



Электронное научное издание
«Ученые заметки ТОГУ»
2014, Том 5, № 2, С. 76 – 84

Свидетельство
Эл № ФС 77-39676 от 05.05.2010
[http://pnu.edu.ru/ru/ejournal/about/
ejournal@khstu.ru](http://pnu.edu.ru/ru/ejournal/about/ejournal@khstu.ru)

УДК 622.235

© 2014 г. **Е. Б. Шевкун**, д-р техн. наук

(Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск)

ПЕРЕХОД НА ПОТОЧНЫЙ ТРАНСПОРТ В ГЛУБОКИХ КАРЬЕРАХ

Увеличение глубины крупных карьеров с автомобильным транспортом неразрывно связано с ухудшением как экологических условий в связи с увеличением загазованности атмосферы (вплоть до остановки горных работ на значительный период времени), так и экономических показателей – существенно растут затраты на вывозку горной массы. Для решения этой проблемы предложена технология аккуратного качественного дробления скальных горных пород, позволяющая оставлять конвейер в забое на время взрывных работ.

Ключевые слова: поточный транспорт, карьер, горная масса, добыча полезных ископаемых.

E. B. Shevkun

TRANSITION TO BLOW TRANSPORT IN DEEP PITS

Increasing the depth of large quarries to road inextricably shown as the deteriorating environmental conditions in connection with the increase in gas content of the atmosphere (up to stop mining for a significant period of time) and economic performance - significantly increasing the cost of hauling the rock mass . To solve this problem the technology of accurate quality rock crushing rocks , allowing to leave the conveyor at the bottom at the time of blasting.

Keywords: in-line trucks, quarry, rock mass, and mining.

Ближайшие десятилетия будут характеризоваться существенным всплеском добычи твердых полезных ископаемых. Российская территория, богатая полезными ресурсами, будет превращаться в мировой полигон горного дела, а Восточная Сибирь и Дальний Восток в XXI в. будут основной горной провинцией мира [1].

С увеличением глубины карьеров возрастают объемы вскрышных работ, увеличивается протяженность трасс подъема в общем расстоянии транспортирования горной массы, что существенно снижает технико-экономические показатели работы карьерного автомобильного транспорта и карьера в целом, поскольку расходы на перемещение горной массы в общей себестоимости добычи полезных ископаемых достигают 70 %[2].

Анализ современного состояния разработки месторождений открытым способом в странах СНГ убедительно свидетельствует о резком увеличении глубины действующих карьеров. В течение последних 35...40 лет карьеры большинства горно-обогатительных комбинатов (ГОКов) интенсивно развивались вширь и вглубь, сохранение этой тенденции уже в ближайшие годы приведет к тому, что эксплуатационная глубина карьеров будет приближаться к отметке 800 м и даже превышать ее. Так, глубина карьера «Мурунтау» в Узбекистане уже превышает глубину 600 м, а в перспективе увеличится до 950-1000 м, что существенно обостряет транспортные проблемы из-за больших расстояний автомобильных перевозок горной массы и существенно снижает технико-экономические показатели работы большегрузного карьерного транспорта [3]. При увеличении глубины карьера «Мурунтау» от 100 до 400 м производительность автосамосвалов грузоподъемностью 40 и 110 т снизилась, соответственно, в 2 и 2,9 раза, а при дальнейшем его развитии до глубины 600 м стабилизировать основные показатели работы карьерного автотранспорта путём увеличения грузоподъемности до 136, 170 и 190 т удалось лишь на относительно короткое время.

В настоящее время на крупных карьерах до 40 % горной массы перевозится по схемам комбинированного транспорта, когда эти объемы дважды грузятся в различные транспортные средства, что вынуждает занимать под внутрикарьерные перегрузочные склады с дополнительным погрузочным оборудованием значительные площади, требующие или дополнительного разноса бортов или консервации части запасов. В этих условиях необходим переход на поточную технологию применением конвейерного транспорта от забоя до поверхности, что позволит коренным образом изменить облик современного горного предприятия.

По мнению многих видных специалистов [4] преимущества конвейерного транспорта перед вывозкой автосамосвалами выражается в следующем. Автосамосвал тратит 60 % энергии дизтоплива на собственное перемещение и лишь 40 % – на доставку полезного груза, в то время как у ленточного конвейера соотношение по энергии – 20 к 80 % в пользу транспортируемого груза. На подъем 100 т груза на высоту 10 м автосамосвал затрачивает 2 л топлива по цене 0,3 долл. США за 1 литр, а конвейер – 3 кВт·ч электроэнергии по цене 0,05 долл./кВт·ч. Таким образом, конвейерный транспорт в 4 раза эффективнее автомобильного. На горизонтальных участках автосамосвал при доставке 100 т полезного груза на 1 км тратит 8 л топлива, а конвейер – 12 кВт·ч электроэнергии, что подтверждает вышеприведенное соотношение. Капиталовложения в автотранспорт в общем случае меньше, чем в конвейерный транспорт, однако более высокие текущие расходы на эксплуатацию автосамосвалов уравнивают шансы в течение 4-5 лет. При глубине карьера 200 м и более капиталовложения примерно одинаковы, и преимущества конвейеров ещё более очевидны.

Рассмотрим эффективность применения конвейерного транспорта на примере глубокого карьера «Мурунтау», одним из главных направлений повышения технико-экономической эффективности работы которого выбрано применение циклично-

поточной технологии (ЦПТ) на основе комбинированного автомобильно-конвейерного транспорта с применением дробильно-перегрузочных пунктов (ДПП).

Монтаж первой конвейерной линии (КЛ) комплекса ЦПТ в технологии производства вскрышных работ в карьере «Мурунтау» был завершён в октябре 1984 г., дробильно-перегрузочного пункта (ДПП-1) на гор. +465 м – в марте 1985 г., ДПП-2 на гор. +435 м – в феврале 1986 г., ДПП-3 на гор. +405 м – в мае 1989 г. Период времени между окончанием строительства первой КЛ и ДПП-1 использовали для опробования оборудования и обучения обслуживающего персонала работе с грохотильно-перегрузочным пунктом. Общий объём горной массы, «переработанной комплексом ЦПТ с начала его эксплуатации (на 01.01.2011 г.) составляет около 500 млн. м³, в том числе руды разных сортов – около 900 млн. т. Доля объёмов горной массы, вывезенной из карьера через комплекс ЦПТ, составляет 59,3 %, а с горизонтов, имеющих транспортную связь с концентрационными, – более 85 %. Применение ЦПТ позволило сократить расстояние автотранспорта горной массы по карьеру на 30-40 %, снизить высоту ее подъема самосвалами на 50-70 %, уменьшить эксплуатационные затраты, в сравнении с автомобильным транспортом, и загазованность в карьере.

В 2007 г. в целях апробирования принципиально новых технических решений был построен и введен в действие опытно-промышленный дробильно-перегрузочный комплекс (ДПК) производительностью 2000 м³/ч в составе двухвалковой шнекозубчатой дробилки ДШЗ-1300/300 и межступенного крутонаклонного конвейера КНК-30. Его освоение позволило приобрести в промышленных масштабах опыт эксплуатации конвейера с прижимной лентой (типа «сэндвич»), способной транспортировать руду на подъем под углом 40° к горизонту, уточнить технологические и конструктивные решения по шнекозубчатой дробилке и КНК, а полученные результаты эксплуатации учесть в проекте мощного глубинного КНК-270. В период работы КНК-30 (2007-2009 гг.) были уточнены технические решения по оптимизации развития горных работ в границах IV и V очередей карьера на базе совершенствования технологических процессов и использования КНК в составе комплексов ЦПТ.

Введенный в эксплуатацию в марте 2011 г. на северо-восточном борту карьера «Мурунтау» комплекс ЦПТ-руда включает КНК-270, ДПП и погрузчик-штабелеукладчик ПШС-3500. Оборудование изготовлено Новокраматорским машиностроительным заводом. Конвейерные секции КНК размещены на поддерживающих опорах, установленных на предохранительных бермах отстроенного участка борта карьера. Обслуживание линейных секций предусмотрено специальной радиоуправляемой грузовой ремонтной тележкой, перемещающейся по металлоконструкциям КНК; передвижение обслуживающего персонала вдоль линейных секций КНК – по одноканатной маятниковой дороге.

Продолжительность строительно-монтажных работ составила 12 мес., пусконаладочных - 3 мес. Капитальные вложения в строительство комплекса составили около 74,1 млн. долл. США. Укрупненная оценка развития ЦПТ на основе КНК в транспортной системе глубокого карьера «Мурунтау» показывает, что объёмы инвестиций на 1,5 млн. долл. США, а эксплуатационные расходы – на 2,7 млн. долл. США в год ниже, чем в варианте использования только автомобильного технологического транспорта. Ввод в эксплуатацию нового транспортного комплекса при доставке горной массы самосвалами на КНК с высотой подъема 270 м и последующей перегрузкой с него в железнодорожные составы позволяет повысить конкурентоспособность добываемого открытым способом сырья и открывает перспективы развития карьера до глубины 950 м.

Следует отметить, что в системе ЦПТ карьера на всех стыках циклического и поточного транспорта построены и функционируют перегрузочно-накопительные склады

руды или вскрышных пород, обеспечивающие непрерывность общего потока транспортирования материала. Перед приемным бункером полустационарного ДПП устроен бульдозерный склад вместимостью до 30 тыс. т, из которого руду в приемный бункер доставляют колесным погрузчиком. Наличие ДПП вызвано гранулометрическим составом горной массы: 1,5 % фракций размером +1200 мм; 38,5 % фракций размером –1200+300 мм; и 60 % фракций размером –300 мм.

Следовательно, если применить способы взрывной отбойки скальных горных пород, гарантирующие качественное дробление с максимальным размером куска не более 400 мм, можно полностью заменить автомобильный транспорт конвейерным, вплоть до выемочных забоев, и отказаться от ДПП. Качественное дробление и компактный развал горной массы позволят осуществить ее погрузку в забое прямо на конвейер и полностью вывести из карьера технологический автотранспорт. При этом существенно повышаются технико-экономические показатели работы карьерного транспорта, кардинально меняется экологическая ситуация в карьере по загазованности (простой отдельных карьеров по загазованности от работы автотранспорта достигают 1200-1700 часов в год [5]. Кроме того, дополнительно уменьшается ширина рабочей площадки, с соответствующим увеличением угла откоса рабочего борта карьера.

Однако введение конвейерного транспорта в забой требует изменения технологии взрывного рыхления скальных горных пород: она должна обеспечить безразлетное качественное дробление, что позволит вести взрывные работы без уборки забойного конвейера на время взрыва.

Наиболее распространенным способом снижения дальности разлета кусков горной породы при взрывном дроблении является установка над взрывааемой поверхностью специальных укрытий различных конструкций. Сложность организации взрывных работ с применением сплошных укрытий, особенно на наклонных поверхностях откосов уступов, а также высокая их стоимость предопределили необходимость поиска других путей защиты от разлета кусков. Поэтому нами предложен иной путь – укрывать на взрывааемых объектах все плоскости, с которых возможен разлет кусков взорванной горной массы (поверхность уступа, его торец и откос) специальными самоходными установками [6].

В основу технологии взрывания под укрытием в виде самоходных установок положен новый способ разрушения крепких горных пород послойным (сверху вниз) взрыванием горизонтальных скважинных зарядов уменьшенного диаметра (50-105 мм) с предварительным щелеобразованием по контуру взрываемого объема под щитом с демпфирующими элементами (рис. 1).

Самоходная установка оборудуется устройством для поглощения пылегазовых выбросов, имеет вертикальный и горизонтальный щиты с демпфирующими элементами, позволяющими поглощать энергию взрыва существенно меньшей массой, чем при обычных жестких укрытиях. Полигонные исследования показали, что демпфирующие элементы мобильного укрытия, поглощающие основную часть энергии взрыва скважин первого слоя, могут быть выполнены в виде мягких емкостей с жидкостью или газом, матов из якорных цепей, изношенных автомобильных шин или их различных комбинаций. Причем массу горизонтальной рамы можно существенно изменять уже после установки на укрываемый объект. Численные исследования процессов взаимодействия взорванной горной массы и демпфирующих элементов укрытия показали, что демпфирующими элементами может быть поглощено до 90 % энергии взрывного импульса, воздействующей на укрытие при взрывании верхнего слоя горных пород. При массе каждого заряда верхнего слоя в 7-15 кг демпфирующим щитом с массой горизонтальной рамы в 16-35 т исключается разлет горной массы верхнего взрываемого слоя объемом

150-300 м³. При взрывании нижележащих слоев уже взорванный верхний слой является пригрузкой, исключая разброс их горной массы, поскольку даже при плотности горных пород в 2 т/м³ его масса составит 300-600 т. Раздробленный слой горных пород в 8-9 раз снижает энергию проходящего через него взрывного импульса, поэтому горизонтальная рама укрытия работает в качестве демпфера только при взрывании верхнего слоя пород, что позволяет уменьшить ее массу и высоту подброса до приемлемых величин.

Предлагаемая технология предусматривает использование самоходных буровых и зарядных агрегатов, широко применяемых в настоящее время как на подземных работах при проходке горизонтальных выработок, так и на карьерах. Возможна разработка самоходного агрегата, объединяющего все операции по бурению, зарядке и укрытию взрывающего участка массива. Такая технология целесообразна, в основном, на глубоких карьерах, разрабатывающих алмазные трубки, где борта карьера поддерживаются в предельном положении контурным взрыванием, параметры уступов постоянны и под них легко подстроить параметры мобильного укрытия. Такая установка незаменима при реконструкции этих карьеров, когда разнос уступа сопровождается завалом 2-5 нижележащих уступов взорванной горной массой[5]. Все элементы технологии защищены патентами Российской Федерации.

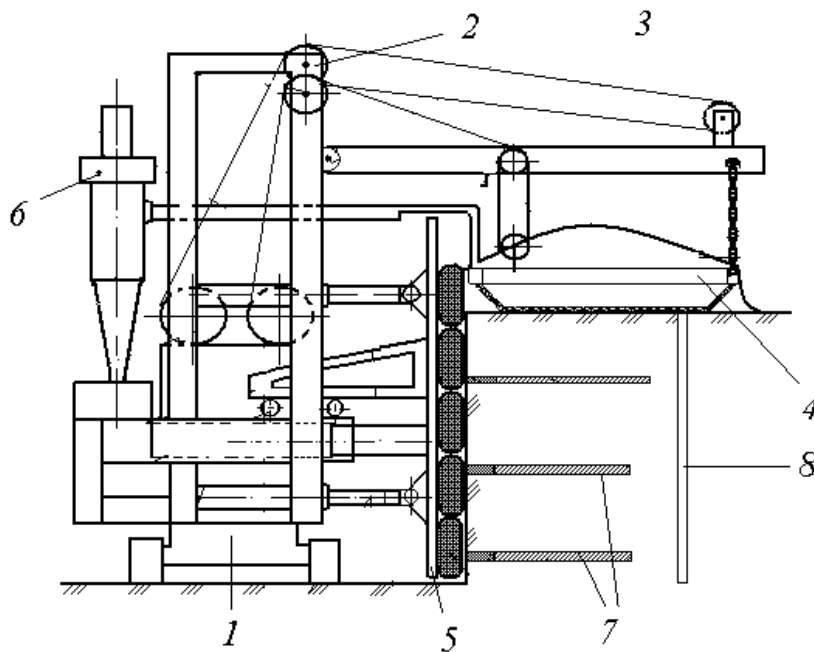


Рис. 1. Схема технологии с локализацией мобильной установкой объема горных пород, взрываемого горизонтальными скважинными зарядами:

- 1 – ходовое оборудование с силовой установкой; 2 – башня; 3 – стрела;
- 4 – горизонтальный демпфирующий щит с цепным матом; 5 – вертикальный демпфирующий щит с изношенными шинами; 6 – пылегазоуловитель;
- 7 – горизонтальные взрывные скважины; 8 – вертикальная контурная щель

В то же время применение мобильной установки усложняется, поэтому в Тихоокеанском государственном университете предложен еще один вариант разработки глубоких карьеров с поточной технологией транспорта[7], позволяющий решить следующие задачи:

- ликвидировать подготовительно-восстановительные операции при массовых взрывах применением специальных укрытий для локализации взрыва;
- минимизировать размер кусков взорванной горной массы увеличением времени действия взрыва на массив рассредоточением заряда ВВ воздушным промежутком в комбинации с невылетающей до разрушения массива укороченной забойкой;
- доизмельчать неизбежно остающиеся крупные куски породы до размеров, определяемых возможностями ленточных конвейеров, применением самоходного дробильного агрегата с дробилкой специальной конструкции.

Способ поточной отработки скальных горных пород осуществляют по схеме, представленной на рис 2.

Вначале на уступе создают достаточный запас взорванной горной массы, обеспечивающий непрерывную работу выемочного оборудования на период времени, обеспечивающий выполнение работ по обурированию и взрыванию последующих двух блоков. Затем разрабатываемая часть уступа делится на три блока: блок обурирования 3, блок подготовки к взрыву 2 и блок выемки 1.

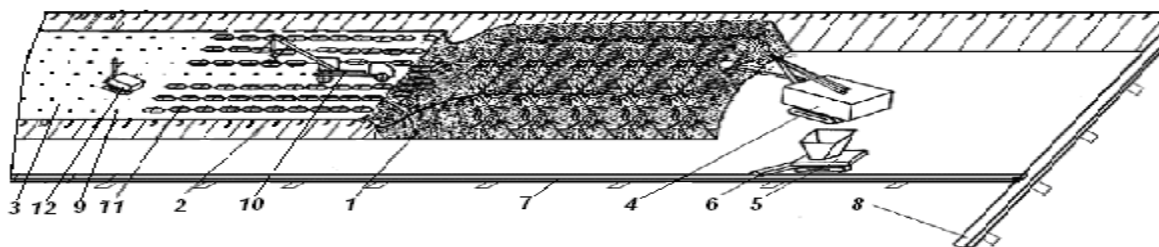


Рис. 2. Технологическая схема выемки горных пород в глубоких карьерах

Блок 3 обурируют по принятой сетке взрывными скважинами 9, начиная работу бурового станка 12 с противоположной от блока подготовки к взрыву стороны. Это необходимо для того, чтобы взрывные скважины не были повреждены при взрыве блока 2, кроме того, буровой станок будет расположен за пределами запретной зоны. Количество буровых станков определяется производительностью экскаватора – блок 3 должен быть обурирован за время, в течение которого экскаватор на блоке 1 продвинется при выемке на длину блока обурирования. После взрыва добуривают запретную 30-ти метровую зону.

Решение первой задачи – ликвидация подготовительно-восстановительных работ – достигается минимизацией или полным исключением разлёта кусков горной массы применением трансформируемого газопроницаемого укрытия из упругих элементов, например, изношенных автомобильных шин 11, которые после зарядки скважин на блоке 2 самоходным краном 10 укладывают на каждую скважину (рис. 3).



Рис. 3. Укрытие в виде мата из автомобильных шин:
а – укладка шин автокраном; б – общий вид укрытия

Упругие элементы снимают прямо с поверхности ранее взорванной горной массы, либо берут из накопительного объема, куда их помещают при предварительной уборке с ранее взорванного блока (рис. 4). Размещают упругие элементы в направлении от блока 1 (см. рис. 2) к блоку 3, с постепенным перемещением грузоподъемной техники по свободному пространству блока 2. После размещения упругих элементов по всей укрываемой поверхности их связывают в единое укрытие гибкими связями, выполненными из цепей, канатов, проволоки-катанки и т. п.



а



б

Рис. 4. Формирование трансформируемого укрытия из автомобильных шин укладкой автокраном с соседнего блока (а) и накопительный объем шин (б)

Можно разместить под матом из упругих элементов сетку, тогда вероятность разлета даже мелких кусков будет полностью исключена. Это позволяет на время взрыва не убирать технику из карьера, оставляя ее на безопасном тридцатиметровом расстоянии от взрывающегося блока. Для обеспечения полной безопасности взрывы можно производить в разрыв между сменами или в обеденное время, когда рабочие уходят из карьера. Подготовительно-восстановительные работы в данном случае будут заключаться лишь в планировке части блока обустройства, контактирующей с взорванным блоком.

Предлагаемое укрытие [8] обладает значительными достоинствами по сравнению с известными: после взрыва все упругие элементы находятся на поверхности горной массы и их легко убрать, стоимость укрытия низка при высокой долговечности – оборачиваемость шин достигает нескольких сотен взрывов.

Известно, что скважинные заряды, рассредоточенные воздушными промежутками, обеспечивают более равномерное и мелкое дробление скальных горных пород: размер среднего куса уменьшается в 1,5-2,0 раза, выход негабарита снижается от двух до десяти раз, а в некоторых случаях полностью исключается. Поэтому для решения второй задачи – минимизировать размер кусков взорванной горной массы – нами предложен и запатентован ряд конструктивных решений по рассредоточению скважинных зарядов пенополистиролом, пенопластом, газовыми промежутками [9].

Другим условием, обеспечивающим хорошее дробление породы, является применение укороченной забойки, увеличивающей зону регулируемого воздействия взрыва на массив горных пород. При этом конструкция забойки, расположенной вблизи устья скважины, над воздушным промежутком, должна обеспечивать полное противодействие ее выбросу действием взрыва до момента разрушения массива. Этим условиям не отвечают засыпные забойки, длина которых велика. Большинство отечественных и зарубежных ученых считает, что оптимальное соотношение длины засыпной забойки и диаметра скважины составляет от 14 в трудновзрываемых породах и до 28 в легковзрываемых, в зависимости от свойств ВВ и породы, а также направления инициирования

скважинного заряда. Нашими наблюдениями установлено – если засыпные забойки длиной 28 диаметров заряда удерживают продукты детонации достаточно длительное время, то такие забойки длиной 14 диаметров выбрасываются из скважины уже в течение первых 40-80 мс. Таким образом, необходима забойка, которая занимая минимальную длину у устья скважины, надежно запирает в ней продукты взрыва до момента разрушения массива. Ряд конструкций комбинированных распорно-засыпных забоек, часть длины которых занята засыпным материалом, а часть – распорными элементами или бетоном, разработаны и испытаны в ТОГУ. При длине 10-14 диаметров они удерживают продукты детонации в скважине в течение 120-160 мс, существенно увеличивая долю энергии взрыва на дробление горных пород.

Третья задача – доизмельчение неизбежно остающиеся крупных кусков горной породы до размеров, определяемых возможностями ленточных конвейеров, – решается применением самоходного дробильного агрегата с дробилкой специальной конструкции уменьшенной высоты [10]. На блоке выемки экскаватор 4 (см. рисунок 2) выгружает горную массу в приемный бункер самоходной щековой дробилки 5 со ступенчатой камерой дробления. На вибрационном грохоте приемного бункера порода предварительно сортируется на две фракции: куски породы размером до 400 мм отправляются на конвейер 6 под дробилку, более крупные куски измельчаются в дробилке и подаются на тот же конвейер, с которого горная масса поступает на забойный конвейер 7, а с него – на сборочный конвейер 8.

Таким образом, имеются все условия для перехода на поточную технологию транспорта скальных горных пород из глубоких карьеров. Доставка горной массы к комплексу КНК из забоя выемочного оборудования может быть обеспечена конвейерами взамен автотранспорта благодаря технологии безразлётного взрывного рыхления в сочетании с высоким качеством дробления и доизмельчением крупных кусков породы в самоходном дробильном агрегате с укороченной щековой дробилкой. Все элементы технологии (кроме дробилки) испытаны в производственных условиях, показали надежную работу. Технология в целом и все ее элементы защищены патентами Российской Федерации.

Резюме

Увеличение глубины крупных карьеров с автомобильным транспортом неразрывно связано с ухудшением как экологических условий в связи с увеличением загазованности атмосферы (вплоть до остановки горных работ на значительный период времени), так и экономических показателей – существенно растут затраты на вывозку горной массы. Переход на экологичный поточный конвейерный транспорт сдерживается проблемами, возникающими при введении конвейеров в забой, где ведется взрывное рыхление скальных горных пород. Для решения этой проблемы предложена технология аккуратного качественного дробления скальных горных пород, позволяющая оставлять конвейер в забое на время взрывных работ.

Список литературы

- [1] Пучков Л. А. Техника и технология взрывных работ в современных условиях. Основные проблемы и причины их возникновения, направления совершенствования. - О состоянии взрывного дела в Российской Федерации. Основные проблемы и пути их решения: Материалы Всероссийской конференции. – М.: МГГУ, 2002. – С. 18–23.
- [2] Тангаев И. А. Энергоемкость процессов добычи и переработки полезных ископаемых. –

- М.: Недра, 1986. – 231 с.
- [3] Санакулов К.С., Шеметов П.А. Развитие циклично-поточной технологии на основе крутонаклонных конвейеров в глубоких карьерах. – Горный журнал. – 2011.– № 8.– С. 34-37.
- [4]. Ляхов В.П. Александров В.А., Мельников Н.Н. и др. Развитие циклично-поточных технологий добычных и вскрышных работ. - Горный журнал. – 2002. – Специальный выпуск.- С. 21-26.
- [5] Луцишин С.В., Рассудов А.В., Дерешеватый А.В., Файнблит М.А. Технологические схемы ведения горных работ на кимберлитовых карьерах. – Горный журнал. – 1994.– № 12.– С. 14-18.
- [6] Шевкун Е.Б. Взрывные работы под укрытием. – Хабаровск: Изд-во Хабар.гос. техн. ун-та, 2004. – 202 с.
- [7] Лещинский А.В. Поточная технология выемки горных пород в глубоких карьерах. – Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № 7. – С. 309-316.
- [8] Шевкун Е.Б., Лещинский А.В., Шевкун Т.И. Способ взрывания уступов под укрытием: Пат.2265796 Российская Федерация, МПК⁷F42D 5/00. / – №2004117303/03; заявл. 07.06.2004; опубл. 10.12.2005. Бюл. № 34., – 5 с.
- [9] Лещинский А.В., Шевкун Е.Б.. Рассредоточение скважинных зарядов. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2009. – 154 с.
- [10] Лещинский А.В., Секисов Г.В., Шевкун Е.Б., Эунап Р.А. Щековая дробилка: Пат.2272671 Российская Федерация, МПК⁷ В 02С 1/04. / - №2004114056/03; заявл. 06.05.2004; опубл. 27.03.2006. Бюл. № 9., – 3 с.

E-mail:

Шевкун Е.В. – Ev.shevkun@yandex.ru