

УДК.621.01.

Бакиров Б.Б., Шадиев М.И., Шаршеев Ф.Т., Абдраимов Э.С.

*НИЦ проблем машиностроения им. С.Абдраимова ИА КР,  
Институт Машиноведения НАН КР,  
ИГУ им. К.Тыныстанова*

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

*В работе приводится историческая информация о региональной научной школе ТММ и представлен опыт определения, с помощью видеозаписи на цифровую камеру, закономерности изменения скорости входного и выходного звена рычажного ударного узла, созданного по схеме С. Абдраимова с наибольшим шатуном, на примере молота М-100.*

*In process there is historical information about regional scientific school of TMM and experience of determination of conformity to law of change of speed of entrance and output link of the lever shock knot created on the chart of S. Abdaimov with a most piston rod is presented, on the example of hammer of M100, by means of the videotape recording on a digital chamber.*

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

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 разнообразные по конструкции и параметрам машины и устройства ударного действия.

В последние годы продолжаются работы, связанные с изучением шарнирно-рычажных ударных механизмов переменной структуры и созданием на их основе принципиально новых машин ударного действия, отличающихся малой металлоемкостью и энергоемкостью, позволяющей избегать громоздких гидростанций и компрессоров [1].

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. Алабужева [2, 3].

Существенным толчком к исследованию МПС послужило создание бурового модуля лунного автомата «Луна-24» коллективом ученых НАН Кыргызской Республики под руководством профессора О.Д. Алимова [4], ученика П.М. Алабужева, который и рекомендовал коллектив возглавляемый О.Д. Алимовым для решения этой проблемы. Благодаря уникальным свойствам МПС удалось взять грунт с поверхности луны в автоматическом режиме. Доставленный грунт (кern) с глубины 2 метров 60 сантиметров не имел нарушения стратификации поверхностного слоя Луны, что позволило оценить его структуру и состав по глубине поверхностного слоя.



Алабузев П.М. (1908-1995)



Алимов О.Д. (1924-2004)



Абдраимов С. (1944-2011)

Научные исследования, продолженные под руководством С. Абдраимова – ученика О.Д.Алимова, 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, рычажные ударные машины как ручного так и навесного исполнения (на базе технологических машин) [ 5,6,7,8,9 ].

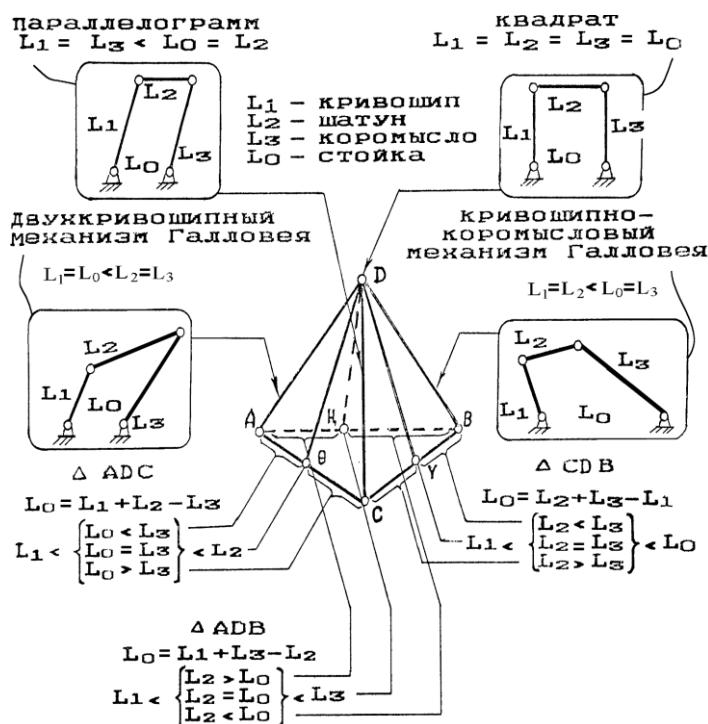


Рис. 1. – Механизмы С. Абдраимова

$\Delta ADB$ ;  $\Delta ADC$ ;  $\Delta CDB$  – Области существования механизмов С. Абдраимова  
 $\theta \eta \gamma$  – Точки характеризующие качественное изменение параметров механизмов  
 $\Delta ABC$  – Область существования шарнирно-рычажных четырехзвенных схем, исследованных учебными мира, начиная с XIX века, для которых  $L_0 = F(L_1; L_2; L_3)$

При дальнейшем развитии этих исследований [10], выведены четыре теоремы, описывающие взаимные переходы и упорядоченное расположение всех шарнирно-рычажных четырехзвенных механизмов при изменении длин звеньев, в том числе выделены области где расположены механизмы, звенья которых выстраивались в одну линию создавая так называемое “особое положение”. На основе четырех теорем С. Абдраимова построена пространственная диаграмма механизмов [11, 12]. На рис.1., показана часть этой

диаграммы, а именно плоскости, где расположены, механизмы звенья которых выстраивались в одну линию (кроме плоскости ограниченной  $\Delta ABC$ ).

В  $\Delta ADB$ ,  $\Delta ADC$  и  $\Delta CDB$  расположены механизмы нового типа. Они обладают уникальными возможностями мгновенного изменения закона движения исполнительного звена без разрыва всей кинематической цепи.

В ударном механизме переменной структуры (МПС) С. Абдраимова вращение двигателя шарнирно-рычажным механизмом, преобразуется в качательное движение коромысла ударяющей по инструменту и, в виде ударных импульсов передается обрабатываемой среде. Одна разновидность кинематической схемы приведена на рис.2. Заштрихованы зоны возможных движений исполнительного звена

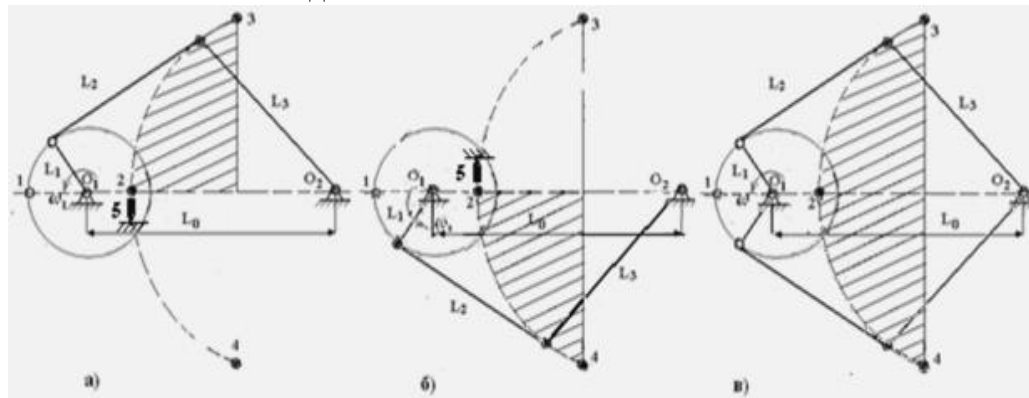


Рис. 2.Схема с наибольшим основанием ( $\Delta CDB$ )

*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; 5-ограничитель.

Применение кривошипно–коромысловых механизмов в качестве ударных реализуется наилучшим образом, благодаря особому положению, 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 движется в любом из двух сокращенных вариантов: по траектории 3-2 или по траектории 2-4 (рис.2, а, б). В случае отсутствия ограничителя, коромысло продолжит движение в заданном направлении по траектории 3-4 (рис. 2, в), при этом одно качание коромысла произойдет за два оборота кривошипа.

У рассматриваемых механизмов особенностью является то, что максимальная скорость и энергия коромысла достигается именно у ограничителя 5, при этом энергию, накопленную коромыслом при движении, можно передать в обрабатываемую среду.

Эти особенности кривошипно-коромысловых схем МПС позволяют конструировать множество ударных машин и устройств с различными параметрами. Ниже представлен пример их прикладного использования.

МПС с наибольшим шатуном ( $\Delta ADC$ ) реализован в конструкции механического молота М-100, с энергией единичного удара 2,5 КДж.

Нужно отметить, в данной конструкции, элементы ударного механизма (коромысло, шатун) имеют значительные инерционные параметры, коромысло имеет момент инерции  $J_{кор}=6011,4$  кг/см<sup>2</sup>, массу  $m_{кор}=27,8$  кг, шатун соответственно  $J_{шат}=464,4$  кг/см<sup>2</sup> и  $m_{шат}=4,51$ кг.. При ударе возникают дополнительные колебания существенно увеличивающие значения реакции в элементах ударного узла. Таким образом возникает необходимость экспериментального определения характера колебаний в течении рабочего цикла – между ударами, при различных режимах работы молота.

В работе предлагается метод, сущность которого заключается в использовании возможностей цифровой видеокамеры. На рис. 3 представлен вариант съемок видеоданных

на специальной площадке; тем не менее, одна из важных положительных особенностей метода – способность снимать показания работы механического агрегата прямо на работающем объекте, фиксируя колебания скоростей элементов в реальных условиях эксплуатации через открытые части корпуса ударника.

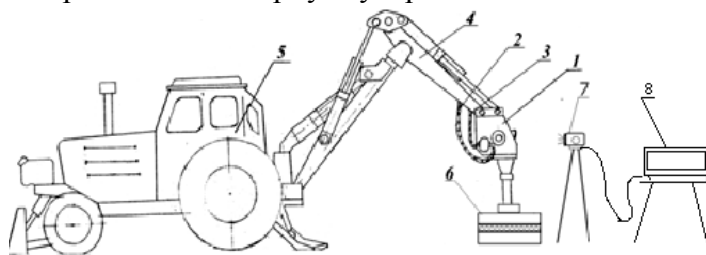


Рис.3. Мобильный вариант использования механического молота М-100  
1-механический молот М-100, 2 и 3 – напорная и сливная магистрали,  
4 - манипулятор, 5 - экскаватор ЭО-2621, 6 – шабот, 7- видеокамера, 8-компьютер.

Ниже представлена диаграмма, полученная из видеоматериала, записанного на карьере «Кумтор» в цифровом формате, где молот разрушал негабаритные блоки горной породы объёмом 1,5 – 5 м<sup>3</sup> на рудном складе. При этом частота ударов молота составила 2,2 Гц, следовательно, средняя скорость кривошипа механизма была равна 13,82 с<sup>-1</sup> (рис.4, график 1).

Далее, благодаря компьютерной программе, были получены 12 снимков положений ударного узла одного рабочего цикла механизма. Интервал времени между снимками составил 2,27 миллисекунд. По этим снимкам визуально отследили изменение угла поворота маховика и расстояние между ударными торцами инструмента и бойка коромысла.

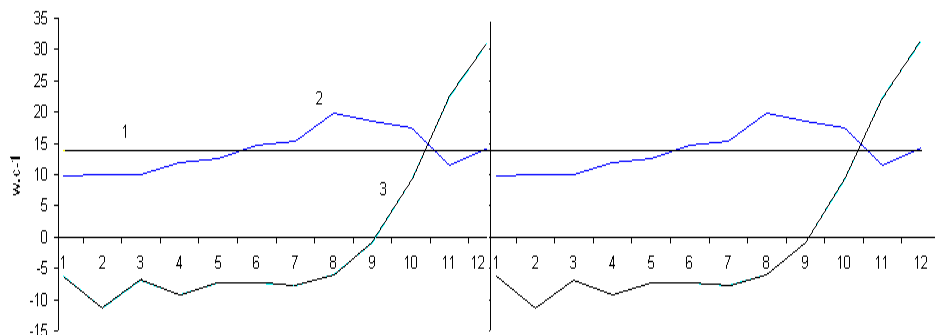


Рис. 4. Диаграмма угловых скоростей звеньев механизма.  
1 – средняя скорость кривошипа. 2 – изменение скорости кривошипа.  
3 – изменение скорости коромысла.

Полученные данные позволили найти значения угловых скоростей кривошипа и коромысла в двенадцати положениях и построить диаграммы их колебаний (рис. 4). Эти диаграммы отражают характер изменения скоростей звеньев механизма на определённых участках движения и в целом подтверждают выводы, сделанные 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 механизма, где происходит соударение коромысла-бойка с волноводом – положение 12.

На диаграмме видно, что колебания коромысла-бойка после удара продолжаются до 4 положения и сглаживаются к 5 положению. Причем к положению 2 колебания

коромысла–бойка наибольшие, что подтверждает природу крутильных колебаний, создающих знакопеременные напряжения дополнительно нагружающие элементы конструкции внутри одного цикла.

Возможности специальных высокоскоростных видеокамер имеющих частоту съемок до 500 Гц и более позволили бы увидеть более полную картину колебательных процессов, в.т.ч возникающих в различных плоскостях.

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 3-11.

2. Алабужев П.М. Создание и исследование электрических машин ударного действия в НЭТИ // Тр. межвузовской конференции по электрическим машинам ударного действия. – Новосибирск, 1967. с. 3-6.

3. Алабужев П.М., Зуев А.К., Каргин В.А., Липовецкий Л.М., Хан В.Б., Ярунов А.М. О механизме шарнирного взвода пружины машин ударного действия. //Электрические машины ударного действия: / [Сб. статей]. – Новосибирск, 1969. с. 257-268.

4. Алимов О.Д., Манжосов В.К., Филиповский В.П. Механические импульсные генераторы с шарнирно-рычажным захватывающим устройством. – Фрунзе: Илим, 1975. - 150 с.

5. Алимов О.Д., Абдраимов С. Основы теории прессов с механизмом переменной структуры. – Фрунзе: Илим, 1988. - С. 293.

6. А.с.1374653. Безмуфтовый механический пресс. Алимов О.Д., Абдраимов С., Алмааматов М.З., Свистунов В.Е., Невенчанная Т.О. ДСП. 1987.

7. А.с.1709684. Пресс с механизмом переменной структуры. Абдраимов С., Невенчанная Т.О. ДСП. 1991

8. Абдраимов С., Невенчанная Т.О. Построение механизмов переменной структуры и исследование их динамики. – Фрунзе: Илим, 1990. - 162 с.

9. Абидов А.О. Динамика отбойного молотка с ударным механизмом переменной структуры. - Бишкек: Илим, 2001. – 108 с.

10. Абдраимов С., Джуматаев М.С. Шарнирно-рычажные механизмы переменной структуры. – Бишкек: Илим, 1993. – 166 с.

11. Зиялиев К.Ж. Кинематический и динамический анализ шарнирно-четырёхзвенных механизмов переменной структуры с созданием машин высокой мощности. – Бишкек: Илим, 2005. – 185 с.

12. Абдраимова Н.С. Шарнирно-рычажные механизмы с двумя особыми положениями. - Бишкек: Илим, 2009. - 147 с.