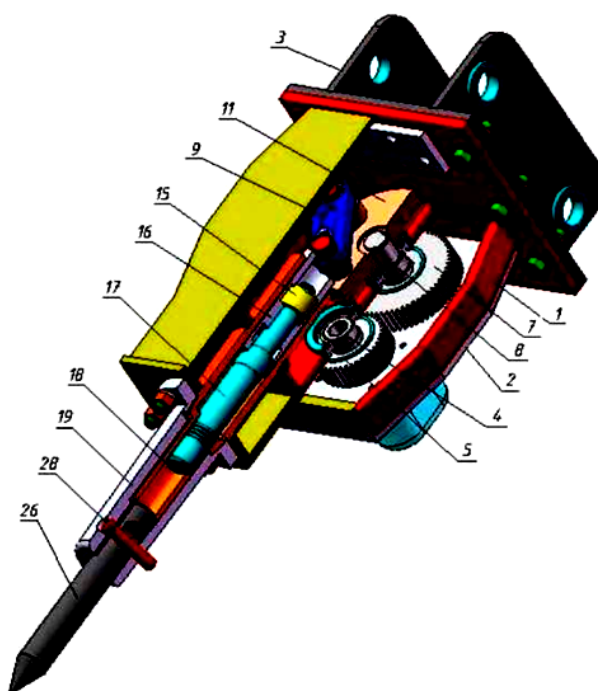


Рисунок 8 — Конструкция отбойного молота УБ-2

Таким образом исследование закономерностей движения звеньев шарнирно-рычажных механизмов выявило возможность использования их в качестве ударных механизмов. Были созданы конструкции ударных машин, ручных механических, электромеханических молотков, перфораторов, молотов с гидравлическим и электрическим приводом различного назначения. Созданные опытные и промышленные образцы прошли

лабораторные, экспериментальные и промышленные испытания, показавшие их работоспособность и конкурентоспособность с аналогами. В ходе теоретических и экспериментальных исследований были выявлены недостатки, которые устранялись новыми конструктивными и технологическими решениями. В настоящее время исследования продолжают в направлении увеличения ресурса работы машин.

Литература

1. Алимов О. Д., Манжосов В. К., Филиповский В. П. Механические импульсные генераторы с шарнирно-рычажным захватывающим устройством. — Фрунзе: Илим, 1975. — 148 с.
2. Алимов О. Д., Абдраимов С. Основы теории прессов с механизмами переменной структуры (на примере создания прессов УСТА). ДСП. — Фрунзе: Илим, 1988. — 294 с.
3. Абдраимов С., Джуматаев М. С. Шарнирно-рычажные механизмы переменной структуры. — Бишкек: Илим, 1993. — 179 с.
4. Джуматаев М. С., Абдрахманов И. А., Уркунов З. А. Шарнирно-рычажные ударные механизмы с кинематической развязкой ударного узла. — Бишкек: Илим, 2007. — 85 с.
5. Джуматаев М. С., Каримбаев Т. Т., Баялиев А. Ж. Ударные механизмы с разделяющимся бойком. — Бишкек: Илим, 2015 — 137 с.
6. Джуматаев М. С., Каримбаев Т. Т., Уркунов З. А. Исследование двухкривошипно — ползунных ударных механизмов переменной структуры. / Сб. научных трудов Института машиноведения. — Вып. 2. — Бишкек, 2000. — С. 85— 90.
6. Джуматаев М. С., Каримбаев Т. Т., Уркунов З. А., Баялиев А. Ж. Двухкривошипно-ползунный ударный механизм с воздушной подушкой. / Сб. научных трудов Института машиноведения. — Вып. 5. — Бишкек: Илим, 2006. — С. 20—25.
7. Джуматаев М. С., Уркунов З. А., Баялиев А. Ж. Молот с воздушной подушкой. / Сб. научных трудов Института машиноведения. — Вып. 6. — Бишкек: Илим, 2008. — С. 65— 70.

МАШИНОВЕДЕНИЕ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

17

Подписано в печать 01.08.2023 г.
Формат 60x84 $\frac{1}{8}$. Печать офсетная.
Объем 20,34 п.л. Тираж 100 экз.