

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ПЕРФОРАТОР С СОВМЕЩЕННЫМ УДАРНЫМ МЕХАНИЗМОМ И МЕХАНИЗМОМ ПОВОРОТА ИНСТРУМЕНТА

Ураимов М., Еремьянц В.Э.

*Институт машиноведения и автоматики Национальной академии наук
Кыргызской Республики, г. Бишкек*

Ключевые слова: гидравлический перфоратор, ударный механизм, механизм вращения, снижение массы и габаритов, увеличение крутящего момента, способы бурения.

Аннотация. Описано устройство перфоратора с гидравлическим приводом, в котором ударный механизм и механизм поворота инструмента расположены в едином корпусе. Отмечены преимущества разработанного перфоратора по сравнению с существующими, заключающиеся в снижении габаритов и массы перфоратора при увеличении крутящего момента на инструменте. Изложен принцип работы гидравлического поворотного устройства, Приведены схемы разрушения породы при бурении пород различной крепости предлагаемым перфоратором.

HYDRAULIC PERFORATOR WITH COMBINED IMPACT AND MECHANISM ROTATION OF THE TOOL

Uraimov M., Erem'yants V.E.

*Institute of Mechanical Engineering and Automation of the National Academy of
Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek*

Keywords: hydraulic rock drill, percussion mechanism, rotation mechanism, weight and size reduction, increase in torque, drilling methods.

Abstract. A hydraulically driven perforator device is described, in which the percussion mechanism and the tool rotation mechanism are located in a single housing. The advantages of the developed perforator in comparison with the existing ones are noted, which consist in reducing the dimensions and weight of the perforator with an increase in the torque on the tool. The principle of operation of the hydraulic rotary device is stated, the schemes of rock destruction when drilling rocks of various strengths with the proposed perforator are presented.

В горном деле и строительстве широкое применение получили ручные перфораторы, обеспечивающие бурение шпуров и скважин в крепких горных породах. Способ бурения такими перфораторами условно называют ударно-поворотным [1-5]. Но фактически разрушение породы на забое происходит за счет удара, а поворот нужен только для перестановки инструмента на новую позицию. При этом после удара инструмент отскакивает от забоя и для его поворота не нужен большой крутящий момент.

Существующие ручные перфораторы имеют пневматический привод ударного механизма, а поворот инструмента происходит при обратном ходе поршня за счет связанного с ним геликоидального механизма. При больших

усилиях подачи инструмента на забой момент, необходимый для поворота инструмента, возрастает, что приводит к замедлению движения поршня ударного механизма или его полной остановке.

При бурении крепких горных пород бурильными установками обычно используются два способа бурения ударно-поворотный и ударно-вращательный. В последнем случае при повороте инструмента сохраняется его контакт с забоем и происходит срезание породы, ослабленной предшествующим ударом. В этом случае для резания породы требуется относительно большое осевое усилие и крутящий момент на инструменте. Геликоидальный механизм поворота уже не может обеспечить требуемый крутящий момент, поэтому бурильные установки оснащаются раздельными приводами ударного механизма и механизма вращения инструмента.

На определенном этапе развития бурильных машин для горного дела и строительства появились ударные механизмы с гидравлическим приводом. Они быстро завоевали мировой рынок вследствие меньших габаритов и массы по сравнению с пневматическими механизмами при их одинаковой мощности и большего коэффициента полезного действия. Кроме этого механизмы с гидроприводом более безопасны в работе и не загрязняют атмосферу выхлопом отработанного воздуха с частицами масла.

Работы по созданию таких механизмов на протяжении многих лет проводились в Институте машиноведения Национальной академии наук Кыргызской Республики [6-9]. Стремление перевести ручные перфораторы для бурения крепких пород на гидравлический привод привели к разработке перфоратора с гидравлическим механизмом поворота инструмента, расположенным в одном корпусе с ударным механизмом [10-13].

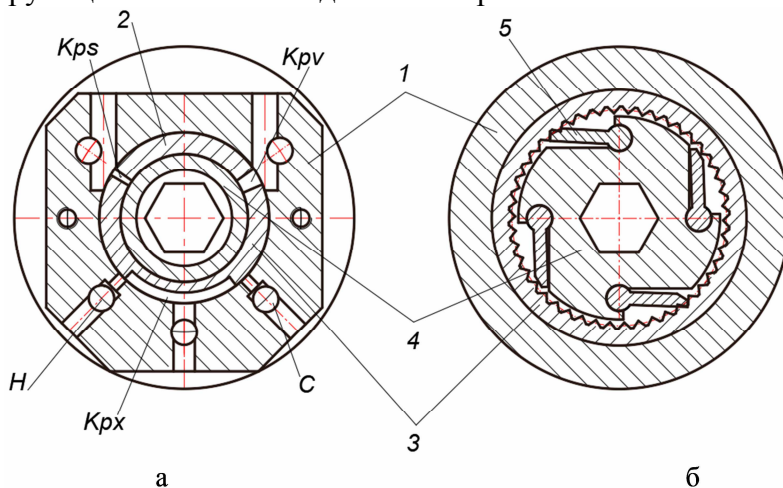
Такой перфоратор при значительно большем крутящем моменте на инструменте обладает при одинаковой мощности меньшими габаритами и массой по сравнению с пневматическими перфораторами, большим коэффициентом полезного действия, не требует использования громоздких компрессорных станций и не загрязняет окружающую среду выхлопом отработанного воздуха. Экспериментальный образец такого перфоратора был изготовлен и испытан в Институте машиноведения НАН КР [12] (рис. 1). Результаты испытаний подтвердили эффективность заложенного в него принципа работы.

Конструктивная схема механизма поворота бурового инструмента этого перфоратора представлена на рисунке 2. Он состоит из корпуса 1, в центральной части которого размещены неподвижный статор 2, поворотная втулка 3 и ротор 4. Поворотная втулка и ротор размещены в корпусе 1 с возможностью поворота вокруг их общей продольной оси. Поворотная втулка выполнена ступенчатой. Её передняя часть малого диаметра (рис. 2,а) имеет вырез вдоль оси вращения, задняя часть, имеющая больший диаметр (рис. 2,б), выполнена в виде зубчатого колеса с внутренним зацеплением.



Рис. 1. Экспериментальный образец гидравлического перфоратора ударно-поворотного действия на стенде

Ротор также выполнен ступенчатым. Его центральная часть имеет шестигранное отверстие, в которое вставляется хвостовик бурового инструмента. В задней части ротора, имеющей больший диаметр (рис. 2,б), выполнены гнезда для установки подпружиненных собачек 5. Таким образом, поворотная втулка и ротор с собачками образуют храповой механизм для передачи крутящего момента в заданном направлении.



1 – корпус, 2 – статор, 3 – поворотная втулка, 4 – ротор, 5 – собачка
Рис. 2. Схема механизма поворота гидравлического перфоратора

Каналы, соединяющие камеры управления поворотной втулкой K_{ps} и K_{pv} , с ударным механизмом, в зависимости от положения поршня-ударника, через соответствующие каналы в нем, могут быть соединены с напорной или сливной магистралями. При этом, если один из каналов соединен с напорной магистралью, то второй канал всегда соединен со сливной магистралью. Благодаря этому, если одна из камер управления поворотной втулки соединена с напорной магистралью, то вторая камера соединена со сливной магистралью и наоборот.

Принцип работы механизма поворота инструмента заключается в следующем. При подаче давления в одну из его камер, например в камеру K_{ps} , поворотная втулка поворачивается против часовой стрелки. При этом собачки храпового механизма не входят в зацепление с зубьями, нарезанными по внутреннему диаметру задней части поворотной втулки и крутящий момент не передается к ротору.

При подаче жидкости в камеру K_{pv} , поворотная втулка поворачивается по часовой стрелке. При этом, подпружиненные собачки входят в зацепление с зубьями поворотной втулки, и через них крутящий момент передается к ротору и далее к буровому инструменту.

Особенностью данного перфоратора является то, что величина крутящего момента не связана с энергией удара ударного механизма, как это наблюдается в перфораторах с геликоидальным механизмом поворота бурового инструмента. Величина крутящего момента, при прочих равных условиях, зависит только от площади торца поворотной втулки, на который действует давление жидкости. Благодаря этому, крутящий момент, развиваемый на буровом инструменте, может достигать значительных величин, сопоставимых с крутящим моментом бурильных машин ударно-вращательного и вращательно-ударного действия, обеспечивающим срезание слоя породы.

Таким образом, в зависимости от усилия подачи инструмента на забой данный перфоратор может обеспечивать как ударно-поворотное, так и ударно-вращательное бурение крепких пород, а для пород средней крепости и вращательно-ударное бурение.

На рисунке 3 представлены диаграммы изменения скорости V , угла поворота бурового инструмента φ и глубины внедрения бурового инструмента в течение одного цикла работы пневматического перфоратора с геликоидальным механизмом поворота бурового инструмента (позиция а) и гидравлического перфоратора (позиции б-г), построенные при различных значениях усилия прижатия бурового инструмента к забою.

На этом рисунке φ_c – угол поворота бурового инструмента за один цикл, h_y – глубина внедрения бурового инструмента под действием удара, h_c – глубина внедрения при повороте бурового инструмента.

При бурении перфораторами с геликоидальным механизмом поворот бурового инструмента происходит в течение всего периода холостого хода (рис. 3,а). За это время буровой инструмент поворачивается на угол φ_c . При последующем ударе глубина внедрения бурового инструмента в породу составляет h_v .

В процессе работы гидравлического перфоратора, характер протекания рабочего процесса зависит от величины усилия прижатия бурового инструмента к забою. В случае, когда это усилие минимальное (рис. 3,б) разрушение породы происходит под действием удара. Перед следующим ударом долото поворачивается вокруг своей оси на некоторый угол φ_c . В этом случае реализуется ударно-поворотное бурение. Внедрение бурового

инструмента в породу на глубину h_v происходит под действием ударной нагрузки.

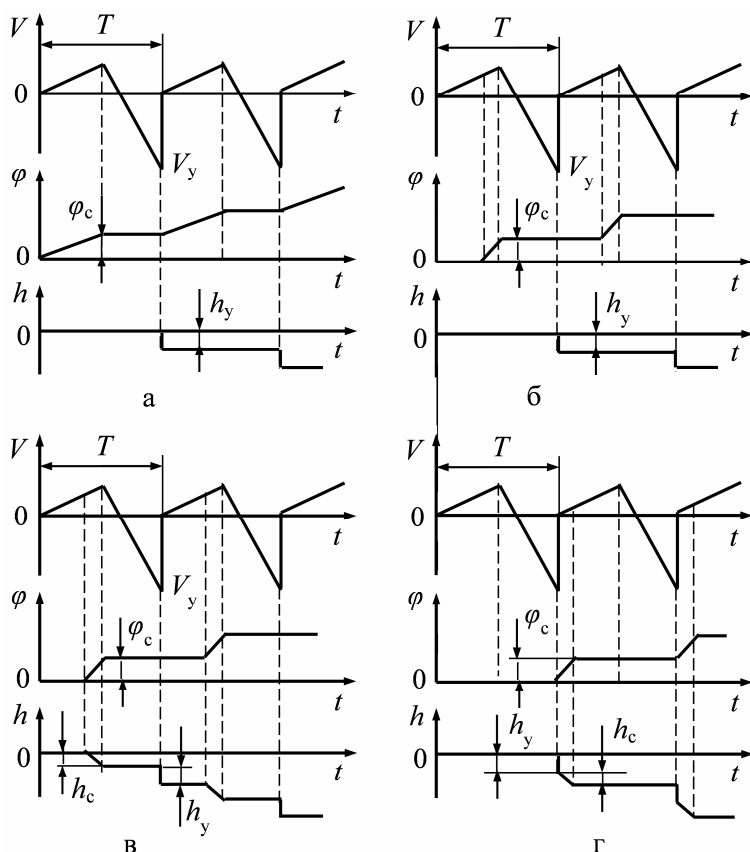


Рис. 3. Диаграммы изменения скорости поршня-ударника V , угла поворота φ и глубины внедрения инструмента в породу h от времени t для пневматического перфоратора (а), гидравлического перфоратора при минимальном (б), максимальном (в) усилии прижатия и максимальном усилии прижатия с поворотом инструмента в конце рабочего хода поршня (г)

При увеличении усилия прижатия бурового инструмента (рис. 3,в) во время движения поршня-ударника буровой инструмент остается неподвижным и прижатым к забою. При достижении поршнем-ударником точки переключения действующих на него сил с холостого хода на рабочий, на буровой инструмент действует крутящий момент. Под действием этого момента буровой инструмент поворачивается на угол φ_c , срезая породу на глубину h_c , как при ударно-вращательном или вращательно-ударном способе бурения. В конце рабочего цикла поршня-ударника под действием ударной нагрузки буровой инструмент внедряется в породу на глубину h_y .

В конструкции перфоратора предусмотрена возможность поворота бурового инструмента как в конце холостого хода (рис. 3,б,в), так и в конце рабочего хода поршня-ударника (рис. 3,г). В этом случае поворот бурового инструмента происходит после нанесения удара по его торцу. Под действием

ударной нагрузки буровой инструмент внедряется в породу на глубину h_y . После этого осуществляется его поворот. При повороте буровой инструмент срезает слой породы на глубину h_c .

Таким образом, вне зависимости от конструктивного исполнения механизма поворота инструмента, за один рабочий цикл буровой инструмент внедряется в породу на глубину $h = h_c + h_y$.

Но при этом сохраняется разница между бурильными машинами вращательно-ударного бурения и перфоратором с резанием. В первом случае вращение инструмента непрерывное, во втором случае – вращение прерывистое, с остановками.

Следует отметить, что величину угла поворота бурового инструмента можно изменять, ограничивая сектором забоя, который был раздроблен или ослаблен при ударе. Для пневматических перфораторов величина этого угла в зависимости от крепости буримой породы составляет 9-16 градусов. При этом количество ударов за один оборот бурового инструмента составляет 24-40 ударов.

По данным исследований [6] для гидравлических бурильных машин вращательно-ударного действия, этот показатель рекомендуется принимать при бурении пород крепостью 10-14 по шкале М.М. Протодяконова и диаметре шпуров 28-43 мм в пределах 16-17 ударов на один оборот. При этом угол поворота бурового инструмента равен 21-22,5 градусов. Для более крепких пород этот угол может быть уменьшен до 15-16 градусов.

В дальнейшем планируется проведение более широких исследований процессов бурения предлагаемым перфоратором шпуров в горных породах. Целью этих исследований является определение рациональных углов поворота инструмента и осевого усилия подачи при бурении пород различной крепости.

Список литературы

1. Остроушко И.А. Бурение твердых горных пород. – М.: Недра, 1966. – 291 с.
2. Иванов К.И., Варич М.С., Дусев В.И., Андреев В.Д. Техника бурения при разработке месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1974. – 408 с.
3. Иванов К.И., Латышев В.А., Андреев В.Д. Техника бурения при разработке месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1987. – 272 с.
4. Медведев И.Ф. Режимы бурения и выбор буровых машин. – М.: Недра, 1986. – 223 с.
5. Васильев В.М. Перфораторы. Справочник – М.: Недра, 1989. – 216 с.
6. Басов С.А. Основные показатели гидравлических вращательно-ударных механизмов бурильных машин. – Фрунзе: Илим, 1986. – 124 с.
7. Алимов О.Д., Басов С.А. Гидравлические виброударные системы. М.: Наука, 1990. – 352с.
8. Ураимов М., Султаналиев Б.С. Гидравлические молоты. Основы создания, обобщение опыта производства и эксплуатации гидравлических молотов «Импульс». – Бишкек: Илим, 2003. – 240 с.
9. Еремьянц В.Э., Ураимов М., Султаналиев Б.С. Повышение долговечности гидравлических ударных машин. – Москва: РУСАЙНС, 2019. – 206 с.
10. Патент КР №2142. Гидравлический перфоратор / Ураимов М., Квитко С.И. – Приоритет 06.04.2018.

11. Ураимов М., Еремьянц В.Э., Квитко С.И. Механизм дискретного поворота инструмента гидравлического перфоратора // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – 2018. – Т.5, №1. – С. 284-289.
12. Ураимов М. Сартбаев М.С. Конструктивные особенности и результаты предварительных испытаний перфоратора без распределителя // Машиноведение, Имаш НАН КР. – 2019. – №1(9). – С. 73-81.
13. Ураимов М. Конструктивные особенности гидравлического перфоратора для бурения шпуров ударно-поворотным способом // Машиноведение, Имаш НАН КР. – 2020. – №1(11). – С. 98-105.

References

1. Ostroushko I.A. Drilling hard rock. – Moscow: Nedra, 1966. – 291 p.
2. Ivanov K.I., Varich M.S., Dusev V.I., Andreev V.D. Drilling technique in the development of mineral deposits. – M.: Nedra, 1974. – 408 p.
3. Ivanov K.I., Latyshev V.A., Andreev V.D. Drilling technique in the development of mineral deposits. – M.: Nedra, 1987. – 272 p.
4. Medvedev I.F. Drilling modes and selection of drilling machines. – M.: Nedra, 1986. – 223 p.
5. Vasiliev V.M. Perforators. Handbook. – M.: Nedra, 1989. – 216 p.
6. Basov S.A. The main indicators of hydraulic rotary-shock mechanisms of drilling machines. – Frunze: Ilim, 1986. – 124 p.
7. Alimov O.D., Basov S.A. Hydraulic vibro-impact systems. – M.: Science, 1990. – 352 p.
8. Uraimov M., Sultanaliev B.S. Hydraulic hammers. Fundamentals of creation, generalization of experience in the production and operation of hydraulic hammers "Impulse". – Bishkek: Ilim, 2003. – 240 p.
9. Erem'yants V.E., Uraimov M., Sultanaliev B.S. Improving the durability of hydraulic impact machines. – M.: RUSAYNS, 2019. – 206 p.
10. Patent No.2142 KR. Hydraulic rock drill / Uraimov M., Kvitko S.I. – Priority 06.04.2018.
11. Uraimov M., Erem'yants V.E., Kvitko S.I. The mechanism of discrete rotation of the hydraulic rock drill tool // Fundamental and applied problems of mining sciences. – 2018. – Vol. 5, No.1. – P. 284-289.
12. Uraimov M., Sartbaev M.C. Design features and results of preliminary tests of a perforator without a distributor // Mashinovedenie, Imash NAS KR. – 2019. – №1(9). – P.73-81.
13. Uraimov M. Design features of a hydraulic rock drill for drilling boreholes by a percussion-rotary method // Mashinovedenie, Imash NAS KR. – 2020. – №1(11). – P. 98-105.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Ураимов Мамасабыр – доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией, uraimov47@yandex.com	Uraimov Mamasabyr – doctor of technical sciences, professor, head of the Laboratory of the, uraimov47@yandex.com
Еремьянц Виктор Эдуардович – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, eremjants@inbox.ru	Erem'yants Victor Eduardovich – doctor of technical sciences, professor, chief researcher, eremjants@inbox.ru
Институт машиноведения и автоматизации Национальной академии Кыргызской Республики, г. Бишкек, Кыргызская Республика	Institute of Mechanical Engineering and Automation of the National Academy of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyz Republic

Получена 04.01.2021