

3. **Vorobiev, A.E.** Forecast landscape-geochemical map of mining pollution of Russia [Text] / A.E. Vorobiev // Mining information and analytical bulletin. - M.: MGGU, 2000. - S. 211- 213.
4. **Vorobiev, A.E.** Forecast landscape-geochemical map of mining pollution of Russia [Text] / A.E. Vorobiev // Proceeding of the 2nd International Conference "Environment. Technology. Resources. - Rezekne, 1999. - Pp. 238 - 242.
5. **Vorobiev, A.E.** Regional pollution forecast - opportunities and prospects [Text] / A.E. Vorobiev, S.P. Balashova // Environmental Information Agency (InEkA). - Novokuznetsk: IVF. - No. 3, 1996. - S. 7- 8.
6. **Vorobiev A.E.** Nanoengineering of the fuel and energy complex [Text] / A.E. Vorobiev, A.D. Gladush // T 2. Nanoassociates of rocks and nanominerals. - M.: RUDN, 2019.- 411 p.
7. **Vorobiev, A.E.** Highways as a source of environmental pollution [Text] / [A.E. Vorobiev, V.I. Sarbaev, V.V. Dyachenko, O.S. Shilkov]. - M.: MGIU, 2000. -- 52 p.
8. **Kambiz, Hedayati** Fabrication and characterization of zinc sulfide nanoparticles and nanocomposites prepared via a simple chemical precipitation method [Text] / Kambiz Hedayati, Akbar Zendehnam, Fatemeh Hassanpour // Nanostruct. - 6 (3). - 2016. - Rr. 207 - 212.
9. **Vorobiev, A.E.** Investigation of the influence of dust on the lithosphere and the reduction of dust on technological roads [Text] / A.E. Vorobiev, M.Z. Madaeva, A.A. Khadzhev // Science, Education, Technology, Osh: KUU, 2020, Pp. 11 - 19.

Поступила в редакцию 05.01.2021 г.

УДК 621.01

Абидов А.О.

д.т.н., проф. Ошского технологического универ. им. М.М. Адышева, Кыргызская Республика

Исманов О.М.

ст. преп. Ошского технологического универ. им. М.М. Адышева, Кыргызская Республика

УРУП – БУРУЛУУЧУ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКАЛЫК ПЕРФОРАТОРДУН ТОГОЛОРУНУН РАЦИОНАЛДЫК ПАРАМЕТРЛЕРИН АНЫКТОО

Бул берилген жумушта уруп-бурулуучу кыймылдуу электромеханикалык перфоратору изилденет. Жумуштун максаты уруп-бурулуучу кыймылдуу электромеханикалык перфораторунун звенолорунун рационалдык көрсөткүчтөрүн аныктоо жана кинематикалык схемаларды анализдөө ыкмалары жана уруп-бурулуучу кыймылдуу электромеханикалык перфораторунун звенолорунун жайгашуу планы изилденет. Өткөрүлгөн теориялык изилдөөлөрдүн негизинде бурулуу механизмдин звенолорунун рационалдык көрсөткүчтөрү тандалып алынган. Изилдөөлөрдүн негизинде, бир циклдин ичинде инструменттин бурулуу бурчу 55°ка барабар болгон, шатундун жана коромыслонун рационалдык узундугу 70 жана 30 миллиметрге барабар деп аныкталган жана бурулуу механизмдин звенолорунун параметрлеринин мындай геометриялык катнашы электромеханикалык перфоратордун рационалдык иштөө режимин камсыз кыла алат. Алынган жыйынтыктардын негизинде, уруп-бурулуучу кыймылдуу электромеханикалык перфораторунун иштөө принцибиндеги келечектүү түзүлүшү жана жогорку эффективдүү түзүү жолдору аныкталган. Изилдөөлөрдүн жыйынтыгы, илимий-изилдөө институттарына жана электромеханикалык перфораторлорду иштеп чыгуу, түзүү жана эксплуатациялоо менен алектенген өндүрүштүк ишканаларга сунушталат.

***Негизги сөздөр:** электромеханикалык перфоратор; уруп-бурулуучу механизм; рационалдык параметр; тогоо; коромысло; шатун.*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗВЕНЬЕВ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПЕРФОРАТОРА С УДАРНО-ПОВОРОТНЫМ ДЕЙСТВИЕМ

В данной работе предметом исследования является электромеханический перфоратор с ударно-поворотным действием. Цель работы заключается в определении рациональных параметров звеньев электромеханического перфоратора с ударно-поворотным действием. Используются методы анализа кинематических схем, плана положений звеньев ударного и поворотного механизмов электромеханического перфоратора. В результате проведенных теоретических исследований выбраны рациональные параметры звеньев поворотного механизма. Определено рациональное значение длины шатуна и коромысла, соответственно равными 70 и 30 мм, с углом поворота инструмента за один цикл равным 55° , выявлено, что такое соотношение геометрических параметров звеньев поворотного механизма позволяет обеспечить рациональный режим работы электромеханического перфоратора. Исходя из анализа полученных результатов, выявлены целенаправленные пути создания высокоэффективных и перспективных конструкций электромеханических перфораторов с ударно-поворотными принципами действия. Результаты исследований рекомендуются научно-исследовательским институтам и производственным предприятиям, занимающимся разработкой и созданием, а также эксплуатацией ручных электромеханических перфораторов.

Ключевые слова: электромеханический перфоратор; ударно-поворотный механизм; рациональный параметр; звенья; коромысло; шатун.

DETERMINATION OF RATIONAL PARAMETERS OF ELECTROMECHANICAL PUNCH LINKS WITH SHOCK-TURNING ACTION

In this work, the subject of research is an electromechanical perforator with a shock-rotary action. The purpose of the work is to determine the rational parameters of the links of an electromechanical perforator with a shock - rotary action. Methods of analysis of kinematic diagrams, plan of positions of links of impact and rotary mechanisms of electromechanical perforator are investigated. As a result of the theoretical studies, rational parameters of the links of the rotary mechanism were selected. The rational value of the length of the connecting rod and rocker arm was determined, respectively equal to 70 and 30 mm, with the angle of rotation of the tool in one cycle equal to 55° , it was revealed that such a ratio of the geometric parameters of the links of the rotary mechanism allows providing a rational mode of operation of the electromechanical perforator. Based on the analysis of the results obtained, purposeful ways of creating highly efficient and promising designs of electromechanical perforators with shock-rotary principles of action have been identified. The research results are recommended by a research institute and amanufacturing enterprise engaged in the development and creation, as well as operation of manual electromechanical rock drills.

Keywords: electromechanical perforator; impact-rotary mechanism; rational parameter; links; rocker arms; connecting rod.

Как известно, что электромеханические перфораторы в основном предназначены для бурения и сверления отверстий, пробивки борозд в бетоне, кирпичной кладке и других материалах. Откуда электромеханические перфораторы широко применяются в современной строительной индустрии, а именно в строительном-монтажных и различных слесарно-ремонтных работах.

В конструкцию электромеханических перфораторов заложен ударно-поворотный принцип действия на основе взаимодействия звеньев (кривошип, шатун и коромысло) двух четырехзвенных рычажных механизмов. Для осуществления удара по хвостовику инструмента используется коромысло в особом положении – первого, а для поворота также коромысла, но в обычном режиме - второго из четырехзвенников, расположенных соответственно в ударном и поворотном узлах перфоратора.

Принцип работы электромеханического перфоратора заключается в следующем (рисунок 1). Универсальный электрический коллекторный двигатель 1 через муфту 2 приводит во вращение прямозубые шестерни 3 и 4 цилиндрического редуктора. Второй конец вала шестерни 4 жестко связано с конической шестерней 6. Данная шестерня 6, приводит во вращение коническую шестерню 7, которая одновременно является кривошипом ударного узла перфоратора. Движение от кривошипа-шестерни 7 через шатун 8 передается к коромыслу 9. Последний, за полный оборот кривошипа-шестерни начинают совершать возвратно-качательное движение до линии выстраивания (особое положение) звеньев четырехзвенника ударного узла.

Фиксация звеньев ударного узла в особом положении обеспечивается волноводом 10, следствием восприятия ударного усилия коромысла-бойка 9, препятствуя дальнейшему движению коромысла с технологической неподвижностью, при прикосновении нижней и верхней поверхностей соответственно коромысла и волновода. Ударная волна от волновода передается инструменту 11, так как в процессе работы инструмент за счет усилия оператора находится постоянно в прижатом состоянии с нижним концом волновода. От инструмента 11 ударный импульс передается к обрабатываемому материалу.

Для поворота инструмента электромеханического перфоратора отбор мощности производится через цилиндрический редуктор, т.е. шестернями 5 и 12. Шестерня 5 посажен на валу привода ударного узла, а шестерня 12 посажен на валу привода 13, четырехзвенника поворотного узла. По мере вращения шестерни 12 через вал привод 13 вращается кривошип 14, который соединен с шатуном 15, приводящее в качательное движение коромысло-храповик-кольцо 16. Храповое кольцо 16 с внутренней стороны прямоугольными зубьями входит в зацепление с собачками храпового стержня 17. В результате этого храповая втулка начинает вращаться в заданном направлении [1, с. 132].

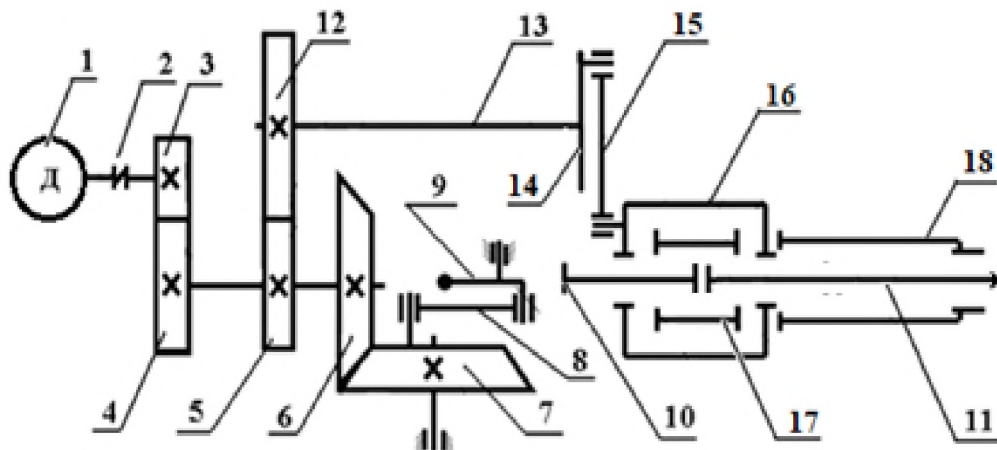
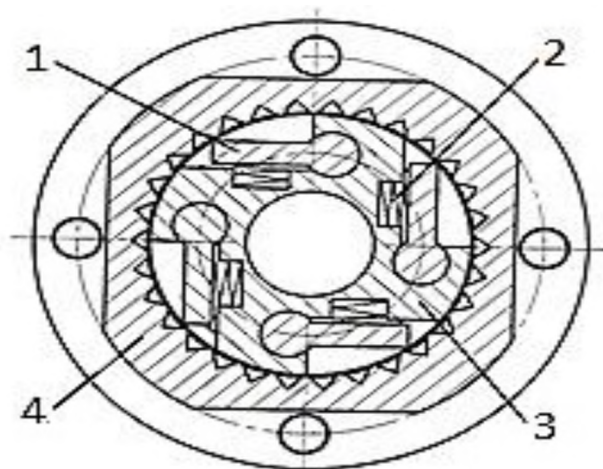


Рисунок 1 - Кинематическая схема электромеханического перфоратора с ударно-поворотным механизмом

В состав поворотного механизма входит храповой механизм, который имеет некоторые конструктивные особенности. Храповой механизм одностороннего действия, представлен на рисунке 2, у которого собачки с прямой гранью зуба.



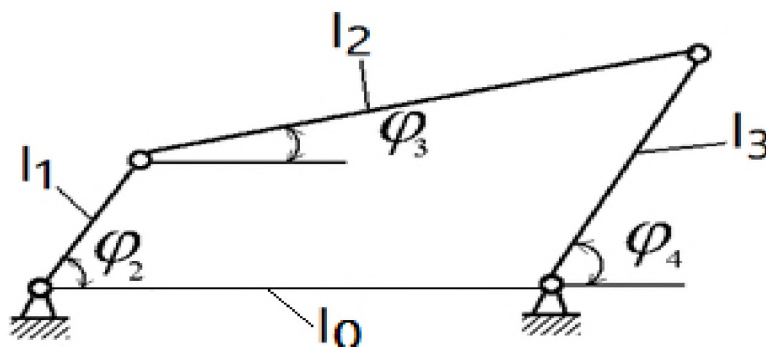
1- собачка; 2- пружина; 3-храповой стержень; 4- храповое кольцо.

Рисунок 2- Храповой механизм

В процессе эксплуатации храпового механизма с прямыми зубьями изнашивается только одна сторона грани зуба собачки, а вторая сторона грани остается не тронутой, это позволяет в последующем поменять рабочую грань на другую. Поэтому в храповом механизме в период эксплуатации каждый отдельно взятый зуб служит два срока [2, с. 14; 3, с. 100].

За полный оборот кривошипа ударного узла осуществляется одновременно удар коромыслом-бойком по торцевой части волновода и поворот инструмента храпового стержня поворотного узла.

В процессе конструирования перфоратора размеры звеньев шарнирного четырехзвенного механизма поворотного узла (рисунок 3) были определены по известным формулам [3, с. 117].



l_1, l_2, l_3 – длины звеньев шарнирного четырехзвенника, соответственно кривошипа, шатуна и коромысла; l_0 – межопорное расстояние; $\varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ - угол поворота, соответственно кривошипа, шатуна и коромысла.

Рисунок 3 - Кинематическая схема шарнирного четырехзвенного механизма

$$u_{42}^2 = \frac{\sin(\varphi_2 - \varphi_3)}{k \sin(\varphi_4 - \varphi_3)}, \quad (1) \quad u_{32}^2 = \frac{\sin(\varphi_2 - \varphi_4)}{k \sin(\varphi_4 - \varphi_3)}, \quad (2)$$

где: $\varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ - угол поворота, соответственно кривошипа, шатуна и коромысла; u_{42} - передаточная функция «коромысло-кривошип»; u_{32} - передаточная функция «шатун-кривошип»; k - отношение длин соответственно коромысла к длине кривошипа.

$$k = \frac{l_3}{l_1}; \quad l = \frac{l_2}{l_1}, \quad (3)$$

где: k и l - отношение длин соответственно коромысла и шатуна к длине кривошипа; l_1, l_2, l_3 - длины звеньев шарнирного четырехзвенника, соответственно кривошипа, шатуна и коромысла.

На рисунке 4 представлены кинематические схемы звеньев поворотного механизма, при постоянном значении длины ведущего звена (кривошипа) $l_1 = 14$ мм и промежуточного звена (шатуна) $l_2 = 70$ мм. При этом, увеличивая длину коромысла l_3 от 25 до 50 мм, были определены соответствующие значения его угла поворота α . Определено, что при $l_3 = 25$ мм, угол поворота коромысла $\varphi_3 = 67^\circ$ (рисунок 2.9, а), а когда $l_3 = 30$ мм, $\varphi_3 = 55^\circ$ (рисунок 2.9, б), при $l_3 = 35$ мм, $\varphi_3 = 47^\circ$ (рисунок 2.9, в), в случае, когда $l_3 = 40$ мм, $\varphi_3 = 41^\circ$ (рисунок 2.9, г). В последующем, при $l_3 = 45$ мм, $\varphi_3 = 36^\circ$ (рисунок 2.9, д), а когда значение $l_3 = 50$ мм, $\varphi_3 = 34^\circ$ (рисунок 2.9, е).

Из рисунка 4 следует, что с увеличением длины коромысла поворотного механизма его угол качения заметно снижается. Поворотный механизм при длине коромысла $l_3 = 30$ мм имеет максимальный угол поворота инструмента. Однако, в процессе испытания перфоратора с коромыслом длиной $l_3 = 25$ мм, и менее в крайних его положениях происходит заклинивание привода поворотного механизма и расшатывание корпуса. При расшатывании корпуса наблюдаются значительные колебания и увеличение нагрузок на опоры звеньев. Это соответственно может привести к поломкам звеньев механизма и других частей перфоратора. Анализ кинематических схем, показанных на рисунке 4 и результаты испытаний показали что, минимальная длина коромысла должна быть 30 мм.

Кроме того, чрезмерное увеличение длины коромысла также нежелателен. Так как, при длине коромысла $l_3 = 50$ мм, поворот инструмента отсутствует. Это связано с конструкцией храпового механизма, который при малом угле поворота его не успевает войти в зацепление с храповой втулкой, так как, для успешной работы храпового механизма необходим качественное зацепление зубьев муфты. Отсюда следует, что при длине коромысла 50 мм и более не обеспечивается поворот инструмента, перфоратор работает в режиме ударника.

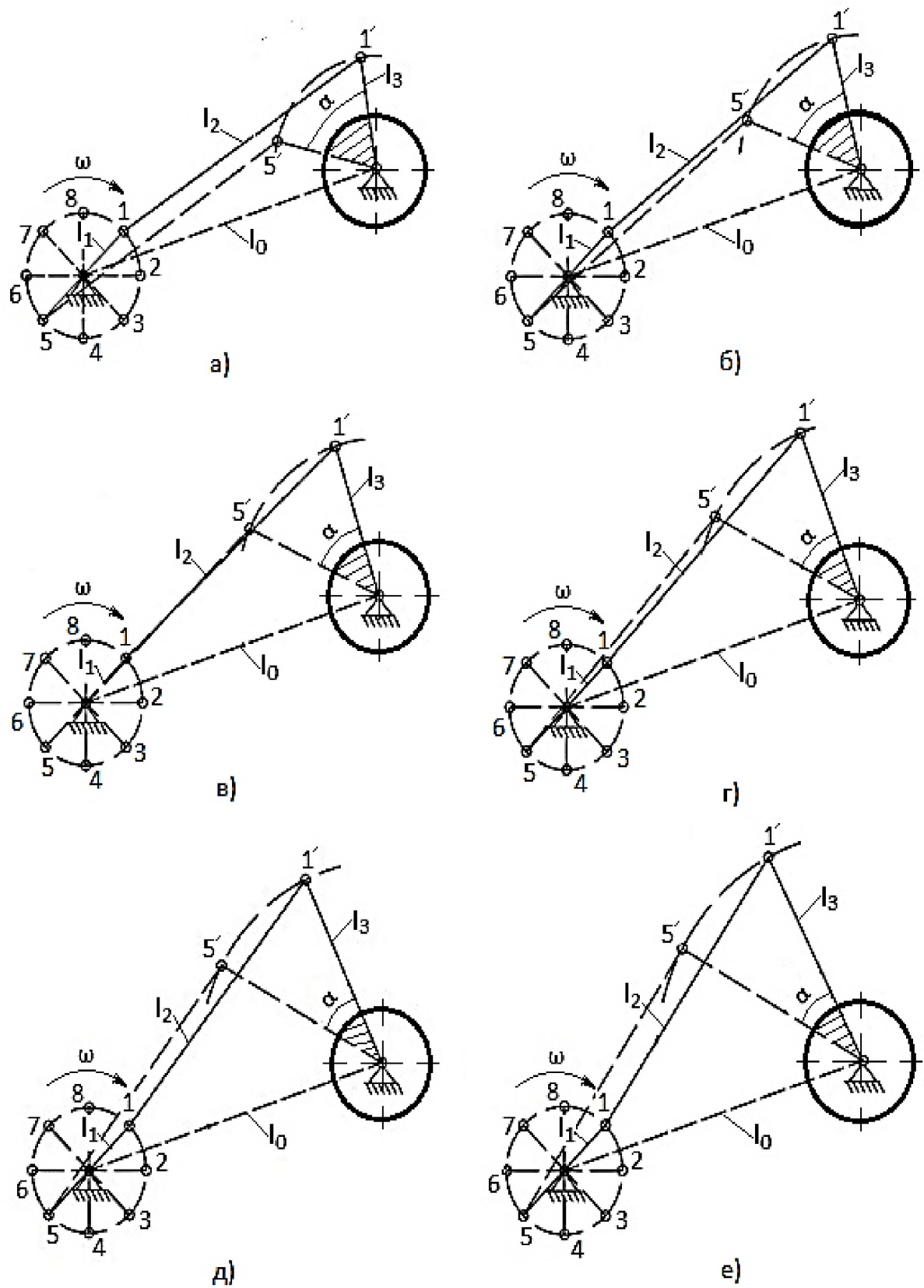


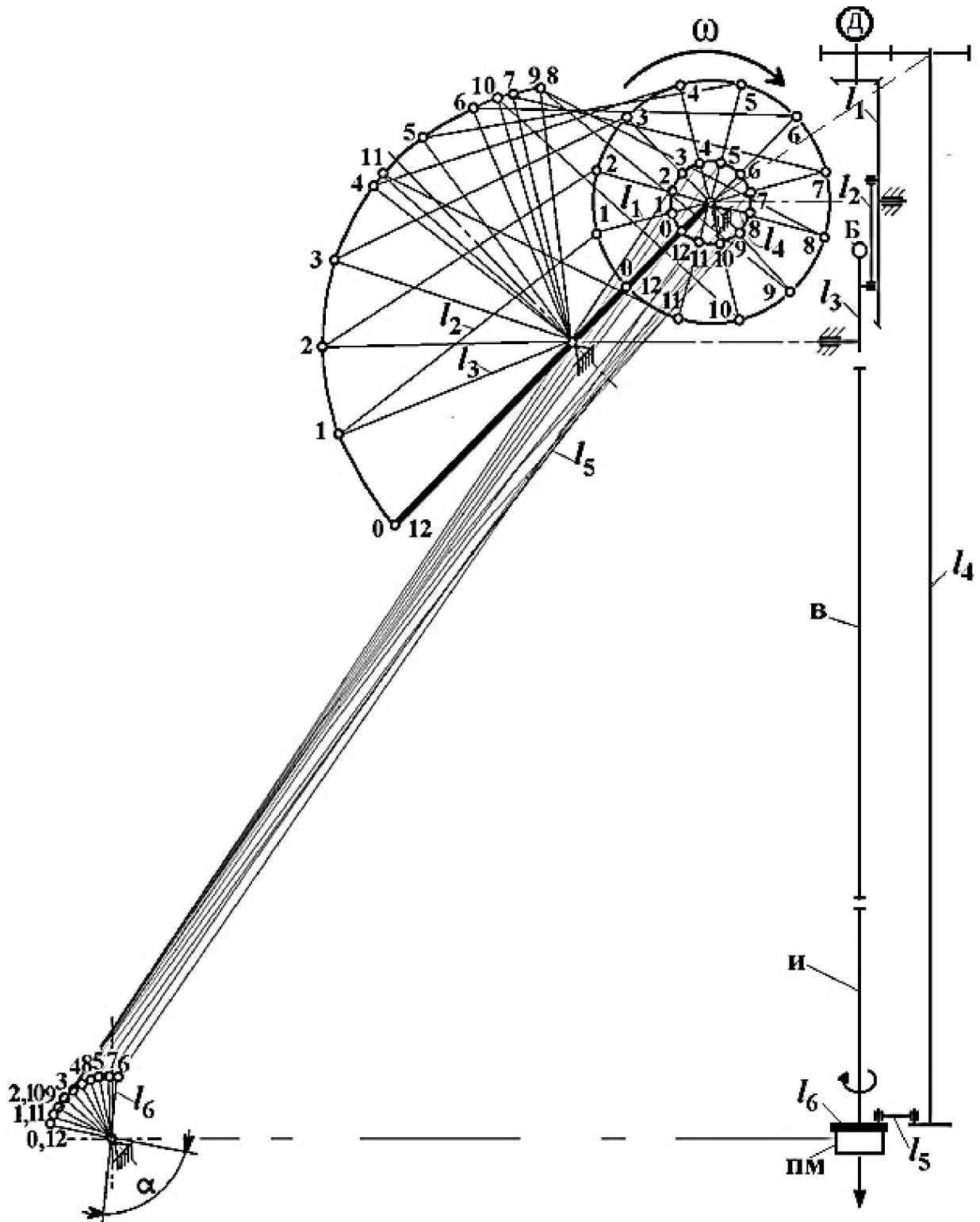
Рисунок 4 – Кинематические схемы поворотного механизма электромеханического перфоратора:
 а) $l_3 = 25 \text{ мм}$; $\alpha = 67^\circ$; б) $l_3 = 30 \text{ мм}$; $\alpha = 55^\circ$; в) $l_3 = 35 \text{ мм}$; $\alpha = 47^\circ$; г) $l_3 = 40 \text{ мм}$; $\alpha = 41^\circ$; д) $l_3 = 45 \text{ мм}$; $\alpha = 36^\circ$; е) $l_3 = 50 \text{ мм}$; $\alpha = 34^\circ$.

На рисунке 5 представлен план положений звеньев ударного и поворотного механизма, в котором наглядно представлены согласованность их работы, т.е. построены кинематические схемы 12 положений звеньев ударного и поворотного механизмов электромеханического перфоратора. Для построения 12 положений, один полный оборот кривошипа l_1 ударного механизма разбивается на 12 равных частей, и через него определяются соответствующие положения шатуна l_2 и коромысла l_3 , и за начало работы ударника принято особое положения механизма переменной структуры. Следует отметить, что в данной схеме направления вращения кривошипа ударного механизма соответствует направлению вращения часовой стрелки.

Принцип работы ударного механизма заключается в следующем. Вращательное движение кривошипа l_1 по указанному направлению движения через шатун l_2 преобразуется в качательное движение коромысла l_3 , которое от точки положения 0 начинает двигаться в сторону точек 8,9. Движение коромысла в этом направлении называется обратным ходом. Положения 9, указывающее об окончании обратного хода, коромысло занимает при повороте кривошипа на угол 270° , который соответствует одной трети его пути. При повороте кривошипа 90° коромысло проходит путь от точки 9 до точки 12, который называется прямым ходом. Следует отметить, что прямой ход коромысла проходит ускоренно. В результате в особом положении ударного механизма, коромысло наносит удар по торцу волновода В. Удар от волновода передается инструменту И, и от нее к обрабатываемому материалу. Далее процесс повторяется [3, с. 109].

Ударный узел электромеханического перфоратора работает совместно с поворотным механизмом (ПМ) следующим образом (рисунок 5). В редукторе шестерня взаимодействует с вал-шестерней, которая посредством шлицевого соединения вращает кривошипный вал l_4 , кривошипно-коромыслового механизма. Вращение кривошипного вала посредством шатуна l_5 преобразуется в качение коромысла l_6 , одновременно являющегося корпусом поворотного механизма. Параметры кривошипно-коромыслового механизма поворота подобраны так, чтобы поворотный механизм, во время рабочего хода, повернул буровой инструмент И на 55° . Причем зацепление шестерен отрегулировано таким образом, чтобы рабочий ход поворотного механизма происходил, когда коромысло-боек двигается в обратном направлении после соударения с волноводом В. Такая настройка совместной работы механизмов удара и поворота позволяет распределить нагрузку на универсальный коллекторный электродвигатель (УКД) перфоратора.

Кроме того, поворотный механизм перфоратора повернет буровой инструмент на угол равной $\alpha = 55^\circ$, что вполне достаточно для обеспечения эффективной работы перфоратора. На практике известно, что для эффективной работы перфораторов ударно-поворотного действия, за один полный оборот буровой инструмент должен производить не менее трех ударов бойком по торцевой части инструмента [4, с. 107].



l_1, l_2, l_3 – длины звеньев шарнирного четырехзвенника, соответственно кривошипа, шатуна и коромысла ударного механизма; l_4, l_5, l_6 – длины звеньев шарнирного четырехзвенника, соответственно кривошипа, шатуна и коромысла поворотного механизма; Б – боек, Д – двигатель; В – волновод; И – инструмент; ПМ – поворотный механизм.

Рисунок 5 - План положений звеньев ударного и поворотного механизма электромеханического перфоратора

При работе рассматриваемого перфоратора за один полный оборот инструмента производится 7 ударов коромыслом ударного механизма по инструменту. Для надежной и долговечной работы такого электромеханического перфоратора с механизмом переменной структуры следует выбирать в качестве рациональных геометрических параметров звеньев поворотного механизма: длину коромысла $l_3 = 30\text{ мм}$, длину кривошипа $l_1 = 14\text{ мм}$ не более, а длина шатуна l_2 может варьироваться в широком диапазоне, так как в данной конструкции она принята из конструкторских соображений, равным 70 мм . Практика показала [5,6,7], что длина шатуна на качественную работу поворотного механизма особо не влияет.

Выводы:

1. На основе проведенных теоретических исследований и испытаний выбраны рациональные значения звеньев поворотного механизма в конструкции ручного электромеханического перфоратора: $l_3 = 30\text{ мм}$ и $l_2 = 70\text{ мм}$;

2. Указанное соотношение длин звеньев поворотного механизма позволяет согласовать работу ударного и поворотного механизмов. При этом угол поворота инструмента за один цикл составляет $\alpha = 55^\circ$;

3. Исходя из вышеизложенного, возникает необходимость создания опытного образца электромеханического перфоратора с выбранными рациональными параметрами. Для определения функциональной работоспособности основных узлов и механизмов электромеханического перфоратора с ударно-поворотным механизмом следует провести лабораторно-экспериментальные исследования.

Список литературы:

1. **Абидов, А.О.** Электромеханический перфоратор с ударно-поворотным механизмом [Текст] / А.О. Абидов, О.М. Исманов // по матер. LVIII межд. науч.- практ. конф. Технические науки – от теории к практике. – Новосибирск: АНС «СибАК», 2016. – №5(53). – С. 128 – 134.
2. **Васильев, В.М.** Перфораторы. Справочник [Текст] / В.М. Васильев.- М.: Недра, 1989. - 216 с.
3. **Артоболевский, И.И.** Теория механизмов и машин [Текст] / И.И. Артоболевский - М.: Наука, 1988. – 639 с.
4. **Кадыркулов, А.К.** Буродарный способ отделения блоков камня перфораторами с ударным механизмом переменной структуры [Текст]: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.05.06. / А.К. Кадыркулов. – Бишкек, 2002. - 186 с.
5. **Абидов, А.О.** Поворотные механизмы [Текст] / [А.О. Абидов, А.К. Кадыркулов, С.Н. Касымбеков и др.] // Наука. Образование. Техника. – Ош: КУУ, 2011. – №3,4. – С. 71 – 74.
6. **Абидов, А.О.** Электромеханический перфоратор ударно-поворотного действия [Текст] / [А.О. Абидов, Э.С. Абдраимов, Ю.А. Фокин и др.] // Наука. Образование. Техника. – Ош: КУУ, 2014. – №4. – С. 81 – 85.
7. **Касымбеков, С.Н.** Особенности конструкции опытного образца ударного механизма переменной структуры [Текст] / С.Н. Касымбеков // Наука. Образование. Техника. – Ош: КУУ, 2019. – №3. – С. 11– 17.

Поступила в редакцию 11.01.2021г.