

## **РАЗРАБОТКА И СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ПРИБОРОВ В НЕОБСАЖЕННЫХ СКВАЖИНАХ**

*Андрей Владимирович Патутин*

Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 54, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, тел. (383)205-30-30, доб. 717, e-mail: andrey.patutin@gmail.com

*Андрей Николаевич Дробчик*

Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 54, инженер, тел. (383)205-30-30, доб. 717, e-mail: valker.tiamant@mail.ru

*Юрий Степанович Захаров*

Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 54, ведущий конструктор, тел. (383)205-30-30, доб. 717

Снижение затрат на проведение исследований физических и фильтрационных свойств незатронутого разработкой горного массива на значительном удалении от выработки является актуальной задачей, решение которой позволит уточнить особенности его геологического строения и оптимизировать схему отработки месторождения. В статье представлены результаты разработки и стендовых испытаний устройства для перемещения измерительных приборов вдоль ствола необсаженной скважины, пробуренной из горной выработки. В основе устройства лежит схема с двумя пневмоцилиндрами и управляемым пневмораспределителем, на вход которого подается сжатый воздух. В ходе проведения стендовых испытаний в модели необсаженной скважины получено, что скорость перемещения устройства составляет 9 м/мин, а создаваемое толкающее усилие при давлении воздуха 10 бар – 58 кгс.

**Ключевые слова:** исследования массива горных пород, протяженные скважины, угольный пласт, пневмоцилиндр, стендовые испытания.

## **DEVELOPMENT AND OPERATIONAL TESTING OF THE TOOL FOR TRANSPORTING DEVICES IN UNCASSED BOREHOLES**

*Andrey V. Patutin*

Chinakal Institute of Mining SB RAS, 54, Krasny Prospect St., Novosibirsk, 630091, Russia, Ph. D., Senior Researcher, phone: (383)205-30-30, extension 717, e-mail: andrey.patutin@gmail.com

*Andrey N. Drobchik*

Chinakal Institute of Mining SB RAS, 54, Krasny Prospect St., Novosibirsk, 630091, Russia, Engineer, phone: (383)205-30-30, extension 717, e-mail: valker.tiamant@mail.ru

*Yuri S. Zaharov*

Chinakal Institute of Mining SB RAS, 54, Krasny Prospect St., Novosibirsk, 630091, Russia, Lead Engineer, phone: (383)205-30-30, extension 717

Reducing the cost of conducting studies of the physical and filtration properties of unmined rocks at a considerable distance from the workings is an urgent task. Its solution will clarify the features of geological structure of the massif and optimize the mining scheme. The

article presents the results of the development and operational testing of the tool for transporting measuring instruments along an uncased borehole drilled from underground working. The tool is based on a circuit with two pneumatic cylinders and a pneumatic control valve, the input of which is supplied with compressed air. During tests in the model of the uncased borehole, it was found that the transportation speed is 9 m/min and the generated push force at an air pressure of 10 bar is 58 kgf.

**Key words:** study of the rock mass, extended boreholes, coal seam, pneumatic cylinder, bench tests.

### *Введение*

При подземной разработке твердых полезных ископаемых широкое распространение получили протяженные пластовые скважины, пробуренные из подземных выработок. Чаще всего они используются для предварительной дегазации угольных пластов и имеют длину от 400 до 1000 метров; при этом длина некоторых из них может превышать 2000 метров [1–3]. Современный опыт показывает, что чаще всего подобные скважины сразу подключаются к общей дегазационной системе и не используются для определения уникальных свойств незатронутого разработкой массива. Вместе с тем, проведение измерений физических и фильтрационных свойств вдоль ствола скважины на значительных расстояниях от выработки позволит уточнить особенности геологического строения угольного пласта и распределения в нем метана, определить действующие в массиве напряжения и выявить потенциально опасные участки, скорректировать схему отработки месторождения.

Одной из основных причин того, что исследования протяженных пластовых скважин практически не распространены, является высокие затраты на нецелевое использование дорогостоящих установок направленного бурения для проведения испытаний. Перспективным направлением развития является разработка самоходных устройств для определения различных характеристик угленосного массива. Такие скважинные устройства могут быть оснащены дополнительным модулем, с помощью которого происходит перемещение вдоль ствола скважины [4, 5], либо использовать независимо надуваемые пакеры и газовую пружину для реализации поступательного движения [6]. При движении устройства вглубь массива вслед за ним протягиваются гибкие шланги, которые используют в качестве управляющих и измерительных линий. При этом не задействованы дорогостоящие станки направленного бурения, что значительно снижает себестоимость работ. К другим достоинствам подобного типа оборудования относятся его относительная дешевизна, реализация необходимой и достаточной силы для доставки устройства на значительное удаление от выработки, возможность одновременной калибровки скважины, а также возможность реализации реверса.

В данной работе представлены результаты разработки и стендовых испытаний устройства для транспортирования измерительных приборов вдоль ствола необсаженной скважины за счет пневматического привода.

## Принцип работы устройства и полученные результаты

Движение устройства в скважине достигается за счет использования двойных пневмоцилиндров и управляемого пневмораспределителя. Общий вид устройства приведен на рис. 1.

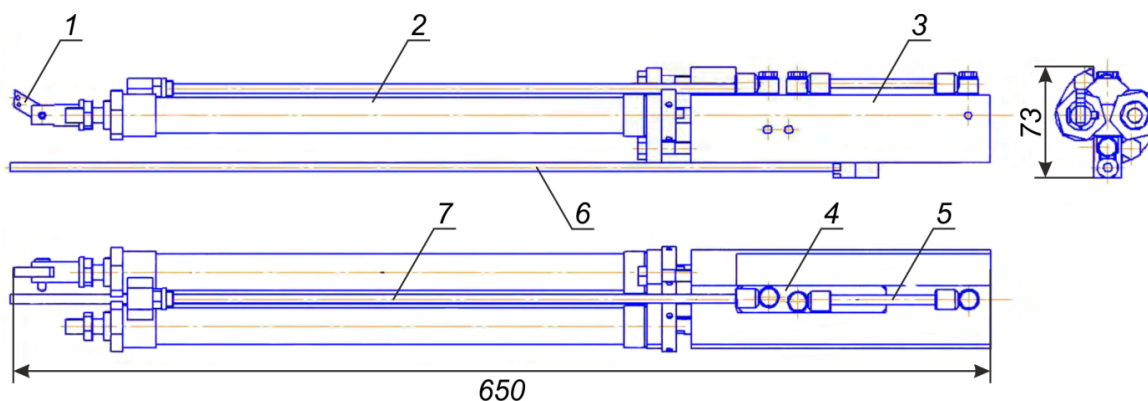


Рис. 1. Общий вид скважинного устройства:

1 – упоры; 2 – двойные пневмоцилиндры; 3 – корпус; 4 – электроуправляемый пневмораспределитель; 5–7 – гибкие соединительные трубки

Скважинное устройство состоит из следующих основных сборочных узлов и деталей: упоров 1, закрепленных на концах штоков двойных пневмоцилиндров 2, корпуса 3 с электроуправляемым пневмораспределителем 4, соединенным гибкими трубками 5–7 через фитинги с полостями пневмоцилиндров. Упоры выполнены подпружиненными, что создает силу трения при движении устройства вдоль ствола скважины. Соленоид пневмораспределителя с помощью кабеля подключен с пультом управления скважинным устройством.

Сжатый воздух из шахтного воздуховода через узел подготовки поступает на вход пневмораспределителя. В зависимости от положения распределителя воздух подается в левые или правые (по отношению к плунжерам) полости пневмоцилиндров выталкивая или втягивая их плунжеры. Полости цилиндров, в которые воздух в текущий момент не подается, соединены через пневмораспределитель 4 с каналом сброса воздуха с дросселем, ограничивающим максимальную скорость движения плунжеров. При выталкивании плунжеров из цилиндров подпружиненные упоры упираются в стенку скважины, толкая перед собой само устройство и полезную нагрузку. Таким образом, устройство пошагово перемещается в заданный интервал скважины.

Извлечение устройства происходит за счет его вытягивания с помощью троса, присоединенного к упорам. При приложении усилий на трос пружины разжимаются, упоры перестают фиксировать устройство в скважине, и оно начинает перемещаться к устью.

Измерения скорости перемещения устройства проводились в модели необсаженной скважины, представляющей собой шпур длиной 2 м, пробуренный в искусственном блоке бетона с добавлением различных фракций угля. Бурение

шпура осуществлялось с помощью установки алмазного бурения коронкой диаметром 76 мм. При бурении наблюдались небольшие вывалы угля и бетона, что привело к неровностям на стенках шпура и увеличению его диаметра в пределах 2–5 мм. Это позволило проверить способность зацепки упоров в процессе перемещения устройства в условиях, близких к шахтным. В ходе испытаний было выполнено 5 замеров времени прохождения устройства по всей длине пробуренного шпура. Исходя из полученных данных, была определена скорость перемещения устройства, которая в среднем составила 9 м/мин. На рис. 2, *а* и *б* приведены фотографии устройства перед испытаниями и в модели необсаженной скважины для измерения его скорости перемещения.

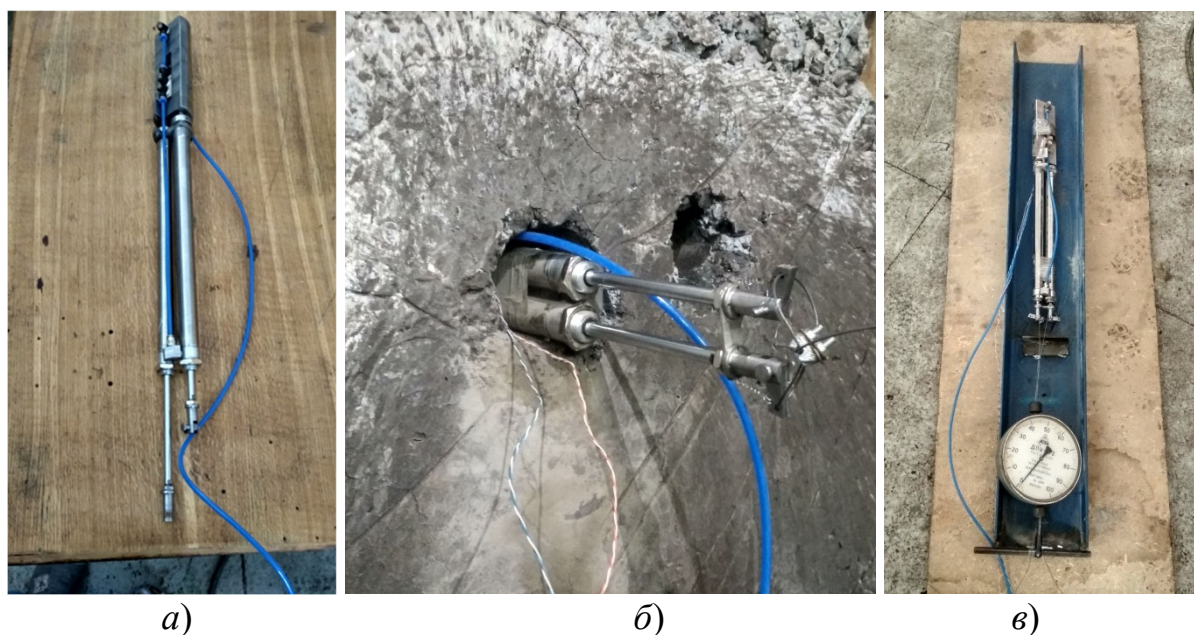


Рис. 2. Фотографии устройства перед испытаниями (*а*), в модели необсаженной скважины (*б*) и при определении толкающего усилия (*в*)

Определение толкающего усилия, развиваемого устройством, выполнялось с помощью динамометра ДПУ-0.1-2. Устройство устанавливалось на металлическую направляющую, динамометр закреплялся на направляющей и присоединялся к корпусу устройства (см. рис. 2, *в*).

После этого на вход пневмораспределителя подавали воздух и ступенчато повышали его давление с 4 до 10 бар, регистрируя показания динамометра. Результаты измерений приведены в таблице.

Значение толкающего усилия при росте давления на входе

| Давление на входе, бар | Толкающее усилие, кгс |
|------------------------|-----------------------|
| 4                      | 22                    |
| 6                      | 33                    |
| 8                      | 50                    |
| 10                     | 58                    |

В ходе испытаний установлено, что толкающее усилие достигает 58 кгс при давлении воздуха на входе пневмораспределителя 10 бар.

### **Выводы**

В результате выполненных работ было разработано и изготовлено устройство, позволяющее выполнять транспортировку измерительных приборов и полезных грузов в необсаженной скважине. В ходе стендовых испытаний проверена работоспособность устройства, в том числе, функционирование электроуправляемого пневмораспределителя и сдвоенных пневмоцилиндров, оценены возможности подпружиненных упоров в условиях изменения диаметра скважины вдоль ее ствола.

Установлено, что скорость перемещения устройства в модели необсаженной скважины составляет 9 м/мин, а создаваемое толкающее усилие при давлении воздуха 10 бар – 58 кгс.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Xu C., Wang X., Liu F., Li Q., Fang, J. Practice and challenge of in-seam directional borehole over 2000 m in coal mines in China // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 332. – № 2. – Paper 022016.

2. Hungerford F., Ren T., Aziz N. Evolution and application of in-seam drilling for gas drainage // International Journal of Mining Science and Technology. – 2013. – Vol. 23. – № . 4. – P. 543–553.

3. Lu S., Cheng Y., Ma J., Zhang Y. Application of in-seam directional drilling technology for gas drainage with benefits to gas outburst control and greenhouse gas reductions in Daning coal mine, China // Natural hazards. – 2014. – Vol. 73. – № . 3. – P. 1419–1437.

4. Тимонин В.В., Кондратенко А.С. Система транспортирования технологического и измерительного оборудования в необсаженных скважинах // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2015. – № 5. – С. 187–193.

5. Rybalkin L.A., Azarov A.V., Patutin A.V., Shilova T.V., Serdyukov S.V. Geomechanical properties determination based on data obtained from in-seam boreholes logging // Proceedings of VietRock 2015 International Symposium, Vietnam, Hanoi, March 12–13, 2015. – P. 86–91.

6. Курленя М.В., Сердюков С.В., Патутин А.В., Шилова Т.В. Интенсификация подземной дегазации угольных пластов методом гидроразрыва // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2017. – № 6. – С. 3–9.

© А. В. Патутин, А. Н. Дробчик, Ю. С. Захаров, 2020