

УДК 622.233
DOI: 10.36979/1694-500X-2023-23-12-79-87

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КРИВОШИПНО-КОРОМЫСЛОВЫХ
УДАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ С. АБДРАИМОВА
В БУРОВЫХ АВТОМАТАХ-ИНФОРМАТОРАХ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

В.Э. Еремянц

Аннотация. Приведена краткая история развития научного направления по созданию ручных ударных механизмов для бурения горных пород. Отмечены научные школы, занимающиеся в разное время разработкой кривошипно-коромысловых, кулачковых и электромагнитных ударных механизмов, перспективных для их использования в буровых автоматах-информаторах для исследования поверхностных слоев космических тел. Приведены результаты исследования и использования таких механизмов в опытных образцах буровых установок ЛБ09 и МБ02 для бурения скважин на поверхности Луны и Марса. Описаны новые кривошипно-коромысловые механизмы переменной структуры, разрабатываемые в Институте машиноведения и автоматики НАН КР и опробованные на практике на протяжении последних двух десятилетий. Обоснована перспективность их использования в буровых автоматах-информаторах для бурения скважин на поверхности космических тел.

Ключевые слова: ударные механизмы; буровые автоматы; исследование космических тел.

**КОСМОСТУК ИЗИЛДӨӨЛӨРДҮ ЖҮРГҮЗҮҮҮ ҮЧҮН БУРГУЛООЧУ
МААЛЫМАТТЫК АВТОМАТТАРДА С. АБДРАИМОВДУН КЫЙШЫК ТИШТҮҮ-ИЛГИЧ
ТҮРҮНДӨГҮ УРГУЛООЧУ МЕХАНИЗМДЕРИН КОЛДОНУУНУН КЕЛЕЧЕГИ**

В.Э. Еремянц

Аннотация. Макалада тоо тектерин бургулоонун кол менен таасир этүүчү механизмдерин түзүүнүн илимий багытынын өнүгүшүнүн кыскача тарыхы келтирилген. Космостук телолордун үстүнкү катмарларын изилдөө үчүн бургулоочу маалыматтык автоматтарда аларды колдонуу келечектүү болгон кыйшык тиштүү-илгич, муштурм түрүндөгү жана электромагниттик ургулоочу механизмдерди иштеп чыгууга ар кайсы мезгилде катышкан илимий мектептер белгиленет. Айдын жана Марс планетасынын бетинде скважиналарды бургулоо үчүн ЛБ09 жана МБ02 бургулоочу станоктордун тажрыйбалык үлгүлөрүндө мындай механизмдерди изилдөөнүн жана колдонуунун натыйжалары келтирилген. Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Машина таануу жана автоматика институтунда иштелип чыккан жана акыркы жыйырма жылдын ичинде иш жүзүндө сыналган өзгөрүлмө түзүлүштөгү жаңы кыйшык тиштүү-илгич түрүндөгү механизмдер сүрөттөлгөн. Космостук телолордун бетинде скважиналарды бургулоо үчүн бургулоочу маалыматтык автоматтарда аларды колдонуунун келечеги негизделген.

Түйүндүү сөздөр: ургулоочу механизмдер; бургулоочу автоматтар; космостук телолорду изилдөө.

**PROSPECTS FOR THE USE OF CRANK-ROCKER DRUMS MECHANISMS
OF S. ABDRAIMOV IN DRILLING AUTOMATIC INFORMERS FOR SPACE RESEARCH**

V.E. Yeremyants

Abstract. The article provides a brief history of the development of the scientific direction of creating manual impact mechanisms for drilling rocks. Scientific schools involved at different times in the development of crank-rocker, cam and electromagnetic impact mechanisms, promising for their use in drilling automatic informants for studying the surface layers of cosmic bodies, are noted. The results of the study and use of such mechanisms in prototypes of drilling rigs

LB09 and MB02 for drilling wells on the surface of the Moon and Mars are presented. New crank-rocker mechanisms of variable structure, developed at the Institute of Mechanical Science and Automation of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic and tested in practice over the past two decades, are described. The prospects for their use in drilling automatic informants for drilling wells on the surface of cosmic bodies are substantiated.

Keywords: impact mechanisms; drilling machines; exploration of cosmic bodies.

Эта статья посвящается памяти моих учителей трех поколений, для которых этот год является юбилейным. В 2023 году исполнилось 115 лет со дня рождения заслуженного деятеля науки РСФСР, д-ра техн. наук, профессора Петра Михайловича Алабужева, 100 лет со дня рождения академика АН Киргизской ССР, Лауреата Государственной премии СССР, д-ра техн. наук, профессора Олега Дмитриевича Алимова, 80-летие отметил в этом году и заслуженный деятель науки Кыргызской Республики, д-р техн. наук, профессор Владимир Кузьмич Манжосов. Эти ученые внесли большой вклад в создание и развитие буровой техники для исследования космических тел.

Краткая история создания космических аппаратов для изучения свойств поверхностных слоев космических тел. Вторая половина 20-го века была связана с зарождением и развитием космонавтики. 12 апреля 1961 года впервые человек совершил полет в космическое пространство. Это был Ю.А. Гагарин. С этого дня начинается эра исследования и освоения космоса. Естественно, что эти исследования начинались с изучения ближайшего космического тела – спутника земли Луны. В работе [1] автор, ссылаясь на зарубежные литературные источники, пишет: «Первые скважины на Луне были пробурены астронавтами экспедиции Аполлон 11 в 1969 г. Пробы горных пород в этой экспедиции и последующих американских экспедициях отбирались ручными инструментами, которые постепенно совершенствовались». В первых экспедициях Аполлона это были грунтоносы, которые забивались астронавтами вручную, а затем извлекались вместе с грунтом. В последующих экспедициях Аполлона 15, 16 и 17 удалось сделать забор лунного грунта с глубины 75 см с помощью ручных буровых установок.

В отличие от американских исследований, в Советском Союзе в конце 60-х годов прошлого века была принята стратегия создания космических буровых автоматов-информаторов, которые могли бы без присутствия космонавтов осуществить бурение скважин на лунной поверхности с передачей информации о свойствах буримого грунта на Землю по телеметрическим каналам.

Эта информация была основана на регистрации тока и напряжения в приводах исполнительных устройств бурового автомата. Перед этим буровые автоматы проходили обучение на Земле при бурении пород различного состава и крепости при регистрации тока и напряжения в приводах исполнительных устройств. Затем путем сравнения этих данных с полученными в процессе бурения от бурового автомата на Луне, можно было оценить, какими свойствами обладают лунные породы. Это давало возможность получать сведения о составе поверхностных слоев Луны без посылки на нее космонавтов.

С 1970 по 1976 годы на Луне побывали три Советские автоматические станции с буровыми автоматами-информаторами: Луна 16, Луна 20, Луна 24. Первые два автомата осуществляли бурение скважин на глубину 350 мм, а последняя – Луна 24 – на глубину 2,2 м. Более подробно об устройстве и результатах работы автоматических станций Луна 16, Луна 20 и Луна 24 можно прочитать в работах [1, 2].

Отличительной особенностью этих станций являлось то, что в зависимости от крепости буримой породы, буровой автомат мог автоматически переходить от вращательного режима бурения мягких пород на вращательно-ударный режим бурения твердых пород. Для этого потребовались специальные механизмы, поиск которых был начат в начале 1970-х годов.

Поскольку в условиях Луны нельзя было использовать пневматический или гидравлический привод, то ударные механизмы должны были быть электромеханическими или электромагнитными, питающимися от аккумуляторных батарей или солнечных панелей.

Это определило поиск исполнителей при создании таких механизмов. Именно такими механизмами в конце 50-х, начале 60-х годов занималась Томская школа вращательно-ударных буровых механизмов различного типа, возглавляемая заслуженным деятелем науки РСФСР, доктором технических наук, профессором П.М. Алабужевым.

В Томском политехническом институте под его руководством разрабатывались и исследовались пневматические бурильные молотки [3], электромагнитные машины ударного действия [4], электро-механические молотки с шарнирно-рычажным механизмом взвода бойка [5], молотки со взводом бойка с помощью торцевого кулачка [6] и последующим разгоном бойка с помощью пружины. Эти работы проводились совместно с его учениками: О.Д. Алимовым, В.Ф. Горбуновым, Е.М. Тимошенко, Н.П. Ряшенцевым, которые в последующем развивали свои школы в направлениях, заложенных их учителем.

К П.М. Алабужеву в начале 70-х годов и обратились разработчики космической буровой техники с предложением принять участие в разработке буровых автоматов-информаторов для космических исследований.

К этому времени П.М. Алабужеву было уже за 60 лет и он порекомендовал в качестве руководителя этого направления своего ученика О.Д. Алимова, который работал уже во Фрунзе, возглавляя Отдел механики и горного машиностроения Института автоматики АН Кыргызской ССР, и который хорошо знал все направления исследований, проводимых в Томске П.М. Алабужевым вместе с учениками.

В этом отделе, начиная с начала 70-х годов прошлого века, были созданы: лаборатория Буровых автоматов (рук. канд. техн. наук В.К. Манжосов), лаборатория Привода и систем управления (рук. канд. техн. наук А.В. Фролов). В первой из названных лабораторий разрабатывались шарнирно-рычажные и кулачковые ударные механизмы с пружинным разгоном бойка, проводились исследования ударных процессов в этих механизмах, крутильных колебаний бурового става, шнековой транспортировки буровой мелочи из буримой скважины. Во второй лаборатории разрабатывались электромагнитные ударные механизмы, проводились работы по обучению бурового автомата при бурении различных пород, разрабатывались системы управления буровым автоматом. Энергия удара этих механизмов составляла от 2 до 5 Дж, при частоте ударов от 500 до 1000 уд/мин. Впоследствии результаты этих работ нашли отражение в монографиях [7–10].

В конкурентной борьбе по результатам исследований было принято решение об оснащении бурового автомата станции ЛБ09 ударным механизмом с шарнирно-рычажным захватывающим устройством, выполненным по схеме П.М. Алабужева [5] в виде шарнирно-рычажного кривошипно-коромыслового механизма переменной структуры, который состоял из кривошипа, шатуна, коромысла и бойка (рисунки 1).

В позиции «а» при вращении кривошипа 1 по часовой стрелке коромысло 3 совершает возвратно-качательное движение, а боек 4 остается на месте в контакте с хвостовиком бурового инструмента. При увеличении сопротивления породы хвостовик 5 перемещается вместе с бойком, сжимая пружину (позиция б). При этом коромысло 3 ложится на боек и заклинивается. При дальнейшем вращении кривошипа механизм работает как кривошипно-ползунный. При этом боек продолжает перемещаться влево, сжимая пружину (позиция в).

Размеры звеньев кривошипно-коромыслового механизма подобраны так, что при дальнейшем повороте кривошипа на определённый угол, происходит расклинивание коромысла и боек под действием пружины перемещается влево, нанося удар по хвостовику бурового инструмента (позиция г). После отскока бойка от инструмента вновь происходит его захват и далее весь цикл повторяется. С уменьшением сопротивления породы хвостовик уходит в прежнее положение за счет действия пружины. При этом механизм работает в холостом режиме без ударов, как показано на рисунке 1, а.

Этот ударный механизм был использован в автоматической станции Луна 24, оснащенной буровым автоматом-информатором ЛБ09, который обеспечил бурение скважины на поверхности Луны длиной 2,2 м, забор колонки лунного грунта глубиной 1,62 м и возвращения его на Землю для дальнейших исследований.

В процессе бурения в режиме реального времени на Землю передавались параметры с приводов механизмов бурового автомата, по которым уже можно было судить, каким земным аналогам соответствовали лунные породы по мере углубления скважины.

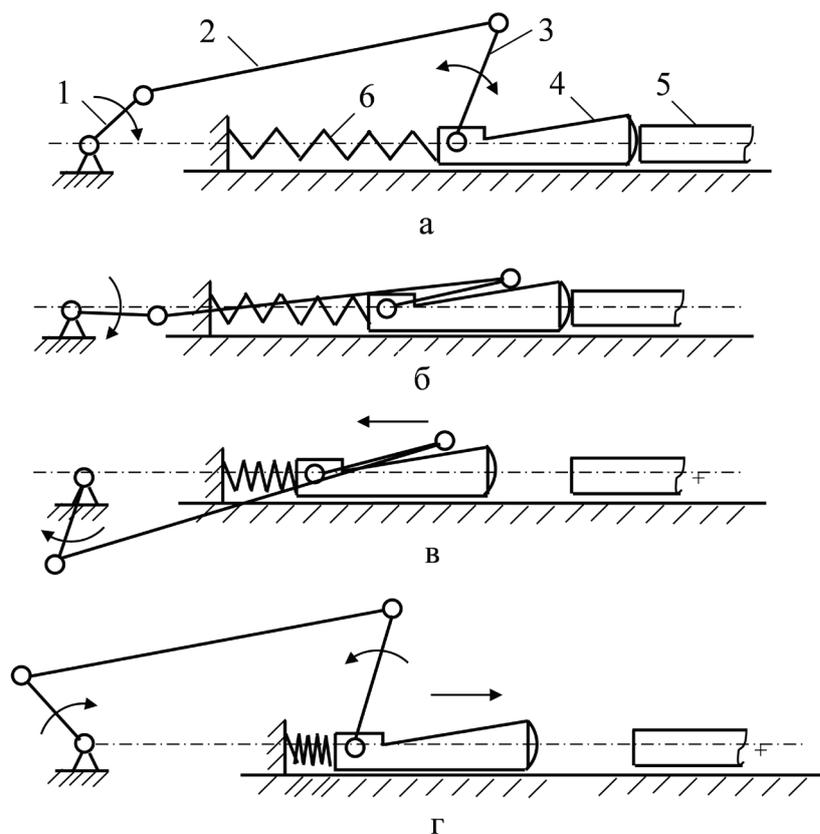


Рисунок 1 – Кривошипно-коромысловый ударный механизм с захватом бойка:
 1 – кривошип; 2 – шатун; 3 – коромысло; 4 – боек; 5 – хвостовик бурового инструмента; 6 – пружина

Такой ударный механизм использовался позже и при разработке бурового автомата МБ02 для бурения скважин на поверхности Марса. Но известные события конца 1980-х годов не позволили осуществить этот эксперимент.

Перспективы использования в буровых автоматах для космических исследований кривошипно-коромысловых ударных механизмов с особыми положениями звеньев. В 1990 г. на базе Отдела механики и горного машиностроения Института автоматики был создан Научно-инженерный центр «Импульс», в котором продолжались исследования шарнирно-рычажных механизмов переменной структуры, используемых в буровых автоматах-информаторах. На основе этих механизмов были созданы безмуфтовые пресс-автоматы «Уста», а затем целый ряд ударных машин с энергией удара от 5 до 1000 Дж. Руководителями этого направления были академик АН Киргизской ССР О.Д. Алимов и д-р техн. наук, профессор С. Абдраимов [11–13].

Эти механизмы, в отличие от предыдущих, не имели пружин для разгона бойка. Они представляли собой шарнирно-рычажный четырехзвенник (рисунок 2, а), состоящий из кривошипа 1, шатуна 2, коромысла 3 и основания AD, соединенных между собой вращательными кинематическими парами. Ударным звеном в этих механизмах является коромысло 3. Особенностью этих механизмов является то, что в них размеры звеньев подобраны таким образом, что в какой-то момент они занимают особое положение, когда все кинематические пары располагаются на одной линии (рисунок 2, а).

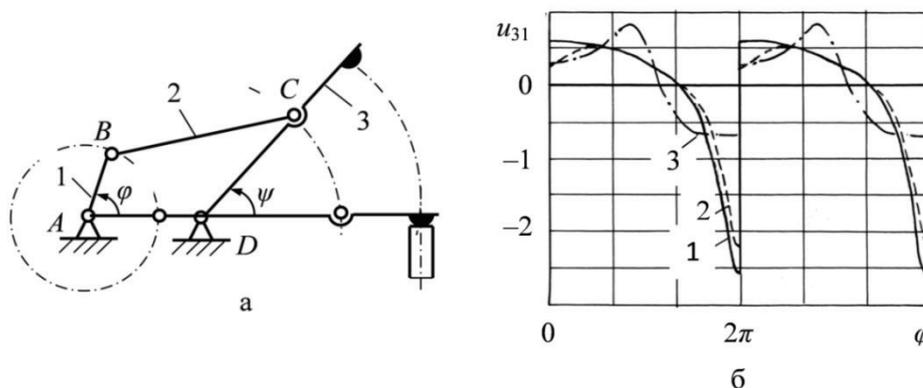


Рисунок 2 – Кинематическая схема кривошипно-коромыслового ударного механизма (а) и передаточные функции первого порядка от кривошипа к коромыслу при различных соотношениях длин звеньев [14]

В этом положении скорость коромысла наибольшая (рисунок 2, б), но возникает неопределённость его движения. Если коромысло не имеет ограничений, то оно продолжает движение по часовой стрелке, а если встречается ограничение в виде бурового инструмента, то ударяет по нему и отскакивает в противоположную сторону. Но при этом передаточная функция первого порядка изменяется скачком от $u_{31}(2\pi)$ до $u_{31}(0)$. При этом в момент удара скорость коромысла, а следовательно, и его энергия, наибольшие. Условимся в дальнейшем называть такие кривошипно-коромысловые ударные механизмы с особыми положениями звеньев механизмами С. Абдраимова, который нашел и применил их для использования в ударных системах.

В зависимости от соотношения длин звеньев кривошипно-коромысловые ударные механизмы делятся на три вида: с наибольшим шатуном, наибольшим коромыслом и наибольшим основанием. В первом случае длины звеньев должны удовлетворять условию: $l_0 - l_1 = l_2 - l_3$, во втором: $l_0 - l_1 = l_3 - l_2$ и в третьем: $l_0 + l_1 = l_2 + l_3$, где l_0 – длина основания; l_1 – длина кривошипа; l_2 – длина шатуна; l_3 – длина коромысла.

Передаточные функции первого порядка от кривошипа к коромыслу для схемы с наибольшим шатуном и наибольшим коромыслом определяются по формуле [14]:

$$u_{31}(\varphi) = \frac{1}{d_1} \left[1 - \lambda_0 + 2\lambda_0 \sin^2(\varphi / 2) + \frac{[2\lambda_0 \sin^2(\varphi / 2) + \lambda_2(\lambda_0 - 1)] \cos(\varphi / 2)}{\sqrt{(\lambda_2 \lambda_3 / \lambda_0) - \sin^2(\varphi / 2)}} \right], \quad (1)$$

а для схемы с наибольшим основанием, по формуле:

$$u_{31}(\varphi) = -\frac{1}{d_2} \left[1 + \lambda_0 - 2\lambda_0 \sin^2(\varphi / 2) + \frac{[2\lambda_0 \sin^2(\varphi / 2) - \lambda_2(\lambda_0 + 1)] \cos(\varphi / 2)}{\sqrt{(\lambda_2 \lambda_3 / \lambda_0) - \sin^2(\varphi / 2)}} \right], \quad (2)$$

где $d_1 = 1 + \lambda_0^2 - 2\lambda_0 \cos \varphi$, $d_2 = 1 + \lambda_0^2 + 2\lambda_0 \cos \varphi$.

На рисунке 2, б представлены передаточные функции первого порядка от кривошипа к коромыслу при наибольшей длине шатуна (кривая 1), наибольшей длине коромысла (кривая 2) и наибольшей длине основания (кривая 3).

К настоящему времени создан и апробирован на практике в промышленных условиях ряд кривошипно-коромысловых ударных машин различного назначения. Это ручные отбойные молотки

с энергией удара до 50 Дж при частоте ударов до 25 Гц, виброударные машины для очистки внутренних поверхностей золошлакопроводов и приемных бункеров угля с энергией удара до 100 Дж при частоте ударов 6–10 Гц, а также мощные молоты с энергией удара до 1200 Дж при частоте ударов 5–8 Гц, навешиваемые на манипулятор экскаватора.

Кривошипно-коромысловые ударные механизмы С. Абдраимова, описанные выше, являются перспективными для использования при создании буровых автоматов-информаторов большей мощности по сравнению с применяемыми ранее для исследования космических тел. Они не требуют пневматики и гидравлики и могут питаться от аккумуляторных батарей или солнечных панелей. Их энергия и частота ударов ограничивается только массой ударного механизма, которая возрастает с увеличением ударной мощности.

Для примера механизм МО-10, построенный по такой схеме, имеет энергию удара 100 Дж при массе механизма вместе с приводом 50 кг. Этот механизм прошел апробацию в производственных условиях при очистке внутренних поверхностей золошлакопроводов и приемных бункеров угля на Бишкекской ТЭЦ. Его энергия превышает энергию автомата станции Луна 24 в 50 раз. При использовании в его корпусных деталях алюминиевых и титановых сплавов можно добиться увеличения энергии удара и ударной мощности в десятки раз по сравнению с ударным механизмом, использованном в буровом автомате ЛБ09 при незначительном увеличении массы.

Коромысло-боек этих механизмов проектируется таким образом, чтобы при ударе ударная нагрузка не передавалась на ось коромысла, что является положительным качеством, поскольку это обеспечивает снижение вибраций бурового автомата. И, наконец, эти ударные механизмы могут использоваться и как информаторы о свойствах буримых пород.

В работе [15] на примере простой динамической модели кривошипно-коромыслового ударного механизма МО-10 с энергией удара 100 Дж и частотой удара до 10 Гц показано, что этот механизм может в процессе бурения давать информацию о свойствах буримых пород через датчики, регистрирующие коэффициент неравномерности хода кривошипа.

Это основано на следующих положениях. На рисунке 2, б видно, что при ударе скорость ударного звена-коромысла при принятой кинематической схеме мгновенно изменяется по величине и знаку. Отношение скорости коромысла после удара к скорости до удара Ю.А. Фокин в работе [16] назвал кинематическим коэффициентом восстановления. Он определяется по формуле:

$$R_k = -u_{31}(0) / u_{31}(2\pi).$$

Физический (Ньютоновский) коэффициент восстановления R определяется, как отношение скорости тела после удара к скорости тела до удара при его свободном падении:

$$R_k = -V_+ / V_-.$$

Если физический коэффициент восстановления скорости коромысла R равен кинематическому коэффициенту восстановления, то кривошип не чувствует удара. Если физический коэффициент восстановления больше кинематического, то кривошип ускоряется, а если меньше, то замедляется.

В работе [15] на основе математического моделирования динамики кривошипно-коромыслового механизма МО-10 получены графики зависимости угловой скорости кривошипа от числа циклов движения механизма (числа ударов) для случаев с различным физическим коэффициентом восстановления скорости коромысла при ударе (рисунок 3).

При моделировании механизм МО-10 имел следующие параметры:

$$u_{31}(0) = 0,680, u_{31}(2\pi) = -3,88, R_k = 0,175,$$

частота вращения кривошипа – 5,83 оборотов в секунду. Длины звеньев механизма: $l_1 = 24$ мм, $l_2 = 75$ мм, $l_3 = 60$ мм, $l_0 = 39$ мм.

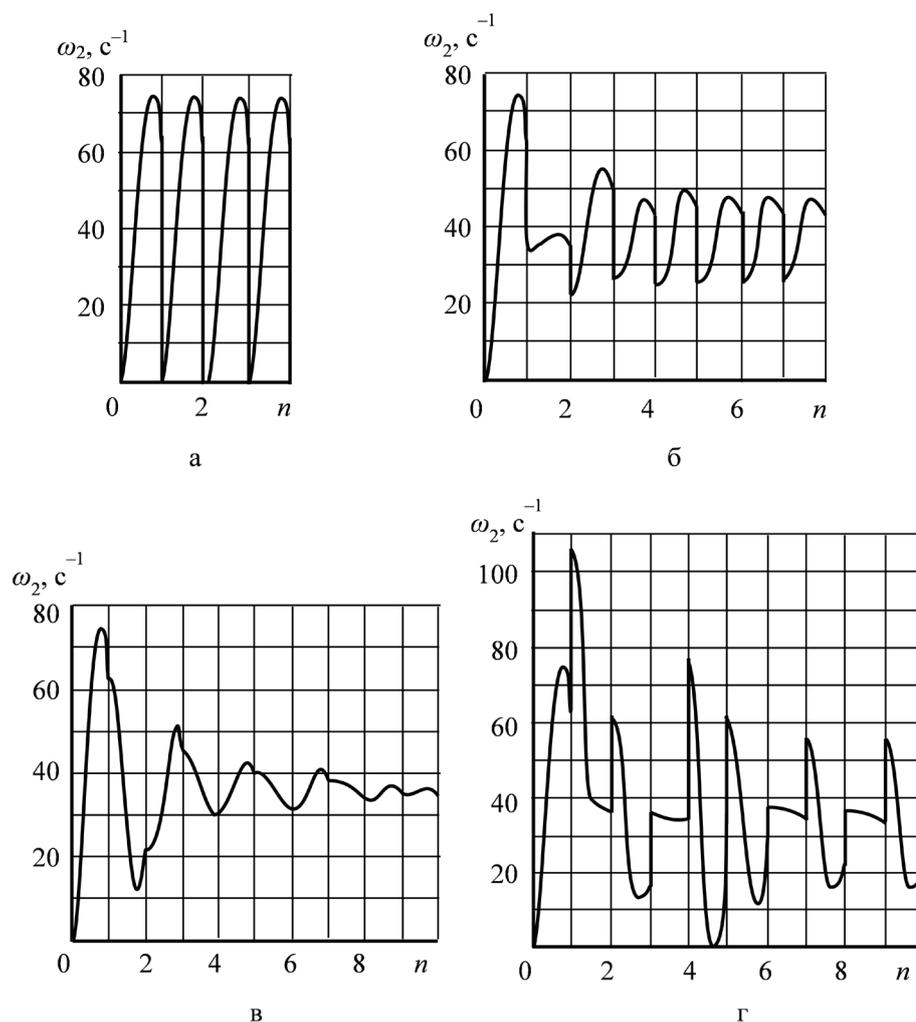


Рисунок 3 – Изменение угловой скорости кривошипа в n циклах движения при различных коэффициентах восстановления скорости коромысла R , равных: а – 0, б – 0,1, в – 0,175, г – 0,3 [15]

На рисунке 3 видно, что при различных значениях коэффициента восстановления R , изменяющихся от 0,1 до 0,3, установившееся движение кривошипа, за исключением первого графика, происходит через 5–6 циклов движения механизма. При частоте ударов 5–6 уд/с это занимает около секунды.

В установившемся движении определялась неравномерность хода кривошипа:

$$\delta = (\omega_{\max} - \omega_{\min}) / \omega_{\text{cp}}; \quad \omega_{\text{cp}} = (\omega_{\max} + \omega_{\min}) / 2,$$

где ω_{\max} , ω_{\min} – максимальное и минимальное значение угловой скорости кривошипа; с^{-1} , ω_{cp} – среднее значение угловой скорости, с^{-1} .

Таблица 1 – Результаты расчета коэффициента неравномерности хода кривошипа при различных значениях физического коэффициента восстановления скорости бойка-коромысла при ударе

Параметры	$R = 0$	$R = 0,1$	$R = R_k = 0,175$	$R = 0,3$
δ	2,0	0,622	0,086	1,02

Полученные результаты отражены в таблице 1.

Из данных таблицы 1 следует, что отклонение коэффициента восстановления скорости коромысла от коэффициента кинематического восстановления в ту или другую сторону, приводит к увеличению коэффициента неравномерности хода кривошипа, а, следовательно, и к увеличению динамических нагрузок на элементы машины.

Но в то же время коэффициент неравномерности хода может использоваться как информационный параметр при бурении скважин на поверхности космических тел. Для этого буровой автомат должен пройти обучение в земных условиях при бурении горных пород различной крепости так, как это делалось с буровым автоматом ЛБ09, чтобы потом путем сравнения коэффициентов неравномерности хода при бурении космических тел можно было говорить об аналогах этих пород на Земле.

Для оценки сравнительной эффективности того или иного решения при создании буровых автоматов для космических исследований целесообразно ввести коэффициенты, равные отношению энергии удара и ударной мощности к массе ударного механизма. Это позволит при заданной массе ударного механизма использовать соответствующую ей максимальную ударную мощность.

Выводы

Развитие буровой техники для исследования состава и свойств поверхности космических тел, а в дальнейшем и строительства различных сооружений на их поверхности, потребует создания буровых автоматов большей мощности по сравнению с используемыми ранее. Такие автоматы могут быть созданы на основе кривошипно-коромысловых ударных механизмов С. Абдраимова с особыми положениями звеньев. Но для практической реализации этого направления необходимы как теоретические, так и экспериментальные исследования этих механизмов с целью выбора наиболее подходящего варианта: с наибольшим шатуном или с наибольшим основанием, который имеет меньшие габариты, меньшие реакции в кинематических парах и наибольшее значение отношения ударной мощности к массе ударного механизма.

Для реализации возможности получать информацию в процессе бурения о составе и свойствах буримых пород по телеметрическим каналам, кривошипный вал ударного механизма должен быть снабжен датчиком угловой скорости. Для последующей расшифровки получаемых сигналов буровой автомат должен пройти обучение в земных условиях при бурении различных по составу и крепости горных пород.

Поступила: 01.09.2023; рецензирована: 15.09.2023; принята: 18.09.2023.

Литература

1. Копылов В.Е. Бурение скважин вне Земли / В.Е. Копылов. М.: Недра, 1977. 160 с.
2. Копылов В.Е. Бурение?... Интересно / В.Е. Копылов. М.: Недра, 1981. 160 с.
3. Алабужев П.М. Экспериментальные исследования динамики работы пневматического бурильного молотка ПМ-508 / П.М. Алабужев, О.Д. Алимов, В.Ф. Горбунов, В.И. Копытов // Исследование бурильных машин. Том 108. М.: Металлургиздат, 1959. С.43–53.
4. Алабужев П.М. Некоторые вопросы исследования соленоидных машин ударного действия / П.М. Алабужев, Е.М. Тимошенко, Н.П. Ряшенцев // Изв. вузов. Горный журнал. 1959. № 2.
5. Алабужев П.М. Выбор параметров электромеханического молотка с задерживающим (или захватывающим) механизмом бойка / П.М. Алабужев // Сб.: Механизмы и машины ударного, вращательного и вращательно-ударного действия. Вып. 1. Новосибирск, 1963. С. 3–12.

6. *Алабужев П.М.* Электромеханический молоток с кулачковым захватывающим механизмом бойка / П.М. Алабужев, А.М. Ярунов // *Электрические ударные машины*. Новосибирск: Наука, 1969. С. 218–219.
7. *Алимов О.Д.* Механические импульсные генераторы с шарнирно-рычажным захватывающим устройством / О.Д. Алимов, В.К. Манжосов, В.П. Филиповский. Фрунзе: Илим, 1975. 148 с.
8. *Алимов О.Д.* Исследование ударного механизма с захватывающим устройством / О.Д. Алимов, В.К. Манжосов, В.П. Филиповский, А.Ф. Лисовский, В.Э. Еремянц // *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*. 1974. № 2. С. 68–72.
9. *Алимов О.Д.* Научно-методические основы синтеза параметров привода буровых машин / О.Д. Алимов, А.В. Фролов. Фрунзе: Илим, 1981. 64 с.
10. *Манжосов В.К.* Крутильные колебания в трансмиссиях буровых машин / В.К. Манжосов, С. Абдраимов, Т.О. Невенчанная. Фрунзе: Илим, 1982. 166 с.
11. *Алимов О.Д.* Теория механизмов с переменной структурой и новые области их применения / О.Д. Алимов, С. Абдраимов // *Изв. АН Кирг. ССР*. 1987. № 2. С. 29–33.
12. *Абдраимов С.* Построение механизмов переменной структуры, исследование их динамики / С. Абдраимов, Т.О. Невенчанная. Фрунзе: Илим, 1990. 175 с.
13. *Абдраимов С.* Шарнирно-рычажные механизмы переменной структуры / С. Абдраимов, М.С. Джуматаев. Бишкек: Илим, 1993. 178 с.
14. *Еремянц В.Э.* К определению передаточных функций кривошипно-коромысловых ударных механизмов / В.Э. Еремянц // *Сб. научных трудов Института машиноведения НАН КР*. Вып. 2. Бишкек: Илим, 2000. С. 79–84.
15. *Еремянц В.Э.* Влияние коэффициента восстановления скорости при ударе на динамику кривошипно-коромысловых машин / В.Э. Еремянц // *Машиноведение*. Научн. техн. журнал. Бишкек, 2017. № 1(5). С. 19–26.
16. *Фокин Ю.А.* Поверхности передаточных отношений и коэффициентов кинематического восстановления скорости / Ю.А. Фокин // *Механизмы переменной структуры и виброударные машины: матер. межд. конф.* Бишкек, 1999. С. 135–144.