



ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ "ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ 2017" ПОСВЯЩЕННОЙ ГОДУ ЭКОЛОГИИ В РФ

КРАСНОЯРСК, СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ 17-21 АПРЕЛЯ 2017 Г.

# Министерство образования и науки Российской Федерации ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»

# Проспект Свободный - 2017

Материалы научной конференции посвященной Году экологии в Российской Федерации **17-21 апреля 2017 г.** 

Электронное издание

Красноярск СФУ 2017 г. Геотехнология (подземная и строительная)

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИМЕНЯЕМОГО ДОСТАВОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА РУДНИКЕ «УДАЧНЫЙ»

#### Сотников В.А.

## Научный руководитель д-р техн. наук Анушенков А.Н.

Сибирский федеральный университет

"Удачный" — рудник производительностью 4 млн. т/год, коэффициент крепости руды 6, плотность 2,6 т/м³. Рудник «Удачный», крупнейшее современное предприятие по добыче кимберлитовой руды в мире. Включает шахту, карьер, обогатительную фабрику и др. Рудное тело трубкообразной формы. В верхней части разреза (интервал глубин от 0 до 250 м) месторождение представлено единым телом, которое с глубины 250 м расчленяется на два обособленных рудных тела конусообразной формы: западное рудное тело (ЗРТ) и восточное рудное тело (ВРТ). Водопритоки по данным поинтервальных исследований изменялись от 92 до 330 м³/сут. Коэффициент крепости для вмещающих пород по шкале проф. М. М. Протодьяконова колеблется от 2 до 8. Данный рудник является опасным по газовым и нефтебитумным выделениям.

Таблица 1 – Сводная производительность рудника по горным возможностям

Наименование	Ед. изм.	Западн.	Восточн.	Всего
		р. т.	р. т.	
Геологические запасы	тыс. т	44900	38320	83220
Потери	%	20,8	20,8	20,8
Разубоживание	%	15,4	15,4	15,4
Эксплуатационные запасы	тыс. т	42000	35900	77900
Горизонтальная площадь рудных тел	тыс. м <sup>2</sup>	59,5	51	110,5
Размеры трубки (средние)	M	260x280	280x280	
Производительность блока	т./год	330000	330000	660000
Производительность рудника	тыс. т/год	2100	1900	4000
Годовое понижение горных работ	M	14,5	15,3	14,8
Обеспеченность запасами	лет	20	18,9	19,4

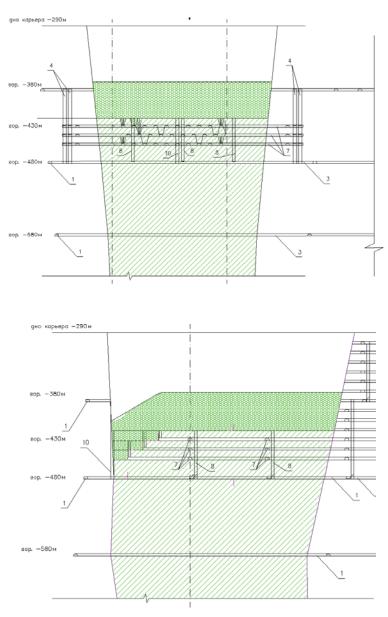


Рис. 1 - СР на руднике Удачный: 1 – кольцевой откаточный штрек; 3 – погрузочный орт; 4 – вентиляционные восстающие; 7 – штрек для обуривания; 8 – рудоспуск; 10 – отрезной восстающий

По рекомендациям ИГД СО РАН и ИПКОН РАН для отработки горизонтов трубки "Удачная" приняты следующие параметры системы разработки с торцевым выпуском: высота этажа -100 м; высота подэтажа -12.5 м; расстояние между буродоставочными ортами -20 м.

Для обеспечения высокой производительности доставки отбитой рудной массы при выпуске на каждом панельном штреке предусматривается проходка двух рудоспусков. При таком расположении разгрузочных узлов средняя длина доставки руды из забоя до рудоспуска не превышает 100 м для ПДМ и 1000 м от рудоспуска с концентрационного горизонта до скипового ствола для автосамосвалов.

На Шведском руднике-аналоге «Кируна» погрузка и доставка отбитой руды выполняется электрическими ПДМ типа «ТОRO - 2500Е». Три из них управляются дистанционно из центра управления, расположенного на поверхности, другие 6-7 традиционным способом с ручным управлением. Бурение вееров взрывных скважин осуществляется дистанционно из подземного центра управления (расстояние до 3,0 км) установками «Atlas Copco» или «Тамрок». Диаметр скважин 57 и 105 мм. На взрывание и проветривание отводят 45 мин. Освоение автоматизированных буровых установок дало значительный положительный эффект. Три оператора имеют возможность управлять одновременно 11-ю буровыми установками. На руднике «Удачный» так же существует возможность применения автоматизированных буровых установок типа «Atlas Copco» или «Тамрок», так как условия разработки схожи с рудником-аналогом.

Согласно данным шведских специалистов производительность доставки при расстоянии до рудоспуска 100-120 м дистанционно управляемых погрузчиков (с электрическим приводом) и с ручным управлением (с электрическим приводом) примерно одинакова и составляет в среднем 2200 т/смену.

В качестве транспортного оборудования на руднике «Удачный», согласно техническому проекту, принимается наиболее технологичный вид — самоходное оборудование, такое как: ПДМ типа TORO 400, TORO 1250 и TORO 1400 с дизельным приводом, а так же автосамосвалы типа TORO 50 с дизельным приводом. На наш взгляд наиболее производительным и в то же время экономически эффективным является самоходное доставочное оборудование, например: ПДМ типа TORO 400E, TORO 1250E и TORO 1400E с электрическим приводом, а так же автосамосвалы типа TORO 50+ с дизельным приводом увеличенной мощностью. Габаритные размеры всего вышеуказанного оборудования идентичны друг другу, т.е. сечение выработок остаётся прежним.

Погрузочно-доставочные машины с электрическим приводом обеспечивают лучшие условия труда за счет отсутствия выхлопных газов, меньшего уровня вибраций и шума. Общая стоимость эксплуатации данного оборудования уменьшена за счет снижения требований по вентиляции выработок, сокращения затрат на энергию, увеличения интервалов между техническим обслуживанием, уменьшением расходных материалов, таких как моторное масло и фильтры. Мощные и надежные электродвигатели во взрывобезопасном исполнении, продуманная геометрия рабочего органа обеспечивают быстрое наполнение ковша и высокую производительность. Электрические погрузочно-доставочные машины позволяют использовать экологически чистую электрическую энергию без ущерба для производственных показателей. Автосамосвалы повышенной мощности имеют более

высокую скорость доставки руды и чуть большую грузоподъёмность за счёт видоизменённой геометрии кузова.

В результате ряда произведённых расчётов (по методике Ахпашева Б.А., к данному документу не прилагаются из-за большого объёма математических расчётов) можно сделать следующий вывод: сокращается количество автосамосвалов типа TORO 50+ по сравнению с автосамосвалами типа TORO 50 на 1 единицу техники, это достигается за счёт большей производительности нового оборудования (мощнее двигатель на 50 л.с. и больше скорость движения (примерно на 1-2 км/ч), больше грузоподъёмность (примерно на 250-300 кг за 1 цикл)), в результате даёт нам на 1 цикл за смену больше, т.е. примерно дополнительных 50 т/смену с учётом сокращения количества автосамосвалов на 1 единицу техники; немного сокращается количество ПДМ типа TORO 1400E по сравнению с количество ПДМ типа ТОВО 1400 на 0,2 единицы техники, это свидетельствует о большей производительности нового оборудования (больше внедрение ковша на 67 мм, больше грузоподъёмность (примерно на 150 кг за 1 цикл)), улучшаются санитарно-гигиенические условия труда за счет отсутствия выхлопных газов, меньше уровень вибраций и шума, общая стоимость эксплуатации данного оборудования уменьшена за счет снижения требований по вентиляции выработок, сокращения затрат на энергию, увеличения интервалов между техническим обслуживанием, уменьшением расходных материалов, таких как моторное масло и различные фильтры.

Ha основе вышеизложенного онжом сделать вывол экономической производственной целесообразности рекомендуемого технологического решения, так как при практически одинаковых габаритных размерах (размеры выработок остаются прежними, например: 4x4 м для ПДМ TORO 1400E и 5x5 м для автосамосвалов TORO 50+) мы имеем ряд преимуществ по увеличению производительности и одновременно с этим уменьшению количества доставочного оборудования, а так же снижение себестоимости готовой продукции за счёт уменьшения амортизационных отчислений на доставочное оборудование, уменьшение затрат на техническое обслуживание и вентиляцию, а так же сокращение затрат на энергию, что в целом даёт нам положительный экономический эффект для данного горного предприятия.

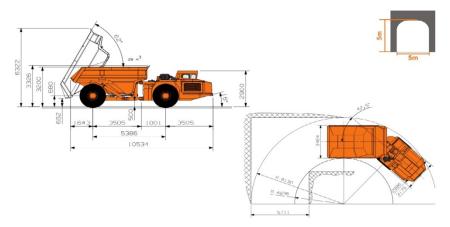
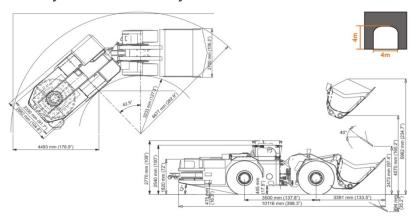


Рисунок 2 – Рекомендуемый автосамосвал TORO 50+



Рису. 3 – Рекомендуемая ПДМ TORO 1400E

## Список использованных источников

- 1. Проектная документация рудника «Удачный». Раздел 1 «Пояснительная записка» 3881 ПЗ том 1.
  - 2. Интернет-ресурсы: http://www.mining-enc.ru/k/kiruna/ и www.toro.sandvik.com.
- 3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Положение по безопасному ведению горных работ на месторождениях, опасных по газу, пыли и нефтепроявлениям" (утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору).

# РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОЙ ФОРМЫ И РАЗМЕРА ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ТРУБОПРОВОДА ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ

## Егоров А. С.

### Научный руководитель Майоров Е. С.

Сибирский федеральный университет

При использовании самоходной техники при строительстве горных выработок вопросу вентиляции уделяется особое внимание. Для разжижения загазованной атмосферы необходимо подведение в рабочую зону необходимого количества воздуха. Это значение регламентируется правилами безопасности [1] и зависит от многих факторов: от числа людей, работающих в выработке, от типа техники и ее мощности, от применяемых взрывчатых веществ, а так же от наличия возможных утечек на протяжении трубопровода. От количества воздуха, проходящего по выработке, зависит депрессия трения выработки, определяемая по формуле [2]:

$$h=R\cdot Q^2$$
,  $\Pi a$ , (1)

где R – аэродинамическое сопротивление трения выработки,  $H \cdot c^2/M^8$ ; Q – количество воздуха, проходящее по выработке,  $M^3/c$ .

В свою очередь, аэродинамическое сопротивление трения выработки R определяется по формуле:

$$R = \alpha \cdot \frac{P \cdot L}{S^3}, \text{H} \cdot \text{c}^2 / \text{M}^8$$
 (2)

где  $\alpha$  — коэффициент аэродинамического сопротивления,  $\text{H}\cdot\text{c}^2/\text{m}^4$ ; P — периметр выработки, м; L — длина выработки, м; S — площадь поперечного сечения выработки,  $\text{m}^3$ .

Так же, правила безопасности устанавливают расстояния A, B и C (рис.1), которые представляют собой зазоры, необходимые для беспрепятственной работы техники и свободного прохода людей.

Однако, конечные размеры выработки зачастую бывают излишними в период ее эксплуатации (например, дренажные выработки, используемые для откачки воды или нарезные выработки при камерной отработке). Имеет смысл поиск путей и мероприятий, позволяющих уменьшить сечение выработки и, следственно, ускорить и удешевить процесс проходки.

Как видно по рисунку 1, одним из «рычагов», с помощью которого можно уменьшить сечение выработки, является ее высота. Ширину выработки сократить практически невозможно - сокращение расстояний А и В (рис. 1) повлечет затруднение или невозможность использования самоходной техники и затруднит проход людей. В случае же с высотой, нормативами установлено минимальное расстояние от верхнего габарита самоходной машины до вентиляционного рукава (С) равное 500 мм. Остальное расстояние до кровли составляет диаметр самого рукава круглой формы D. Именно за счет этого параметра возможно уменьшение высоты выработки и, как следствие, сокращение площади поперечного сечения выработки.

Одним из преимуществ данного решения будет то, что при подаче того же количества воздуха, выработка будет проветриваться лучше (по условию скорости движения воздушного потока, а так же компенсации утечек).

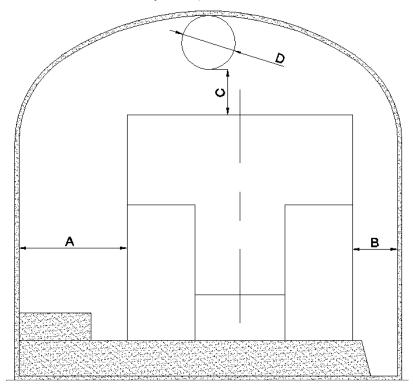


Рис.1 – Схема выработки с указанием зазоров

С целью уменьшения высоты выработки предлагается изменить круглую форму поперечного сечения вентиляционного рукава — на эллиптическую с равным аэродинамическим сопротивлением.

Предлагается ввести относительную величину k, которая будет отражать отношение двух малых полуосей 2a предлагаемого эллиптического сечения вентиляционного рукава к диаметру D первоначального круглого рукава (рис. 2). Разница между первоначальным

диаметром и величиной двух полуосей эллиптического сечения представит собой расстояние  $\Delta$ , на которое можно будет сократить выработку по вертикали.

 $\Delta = D - 2 \cdot a$ 

$$k = \frac{2 \cdot a}{D} \tag{3}$$

4)

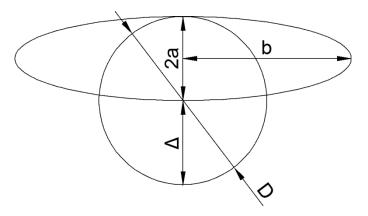


Рис.2 – Отношения круглого и эллиптического вентиляционных рукавов

Закономерности, указанные в формулах (1) и (2), справедливы так же и для вентиляционных труб и рукавов. Так же, величинами  $\alpha$  и L можно пренебречь, так как они будут одинаковы для обоих вариантов вентиляционных рукавов. Тогда:

$$R_{KP} = R_{\Im I}$$
 5)

Из формул (2) и (5), получим:

$$\frac{P_{KP}}{S_{KP}^3} = \frac{P_{\Im \Pi}}{S_{\Im \Pi}^3} \tag{6}$$

Периметр круга:

$$P_{KP} = \pi \cdot D \tag{7}$$

где D – диаметр круглого вентиляционного рукава, м.

Площадь круга:

$$S_{KP} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Периметр эллипса:

$$P_{\mathfrak{I}} = \frac{4 \cdot \pi \cdot a \cdot b + (a - b)^{2}}{a + b}$$

где a — малая полуось эллипса, м; b — большая полуось эллипса, м.

Площадь эллипса:

$$S_{\gamma\pi} = \pi \cdot a \cdot b \tag{10}$$

Тогда формула (6) примет вид:

$$\frac{\pi \cdot D \cdot 4^3}{\left(\pi \cdot D^2\right)^3} = \frac{4 \cdot \pi \cdot a \cdot b + \left(a - b\right)^2}{\left(a + b\right)\left(\pi \cdot a \cdot b\right)^3} \tag{11}$$

На рисунке 3 представлен график зависимости отношения площадей эллиптического рукава и круглого от упомянутого ранее коэффициента k.

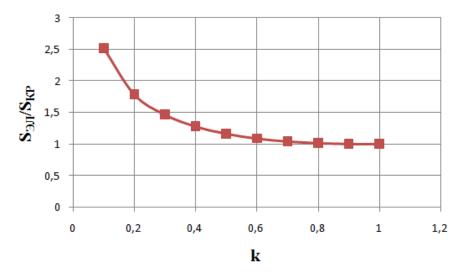


Рис.3 – График зависимости  $S_{\mathcal{I}}/S_{\mathit{KP}}$  от k

Как видно из графика, при значении коэффициента k = 0,5, площадь рукава возрастет в 1,25 раза, при этом высоту выработки можно будет уменьшить на расстояние, равное 0,5 D.

Таким образом, в зависимости от размеров выработки, возможно сокращение сечения выработки на 6-7% .

Для подсоединения предлагаемого рукава к стандартным вентиляторам местного проветривания предлагается использовать переходник, который схематично представлен на (Рис. 4).

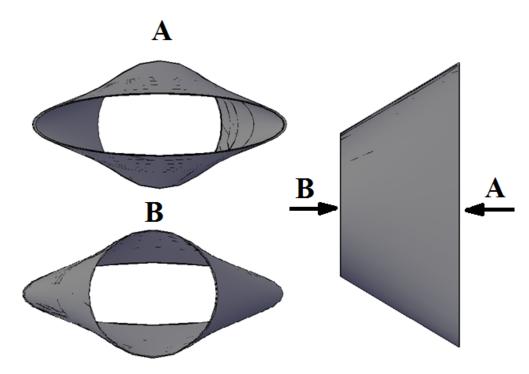


Рис. 4 – Предлагаемый переходник для вентилятора

Прототипом для изготовления предлагаемого вентиляционного рукава может послужить полезная модель №53367 «Труба для шахтного вентиляционного трубопровода» [3].

Вентиляционный рукав предлагается изготавливать из того же материала, что и в полезной модели №53367 с тем лишь отличием, что в новом варианте будут распределены жесткие эллиптические кольца, которые позволят рукаву сохранять форму на протяжении всей его длины.

#### Список использованных источников

- 1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых» М.: НИИЦ «Недра-ХХІ», 2015.-160 с. Сер. БиблиоРОН (Б-ка журнала «рациональное освоение недр»).
- 2. Ушаков К. З., Бурчаков А. С., Медведев И. И. *Рудничная аэрология*. Изд. 2, перераб. И доп. (1 изд. 1971). М., «Недра», 1978. 440с.
- 3. Полезная модель №53367 «Труба для шахтного вентиляционного трубопровода» [электронный ресурс]. Режим доступа:

http://www.fips.ru/cdfi/fips.dll/ru?ty=29&docid=53367&ki=PM

## ПРИМЕНЕНИЕ КОНТУРНОГО ВЗРЫВАНИЯ ПРИ ПРОХОДКЕ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

#### Шевелев М.А.

#### Научный руководитель Требуш Ю.П.

Сибирский федеральный университет

Различают два метода взрывных работ при проведении горных выработок – обычное взрывание контурное. Обычное взрывание получило чрезвычайно И широкое распространение, несмотря на серьезные недостатки. Так, фактические контуры полостей выработок, как правило, не соответствуют проектным. Имеют место большие переборы и чрезмерные нарушения трещинами законтурного массива. Переборы породы являются причиной увеличения объемов работ по погрузке и транспортировке породы и забутовке закрепного пространства, а при монолитной бетонной крепи – больших перерасходов бетона. Фактический коэффициент излишка сечения (КИС) достигает 1,25...1,30 при нормативном 1,03...1,05.

Трещины, возникающие в законтурном массиве, оказывают отрицательное воздействие на горные породы. Естественные прочность и устойчивость их значительно снижаются. Учащаются случаи деформации крепи и перекрепления выработок, на что затрачивается много времени и средств. В зависимости от типа и диаметра патронов ВВ, диаметра шпуров, прочностных показателей пород трещины распространяются в законтурный массив на глубину до 1,2...1,6 м в песчаниках и 1,6..2,2 – в сланцах [1].

Трещинообразование в законтурном массиве отрицательно влияет не только на прочность и устойчивость пород кровли и стенок горных выработок, но на безопасность работ, особенно в призабойном пространстве. Трещины также аккумулятор ядовитых газов, образующихся при взрывных работах.

Ядовитые газы, образующиеся при взрывных работах и проникшие в трещины законтурного массива на значительную глубину, постепенно выделяются и в течение значительного времени содержатся в рудничной атмосфере в то время, когда забой считается проветренным и безопасным для персонала, выполняющего в призабойном пространстве работы по погрузке породы, возведению крепи, бурению шпуров. По этой причине нередко имели место случаи с признаками отравления проходчиков, жалующихся на тошноту и головные боли.

При проведении горных выработок с применением контурного взрывания недостатки, присущие обычному, исключаются.

Контурное взрывание – это технологический прием, заключающийся в установлении таких параметров зарядов и расположения оконтуривающих шпуров, при которых достигаются незначительные переборы породы и минимальное воздействие взрыва на законтурный массив. В результате воздействия создается сравнительно гладкая поверхность боков и кровли выработок и малая глубина нарушения законтурного массива, а полость приобретает правильную форму. Кроме того, повышаются устойчивость обнажений, безопасность работ и технико-экономические показатели [2, 3].

В таблице 1 приведены сравнительные расчеты контурного и обычного взрывания по процессам бурения и заряжания шпуров.

Расчеты приведены на выработку площадью 11,4кв.м, пройденную по породам с коэффициентом крепости 8, при расчетной длине уходки в 2,0 м.

В таблице 1 приведено, что контурное взрывание занимает больше времени, чем обычное, но при этом контур выработки будет ровный, крепление выработки осуществляется анкерной крепью без подрешотки. При обычном взрывании потребуется анкерное крепление с установкой по кровле металлической сетки.

В обоих вариантах по периметру выработки с отставанием наносится набрызгбетонная крепь. Затраты времени на установку этой крепи, также как и продолжительность уборки отбитой породы в приведенных расчетах не учитываются, а принимаются равными по величине.

Таблица 1 – Расчеты обычного и контурного взрывания

Показатели	Обычное	Контурное
Общее количество шпуров, шт	28	41
Количество оконтуривающих шпуров, шт	12	18
Длина шпура, м	2,2	2,2
Продолжительность буренияоконтуривающих шпуров, ч	1,085	1,627
Продолжительность заряжания оконтуривающих шпуров, ч	1,232	1,647
Дополнительное время на бурение, ч	_	+ 0,542
Дополнительное время на заряжание, ч	_	+ 0,415
Общее дополнительное время при контурном взрывании, ч	_	+ 0,957

В таблице 2 приведены расчеты затрат времени по установке в выработке анкерной крепи.

Сравнение показателей затрат времени на осуществление процессов по бурению и

заряжанию шпуров, а также установки анкерной крепи наглядно показывают целесообразность применения контурного взрывания при проходке выработок.

Таблица 2 – Показатели по процессу «крепление»при проходке выработки

Показатели	Обычное	Контурное
Количество штанг в ряду, шт.	14	14
Количество рядов на уходку, шт.	2	2
Затраты времени на установку одной штанги, чел-ч	0,30 (с сеткой)	0,131
Время установки анкеров при двух проходчиках, ч	4,20	1,84
Дополнительное время на установку анкеров, ч	+ 2,34	_

При увеличении продолжительности на бурение и заряжание шпуров при контурном взрывании резко сокращается продолжительность крепления забоя.

Общий выигрыш в трудозатратах при контурном взрывании составляет 1,38 часа.

К достоинствам контурного взрывания можно также отнести:

снижение материальных затрат за счет ненужности установки по кровле выработки металлической сетки;

повышение безопасности работ, за счет уменьшенного образования заколов по кровле и бортам выработки;

снижение расхода бетонной смеси при установке набрызг-бетонной крепи, за счет более гладкого контура выработки;

возможность использовать время на другие работы.

#### Список использованных источников

- 1. Фокин В.А., Тарасов Г.Е., Тогунов М.Б., Данилкин А.В., Шитов Ю.А. Совершенствование технологии буровзрывных работ на предельном контуре карьеров. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2008. 224 с. [Fokin V.A., Tarasov G.E, Togunov M.B., Danilkin A.V., Shitov Yu.A. Improvement of technology of drilling and blasting operations on the terminal contour of quarries. Apatity: Publishing house KSC RAS, 2008. 224 p. (in Russian)].
- 2. Шульгин П.Н., Литвинский Г.Г., Контурное взрывание при проведении горных выработок, ДГМИ, Алчевск, 2011. 212 стр. [Shulgin P.N., Litvinsky G.G. *Contour blasting during mine workings*. DGMI, Alchevsk, 2011. 212 p. (in Russian)].
- 3. Бротанек И., Вода И. *Контурное взрывание в горном деле и строительстве*. Пер. с чеш. Под ред. проф., д-ра техн. наук Б. Н. Кутузова. М.: Недра, 1983, 144 с. [Brotanek I., Water I. *Contour blasting in mining and construction*. Trans. With the Czech. Ed. Prof., Dr. Tech. Sciences of B. N. Kutuzov. Moscow, Nedra, 1983, 144 p. (In Czech)].