

DOI: 10.26730/1999-4125-2019-1-95-100

УДК 622.235:622.271.3

ОСОБЕННОСТИ ТЕКУЩЕГО ПЛАНИРОВАНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ НА КАРЬЕРАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО КУЗБАССА

THE FEATURES OF CURRENT MINING OPERATIONS PLANNING AT CENTRAL KUZBASS QUARRIES

Колесников Валерий Федорович,

доктор техн. наук, профессор, e-mail: kvf.rmpio@kuzstu.ru

Valery F. Kolesnikov, Dr. Sc. in Engineering, Professor

Литвин Олег Иванович,

канд. техн. наук, старший научный сотрудник, e-mail: litvinoi@kuzstu.ru

Oleg I. Litvin, C. Sc. in Engineering, Senior Researcher

Мартьянов Виктор Леонидович,

канд. техн. наук, доцент, e-mail: martvic2005@yandex.ru

Viktor L. Martyanov, C. Sc. in Engineering, Associate Professor

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия,
г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, Vesennyaya St., Kemerovo, 650000, Russian
Federation

Аннотация:

Текущее или годовое планирование горных работ осуществляется на базе перспективного пятилетнего плана и производится от наиболее вероятно достигаемого на конец текущего года положения горных работ в пространстве карьера. В свою очередь, пятилетний план производства горных работ разрабатывается на карьере по годам и определяет положения горных работ и количество выпускаемой продукции как по годам, так и в целом за пятилетку. Одновременно производится корректировка контуров развития горных работ по сравнению с ранее проведенным этапным перспективным долгосрочным (на 10-15 лет) планированием. Задачи пятилетнего плана: определение годовых и конечных на период планирования контуров и объемов горной массы, необходимого объема капитальных вложений на строительство вскрывающих выработок и приобретение нового горнотранспортного оборудования, планирование производительности труда, прибыли и других технико-экономических показателей. Основой пятилетнего планирования является планирование положений горных работ от достигнутого на начало планирования и их развитие с определением объемов по годам на рассматриваемый период. С учетом высокой сложности горно-геологических условий центрального Кузбасса планирование горных работ является весьма трудоемкой процедурой, особенности которой рассматриваются в данной статье.

Ключевые слова: планирование горных работ, сложноструктурные месторождения угля, центральный Кузбасс, себестоимость добычи угля, открытая геотехнология.

Abstract:

The current or annual planning of mining operations is carried out on the basis of the perspective five-year plan and is carried out from the position of mining operations most likely to be achieved at the end of the current year in the open-pit space. In turn, the five-year plan for the production of mining is developed at a quarry by year and determines the position of mining and the number of products both by year and as a whole over the five-year period. At the same time, the development contours of mining operations are adjusted in comparison with the previously conducted landmark long-term (10-15 years) planning. The objectives of the five-year plan: the definition of annual and final for the period of planning contours and volumes of rock mass, the required volume of capital investments for the construction of revealing workings and the purchase of new mining transport equipment, planning productivity, profits and other technical and economic indicators. The basis of the five-year planning is the planning of the provisions of the mining works from what was achieved at the beginning of planning and their development, with the determination of volumes by years for the period in question. Given the high

complexity of the mining and geological conditions of central Kuzbass, mining planning is a very time-consuming procedure, the features of which are discussed in this article.

Key words: *mining planning, complex structural coal deposits, central Kuzbass, cost of coal mining, open geotechnology.*

Исходными материалами для проектирования являются данные по распределению объемов полезного ископаемого и вскрышных пород в пространстве карьера по простиранию месторождения по профилям и по падению основного угольного пласта по глубине, которые будут разрабатываться в предстоящие 5 лет. С этой целью проводится горно-геометрический анализ месторождения по критерию минимума текущего (или контурного) коэффициента вскрыши [1-4].

Текущий коэффициент вскрыши определяюще влияет на себестоимость добываемого угля (C_0) и прибыль (Π) карьера:

$$\Pi = \Pi - C_0,$$

$$C_0 = C_{c0} + K_m \cdot C_v, \text{ руб.},$$

где Π - районная отпускная цена 1 т угля, руб.; C_{c0} - себестоимость собственно добычи 1 тонны угля, руб/т; K_m - текущий коэффициент вскрыши, м³/т; C_v - себестоимость 1 м³ вскрышных пород, руб/м³.

Ограничениями при этом расчете являются:

- заданный угольной компанией объем добычи угля (A_n) на определенный период времени (например, на год при планировании горных работ) или установленная годовая производственная мощность карьера (при проектировании или долгосрочном планировании горных работ)

$$\sum_{i=1}^n A_{ij} \geq A_n,$$

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} = 1.$$

где A_{ij} - объем добычи на отдельном участке (X_{ij}) карьерного поля т/год; i - число рассматриваемых участков; j - число вариантов углубки по участку карьерного поля;

- нормативы переходящих вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов угля в месяцах года, гарантирующие годовой объем добычи;

- порядок перемещения экскаваторов в карьере, обеспечивающий минимальное средневзвешенное расстояние транспортирования вскрышных пород в течение всего расчетного периода времени;

- возможный темп углубки горных работ по условию заезда транспорта на ограниченном участке карьерного поля в угленасыщенной зоне разреза.

Изменяя динамику развития пространства карьера в зависимости от различной интенсивности отработки различных по угленасыщенности (угленосности) участков карьерного поля, добываются

рационального порядка производства горных работ для карьера в целом, т. е. наиболее рационального календарного распределения планируемых вскрышных объемов в пространстве карьера. Различная интенсивность ведения горных работ на различных участках карьерного поля обуславливает перемещения экскаваторов и связанного с ними горнотранспортного оборудования с участка на участок. С целью установления сводного календарного распределения объемов горных работ по карьере в целом вводится еще одно важное ограничение о необходимости равенства извлекаемых календарных объемов горной массы из карьера и суммарной производительности парка экскаваторов и транспорта в те же периоды времени

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m V_{ij} \leq \sum_{k=1}^x \sum_{l=1}^z Q_{kl},$$

где V_{ij} - объем горной массы на i -м участке карьерного поля при j -м варианте углубки горных работ, тыс. м³; Q_{kl} - планируемая годовая производительность k -го экскаватора l -й модели, тыс. м³/год.

Анализ начинается с набора годового объема добычи по критерию минимума обычно текущего коэффициента вскрыши с сопутствующими им объемами вскрыши от достигнутого на момент планирования положения горных работ. От полученного на конец первого года положения горных работ набираются объемы второго года по тому же критерию и т. д. до тех пор, пока средние суммарные по годам объемы горной массы не сравняются с планируемой суммарной годовой производительностью горнотранспортного оборудования. Как правило, количество набранных лет при проведении таким образом горно-геометрического анализа больше планируемой пятилетки. Первые пять лет результатов анализа предусматриваются для мест проведения добычных работ, а полученное распределение объемов вскрыши для текущего (годового) и перспективного (опережающие объемы вскрыши в текущей от следующей пятилетки) производства вскрышных работ, обеспечивающих планируемую загрузку производительности горнотранспортного оборудования, причем в направлении развития горных работ по тому же критерию.

После этого на первый год пятилетки или только первый квартал первого года пятилетки производится распределение объемов добычи и вскрыши между экскаваторами с учетом вышеупомянутых ограничений и строится «График ходов» или перемещений экскаваторов по заходкам.

Полученные данные по объемам и количеству

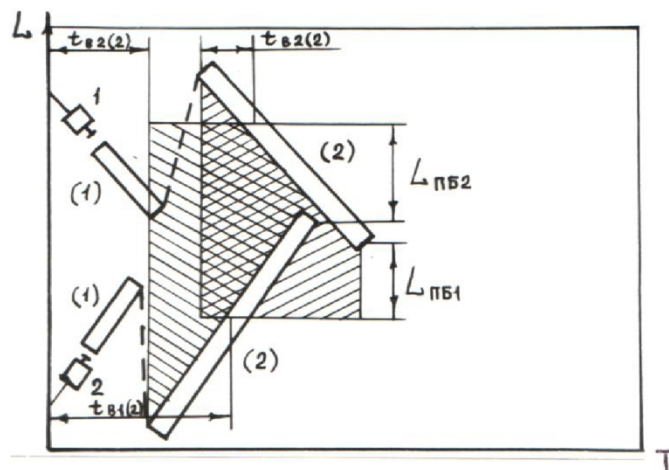


Рис. 1. Выбор рациональных ситуаций взаиморасположения экскаваторов при взрывных работах

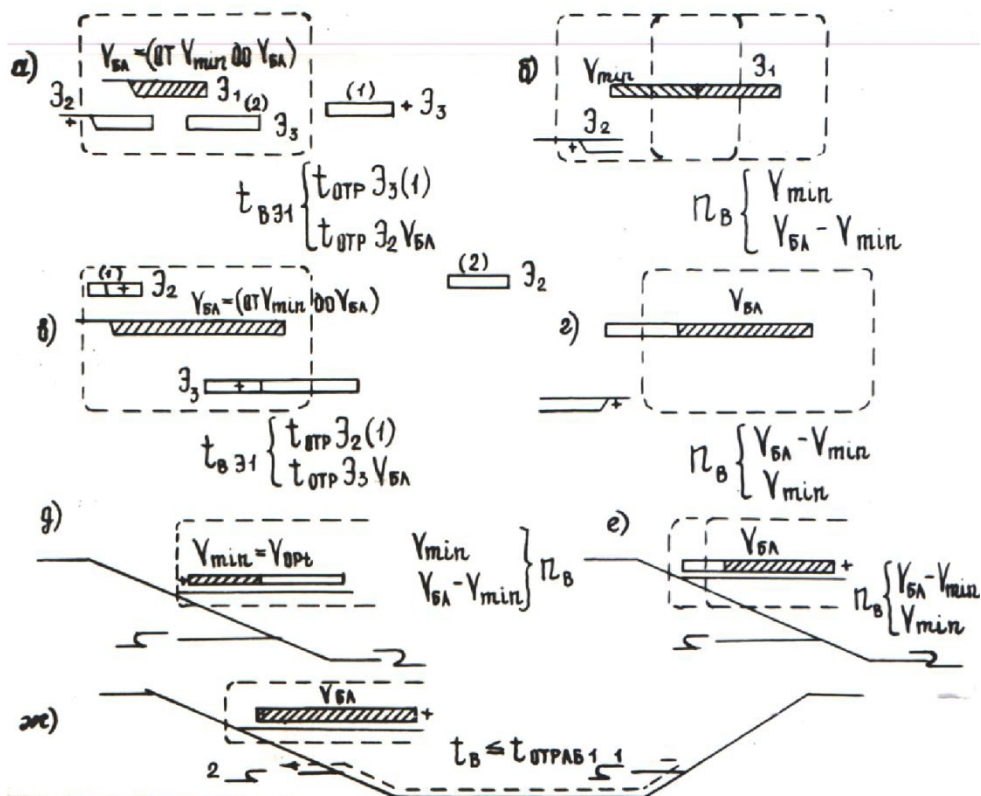


Рис. 2. Возможные ситуации расположения экскаваторов при взрывных работах

добычи, объемам вскрыши, в том числе горностроительным, по вскрывающим выработкам, которые необходимо выполнить для получения заданных объемов вскрыши, представляются в таблицах горно-геометрического анализа карьерного поля по рассматриваемому варианту развития горных работ.

Распределение объемов добычи и вскрыши между экскаваторами учитывает рациональную организацию технологических процессов в течение года, т. е. перемещения экскаваторов по отработке заходок и между заходками должны иметь минимальные перегоны (правило «короткой руки») и

учитывать обеспеченность транспортом, т. е. в любой момент времени среднее расстояние транспортирования карьерных грузов ($L_{ТРi}$) не должно превышать расчетного на год для всего парка ($L_{ТРр.н}$) автосамосвалов

$$L_{ТРi} \leq L_{ТРр.н}$$

Кроме того, следует учитывать, что стабильная и производительная работа экскаваторов в карьере обеспечивается созданием необходимых резервов взорванной горной массы. Формирование этих резервов при годовом планировании у

каждого экскаватора может быть достигнуто организацией перемещений буровых станков с учетом некоторых ограничений.

В условиях переменной интенсификации горных работ в зависимости от изменения угленасыщенности карьерных полей на месторождениях Центрального Кузбасса резерв взорванной горной массы у каждого экскаватора распределяется по нескольким блокам в намечаемой последовательности перемещения экскаваторов. При этом число обрабатываемых буровыми станками блоков больше числа отработываемых экскаваторами после подготовки их к выемке с помощью буровзрывных работ. В связи с этим одним из ограничений организации перемещений буровых станков может быть резерв взорванной горной массы в пределах 30 – 60% месячной, но не менее недельной производительности экскаваторов, находящийся в различных экскаваторных блоках в намеченной планом последовательности горных работ [5, 6].

В соответствии с правилами безопасности при взрывных работах установлены известные зоны, в которых запрещаются какие-либо работы на период подготовки и проведения массовых взрывов. При формировании резервов взорванной горной массы следует принимать во внимание, что во время подготовки и проведения взрывных работ у одного экскаватора в опасной зоне могут находиться другие экскаваторы, транспортные коммуникации ряда экскаваторов или фидеры, питающие приключательные пункты других экскаваторов и водоотлива [6].

Анализ работы разрезов показывает, что наибольшее время простоя экскаваторов при взрывных работах оказывают ситуации, когда опасная зона взрыва перекрывает забои других экскаваторов и трассы движения автосамосвалов, особенно сосредоточенных уступных и элементарных грузопотоков. Руководствуясь сказанным и намеченным порядком перемещений экскаваторов между блоками, целесообразно установить второе ограничение по перемещению буровых станков по подготовке блоков: обеспечение минимума простоев экскаваторов из-за попадания забоев и транспортных коммуникаций одних экскаваторов в опасную зону других [7].

Это ограничение может быть реализовано перебором взаиморасположения экскаваторов в опасных зонах взрыва различных блоков в соответствии с намечаемым перемещением экскаваторов (рис. 1).

Из рисунка 1 видно, например, что для приведенного взаиморасположения экскаваторов взрывание следующих по порядку отработки экскаваторных блоков целесообразно производить в периоды времени $t1(2)$ и $t2(2)$ соответственно, что дает возможность исключить их взаимопростой. Следовательно, к концу этих периодов времени следующие по порядку отработки экскаваторные блоки должны быть уже обурены и подготовлены к

взрыву.

Возможные ситуации взаиморасположения экскаваторов, когда опасная зона взрыва одного из них перекрывает забои или транспортные коммуникации других экскаваторов, систематизированы, и типичные для рассматриваемых карьеров ситуации приведены на рис. 2.

Из рисунка 2 видно, что ограничения по минимальному простоев экскаваторов могут быть выражены временем взрыва экскаваторных блоков (t_b) и количеством взрывов (n_b).

В случае перекрытия опасной зоной взрыва забоев других экскаваторов время взрывания экскаваторного блока должно выбираться таким, чтобы другие экскаваторы либо вошли (рис. 2, а), либо вышли из опасной зоны взрыва (рис. 2, б). Минимальные взаимопростой экскаваторов в аналогичных ситуациях могут быть достигнуты также регулированием числа взрывов (рис. 2, в и г).

В случае перекрытия опасной зоной взрыва транспортных или энергетических коммуникаций других экскаваторов числом взрывов можно регулировать подобные, как и на рис. 2, а, б, в, г ситуации, а также время простоя других экскаваторов (рис. 2, д и ж). Последнее объясняется тем, что время простоя экскаваторов определяется продолжительностью работ по подготовке к взрыву, которое зависит от объема взрываемого блока. Поэтому возможны ситуации, когда целесообразно разделить взрываемый блок таким образом, чтобы при проведении взрывных работ простои других экскаваторов были наименьшими.

Таким образом, рациональное формирование резервов взорванной горной массы в пространстве карьера возможно на основе установленных ограничений по перемещению буровых станков, учитывающих минимально необходимую и максимально допустимую величину резерва и минимум простоев экскаваторов по буровзрывным работам. Формирование резервов взорванной горной массы в пространстве карьера осуществляется перебором ситуаций проведения взрывных работ непосредственно на плане горных работ отстройкой опасных зон взрывов в соответствии с планируемым перемещением экскаваторов.

Перемещения экскаваторов на карьерах подразделяются на рабочие или производительные, в процессе которых выполняются добычные и вскрышные работы и холостые, т.е. перегоны, связанные с переменной мест работы экскаваторов, а также с выполнением различных вспомогательных работ, объемы которых не учитываются при определении производительности экскаваторов, например, по перевалке горной массы, строительству съездов, заездов, автодорог и т.д.

В процессе производства горных работ на карьерах Центрального Кузбасса возникает большое количество холостых перемещений экскаваторов, что вызывается как объективными, так и субъективными причинами [7].

К объективным относятся особенности геологического строения карьерных полей, продольные одно- и двухбортные системы разработки при мобильной автотранспортной технологии и связанный с ними характерный порядок производства горных работ:

- изменчивая угленасыщенность и переменная интенсификация горных работ в пространстве карьеров определяют необходимость перемещения экскаваторов как между различными заходками на одном уступе, так и между уступами;

- значительные объемы вскрыши, а применяемая последовательная сверху-вниз отработка уступов имеет цели снижения величины этих объемов в текущие периоды времени и создание условий выемки маломощных пластов с минимальными потерями угля, находящихся в породах кровли основного (самого мощного) пласта свиты.

Субъективной причиной может быть то, что при годовом планировании горных работ не всегда рассматриваются и просчитываются перемещения экскаваторов в течение всего года, обычно только на первый квартал планируемого года. Не делается и расчет рациональной организации технологических процессов с целью наиболее производительного использования экскаваторов и другого горнотранспортного оборудования. Поэтому не удастся избежать ошибок при расчете «Графика ходов» (перемещений) экскаваторов, который входит в документацию, сопровождающую годовую план. В процессе производства приходится их исправлять по мере того, как они становятся очевидными.

Для расчета перемещений экскаваторов в течение года имеются, во-первых, комплект экскаваторов и самосвалов на карьере и, во-вторых, направление развития горных работ по минимуму текущего коэффициента вскрыши. Годовой объем и месячная ритмичность добычи задаются горной компанией. Задача сводится к расчету наиболее рациональной организации перемещений экскаваторов в соответствии с направлением развития горных работ, обеспечивающей минимум холостых ходов экскаваторов в течение года и потерь производительности экскаваторов и транспорта.

Производительность комплекта экскаваторов на карьере и направление развития горных работ по минимуму текущего коэффициента вскрыши для выполнения заданного на год объема добычи с установленной месячной ритмичностью сложно согласовать в составляющие год временные промежутки. В связи с этим расчет рациональной организации перемещений экскаваторов проводится в два этапа.

На первом этапе перемещения экскаваторов рассчитываются приблизительно посредством последовательного, помесечного выбора, при котором поиск мест работы производится по минимуму коэффициента вскрыши, а выбор этих мест – по минимуму эксплуатационных затрат ($C_{э}$) комплекса горнотранспортного оборудования. Минимум

эксплуатационных затрат принимается в качестве основного критерия на этом этапе расчета потому, что холостые перемещения экскаваторов ведут к росту эксплуатационных расходов. Эксплуатационные затраты минимизируются по этим расчетным показателям по формуле:

$$C_{э} = \sum_{i=1}^{n\sum} \sum_{j=1}^{k\sum} (A_{ij}C_{ij} + V_{ij}C_{bij})X_{ij} \rightarrow \min,$$

При ограничениях

$$\sum_{i=1}^n A_{ij} \geq A_n, \\ \sum_{j=1}^k X_{ij} = 1.$$

где A_n – требуемая годовая добыча разреза или горнодобывающей компании, тыс (млн) т/год; i – число участков; j – число вариантов по участку.

В результате расчета устанавливается последовательность горных работ в течение года, контуры горных работ на конец года и годовой объем вскрыши, т.к. за окончание расчета принимается соответствие годового объема горной массы ($V_{э.зм}$) и годовой плановой производительности парка ($Q_{эп}$)

$$V_{э.зм} \leq Q_{эп}.$$

Второй этап оптимизации перемещений экскаваторов включает расстановку их по местам работы и определение последовательности отработки заходов каждым экскаватором в течение года с учетом минимума холостых перемещений экскаваторов и гарантированной обеспеченности их автосамосвалами. В результате второго этапа оптимизации перемещений определяются и увязываются во времени и в пространстве объемы горных работ каждого экскаватора в течение года и контуры горных работ по вскрыше на конец года.

Аналогично, как и для второго этапа оптимизации перемещений экскаваторов, представляется возможным установить и оптимальный порядок перемещений бурстанков с учетом вышеперечисленных ограничений, определить объемы транспортных работ.

Вывод. Эффективность организации технологических процессов может быть обеспечена при постоянном контроле хода выполнения плана, фиксации его нарушений и принятии решений по их компенсации и устранению. Если это невозможно, следует заново рассчитывать перемещения экскаваторов. Несогласованность работ в процессе их производства наиболее вероятно возникает в результате неточности геологической информации. Резервы нормативных переходящих запасов угля обеспечивают лишь выполнение годового объема добычи. В тоже время, например, отличие

фактического угла падения пласта от планируемого в меньшую сторону требует увеличения объема вскрыши в данном месте карьера и увеличения нагрузки на другие добычные забои, а изменение в меньшую сторону – наоборот. И в том и в другом случае изменяется организация горных работ в пространстве карьера. Причем, как показал анализ

выполнения годового плана карьерами, влияние неточности геологической информации возрастает к концу года. Поэтому рекомендуется производить оптимизацию перемещений экскаваторов не реже одного раза в полгода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Технология и комплексная механизация, М., Librokom, 2014. с. 522.
2. Арсентьев А.И. Вскрытие и системы разработки карьерных полей». М., Недра, 1981. с. 278.
3. Новожилов М.Г. Технология открытой разработки месторождений полезных ископаемых. Часть 2. /М.Г. Новожилов, В.С. Хохряков, Г.Д. Пчелкин, В.С. Эскин/М.: Недра, 1971. с. - 552.
4. Хохряков В.С. Проектирование карьеров: [Учебник для вузов по спец. "Технология и комплекс. механизация открытой разраб. месторождений полез. ископаемых"] / В. С. Хохряков. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Недра, 1980. с. - 336
5. Сысоев А.А. Обоснование технологических решений на разрезах /А.А.Сысоев, О.И. Литвин, Я.О. Литвин// Учебное пособие. Кемерово: КузГТУ, 2015. 125 с.
6. Сысоев А.А. К вопросу об обосновании резерва взорванной горной массы на разрезах/ А.А. Сысоев, Я.О. Литвин, К.А. Голубин //Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2012. Материалы XIV Международной научно-практической конференции, 1-2 ноября 2012г. /редкол.: В.Ю. Блюменштейн (отв. редактор), В.А. Колмаков (зам. отв. редактора), КузГТУ. – Кемерово, 2012. – С. 36-39.
7. Мартыанов В.Л. Анализ работы карьерных экскаваторов. Сб. статей X международной научно-практической конференции «Инновации в технологии и образовании», Часть I, 27-28 апреля. Белово, Велико-Тырново, Шумен, 2018. с. 63 – 68

REFERENCES

1. Rzhhevskij V.V. Otkrytye gornye raboty. Tekhnologiya i kompleksnaya mekhanizaciya, M., Librokom, 2014. s. 522.
2. Arsent'ev A.I. Vskrytie i sistemy razrabotki kar'ernyh polej». M., Nedra, 1981. s. 278.
3. Novozhilov M.G. Tekhnologiya otkrytoj razrabotki mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh. CHast' 2. /M.G. Novozhilov, V.S. Hohryakov, G.D. Pchelkin, V.S. Eskin/M.: Nedra, 1971. s. - 552.
4. Hohryakov V.S. Proektirovanie kar'ero: [Uchebnik dlya vuzov po spec. "Tekhnologiya i kompleks. mekhanizaciya otkrytoj razrab. mestorozhdenij polez. iskopaemyh"] / V. S. Hohryakov. - 2-e izd., pererab. i dop. - M.: Nedra, 1980. s. - 336
5. Sysoev A.A. Obosnovanie tekhnologicheskikh reshenij na razrezah /A.A.Sysoev, O.I. Litvin, YA.O. Litvin// Uchebnoe posobie. Kemerovo: KuzGTU, 2015. 125 s.
6. Sysoev A.A. K voprosu ob obosnovanii rezerva vzorvannoj gornoj massy na razrezah/ A.A. Sysoev, YA.O. Litvin, K.A. Golubin //Prirodnye i intellektual'nye resursy Sibiri. Sibresurs 2012. Materialy XIV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, 1-2 noyabrya 2012g. /redkol.: V.YU. Blyumenshtejn (otv. redaktor), V.A. Kolmakov (zam. otv. redaktora), KuzGTU. – Kemerovo, 2012. – S. 36-39.
7. Mart'yanov V.L. Analiz raboty kar'ernyh ekskavatorov. Sb. statej X mezhhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Innovacii v tekhnologii i obrazovanii», CHast' I, 27-28 aprelya. Belovo, Veliko-Tyrnovo, SHumen, 2018. s. 63 – 68

Поступило в редакцию 19.02.2019
Received 19 February 2019