

УДК 622.831.32

DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-1-52-59

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ДИНАМИЧЕСКИ УСТОЙЧИВЫХ И УДАРОБЕЗОПАСНЫХ РАЗМЕРОВ ЦЕЛИКОВ ПРИ ПРОХОДКЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЕЙ

METHODS CALCULATION OF DYNAMICALLY STABLE AND HIT-SAFE SIZED PILLARS AT DRIVING MINE WORKINGS AND RAILWAY TUNNELS



*V. N. Тюрин, Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита
tyurinvn@mail.ru*

V. Tyurin, Transbaikal Institute of Railway Transport, Chita

Выявлено, что геомеханические процессы, происходящие в горных массивах при проходке выработок и подземных сооружений железнодорожных тоннелей существенно влияют на себестоимость и безопасность работ. Неверно выбранные геомеханические параметры, а именно устойчивые пролеты обнажений и устойчивые размеры целиков, приводят к повышению себестоимости горно-подготовительных работ и снижению уровня безопасности за счет возможного непредсказуемого обрушения горных пород из обнажений или целиков. Для установления динамически устойчивых и ударобезопасных размеров целиков проведен анализ технической литературы. Установлено, что при расчете устойчивых размеров целиков, как правило, учитывается горное давление и прочностные характеристики горных пород. Не на должном уровне учитываются параметры трещиноватости, а также динамическое действие взрыва при образовании целиков и сейсмическое действие удалющихся взрывов.

Приведены теоретические формулы по определению динамически устойчивых и ударобезопасных размеров целиков при проходке горных выработок, полученные на основе закона сохранения энергии. Подстановка в теоретические зависимости незначительно меняющихся параметров позволила получить инженерные формулы для определения динамически устойчивых и ударобезопасных размеров целиков в зависимости от параметров трещиноватости, сейсмического действия взрывов, коэффициента трения между отдельностями в массиве и горного давления. Получены инженерные формулы расчета динамически устойчивых и ударобезопасных размеров целиков в зависимости от коэффициента крепости породы. Инженерные формулы получены для рудников ПАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение» (ППХО). Даны численные значения динамически устойчивых и ударобезопасных размеров целиков. Предложен способ проходки параллельных выработок в удароопасных массивах, защищенный патентом на изобретение.

Приведенные исследования могут служить основой для проектирования горно-подготовительных работ при различных вариантах систем отработки месторождений черных, цветных, редкоземельных металлов подземным способом и строительстве комплекса сооружений железнодорожных тоннелей в различных горно-геологических и горнотехнических условиях, позволяют снижать себестоимость добычи руд, повышать уровень безопасности работ.

Ключевые слова: геомеханика; динамически устойчивые размеры целиков; ударобезопасные размеры целиков; горные выработки; железнодорожные тоннели; трещиноватый напряженный массив; взрывные остаточные напряжения; теоретические и инженерные формулы расчета; горно-геологические и горно-технические условия; выемка руд

Geomechanical processes, occurring in mountain ranges, when driving workings and underground structures of railway tunnels, significantly affect the cost and work safety. Invalid selected geomechanical parameters: sustainable spans outcrops and dimensionally stable pillars lead to an increase in the cost of mining-preparatory

works and reduce the level of security due to possible unpredictable collapse of rocks from outcrops or pillars. Technical analysis of the literature was conducted to establish the stable and dynamically hit-safe pillar dimensions. It is found that when calculating the size of stable pillars confining pressure and rock strength characteristics are usually considered. Not up to standard fracturing parameters are taken into account, as well as the dynamic effect of the explosion in the formation of pillars and seismic action of the recessive explosions.

This article presents a theoretical formula to determine dynamically stable and hit-safe sized pillars in underground development, derived from the energy conservation law. Substitution into the theoretical relations of slightly varying parameters has helped to get the engineering formulas for determining dynamically stable and hit-safe sized pillars depending on the fracture parameters of the seismic action of explosions, coefficient of friction between the individual and array of rock pressure. The engineering formulas for calculating dynamically stable and hit-safe sized pillars, depending on the ratio of the fortress rock, are defined. Engineering formulas are obtained for mines «Priargunsk Industrial Mining and Chemical Union» (PIMCU). The numerical values of dynamically stable and hit-safe pillar dimensions are given. A method of penetration of parallel developments in hit-safely arrays, protected by a patent for an invention, is suggested.

These studies may provide a basis for the design of mining and preparatory work in different types of systems work on the deposits of ferrous, non-ferrous, rare earth metals by underground mining and construction of railway tunnels constructions in various geological and mining conditions, allowing to reduce the cost of ore production, improve the level of work safety

Key words: geomechanics, dynamically stable dimensions of pillars, hit-safe sized pillars, mining, railway tunnels, fractured tight array, explosive residual stresses, theoretical and engineering calculation formula

Опыт проведения выработок и нисходящей слоевой выемки руд на рудниках ПАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение» (ППГХО) показал, что для безопасного и эффективного ведения горных работ необходимо знать устойчивые размеры целиков в различных

горно-геологических условиях. При подготовке и отработке рудников № 6, 8 «Глубокий» ППГХО, на которых существует угроза и опасность разрушения от горных ударов, необходимо знать ударобезопасные размеры целиков. Виды целиков представлены на рис. 1.

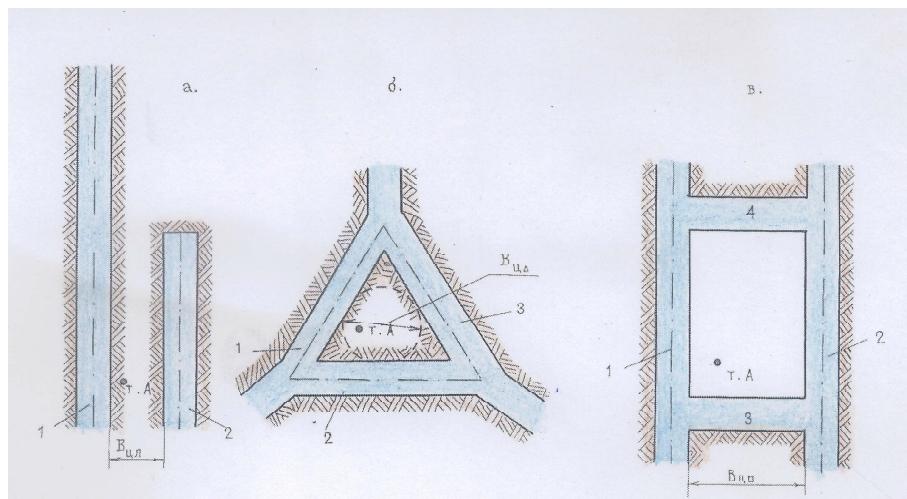


Рис. 1. Виды целиков и их геометрические размеры при проведении горных выработок:
а – ленточный целик; б – столбчатый треугольный; в – столбчатый прямоугольный;
1...4 – очередьность проходки выработок

Fig. 1. Types of pillars and their geometrical dimensions during mining:
a – belt pillar; b – columnar triangular; v – columnar rectangular; 1 ... 4 – sequence of driving workings

Учитывая, что отрабатываемый массив гранитов на глубине более 500 м является удароопасным и размер ударобезопасного целика больше устойчивого размера целика, размеры устойчивых целиков определены до глубины 500 м, а на глубине более 500 м в гранитах установлены ударобезопасные размеры целиков.

При строительстве подземного комплекса для железнодорожных тоннелей также проводятся горные выработки: транспортный тоннель, дренажные штолни, транспортно-дренажные штолни, сбойки между штолнями и тоннелями, стволы и околосвальные выработки [2]. Знания об устойчивых размерах целиков здесь также необходимы.

Анализ работ О. А. Баранова, Н. М. Быковой, В. Р. Именитова, М. А. Иофиса, Г. Г. Ломоносова, М. Е. Певзнера, В. Н. Попова [1; 2; 4; 6; 7] показал, что при расчете параметров целиков учитываются: горное давление, предел прочности на сжатие образца породы, угол внутреннего трения, коэффициенты запаса прочности и структурного ослабления массива, времена стояния целика. На должном уровне не учитываются параметры трещиноватости массива, которые определяют степень его устойчивости и определяют величину горного давления в рассматриваемом участке массива.

Выработки и образуемые ими целики, как правило, формируются с использованием взрывных работ. В трудах Р. Ш. Азимова, В. Д. Белякова, М. Е. Ерофеева, В. Н. Мосинца, Б. Н. Севастьянова, М. Н. Слепцова, Г. Г. Юревича и др. [3; 8; 9] указывается на то, что взрывные работы влияют на устойчивые размеры целиков, иногда в формулы вводят коэффициент, учитывающий действие взрыва.

Однако в расчетах не учтено динамическое действие взрыва при образовании выработок, а также периодическое сейсмическое действие при ведении взрывных работ в ближайших выработках. Помимо этого, в технической литературе не учитываются зоны действия взрыва, то есть геометрические параметры и напряженно-деформированное состояние (НДС) неустойчивого массива в зоне заколов, а также параметры и НДС упруго сжатого массива в зоне остаточных напряжений.

Анализ литературных источников и опыт геомеханических исследований на рудниках ПАО «ППГХО» показал, что устойчивость целиков определяется следующими параметрами и процессами: величиной горного давления, физико-техническими свойствами (включая трещиноватость) горного массива, действием взрыва. Поэтому расчетные формулы по определению динамически устойчивых и ударобезопасных размеров целиков установлены на основании учета физических процессов деформирования горного массива взрывом при образовании целиков и изменения параметров напряженного состояния трещиноватого целика за счет сейсмического действия постепенно удаляющихся взрывов на проходке выработок. Расположение зон деформирования и разрушения трещиноватого массива взрывом приведено на рис. 2. Механизм образования зон подробно изложен в авторских научных трудах и доказан экспериментально в производственных условиях.

В данной работе теоретически и численно определены размеры ленточных, треугольных и прямоугольных динамически устойчивых и ударобезопасных размеров целиков при проходке горизонтальных горных выработок.

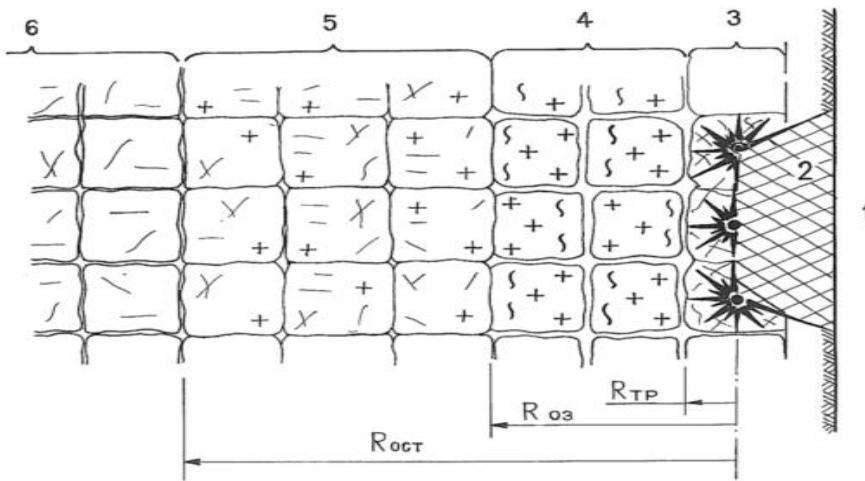


Рис. 2. Зоны деформирования напряженного трещиноватого массива взрывом:
1 – выработанное пространство; 2; 3; 4; 5 – соответственно, зоны выброса, трещинообразования (дробления отдельностей), заколов (разгрузки), остаточных напряжений (деформаций); 6 – зона естественного состояния массива. R_{tp} , R_{oz} , R_{oct} – радиусы зон трещинообразования, заколов и остаточных напряжений (деформаций)

Fig. 2. Deformation zone of tensioned fractured array of explosion:
1 – worked out space; 2; 3; 4; 5 – emission zones thereafter, fracturing (crushing separately), stabbing (unloading), residual stress (strain); 6 – zone of natural state of the array. R_{tp} , R_{oz} , R_{oct} – Radius fracture zones, stabbing and residual stress (strain)

Устойчивые размеры целиков. Размер целика определяется как расстояние между ближайшими стенками выработок, а при проходке треугольного целика – как диаметр вписанной окружности. Устойчивым целик будет в том случае, если зоны заколов от соседних выработок не пересекаются, т.е.

$$B_{ll} = 2R_{oz}K_cK_s, \quad (1)$$

где R_{oz} – расстояние от контура выработки до границы зоны заколов (рис. 2);

K_s – коэффициент запаса устойчивости, равный 1,5;

K_c – показатель сейсмического действия взрыва.

Расстояние от контура выработки до границы зоны заколов (максимума напряжений) получено теоретически на основании закона сохранения энергии в [10]

$$R_{oz} = \frac{\sqrt{\pi}}{8} \frac{D\rho_b d_s c (1 - \frac{\mu\nu}{1-\nu}) K_{n\perp} K_{\perp}(N) K_{ot}}{[2E \frac{\mu\nu}{1-\nu} \frac{\delta}{d_e} \sum_{i=1}^k \sin^{-2} \beta_i + \mu P_\theta - P_r] \Phi}, \quad (2)$$

где D , ρ_b , d_s – детонационные и геометрические параметры ВВ;

E , c , ν , μ – физико-технические свойства пород массива;

δ , d_s , k , β , Φ – параметры трещиноватости массива;

$K_{n\perp}$, $K_{\perp}(N)$, K_{ot} – показатели, учитывающие взаимодействие зарядов в группе, между группами взрываемых зарядов и влияние открытой поверхности;

P_o , P_r – соответственно тангенциальная и радиальная компоненты напряженного состояния массива относительно центра выработки.

Достоверность формулы (2) доказана экспериментально в промышленных условиях, на рудниках ПАО «ППГХО». Численный анализ зависимости (2) позволил установить степень влияния каждого из параметров на величину R_{oz} и получить автором научно обоснованную инженерную формулу расчета устойчивого размера целика при $E = 4 \cdot 10^{10}$ Па, $\nu = 0,25$, $\delta \cdot d_e^{-1} = 10^{-3}$,

$$\sum_1^k \sin^{-2} \beta_i = 3, \text{ в виде}$$

$$B_{\text{Ц}} = \frac{2AK_C K_3}{[80 \cdot 10^6 \mu - P(1-\mu)]\Phi}, \quad (3)$$

где A – показатель действия взрыва, равный $250 \cdot 10^6$ Па·м при способе взрывания с использованием СИНВ-Ш или электрическом способе.

$$A = \frac{\sqrt{\pi}}{8} D \rho_B d_3 c (1 - \frac{\mu \nu}{1 - \nu}) K_{n\perp} K_{\perp}(N) K_{ot}. \quad (4)$$

A определено при $D = 4,2 \cdot 10^3$ м/с, $\rho_B = 0,7 \cdot 10^3$ кг/м³, $d_3 = 0,04$ м, $c = 4 \cdot 10^3$ м/с, $(1 - \frac{\mu \nu}{1 - \nu}) = 0,9$, $K_{n\perp} = 1,5$, $K_{\perp}(N) = 2$, $K_{ot} = 0,9$.

Коэффициент сейсмического действия взрыва определен по формулам [10], для случаев (рис.1), при $\nu = 0,25$. $K_{C2} = 1,33$ – при образовании ленточного целика; $K_{C3} = 1,66$ – при образовании треугольного целика; $K_{C4} = 1,99$ – при образовании квадратного (прямоугольного) целика.

Расчетные значения устойчивых размеров целиков при электрическом способе ведения БВР или с использованием СИНВ-Ш, с учетом коэффициента запаса устойчивости ($K_3 = 1,5$), приведены в табл. 1. При расчетах учитывалось, что с увеличением размера отдельности от 0,05 до 1,0 м, μ уменьшается с 0,6 до 0,2; P – с $3,3 \cdot 10^6$ до $22,0 \cdot 10^6$ Па, Φ – с 12 до 6.

Таблица 1/Table 1

Допустимые устойчивые размеры целиков в условиях месторождений Стрельцовского рудного поля до глубины 500 м при проходке выработок

Acceptable sized pillars in terms of Streletzovsky ore field deposits to a depth of 500 meters, when driving workings

Категория трещиноватости/ Category fracture	Размер отдельности, м/ Size alone, m	Устойчивые размеры целиков, м/Stable pillars sizes, m		
		$B_{\text{ЦЛ}}$	$B_{\text{ЦД}}$	$B_{\text{ЦП}}$
I	<0,05	>15,0	>18,0	>22,5
II	0,05...0,15	15,0...7,5	18,0...9,0	22,5...13,5
III	0,15...0,40	7,5...5,3	9,0...6,6	13,5...8,2
IV	0,40...1,0	5,3...4,0	6,6...5,0	8,2...6,0
V	>1,0	<4,0	<5,0	<6,0

Формулу (3) для определения динамически устойчивого размера целика можно переписать в зависимости от коэффициента крепости пород f . Аналитические исследования дают зависимость в виде

$$\mu = 0,125f^{0,5}. \quad (5)$$

Подставляя (5) в (3), получим

$$B_{\text{Ц}} = \frac{2AK_C K_3}{[10^7 f^{0,5} - P(1 - 0,125f^{0,5})]\Phi}. \quad (6)$$

Численные расчеты по (6) при $f = 10$; $P = 18 \cdot 10^6$ Па; $\Phi = 8$; $A = 250 \cdot 10^6$ Па; $K_3 = 1,5$; $K_C = 1,33; 1,66; 1,99$ дают $B_{\text{ЦЛ}} = 5,9$ м; $B_{\text{ЦД}} = 7,4$ м; $B_{\text{ЦП}} = 8,9$ м.

Ударобезопасные размеры целиков. В «Инструкции по безопасному ведению

горных работ на рудных и нерудных месторождениях, объектах строительства подземных сооружений, склонных и опасных по горным ударам» указано, что расстояние между ближайшими бортами параллельных выработок на удароопасных участках до глубины 1000 м, как правило, должно быть не менее $4d$, где d – наибольший размер поперечного сечения большей выработки [5].

В условиях рудников ПАО «ППГХО», в соответствии с [11], $B_{\text{ЦД}} = 12 \dots 14$ м, что в некоторых случаях технически выполнить сложно и экономически невыгодно. Тем более из практики известно, что размеры целиков и обнажений меняются в зависимости от степени трещиноватости массива.

В настоящей методике ударобезопасный размер целика определен для массива гранитов при условии, что зоны опорного давления (остаточных напряжений, рис. 2) от двух или нескольких соседних выработок не будут перекрываться, и равен

$$B_{L_{\text{уд}}}=2R_{OCT}K_3K_C. \quad (7)$$

В (7) размер зоны остаточных напряжений (деформаций) R_{OCT} определен в трещиноватом горном массиве при последовательном короткозамедленном взрывании групп зарядов BB на обнаженную поверхность в виде

$$R_{OCT}=\frac{\sqrt{\pi}}{8}\frac{D\rho_b d_3 c}{\mu P\Phi}(1-\frac{\mu\nu}{1-\nu})K_{OT}K_{n\perp}K_{\perp}(N). \quad (8)$$

Подставляя (8) в (7) с учетом значения A (4), получим инженерную формулу расчета ударобезопасного размера целика

$$B_{L_{\text{уд}}}=\frac{2AK_CK_3}{\mu P\Phi}, \quad (9)$$

где P – средняя величина горного давления на глубине 700 м равна: при $d_e=0,15$ м; 0,4 м; 1,0 м; соответственно 21,0 МПа; 25,2 МПа и 30,8 МПа. $K_{C2}=1,27$; $K_{C3}=1,57$; $K_{C4}=1,87$. Остальные параметры приведены ранее.

Расчетные значения ударобезопасных размеров целиков для гранитных массивов Стрельцовского рудного поля ПАО «ППГХО» с учетом коэффициента запаса приведены в табл. 2.

Таблица 2/Table 2

Допустимые ударобезопасные размеры целиков гранитных массивов Стрельцовского рудного поля при проходке выработок

Acceptable hit-safe sized of granite massifs of Streletsovsky ore field, when driving workings

Категория трещиноватости/ Category fracture	Размер отдельности, м/ Size alone, m	Ударобезопасные размеры целиков, м		
		$B_{L_{\text{удЛ}}}$	$B_{L_{\text{удД}}}$	$B_{L_{\text{удП}}}$
II	>0,15	>15,0	>18,5	>22,0
III	0,15...0,40	15,0...10,5	18,5...13,0	22,0...15,4
IV	0,40...1,0	10,5...8,6	13,0...10,6	15,4...12,6
V	>1,0	<8,6	<10,6	<12,6

Примечание. Породы с размером отдельности менее 0,15 м, как правило, являются неударобезопасными

Настоящая методика утверждена главным инженером Приаргунского горно-химического комбината (ПГХК, в 1992 г. преобразован в ППГХО) 29 сентября 1989 г. и используется на предприятии как нормативная документация.

В процессе исследований разработан «Способ разгрузки горного массива от напряжений при поведении параллельных выработок», патент РФ № 2034988, 1995 г. Суть способа при проходке параллельных выработок заключается в проведении последовательных циклов взрывания в выработках (забои выработок находятся на определенном расстоянии). В результате при взрыве в первой выработке за счет полезного ис-

пользования сейсмического действия взрыва разгружается забой в соседней. При взрыве в соседней выработке разгружается забой в первой, что повышает уровень безопасности горных работ.

Проведенные исследования и методики могут быть использованы на подземных горных предприятиях, а также при строительстве комплекса подземных сооружений железнодорожных тоннелей и позволяют решать следующие задачи:

- разработать методические указания для определения устойчивых и ударобезопасных размеров целиков при проходке горных выработок с расчетами в программе «MSExcel»;

— определять допустимые динамически устойчивые и ударобезопасные размеры целиков при проходке горных выработок в любых горно-геологических и горнотехнических условиях;

— снижать себестоимость добычи полезного компонента за счет предотвращения аварийных ситуаций;
— повышать уровень безопасности работ.

Список литературы

1. Баранов О. А. Расчет параметров технологических процессов подземной добычи руд. М.: Недра, 1985. 224 с.
2. Быкова Н. М. Протяженные транспортные сооружения на активных геоструктурах: технология структурного подхода. Новосибирск: Наука, 2008. 212 с.
3. Ерофеев М. Е. Повышение эффективности горных работ на рудниках. М.: Недра, 1988. 249 с.
4. Именитов В. Р. Технология, механизация и организация производственных процессов при подземной разработке рудных месторождений. М.: Недра, 1973. 464 с.
5. Инструкции по безопасному ведению горных работ на рудных и нерудных месторождениях, объектах строительства подземных сооружений, склонных и опасных по горным ударам (РД 06-329-99). М.: ГП НТЦ по безопасности в промышленности Госгортехнадзора РФ, 2000. 66 с.
6. Ломоносов Г. Г. Производственные процессы подземной разработки месторождений. М.: Горная книга, 2013. 517 с.
7. Певзнер М. Е., Иофис М. А., Попов В. Н. Геомеханика. М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2005. 438 с.
8. Слепцов М. Н., Азимов Р. Ш., Мосинец В. Н. Подземная разработка месторождений цветных и редких металлов. М.: Недра, 1986. 206 с.
9. Строительство и эксплуатация рудников подземного выщелачивания / В. Н. Мосинец, Д. П. Лобанов, М. Н. Тедеев и др. М.: Недра, 1987. 328 с.
10. Юрьевич Г. Г., Беляков В. Д., Севастьянов Б. Н. Охрана горных выработок от воздействия взрывов. М.: Недра, 1972. 280 с.

References

1. Baranov O. A. *Raschet parametrov tehnologicheskikh protsessov podzemnoy dobychi rud* [Calculation of parameters of technological processes of underground ore production]. Moscow: Nedra, 1985. 224 p.
2. Bykova N. M. *Protyazhennye transportnye sooruzheniya na aktivnykh geostrukturakh: tehnologiya strukturnogo podkhoda* [Length of transport facilities on the active geological structures: technology of the structural approach]. Novosibirsk: Science, 2008. 212 p.
3. Yerofeyev M. E. *Povyshenie effektivnosti gornyh rabot na rudnikah* [Increase of mining operations efficiency at the mines]. Moscow: Nedra, 1988. 249 p.
4. Imenitov V. R. *Tehnologiya, mehanizatsiya i organizatsiya proizvodstvennyh protsessov pri podzemnoy razrabotke rudnyh mestorozhdeniy* [Technology, mechanization and organization of production processes in underground mining of ore deposits]. Moscow: Nedra, 1973. 464 p.
5. *Instruktsii po bezopasnomu vedeniyu gornyh rabot na rudnyh i nerudnyh mestorozhdeniyah, obektaх stroitelstva podzemnyh sooruzheniy, sklonnyh i opasnyh po gornym udaram* (Instructions for safe mining operations on metal and non-metal deposits, underground construction sites prone and dangerous mountain shocks). Moscow: GP security industry Gosgortehnadzor SEC in the Russian Federation, 2000. 66 p.
6. Lomonosov G. G. *Proizvodstvennye protsessy podzemnoy razrabotki mestorozhdeniy* [Production processes of underground mining]. Moscow: Mining Book, 2013. 517 p.
7. Pevzner M. E., Iofis M. A., Popov V. N. *Geomekhanika* [Geomechanics]. Moscow: Publishing house of the Moscow State Mining University, 2005. 438 p.
8. Sleptsov M. N., Azimov R. Sh., Mosinets V. N. *Podzemnaya razrabotka mestorozhdeniy tsvetnyh i redkikh metallov* [Underground mining of non-ferrous and rare metals]. Moscow: Nedra, 1986. 206 p.
9. *Stroitelstvo i ekspluatatsiya rudnikov podzemnogo vyshhelachivaniya* (Construction and operation of mines); V. N. Mosinets, D. P. Lobanov, M. N. Tedeyev et al. Moscow: Nedra, 1987. 328 p.
10. Yurevich G. G., Belyakov V. D., Sevastyanov B. N. *Ohrana gornyh vyrabotok ot vozdejstvija vzryarov* [Protection from the effects of mining explosions]. Moscow: Nedra, 1972. 280 p.

Коротко об авторе

Briefly about the author

Тюпин Владимир Николаевич, д-р техн. наук, профессор, Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, Россия. Область научных интересов: геотехнология, геомеханика, разрушение горных пород взрывом, физические процессы горного производства

Vladimir Tyupin, doctor of technical sciences, professor, Transbaikal Institute of Railway Transport, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: geotechnology, geomechanics, destruction of rocks by explosion, physical processes of mining

Образец цитирования

Тюпин В. Н. Методы расчета динамически устойчивых и ударобезопасных размеров целиков при проходке горных выработок и железнодорожных тоннелей // Вестн. Забайкал. гос. ун-та. 2017. Т. 23. № 1. С. 52–59.

DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-1-52-59

Tyupin V. N. Methods Calculation of dynamically stable and hit-safe sized pillars at driving mine workings and railway tunnels // Transbaikal State University Journal, 2017, vol. 23, no. 1, pp. 52–59.

Дата поступления статьи: 16.11.2016 г.

Дата опубликования статьи: 31.01.2017 г.

