

СОЗДАНИЕ МАЛОГАБАРИТНЫХ ПОГРУЖНЫХ ПНЕВМОУДАРНИКОВ ДЛЯ ВРАЩАТЕЛЬНО-УДАРНОГО БУРЕНИЯ СКВАЖИН

Сергей Евгеньевич Алексеев

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт горного дела им. Н.А. Чинакала» СО РАН, 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный проспект, 54, старший научный сотрудник, тел. 8(383)2053030 доп. 205, e-mail: Alex@misd.ru

Бакыт Кубанычбек

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт горного дела им. Н.А. Чинакала» СО РАН, 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный проспект, 54, кандидат технических наук, научный сотрудник, тел. 8(383)205-30-30 доп. 205, e-mail: bjkut@yandex.ru

Александр Юрьевич Примычкин

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт горного дела им. Н.А. Чинакала» СО РАН, 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный проспект, 54, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, тел. 8(383)205-30-30 доп. 112, e-mail: 808@nn.ru

В статье представлены конструкции малогабаритных погружных пневмоударников на диаметры скважин 43 и 76 мм при бурении комбинированным вращательно-ударным способом в условиях угольных шахт. Описана сфера использования. Показаны особенности и преимущества конструкций. Приведены характеристики пневмоударников и данные исследований. Описаны условия промышленных испытаний и результаты их работы.

Ключевые слова: бурение, скважина, энергия, мощность, ударник, буровая коронка

CREATION OF PORTABLE DOWNHOLE HAMMERS FOR ROTARY-PERCUSSIVE DRILLING OF BOREHOLES

Sergey E. Alexeev

Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 54 Krasny prospect, Novosibirsk 630091, Russia, Senior Researcher, office: +7 (383) 205-30-30 ext. 205, e-mail: Alex@misd.ru

Bakyt Kubanychbek

Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 54 Krasny prospect, Novosibirsk 630091, Russia, Cand. Sci. (Eng.), Researcher, office: +7 (383) 205-30-30 ext. 205, e-mail: bjkut@yandex.ru

Alexander Yu. Primychkin

Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 54 Krasny prospect, Novosibirsk 630091, Russia, Cand. Sci. (Eng.), Researcher, office: +7 (383) 205-30-30 ext. 112, e-mail: 808@nn.ru

This paper presents the design of portable downhole hammers for borehole diameters of 43 and 76 mm when drilling with a combined rotary-percussive method in coal mines. The scope of use is described. Features and advantages of prototypes are shown. The characteristics of DHH and research data are given. The conditions of production tests and operating results are described.

Keywords: drilling, borehole, energy, thickness, hammer, drill bit

Введение

Проходка скважин является важным звеном в технологической цепи при производстве работ в различных областях, в подземных условиях и на открытых работах, в горном деле и в строительстве [1-4]. Важным направлением является проходка скважин для научных целей.

Значение геомеханического обоснования технических решений по условиям подземной разработки полезных ископаемых значительно возрастает с увеличением глубины ведения горных работ и, связанное с этим, повышением горного давления. Информационная основа мониторинга обеспечивается использованием инструментальных и теоретических методов. Для определения напряженно-деформированного состояния в массиве горных пород используется, разработанный в ИГД СО РАН, метод параллельных скважин [5]. Инструментальные измерения с использованием скважин требуются при работе существующих и при строительстве новых горнодобывающих предприятий [6]. При эксплуатации искусственных сооружений, таких как плотины гидроэлектростанций, для оценки их состояния, выявления зон неупругих деформаций, также требуются такие исследования. Прогнозирование опасных явлений, например, горных ударов, возникновение очагов самовозгорания в угольных шахтах, связанных с горным давлением, также требует изучения напряженного состояния горного массива. Для установки регистрирующей аппаратуры внутри массива нужна проходка скважин различной протяженности и направления. Техника и технология бурения является важным инструментом проведения научных исследований.

На угольных шахтах для эффективной работы комплексно-механизированных забоев требуется снижение концентрации метана в подземной атмосфере. Это обеспечивается методом предварительной дегазации и интенсивным проветриванием, как горных выработок, так и выработанного пространства. Наиболее результативным методом предварительной дегазации является метод обуривания подготовляемого очистного блока сеткой подземных дегазационных скважин из оконтуривающих выработок, при котором производится проходка весьма протяженных скважин малого диаметра [7].

Бурение анкерных скважин обычно осуществляется вращательным способом бурения. Однако, у данного способа весьма узкий диапазон использования, он применим при достаточно мягкой породе. При встрече с прослойкой более крепкой породы бурение затруднительно либо невозможно. Напрашивается использование ударного импульса, как добавка к усилиям резания. В таком случае речь идет о комбинированном вращательно-ударном способе бурения [8]. Погружной пневмоударник, расположенный непосредственно у забоя скважины, обладает наилучшей передачей энергии удара на забой, а отработанный энергоноситель служит для очистки забоя от бурового шлама и выноса его из скважины. Скорость бурения практически не зависит от глубины скважины [9, 10]. Для установки анкеров используются скважины малого диаметра.

Создание пневмоударника для бурения скважин малого диаметра является достаточно сложной технической задачей ввиду того, что диаметр скважины

жестко лимитирует поперечные габариты погружного пневмоударника и ограничивает возможности образования рабочих площадей ударника необходимой величины. Для увеличения рабочей площади ударника разработана схема с использованием принципа многокамерности, при котором площадь ударника, находящаяся под давлением больше площади поперечного сечения полости корпуса.

Объект исследований

В ИГД СО РАН была разработана схема, позволяющая увеличить площадь ударника на рабочем ходу (рис. 1) [11-13].

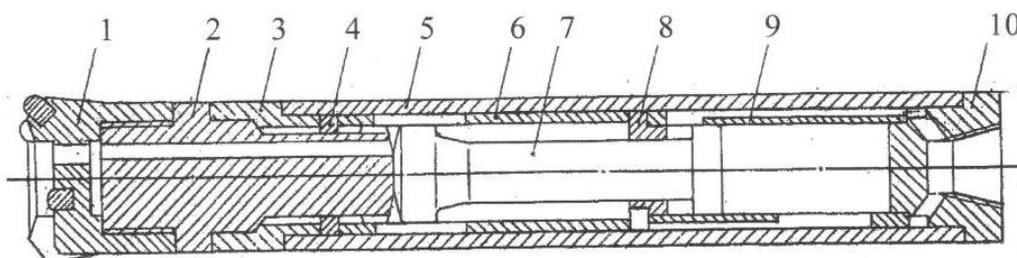


Рис. 1. Схема малогабаритного погружного пневмоударника

1 – коронка буровая съемная; 2 – скалка; 3 – гайка; 4 – кольцо разрезное переднее; 5 – корпус; 6 – гильза передняя; 7 – ударник; 8 – кольцо разрезное заднее; 9 – гильза задняя; 10 – переходник

По данной схеме были спроектированы и изготовлены малогабаритные пневмоударники ПНБ 76 (рис. 2) для бурения скважин вращательно-ударным способом диаметром 76 мм. и пневмоударник АШ43 на диаметр скважины 46 мм.[14]



Рис. 2. Экспериментальный образец погружного пневмоударника ПНБ76

Конструктивное исполнение ударника обеспечивает его центральное соударение с буровой коронкой, что улучшает передачу энергии удара за счет уменьшения поперечных колебаний. Пневмоударник ПНБ76 был исследован на натурном лабораторном стенде.

Методы исследований

В процессе исследований сняты диаграммы давлений в рабочих камерах (рис. 3) при давлении в пневмосистеме 0.6 МПа. В результате обработки диаграмм по известной методике [15] определены его основные энергетические параметры.

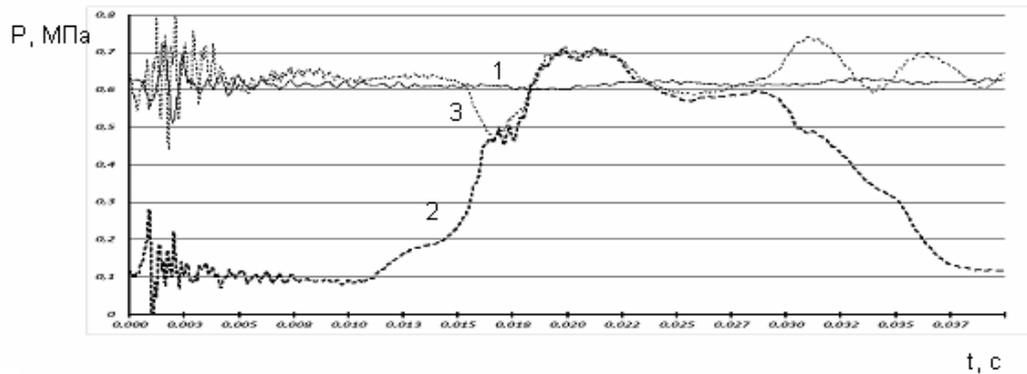


Рис. 3. Диаграммы давлений в камерах погружного пневмоударника: ПНБ 76
1 — давление в питающей магистрали; 2 — давление в камере рабочего хода; 3 — давление в камере холостого хода.

Параметры пневмоударника ПНБ76

| | |
|----------------------------------|------|
| Диаметр буримой скважины, мм | 76 |
| Диаметр корпуса, мм | 63.5 |
| Рабочее давление, МПа | 0.6 |
| Энергия удара, Дж | 40 |
| Частота удара, мин ⁻¹ | 1500 |
| Масса ударника, кг | 1.45 |

Результаты испытаний

Положительные результаты исследований позволили ИГД СО РАН предложить свои разработки ООО «шахта Березовская» с целью продолжения научных исследований по проходке глубоких скважин в производственных условиях [16,17].

По заказу ООО «шахта Березовская» на ООО «Спецгидравлика» были изготовлены три пневмоударника ПНБ 76 с коронками КНБ 76 (рис 4) для работы в сочетании с буровым станком СБР 400 [18].

В процессе промышленных испытаний производились работы по проходке технической скважины диаметром 76 мм сплошным забоем по породам крепостью 9-12 единиц по М.М. Протодыяконову. Скважина предназначена для перепуска воды с выработки верхнего горизонта на нижележащий штрек. Бурение осуществлялось буровым станком СБР 400 со штангами диаметром 50 мм.



Рис. 4. Коронка КНБ76

а – до испытаний; б – после испытаний

Проходка скважины производилась двумя способами бурения, а именно:

- бурение вращательным способом, с применением коронок резания;
- бурение с применением погружного пневмоударника, оснащенного короной с цилиндрическими вставками из твердого сплава.

При бурении скважин первым способом наблюдались поломки всех применяемых коронок резания на первом метре бурения скважины. При бурении скважины в этих же условиях с использованием погружного пневмоударника ПНБ-76 конструкции ИГД СО РАН наблюдалась устойчивая работа пневмоударника с надежным блокировочным режимом. Источником энергии пневмоударника служил дизельный компрессор, выполненный во взрывобезопасном исполнении. Развиваемое им давление сжатого воздуха составляло 0.4 МПа при производительности 6.0 м³/с. Скорость бурения скважины диаметром 76 мм с использованием пневмоударника ПНБ-76 составила 70 мм/мин по породам крепостью 11-12 единиц и 100 мм/мин крепостью 8-10 единиц по шкале М.М. Протоdjяконова. Станок СБР 400 работал в щадящем режиме. Давление рабочей жидкости в напорной магистрали вращения бурового става не превышала 5.0 МПа, а в магистрали подачи не более 3.5 МПа, что соответствовало величине вращающего момента на буровом стае не более 300 Нм и усилию подачи его на забой не более 300 кг. Это говорит о том, что основные функции бурения при проходке скважины осуществлялись пневмоударником, тем самым уменьшая вредные влияния больших моментов вращения, способствующих отклонению бурового става от заданного направления.

За время работы с использованием пневмоударника (три рабочих смены) техническая скважина между выработками была пробурена. Ее длина составила сорок метров. Дальнейшие работы по проходке скважин с использованием погружного пневмоударника ПНБ-76 были прекращены в следствии выхода из строя коронок КНБ76. Это объясняется тем, что энергии удара, развиваемого пневмоударником, оказалось недостаточно для разрушения массива пород скважины диаметром 76 мм штырями коронки, в следствии чего последние

подвергались интенсивному истиранию. Эта же причина явилась следствием не высокой производительности бурового оборудования при проходке скважины в этих условиях.

В соответствии с выводами, полученными в результате. промышленных испытаний на ООО «шахта Березовская» в ИГД СО РАН, проведены работы по усовершенствованию конструкции пневмоударника ПНБ-76 и созданию новой буровой коронки.

В результате этих работ создана новая конструкция пневмоударника ПНБ-76У, отличительной особенностью которой является наличие в его рабочей и холостой камерах впускного и выпускного эластичных клапанов. Это позволило увеличить величину хода и скорость перемещения ударника и тем самым увеличить энергию самого пневмоударника.

Испытание пневмоударника меньшего диаметра

Для увеличения энергетических параметров погружного пневмоударника АШ43 было использовано изготовление ударника из титанового сплава, что существенно увеличивало частоту ударов за счет малого удельного веса сплава [19-21]. Пневмоударник АШ43Т прошел испытания на шахте «Распадская-коксовая» Кемеровской области для проведения пробного бурения, где в сочетании с анкероустановщиком (рис. 5) нужно было бурить скважины диаметром 45-50 мм на глубину до 20 м под оборудование для разупрочнения и посадки тяжелых кровель.

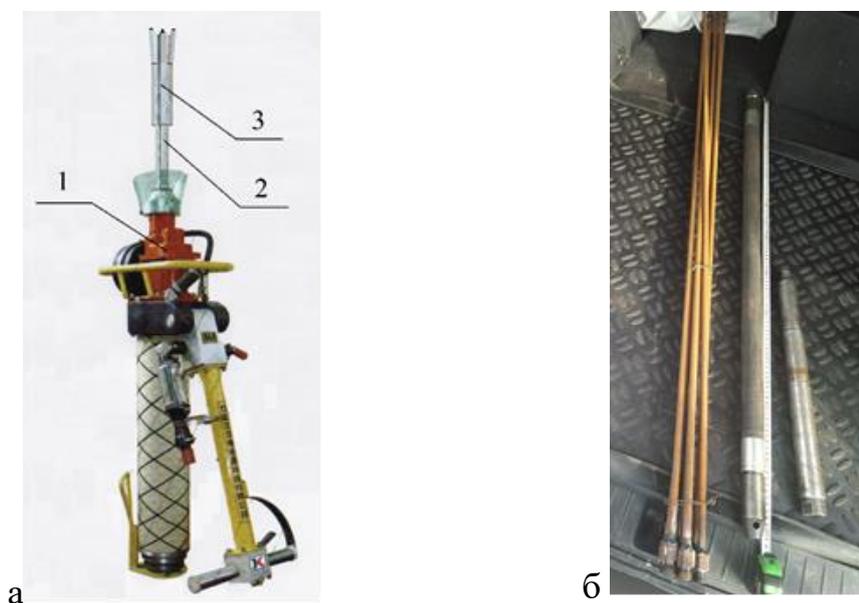


Рис. 5. Анкероустановщик с пневмоударником (а) и герметизатор скважин (б):
1– анкероустановщик; 2– штанга; 3 – пневмоударник.

При работе давление воздуха в питающей магистрали составило 0,3 МПа, что значительно ниже рабочего давления пневмоударника. В этой ситуации пневмоударник работал в режиме высокочастотного ударного вибратора, что также оказывало влияние на процесс разрушения породы на забое скважины. Механическая скорость бурения в таком режиме была в 2 раза выше скорости бурения в тех же условиях без пневмоударника.

В феврале 2020 г. проведены работы по созданию условий эксплуатации погружного пневмоударника АШ43 на давлении энергоносителя 0,5 – 0,7 МПа. Для этой цели была разработана конструкция вертлюга, обеспечивающая подачу сжатого воздуха непосредственно на пневмоударник.

В декабре 2020 г. пневмоударник АШ43 прошел промышленные испытания на шахте «УК Анжерская Южная». Работа проводилась совместно с сотрудниками ИУУ СО РАН.

Бурили станком СБР (станок буровой ручной) (рис. 6). Бурились скважины диаметром 46 мм. глубиной 15 м.



Рис. 6. Промышленные испытания пневмоударника АШ 43 на станке СБР

По результатам хронометража за 167 мин пробурено 15,6 м, т.е. скорость бурения 0,093 м/мин с учетом износа и замены серийной коронки БИ-741. Опытные бурильщики положительно оценили работу бурового станка в сочетании с пневмоударником АШ43, отметили значительное повышение производительности бурения (1,5 раза) и самое главное не «опрокидывается» буровая машина, тем самым создана более комфортная рабочая среда бурильщикам.

Выводы

Разработка техники для комбинированного вращательно-ударного способа бурения соответствует потребностям производства, позволяет расширить возможности имеющего оборудования. Для проходки анкерных скважин требуется создание бурового инструмента сверх малого диаметра, что составляет специфику данной работы.

Используя оборудование вращательного бурения необходимо создавать условия для работы погружного пневмоударника, вносить новые элементы в конструкцию. Результаты промышленных испытаний показали перспективность использования пневмоударника АШ43.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Репин А.А., Карпов В.Н., Воронцов Д.С., Тимонин В.В., Алексеев С.Е., Шахторин И.О. К созданию железнодорожного комплекса для бурения скважин под опоры контактной электросети в криолитозоне Сибири и Дальнего Востока / *Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук*. Том 2. №1. – Новосибирск: ИГД СО РАН, 2014. – С.162-169.
2. Тимофеев Н.Г., Скрыбин Р.М. Буровой снаряд для бурения скважин большого диаметра / *Ползуновский альманах* №4/2. – 2011 С.84-86.
3. Харламов Ю.П. Состояние и перспективы сооружения свайный фундаментов при обустройстве нефтегазовых месторождений в Южной Якутии / *Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды* : тр. конф. с участием иностр. ученых (7-11 июля 2008 г., Новосибирск). Т. 2.: *Машиноведение*. – Новосибирск: ИГД СО РАН, 2009. – С. 58 – 61.
4. Карпов В.Н., Воронцов Д.С. Проблемы специализации железнодорожных магистралей в условиях Сибири и Дальнего Востока. *Политранспортные системы. Материалы VIII Международной научно-технической конференции в рамках года науки Россия – ЕС «Научные проблемы реализации транспортных проектов в Сибири и на Дальнем Востоке»*. – Новосибирск: СГУПС, 2015. – С.56-62[
5. Барышников В.Д., Барышников Д.В., Гахова Л.Н., Качальский В.Г. Опыт применения геомеханического мониторинга при подземной разработке месторождений полезных ископаемых // *ФТПРПИ*. – 2014. - № 5.
6. Усков Д.В., Усков В.А., Виноградов В. И. Особенности проявления тектонических напряжений в подземных рудниках норильского промышленного района. В сб. *Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды. Труды конференции*. Новосибирск. 2007.
7. Клишин В.И., Кокоулин Д.И., Фокин Ю.С., Репин А.А. Развитие бурового оборудования для угольных шахт. В сб. *Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды. Труды конференции*. Новосибирск. 2007.
8. Алексеев С.Е., Репин А.А., Пятнин Г.А. Перспективы создания техники для комбинированного вращательно-ударного способа бурения шпуров. В сб. *Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды. Труды конференции*. Новосибирск. 2007.
9. Суднишников Б.В., Есин Н.Н., Тупицын К.К. Исследование и конструирование пневматических машин ударного действияб. – Новосибирск.: Наука, 1985.
10. Медведев И.Ф. Режимы бурения и выбор буровых машин. Москва. Недра. 1968.
11. Патент. РФ № 2090730. Погружной пневматический ударный механизм / С.Е. Алексеев // *Опубл. в БИ* – 1997- № 26.
12. Патент. РФ № 2343266. Погружной пневмоударник / А.А. Репин, С.Е. Алексеев, Г.А. Пятнин // *Опубл. в БИ* – 2009. - № 1.
13. П.м. № 121854 РФ. Погружной пневмоударник. / А.А. Репин, С.Е. Алексеев, В.Н. Карпов // *Опубл. БИ* – 2012. - № 31.

14. 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 // Перспективы инновационного развития угольных регионов России: сб. тр. — Прокопьевск, 2014.
15. Есин Н.Н. Методика исследования и доводки пневматических молотков. Новосибирск. Редакционно-издательский отдел Сибирского отделения АН СССР. 1965.
16. 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 / IV Международная научно-практическая конференция «Перспективы инновационного развития угольных регионов России»- Прокопьевск 2014.
17. Тимонин В.В., Кокоулин Д.И., Алексеев С.Е., Кубанычбек.Б. «Средства прямолинейно направленного бурения в условиях угольных шахт», конференция ИГД СО РАН «Проблемы развития горных наук и горнодобывающей промышленности», Новосибирск, 2016.
18. Тимонин В.В., Кокоулин Д.И., Алексеев С.Е., Кубанычбек Б. Опыт проходки прямолинейно направленных скважин в подземных условиях шахты «Березовская». Горное оборудование и электромеханика. 2017. № 4 (131). С. 3-7.
19. Ильин А.А., Колачев Б.А., Полькин И.С. Титановые сплавы. Состав, структура, свойства. Справочник. - М.: ВИЛС-МАТИ, 2009. - 520 стр.
20. А.А. Репин, В.В. Тимонин, С.Е. Алексеев, Д.И. Кокоулин, А.И. Попелюх. Пути повышения мощности малогабаритных погружных пневмоударников / ФТПРПИ–2016- № 6.
21. Алексеев С.Е., Тимонин В.В., Кокоулин Д.И., Шахторин И.О., Кубанычбек Б. Создание малогабаритного погружного пневмоударника для проходки исследовательских скважин // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – 2015. - № 2.

© С. Е. Алексеев, Б. Кубанычбек, А. Ю. Примычкин 2021