

DOI: 10.25558/VOSTNII.2018.8.23.007

УДК 620.1.051

© И.Л. Абрамов, А.Е. Майоров, 2018

И.Л. АБРАМОВ

канд. техн. наук, доцент,
старший научный сотрудник
ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово;
доцент кафедры
КузГТУ, г. Кемерово
e-mail: ilabramov@rambler.ru



А.Е. МАЙОРОВ

д-р техн. наук, проф. РАН,
заведующий лабораторией
ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово;
профессор кафедры
КузГТУ, г. Кемерово



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ ОПЕРАТИВНОГО ИЗМЕРЕНИЯ КОНТАКТНОЙ ПРОЧНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИКОНТУРНОЙ ЗОНЫ МАССИВА

Представлена информация о методических подходах к определению контактной прочности горных пород через скважины малого диаметра. Обоснована необходимость развития приборной базы и способов оперативной диагностики физико-механического состояния массива горных пород в геотехнологиях подземной добычи полезных ископаемых. Рассмотрена измерительная система, входящая в состав Центра испытаний горно-шахтного оборудования и инновационных технологий Института угля ФИЦ УУХ СО РАН.

Ключевые слова: ПИНОМЕТР, КОНТАКТНАЯ ПРОЧНОСТЬ, ГОРНЫЕ ПОРОДЫ, ДИАГНОСТИКА.

Актуальность

Реальное физическое состояние подземного сооружения и вмещающего массива горных пород — главный вопрос, присутствующий практически при любой геотехнологии подземной добычи полезных ископаемых. Наиболее актуальными при этом являются оперативная комплексная диагностика и контроль технического состояния, классически включающие: визуально-измерительный контроль поверхности контура вмещающей

горной выработки; визуально-измерительный контроль поверхности скважины при эндоскопическом обследовании; контроль физико-механических характеристик вмещающих горных пород; реометрический контроль (оценка интенсивности трещиноватости и фильтрационных свойств массива); контроль смещений контура горной выработки (установка замерных реперных станций). В процессе техногенного воздействия на массив горных пород получение оперативных данных о его состоянии является особо важной задачей. На примере технологий отработки

пластовых месторождений угля область применения результатов подобного обследования можно представить в следующем: создание паспорта прочности неразгруженного массива горных пород и паспорта крепления горной выработки, их корректировка в процессе ведения горных работ; корректировка проектных решений; определение остаточного ресурса, надежности и устойчивости эксплуатируемых систем крепления, изоляции, несущих конструкций; корректировка технологий упрочнения и уплотнения (консолидации) трещиноватых горных пород и грунтов и т. д. [1–3].

Контроль физико-механических характеристик горных пород классически проводят разрушающими методами, выбирая образцы с последующей оценкой предела прочности на одноосное сжатие и изгиб. Учитывая, что при отборе проб происходит их разгрузка, нарушение температурного и влажностного режима, вызывает вопрос достоверность данных, применяемых для оценки их реального состояния.

Методы и решения

К физико-механическим и технологическим параметрам горных пород относятся: коэффициент крепости по шкале М.М. Прото-

дьяконова, твердость, контактная прочность, вязкость, абразивность, дробимость, буримость, взрываемость, коэффициенты хрупкости и пластичности, водопроницаемость, естественная влажность, влагоемкость, коэффициент водонасыщения, гранулометрический состав, коэффициент разрыхления, сцепление и др. При этом наиболее «доступным» для оперативного получения данных является контактная прочность, характеризующая сопротивление породы разрушению при внедрении в её поверхность твёрдого тела, что прямо или косвенно отражает физико-механические свойства породы.

Для большинства пород используется метод определения контактной прочности, разработанный в ИГД им. А.А. Скочинского, основанный на вдавливании цилиндрического штампа с плоским основанием в нешлифованную поверхность образца до образования хрупкого выкола в приконтактной зоне и измерения максимальной нагрузки, вызывающей разрушение. В нормативной документации методика определения контактной прочности горных пород регламентируется ГОСТ Р 50834-94 [4]. Классификация пород по контактной прочности приведена в таблице 1 [5].

Таблица 1

Классификация пород по контактной прочности

Класс породы по контактной прочности	Характеристика	Показатель контактной прочности, МПа
I	Слабые	Менее 300
II	Слабые	300–400
III	Ниже средней крепости	400–500
IV	Ниже средней крепости	500–650
V	Средней крепости	650–900
VI	Средней крепости	900–1250
VII	Крепкие	1250–1750
VIII	Крепкие	1750–2450
IX	Очень крепкие	2450–3400
X	Очень крепкие	3400–4500
XI	Крепчайшие	4500–5600
XII	Крепчайшие	Более 5600

Доступ к породам любой приконтурной зоны горной выработки технологически более целесообразен через скважины малого диаметра — до 45 мм. Для измерения контактной прочности горных пород в «естественных» условиях в Институте угля СО РАН разработан способ, основанный на применении цилиндрического индентора с полусферическим основанием для обеспечения радиального контакта со стенкой скважины.

Опытный образец измерительной системы, получивший название «Пинометр», разработан и изготовлен Новосибирским филиалом Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук «Конструкторско-технологическим институтом прикладной микроэлектроники» (рис. 1). Основные элементы системы: зонд, шланги высокого давления, гидравлический

ручной насос ENERPAC P842, карманный персональный компьютер Getac PS236–EX, аккумулятор для питания зонда, электрические соединительные кабели. В таблице 2 и на рисунке 2 представлены технические характеристики и структурная схема Пинометра.



Рис. 1. Пинометр: зонд, компьютер, гидравлический насос, аккумулятор

Таблица 2

Технические характеристики Пинометра

№ п/п	Характеристика	Значение
1.	Диаметр зонда	43 мм
2.	Рабочий ход штока	8,5 мм
3.	Предельное давление на шток	1000 атм
4.	Масса зонда	2,14 кг
5.	Напряжение питания зонда	3–5 В
6.	Потребляемый ток	400 мА
7.	Время непрерывной работы	10 ч
8.	Тип датчика перемещения штока	SM10-HYD-KA-F18-O
9.	Тип прецизионного датчика давления	Д100М-3
10.	Длина шлангов высокого давления	10 м

Управление Пинометром осуществляется с помощью коммуникатора Getac PS236–EX. Getac PS236–EX является карманным персональным компьютером, соответствующим стандарту MIL-STD 810G. Поддерживает работу в высокоскоростных беспроводных сетях HSDPA. Оснащен встроенным GPS-приёмником, электронным компасом, альтиметром и 3-х мегапиксельной камерой с автофокусом, портами для подключения RS232 и USB OTG.

Объём встроенной памяти составляет 4 Гб с возможностью расширения при использовании слота внешней карты памяти формата SDHC до 16 Гб. Аккумуляторная литий-ионная батарея емкостью 5600 мА·ч обеспечивает до 10 часов непрерывной работы. Операционная система Microsoft Windows Mobile 6.1. Getac PS236–EX соответствует требованиям АТЕХ ЕС для эксплуатации во взрывоопасных средах.

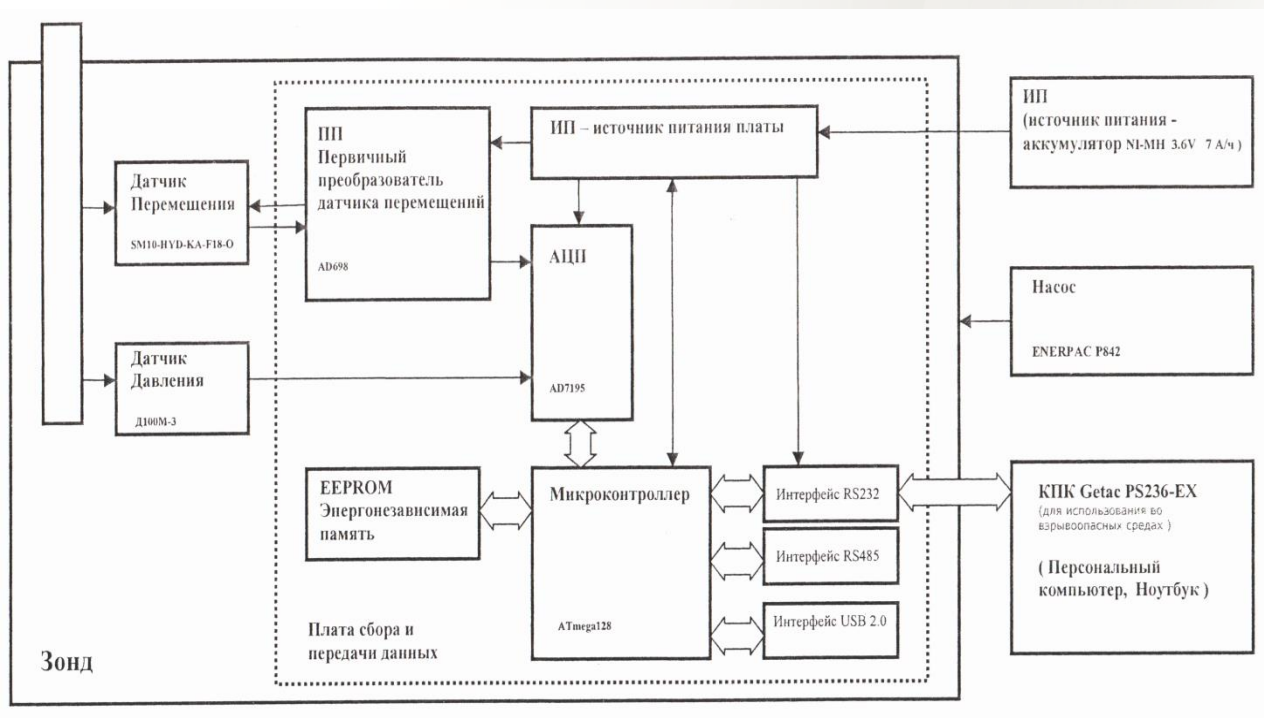


Рис. 2. Структурная схема Пинометра

Зонд состоит из механического блока, смонтированного в защитном корпусе из нержавеющей стали, и соединен с гидравлическим насосом шлангами высокого давления. В корпусе смонтированы гидроусилитель с выдвижным индентором (рис. 3), датчик перемещения штока, прецизионный датчик давления, плата электронного сбора и передачи данных. Источник питания зонда — NI-MN аккумулятор номинальным напряжением 3,6 В и емкостью 7000 мА·ч.

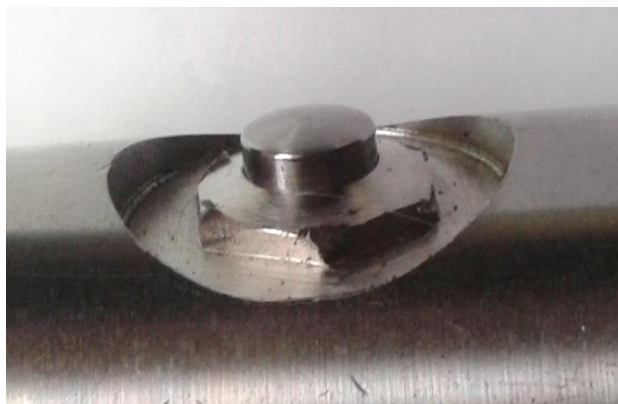


Рис. 3. Индентор Пинометра

Измерительная система прошла лабораторные и шахтные испытания, показав высокую оперативность измерений. Для дальней-

шего применения в условиях шахт и рудников необходимо решение задачи достоверной интерпретации данных замера, перевода показания Пинометра в значения предела прочности горных пород на одноосное сжатие и изгиб.

Учитывая, что реальный массив горных пород обладает прочностной и структурной анизотропией, получение и интерпретация данных является сложной задачей, в дальнейшем требуется разработка специальной методики получения и подготовки образцов горных пород.

Для инженерных методов контроля, требующих максимально просто и быстро получить достоверную характеристику об объекте, необходимо провести тарирование Пинометра. Идея заключается в сопоставлении данных о физико-механических характеристиках, полученных с применением Пинометра и Сервогидравлической системы RDS-500 [6] при исследовании прочностных характеристик специально подготовленных образцов, соответственно № 1 и № 2. В качестве начальной базы предлагается использовать строительные смеси на основе цемента, обладающие практически моно-составом без включений в объеме. От одного замеса сме-

си подготавливаются образцы: № 1 — в виде куба со стороной 0,5 м и одним сквозным осевым отверстием (скважиной), № 2 — в виде стандартных образцов (кубиков и балочек). Образцы заливают в формы с интервалом, создавая классический набор для контроля на 1, 3, 7, 14 и 28 сутки, что позволяет получить соответственно увеличивающиеся значения, а полученные дублирующие данные можно сопоставить и представить графически в виде переводной номограммы, устанавливающей зависимость между кон-

тактной прочностью и пределами прочности на одноосное сжатие и изгиб.

Выводы

Разработанная приборная база, методы оперативной оценки физико-механических характеристик горных пород являются важным дополняющим элементом разрабатываемой программы комплексной диагностики и контроля технического состояния подземных сооружений и вмещающего массива горных пород.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах»: приказ Ростехнадзора от 17 дек. 2013 года № 610. Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
2. Проблемы безопасности и новые технологии подземной разработки угольных месторождений / В.И. Клишин, Л.В. Зворыгин, А.В. Лебедев, А.В. Савченко. Новосибирск: Издательский дом «Новосибирский писатель», 2011. С. 247–250.
3. Майоров А.Е., Хмяляйнен В.А. Консолидирующее крепление горных выработок. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. 260 с.
4. ГОСТ Р 50834-95. Породы горные. Метод определения контактной прочности. Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
5. Открытые горные работы. Справочник / К.Н. Трубецкой, М.Г. Потапов, К.Е. Винницкий, Н.Н. Мельников и др. М.: Горное бюро, 1994. 590 с.
6. Майоров А.Е., Абрамов И.Л., Нургалиев Е.И. Исследование физико-механических характеристик горных пород и специализированных материалов для технологий строительства, реконструкции и безопасной эксплуатации угольных шахт // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2017. № 3. С. 36–43.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2018.8.23.007

UDC 620.1.051

© I.L. Abramov, A.E. Mayorov, 2018

I.L. ABRAMOV

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Senior Researcher
The Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of SB RAS, Kemerovo
Associate Professor
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo
e-mail: ilabramov@rambler.ru

A.E. MAYOROV

Doctor of Engineering Sciences, Professor RAS, Laboratory Head
The Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of SB RAS, Kemerovo
Professor of Department
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo

IMPROVING OF OPERATIONAL MEASURING INSTRUMENT FOR CONTACT ROCKS STRENGTH OF MASSIF BORDER AREA

The information on the methodological approaches determining the rocks contact strength through the boreholes with a small diameter is presented. The necessity of the development of the instrumental base and methods for rapid diagnosis of the physicommechanical state of the rock mass in geotechnologies of underground mining is substantiated. The measuring system, which is a part of the Mining equipment and innovative technologies testing Center of the Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of SB RAS, is considered.

Keywords: DENSITOMETER, CONTACT STRENGTH, ROCK, DIAGNOSTIC.

REFERENCES

1. On the approval of Federal norms and rules in the field of industrial safety «Instruction for the calculation and use of roof anchor bolting in coal mines»: Order of Federal Service for Environmental, Technological, and Nuclear Supervision № 610 dated December 17. 2013. Available at: «TechExpert» system. (In Russ.).
2. Klishin V.I., Zvorygin L.V., Lebedev A.V., Savchenko A.V. Problems of safety and new technologies for underground mining of coal deposits. Novosibirsk: Izdatelskiy dom «Novosibirskiy pisatel» 2011. pp. 247–250. (In Russ.).
3. Mayorov A.E., Khyamyalyaynen V.A. Consolidated fastening of mine workings. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2009. 260 p. (In Russ.).
4. GOST R 50834-95. Rocks. Method of the contact strength determination. Available at: «TechExpert» system. (In Russ.).
5. Trubetskoy K.N., Potapov M.G., Vinnitsa K.E., Melnikov N.N. Open pit mining. Handbook. Moscow: Gornoe byuro, 1994. 590 p. (In Russ.).
6. Mayorov A.E., Abramov I.L., Nurgaliev E.I. Research on physicommechanical characteristics of rocks and specific materials for construction, reconstruction and safe operation of coal mines technologies. Vestnik Nauchnogo tsentra VostNII po promyshlennoy i ekologicheskoy bezopasnosti = Bulletin of Scientific Centre VostNII for Industrial and Environmental Safety. 2017. № 3. pp. 36–43. (In Russ.).