

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО КАРОТАЖА ДЕГАЗАЦИОННЫХ СКВАЖИН

*Сергей Владимирович Сердюков*

Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 54, доктор технических наук, зав. лабораторией, тел. (913)745-30-03, e-mail: ss3032@yandex.ru

Приведена конструкция и технические параметры модульного скважинного устройства для газодинамического каротажа горизонтальных дегазационных необсаженных скважин, пробуренных из горных выработок. В состав устройства входит пневматический толкатель, обеспечивающий самостоятельное перемещение устройства вглубь скважины вместе с воздушным шлангом и электрическим кабелем. Устройство содержит электроуправляемые пневматический распределитель, надувной съемный герметизатор скважины и измеритель расхода газа из изолированного участка скважины к ее устью. Приведены рекомендации по использованию разработанного устройства на угледобывающих шахтах.

**Ключевые слова:** угольный пласт, подземная разработка, дегазационная скважина, газодинамический каротаж, скважинный прибор, расход газа, транспортный модуль для перемещения в скважине.

## DEVICE FOR GAS-DYNAMIC LOGGING OF DEGASSING HOLES

*Sergey V. Serdyukov*

Chinakal Institute of Mining SB RAS, 54, Krasny Prospect St., Novosibirsk, 630091, Russia, D. Sc., Head of Laboratory of Physical Methods of Influence on Rock Mass, phone: (913)745-30-03, e-mail: ss3032@yandex.ru

In the paper, construction and technical parameters of modular hole device for gas-dynamic logging of horizontal degassing open holes drilled from workings are represented. The device includes pneumatic pusher which provides movement of the device into hole with air hose and electric wire, electrically controlled pneumatic distributor, inflatable attachable hole sealer and indicator of gas discharge from isolated location of the hole to its collar. Recommendations for using the developed device at coal mines are represented.

**Key words:** coal seam, underground mining, degassing hole, gas-dynamic logging, hole device, gas discharge, transport modulus for movement into the hole.

### *Введение*

В угледобывающей промышленности газодинамический каротаж скважин применяют для исследования проницаемости пород и распределения метана в пласте, информация по которым используется в проектировании работ, направленных на повышение эффективности дегазации углепородного массива. Известны два варианта проведения таких исследований: 1) по выходу метана из пласта при бурении скважин; 2) по результатам газодинамических тестов в изолированных интервалах скважин.

Недостатками первого из указанных подходов является невозможность получения данных по проницаемости пород, невысокая достоверность определения местоположения удаленных от устья зон интенсивного газовыделения, особенно при сильной изменчивости профиля газопритока в скважине.

Интервальный способ каротажа двухпакерными устройствами обеспечивает возможность исследований свойств пласта в стационарном и нестационарном режимах фильтрации, в том числе при репрессии на пласт с закачкой несорбируемых углем газов [1]. Методические вопросы проведения таких исследований и обработки данных хорошо развиты, как и методы моделирования фильтрационных процессов в породном массиве с использованием этой информации [2-4].

Техническими проблемами при выполнении поинтервального газодинамического каротажа на угледобывающих шахтах является привязка работ к буровому оборудованию, используемому для доставки скважинного прибора к месту измерений на удалении до нескольких сот метров от устья субгоризонтальных скважин, изменчивость профиля сечения скважин, пробуренных по непрочным породам. Нецелевое использование буровой техники снижает ее полезную нагрузку, увеличивает стоимость скважинных наблюдений.

Похожие проблемы при геофизических исследованиях в горизонтальных нефтегазодобывающих скважинах решаются за счет использования различных самоходных устройств - скважинных буксировщиков, но область их применения ограничена, как правило, обсаженными скважинами [5-6].

Известен также самоходный двухпакерный прибор, разработанный в ИГД СО РАН для работы в необсаженных скважинах любой ориентации, гидравлическая схема которого показана на рис. 1 [7-10]. Прибор выполнен по схеме с регулируемым по длине интервалом между пакерами. Изменение межпакерного расстояния осуществляется гидравлическим цилиндром Ц, к корпусу которого прикреплен пакер Б2 (рис. 1). Пакер Б1 закреплен на штоке гидроцилиндра. В режиме передвижения рабочий агент (газ, водомасляная эмульсия) сначала подается через распределитель Р1 и гибкий шланг Л2 в пакер Б2 и гидроцилиндр Ц. Под действием давления рабочего агента оболочка пакера Б2 расширяется и входит в сцепление с горной породой. В таком состоянии она является якорем для корпуса гидроцилиндра. Рабочий агент давит на поршень гидроцилиндра и перемещает его вместе со штоком вглубь скважины, подтягивая за собой Б1 и гибкие шланги Л1 – Л3. На следующем шаге рабочий агент через Р2 и Л1 поступает в пакер Б1, оболочка которого входит в контакт со стенками скважины. Давление в пакере Б2, напротив, сбрасывается через линию Л2 в систему слива. При этом оболочка Б2 выходит из сцепления с породой и под действием газовой пружины гидроцилиндра вместе с его корпусом перемещается вглубь скважины.

Указанные операции многократно повторяют до достижения прибором заданного интервала скважины. Максимальная скорость перемещения прибора не превышает 50-100 м/ч.

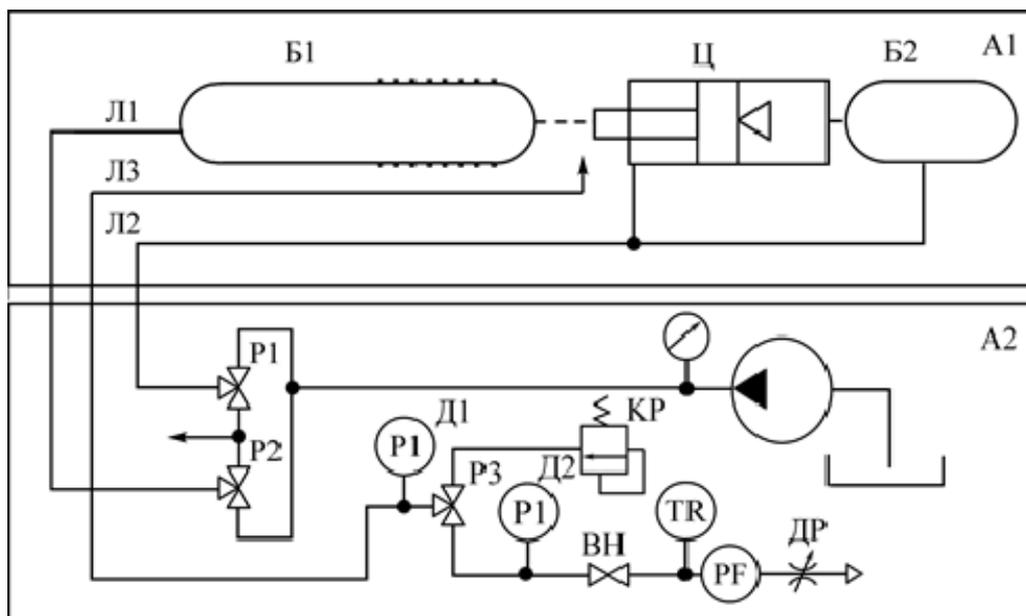


Рис. 1. Гидравлическая схема оборудования для газодинамических исследований скважин:

А1 – скважинный прибор; А2 – бортовая станция; Б1, Б2 – пакеры; Ц – гидроцилиндр хода; P1–P3 – распределители; ВН – вентиль; КР – клапан редукционный; ДР – дроссель; Д1 – датчик высокого давления; Д2 – датчик низкого давления (вакуумметр); TR – датчик температуры; PF – измеритель расхода газа

Недостатками известного устройства являются повышенный износ пакерных оболочек из-за их многократного (сотни раз) расширения в процессе доставки прибора к месту проведения измерений, а также техническая сложность конструкции.

В настоящей работе представлен прибор модульной конструкции, в котором транспортная система (скважинный буксировщик) выполнена в виде отдельного устройства, которое может быть использовано для доставки различных измерительных приборов в необсаженных горизонтальных скважинах, в том числе двухпакерного устройства газодинамического каротажа.

### ***Состав и конструктивные особенности оборудования***

Оборудование газодинамического каротажа дегазационных скважин (далее, оборудование ГК) состоит из скважинного прибора 1-3, бортовых технических средств 7-10 и скважинных соединительных линий (каналов) 4-6 (рис. 2). В состав скважинного оборудования ГК входят (рис. 2): герметизатор интервальный скважинный 1; буксировщик скважинный 2; распределитель скважинный 3. Бортовые технические средства включают: пульт управления буксировщиком 7 (блок управления движением прибора в скважине); гидравлическую станцию герметизатора 8 (насосная станция); регистратор данных с датчиками давления (P) и расхода (Q) 9 и источником сжатого азота 10.

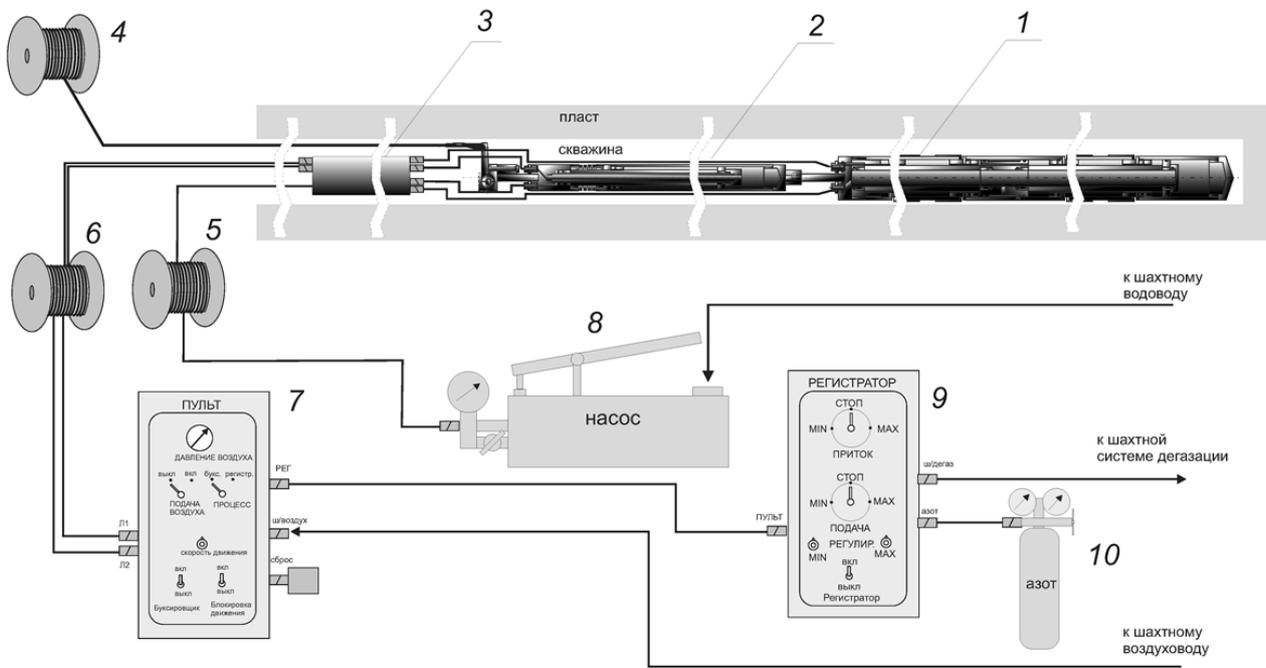


Рис. 2. Общий вид модульного оборудования газодинамического каротажа

Функциональная гидравлическая, газовая и пневматическая схема оборудования ГК приведена на рис. 3.

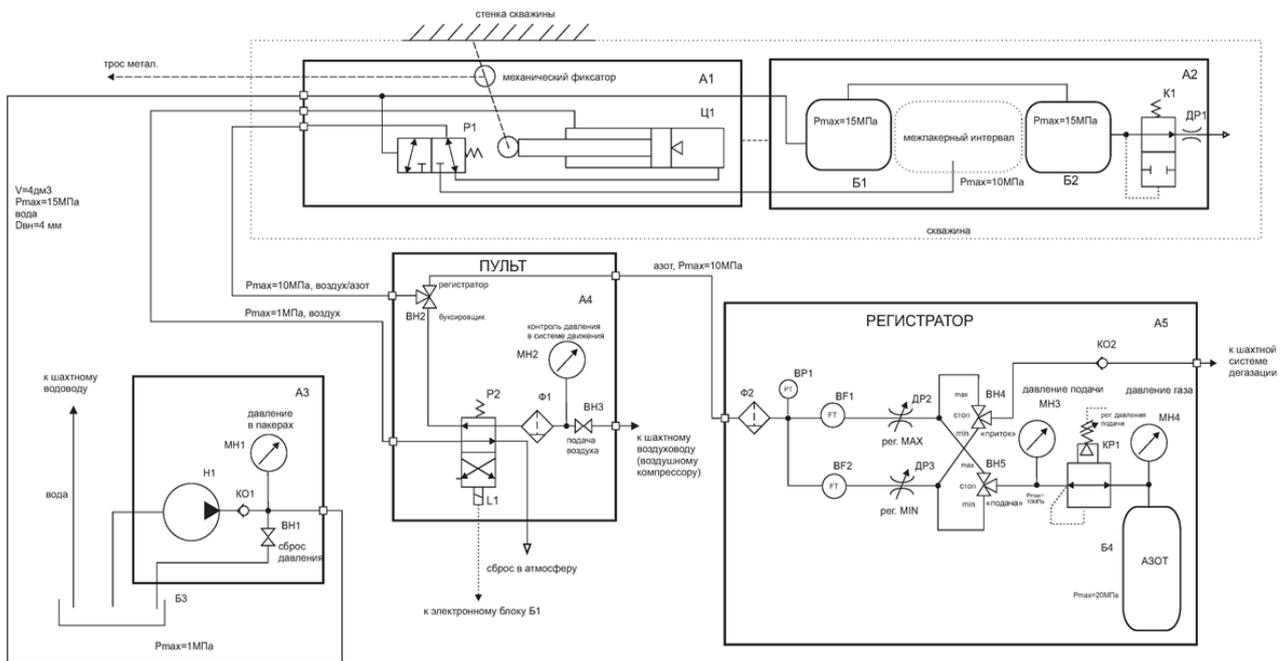


Рис. 3. Функциональная схема модульного оборудования газодинамического каротажа

Скважинный буксировщик содержит следующие основные сборочные узлы и детали: упор 1; ввод 2; гофра защитная 3; пневматический цилиндр 4 со штоком 5 и центральным каналом 6. На торце пневматического цилиндра установлена заглушка 7, содержащая механическое приспособление для соединения буксировщика с герметизатором (рис. 4)

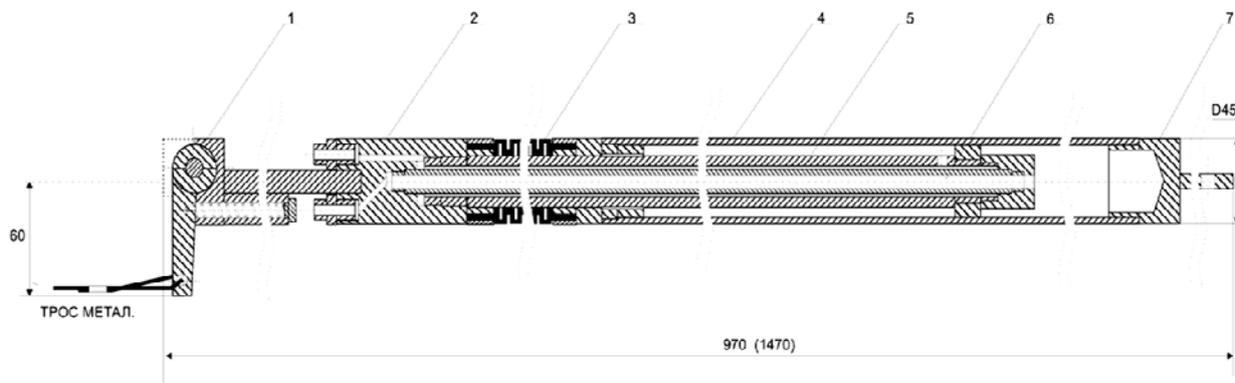


Рис. 4. Общий вид скважинного буксировщика

В состав соединительных линий входят (рис. 3):сдвоенный рукав высокого давления внутренним диаметром каждого рукава 4-8мм, общим внешним диаметром не более 25мм длиной до 150м на катушке 6;одинарный рукав высокого давления внутренним диаметром 6.4мм, внешним диаметром не более 12мм длиной до 150м на катушке 5;трос металлический в ПВХ оболочке диаметром 5мм длиной до 150м на лебедке 4.

### ***Работа оборудования газодинамического каротажа***

В режиме передвижения скважинного прибора задействован пульт управления буксировщиком 7 (рис. 2). Гидравлическая станция герметизатора 8 и регистратор данных 9 отключены.Активной частью скважинного прибора является буксировщик 3. Герметизатор в этом режиме работы прибора не используется.

Сжатый воздух подается в пульт 7 из шахтного воздуховода по рукаву низкого давления (рис. 3). Переключатель ВН2 установлен в положение «буксировщик». Вентиль ВН3 открыт. Давление сжатого воздуха контролируется визуально по манометру МН2. Поступающий в пульт воздух очищается от пыли и воды фильтром Ф1.

С выхода фильтра Ф1 воздух поступает на пневматически распределитель Р2 с электрическим управлением. Импульсы управления на катушку соленоида распределителя поступают из электронного блока пульта.Второй выход распределителя Р2 подключен через скважинную соединительную линию (рукав высокого давления) к левой полости (на чертеже изображена слева) пневматического цилиндра 2-х стороннего действия буксировщика.

Первый выход распределителя Р2 соединен через вентиль ВН2 и скважинную соединительную линию (рукав высокого давления) со входом распределителя Р1 из состава скважинного прибора. В режиме движения прибора выход распределителя Р1 соединен с полостью, изображенной на чертеже рис. 4 справа.

Для начала движения в электронном блоке пульта включают подачу электрического питания. Импульсы с выхода регулируемого по частоте генератора управляющих импульсов поступают через согласующую схему на соленоид распределителя Р2. При срабатывании Р2 происходит переключение полостей пневматического цилиндра с подачи сжатого воздуха на сброс, причем если в одну полость воздух поступает, то из другой стравливается. Это вызывает возвратно поступательные движения плунжера пневматического цилиндра. При выталкивании плунжера 6 из цилиндра 4 подпружиненный упор 1 (рис. 4) упирается в стенку скважины. При этом корпус пневматического цилиндра 4 передвигается в глубь скважины, толкая присоединенный к заглушке 7 двухпакерный герметизатор 1 (рис. 2).

По достижении заданного интервала скважины буксировщик отключают, для чего вентилем ВН3 закрывают подачу воздуха в пульт их шахтного воздуховода (рис. 3) и отключают подачу электрического питания в электронном блоке пульта.

В режиме измерений из бортовых технических средств задействованы гидравлическая станция герметизатора 8 и регистратор данных 9 с источником сжатого азота 10 (рис. 2). Пульт управления буксировщиком 7 отключен.

Первым шагом газодинамических измерений является герметизация интервала измерений, для чего из бака Б3 насосом Н1 через клапан КО1 в пакеры Б1, Б2 нагнетают под давлением воду (рис. 3). Давление в пакерах контролируют визуально по манометру МН1.

Для выпуска воздуха из гидравлической системы герметизатора используется клапан К1 с дросселем ДР1. Стравливание осуществляют при подаче в пакеры воды под давлением 0.2-0.5 МПа. При повышении давления воды выше 0.5 МПа клапан К1 переходит в закрытое состояние. Расход воды через дроссель ДР1 не менее, чем в 3 раза ниже номинального дебита насоса Н1 при работе оператора в среднем темпе.

При измерениях в режиме депрессии давление в пакерах доводят до 5 МПа, в режиме репрессии (подача азота) – до 10 МПа. При подаче воды в пакеры срабатывает распределитель Р1 из состава скважинного прибора и переключает скважинную линию с пневматического цилиндра буксировщика на межпакерный интервал герметизатора.

В режиме измерений вентиль ВН2 пульта переключают в положение «регистратор». В зависимости от реализуемого метода газодинамических измерений включают один из трехпозиционных переключателей ВН4, ВН5, в нормальном состоянии закрытых (положение «стоп»). Задействованный переключатель переводят в положение «МАХ», и, если расход газа через датчик ВФ1 составляет менее 5 л/мин, то переключают в положение «МІN», используя для

большей точности измерений при малых расходах датчик ВФ2. При необходимости расход регулируют, соответственно, дросселем ДР2 или ДР3.

Когда в межпакерный интервал подают сжатый азот, то включают вентиль ВН5. Давление азота устанавливают редуктором КР1 по манометру МН3. Манометр МН4 используется для контроля давления азота в баллоне Б4. При проведении измерений в режиме притока газа включают вентиль ВН4. Поступающий газ сбрасывают через клапан КО2 в шахтную систему сбора метана.

Для измерений давления газа используется тензометрический датчик ВР1 марки ЛХ-412-100. В состав электронного блока регистратора входят также датчики расхода ВФ1 (М-1000SLPM с параметрами 5-1000 л/мин,  $\pm 0.2$  л/мин, аналоговый выход), ВФ2 (марки М-5SLPM с параметрами 0.025-5 л/мин,  $\pm 0.01$  л/мин, аналоговый выход), автономный регистратор БАРЗ-1 аппаратной полевой платформы «SCOUT» (СКБ ССТ, г. Саратов).

Основные параметры разработанного оборудования газодинамического каротажа дегазационных скважин приведены в таблице.

Параметр	Значение
Длина прибора	2500 мм
Диаметр прибора	60 мм
Масса прибора	9 кг
Число пакеров	2
Длина пакеров	500 мм
Число соединительных рукавов высокого давления (РВД)	3
Диаметр проходного сечения РВД	4-8 мм
Давление в пакерах	до 15 МПа
Диаметр скважины	76 – 105 мм
Длина скважины	до 150 м
Ориентация скважины	горизонтальная $\pm 15^\circ$
Диапазоны измерений давления	0.05 – 25 МПа
Частотный диапазон изменения давления	0 – 1000 Гц
Точность измерения давления	0.02 МПа
Температура пластового флюида	0 ÷ 80 °С
Точность измерения температуры	0.001 °С
Расход пластового флюида	I:5-1000 л/мин, $\pm 0.2$ л/мин; II:0.025-5 л/мин, $\pm 0.01$ л/мин
Период дискретизации сигналов	0.25, 0.5, 1.0 мс
Число разрядов записи данных	15
Длительность регистрации в автономном режиме при дискретизации 1 мс, не менее	250 час
Скорость передвижения в скважине	40- 80 м/ч

## Заключение

Разработано модульное оборудование газодинамического каротажа для проведения исследований в необсаженных дегазационных скважинах на угледобывающих шахтах.

В состав устройства входит скважинный буксировщик с пневматическим приводом, обеспечивающий самостоятельное перемещение устройства в глубь скважины. Буксировщик выполнен в виде самостоятельного модуля и может быть использован в комплексе со скважинными приборами различного назначения.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект RFMEFI60417X0172).*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сердюков С.В., Шилова Т.В., Дробчик А.Н. Лабораторная установка и методика определения газопроницаемости горных пород // ФТПРПИ. – 2017. – № 5. – С. 172–180.
2. Алиев З.С. и др. Газогидродинамические основы исследования скважин на газоконденсатность. – М. Недра, 2012.
3. Гриценко А.И., Алиев З.С. Руководство по исследованию скважин. М.: – Наука, 1995.
4. Инструкция по комплексному исследованию газовых и газоконденсатных скважин. Система стандартизации Р ОАО “Газпром”. 086.2010. Изд. “Полиграфический комплекс “Локус Станди”, (в 2-х книгах под ред. Алиева З.С.) 2011.
5. Billingham, M. Conveyance – Down and Out in the Oil Field / M. Billingham, A.M. El-Toukhy, M.K. Hashem et al. // Oilfield Review. – 2011. – Vol. 23. – № 2. – P. 18–31.
6. Пат. 2487230 Российская федерация, МПК E21B23/14 (2006.01). Скважинный трактор / Валиуллин А.С., Валиуллин М.С., Пархимович А.Ю., Бадретдинов Ю.А., Бачурин А.Б.; патентообладатель Валиуллин А.С., Валиуллин М.С. – 2011117813/03; заявл. 03.05.2011; опубл. 10.11.2012, Бюл. № 14. – 8 с.
7. Сердюков С.В., Шилова Т.В., Рыбалкин Л.А. Скважинный прибор для измерения газоотдачи и фильтрационных свойств угольного пласта // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2016. – № 3. – С. 192–199.
8. Сердюков С.В., Шилова Т.В., Патутин А.В. Прибор для газодинамических исследований дегазационных скважин // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – 2016. – № 3. – Т 1. – С. 180–184.
9. Патутин А.В. Разработка технических и методических решений по газодинамическим исследованиям в дегазационных скважинах угольных пластов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геоэкология» : сб. материалов в 4 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 3. – С. 244–248.
10. Serdyukov, S.V., Patutin, A.V., Shilova, T.V. Borehole tool for studies in coalbed degasification wells // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2017. – Vol. 53. – paper 01229. doi:10.1088/1755-1315/53/1/012029.

© С. В. Сердюков, 2019