

МАШИНОВЕДЕНИЕ

УДК 621.01/03

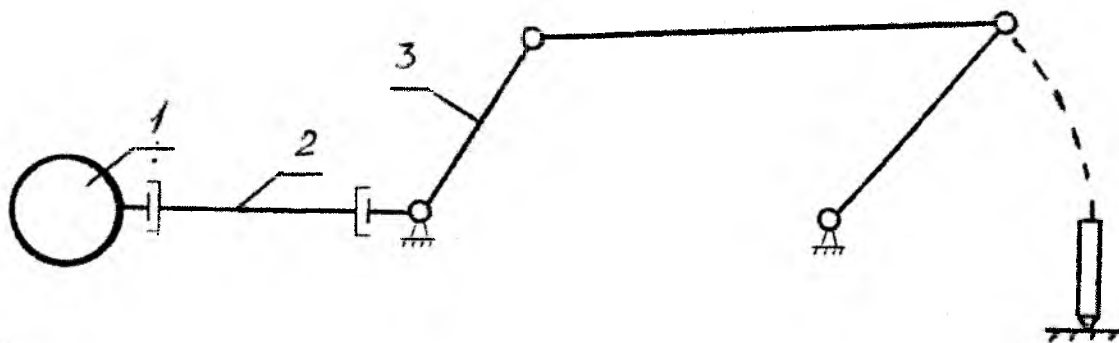
С. Абдраимов, А. Каримов, А.О. Абидов, Т. Белеков, Р.С. Халмуратов

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ В ОТБойНОМ МОЛОТКЕ С ГИБКИМ ВАЛОМ

*В данной работе проведен подробный анализ причин, вызывающих уменьшение эффективности работы отбойного молотка с ударным механизмом переменной структуры, приводимым гибким валом от отдельно расположенного источника питания.*

*Показана возможность повышения эффективности работы ударных механизмов путем применения накопителя механической энергии.*

К настоящему времени в Институте машиноведения и в Инженерной Академии Кыргызской Республики прошли апробацию несколько экспериментальных образцов отбойных молотков различной мощности с ударными механизмами переменной структуры, с отдельным расположением источника питания и исполнительного механизма (рис.1.). В конструкции отбойного молотка в качестве привода используется асинхронный электродвигатель 1 мощностью – 1,1 кВт и частотой вращения выходного вала  $n = 1420$  об/мин.



**Рис.1.** Кинематическая схема отбойного молотка с ударным механизмом переменной структуры

Крутящий момент от электродвигателя 1 к исполнительному механизму 3 передается посредством гибкого вала 2.

Привод с гибким валом позволяет отделять инструмент от двигателя, передавать вращение между осями, взаимное расположение которых в пространстве меняется во время работы, а также в тех случаях, когда соединение ведущего и ведомого элементов другим способом оказывается экономически нецелесообразным и неконструктивным.

Особенностью работы гибкого вала является то, что в процессе одного цикла вращающий момент, передаваемый гибким валом, меняется, так как меняется характер движения коромысла в одном цикле. Из-за переменности момента сопротивления вследствие переменности передаточного отношения ударного механизма гибкий вал

закручивается и раскручивается, т.е. подвергается крутильным колебаниям, изменяя при этом угловую скорость кривошипа относительно угловой скорости выходного вала двигателя. При нарастании момента сопротивления ударного механизма гибкий вал закручивается, при этом угловая скорость кривошипа уменьшается, а при уменьшении момента сопротивления ударного механизма гибкий вал раскручивается, тем самым угловая скорость кривошипа увеличивается. Процесс закручивания и раскручивания гибкого вала отражается в величине энергии удара отбойного молотка.

В связи с этим при создании отбойного молотка с гибким валом необходимо решить проблему отрицательного влияния работы гибкого вала на основную характеристику отбойного молотка – энергию удара.

Использование энергии раскручивания гибкого вала для увеличения энергии удара отбойного молотка возможно при условии применения упругих пружин-накопителей механической энергии в конструкции отбойного молотка с гибким валом. Накопитель механической энергии представляет собой кривошипно-ползунный механизм, где кривошип является общим как для кривошипно-ползунного механизма, так и для ударного механизма. Кинематическая схема ударного механизма с накопителем механической энергии представлена на рис. 2.

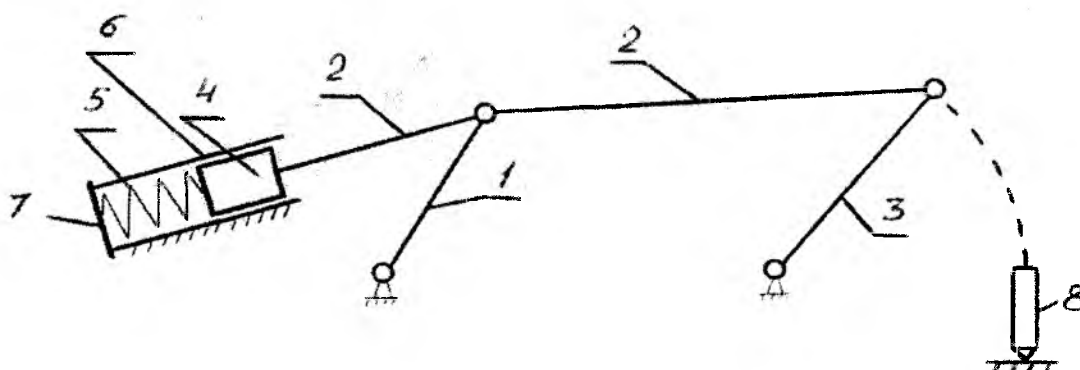


Рис.2. Кинематическая схема ударного механизма с накопителем механической энергии

Кривошипно-ползунный механизм состоит из кривошипа 1, шатуна 2, который соединен с ползуном 4. Между крышкой 7 и ползуном 4 расположена пружина 5. При вращении кривошипа 1, ползун движется возвратно-поступательно по цилиндру 6. Пружина 5 периодически сжимается к стенке крышки 7 и разжимается. За один оборот кривошипа 1, коромысло-боек 3 производит один удар по инструменту 8 в положении, которое соответствует разжатому состоянию пружины. Цилиндр крепится к корпусу отбойного молотка.

От расположения накопителя энергии относительно ударного механизма зависит эффективность использования энергии раскручивания гибкого вала и разжатия пружины. Поэтому первоочередной задачей при использовании накопителя механической энергии является определение оптимального угла между направляющей ползуна-накопителя энергии и направлением удара отбойного молотка.

В поисках угла оптимального расположения накопителя энергии проанализирована кинематика трех положений накопителя энергии относительно направления удара.

Рассмотрим процесс сжатия и разжатия пружины совместно с работой ударного механизма, когда направление движения ползуна расположено параллельно направлению удара ударного механизма. План положений кривошипно-ползунного механизма совместно с ударным механизмом представлен на рис. 3. Точки А и В являются крайними точками, так как с положения кривошипа ударного механизма в точке А до положения в точке В кривошипно-ползунный механизм и гибкий вал работают на аккумуляцию энергии. Упругая пружина сжимается, и гибкий вал закручивается вследствие увеличения суммарного момента сопротивления (к моменту сопротивления ударного механизма добавляется момент сопротивления от сжатия пружины). При этом пружина и гибкий вал накапливают в себе потенциальную энергию. С положения кривошипа в точке В упругая пружина начинает разжиматься, и вследствие уменьшения суммарного момента сопротивления начинает раскручиваться гибкий вал. Энергия разжатия пружины и энергия раскручивания гибкого вала передаются кривошипу в виде увеличения его угловой скорости.

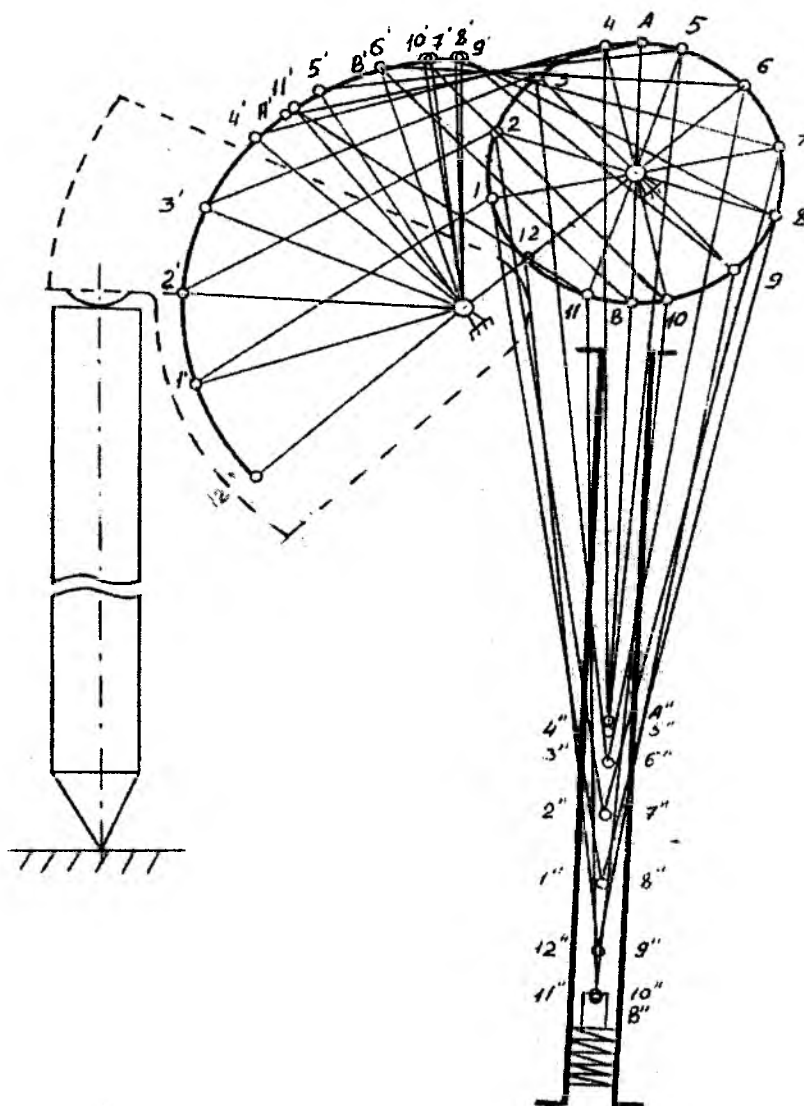


Рис. 3. План положений кривошипно-ползунного и ударного механизмов, где направляющая движения ползуна расположена параллельно направлению удара.

В результате увеличивается предупредная угловая скорость коромысла-бойка и соответственно увеличивается энергия удара отбойного молотка. Кроме того, к моменту удара пружина разжимается не полностью и дальнейшее разжатие пружины способствует лучшему отскоку коромысла-бойка после удара, что положительно влияет на работу ударного механизма.

Во втором случае направляющая ползуна кривошипно-ползунного механизма расположена под углом  $25^{\circ}$  к направлению удара ударного механизма. План положений кривошипно-ползунного и ударного механизмов представлен на рис. 4. В отличие от первого случая здесь пружина начинает сжиматься раньше на  $25^{\circ}$  угла поворота кривошипа в точке А и удар по инструменту происходит позже на  $25^{\circ}$  угла поворота кривошипа по сравнению с первым случаем.

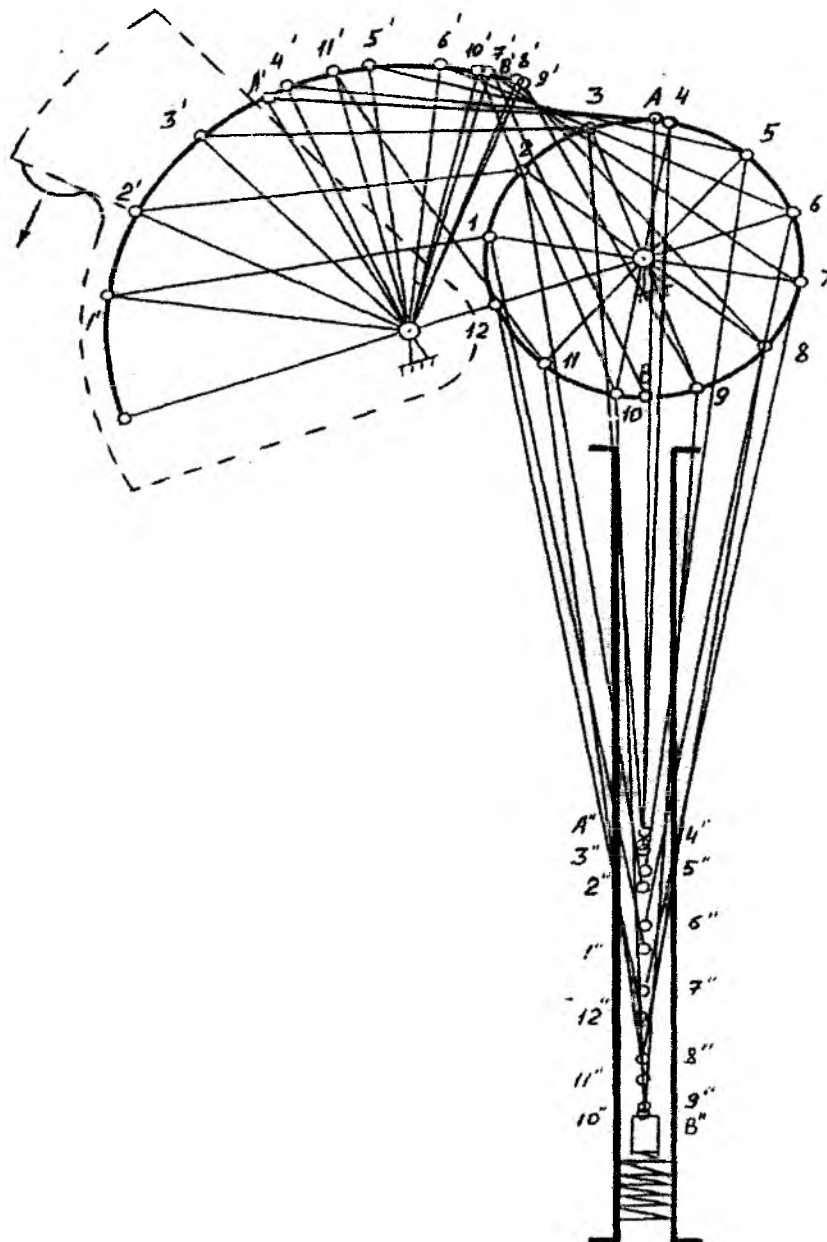


Рис.4. План положений кривошипно-ползунного и ударного механизмов, где направляющая движения ползуна расположена под углом  $25^{\circ}$  относительно направления удара.

В третьем случае направляющая ползуна кривошипно-ползунного механизма расположена под углом  $40^\circ$  к направлению удара ударного механизма. План положений кривошипно-ползунного и ударного механизмов представлен на рис. 5. В отличие от первого случая здесь пружина начинает сжиматься раньше на  $40^\circ$  угла поворота кривошипа и удар по инструменту происходит позже на  $40^\circ$  угла поворота кривошипа относительно первого случая.

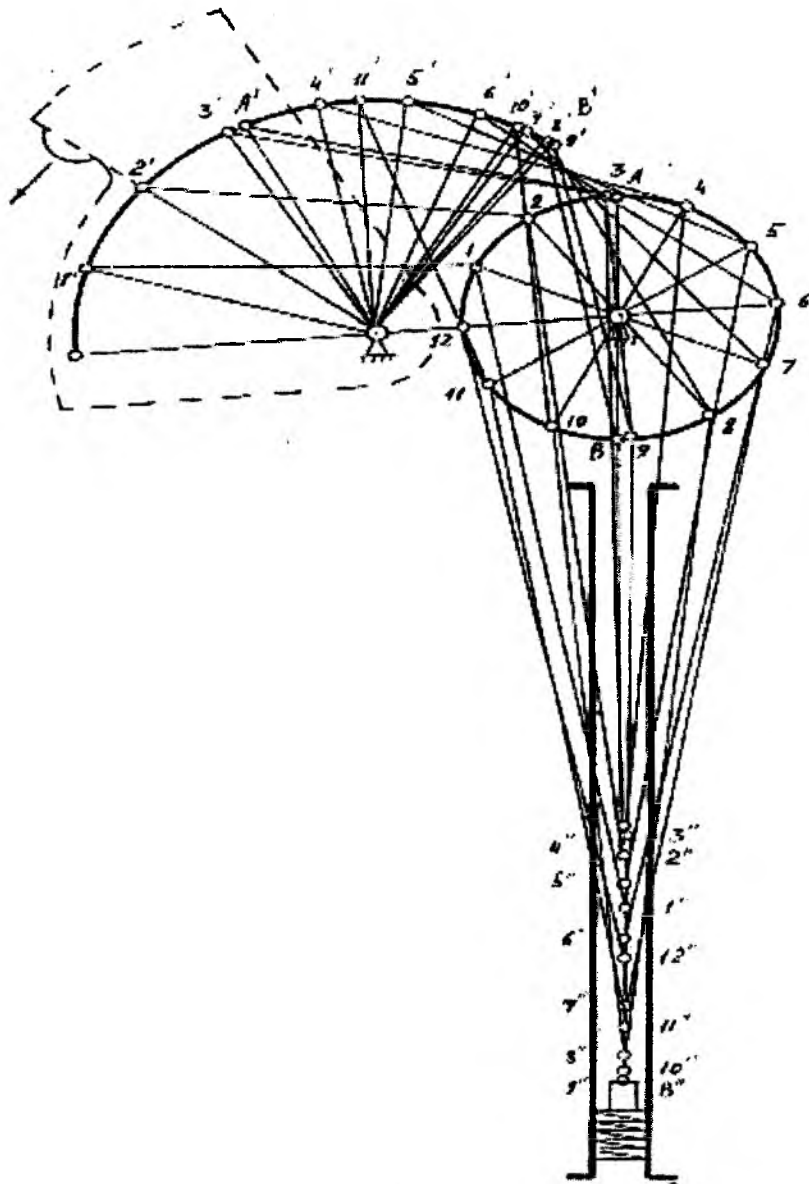


Рис. 5. План положений кривошипно-ползунного и ударного механизмов, где направляющая движения ползуна расположена под углом  $40^\circ$  относительно направления удара.

Для проверки возможности использования энергии раскручивания гибкого вала и разжатия пружины, а также для определения оптимального угла между направляющей ползуна и направлением удара ударного механизма испытаны накопители энергии в вышеуказанных трех положениях с пружинами, имеющими разную степень жесткости:  $C_1=4$  кг/см,  $C_2=7$  кг/см,  $C_3=20$  кг/см. Жесткость пружин определена экспериментально

на приборе МИП-100-2 УХЛ 4.2. Суть сравнительных испытаний отбойных молотков состояла в сравнении объемных внедрений в алюминиевый шабот кончиков инструмента отбойного молотка без накопителя энергии, а также с накопителем энергии при работе отбойного молотка в течение определенного времени. Для проведения испытаний использован отбойный молоток с гибким валом МОМ-8.

При работе отбойного молотка с накопителем энергии, при расположении направляющей ползуна параллельно линии удара и использованием пружины с жесткостью  $C=4$  кг/см производительность отбойного молотка увеличилась в 1,06 раза по сравнению с работой отбойного молотка без накопителя энергии. При расположении направляющей ползуна под углом  $25^{\circ}$  к направлению удара производительность увеличилась в 1,5 раза. При расположении направляющей ползуна под углом  $40^{\circ}$  к направлению удара изменения производительности не произошло.

Увеличение производительности отбойного молотка дало использование пружины жесткостью  $C=7$  кг/см, когда направляющая ползуна направлена относительно направления удара:

- параллельно – в 1,54 раза;
- под углом  $25^{\circ}$  – в 1,9 раза;
- под углом  $40^{\circ}$  – в 1,04 раза.

Ощутимое увеличение производительности отбойного молотка получено при использовании пружины с жесткостью  $C=20$  кг/см, когда направляющая ползуна направлена относительно направления удара:

- параллельно – в 6,69 раза;
- под углом  $25^{\circ}$  – в 9 раз;
- под углом  $40^{\circ}$  – в 5 раз.

Потребляемая мощность электродвигателя без накопителя энергии составила 1,2 кВт; с накопителем энергии, где использована пружина с жесткостью  $C=20$  кг/см и направляющая ползуна направлена параллельно относительно направления удара – 1,9-2,2 кВт.

Результаты испытаний отбойного молотка с накопителем энергии показали, что расположение направляющей ползуна накопителя энергии относительно направления удара отбойного молотка под углом  $25^{\circ}$  является наиболее оптимальным.

Предварительные испытания отбойного молотка с накопителем энергии показали возможность эффективного использования накопителя энергии в виде кривошипно-ползунного механизма с пружиной. Для нахождения оптимальных параметров пружины и расположения направляющей ползуна относительно направления удара необходимы дальнейшие экспериментальные исследования.