

DOI: 10.26730/1999-4125-2020-2-12-17

УДК 622.817.47

**КОНТРОЛЬ УСТОЙЧИВОСТИ ВЫЕМОЧНЫХ ВЫРАБОТОК НА ШАХТАХ
АО «СУЭК-КУЗБАСС» С ПРИМЕНЕНИЕМ ВИДЕОЭНДОСКОПОВ****ROADWAYS STABILITY MONITORING IN MINES OF
JSC “SUEK-KUZBASS” USING VIDEO ENDOSCOPES****Казанин Олег Иванович,**доктор техн. наук, проф., декан горного факультета, зав. кафедрой взрывного дела,
e-mail: Kazanin@pers.spmi.ru**Oleg I. Kazanin**, Dr. Sc. in Engineering, Professor, Dean of Mining Faculty, Head of the Blasting
Engineering Department**Ильинец Андрей Александрович,**

аспирант, e-mail: s175015@stud.spmi.ru

Andrey A. Pinets, postgraduateСанкт-Петербургский горный университет, 199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21
линия, д. 2

Saint-Petersburg Mining University, 199106, Saint Petersburg, Russia

Аннотация:

В статье представлены результаты исследований устойчивости выработок, оконтуривающих выемочные участки угольных пластов на шахтах АО СУЭК «Кузбасс», на основе оценки состояния пород кровли выработок с применением системы видеоскопического контроля. Видеоскопические исследования с целью прогнозирования состояния пород кровли выработок на угольных шахтах активно применяются в течение последних 20 лет. В большинстве случаев полученный материал используется как вспомогательная система оценки, в качестве подтверждения данных, полученных визуальным методом фиксации изменений. Отсутствие единой системы оценки и систематизации проведения работ не позволяют полностью раскрыть потенциал получаемых данных. В работе приведены анализ существующих систем оценки видеоматериала, покадровая классификация и иерархическая структура породного массива, представлены рекомендации, направленные на увеличение информативности метода видеоскопической съемки.

Ключевые слова: угольная шахта, выемочная выработка, контроль состояния, видеоскопическая съемка, классификация пород шпуров.

Abstract:

Current monitoring and stability control of roadways is a necessary complex of measures to control direct and indirect causes of roof structure rupture. The article presents assessment of the roof condition using the system of video-endoscope stability control on the example of mines of JSC “SUEK-Kuzbass”. Over the past 20 years, for the purposes of forecasting the roof conditions, the video-endoscopic surveys have been actively used in coal mines. In most cases, the material obtained is used as a secondary evaluation system, as a confirmation of the data obtained by the visual method of changes fixation. The lack of a unified system of assessment and systematization of work does not allow revealing the potential of the data. The paper presents an analysis of existing systems for evaluating video material, frame-by-frame classification and hierarchical structure of the rock mass, presents recommendations aimed at increasing the information content of the video endoscopic survey method.

Key words: coal mine, roadway, condition monitoring, video-endoscope survey, classification of borehole rock

Исследование состояния массива горных угольных шахт, является основным элементом пород, вмещающего выемочные выработки анализа устойчивости горных выработок. Для

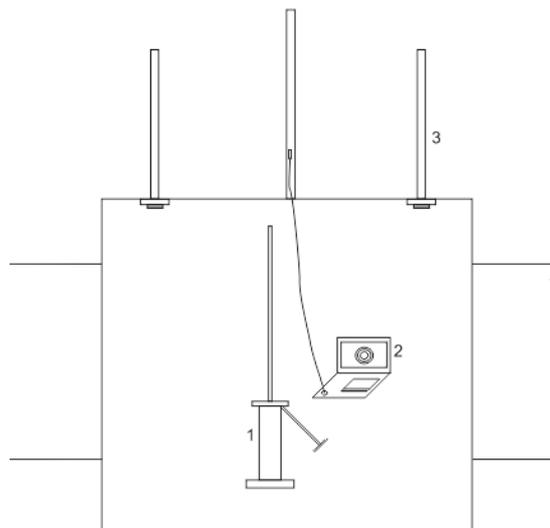


Рис. 1. Исследования кровли выработок видеоэндоскопом. 1 – ручная буровая установка; 2 – видеоэндоскоп, 3 – анкерное крепление
Fig. 1. Research roof workings video endoscope. 1 – manual drilling rig; 2 – video endoscope, 3 – anchor mount

выработок прямоугольной формы поперечного сечения, закрепленных анкерной крепью, устойчивость определяется главным образом, состоянием кровли выработок. Для оценки состояния кровли горных выработок применяются визуально-измерительный и инструментальные методы контроля [1, 2, 3]: испытания несущей способности анкеров [4], определение смещений слоев кровли выработки [5], визуальный осмотр анкерного крепления [6], георадиолокационные [7, 8] и видеоэндоскопические исследования [9].

Обследование шпуров видеоэндоскопом позволяет оперативно уточнить структуру пород кровли, своевременно выявить геологические нарушения, зоны трещиноватости и расслоения массива. Однако на сегодняшний день нет единой системы оценки получаемых данных [10, 11, 12].

В работе [13] предлагается систематизация состояния выработок на основе анализа трещиноватости, основанная на форме, размере и степени открытости трещин. В статье [14] приведена классификация степени опасности трещин в зависимости от их расположения относительно зоны действия анкеров с учетом других возможных факторов: деформации элементов анкерной крепи, отжима угля, изменения ширины выработки, смещения пород кровли. В зависимости от расстояния между трещинами и ширины раскрытия трещин в породах Луганцев Б.Б. [15] предложил классификацию устойчивости кровли в подготовительных выработках с указанием времени устойчивого состояния пятиметрового пролета выработки. В то же время в работах [13, 14] основное внимание при оценке состояния выработки уделяется характерным признакам опасности, таким как прогиб подхватов, смятие опорных шайб, прогиб

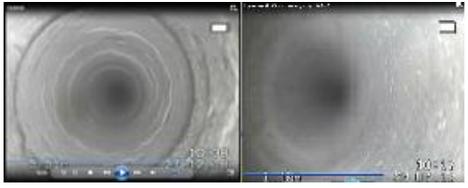
решетчатой затяжки. В случае оценки шпура с использованием представленной классификации, обследование видеоэндоскопом выступает в роли вспомогательной системы анализа текущего состояния кровли и мониторинга изменения параметров трещин. Кроме того, в статье не рассмотрена основная структура пород внутренних стенок шпура и иерархическая организация породного массива.

В целях мониторинга текущего состояния кровли выработок на угольных шахтах АО «СУЭК-Кузбасс» в последнее десятилетие активно используется технология видеоэндоскопического исследования. Обследования проводятся в выемочных и подготовительных выработках, в том числе в зоне влияния очистных работ. Для выполнения видеосъемки пород кровли бурятся шпуры диаметром 30 мм с рекомендуемой длиной 7 м (рис. 1). Располагаются шпуры по центру поперечного сечения выработки так, чтобы устье шпура находилось на уровне кровли.

В большинстве случаев структура пород стенок шпура по этим признакам на видеоизображении может быть поделена на 6 видов (табл.1).

Как показали исследования, в подавляющем большинстве случаев трещиноватые породы (п.4 табл.1) занимают порядка 20% от длины шпура, располагаются на расстоянии не более 1,5 м от контура выработки, при этом интервал интенсивно трещиноватых пород (п.6) не превышает 0,5 м. Последующие монолитные породы (п.1) и породы с винтовой поверхностью стенок (п.2) составляют до 60-70% от общей длины шпура. Оставшиеся 10-20% приходятся на переслаивающиеся и трещиноватые породы с изливом воды, их расположение хаотично и зависит от горно-

Таблица 1. Структура поверхности стенок шпура
Table 1. The surface structure of the walls of the hole

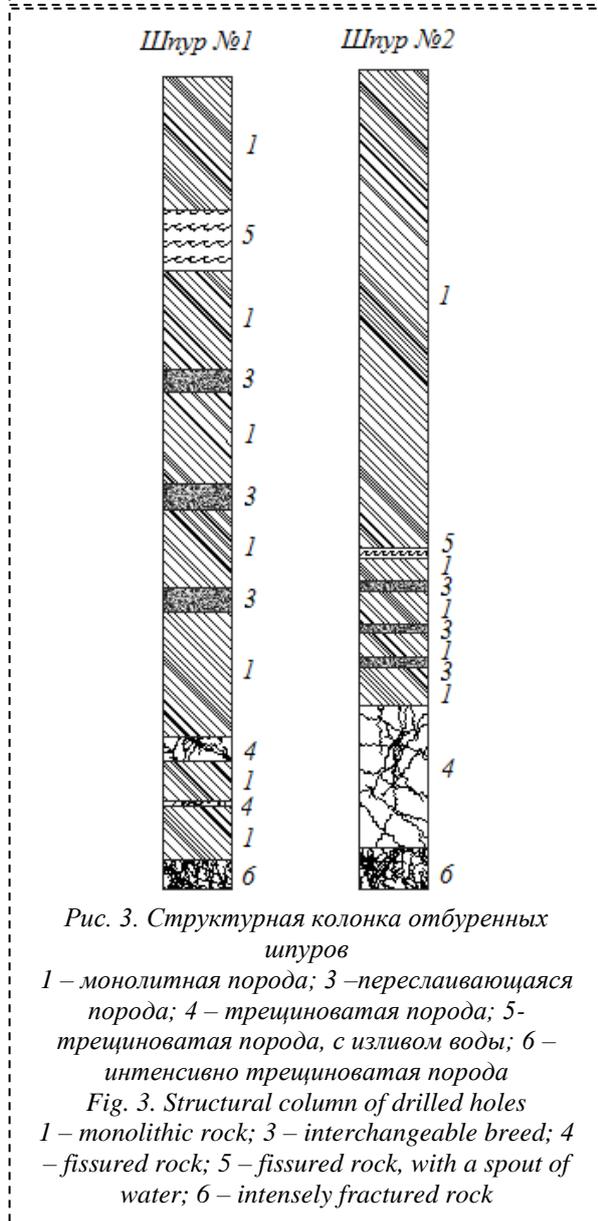
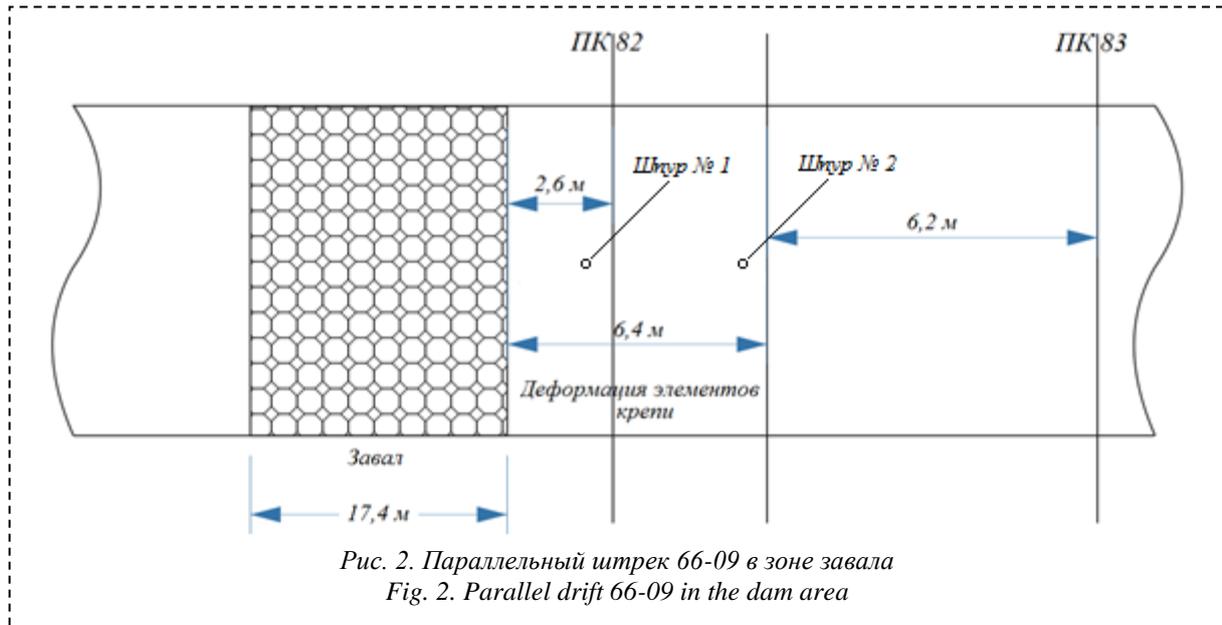
№	Структура поверхности стенок шпура	Описание	Видеоизображение
1	Монолитная	Представляют собой цельную сплошную поверхность с гладкими или кольцевыми участками стен шпура.	
2	Монолитная, с винтовой направленностью	Обладают повышенной крепостью, выделяются спиралевидной структурой стенок шпура.	
3	Переслаивающаяся	Чередование пород различных по составу, текстуре, крепости и другим характеристикам.	
4	Трещиноватая	Незначительное изменение геометрии стенок шпура, шероховатость, раскрытие трещин до 3мм.	
5	Трещиноватая, с изливом воды	Частично или полностью увлажненные стенки шпуров.	
6	Интенсивно трещиноватая	Раздробленная структура с выраженным блочным строением, раскрытие трещин до 5 мм, сокращение диаметра шпура в кадре видеосъемки более 20%.	

геологических условий залегания пород.

При видеофиксации нетипичных обширных трещин на участке монолитных пород необходимо пробурить дополнительные шпуры в радиусе 5 метров от первичной точки обследования с целью уточнения характера трещиноватости. Поскольку в течение срока службы выемочные выработки переживают несколько периодов,

характеризующихся разной интенсивностью смещений пород кровли, возможно разрастание трещин и появление новых в период нахождения выработки в зоне влияния опорного давления лавы.

Видеоэндоскопическая съемка позволяет не только оперативно отслеживать изменения состояния пород, но и исследовать динамику процессов разрушения пород кровли, приводящих



к нарушению устойчивости выработок.

К примеру, на шахте «Талдинская Западная 1» в параллельном штреке 66-09 произошло обрушение кровли, длина обвала составила 17,4 м, деформация элементов крепи 6,4 м (рис. 2). Параллельный штрек 66-09 пласта 66 пройден комбайновым способом (ширина 5,2 м, высота 3,3 м, сечение 17,6 м²), крепь: кровля – 6 анкеров типа А20В длиной 2,75 м при помощи 2 полимерных ампул (1000 мм) под «штрипс» с шагом установки 0,8 м с перетяжкой металлической решетчатой затяжкой; бока – 3 анкера типа А20В длиной 1,8 м при помощи полимерной ампулы (1000 мм) под металлические шайбы 300х300 мм с шагом установки 0,8 м с перетяжкой полимерной сеткой СПЭШ.

В кровле параллельного штрека было отбурено 2 шпура диаметром 30 мм. Шпур №1 отбурен в кровле выработки глубиной 6,9 м в месте заложения ПК82 в двух метрах в сторону от завала. Шпур №2 отбурен в кровле выработки глубиной 7 м в месте заложения ПК82 в шести метрах в сторону от завала. Оба шпура были обследованы видеозндоскопом. Сравнение и анализ шпуров №1 и №2 (рис. 3) позволяет предположить, что прекращение обвала кровли связано с залеганием монолитных пород на уровне 0,26-1,09 м.

Однако возможности применения видеосъемки в текущих условиях проведения работ реализованы не полностью. Основываясь на полученных данных, невозможно оценить устойчивость кровли, опираясь только на анализ трещиноватости поверхности шпура. Для полноценной оценки необходимо систематизировать получение данных в режиме реального времени. В целях получения систематизированной информации необходимо в месте проведения замера пробурить сетку из 3 скважин с межскважинным расстоянием 5м.

В зависимости от условий изменения напряженно-деформированного состояния (НДС) массива вокруг выработки в различные периоды (до начала влияния опорного давления лавы, в зоне влияния опорного давления, в зоне остаточного опорного давления, в зоне опорного давления второй лавы) проводить повторные съемки видеоэндоскопом по мере подвигания очистного забоя.

Получение и сравнение видеоизображений в различные периоды поддержания выработки, а также численная оценка НДС массива в рассматриваемые периоды позволит для конкретных условий разработать критерии обеспечения устойчивости выработок для последующего использования в системах мониторинга состояния выработок в режиме реального времени.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Видеосъемка поверхности стенок шпуров видеоэндоскопом позволяет достоверно оценить состояние пород кровли для последующей оценки устойчивости выработок;
2. Недостатком существующей практики

применения видеоэндоскопов является отсутствие системных наблюдений с формированием соответствующей базы данных. Результаты проводимых исследований используют для оценки состояния выработки на рассматриваемом участке «здесь и сейчас», как правило, без повторных исследований в другие периоды поддержания выработок;

3. Горно-геологические условия залегания угольных месторождений позволяют для конкретных условий систематизировать характерные видеоизображения поверхности стенок шпуров, определяющие устойчивость пород кровли выемочных выработок;

4. Для разработки критериев устойчивости выработок в конкретных горно-геологических условиях шахты с целью последующего использования в системах мониторинга состояния выработок в режиме реального времени исследования видеоэндоскопом при отработке первого выемочного участка необходимо производить в разные периоды эксплуатации выработки вплоть до ее погашения, что является одной из задач дальнейших исследований авторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Buddery P., Morton C., Scott D., Owen N., A continuing roof and floor monitoring systems for tailgate roadways // Proceedings of the 18th Coal Operators' Conference, Mining Engineering, University of Wollongong, 7-9 February 2018, pp. 72-81.
2. Lynch R., A continuing roof and floor monitoring systems for tailgate roadways // Proceedings of the 18th Coal Operators' Conference, Mining Engineering, University of Wollongong, 7-9 February 2018, pp. 31-38.
3. Daigle L., Mills K., Experience of monitoring shear movements in the overburden strata around longwall panels // Proceedings of the 17th Coal Operators' Conference, Mining Engineering, University of Wollongong, 8-10 February 2017, pp.125-137.
4. Кострыкин А.П., Шайдулин К.В., Ушаков Е.Н., Мерзляков П.Е. Обзор применяемых методов контроля эффективности анкерного крепления // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности – 2010. – №2. – С. 207-211.
5. Ануфриев В.Е., Преслер В.Т., Черданцев Н.В. Перспективы развития приборной базы геомеханического мониторинга массива в окрестности выработок при подземной угледобыче // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности – 2011. – №2. – С. 53-60.
6. Казанин О.И., Ютяев Е.П., Ермаков А.Ю. Организация непрерывного контроля за состоянием анкерной крепи горных выработок на шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс» // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – №4. – С. 253-256.
7. Калинин С.И., Пудов Е.Ю., Кузин Е.Г. Перспективы применения георадиолокации для определения состояния кровли шахтовых выработок // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – №1. – С. 297-299.
8. Бакин В.А., Пудов Е.Ю., Кузин Е.Г., Ремпель К.К. Анализ обследований состояния горных выработок закрепленных анкерной крепью с применением георадара // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – №10. – С. 172-177.
9. Бахтин Е.В., Кузьмин С.В., Мешков С.А. Мониторинг структуры пород кровли и состояния крепления капитальных и подготовительных горных выработок на шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс» // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – №10. – С. 459-470.
10. Иванчин Е.А., Федюков А.А., Борисова Т.А. Оценка устойчивости горных выработок // Известия вузов. Горный журнал – 2014. – №5. – С. 18-22.
11. Г.М. Редькин Показатели структурной раздробленности массивов горных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2009. – №12. – С. 219-225.

12. Лабшер Д.Х., Якубек Я. Классификация MRMR для трещиноватых массивов горных пород // *Undeground mining methods*, 2001. – pp. 475-482.

13. Е.М. Жуков, И.А. Лугинин, Ю.И. Кропотов, К.А. Зырянов, В.В. Басов Оценка влияния трещин на устойчивость пород в кровле подготовительных выработок угольных шахт // *Вестник Сибирского государственного индустриального университета* – 2015. – №4 (14). – С. 26-30.

14. Жуков Е.М., Кропотов Ю.И., Лугинин И.А., Полошков С.И. Классификация трещин и расслоений пород кровли по степени опасности с точки зрения возможности обрушения кровли в горных выработках // *Молодой ученый* – 2016. – №2 (106). – С. 142-146.

15. Луганцев Б.Б. Обеспечение устойчивости подземных горных выработок в трещиноватом породном массиве. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. – Москва, 2001 – 32 с.

REFERENCES

1. Buddery P., Morton C., Scott D., Owen N., A continuing roof and floor monitoring systems for tailgate roadways // *Proceedings of the 18th Coal Operators' Conference, Mining Engineering, University of Wollongong*, 7-9 February 2018, pp. 72-81.

2. Lynch R., A continuing roof and floor monitoring systems for tailgate roadways // *Proceedings of the 18th Coal Operators' Conference, Mining Engineering, University of Wollongong*, 7-9 February 2018, pp. 31-38.

3. Daigle L., Mills K., Experience of monitoring shear movements in the overburden strata around longwall panels // *Proceedings of the 17th Coal Operators' Conference, Mining Engineering, University of Wollongong*, 8-10 February 2017, pp. 125-137.

4. Kostykin A.P., Shaydulin K.V., Ushakov E.N., Merzlyakov P.E. Obzor primenyaemykh metodov kontrolya effektivnosti ankernogo krepneniya // *Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugol'noy promyshlennosti* – 2010. – №2. – pp. 207-211.

5. Anufriev V.E., Presler V.T., Cherdantsev N.V. Perspektivy razvitiya pribornoy bazy geomekhanicheskogo monitoringa massiva v okrestnosti vyrabotok pri podzemnoy ugledobyche // *Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugol'noy promyshlennosti* – 2011. – №2. – pp. 53-60.

6. Kazanin O.I., Yutyaev E.P., Ermakov A.Yu. Organizatsiya nepreryvnogo kontrolya za sostoyaniem ankernoy krepki gornykh vyrabotok na shakhtakh OAO «SUEK-Kuzbass» // *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tehnicheskii zhurnal)*. – 2013. – №4. – pp. 253-256.

7. Kalinin S.I., Pudov E.Yu., Kuzin E.G. Perspektivy primeneniya georadiolokatsii dlya opredeleniya sostoyaniya krovli shakhtovykh vyrabotok // *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tehnicheskii zhurnal)*. – 2015. – №1. – pp. 297-299.

8. Bakin V.A., Pudov E.Yu., Kuzin E.G., Rempel' K.K. Analiz obsledovaniy sostoyaniya gornykh vyrabotok zakreplennykh ankernoy krep'yu s primeneniem georadara // *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tehnicheskii zhurnal)*. – 2015. – №10. – pp. 172-177.

9. Bakhtin E.V., Kuz'min S.V., Meshkov S.A. Monitoring struktury porod krovli i sostoyaniya krepneniya kapital'nykh i podgotovitel'nykh gornykh vyrabotok na shakhtakh OAO «SUEK-Kuzbass» // *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tehnicheskii zhurnal)*. – 2015. – №10. – pp. 459-470.

10. Ivanchin E.A., Fedyukov A.A., Borisova T.A. Otsenka ustoychivosti gornykh vyrabotok // *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal* – 2014. – №5. – pp. 18-22.

11. G.M. Red'kin Pokazateli strukturnoy razdroblennosti massivov gornykh porod // *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tehnicheskii zhurnal)*. – 2009. – №12. – pp. 219-225.

12. Labsher D.Kh., Yakubek Ya. Klassifikatsiya MRMR dlya treshchinovatykh massivov gornykh porod // *Undeground mining methods*, 2001. – pp. 475-482.

13. E.M. Zhukov, I.A. Luginin, Yu.I. Kropotov, K.A. Zyryanov, V.V. Basov Otsenka vliyaniya treshchin na ustoychivost' porod v krovle podgotovitel'nykh vyrabotok ugol'nykh shakht // *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo industrial'nogo universiteta* – 2015. – №4 (14). – pp. 26-30.

14. Zhukov E.M., Kropotov Yu.I., Luginin I.A., Poloshkov S.I. Klassifikatsiya treshchin i rassloeniy porod krovli po stepeni opasnosti s tochki zreniya vozmozhnosti obrusheniya krovli v gornykh vyrabotkakh // *Molodoy uchenyy* – 2016. – №2 (106). – pp. 142-146.

15. Lugantsev B.B. Obespechenie ustoychivosti podzemnykh gornykh vyrabotok v treshchinovatom porodnom massive. Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni doktora tekhnicheskikh nauk. – Moskva, 2001 – 32 p.

Поступило в редакцию 16.03.2020

Received 16 March 2020