

УДК 622.28:622.83

ОПЫТ ПРОХОДКИ И КРЕПЛЕНИЯ СВЕРХГЛУБОКИХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК РУДНИКА «СКАЛИСТЫЙ» ЗФ ПАО «ГМК «НОРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ»

М. С. ПЛЕШКО¹, проф., д-р техн. наук, mikhail-stepan@mail.ru

Е. А. ЛОБАНОВ², генеральный директор

Т. С. МУШТЕКЕНОВ³, заместитель директора по минерально-сырьевому комплексу

Д. С. ВОЛКОВ², исполнительный директор

¹ НИТУ «МИСиС», Москва, Россия

² ООО «Канекс Шахтострой», Москва, Россия

³ Заполярный филиал ПАО «ГМК «Норильский никель», Норильск, Россия

Введение

Современное развитие мировой горнодобывающей промышленности характеризуется постоянным увеличением глубины разработки месторождений и истощением запасов, расположенных вблизи земной поверхности. В Южной Африке яркими примерами такой тенденции являются рудники Mponeng Gold Mine и TauTona Mine (глубина разработки – около 4 км), в Индии – Kolar Gold Mine (3,2 км), Канаде – Kidd Mine и Laronde Mine (свыше 3 км), Бразилии – комплекс рудников Morro Velho (3 км), России – рудник «Скалистый» Заполярного филиала ПАО «ГМК «Норильский никель» (свыше 2 км) [1].

С увеличением глубины горных работ поведение пород и устойчивость выработок все больше зависят от напряженного состояния массива [2, 3]. Рост гравитационных напряжений с глубиной, тектонические воздействия, формирование зон концентраций напряжений в массиве в окрестности горных выработок являются причинами неконтролируемых проявлений горного давления, активизации сейсмических событий, сопровождающихся резким выплеском энергии и, как следствие, горными ударами. Они представляют большую опасность для жизни и здоровья горняков, а также приводят к масштабным повреждениям подземной инфраструктуры и горной техники [3, 4].

Надежный прогноз и оценка интенсивности динамических проявлений горного давления представляют собой сложную научно-практическую задачу, которая может быть решена с использованием аналитических, эмпирических и численных методов [5].

Аналитические методы с успехом используют для определения напряжений и деформаций в окрестности протяженных горных выработок простого поперечного сечения, прежде всего круглого и эллиптического [6, 7].

Эмпирические методы в большинстве случаев основаны на применении различных качественных характеристик пород и рейтингов устойчивости массивов. Наибольшее распространение для решения практических геомеханических задач получили метод RMR, предложенный З. Беньявским, и критерий Бартон – индекс Q [8]. По мере развития геомеханики критерии уточняли

Обоснована актуальность прогнозирования и оценки интенсивности динамических проявлений горного давления. Решение этой задачи показано на примере проходки и крепления сверхглубоких горных выработок на руднике «Скалистый» Заполярного филиала ПАО «ГМК «Норильский никель». С учетом сложных геомеханических условий рекомендовано применение не жестких крепей с высокой несущей способностью, а совместимых по деформациям комбинированных крепей, эффективно поглощающих энергию.

Ключевые слова: горная выработка, крепь, массив, проходка, мониторинг, напряжения, деформации, устойчивость

DOI: 10.17580/gzh.2022.07.05

и дополняли, также появились их модифицированные версии для решения более узких задач, например рейтинг для оценки устойчивости слоистой кровли выработок на угольных шахтах CMRR [9].

Интенсивное развитие численных методов связано с совершенствованием компьютерной техники и специального программного обеспечения, позволяющего реализовать методы конечных, граничных, дискретных элементов в плоской и пространственной постановке задачи. Сегодня с использованием этих методов успешно решают самый широкий класс геомеханических задач – от определения полей напряжений в крупных геологических структурах [10] до изучения специфических особенностей контактного взаимодействия крепи и пород [11].

Залогом успешного применения любого из рассмотренных выше методов является наличие полной и объективной исходной геологической информации об изучаемом объекте. При освоении глубоких и сверхглубоких месторождений получение таких данных по понятным причинам весьма затруднено и требует значительных затрат времени и ресурсов.

Например, для вскрытия и доразведки глубоких залежей на шахте «Глубокая» рудника «Скалистый» в настоящее время ведут проходку горизонтальных разведочных выработок РВ-1 и РВ-2 на уникальных для России и Европы глубинах (1800–2000 м) в сложных горно-геологических условиях [1]. Работы осуществляют силами компании «Канекс Шахтострой», которая является структурным подразделением группы «КАНЕКС» и выполняет подрядные горно-капитальные, строительные-монтажные и геологоразведочные работы в различных регионах страны и ближнего зарубежья.

В настоящей публикации рассматриваются основные аспекты проходки этих сверхглубоких выработок, применяемая горнопроходческая техника и схемы крепления, а также основные подходы к решению проблем научного сопровождения и мониторинга в период строительства. Большое внимание уделено вопросам оценки свойств массива, анализу его

напряженно-деформированного состояния и мероприятиям по совершенствованию способов крепления выработок на больших глубинах.

Оценка горно-геологических условий строительства горизонтальных разведочных выработок РВ-1 и РВ-2

Строительство горных выработок РВ-1 и РВ-2 осуществляют в пределах Талнахского рудного узла, для которого на основе натуральных измерений установлен сложный характер полей напряжений и выявлены закономерности их распределения [1].

Неоднородность поля естественных напряжений в породном массиве связана с морфоструктурами района и обусловлена наличием крупных тектонических зон, а вне зон их влияния – петрогенетическими особенностями пород геологического разреза. Фоновые значения вертикальных и горизонтальных напряжений на 13–14 МПа превышают расчетные гравитационные напряжения, при этом при переходе от слаботрещиноватых пород к средне- и сильнотрещиноватым наблюдается их снижение на 20–30 %.

Зоны концентраций напряжений, вызывающих горные удары в любой форме, отмечаются, как правило, на участках слаботрещиноватых пород, в пределах контура рудоносной габбродолеритовой интрузии, особенно вблизи контактов с вмещающими осадочными породами.

В кровле и боках выработок РВ-1 и РВ-2 залегают преимущественно породы оганерского комплекса, представленные габбродолеритами и долеритами с участками пород зубовской свиты, представленной переслаивающимися мергелями, аргиллитами и ангидритом с прослоями доломитов. Результаты оценки состояния массива по критерию Бартона показали, что оно изменяется от нарушенного (индекс $Q = 1 \div 4$) до очень нарушенного (индекс $Q = 0,1 \div 1$). Среднее значение показателя качества массива составило $RQD = 45$.

Технология проходки и крепления горных выработок

Проходку выработок РВ-1 и РВ-2 осуществляют буровзрывным способом с выделением двух основных стадий. На первой сооружают технологические отходы от ствола ВС-10 на расстоянии 100 м с применением ручных перфораторов и креплением горных выработок анкерами СЗА.

После спуска на горизонты самоходных буровых установок, их сборки и запуска в работу реализуют вторую стадию проходки основной протяженной части выработок с применением самоходных буровых установок.

Отгрузку горной массы из забоев к местам временного складирования выполняют погрузочно-доставочной машиной ST-1030 или Sandvik LH-307, а из мест временного складирования в вагонетки – машиной 1ППН-5.

Для временного крепления используют самозакрепляющиеся анкеры типа СЗА длиной 2,1–2,4 м и диаметром 46–48 мм с решетчатым армокаркасом из стержней периодического профиля диаметром 12–14 мм, соединенных в местах пересечения сваркой с типовыми стержнями размером от 610×610 до 950×950 мм и крупностью образуемых ячеек от 120×120 до

250×250 мм. По сетке наносят слой набрызг-бетона толщиной 2–5 см.

В качестве постоянной крепи принята усиленная комбинированная крепь, состоящая из элементов первичного крепления с дополнительным слоем набрызг-бетона толщиной 5–10 см. На отдельных участках дополнительно может быть установлена арочная податливая крепь.

Воду из забоев откачивают с помощью насосов типа НТ 25-40, Vibo BS 2250 (К-80-50) по напорным рукавам и металлическим трубопроводам диаметром 50–76 мм в перекачные ниши.

Проветривание выработок осуществляют согласно проектам (паспортам) проветривания вентиляторами местного проветривания ВМ-8, ВМ-12. Свежий воздух подают на горизонты с поверхности по вентиляционным трубам вентиляторами Корфман GAL 1100, далее по горизонтам – вентиляторами местного проветривания по каскадной схеме с использованием вентиляционных камер через 500 м.

В качестве примера ниже приведены основные параметры паспорта крепления выработки РВ-2 для участка с характерными горно-геологическими условиями.

<i>Сечение выработки в свету, м²</i>	15,7
<i>Сечение выработки в черне, м²</i>	16,6
<i>Глубина анкерования, м</i>	2,4
<i>Размеры сетки анкерования, мм</i>	800×800
<i>Число анкеров в ряду, ед.</i>	11
<i>Толщина набрызг-бетонной крепи, мм</i>	70

Научное сопровождение и мониторинг при строительстве горных выработок

Эффективность вскрытия и разработки плохо изученных сверхглубоких месторождений во многом обеспечивается комплексом научно-исследовательских работ на основных этапах жизненного цикла проекта. Формирующийся в результате исследований массив данных позволяет более обоснованно принять проектные, строительные и технологические решения, обеспечить комплексную безопасность работ и повысить их рентабельность [12, 13].

При вскрытии сверхглубоких горизонтов рудника «Скалистый» научное сопровождение и мониторинг осуществляют с привлечением ученых НИТУ «МИСиС» при строительстве и эксплуатации ствола СКС-1 [1] и специалистов Горного института ГИЦ РАН при проходке выработок РВ-1 и РВ-2 [14].

К основным задачам научного сопровождения прежде всего можно отнести:

- анализ геомеханического состояния массива горных пород с учетом сложных горно-геологических условий разработки Октябрьского месторождения;
- мониторинг и оценку напряженно-деформированного состояния (НДС) крепи и массива горных пород;
- разработку мероприятий и выдачу рекомендаций по безопасному ведению горнопроходческих работ.

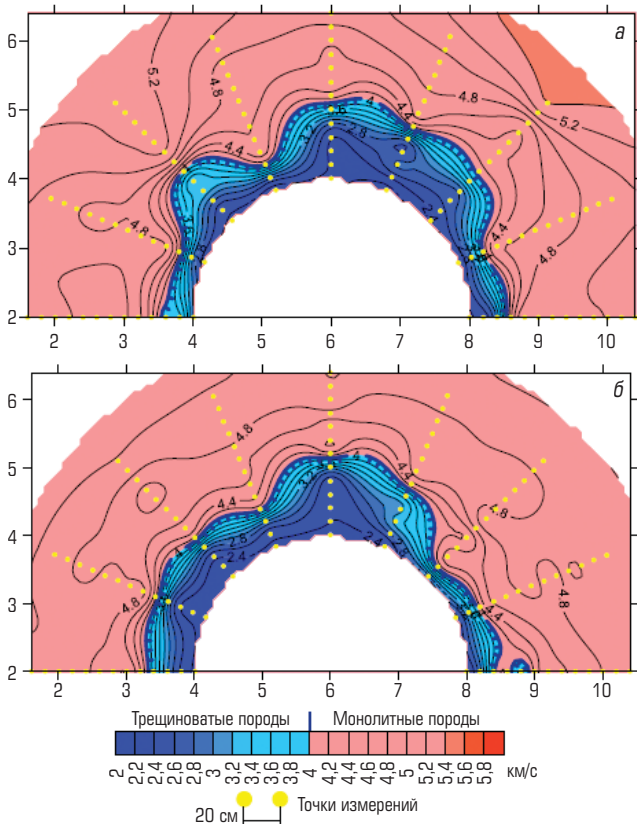


Рис. 1. Примеры скоростных моделей приконтурного массива пород на горизонте –1750 м:
а, б – станции № 1 и 2 соответственно

Для решения поставленных задач применяют методы натуральных исследований непосредственно в горных выработках, методы лабораторных исследований, а также математическое моделирование НДС массива горных работ в окрестности горных выработок с применением современных программных комплексов.

Данные методы являются широко известными и апробированными на практике [15, 16], поэтому их подробное описание в настоящей публикации не приводится, а ниже представлены примеры конкретных результатов научно-исследовательских работ.

Так, комплексные исследования ультразвуковым и реометрическим методами выполняли с целью оценки нарушенности приконтурного массива выработок. Исследования были выполнены в июле и в сентябре 2020 г. и предусматривали бурение по контуру выработки скважин с последующей обработкой данных и построением скоростных моделей массива горных пород (рис. 1) и графиков проницаемости (рис. 2) с применением программного пакета COMSOL Multiphysics [14].

Полученные данные показали, что вокруг выработок после их проходки образуется зона повышенной трещиноватости мощностью до 1,2 м от контура выработки. В габбро-долеритах нарушенная зона (до 0,8 м) меньше, чем в мергелях.

В результате комплексного первичного анализа результатов проведенных исследований на наблюдательных станциях

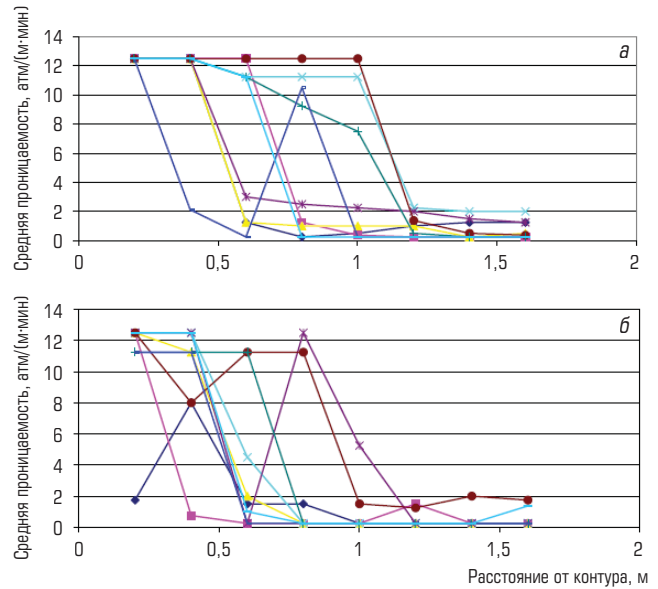


Рис. 2. Изменение проницаемости пород на горизонте –1750 м:
а, б – то же, что на рис. 1

установлено, что мощность нарушенных пород, по данным ультразвуковых исследований, больше, чем по реометрическим показателям. Вероятно, это связано с тем, что ультразвуковой метод позволяет выявлять закрытые трещины, а реометрический метод – открытые трещины, выходящие на контур выработки.

Данные, полученные в результате измерений в опережающей скважине ультразвуковым методом и телевизионной съемкой, показали, что выработка РВ-1 находится в более благоприятных геомеханических условиях, чем выработка РВ-2. Равномерность распределения ультразвукового сигнала по периметру опережающей скважины в выработке РВ-1 может свидетельствовать о субравнокомпонентном поле напряжений, действующих в массиве. В то время как наличие «дорожек» в верхней и нижней стенках опережающей скважины в выработке РВ-2 свидетельствует о преобладании горизонтальных сжимающих напряжений над вертикальными (рис. 3).

По результатам сейсмических измерений установлено, что мощность трещиноватых пород нарушенной зоны вблизи контура выработок в интрузивных породах составляет 1–2 м, в осадочных – до 5 м. На горизонте –1750 м мощность нарушенных пород на отдельных участках может достигать 8 м.

Результаты сейсмического профилирования качественно согласуются с результатами ультразвукового каротажа скважин, которые также показали уменьшение размеров нарушенных зон в интрузивных породах по сравнению с осадочными на горизонте –1650 м и относительно одинаковые размеры нарушенной зоны на горизонте –1750 м.

На рис. 4 приведены совмещенные модели продольных V_p и поперечных V_s волн, полученные методом сейсмического профилирования, а также распределение рассчитанных коэффициента Пуассона и модуля упругости. На глубину до 10 м

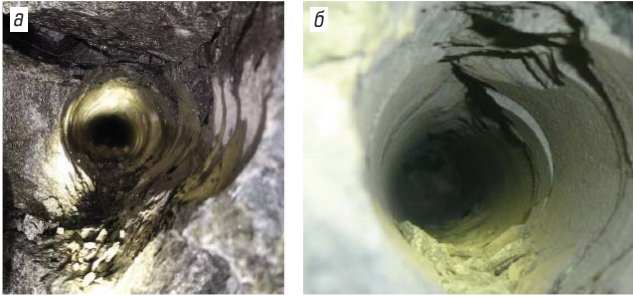


Рис. 3. Фотографии опережающей скважины на горизонте –1750 м:
а – 25.11.2020 г.; б – 26.11.2020 г.

наблюдается значительный градиент (3,2÷5 км/с) скоростей V_p . В более глубоких слоях массива изменения V_p (5÷6,2 км/с) значительно меньше. Скорости продольных волн, измеренные в массиве, выше, чем полученные на образцах пород, что обусловлено повышенным горным давлением.

Дополнительно проведенный визуальный осмотр выработки РВ-2 на начало октября 2020 г. показал, что в целом напряженно-деформированное состояние массива горных пород удовлетворительное. Наличие незначительного динамического заколообразования по кровле, «дорожек» в вертикальной плоскости указывает на превышение тектонической составляющей над гравитационной [14].

Кроме визуального осмотра, был выполнен анализ керна, полученного из опережающей скважины. На интервале 0,85–1,4 м керн был представлен характерными дисками. Оценка удароопасности, выполненная в соответствии с «Положением по безопасному ведению горных работ на месторождениях, склонных и опасных по горным ударам», показала, что массив относится к категории «Неопасно».

Вместе с тем следует отметить, что наличие дисков в керне опережающей скважины, появление «дорожек» на стенках, высокие значения напряжений в породном массиве вокруг выработок свидетельствуют о весьма сложной геомеханической ситуации. На горизонте –1750 м можно наблюдать превышение горизонтальной составляющей над вертикальной, при этом максимальные горизонтальные напряжения ориентированы в субширотном направлении.

Сделанные выводы соответствуют результатам деформационного мониторинга, осуществляемого в стволе СКС-1 рудника «Скалистый» [1]. Графики изменения деформаций в передовой набрызг-бетонной крепи (рис. 5) демонстрируют неравномерность ее нагружения в сечении, при этом максимальные расчетные напряжения в бетоне близки к расчетному сопротивлению материала на одноосное сжатие.

Выводы

С учетом полученных результатов можно говорить об эффективности принятых решений по проходке и обеспечению устойчивости выработок РВ-1 и РВ-2. При этом в рассмотренных

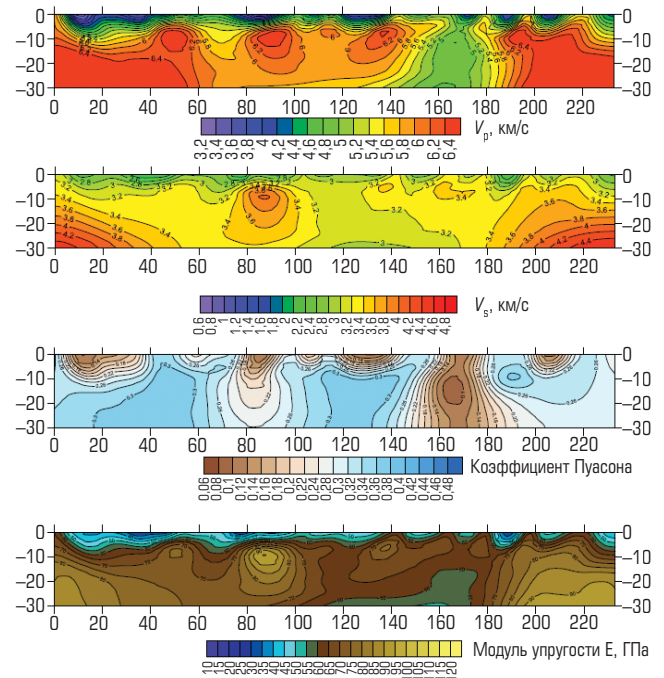


Рис. 4. Скоростная модель участка массива и распределение упругих характеристик на горизонте –1750 м

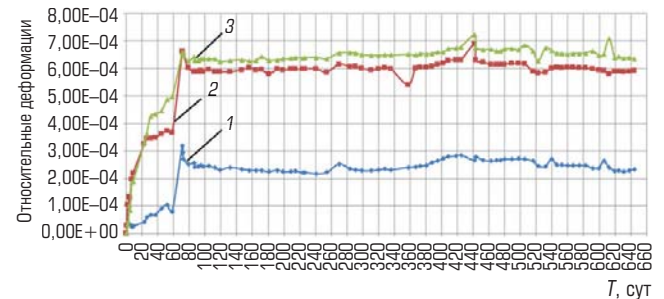


Рис. 5. Относительные деформации в передовой набрызг-бетонной крепи ствола СКС-1 на глубине 1977 м (начало измерений 15.07.19 г.) по трем тангенциально установленным струнным датчикам (1, 2, 3)

сложных геомеханических условиях рекомендуется применение не жестких крепей с высокой несущей способностью, а совместимых по деформациям комбинированных крепей, эффективно поглощающих энергию [2, 17]. Общая концепция такой комбинированной системы предусматривает применение внутренних и внешних элементов крепления, обладающих достаточной несущей и большой деформационной устойчивостью и способных совместно работать и эффективно воспринимать комплекс статических и динамических нагрузок и воздействий [18].

Для устройства внешнего анкерного ряда рекомендуется применение фрикционных самозакрепляющихся анкеров типа СЗА, АТФ, которые представляют собой разрезную стальную трубу и устанавливаются силой удара пневмоинструмента, т. е. являются самозакрепляемыми.

Также возможно применение фрикционных гидрораспорных анкеров типа Swellex, Boltex и RX300, устанавливаемых с помощью расpirания в шпуре энергией, нагнетаемой под давлением воды (гидрораспор).

Внутренний слой крепи оборудуют из набрызг-бетона и армокаркасов. Для повышения эксплуатационных свойств можно применять ускорители схватывания, гиперпластификаторы, фибру.

Каждый элемент комбинированной крепи выполняет определенную задачу. Анкеры служат для крепления и натяжения каркасов и одновременно скрепляют массив, препятствуя его расслоению и сдвигению породных блоков по естественным и технологическим трещинам. Армокаркас упрочняет набрызг-бетонное покрытие, предупреждает вывалы породы с контура выработки при развитии зоны разрушения, обеспечивает подкрепление вновь образованных при отслоениях обнажений. Благодаря

каркасу крепь сохраняет работоспособность при полном разрушении породного контура. Набрызг-бетон дополнительно упрочняет приконтурный слой пород, заполняет раскрытые трещины, предупреждает местные отслоения и вывалы породы, обеспечивает прочную связь каркаса с массивом, а также защиту пород от выветривания и арматуры – от коррозии. Повышение несущей способности системы может быть обеспечено применением пространственных армокаркасов или арочной податливой крепи.

Использование описанных решений при постоянном мониторинге и научном сопровождении горнопроходческих работ обеспечивает их высокую безопасность и технико-экономическую эффективность, что подтверждается положительным опытом работы компании «Канекс Шахтострой» по проходке сверхглубоких выработок РВ-1 и РВ-2 на руднике «Скалистый».

Библиографический список

1. Пleshko М. С., Давыдов А. А., Сильченко Ю. А., Каледин О. С. Эффективные решения по креплению сверхглубокого ствола СКС-1 рудника «Скалистый» в сложных геомеханических условиях // Горный журнал. 2020. № 6. С. 57–62. DOI: 10.17580/gzh.2020.06.08
2. Еременко В. А., Лушников В. Н. Методика выбора «динамической» крепи выработок для месторождений склонных и опасных по горным ударам // ГИАБ. 2018. № 12. С. 5–12.
3. Ghorbani M., Shahriar K., Sharifzadeh M., Masoudi R. A critical review on the developments of rock support systems in high stress ground conditions // International Journal of Mining Science and Technology. 2020. Vol. 30. Iss. 5. P. 555–572.
4. Bruning T., Karakus M., Akdag S., Nguyen G. D., Goodchild D. Influence of deviatoric stress on rockburst occurrence: An experimental study // International Journal of Mining Science and Technology. 2018. Vol. 28. Iss. 5. P. 763–766.
5. Abdellah W. R. Serviceability analysis of deep underground openings driven in jointed-rock // International Journal of Mining Science and Technology. 2017. Vol. 27. Iss. 6. P. 1019–1024.
6. Antsiferov S. V., Sammal A. S., Deev P. V. Stress state estimation in multilayer support of vertical shafts, considering off-design cross-sectional deformation // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 134. 012001. DOI: 10.1088/1755-1315/134/1/012001
7. Pleshko M., Meskhi B., Pleshko M. A new method for calculating the combined anchor-concrete support of underground structures // Business Technologies for Sustainable Urban Development : International Science Conference SPbWOSCE-2017. 2017. MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 170. 03023. DOI: 10.1051/mateconf/201817003023
8. Шапошник Ю. Н., Усков В. А. Определение качественной характеристики (RQD) и рейтинга (RMR) рудного массива в подземных выработках шахты «Скалистая» // Интерэжско Гео-Сибирь. 2017. Т. 2. № 2. С. 99–107.
9. Brook M., Hebblewhite B., Mitra R. Coal mine roof rating (CMRR), rock mass rating (RMR) and strata control: Carborough Downs Mine, Bowen Basin, Australia // International Journal of Mining Science and Technology. 2020. Vol. 30. Iss. 2. P. 225–234.
10. Рассказов И. Ю. Численное моделирование современного поля тектонических напряжений в области сочленения Центрально-Азиатского и Тихоокеанского поясов // Тихоокеанская геология. 2006. Т. 25. № 5. С. 104–114.
11. Jiadong Qiu, Lin Luo, Xibing Li, Diyuang Li, Ying Chen et al. Numerical investigation on the tensile fracturing behavior of rock-shotcrete interface based on discrete element method // International Journal of Mining Science and Technology. 2020. Vol. 30. Iss. 3. P. 293–301.
12. Нескоромных В. В., Неверов А. Л., Рожков В. П., Каратаев Д. Д., Неверов А. А. Анализ горно-геологических условий бурения глубоких скважин на Талнахском рудном узле // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2015. Т. 326. № 1. С. 100–110.
13. Ляшенко В. И. Развитие научно-технических основ мониторинга состояния горного массива сложноструктурных месторождений. Сообщение 1 // ГИАБ. 2017. № 2. С. 109–135.
14. «Нам доверяют сложные и очень сложные проекты». Интервью с Е. А. Лобановым // Горная промышленность. 2020. № 6. С. 62–63.
15. Косырева М. А., Еременко В. А., Горбунова Н. Н., Терешин А. А. Расчет параметров крепи выработок с использованием программы Unwedge на рудниках ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» // ГИАБ. 2019. № 8. С. 57–64.
16. Pleshko M. S., Pankratenko A. N., Pleshko M. V., Nasonov A. A. Assessment of stress-strain behavior of shaft lining in bottomhole area during sinking by real-time monitoring and computer modeling data // Eurasian Mining. 2021. No. 1. P. 25–30. DOI: 10.17580/em.2021.01.05
17. Еременко В. А., Айнбиндер И. И., Марысюк В. П., Наговицин Ю. Н. Разработка инструкции по выбору типа и параметров крепи выработок рудников Талнаха на основе количественной оценки состояния массива горных пород // Горный журнал. 2018. № 10. С. 101–106. DOI: 10.17580/gzh.2018.10.18
18. Li C. C. Principles of rockbolting design // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. 2017. Vol. 9. Iss. 3. P. 396–414. **PM**

«GORNYI ZHURNAL», 2022, № 7, pp. 32–37
DOI: 10.17580/gzh.2022.07.05

Experience of heading and support in super-deep openings in Skalisty Mine of Nor Nickel's Polar Division

Information about authors

M. S. Pleshko¹, Professor, Doctor of Engineering Sciences, mixail-stepan@mail.ru

E. A. Lobanov², CEO

T. S. Mushtekenov³, Deputy CEO for Mineral Resources

D. S. Volkov², Chief Operating Officer

¹NUST MISIS, Moscow, Russia

²KANEX Shakhststroy, Moscow, Russia

³Polar Division of Norilsk Nickel, Norilsk, Russia

Abstract

Currently mineral mining in the world faces continuous growth of mining depth associated with complication of geomechanical conditions and with uncontrollable events induced by confining pressure during mine construction. The reliable prediction and estimation of dynamic events induced by confining pressure is a challenging theoretical and practical problem solvable using analytical, empirical and numerical methods. The article discusses this problem solution as a case-study of heading operations in underground openings RV-1 and RV-2 in Skalisty Mine at the unique depths both in Russia and in Europe: 1800–2000 m in difficult geological conditions. The operations are carried out by company KANEX Shakhststroy. The rock mass quality assessment by Barton's index Q shows that it varies from Q = 1–4 (poor quality) to Q = 0.1–1 (very poor quality). The in-situ research and numerical modeling determine the fair stress-strain behavior of rock mass but there exists rockburst hazard and the horizontal stresses exceed the vertical stresses. The maximal horizontal stresses orient nearly north southward, which agree with the monitoring data from shaft SKS-1. In these complex geomechanical conditions, it is recommended to use not stiff mine support systems with high load-bearing capacity

but mixed-type support systems with deformation compatibility and high capability to absorb energy. Such engineering solutions, given continuous monitoring and scientific supervision of heading operations, ensure high safety and economic efficiency of mining, which is proved by the positive experience of KANEX Shakhtostroy in super-deep heading operation in RV-1 and RV-2 openings in Skalisty Mine.

Keywords: underground opening, support, rock mass, heading, monitoring, stresses, strains, stability.

References

- Pleshko M. S., Davydov A. A., Silchenko Yu. A., Kaledin O. S. Effective lining solutions for super-deep shaft SKS-1 in Skalisty mine in difficult geomechanical conditions. *Gornyi Zhurnal*. 2020. No. 6. pp. 57–62. DOI: 10.17580/gzh.2020.06.08
- Eremenko V. A., Lushnikov V. N. Procedure for selecting dynamic ground support for rockbursting mining conditions. *GIAB*. 2018. No. 12. pp. 5–12.
- Ghorbani M., Shahriar K., Sharifzadeh M., Masoudi R. A critical review on the developments of rock support systems in high stress ground conditions. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2020. Vol. 30, Iss. 5. pp. 555–572.
- Bruning T., Karakus M., Akdag S., Nguyen G. D., Goodchild D. Influence of deviatoric stress on rockburst occurrence: An experimental study. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2018. Vol. 28, Iss. 5. pp. 763–766.
- Abdellah W. R. Serviceability analysis of deep underground openings driven in jointed-rock. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2017. Vol. 27, Iss. 6. pp. 1019–1024.
- Antsiferov S. V., Sammal A. S., Deev P. V. Stress state estimation in multilayer support of vertical shafts, considering off-design cross-sectional deformation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018. Vol. 134. 012001. DOI: 10.1088/1755-1315/134/1/012001
- Pleshko M., Meskhi B., Pleshko M. A new method for calculating the combined anchor-concrete support of underground structures. *Business Technologies for Sustainable Urban Development: International Science Conference SPbWOSCE-2017*. 2017. *MATEC Web of Conferences*. 2018. Vol. 170. 03023. DOI: 10.1051/mateconf/201817003023
- Shaposhnik Yu. N., Uskov V. A. Definitions qualitative characteristic (RQD) and rating (RMR) ore mass in the underground drive of the Skalisty mine. *Interesko Geo-Sibir*. 2017. Vol. 2, No. 2. pp. 99–107.
- Brook M., Hebblewhite B., Mitra R. Coal mine roof rating (CMRR), rock mass rating (RMR) and strata control: Carborough Downs Mine, Bowen Basin, Australia. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2020. Vol. 30, Iss. 2. pp. 225–234.
- Rasskazov I. Yu. Numerical simulation of the present-day tectonic stress field in the Central Asia and Pacific belts junction area. *Russian Journal of Pacific Geology*. 2006. Vol. 25, No. 5. pp. 104–114.
- Jiadong Qiu, Lin Luo, Xibing Li, Diyu Li, Ying Chen et al. Numerical investigation on the tensile fracturing behavior of rock-shotcrete interface based on discrete element method. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2020. Vol. 30, Iss. 3. pp. 293–301.
- Neskoromnykh V. V., Neverov A. L., Rozhkov V. P., Karataev D. D., Neverov A. A. Analysis of mining and geological conditions of a long borehole drilling on Talnakh ore cluster. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring geosursov*. 2015. Vol. 326, No. 1. pp. 100–110.
- Lyashenko V. I. Development of science and technology basis for complex-structure rock mass monitoring. Report 1. *GIAB*. 2017. No. 2. pp. 109–135.
- “We implement complex and very complex projects: They trust us”. Interview with E. A. Lobanov. *Gornaya promyshlennost*. 2020. No. 6. pp. 62–63.
- Kosyreva M. A., Eremenko V. A., Gorbunova N. N., Tereshin A. A. Support design using Unwedge software for mines of Normickel’s Polar Division. *GIAB*. 2019. No. 8. pp. 57–64.
- Pleshko M. S., Pankratenko A. N., Pleshko M. V., Nasonov A. A. Assessment of stress-strain behavior of shaft lining in bottomhole area during sinking by real-time monitoring and computer modeling data. *Eurasian Mining*. 2021. No. 1. pp. 25–30. DOI: 10.17580/em.2021.01.05
- Eremenko V. A., Ainbinder I. I., Marysyuk V. P., Nagovitsyn Yu. N. Guidelines for selecting ground support system for the Talnakh operations based on the rock mass quality assessment. *Gornyi Zhurnal*. 2018. No. 10. pp. 101–106. DOI: 10.17580/gzh.2018.10.18
- Li C. C. Principles of rockbolting design. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*. 2017. Vol. 9, Iss. 3. pp. 396–414.

От имени профессорско-преподавательского состава и студентов нашего вуза выражаю всему трудовому коллективу редакции «Горного журнала» глубокую благодарность за профессиональную работу при подготовке выпуска издания, посвященного столетнему юбилею Тверского государственного технического университета!

В выпуске юбилейного номера представлены работы ученых всех основных ведущих отечественных и зарубежных (Республика Беларусь) научных школ, проводящих научные исследования по перспективным направлениям добычи и переработки торфяного сырья, а также комплексной механизации и автоматизации торфяного производства: ТвГТУ, Уральского горно-геологического университета (г. Екатеринбург), Государственного аграрного университета Северного Зауралья (г. Томск), Всероссийского научно-исследовательского института органических удобрений и торфа (Владимирская обл.), Белорусского национального исследовательского университета и Института природопользования НАН Беларуси (г. Минск). Необходимо отметить, что все вышеназванные научные школы имеют мировой приоритет в области торфяного дела.

Надеюсь на наше дальнейшее сотрудничество по публикациям новейших достижений ученых Тверского государственного технического университета, популяризации новых научных знаний и их практическому использованию в реальном секторе экономики Российской Федерации и учебном процессе при подготовке специалистов с высшим образованием и кадров высшей квалификации.

Желаю коллективу «Горного журнала» крепкого здоровья, удачи и воплощения всех творческих замыслов на ниве научно-образовательной деятельности в нашей стране и мире!

Ректор Тверского государственного
технического университета



А. В. Твардовский

