

УДК  
622.23.02:  
622.261:  
622.284.74

**А.Ю. Ермаков, А.И. Екимов, П.А. Зименс,  
А.А. Дьяков, В.А. Быстрова**

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД КРОВЛИ НА ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ АНКЕРНОЙ КРЕПИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОГО ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ВЫРАБОТОК ШАХТ**

Приведена оценка зависимости параметров анкерной крепи выработок шахт от физико-механических свойств вмещающих пород кровли, а также приведено краткое описание результатов шахтных наблюдений за состоянием выработок.

Ключевые слова: анкерная крепь, выработка, вмещающие породы, эксплуатационное состояние, трещиноватость пород, угольный пласт, кровля выработок.

**Д**ля оценки влияния свойств вмещающих пород кровли на параметры анкерной крепи и предотвращения риска возникновения аварийных ситуаций необходимо анализировать свойства пород кровли на этапе проектирования анкерной крепи.

Анкерная крепь в отличие от металлических рамных и других поддерживающих крепей сразу же после установки осуществляет связывание и упрочнение массива в кровле и боках и активно противодействует развитию их смещений и разрушения.

Выбор типа и параметров крепи выработок шахт производится в соответствии с требованиями действующих нормативных документов, в том числе в соответствии с требованиями [1, 2]. Одним из наиболее важных критериев для определения параметров анкерной крепи являются физико-механические свойства

ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 4. С. 162–167.  
© 2016. А.Ю. Ермаков, А.И. Екимов, П.А. Зименс, А.А. Дьяков, В.А. Быстрова.

вмещающих пород кровли, а в частности предел прочности при одноосном сжатии (коэффициент крепости), от которого зависит величина смещений пород кровли, что влияет на выбор длины анкеров.

На этапе проектирования анкерной крепи выработок шахт, в соответствии с требованиями [1] определяется тип пород кровли по обрушаемости, который в свою очередь зависит от величины  $R_c$  – расчетного сопротивления пород при одноосном сжатии, а расчетное сопротивление пород кровли при одноосном сжатии определяется как  $R_c = 10 \cdot f$ , где  $f$  – коэффициент крепости пород по шкале М.М. Протодьяконова – величина, значение которой для расчета параметров анкерной крепи представляет геологическая служба шахты и, в дальнейшем, принимается при расчетах параметров анкерной крепи.

В 2010–2015 гг. на шахтах АО «СУЭК» были проведены наблюдения за состоянием выработок, закрепленных анкерной крепью, были проанализированы исходные данные (горно-геологические прогнозы на проведение выработок), полученные на этапе проектирования анкерной крепи (выполнения расчетов), проанализированы полученные по представленным исходным данным расчетные параметры крепи, фактические условия проведения выработок, а также результаты наблюдений за фактическим состоянием выработок, закрепленных анкерной крепью.

По результатам проведенного анализа и наблюдений за состоянием выработок сделан вывод о том, что свойства вмещающих пород кровли по длине выработки фактически могут изменяться более чем на 80%, то есть, например, при проведении

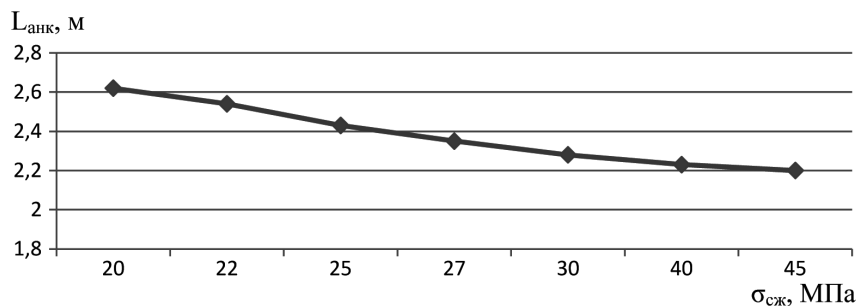


Рис. 1. Зависимость расчетной длины анкеров первого уровня для кровли выработки от предела прочности пород при одноосном сжатии (коэффициента крепости) при ширине выработки 5,0 м в зоне влияния опорного давления

выработки вблизи зоны выветрелых пород коэффициент крепости пород фактически может быть равен 1,8–2, а в дальнейшем с увеличением глубины ведения работ, коэффициент крепости пород фактически может достигать значений 3,3–3,5.

При учете данных величин в расчете параметров анкерной крепи, длина анкера может изменяться на 15–20%, что в благоприятных условиях приводит к снижению темпов проведения выработок, увеличению стоимости 1 пог. м проведения выработки, а в неблагоприятных условиях может повлечь вывалы пород кровли вместе с анкерной крепью как на локальных участках выработок, так как на участках выработок большой протяженности.

На рис. 1 показана зависимость расчетной длины анкеров первого уровня для кровли выработки от предела прочности пород при одноосном сжатии (коэффициента крепости) при ширине выработки 5,0 м в зоне влияния опорного давления.

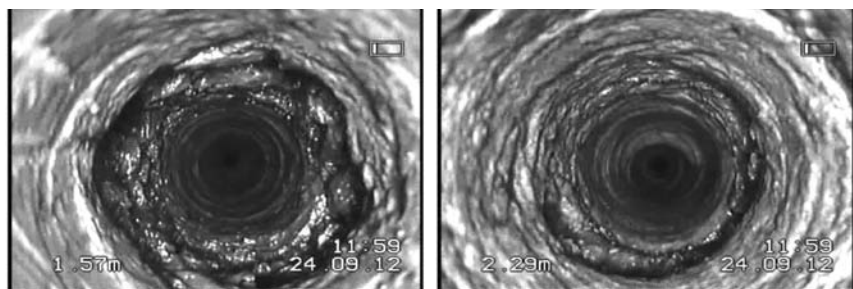
Помимо физико-механических свойств вмещающих пород кровли на безопасное эксплуатационное состояние выработок шахт оказывает влияние множество факторов, таких как, например, расположение выработок по падению, либо по простиранию пласта, поддержание выработок в зоне опорного давления от очистных работ, ПГД, горно-геологических нарушений, повышенной трещиноватости пород кровли, либо вне указанных зон.

Наличие указанных факторов требует дополнительного изучения их влияния на состояние проводимых и поддерживаемых выработок, а также учета при выполнении расчетов и выбора параметров анкерной крепи.

Например, при наблюдениях за проведением и поддержанием подготовительных и подготавливающих выработок пласта В-12 в границах шахтного поля шахты «Северная» ОАО «Ургалуголь» установлено влияние состава и структуры пород кровли пласта, расслоений и трещиноватости на эксплуатационное состояние выработок.

Пласт В-12 в границах шахтного поля шахты «Северная» пологого падения относительно выдержанный, мощностью 3,3–3,4 м. Уголь пласта хрупкий, слабой и средней механической прочности; коэффициент крепости – 1,5, угол падения пласта 14–16°. Строение пласта сложное, так как пласт содержит породные прослойки.

Ложная кровля пласта представлена углистым аргиллитом, аргиллитом или туффитом с коэффициентом крепости 0,8–3,



*Рис. 2. Изображение стенок шпуров, отбуренных в кровле подготовительной поддерживаемой выработки пласта В-12 шахты «Северная» ОАО «Ургалуголь»*

мощностью 0,1–0,4 м. Непосредственная кровля – прослой туффита, углистых пород и аргиллита с коэффициентом крепости 0,8–3, общей мощностью 0,5–2,0 м. Прослой плохо связаны между собой, слабые. Выше по разрезу расположен прослой алевrolита склонный к отслаиванию и рассланцеванию с коэффициентом крепости 5, мощностью 1,5–3,6 м. В целом породы непосредственной кровли неустойчивые, склонные к обрушению и отслаиванию, особенно в нарушенных зонах и местах сопряжений выработок.

Основная кровля пласта – чередование прослоев песчаника средне-, мелко- и тонкозернистого и алевrolита мощностью 25 м с коэффициентом крепости 5–8.

В процессе ведения наблюдений за состоянием выработок были выявлены локальные участки с деформацией опорных элементов анкерной крепи, образованием «мешков», что повлекло необходимость установки крепи усиления, а также к пересмотру паспортов для вновь предусмотренных к проведению выработок в части увеличения плотности анкерования.

На рис. 2 приведено изображение стенок шпуров, отбуренных в кровле подготовительной поддерживаемой выработки пласта В-12 шахты «Северная» ОАО «Ургалуголь».

На основе анализа можно сделать вывод о том, что достоверность значений физико-механических свойств вмещающих пород кровли, а также ее состав и нарушенность необходимо учитывать на этапе проектирования при выборе параметров анкерной крепи с целью оценки дальнейшего влияния указанных факторов на состояние выработок, как следствие – на технико-экономические показатели шахт, а также на эксплуатационное состояние выработок.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах»* (утв. Приказом Ростехнадзора № 610 от 17.12.2013г.)

2. *Методика расчета и выбора параметров крепи на сопряжениях горных выработок при одинарной и парной подготовке выемочных столбов.* – М.: ВНИМИ, 2004.

3. *Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на шахтах СССР.* Изд. 4-е, доп. – Л., 1986. – 222 с. **ГИАБ**

## КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Ермаков Анатолий Юрьевич*<sup>1</sup> – кандидат технических наук, исполнительный директор, e-mail: ermakovay@suek.ru.

*Екимов Александр Иванович*<sup>1</sup> – заместитель технического директора, горный инженер,

*Зименс Павел Аркадьевич*<sup>1</sup> – горный инженер-технолог,

*Дьяков Александр Александрович*<sup>1</sup> – горный инженер-технолог,

*Быстрова Василина Алексеевна*<sup>1</sup> – инженер-технолог,

<sup>1</sup> ООО «Сибниинуглеобогащение».

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 4, pp. 162–167.

UDC  
622.23.02:  
622.261:  
622.284.74

**A.Yu. Ermakov, A.I. Ekimov, P.A. Zimens, A.A. D'yakov,  
V.A. Bystrova**

### **EVALUATION OF THE INFLUENCE OF PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF HOST ROCKS OF THE ROOF ON THE CHOICE OF PARAMETERS OF ROOF BOLTING TO ENSURE THE SAFE OPERATIONAL CONDITION OF MINE WORKINGS**

The article presents the dependence of the parameters of anchor support mine workings of the physical and mechanical properties of host rocks of the roof, and summarizes the results of mine observations workings.

Key words: anchor support, mine working, the host rock, operational state, rock fracturing, the coal seam, roof workings.

## AUTHORS

*Ermakov A. Yu.*<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Executive Director, e-mail: ermakovay@suek.ru,

*Ekimov A.I.*<sup>1</sup>, Deputy Technical Director, Mining Engineer,

*Zimens P.A.*<sup>1</sup>, Mining Engineer-Technologist,

*D'yakov A.A.*<sup>1</sup>, Mining Engineer-Technologist,

*Bystrova V.A.*<sup>1</sup>, Engineer-Technologist,

<sup>1</sup> LLC Sibniinugleobogashchenie, 653000, Prokopevsk, Russia.

## REFERENCES

1. *Federal'nye normy i privila v oblasti promyshlennoy bezopasnosti «Instruktsiya po raschetu i primeneniyu ankernoy krepri na ugol'nykh shakhtakh»* (utv. Prikazom Rostekhnadzora № 610 ot 17.12.2013) (Federal regulations and grafted in the field of industrial safety «manual on calculation and application of roof bolting in coal mines» (appr. By order of Rostekhnadzor No. 610 dated 17.12.2013)).
2. *Metodika rascheta i vybora parametrov krepri na sopryazheniyakh gornyykh vyrabotok pri odinarnoy i parnoy podgotovke vyemochnykh stolbov* (The method of calculation and choice of parameters of roof support in the mine workings mates in single and pair preparation of extraction pillars), Moscow, VNIMI, 2004.
3. *Ukazaniya po ratsional'nomu raspolozheniyu, okhrane i podderzhaniyu gornyykh vyrabotok na shakhtakh SSSR*, 4-e izd. (Guidelines for the rational location, protection and maintenance of mine workings in the mines of the USSR, 4th edition), Leningrad, 1986, 222 p.



## ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК)

### ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ЖИДКОГО ТОПЛИВА И ВЛАГИ В ТВЕРДОЙ ФАЗЕ ГРАНЭМИТОВ НА ТЕПЛОТУ ИХ ВЗРЫВЧАТОГО РАЗЛОЖЕНИЯ

*Горинов Сергей Александрович*<sup>1</sup> – кандидат технических наук,  
e-mail: akaz2006@yandex.ru, *Маслов Илья Юрьевич*<sup>1</sup> – кандидат технических наук,  
e-mail: ilmaslov@mail.ru, *Брагин Павел Александрович*<sup>1</sup> – ведущий специалист,  
e-mail: pavelbragin83@mail.ru, *Иляхин Сергей Васильевич* – доктор технических наук,  
профессор, Российский государственный геологоразведочный университет  
им. С. Орджоникидзе, e-mail: isvl1@mail.ru,  
<sup>1</sup> ООО «Глобал Майнинг Эксплозив-Раша».

Приведено критериальное соотношение между влажностью ANFO и массовой доли топливной фазы при которых возможно самоподдерживающее взрывчатое разложение в гранэмите. Показано, что влажность аммиачной селитры в твердой фазе оказывает существенное влияние на величину тепловыделения для гранэмитов И-70, а для гранэмитов И-30 влияние влажности незначительно. Полученные результаты представляют интерес для горных предприятий, применяющих ВВ местного производства и расположенных вдали от хорошей транспортной инфраструктуры.

Ключевые слова: гранэмиты, влажность аммиачной селитры, теплота реакции взрывного разложения.

### EVALUATION OF INFLUENCE OF PRESENCE OF LIQUID FUEL AND MOISTURE IN THE SOLID PHASE OF GRANEMITES ON THE HEAT OF THEIR EXPLOSIVE DECOMPOSITION

*Gorinov S.A.*<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences,  
*Maslov I.Yu.*<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, *Bragin P.A.*<sup>1</sup>, Leading Specialist,  
*Ilyakhin S.V.*, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russian State Geological Prospecting University named after Sergo Ordzhonikidze (MGRI-RSGPU), 117997, Moscow, Russia,  
<sup>1</sup> Global Mining Explosive-Russia LLC, Russia.

In this study, a criterion correlation is described between the humidity of ammonium nitrate and the mass percentage of the fuel phase of ANFO contained in granemite, at which self-sustained explosive decomposition is possible in granemite. It is shown that the humidity of ammonium nitrate in the solid phase of granemite has a great impact on the value of heat liberation for I-70 granemites (containing 70 % and more of dry phase, in the form of ANFO), and for I-30 granemites (containing 30 % and less of dry phase, in the form of ANFO), the impact of humidity is insignificant. The obtained results are advantageous for mining enterprises, which use locally produced explosives and are located away from well-developed transport infrastructure.

Key words: granemites, ammonium nitrate humidity, heat of explosive decomposition reaction.