

УДК 622.2:622.346.1(574)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОХОДЧЕСКИХ РАБОТ НА ДОНСКОМ ГОКе



Р. Ш. НАСЫРОВ,
технический директор,
Ravil.Nasyrov@erg.kz



В. М. САПУНОВ,
зам. начальника Дирекции
по строительству 1-й и 2-й
очереди шахты «10-летия
независимости Казахстана»



В. В. ГУСАРОВ,
зам. начальника
технического отдела

Донской горно-обогатительный комбинат – филиал АО «ТНК «Казхром», Хромтау, Казахстан

Введение

Среди рудодобывающих объектов Донского ГОКа выделяется перспективой наращивания своей производственной мощности шахта, поначалу носившая название «Центральная».

В августе 1999 г., во время пребывания на комбинате Президента Республики Казахстан Н. А. Назарбаева, введен опытный комплекс I очереди шахты на 100 тыс. т сырой руды в год с выдачей ее клетями; в 2000 г. уже было добыто 172 тыс. т, а в 2001 г. – 180 тыс. т хромовой руды. С вводом в строй скипокле-тевого ствола (в декабре 2001 г.) руда выдается скипами, годовая мощность шахты возросла до 2 млн т. В последующем объект в связи с юбилеем республики переименован в шахту имени 10-летия независимости Казахстана.

За годы строительства выполнены основные объемы подземного комплекса; поле шахты вскрыто 4 стволами: клетевым (глубина 1006 м, диаметр 8 м в свету), скипоклевым (соответственно 696 и 7,5 м), вентиляционным (603 и 6,6 м), вспомогательным (650 и 6,5 м); пройдено и закреплено 25 км горизонтальных горных выработок; выполнены 22 подземные камеры высотой до 13 м; всего выдано из шахты 420 тыс. м³ горной массы. В работе находятся три ствола – скипоклетовой, вспомогательный и вентиляционный, 4-й ствол (клетевой) относится к второй очереди строительства шахты «10-летия независимости Казахстана»; на сегодняшний день в процессе строительства вто-

Дано описание основных операций при проходке горизонтальных выработок на шахте имени 10-летия независимости Казахстана и применяемого новейшего проходческого оборудования.

Ключевые слова: Донской ГОК, шахта, проходка выработок, крепление, тоннельный погрузчик, проходческий экскаватор, машина для восстановительных и ремонтных работ.

DOI: 10.17580/gzh.2018.05.02

рой очереди шахты находятся два ствола – вентиляционный и скиповой.

Технология и техника проходки горных выработок

Стратегией развития АО «ТНК «Казхром» предусматривается увеличение добычи до 6–8 млн т год; при этом основная нагрузка ляжет на шахту имени 10-летия независимости Казахстана, для чего к 2023 г. необходимо ввести II очередь шахты. Во время проходки глубинных горизонтов специалисты столкнулись со значительными трудностями из-за сложных и весьма сложных горно-геологических условий; традиционные методы проходческих работ дали сбой. Необходимо было перейти на новую технологию проходки, которая позволила бы проходить выработки в этих условиях с сохранением высоких скоростей строительства. В 2008 г. на базе Донского ГОКа был проведен «круглый стол», где крупные специалисты-шахтостроители, ученые из Германии, ЮАР, Австралии, России, Украины и Казахстана обсудили пути совершенствования технологии проходки выработок в сложных горно-геологических условиях шахты имени 10-летия независимости Казахстана, определили дальнейшие шаги по внедрению предложенных идей в жизнь.

С 2013 г. проходку основных вскрывающих выработок горизонта –480 м шахты осуществляет подрядная организация – ТОО «Шахтбау Казахстан». На проходческих работах применяется новая для Казахстана и других стран СНГ технология, аккумулирующая в себе предыдущий производственный опыт и достижения мировой практики шахтного строительства [1–16]. При этом обеспечивается устойчиво высокая скорость проходки – до 100 п.м/мес. Применяемая технология основана на использовании анкерной крепи и набрызг-бетона с фиброй. Технология за-проектирована по принципам новоавстрийского метода тоннелестроения (НАТМ), для чего компанией было приобретено уникальное оборудование, специально разработанное для условий шахты «10-летия независимости Казахстана».

Исходя из горно-геологических условий породного массива, подрядчик определил пять основных классов крепления вырабо-



Строительство клетового ствола шахты имени 10-летия независимости Казахстана, II очередь

ток проходческих пластов. С учетом того, что породы по трассе проходимых выработок крайне непостоянны, и их свойства могут меняться через каждые 2–3 м, а шаг бурения разведочных скважин 80–100 м, проходческие классы выделены условно. Определение таких классов для запланированной проходки выработок осуществляется по методу классификации горных пород Бенявского и путем анализа оценочных показателей при помощи диаграммы Лауффера. Это дает самое обширное и основательное описание породного массива, в которое входит множество сведений: прочность породы на сжатие (или же эквивалентная прочность на сжатие, определенная при помощи индекса точечной нагрузки); оценка нарушенности породы, определенная на основе показателя качества породы RQD и измерения густоты трещин; описание состояния трещин, притоков подземных вод, пространственного положения замеренных плоскостей трещин по отношению к оси выработки и по падению. На основании представленной документации и анализа опыта уже проведенных проходческих работ Научно-исследовательским центром (НИЦ) комбината выполнена предварительная оценка ненарушенных геологических слоев с допустимыми длинами заходки от 1 до 2,5 м в соответствии с оценочными критериями и средствами крепления.

Процедура определения проходческих классов должна проводиться каждый раз перед началом работ по новой заходке сле-

дующим образом. Подрядчик предлагает выбор проходческого класса, исходя при этом из фактических геологических условий, установленных на поверхности забоя после его зачистки, состояния кровли и бортов, результатов геотехнических измерений и из всех других имеющихся данных. При этом он должен прежде всего и в равной мере принимать в расчет вопросы как безопасности, так и экономичности. Свое предложение подрядчик должен изложить, исходя из установленных критериев оценки, указывая при этом также установленные на месте геологические условия, чрезвычайные события (такие, как обрушения, отслоения торкретбетона, вывалы, завалы). Горнотехнические условия во время проходческих работ оценивают начальники смен подрядчика. Если при оценке забоя будет установлено отклонение от нормальных геологических условий, которое потребует смену проходческого класса, то данный факт будет подтвержден соответствующими документами и зафиксирован в форме определения крепи. Подрядчик предоставляет следующие документы: классификацию породного массива по Бенявскому – Лауфферу; геологическое обоснование и заключение по выбору проходческого класса и дополнительных средств крепления.

Проходка осуществляется буровзрывным методом с рельсовой откаткой аккумуляторными электровозами с применением буровой установки с Atlas Copco 282; тоннельного погрузчика Terex – Schaeff ITC 120-F4 и вспомогательного оборудования

(бетономешалки, машины для нанесения набрызг-бетона с манипулятором, нагнетательной техники для анкерного крепления).

К началу работ от ствола маркшейдер определяет место заложения квершлага. Замер направления проходки ведется каждые 30 м. В соответствии с требованиями по безопасному ведению горных работ в условиях возможного выделения водорода для контроля за появлением такого пробуривают на длину до 20 м опережающие разведочные скважины диаметром 45 мм.

Для профиля выработки со стандартным поперечным сечением площадью 14,8 м² необходимо пробурить 62 шпура диаметром 43 мм на заходку. Бурение осуществляется буровой установкой с двумя манипуляторами. Расположение шпуров на поверхности забоя маркируют с помощью аэрозольного баллончика. Буровую установку транспортером Pony Truck подвозят из разминки в призабойный участок, после чего самоходом на колесах передвигают до забоя и приводят в состояние готовности к бурению. После окончания бурения установку транспортером возвращают на разминку.

Очищенные внутриконтурные шпуры заряжают патронированным ВВ, а контурные – детонирующим шпуром мощностью 80 г/м, для производства щадящего взрывания.

На уборке взорванной породы используют погрузчик. От близлежащей разминки транспортером Pony Truck на участок проходки подвозят тоннельный погрузчик ITC 120-F4, который до забоя перемещается уже сам на гусеничном ходу. В случае, если отбитый участок массива при оборке окажется слишком хрупким (заходка 1 м), на него следует нанести предварительный слой набрызг-бетона. После обеспечения мер безопасности начинается процесс загрузки. Горная масса зачерпывается погрузчиком и по собственному ленточно-цепному конвейеру подается в вагонетки. Для откатки всей отбитой породы с одной заходки требуются 2 подвижных состава по 7 вагонеток в каждом. Смена составов происходит на разминке.

Крепление выработок осуществляется следующим образом. Сначала устанавливают арки решетчатого каркаса на последней выполненной заходке (включая стыковое соединение и распорки). Решетчатые арки на своей опоре соединяются с опорной балкой предпоследней заходки так, чтобы образовывалось соединение между отдельными арками. Арки устанавливают при помощи погрузчика (на его рукояти есть специальное приспособление, по которому арки подвешиваются и поднимаются). По завершении работ погрузчик опять отправляется на разминку. Производство набрызг-бетона ведут на поверхности. К месту производства работ его доставляют в специальных бетоносмесителях «сигара». С помощью манипулятора Meuso Ouga наносят первый слой набрызг-бетона в новой заходке и второй слой в предыдущей. После укладки набрызг-бетона и отъезда состава с нагнетательным оборудованием буровая установка снова выезжает из квершлага к забю и бурит отверстия под анкеры. В качестве опережающего крепления (длина заходки 1,5 и 1 м) после установки основных анкеров устанавливают дополнительные, которые запрессовывают суспензией.

В октябре 2016 г. на шахте «10-летия независимости Казахстана» была проведена сбойка между двумя основными фланговыми стволами по главному откаточному квершлагу горизонта –480 м, причем работы вели одним тупиковым забоем протяженностью около 4 км в сложных горно-геологических условиях. Тем самым было доказано, что выбранная технология отвечает требованиям производства, и ее разработчики находятся на правильном пути.



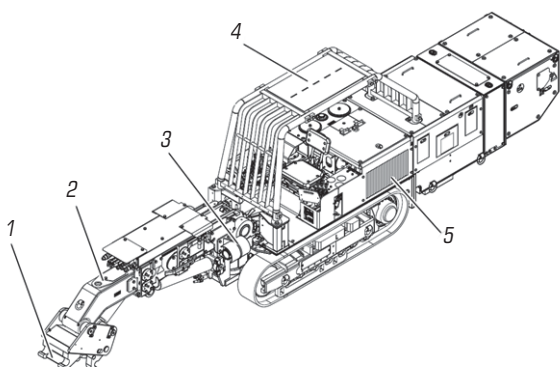
Откаточный квершлаг горизонта –480 м



Тоннельный погрузчик Terex – Schaeff ITC 120-F4



Проходческий экскаватор Hazemag HRE 300



Конструкция машины HRE 300:

- 1 – быстроразъемное соединение; 2 – телескопическая стрелка;
- 3 – фара освещения; 4 – защитный навес; 5 – основной корпус машины

В качестве альтернативы технике ТОО «Шахтбау Казакстан», с целью дальнейшего совершенствования технологии, Донской ГОК заключил договор с компанией Hazemag для поставки уникального оборудования, специально разработанного для условий комбината.

Проходческий экскаватор HRE 300 – инновационная высокопроизводительная установка, предназначенная для эффективной проходки выработок с небольшим сечением (9–22 м²). Экскаватор объединяет в себе преимущества проходческого комбайна, мобильной буровой установки и торкрет-установки. Таким образом, бурение шпуров, погрузку горной массы и возведение крепи можно будет вести одной машиной. Быстрая погрузка, минимальное сечение, а также оптимизированный переход от погрузки к бурению, отсутствие необходимости в разминовках значительно выделяют эту установку от других систем. Все компоненты машины были уже с успехом испытаны в сложных условиях на горных предприятиях и в тоннелестроении.

В полную комплектацию проходческого экскаватора HRE 300 входят: стрела + ковш + ходовая тележка; погрузочный стол (ширина 2,8 м); поворотное устройство; скребковый конвейер; маслостанция; электрооборудование с дистанционным управлением для передвижения машины; кабелеукладчик; гидравли-

ческое быстросъемное устройство; тяговый канат для передвижки рельс и маневрового стрелочного перевода; манипулятор с перфоратором для бурения взрывных, анкерных шпуров и шпуров для установки арматурной стали; насос повышения давления с управлением для водно-воздушной промывки; вспомогательные устройства для установки крепи; устройство для перемещения бурового лафета в позицию бурения; буровой инструмент в комплекте для бурения; манипулятор для нанесения набрызг-бетона; понитрак для перемещения машины по рельсовому пути.

Данный экскаватор начнет трехмесячный испытательный период уже в мае нынешнего года на горизонте –480 м с обеспечением стабильной проходки до 100 м в месяц к последнему этапу испытаний.

В настоящее время на Донском ГОКе уже проходит испытание другая, также специально разработанная для условий комбината, мультифункциональная машина для ведения восстановительных и ремонтных работ (перекрепки выработок) – Hazemag HME 300. Машина оснащена гусеничным ходом, телескопической стрелой и гидравлическим быстросменным устройством. Навесное оборудование машины может быть использовано для бурения вееров и установки арматурной стали; выдалбливания осевшей и вспученной породы; удаления деформированной крепи; погрузки породы и установки новой крепи.

Основной корпус машины представляет собой компактный агрегат, состоящий из системы привода, сиденья машиниста с устройством управления машиной и ходовой части. В передней части корпуса установлена поворотная телескопическая стрела, на ней смонтированы две фары освещения. Навесное оборудование крепится на стреле посредством быстроразъемного соединения. Гусеничный ходовой механизм оснащен системой стояночного и рабочего тормозов, которые работают автоматически и независимо друг от друга. Стояночный тормоз фиксирует положение машины, поставленной на стоянку при большом уклоне. Рабочий тормоз при запаздывании или при движении под уклон препятствует нежелательному ускорению движения.

Длина машины HME 300 составляет 7,2 м, высота 1,32 м. Максимальный угол поворота стрелы по вертикали 69°. Общая масса 11,5 т. Максимальный допустимый поперечный уклон 10,8°. Машина имеет электрогидравлический привод мощностью 55 кВт, напряжением 400В/50 Гц. Управление машиной осуществляется с интегрированного на ней пульта управления. Машина работает при диапазоне температур от +5 °С до +35 °С. Для обеспечения мобильности она оснащена кабелеукладчиком, также имеется возможность подключения гидравлического ручного инструмента.

Для восстановления проектного сечения выработки машина снабжена отбойным молотком, состоящим из опорной консоли с поворотным устройством и навесным гидравлическим молотом со вставленным резцом. При помощи опорной консоли отбойный молоток устанавливают на быстроразъемном соединении. Механизм поворотного устройства позволяет вращать отбойный моло-

ток влево и вправо. Кроме того, отбойный молоток оснащен механизмом подачи и системой продувки сжатым воздухом.

Извлечение деформированных рам ведут крепеустановщиком, который состоит из цепи, крепежной дуги и кронштейна. В кронштейне имеются боковые отверстия для подвешивания дополнительных механизмов. Новые рамы вставляют в верхнее приспособление и крепят с помощью створок скобы.

Погрузку породы осуществляют с помощью коробчатого ковша. Благодаря поворотному цилиндру ковша его можно поворачивать влево и вправо по горизонтали. Машина оснащена также активным ковшом, служащим для дробления и погрузки породы, оборки заколов.

Применение многофункциональной машины НМЕ 300 при перекрепке горных выработок позволяет почти полностью избежать трудоемкого ручного труда и увеличить производительность труда более чем в 3 раза.

Заключение

За последние годы в практике проходческих работ на Донском ГОКе произошли существенные изменения: усовершенствована технология проходки, позволившая увеличить скорость проведения горных выработок, приобретено новейшее шахтостроительное оборудование.

Библиографический список

1. Тиль В. В., Бекеев М. М., Сашурин А. Д. Освоение глубоких горизонтов хромитовых месторождений в стратегии развития Донского ГОКа: проблемы и пути решения // Горный журнал. 2013. № 5. С. 17–21.
2. Herbst M., Konietzky H. Numerical modelling of natural rock formations to estimate stability using the example of a sandstone massif in Saxony // Geomechanics and Tunneling. 2012. Vol. 5. No. 4. P. 379–388.
3. Ломоносов Г. Г. Производственные процессы подземной разработки рудных месторождений. – 2-е изд. – М.: Горная книга, 2013. – 517 с.
4. Абрамчук В. П., Педчик А. Ю., Костенко В. В., Меденков Ф. Г., Чмыхалова С. В. Проблемы категорирования горных пород по трудности их разрабатывания // Метро и тоннели. 2013. № 6. С. 20–22.
5. Lawson A. R., Bieniawski Z. T. Critical assessment of RMR-based tunnel design practices: A practical engineer's approach // Rapid Excavation and Tunneling Conference : Proceedings. – Englewood : Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, 2013. P. 180–198.
6. Špačková O., Šejnoha J., Straub D. Tunnel construction time and cost estimates: from deterministic to probabilistic approaches // Underground Construction : Proceedings of the 12th International Conference. – Prague, 2013. – 8 p.
7. Arestegui M. A. Cost Estimation for Underwater Tunnel Projects based on Uncertainty and Risk Analysis. – Trondheim : Norwegian University of Science and Technology, 2014. – 235 p.
8. Капунов Д. Р. Теоретические основы проектирования освоения недр: становление и развитие // Горный журнал. 2014. № 7. С. 49–51.
9. Еременко В. А., Рыльникова М. В., Есина Е. Н., Лушников В. Н. Обоснование способа оценки зон распространения и величины концентрации напряжений в условиях подземной разработки рудных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. № 11. С. 5–12.
10. Santos V., da Silva A. P. F., Brito M. G. Prediction of RMR Ahead Excavation Front in D&B Tunneling // Engineering Geology for Society and Territory : Proceedings of the XII IAEG Congress. – Cham : Springer, 2015. Vol. 6. Applied Geology for Major Engineering Projects. P. 415–419.
11. Крупник Л. А., Шапошник Ю. Н., Шапошник С. Н., Маметьев Ю. И., Ибраев Д. С. Опыт внедрения анкерных крепей на подземных рудниках Восточного Казахстана // Безопасность труда в промышленности. 2015. № 1. С. 22–25.
12. Aydan Ö., Ulusay R., Tokashiki N. Rock Mass Quality Rating (RMQR) System and Its Application to the Estimation of Geomechanical Characteristics of Rock Masses // Engineering Geology for Society and Territory : Proceedings of the XII IAEG Congress. – Cham : Springer, 2015. Vol. 6. Applied Geology for Major Engineering Projects. P. 769–772.
13. Крупник Л., Шапошник Ю., Шапошник С. Пути совершенствования технологии анкерного крепления на горнодобывающих предприятиях Казахстана // Инженерная защита. 2016. № 1. С. 54–59.
14. Еременко В. А., Айбиндер И. И., Пацкевич П. Г., Бабкин Е. А. Оценка состояния массива горных пород на рудниках ЗФ ОАО «ГМК «Норильский Никель» // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 1. С. 5–17.
15. Педчик А. Ю., Чмыхалова С. В., Шевчук С. В., Шенцева С. В. Об учете изменчивости характеристик горного массива по трассе горных выработок в проектных и сметных расчетах // Горный журнал. 2016. № 12. С. 37–39. DOI: 10.17580/gzh.2016.12.08
16. Лушников В. Н., Еременко В. А., Сэнди М. П., Косырева М. А. Выбор анкерной крепи для выработок, пройденных в шахтах, склонных к горным ударам // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2017. № 3. С. 86–95. **ПЖ**

«GORNYY ZHURNAL», 2018, № 5, pp. 21–26
DOI: 10.17580/gzh.2018.05.02

Improvement of roadheading technology at Donskoy Ore Mining and Processing Plant

Information about authors

R. Sh. Nasyrov¹, Technical Officer, Ravil.Nasyrov@erg.kz

V. M. Sapunov¹, Deputy Chief Officer of the Ten Years of Independence of Kazakhstan Mine Construction Phases I and II Management

V. V. Gusarov¹, Deputy Head of Technical Department

¹ Donskoy Ore Mining and Processing Plant, Branch of Kazchrome TNC, Khromtau, Kazakhstan

Abstract

The key ore production object of Donskoy Ore Mining and Processing Plant (aka Donskoy GOK) for the nearest future will be the “Ten Years of Independence of Kazakhstan” mine which is going to commission mining phase II by 2023 with the simultaneous buildup in the output capacity.

At the present time, the mine, concurrently with ore production, drives underground openings and sinks a cage shaft. In view of high changeability of rock mass properties, support design along each opening is varied in accordance with the roadheading class (there are 5 roadheading classes in total).

Drivage is carried out by drilling-and-blasting with loading of debris in mine cars. The primary operations are implemented using Atlas Copco 282 twin-boom drilling rig and TEREX-SCHAEFF ITC 120-F4 loading machine. It is planned to replace the heading equipment by later machinery. For example, in May 2018, full-scale tests of HAZEMAG HRE 300 roadheading excavator will be started.

Application of this equipment will enable reaching sustainable heading rate of 100 m per month.

Keywords: Donskoy GOK, mine, roadheading, support, tunnel loading machine, roadheading excavator, machine for repair and reconstruction.

References

1. Til V. V., Bekeev M. M., Sashurin A. D. Mastering of deep horizons of chromite deposits in the development strategy of Donskoy Ore-Dressing and Processing Enterprise: problems and ways of solving. *Gornyy Zhurnal*. 2013. No 5. pp. 17–21.
2. Herbst M., Konietzky H. Numerical modelling of natural rock formations to estimate stability using the example of a sandstone massif in Saxony. *Geomechanics and Tunneling*. 2012. Vol. 5, No. 4. pp. 379–388.
3. Lomonosov G. G. Industrial processes of underground ore deposit mining. Second edition. Moscow : Gornaya kniga, 2013. 517 p.

4. Abramchuk V. P., Pedchik A. Yu., Kostenko V. V., Medenkov F. G., Chmykhalova S. V. Problems of rock rating according to their mining complexity. *Metro i tonneli*. 2013. No. 6. pp. 20–22.
5. Lowson A. R., Bieniawski Z. T. Critical assessment of RMR-based tunnel design practices: A practical engineer's approach. *Rapid Excavation and Tunneling Conference : Proceedings*. Englewood : Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, 2013. pp. 180–198.
6. Špaková O., Šejnoha J., Straub D. Tunnel construction time and cost estimates: from deterministic to probabilistic approaches. *Proceedings of the 12th International Conference Underground Construction*. Prague, 2013. 8 p.
7. Arestegui M. A. Cost Estimation for Underwater Tunnel Projects based on Uncertainty and Risk Analysis. Trondheim : Norwegian University of Science and Technology, 2014. 235 p.
8. Kaplunov D. R. Theory basis of designing of subsoil mastering: formation and development. *Gornyy Zhurnal*. 2014. No. 7. pp. 49–51.
9. Eremenko V. A., Rynikova M. V., Esina E. N., Lushnikov V. N. Validation of estimation procedure for areas and values of stress concentration in mines. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten*. 2014. No. 11. pp. 5–12.
10. Santos V., da Silva A. P. F., Brito M. G. Prediction of RMR Ahead Excavation Front in D&B Tunnelling. *Engineering Geology for Society and Territory : Proceedings of the XIII IAEG Congress*. Cham : Springer, 2015. Vol. 6. Applied Geology for Major Engineering Projects. pp. 415–419.
11. Krupnik L. A., Shaposhnik Yu. N., Shaposhnik S. N., Mametev Yu. I., Ibraev D. S. Experience of introduction of anchor support at underground mines in the Eastern Kazakhstan. *Bezopasnost truda v promyshlennosti*. 2015. No. 1. pp. 22–25.
12. Aydan Ö., Ulusay R., Tokashiki N. Rock Mass Quality Rating (RMQR) System and Its Application to the Estimation of Geomechanical Characteristics of Rock Masses. *Engineering Geology for Society and Territory : Proceedings of the XIII IAEG Congress*. Cham : Springer, 2015. Vol. 6. Applied Geology for Major Engineering Projects. pp. 769–772.
13. Krupnik L., Shaposhnik Yu., Shaposhnik S. Ways of improvement of technology of anchor support at mining enterprises in Kazakhstan. *Inzhenernaya zashchita*. 2016. No. 1. pp. 54–59.
14. Eremenko V. A., Aybinder I. I., Patskevich P. G., Babkin E. A. Assessment of the state of rocks in underground mines at the Polar Division of Norilsk Nickel. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten*. 2017. No. 1. pp. 5–17.
15. Pedchik A. Yu., Chmykhalova S. V., Shevchuk S. V., Shentseva S. V. Allowance for variability of rock mass characteristics along the line of underground excavations in design calculations and cost estimation. *Gornyy Zhurnal*. 2016. No. 12. pp. 37–39. DOI: 10.17580/gzh.2016.12.08
16. Louchnikov V. N., Eremenko V. A., Sandy M. P., Kosyreva M. A. Support design for mines exposed to rockburst hazard. *Journal of Mining Science*. 2017. Vol. 53, No. 3. pp. 504–512.

