

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 шартында 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. Иителип чыккан түзүлүштөрдүн жана техникалык чечимдердин кооптуу жетишипегендиктери талданып, аларды жок кылуу жолдору көрсөтүлгөн.

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 допиолуу-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. 1 б).

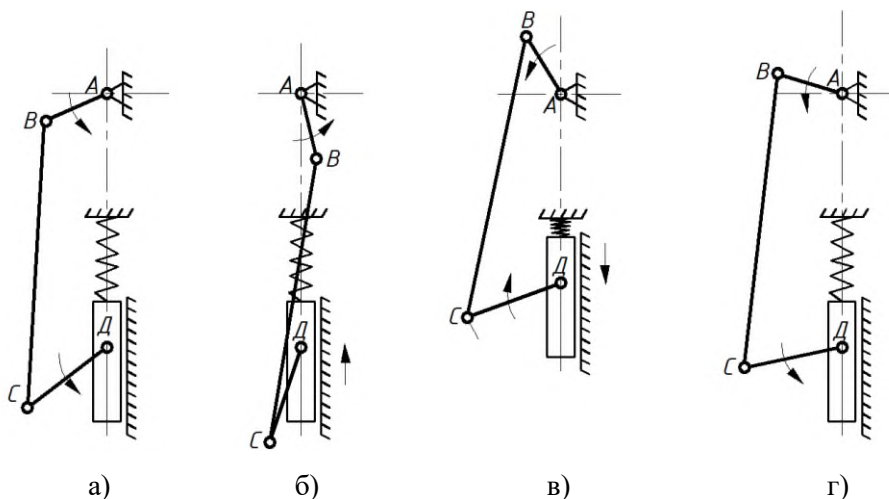


Рисунок 1 — Механический импульсный генератор силовых импульсов

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).

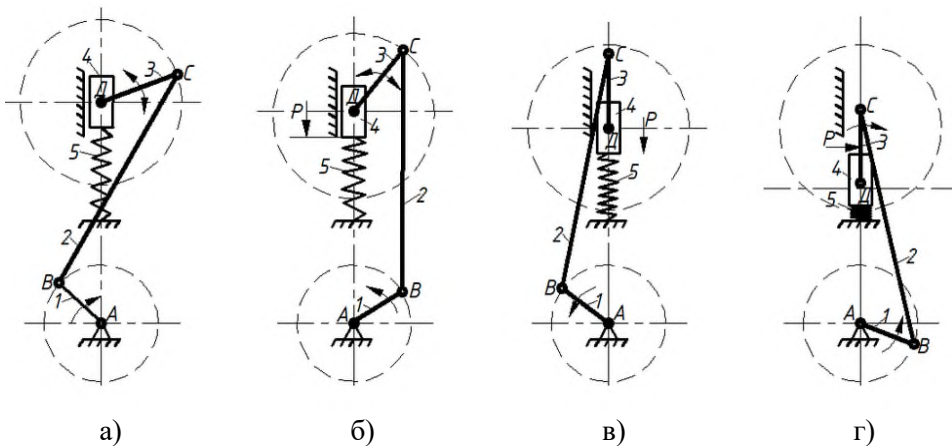


Рисунок 2 — Кинематическая схема исполнительного органа пресс-автомата

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 неопределенного, 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.

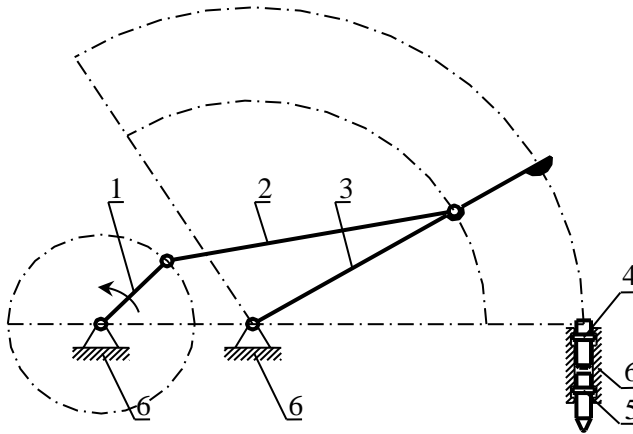


Рисунок 3 — Кинематическая схема четырехзвенного ударного МПС

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.

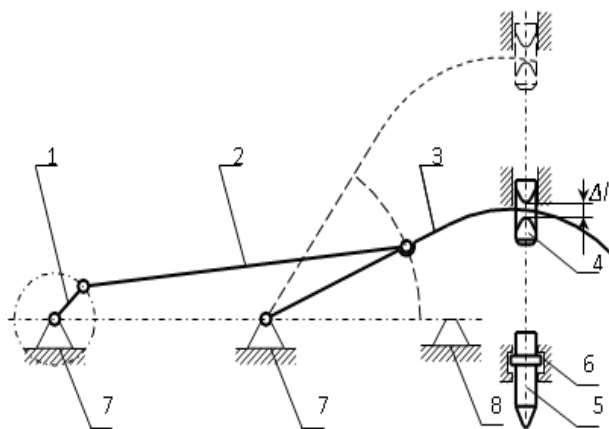


Рисунок 4 — Кинематическая схема ударного механизма переменной структуры с поступательно движущимся бойком

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.

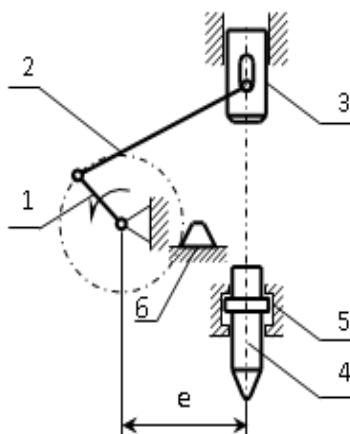


Рисунок 5 — Схема ударного узла с кривошипно-ползунным механизмом

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 уравниваются.

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.

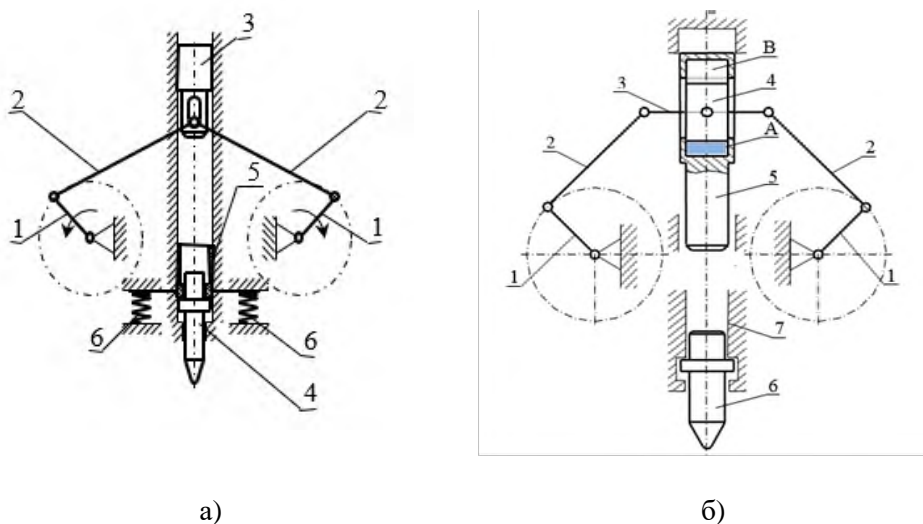


Рисунок 6 — Схемы ударных механизмов с двухкривошипно-ползунными механизмами переменной структуры

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 кривошippy, 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.

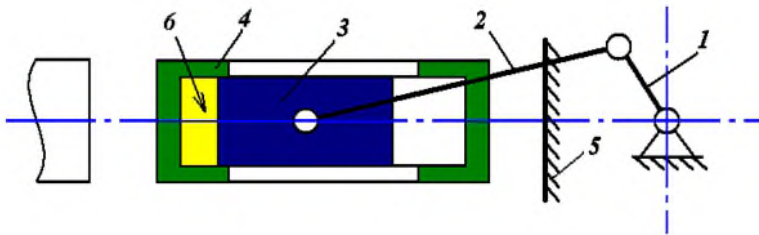


Рисунок 7 — Схема ударного механизма с кривошипно-ползунным механизмом переменной структуры с воздушной подушкой

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

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 продолжаются 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.