

УДК 622.34

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ
КОМПЛЕКСОВ МОКРОГО НАБРЫЗГБЕТОНИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ
СТРОИТЕЛЬСТВА ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ ГАЙСКОГО ПОДЗЕМНОГО
РУДНИКА**

В.Н. Калмыков, П.В. Волков, А.А. Зубков, А.В. Красавин, Г.В. Михайлова

**EVALUATING THE USAGE EFFECTIVENESS OF WET SHOTCRETING
MECHANIZED COMPLEXES IN THE CONDITIONS OF DEEP HORIZONS
CONSTRUCTION ON GAI UNDERGROUND MINE**

V.N. Kalmykov, P.V. Volkov, A.A. Zubkov, A.V. Krasavin, G.V. Mikhaylova

Аннотация. Разработка медноколчеданных месторождений Южного Урала характеризуется увеличением глубины, осложнением горно-геологических условий. Следствием этого является значительный рост объемов работ по креплению выработок. Технология «мокрого» набрызгбетонирования в настоящее время получила широкое распространение и позволяет производить работы по креплению горного массива с высокой степенью механизации и созданием высококачественного, долговечного покрытия. В статье рассмотрены вопросы выбора рациональных схем транспортирования материалов, определения оптимального места расположения бетоно-растворного узла с точки зрения минимизации затрат на создание 1 м² крепи.

Ключевые слова: набрызгбетонирование; крепление горной выработки; схемы транспортирования материалов; экономическая эффективность; минимизация затрат.

Annotation. The development of copper pyrite deposits of the South Urals is characterized by an increase in depth. The result is a significant increase in the volume of works on mounting workings. The technology of «wet» shotcreting is widespread and allows to work on fixing the rock mass with a high degree of mechanization and the creation of high-quality, durable coating. The authors consider the issues of determining the optimal location of Concrete mortar unit in terms of minimizing the cost of lining the creation of 1m².

Key words: shotcreting; excavation support; schemes of material transportation; economic efficiency; cost minimization.

Набрызгбетон является одним из основных способов поддержания в устойчивом состоянии выработок на подземных рудниках [1,2]. Анализ планируемых на предприятии работ по строительству новых и поддержанию заданного уровня добычи на существующих горизонтах показал необходимость вовлечения в эксплуатацию более глубоких горизонтов и, как следствие, необходимость перехода на более интенсивный способ возведения крепи, т.е. перехода с «сухого» способа на «мокрый». Применение мокрого способа снижает пылеобразование, повышает уровень механизации и производительность данного вида работ в целом.

Самые большие объемы по креплению на ОАО «Гайский ГОК» сосредоточены в пределах этажей 830-990 м в связи с их доработкой, а также на строительстве и последующей подготовке запасов горизонтов 1150-1310 м. В настоящее время на Гайском подземном руднике для крепления горных выработок «мокрым» набрызгбетонированием приобретено следующее оборудование: торкрет-установка типа SPRAYMEC 1050 и два автобетоносмесителя типа UTIMEC MF 500 TRANSMIXER производства компании Normet. Однако, не проработаны вопросы организации работ, выбора места расположения БРУ,

оптимальный состав механизированного комплекса, рациональные схемы транспортирования материалов для крепления.

По согласованию со специалистами ОАО «Гайский ГОК» были рассмотрены варианты применения механизированного комплекса, отличающиеся количеством используемых автобетоносмесителей и способом доставки материалов к месту проведения работ.

В рамках существующих горнотехнических условий возможны к применению несколько вариантов доставки материалов в виде сухих компонентов до БРУ или в виде готовой смеси до места крепления выработок:

1-ый вариант - БРУ расположен на поверхности и доставка готовой смеси осуществляется:

- по наклонному съезду до места ведения работ (рис. 1. а);
- по клетьевому стволу до пункта загрузки миксера (рис. 1. б);
- по перепускным скважинам до пункта загрузки миксера (рис. 1. в);

2-ой вариант – на поверхности расположен узел приготовления готовой смеси (УПС), транспортирование которой осуществляется:

- по наклонному съезду до пункта затворения водой и загрузки в миксер (рис. 2. а);
- по клетьевому стволу до пункта затворения водой и загрузки в миксер (рис. 2. б);

3-ий вариант: на поверхности расположен склад компонентов смеси, которые доставляются до подземного БРУ:

- по наклонному съезду (рис. 3. а);
- по клетьевому стволу (рис. 3. б);

возможен и комбинированный вариант спуска материала (рис. 4)

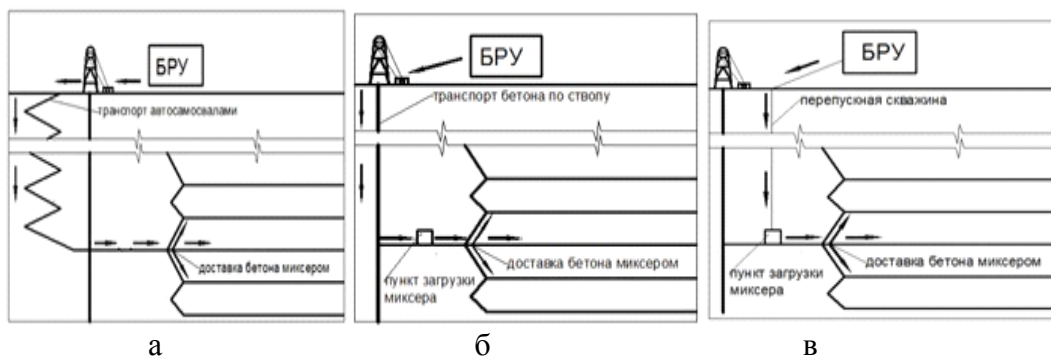


Рисунок 1 – Схемы транспортирования раствора и сухих компонентов при расположении БРУ на поверхности

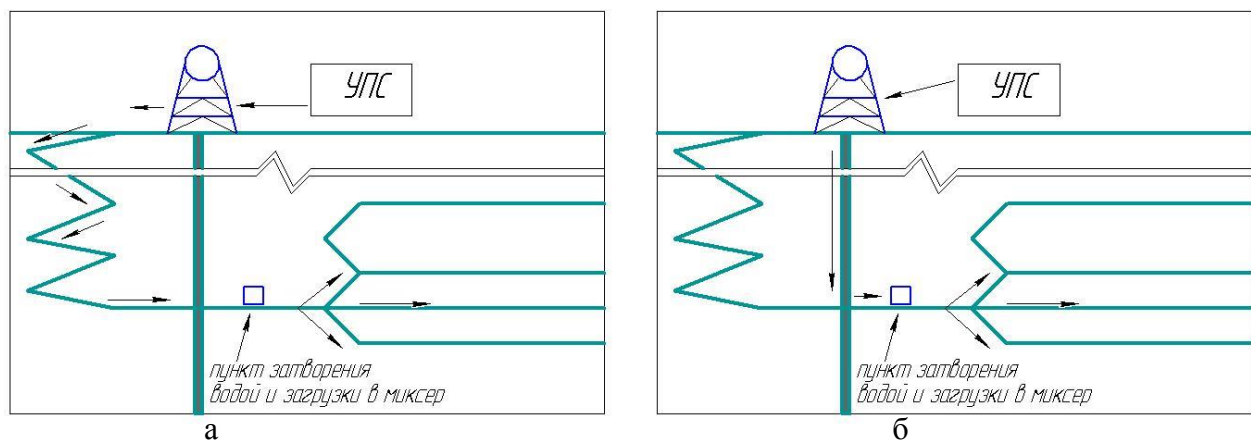
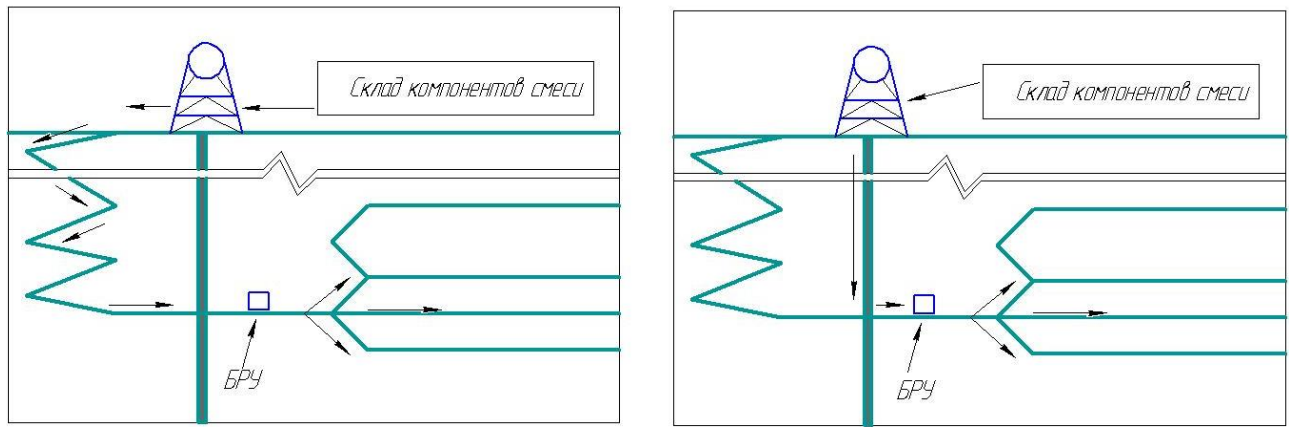


Рисунок 2 – Схемы транспортирования готовой смеси с поверхности до пункта затворения водой



а

б

Рисунок 3 – Схемы транспортирования сухих компонентов смеси до подземного БРУ

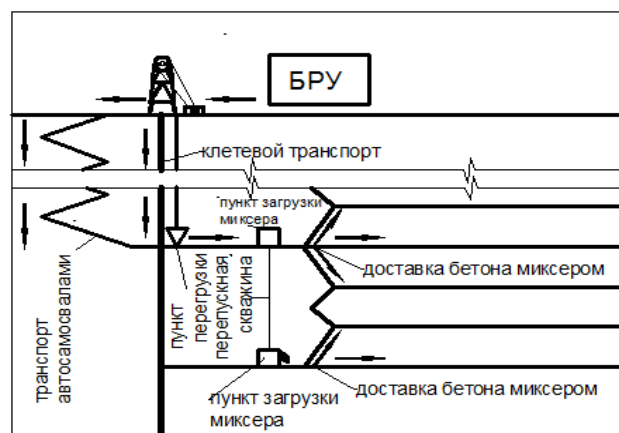


Рисунок 4 – Схема комбинированных вариантов спуска материала

Вариант расположения БРУ на поверхности имеет свои недостатки:

- уменьшение резерва использования клетьевого транспорта при спуске значительных объемов материалов;
- большая длина доставки материалов при транспортировании их по наклонному съезду;
- увеличение загрузки наклонных съездов;
- необходимость пересмотра вентиляционной схемы вследствие ухудшения характеристик воздуха;
- при доставке смеси по скважинам высока вероятность их «зарастания», что может привести к полной остановке процесса возведения крепи;
- при увеличении времени доставки (более 30 минут) значительно снижается качество готовой смеси и качество набрызгбетонирования.

Учитывая выявленные недостатки, в качестве базового был принят вариант размещения БРУ в выработках подземного рудника. Такое расположение позволит более эффективно использовать БРУ, а приготовленную смесь применять и для возведения крепи, и для иных нужд рудника.

Из числа возможных схем, с учетом рекомендаций технических специалистов Гайского ГОКа, к сравнению выбраны 2 варианта доставки сухих компонентов (рис.5):

- автосамосвалами МоАЗ с поверхности по наклонному съезду до БРУ;

- транспортирование компонентов с использованием клетчатого ствола в вагонетках ВГ – 2,2 с последующей перегрузкой в околоствольном дворе в автосамосвалы МоАЗ для доставки до БРУ.

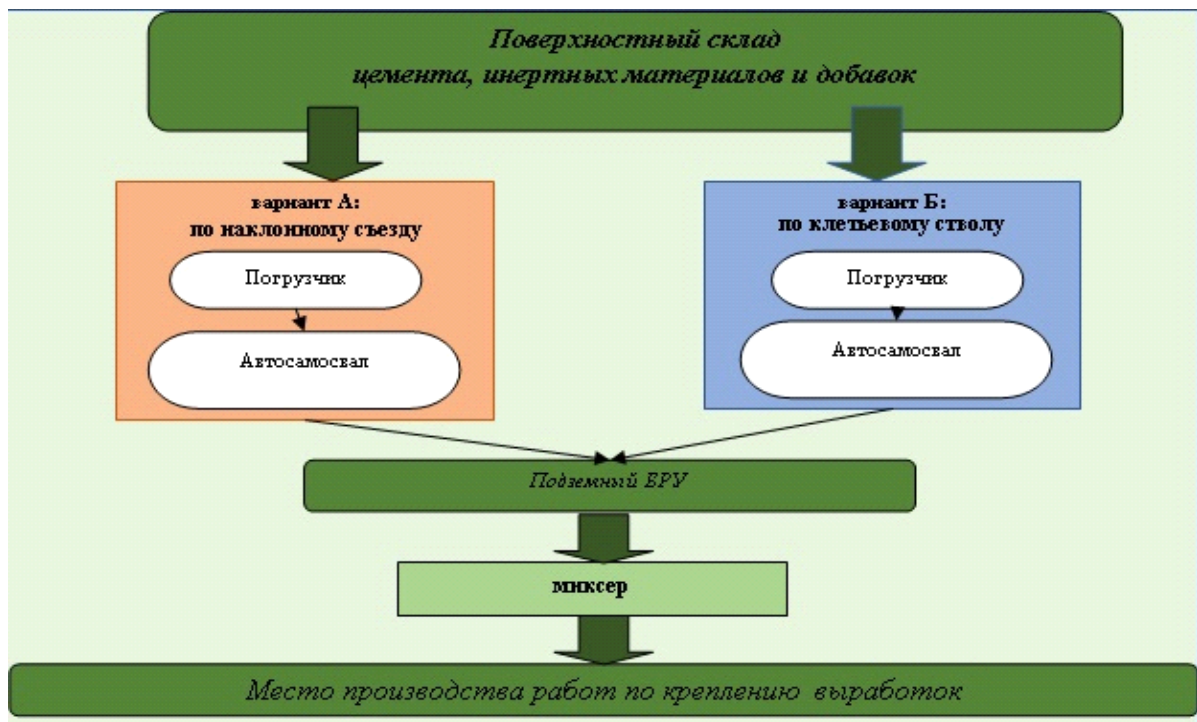


Рисунок 5 – Схема транспортирования исходных компонентов на подземный БРУ и готовой бетонной смеси до места производства работ

Для определения эффективного расположения БРУ с точки зрения минимизации транспортных расходов была разработана математическая модель [3, 4], представленная в виде целевой функции:

$$F = \sum_i^N (q_{k.c.,i} * p_i) + \sum_i^N (q_{г.с.,i} * p_i) \rightarrow \min,$$

где: F – суммарные транспортные затраты, руб.; $q_{k.c.,i}$ – потребное количество сухих компонентов смеси, т; $q_{г.с.,i}$ – потребное количество готовой смеси для набрызгбетона, т; p_i – затраты на перемещение тонны материала, руб./т.; i – номер рассматриваемого варианта; N – общее количество вариантов расположения БРУ.

Решение поставленной задачи производилось на основе существующей системы горных выработок, и позволило определить величины затрат на транспортирование смеси при различных вариантах расположения БРУ. Результаты расчетов были оформлены в виде столбчатой диаграммы, позволяющей визуально определить наиболее рациональный вариант (рис. 6).

Экономическое сравнение вариантов показывает, что наиболее предпочтительным, с точки зрения минимума затрат на транспортирование готовой смеси для набрызгбетонирования, является вариант размещения БРУ на горизонте 1230м. Но в связи с временной консервацией работ по вводу в эксплуатацию горизонтов 1230÷ 1310 м, располагать БРУ в настоящий момент рекомендуется на горизонте 990м. Данный вариант позволяет обеспечить работы по креплению горных выработок как на верхних, так и на нижних горизонтах с минимальными затратами на транспортирование бетона.

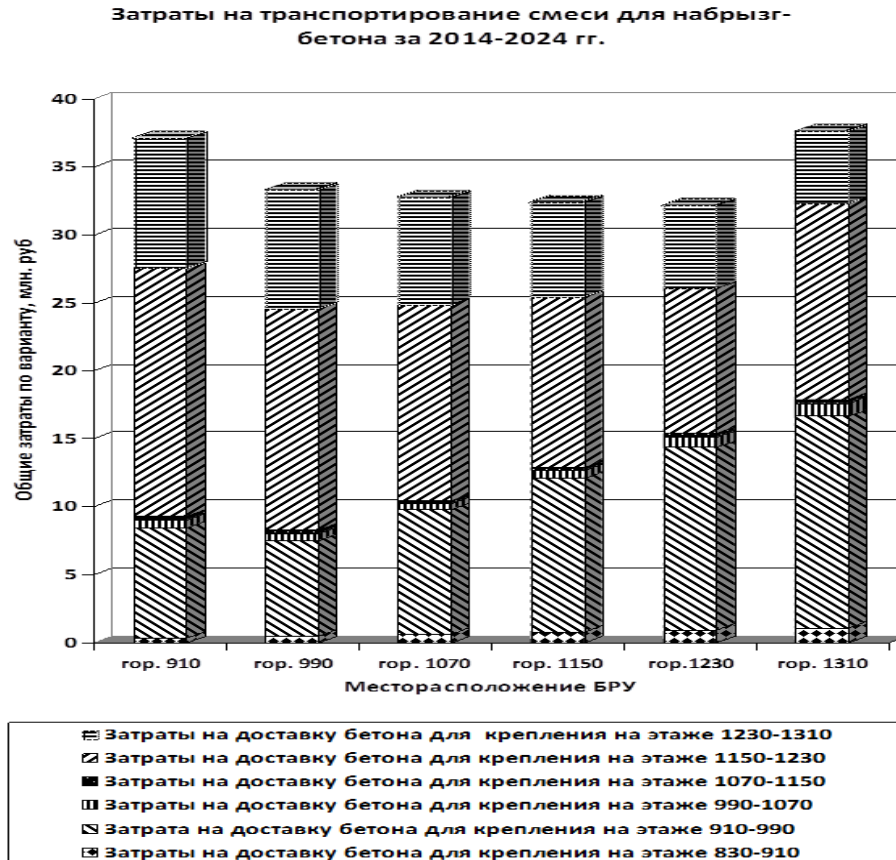


Рисунок 6 - Затраты на транспортирование готовой смеси для крепления набрызгбетоном для различных вариантов размещения БРУ

После выбора оптимального места расположения БРУ определялись области рационального применения механизированных комплексов с учетом способа доставки сухих компонентов смеси. Для этого были рассмотрены технологические схемы, представляющие собой сочетание механизированных комплексов крепления различного состава и оборудования для транспортирования сухого материала с поверхности (табл. 1).

Таблица 1. - Варианты транспортирования компонентов смеси до БРУ и бетона до места крепления

Способ транспортирования сухого материала для смеси с поверхности		Состав механизированного комплекса по креплению	
		1 машина + 1 миксер «1+1»	1 машина + 2 миксера «1+2»
		«а»	«б»
Автосамосвалом по наклонному съезду	«1»	«1а»	«1б»
По клетевому стволу с перегрузкой ПДМ в автосамосвал	«2»	«2а»	«2б»

При удалении места производства работ от БРУ на расстояние до 750 м экономически выгоднее использовать комплекс «1+1». При использовании данного комплекса максимальное количество циклов работы за смену при расстояниях доставки бетона до 200 м составило 12, что соответствует объемам крепления 600 м² поверхности горной выработки. Однако, коэффициент использования установки для крепления не превышает 0,57, а

интегральный коэффициент использования комплекса по мере удаления места возведения крепи от БРУ уменьшается с 0,49 до 0,26. Таким образом, при любом из рассматриваемых вариантов удаления имеют место простои торкретмашины и миксера.

Максимальное использование оборудования механизированного комплекса, состоящего из торкрет-машины и 2 автобетоносмесителей, достигается при транспортировании бетона на расстояние 1000 - 2000м при производительности комплекса по креплению 750-600 м² выработки в смену и толщине слоя 50 мм. В таком случае коэффициенты использования торкрет-машины составляют 0,71-0,57, а автобетоносмесителей – 0,8-0,91.

При транспортировании готовой смеси на расстояние свыше 2000 м, наблюдается значительное снижение производительности механизированного комплекса вследствие больших простоев установки для набрызгбетонирования в связи с ожиданием доставки готовой смеси автобетоносмесителями.

При использовании комплексов производительность работ по креплению при толщине слоя бетона 50 мм может достигать от 20000 до 45000 м²/мес. При существующем плане крепления 10000м²/месяц применение механизированного комплекса обеспечит безусловное выполнение данного объема в короткие сроки.

Согласно проведенным расчетам стоимости возведения 1м² крепи различными вариантами с учетом величины отскока 20%, затраты при использовании клетового ствола для доставки материалов в вагонетках на 41% ниже, чем затраты на доставку материалов по наклонному съезду.

Себестоимость возведения 1м² набрызгбетонной крепи (рис. 7) варьируется в зависимости от длины транспортирования и количества используемых миксеров в диапазоне от 208,08 до 245,96 руб./м². На предприятии аналогичные показатели изменяются от 337,09 до 442,58 руб./м².

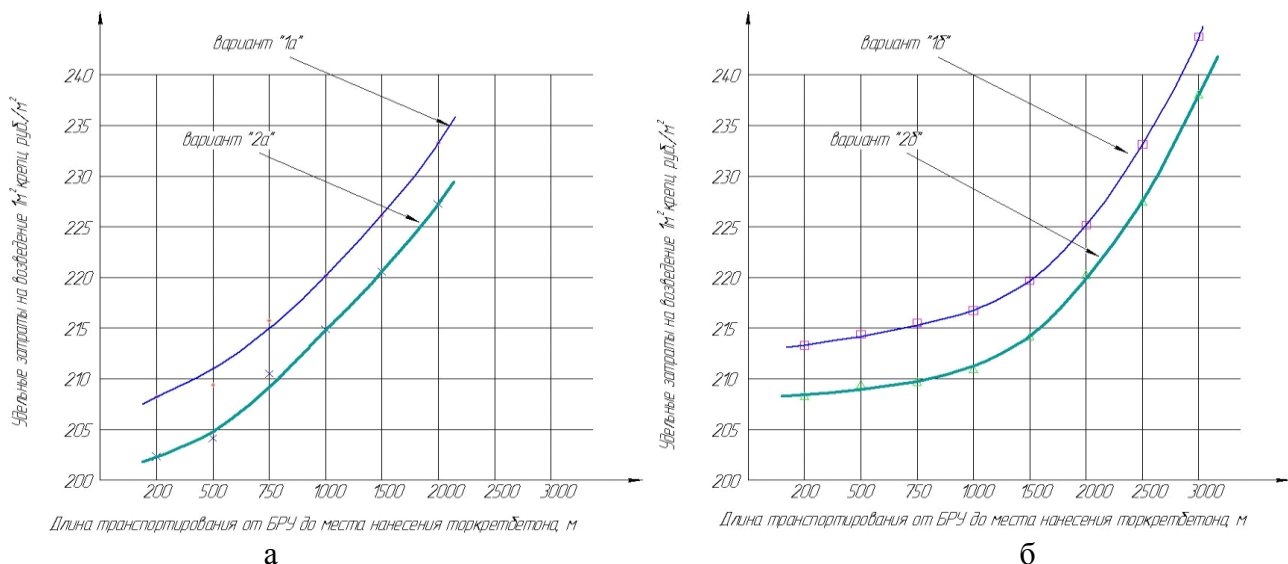


Рисунок 7 - Зависимость стоимости возведения 1м² набрызгбетонной крепи от дальности транспортирования до места производства работ: а – при использовании комплекса «1+1», б – при использовании комплекса «1+2»

Анализ построенных графиков наглядно показывает, что использование клетового ствола для доставки сухих компонентов смеси более выгодно, чем транспортирование их по наклонному съезду. Область применения комплекса «1+1» ограничена длиной транспортирования примерно 750м. При большем удалении БРУ от места возведения крепи более эффективным является применение комплекса «1+2».



Применение «мокрого» набрызгбетонирования с помощью механизированных комплексов в сравнении с технологией крепления «сухим» способом позволяет существенно увеличить производительность труда при креплении выработок (в 2-4 раза) и существенно (до 50%) сократить затраты на крепление выработок. Исследования показывают, что комплексы выгодны при большом фронте работ и высоком уровне организации производства. В противном случае, высокая стоимость оборудования и затраты на его содержание превысят экономические эффекты от применения установок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 91.13330.2012. Подземные горные выработки. Актуализированная редакция СНиП II-94-80. Утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 30 июня 2012 г. № 283. Введен в действие с 1 января 2013 г.
2. ВСН 126-90 «Крепление выработок набрызгбетоном и анкерами при строительстве транспортных тоннелей и метрополитенов. Нормы проектирования и производства работ. Минтрансстрой СССР». Утвержден Минтрансстрой СССР 18.07.1990 г. Введен в действие 01.01.1991 г. Актуализирован 01.01.2009г.
3. Гавришев С.Е., Рахмангулов А.Н., Грязнов М.В. Управление развитием горнодобывающего предприятия. Информационные модели и методы. Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2002. 245 с.
4. Олизаренко В.В., Красавин В.А., Абдрахманов Р.И., Гольцов В.В. Анализ логистической схемы горно-обогатительного предприятия при комбинированной разработке медно-колчеданных месторождений // Современные проблемы транспортного комплекса России: Межвузовский сборник научных трудов. Вып. 4. Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2013. С. 88-94.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Калмыков Вячеслав Николаевич

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия, доктор технических наук, профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, член экспертного совета по проблемам разработки месторождений полезных ископаемых при Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки РФ.

E-mail: prmpi@magtu.ru

Kalmykov Vyacheslav Nikolaevich

FSEI HPE «Magnitogorsk State Technical University G.I. Nosov», Magnitogorsk, Russia, Ph.D. , professor of development of mineral deposits , a member of the expert council on development of mineral deposits in the Higher Attestation Commission of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation .

E-mail: prmpi@magtu.ru

Волков Павел Владимирович

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры разработки месторождений полезных ископаемых.

E-mail: wolf1709@rambler.ru



Volkov Pavel Vladimirovich

FSEI HPE «Magnitogorsk State Technical University G.I. Nosov», Magnitogorsk, Russia,
Ph.D., senior lecturer in development of mineral deposits .

E-mail: wolf1709@rambler.ru

Зубков Артем Анатольевич

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры разработки месторождений полезных ископаемых.

E-mail: zubkov89@yandex.ru

Zubkov Artem Anatolevich.

FSEI HPE «Magnitogorsk State Technical University G.I. Nosov», Magnitogorsk, Russia,
Ph.D., senior lecturer in development of mineral deposits .

E-mail: zubkov89@yandex.ru

Красавин Алексей Викторович

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры промышленного транспорта.

E-mail: a.v.krasavin80@mail.ru

Krasavin Aleksey Viktorovich

FSEI HPE «Magnitogorsk State Technical University G.I. Nosov», Magnitogorsk, Russia,
Ph.D., senior lecturer in industrial vehicles .

E-mail: : a.v.krasavin80@mail.ru

Михайлова Галина Викторовна

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия, кандидат технических наук, ассистент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых.

E-mail: mihailova_g73@mail.ru

Mihaylova Galina Viktorovna

FSEI HPE «Magnitogorsk State Technical University G.I. Nosov», Magnitogorsk, Russia,
Ph.D., assistant of the department of development of mineral deposits

E-mail: mihailova_g73@mail.ru

Корреспондентский почтовый адрес и телефон для контактов с авторами статьи:
455000, г. Магнитогорск Челябинской области, пр. Ленина, 38. ФГБОУ ВПО МГТУ им. Г.И.
Носова, ГУК, каб. 126. Калмыков В.Н.
8(3519)29-84-61