

*С. Е. Алексеев<sup>1\*</sup>, В. Кубанычбек<sup>1</sup>*

## **Инструмент для проходки скважин прямоугольного сечения**

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт горного дела им. Н. А. Чинакала» СО РАН, г. Новосибирск,  
Российская Федерация  
\*e-mail: Alex@misd.ru

**Аннотация.** Показано влияние формы скважины на технологию проводимых работ. Представлен новый способ ударного бурения, позволяющий за счет энергии удара осуществлять разрушения породы на забое и поворот породоразрушающего инструмента в продольной плоскости, что позволяет обрабатывать всю площадь забоя без привлечения дополнительных устройств. Рассмотрена конструкция ударных устройств, приведены результаты исследований, определены их параметры.

**Ключевые слова:** скважина, забой, породоразрушающий инструмент, удар, пневмоударник

*S. E. Alekseev<sup>1\*</sup>, V. Kubanychbek<sup>1</sup>*

## **Drilling tool for boreholes of rectangular cross-section**

<sup>1</sup> Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk,  
Russian Federation  
\*e-mail: Alex@misd.ru

**Abstract:** The shape of a borehole influences a drilling technology. The new method of percussive drilling enables bottomhole rock fracture with rotation of the rock-breaking tool in the fore-and-aft plane, which allows embracing the whole bottomhole area without extra tools involved. The article describes the rock-breaking tool design and design variables, and reports the findings of investigation.

**Keywords:** borehole, bottomhole, rock-breaking tool, impact, air drill hammer

### ***Введение***

Развитие технологий проведение горных работ влечет за собой создание новых или совершенствование существующих машин и инструмента для проведения этих работ.

При образовании разгрузочных щелей в горном массиве производят бурение параллельных скважин вдоль создаваемой щели на определенном расстоянии друг от друга, зависящем от напряжения в массиве, и разрушают перемычки между скважинами [1, 2]. Бурение скважин вытянутой формы позволяет уменьшать количество скважин, делает процесс образование щели более рациональным.

Отбойку (отделение) горной массы от основного массива взрывным способом при подземной разработке рудных месторождений можно осуществлять горизонтальными, вертикальными и наклонными слоями с параллельным, веерным, параллельно-сближенным (пучковым) или параллельно-сопряженным расположением скважин [3].

Для создания нужного расположения скважин существует опасность отклонения их траектории при бурении. Выход – бурение двух параллельно-сопряжённых скважин заменить бурением одной скважины удлинённой формой в поперечном сечении

### *Принцип бурения*

Способ ударного бурения обладает наименьшей энергоемкостью разрушения пород средней и высокой крепости, позволяет снизить энергозатраты при производстве работ, дает возможность применения более легкого оборудования. Для концентрации ударного воздействия на забое скважины, на величину достаточную для разрушения буримой породы, используют породоразрушающие вставки – инденторы или лезвия. Для поражения всей площади забоя необходимо их перемещение. Наиболее известен ударно-вращательный способ бурения, при котором бурят скважины круглого сечения. Предложен способ ударного бурения, где породоразрушающий инструмент совершает возвратно-поворотное движение в продольной плоскости (рис. 1) [4]. При этом возможно образование скважин некруглой формы в поперечном сечении.

Ударное воздействие смещено от центра на боковые части породоразрушающего инструмента и создает крутящий момент, который стремится повернуть породоразрушающий инструмент в продольной плоскости. При этом происходит разрушение породы на забое, а также перемещение породоразрушающего инструмента вдоль продольной оси и его поворот. Это обеспечивает углубление скважины. При совершении сложного движения породоразрушающего инструмента, его инденторы наносят косонаправленные удары по породе, что значительно снижает энергоемкость ее разрушения за счет более активного процесса трещинообразования и большего объема выкола.

Возможность сочетания ударного воздействия как для разрушения породы, так и для перемещения породоразрушающего инструмента позволяет ограничиться только прижимом бурового снаряда к забою и для этого использовать легкое и простое оборудование, что, в свою очередь, снижает его металлоемкость, делает комплект оборудования более мобильным, дает возможность его использования в труднодоступных местах, удешевляет производство работ.

Изменение режима работы ударных устройств позволяет включать одно из ударных устройств на более продолжительное время относительно другого, за счет чего возможно искривление траектории скважины и, тем самым, осуществление направленного бурения. Снижение внешнего воздействия на буровой снаряд дает возможность более крутого изменения траектории движения.

Породоразрушающий инструмент можно прижимать к забою силой, возникающей при ударе ударного устройства, упертого в распорное устройство, расположенное внутри скважины. В этом случае нет необходимости в располагаемом вне скважины оборудовании для прижима, а буровой снаряд будет бесштанговым и самоходным, обладающим большой степенью автономности.

При проходке скважины одно из двух ударных устройств 2 (фиг. 1) включают и наносят удары по породоразрушающему инструменту 1 с выпуклой за-

бойной частью, который прижимают к забою до нанесения ударов, по его боковой части. При этом породоразрушающий инструмент 1 совершает сложное движение вперед с одновременным поворотом в продольной плоскости на угол, обеспечивающий перемещение выпуклой забойной части породоразрушающего инструмента на расстояние, равное или большее расстояния между лезвиями или инденторами породоразрушающего инструмента 1 для полного поражения площади забоя. При этом движении индентеры передают на забой косо направленные удары, которые обеспечивают интенсивное разрушение породы. При повороте породоразрушающего инструмента 1 происходит обработка всей площади забоя без необходимости осевого вращения бурового снаряда. При дальнейшем движении работающее ударное устройство 2 занимает положение в скважине, при котором связанный с ним переключатель 3 подвижным концом своего золотника упирается во внутреннюю поверхность салазок 4, скользящих по скважине. При достижении крайнего положения, с использованием энергии энергоносителя, воздействующего на золотник, переключают ударные устройства 2: первое выключают, а другое включают и наносят им удары с его стороны по другой боковой части. Работа происходит аналогично работе при включенном первом ударном устройстве 2. При попеременном включении ударных устройств породоразрушающий инструмент 1 совершает возвратно-поворотное движение. При необходимости изменить направление скважины по управляющему рукаву 5 на переключатель 3 подают сигнал для изменения времени работы одного ударного устройства 2 относительно другого, что приведет к изменению направления скважины.

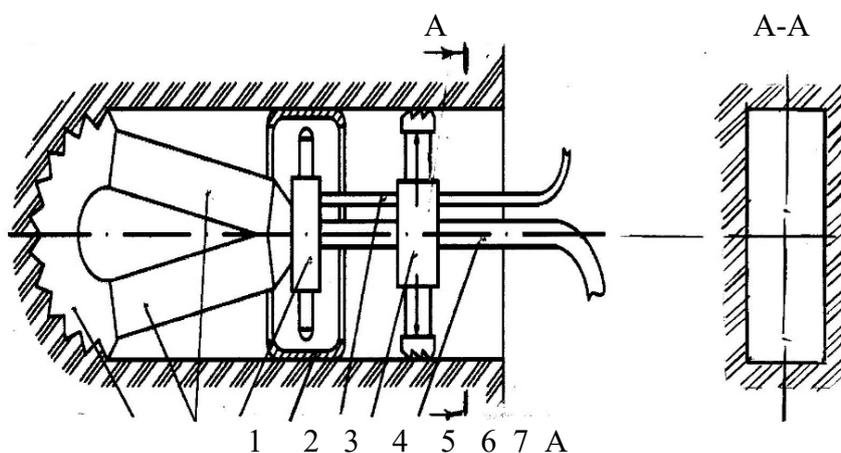


Рис.1. Схема бурового устройства.

1 – породоразрушающий инструмент; 2 – ударное устройство; 3 – переключатель; 4 – салазки; 5 – управляющий рукав; 6 – распорное устройство; 7 – питающий рукав.

Для повышения автономности бурового снаряда с использованием предлагаемого способа внутрь скважины вводят распорное устройство 6, являющееся упором ударных устройств 2 для восприятия реакции на их корпуса при образо-

вании ударного импульса. В этом случае породоразрушающий инструмент 1 прижимают к забою скважины и осуществляют разрушение породы за счет силы, образующейся при ударе, а периодические удары по корпусу обеспечивают перемещение бурового снаряда в скважине вперед. В этом случае нет необходимости в располагаемом вне скважины оборудовании для прижима, а буровой снаряд будет бесштанговым и самоходным, обладающим большой степенью автономности.

### *Объект исследования*

Для проверки возможности необходимого перемещения породоразрушающего инструмента был изготовлен экспериментальный образец из стали 18ХГТ с цементацией (рис. 2). Твердость поверхности 60 HRC<sub>3</sub>.



Рис.2. Экспериментальный образец породоразрушающего инструмента для проходки скважин прямоугольного сечения.

Размеры ударных устройств ограничены боковыми стенками скважины, поэтому для их проектирования может быть использована схема малогабаритного пневмоударника (рис. 3) [5-7].

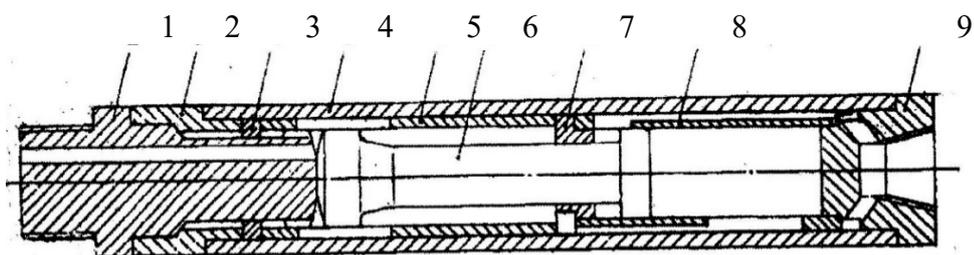


Рис. 3. Схема малогабаритного пневмоударника

1 – наковальня; 2 – букса; 3 – переднее разрезное кольцо; 4 – цилиндр; 5 – передняя гильза; 6 – боёк; 7 – заднее разрезное кольцо; 8 – задняя гильза; 9 – переходник

Во время работы в зависимости от положения бойка 6 происходит периодический впуск в торцевую камеру прямого хода, образованную между задней

гильзой 8, бойком 6 и переходником 9 и, в связанную с нею кольцевую камеру прямого хода, а через кольцевую камеру прямого хода осуществляется периодический выхлоп из нее через пазы в передней гильзе 5 и далее через канал в наковальне 1. Во время опорожнения камеры прямого хода, сила, действующая на боек 6 со стороны камеры обратного хода постоянного давления, становится преобладающей, за счет чего осуществляется холостой ход. Совершая возвратно-поступательное движение, боек 6 в конце каждого рабочего цикла наносит удар по торцу наковальни 1.

По данной схеме были спроектирован и изготовлен малогабаритный пневмоударник (рис.4). Боек машины был изготовлен и термически обработан по технологии кафедры «Материаловедение в машиностроении» НГТУ [8-10].

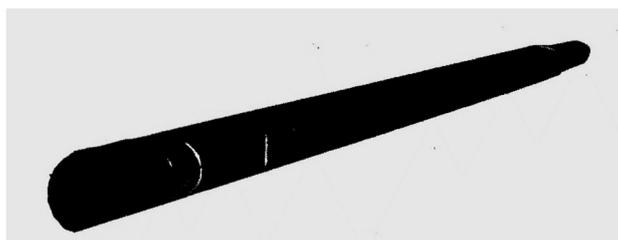


Рис. 4. Экспериментальный образец малогабаритного пневмоударника

### *Методы исследования*

Проверка породоразрушающего инструмента осуществлялась на бетонном блоке лабораторного корпуса путем нанесения серии ударов по краям инструмента.

На буровом станке СБП на испытательной площадке экспериментальной базы ИГД СО РАН «Зеленая горка» были определены параметры малогабаритного пневмоударника (рис. 5) [11-13].



Рис. 5. Экспериментальное определение параметров малогабаритного пневмоударника

## Результаты исследований

Попеременно по краям инструмента наносились серии ударов, под действием которых происходило разрушение породы и поворот инструмента в продольной плоскости. След внедрения представлен на рис. 6.



Рис. 6. След внедрения породоразрушающего инструмента в бетон

В процессе исследований малогабаритного пневмоударника сняты диаграммы давлений в рабочих камерах при давлении в магистрали 0,6 Мпа (рис.7).

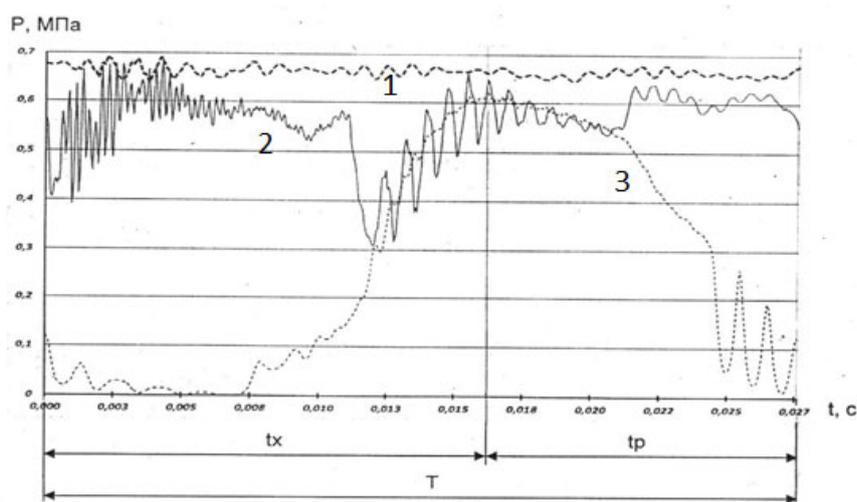


Рис. 7. Диаграммы давлений в камерах малогабаритного пневмоударника 1 – давление в питающей магистрали; 2 – давление в камере обратного хода; 3- давление в камере прямого хода;  $T$  – время рабочего цикла.  $t_x$  - время обратного хода;  $t_p$  – время прямого хода.

При обработке диаграмм по известной методике [14] были определены основные энергетические параметры пневмоударника: энергия удара – 8,4 Дж, частота ударов – 2136,7 мин<sup>-1</sup>, ударная мощность – 300 Вт.

## Заключение

Использование данного породоразрушающего инструмента позволяет за счет энергии удара разрушать породу в контакте с лезвиями и изменять положение лезвий, что делает возможным поражение всей площади забоя без использо-

вания дополнительных устройств. Ударное устройство в виде малогабаритного пневмоударника позволяет вписаться в достаточно узкую скважину и имеет энергетические параметры необходимые для работы породоразрушающего инструмента.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пестренин В.М., Пестренина И.В., Костромина П.П. Влияние разгрузочных щелей на напряженное состояние и ползучесть породного массива в окрестности выработки – Вычислительная механика сплошных сред. – 2011. – Т.4, №2. – С 110 – 118
2. Сергеев С.В., Сеница И.В., Карякин В.Ф. Оценка склонности массива пород на КМА к горным ударам – Научные ведомости. Серия Естественные науки. 2015. №9 (206). Выпуск 31
3. Иванов К.И., Варич М.С. и др. Техника бурения при разработке месторождений полезных ископаемых /М., «Недра», 1974, 408 с.
4. Патент. РФ № 2675614. Способ ударного бурения. /В.В. Тимонин, С.Е. Алексеев, Е.М. Черниенков //Опубли. в БИ – 2018. - № 35.
5. Патент. РФ № 2090730. Погружной пневматический ударный механизм / С.Е. Алексеев // Опубли. в БИ – 1997- № 26.
6. Патент. РФ № 2343266. Погружной пневмоударник / А.А. Репин, С.Е. Алексеев, Г.А. Пятнин //Опубли. В БИ – 2009. - № 1.
7. П.м. № 121854 РФ. Погружной пневмоударник. / А.А. Репин, С.Е. Алексеев, В.Н. Карпов // Опубли. БИ – 2012. - № 31.
8. Репин А. А., Алексеев С. Е., Попелюх А. И. Методы повышения надежности деталей ударных машин -ФТПРПИ. – №4. – 2012- С. 94–101]
9. Попелюх П. А., Никулина А.А., Попелюх. А. И. Влияние внешней среды на показатели надежности деталей горных машин, работающих в условиях динамического сжатия. Научный вестник НГТУ-1013-№ 4(53) С 214-229.
10. Попелюх П. А., Попелюх А. И., Юркевич М. Р. Комбинированная термомеханическая обработка стали с мартенсито-бейнитным превращением аустенита. Обработка металлов. №2 2013.
11. Репин А.А., Алексеев С.Е., Карпов В.Н. Оборудование для бурения исследовательских скважин. / Материалы научно-практической конференции «Проблемы безопасности и эффективности освоения георесурсов в современных условиях», посвященной 25-летию Горного института Уро РАН, Пермь, 2014, С 235 – 239.
12. Репин А.А., Кокоулин Д.И., Алексеев С.Е., Карпов В.Н., Шахторин И.О. Малогабаритный пневмоударник для направленного бурения глубоких скважин в подземных условиях угольных шахт. / Материалы IV Международной научно-практической конференции «Перспективы инновационного развития угольных регионов России» 4-5 марта, Прокопьевск. 2014, С 344 – 346.
13. Клишин В.И., Репин А.А., Кокоулин Д.И., Алексеев С.Е., Кубанычбек Б, Шахторин И.О. Создание бурового оборудования для проходки скважин малого диаметра в крепких породах. / Материалы IV Международной научно-практической конференции «Перспективы инновационного развития угольных регионов России» 4-5 марта, Прокопьевск. 2014, С 371 – 373.
14. Есин Н.Н. Методика исследования и доводки пневматических молотков. Новосибирск. Редакционно-издательский отдел Сибирского отделения АН СССР. 1965.

© С. Е. Алексеев, Б. Кубанычбек, 2023