

**ОПЫТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
КОЛЕБАНИЙ В УДАРНЫХ МЕХАНИЗМАХ
ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ С. АБДРАИМОВА**

**Бакиров Б.Б.², Шадиев М.И.²,
Шаршеев Ф.², Абдраимов Э.Э.¹**

¹ НИЦ проблем машиностроения им. С.Абдраимова ИА КР,

² Институт Машиноведения НАН КР, Бишкек.Кыргызстан

Аннотация: В работе представлен метод определения закономерности изменения скорости входного и выходного звена рычажного ударного узла, созданного по схеме С.Абдраимова с наибольшим шатуном, на примере молота МО-100, с помощью видеозаписи на цифровую камеру.

Ключевые слова: шарнирно-рычажные механизмы переменной структуры (МПС) С.Абдраимова, кривошип, шатун, коромысло, межопорное расстояние.

**EXPERIENCE IN EXPERIMENTAL STUDIES
OF VIBRATIONS IN SHOCK MECHANISMS
VARIABLE STRUCTURE OF S. ABDRAIMOV**

**Bakirov B. B.², Shadiev M. I.²,
Sharsheev F.², Abdraimov E.E.¹**

¹ SIC problems of mechanical engineering named after S. Abdraimov,

² Institute of Machine science of the NAS KR, Bishkek.Kyrgyzstan

Summary: In work it is presented a technique of determination of regularity of change of speed of an entrance and output link of the lever shock knot created according to S. Abdraimov's scheme with the greatest rod on the example of MO hammer - 100, by means of video on the digital camera.

Key words: S. Abdraimov's variable structure hinge-lever mechanisms (MPs), crank, connecting rod, rocker, inter-support distance.

Как известно, многие технологические процессы в горном деле, строительстве, машиностроении и других отраслях народного хозяйства связаны с разрушением, разделением и обработкой прочных естественных или искусственных материалов, уплотнением, а также формоизменением конструкционных материалов, очисткой технологических емкостей и т.п.

Такие операции в технологическом процессе наиболее эффективно выполняются с применением взрывчатых веществ, электроразрядных установок, машин ударного действия и других устройств.

В настоящее время наиболее распространенным техническим средством реализации рассматриваемых технологий в производстве являются многочисленные, разнообразные по конструкциям и параметрам машины и устройства ударного действия.

В последние годы продолжаются работы связанные с анализом и синтезом шарнирно-рычажных ударных механизмов переменной структуры и созданием на их основе принципиально новых машин ударного действия, отличающихся малой металлоемкостью и энергоемкостью позволяющий избежать громоздких гидростанций и пневмокомпрессоров [2].

Простота конструкций ударных МПС делает их весьма привлекательными для практического применения и исследования. В основу этих работ легли труды середины прошлого века коллектива Новосибирского электротехнического института, под руководством профессора П.М. Алабушева [1,3].

Существенным толчком к исследованию МПС послужило создание лунного автомата «Луна-24» коллективом ученых НАН Кыргызской Республики под руководством профессора О.Д.Алимова, хорошо знавшего предыдущие работы профессора П.М. Алабушева. Благодаря уникальным свойствам механизма переменной структуры удалось взять грунт с поверхности луны в автоматическом режиме.

Доставленный грунт (керна) с глубины 2 метров 60 сантиметров не имел нарушения стратификации поверхностного слоя Луны, что позволило оценить его структуру и состав по глубине поверхностного слоя.

		
Алабужев П.М.(1908-1995)	Алимов О.Д. (1924-2004)	Абдраимов С. (1944-2011)

Научные исследования, проводимые под руководством ученика О.Д.Алимова С.Абдраимовым, позволили создать новый вид рычажных механизмов переменной структуры, на основе которых, сначала были сконструированы и изготовлены линейка разновидностей кузнечно-прессового оборудования без муфты-тормоза, а затем [3].

При дальнейшем развитии этих исследований профессором С.Абдраимовым, выведены четыре теоремы описывающие взаимные переходы и упорядоченное расположение всех шарнирно-рычажных четырехзвенных механизмов при изменении длин звеньев, в том числе выделены механизмы звенья которых выстраивались в одну линию создающее так называемое “особое положение” в структуре механизма. На основе четырех теорем С.Абдраимова была получена пространственная диаграмма [1,2].

На рис.1. показаны плоскости этой диаграммы, где расположены механизмы звенья которых выстраивались в одну линию.

В части диаграммы, ограниченной плоскостями имеющей форму тетраэдра, рис. 1, расположены разновидности шарнирно-рычажных механизмов, причем на плоскостях ΔADB , ADC , CDB оказываются механизмы с особым положением соответствующие строго

определенным соотношениям длин звеньев, где каждая точка это конкретный механизм.

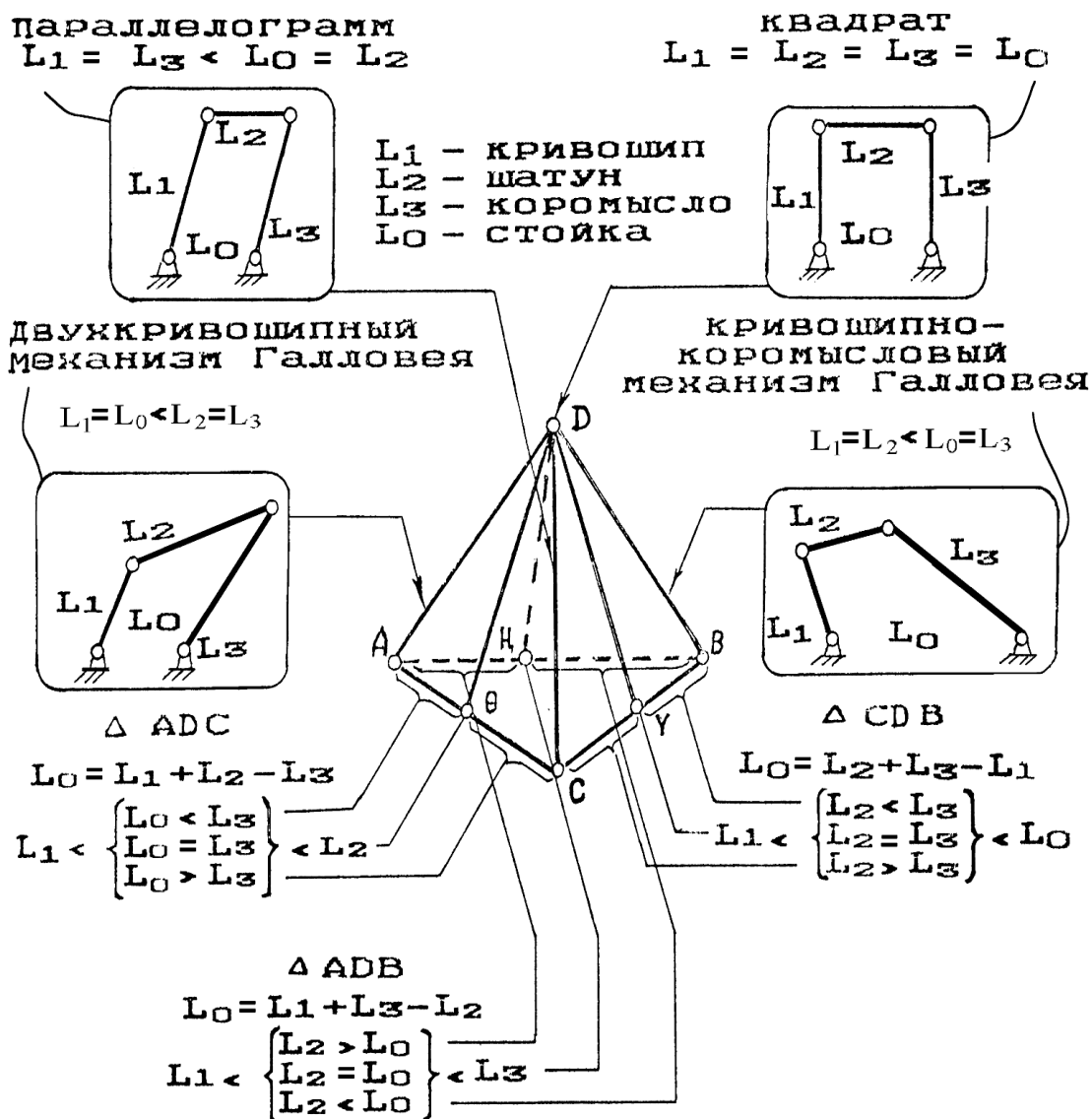


Рис. 1. Механизмы С.Абдраимова

ΔADB ; ΔADC ;

ΔCDB – Области существования механизмов С. Абдраимова

ΔABC – Область существования шарнирно-рычажных четырехзвенных схем, исследованных учебными мира, начиная с XIX века, для которых $L_0 = F(L_1; L_2; L_3)$.

$\theta \Pi \Upsilon$ – Точки характеризующие качественное изменение параметров механизмов профессора Абдраимова С.

Все эти механизмы нового типа – МПС С. Абдраимова, обладают уникальными возможностями резкого, практически мгновенного изменения закона движения исполнительного звена без разрыва всей кинематической цепи.

В общем случае, ударный механизм переменной структуры (МПС) профессора Абдраимова С. представляет собой механическую систему, обеспечивающую передачу движения от двигателя к исполнительным органам, взаимодействующим с обрабатываемой средой.

Кинематическая схема шарнирно-рычажного кривошипно-коромыслового ударного МПС С.Абдраимова приведены на рис. 2.

Применение кривошипно-коромысловых механизмов в качестве ударных возможно только при наличии особых положений звеньев механизма, когда все звенья располагаются на одной прямой, что является одним из основных условий и особенностей схемы МПС С.Абдраимова.

В этом положении возникает неопределенность в движении коромысла. Если оно встречает в этом положении ограничитель 5, то коромысло отскакивает и повторяет предыдущий цикл движения (рис.2). Когда в качестве ограничителя использовать инструмент, то кривошипно-коромысловые механизмы с особыми положениями можно использовать в качестве ударных машин.

В случае отсутствия ограничителя коромысло по инерции будет продолжать движение в заданном направлении (рис. 2).

Еще одной из особенностей этих механизмов заключается в том, что максимальная скорость коромысла достигается именно в момент удара, при этом энергия, накопленная коромыслом при движении, наибольшая. Возможность использования шарнирно-четырёхзвенного механизма с наибольшим шатуном в качестве ударного механизма реализована в конструкции механического молота на основе МПС МО-100, с энергией единичного удара 2,5 КДж.

Эти особенности кривошипно-коромысловых схем механизма переменной структуры позволяло конструировать множество ударных машин и устройств с различными параметрами.

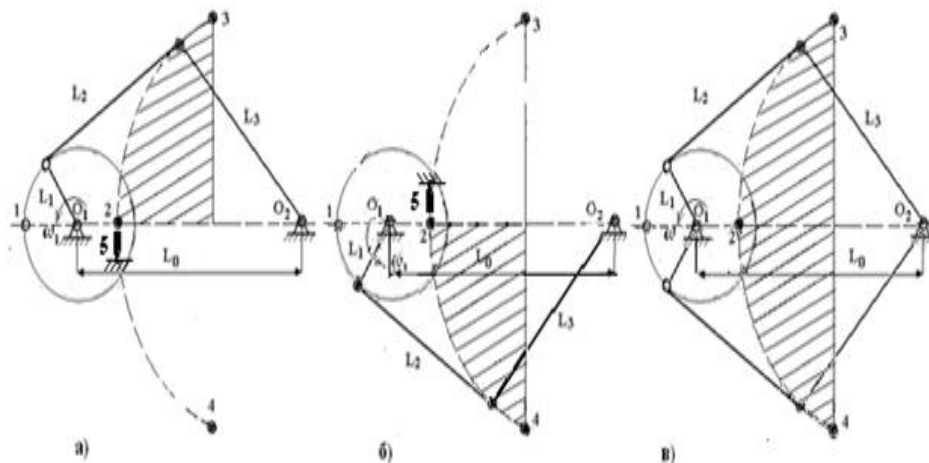


Рис. 2. Зоны возможных движений исполнительного звена схемы ударного механизма переменной структуры С. Абдраимова с наибольшим основанием: **а,б** - в режиме неполного качания коромысла (ударный режим), **в** - в режиме полного качания коромысла.

где l_1 – кривошип; l_2 – шатун; l_3 – коромысло; l_0 – стойка;

Нужно отметить, что в данной конструкции, элементы ударного механизма (коромысло, шатун) имеют значительные инерционные параметры, коромысло имеет момент инерции $J_{кор}=6011,4$ кг/см², массу $m_{кор}=27,8$ кг и шатун соответственно $J_{шат}=464,4$ кг/см² и масса $m_{шат}=4,51$ кг. т.к. элементы ударного узла неуравновешены, т.е. положения центров масс звеньев не совпадают с осями их вращения. Поэтому в различных положениях элементы ударного узла оказывают существенное влияние на выходные параметры молота и требует проведение эксперимента. В данной работе основными целями проведения экспериментальных исследований колебаний в ударных механизмах переменной структуры С.Абдраимова является: определение характера динамических колебаний звеньев механизма в течении полного рабочего цикла. Сущность метода заключается в

определении с помощью видеокамеры (рис.3), работы ударного узла, колебание входного и выходного звеньев в процессе работы молота.

Однако еще более существенную роль играют элементы ударного механизма при пуске молота, так как при пуске коромысло ударного механизма может находиться в различных положениях. Как известно, инерционные характеристики элементов ударного механизма могут повлиять на пуск молота как положительно, так и отрицательно, т.е. они могут способствовать, или препятствовать пуску молота.

В связи с этим экспериментальным путем определены влияние положения молота и его элементов на момент трогания кривошипа ударного механизма.

В этом видеокамера установлен на расстоянии 5 метров от молота. При проведении исследований, принята вертикально-нижнее положение молота, а инструмент расположен перпендикулярно вниз по горизонтали (рис 3).

Видеоматериал работы молота записан на карьере «Кумтор» в цифровом формате, где разрушал на рудном складе негабаритные блоки горной породы объёмом $1,5 - 5 \text{ м}^3$. При этом частота ударов молота составила 2,2 Гц, следовательно, средняя скорость кривошипа механизма была равна $13,82 \text{ с}^{-1}$ (рис.3).

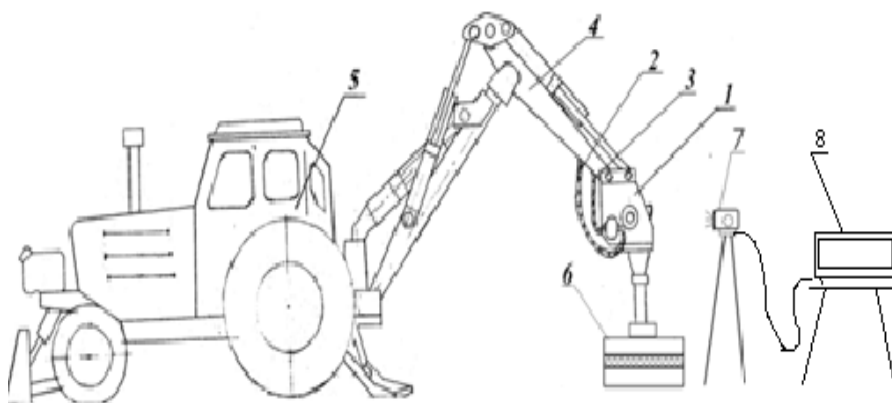


Рис.3. Мобильный вариант использования механического молота
МО-100 1-механический молот МО-100, 2 и 3 – напорная
и сливная магистрали, 4 - манипулятор, 5 - экскаватор МТЗ-82П,
6 – шабот, 7- видеокамера, 8-компьютер.

Далее, с помощью компьютерной программы, были получены 12 снимков положений ударного узла (УУ) за один рабочий цикл механизма, т.е. за время между ударами в пошаговом режиме. В этом цикле, интервал времени между снимками составляла 2,27 м×сек. По этим снимкам визуально отследили изменение угла поворота маховика и расстояние между ударными торцами волновода и бойка коромысла.

Учитывая передаточное отношение i редуктора молота ($i = 4,1428$) маховик должен в одном цикле повернуться на $1491,43^{\circ}$. Но визуальная оценка угла поворота маховика за все 12 положений дала значение 1520° . Разница составила $28,6^{\circ}$, или менее 2 %. Эта погрешность была разделена на все 12 положений и прибавлена к результатам визуального наблюдения.

Полученные данные приведены в (табл. 1). В строке 1 указано изменение угла поворота маховика относительно предыдущего положения, в строке 2 изменение угла поворота маховика относительно первого положения.

Таблица 1

№	Положения звеньев ударного узла											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Углы, в град.											
1	87,6	90,1	90,1	107,6	112,6	132,6	137,6	177,6	167,6	157,6	112,6	117,6
2	87,6	177,7	268	375,5	488,1	620,7	758,3	936	1103,6	1261,2	1373,8	1491,4
3	21,2	42,9	64,7	90,6	117,8	149,8	183	226	266,4	304,4	329,2	360
4	13,5	38	53	73	89	105	122	135	137	117	68	0

По этим данным находились значения угла поворота кривошипа исходя из значения передаточного отношения i .

В строке 3 (таблица 1) приведены значения угла поворота кривошипа относительно первого положения.

В строке 4 представлены углы поворота коромысла, определённые из снимков по расстоянию между торцами волновода и бойка с учётом масштаба снимка.

В таблице 2. представлены изменения значения угла поворота кривошипа и коромысла относительно предыдущего положения (строки 1 и 2 соответственно).

В отличие от кривошипа коромысло имеет не только положительные значения углов, но и отрицательные. Это обусловлено изменением направления качания коромысла.

Таблица 2

№	Положения звеньев ударного узла											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Углы, в град.											
1	21,2	21,8	21,8	26	27,2	32	33,2	43	40,5	38	24,8	30,8
2	13,5	24,6	14,9	20	16	16	17	13	2	-20	-49	-68

Полученные данные позволяют найти значения угловых скоростей кривошипа и коромысла и построить диаграммы их изменения в зависимости от положения кривошипа (рис. 3).

Эти диаграммы отражают характер изменения скоростей звеньев механизма на определённых участках движения и в целом отражают выводы, сделанные [1,2,3] в предыдущих теоретических исследованиях динамики звеньев молота.

На диаграммах можно выделить два основных участка. Один из участков – начиная с 9 по 3 положение – участок перегрузок, это следует из того, что на этом участке происходит уменьшение угловой скорости кривошипа.

Он расположен вблизи особого положения (ОП) механизма, где происходит соударение коромысла-бойка с волноводом – положение 9 (Таблица 3).

С этими перегрузками предположительно связаны поломки корпуса механизма во время промышленных испытаний.

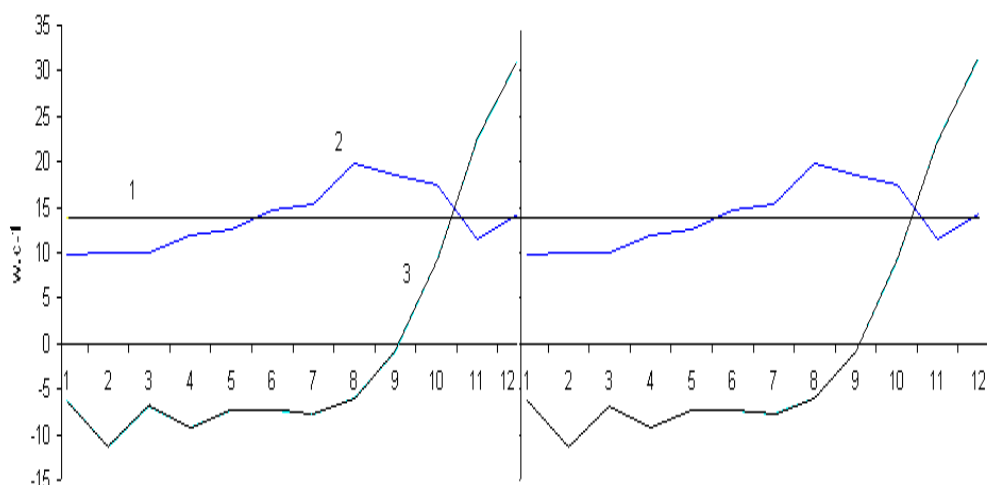


Рис. 4. Диаграмма угловых скоростей звеньев механизма:
1 – средняя скорость кривошипа; 2 – изменение скорости кривошипа;
3 – изменение скорости коромысла.

Следует глубже проанализировать все участки диаграммы скорости звеньев ударного узла молота М100, т.к. эти закономерности характерны для всех типов молотов, созданных на основе схемы профессора С. Абдраимова с наибольшим шатуном.

Использованная литература

1. Абдраимов Э.С., Бакиров Б.Б., Касымалиев Б.М. Об особенностях механизмов переменной структуры С.Абдраимова для создания машин ударного действия // Материалы VI Международной конференции 29 июня – 4 июля 2015г. – Улан-Уде, 2015. Том II. – С. 12-19.
2. Абидов А.О. Динамика отбойного молотка с ударным механизмом переменной структуры. – Бишкек: «Илим», 2001. – 108 с.
3. Зиялиев К.Ж. Кинематический и динамический анализ шарнирно-четырёхзвенных механизмов переменной структуры с созданием машин высокой мощности. – Бишкек: «Илим», 2005. – 185 с.