

Варианти технологических схем горничих работ для умов  
Мотронівського розсіпу титано-цирконієвих руд

№ варіанта технологічної схеми	Індекс схеми	Розкривна зона кар'єру				Видобувна зона кар'єру	
		Передові уступи		Надрудний уступ		Індекс схеми	Комплекс обладнання
		Комплекс обладнання	Кількість уступів/висота	Комплекс обладнання	Висота уступу, м		
1	ТСРР 1	ЕШ + автосамоскиди	3/13(14)*	ЕШ+авт/ди	13	ТСВР <sub>1</sub>	ЕШ+авт/ди
2			3/13(14)	ЕШ+авт/ди	13	ТСВР <sub>3</sub>	ЗД+гідр/тр-т
3			4/12	ЗД+гідр/тр-т	5	ТСВР <sub>4</sub>	ЗД+гідр/тр-т
4			3/12(13)	ЗД+ГМН+гідр/тр-т	16	ТСВР <sub>4,а</sub>	ЗД+гідр/тр-т
5	ТСРР 2	ЕГ + автосамоскиди	4/10	ЕШ+авт/ди	13	ТСВР <sub>1</sub>	ЕШ+авт/ди
6			4/10		13	ТСВР <sub>3</sub>	ЗД+гідр/тр-т
7			5/10(8)*	ЗД+гідр/тр-т	5	ТСВР <sub>4</sub>	
8			4/10(7)**	ЗД+ГМН+гідр/тр-т	16	ТСВР <sub>4,а</sub>	
9	ТСРР 3	ЕР + стрічковий конвеєр	2/20	ЭШ+авт/ди	13	ТСВР <sub>1</sub>	ЕШ+авт/ди
10			2/20		13	ТСВР <sub>3</sub>	ЗД+гідр/тр-т
11			2/24	ЗД+гідр/тр-т	5	ТСВР <sub>4</sub>	
12			2/20(17)**	ЗД+ГМН+гідр/тр-т	16	ТСВР <sub>4,а</sub>	

\*У чисельнику вказана загальна кількість уступів, у знаменнику – висота уступів; у дужках – висота верхнього передового уступу.

\*\*В дужках вказана висота нижнього розкривного уступу.

### Бібліографічний список

1. Малышева Н. А. Технология разработки месторождений нерудных строительных мате-

риалов / Н. А. Малышева, В. Н. Сиренко. – М.: Недра, 1977. – 392 с.

Поступила 17.02.2016



УДК 622.271.452

Производство

**С. К. Молдабаев /д. т. н./, Е. Абен**

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева

**А. Ю. Дриженко /д. т. н./**

ГВУЗ «Национальный горный университет»

**Б. Рысбайулы /д. ф-м. н./**

Международный университет информационных технологий, Республика Казахстан, Алматы

## Интенсификация строительства Ломоносовского карьера при новом порядке формирования рабочей зоны на крутых бортах

Изложена интенсификация строительства рудных карьеров при большой мощности наносов во взаимосвязи с формированием конструкции его бортов на период полного развития горных работ. Исследования выполнены на каркасной модели Ломоносовского месторождения железных руд. Особенностью его является наличие двух близко расположенных рудных тел при крутом падении, залегающих под мощной толщей наносов.

Предложены решения по формированию рабочей зоны относительно крутых бортов на постоянной основе на весь срок эксплуатации карьеров овальной формы. Рассмотрено перемещение рабочей зоны по периметру бортов карьера, которое позволяет иметь на большей части этапов обработки месторож-

дения значения текущих коэффициентов вскрыши, близких к среднему. В результате этих технических решений сроки строительства и освоения производственной мощности за счет минимального разнаса бортов карьера сокращаются в 2–2,5 раза. (Ил. 4. Табл. 1. Библиогр.: 14 назв.)

**Ключевые слова:** строительство карьеров, поэтапные контуры, мощность наносов, высокие уступы, крутопадающие залежи, текущий коэффициент вскрыши, производственная мощность.

*The intensification of construction of ore pits at great capping thickness in interrelation with formation of design of its borders during full development of mining operations is stated. Researches are fulfilled on frame model of the Lomonosov iron ore deposit. Its specific feature is the presence of two close located ore bodies at pitching lying under powerful thickness of capping.*

*Solutions on formation of working zone of rather sharp borders on a constant basis for the entire period of operation of oval pits are proposed. Movement of a working zone along the perimeter of borders of a pit, which allows to obtain at the most parts of stages of processing of deposit the values of the current overburden ratio close to average is considered. As a result of these technical solutions terms of construction and development of production capacity at the expense of the minimum rating of boards of a pit are 2–2,5 times reduced.*

**Key words:** building of open pits, gradual contours, capping thickness, high face, steep deposits, current stripping ratio, production capacity.

Разведанные месторождения многих полезных ископаемых, в том числе и железных руд, залегают под мощной толщей покрывающих пород (наносов). К примеру, на Еристовском месторождении в Украине толща наносов превышает 70 м, на Ломоносовском (Казахстан) – составляет 100–130 м. Необходимость освоения таких месторождений продиктовано снижением производственной мощности на действующих карьерах в связи с увеличением глубины разработок. Анализ предпроектных проработок по строительству карьеров в сложных горно-геологических условиях зачастую не устраивает недропользователей по срокам освоения производственной мощности и горно-капитальным затратам. Поэтому при проектировании строительства новых карьеров требуется найти такие решения, которые, помимо интенсификации горных работ, позволяют эффективно разрабатывать запасы месторождения после достижения производственной мощности с использованием обоснованных технологических комплексов.

Практика эксплуатации глубоких карьеров показывает, что для уменьшения объемов вскрышных работ до подхода к его предельным контурам на дневной поверхности выделяют этапы отработки продолжительностью 5÷12 лет с формированием временно нерабочих бортов (ВНБ). Оптимальному развитию рабочей зоны, различным способам расконсервации ВНБ и регулированию объемов вскрышных работ посвящено много трудов. И в наше время решению этих проблем уделяется много внимания [1–10]. При консервации бортов карьера необходимо учитывать наиболее рациональный способ расконсервации в те или иные периоды его эксплуатации. Профессор С. Е. Гавришев выполнил сопоставление способов расконсервации ВНБ по коэффициенту сброса объемов горной массы от взрывов. Исследования выполнены для следу-

ющих способов расконсервации ВНБ: поуступный классический сверху вниз; высокими уступами, по М. Г. Новожилову; с насыпной призмой, по Т. В. Донченко; крутыми слоями, по Б. Н. Кутузову при разработке нагорных месторождений.

На железорудных карьерах Кривбасса наблюдается значительное отклонение ширины рабочих площадок от проекта. Вместо 60÷80 м фактически – 30÷40 м. По нормам обеспеченность готовыми к выемке запасами – 2,5 месяца, фактически – 0,8÷1,6 месяцев. Размеры ВНБ значительно превышают проектные, что влияет не только на производственную мощность, но и снижает промышленную безопасность.

В работе [11] для глубоких карьеров при вытянутых карьерных полях обосновывается возможность поэтапного развития горных работ крутыми слоями. Горные работы в пределах зон углубки и крутого слоя ведутся независимо друг от друга. Регулирование объемами вскрышных работ при поэтапном развитии глубоких карьеров и их стабилизация достигаются за счет изменения высоты ВНБ. В этом случае можно добиться производства горных работ с текущим коэффициентом вскрыши, близким к среднему.

На Криворожских карьерах регулирование объемов вскрышных работ через изменение конструкции рабочего борта выполнялось через: выделение этапов при разработке месторождений в плане и по глубине карьерного поля; поочередную отработку и постановку во временно нерабочее состояние смежных уступов в группе горизонтов карьера; управление выемкой горной массы при сокращении ширины рабочих площадок; развитие бортов карьера поперечными и диагональными заходками; формирование рабочей зоны карьера на вскрыше высокими уступами; поэтапное развитие глубоких карьеров крутыми слоями.

Уменьшение усредненного эксплуатационного коэффициента вскрыши в основной период разработки крутопадающих месторождений достигается при поэтапном развитии глубоких карьеров крутым слоями, при развитии бортов карьера поперечными и диагональными заходками и когда на вскрыше рабочей зоны применяются высокие уступы. Но эти способы развития рабочей зоны в основном целесообразны на вытянутых карьерных полях. Однако более 60 % карьеров мира имеют овальную форму.

В Казахстане в настоящий момент ведутся предпроектные проработки по вовлечению в разработку запасов Ломоносовского месторождения железных руд, которое расположено в 10 км к северо-западу от Сарбайского месторождения и в 20 км севернее г. Рудного. В 1 км восточнее проходит шоссейная дорога Рудный – Качары, а в 20 км к югу расположена железнодорожная станция Железрудная, которая имеет через станцию Тобол выход на г. Караганды и Магнитогорск и через г. Кустанай – на г. Челябинск.

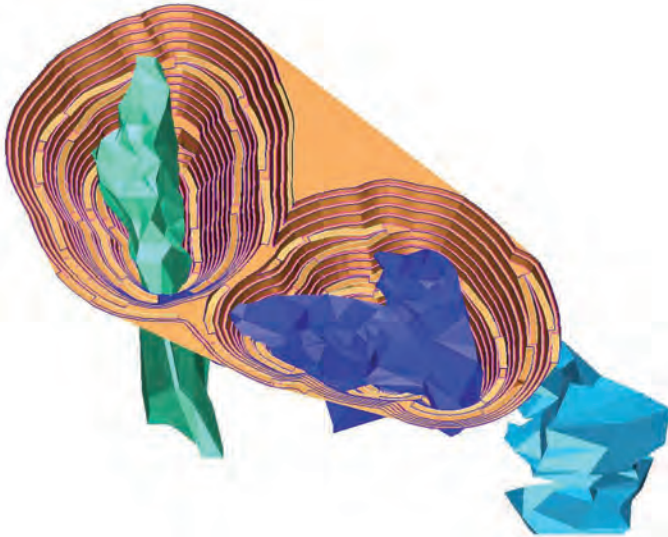
Рельеф района месторождения слабо расчленен и представляет собой равнинную степь с небольшим уклоном к востоку. Высотные отметки на водоразделах достигают 200 м над уровнем моря.

Как показывает практика проектирования, эффективные технические и технологические решения по интенсификации строительства карьеров находят только при комплексном решении задач оптимизации разработки месторождения в целом. Поэтому методология исследований включала: анализ проектов и научных трудов по открытой разработке крутопадающих рудных месторождений в аналогичных условиях с учетом формирования конструкции рабочих бортов на различных этапах; выбор порядка отработки месторождения на основе проверки достижения производственной мощности на каждом отдельном участке при сопоставлении графиков режима горных работ и календарных графиков горных работ. Оптимизация поэтапных объемов вскрышных пород и полезного ископаемого выполнялась после одновременного создания 3D-модели оптимальных поэтапных контуров карьера и динамической модели реализации исследуемых технологий горных работ на базе цифровой модели месторождения с использованием интегрированной горно-геологической информационной системы. Далее определили положение контуров карьера на моменты сдачи его в эксплуатацию и освоения производственной мощности. После уточнения объемов горно-строительной и эксплуатационной вскрыши до полного развития горных ра-

бот выполнено сравнение аналогичных положений карьера при традиционных конструкциях формирования рабочих бортов и рабочих зон.

Заслуживают внимания проектные решения и опыт строительства карьера на Еристовском месторождении. Рудные тела, как и на Ломоносовском месторождении, имеют почти вертикальное крутое падение (70–80°). Его разработка началась с 2012 г., ввод в эксплуатацию (2015 г.) был достигнут за относительно короткие сроки за счет принятого порядка отработки, базирующегося на поэтапной, попеременной отработке бортов карьера и применении технологии с выделением временно нерабочих участков бортов. Выемка большей части рыхлых отложений откладывается на более поздние этапы отработки, что обусловлено экономической целесообразностью. В соответствии с принятым порядком производства горных работ в условиях большой протяженности и малой мощности рудного тела, обеспечивающим планируемые темпы отработки, уже в первый период (2012–2015 гг.) намечается интенсивное наращивание производственной мощности с целью вскрытия рудного тела в кратчайшие сроки и обеспечения высоких темпов освоения производительности по руде с использованием 3 мощных экскаваторов, таких как Terex RH-340 с емкостью ковша 34 м<sup>3</sup>. В отличие от Еристовского месторождения рудные тела Ломоносовского месторождения имеют округлую форму.

Выполненные нами исследования позволили предложить новый порядок формирования рабочей зоны при разработке Ломоносовского месторождения с учетом анализа способов расконсервации ВНБ на вытянутых карьерных полях. Борты карьера имеют крутые уклоны как при поэтапном развитии глубоких карьеров крутыми слоями. Отличие состоит в оставлении между высокими уступами (до 30÷40 м) транспортных берм, а между их частями – предохранительных берм (рис. 1). Рабочая зона (одна, может быть несколько) перемещается по периметру крутых бортов сверху вниз с поочередной отработкой одного слоя за другим до определенной глубины, позволяющей организовать проходку разрезного котлована на новом горизонте. Высокие уступы отрабатываются с двух уровней стояния экскаватора поперечными панелями с сооружением временных съездов на промежуточный горизонт (рис. 2), которые предназначены для организации выемочно-погрузочных работ при отработке верхних их частей [12]. Фронт работ уступов рабочей зоны ориентируется перпендикулярно фронту работ уступов крутых бортов [13]. После окончания отработки верхних частей уступов экскаваторы спускают-



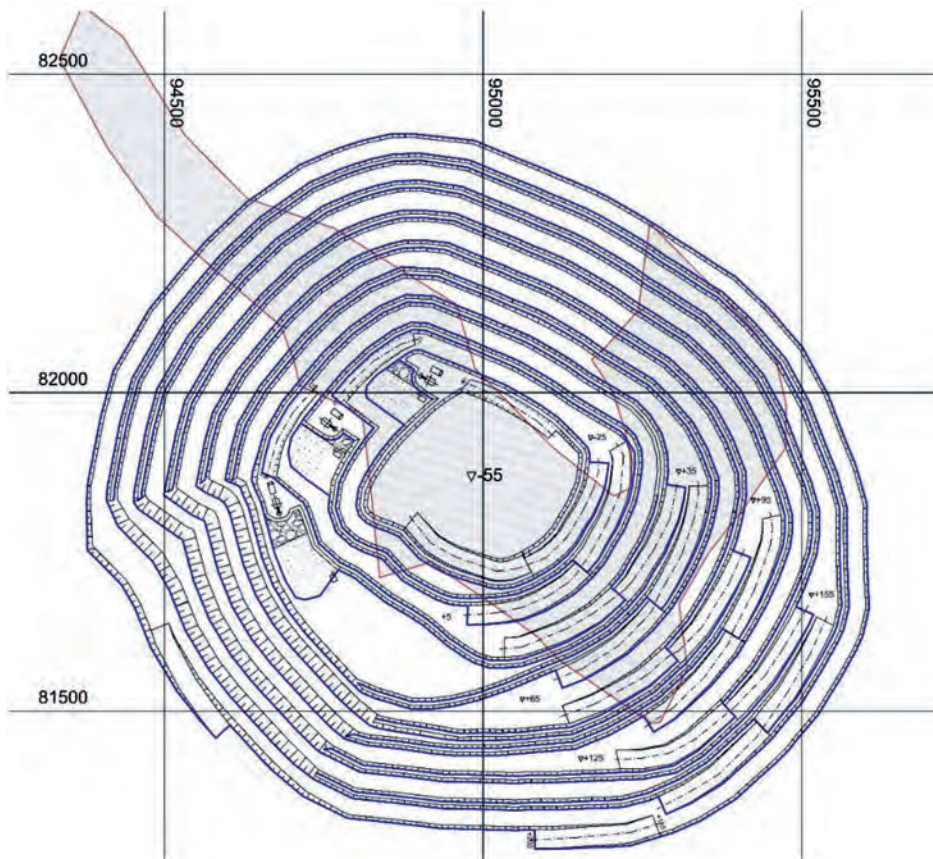
**Рис. 1. Каркасная модель Ломоносовского месторождения железных руд с предельными контурами карьера**

ся по временному съезду на уровень горизонтов размещения транспортных берм по периметру бортов карьера и приступают к отработке нижних частей уступов также поперечными панелями (рис. 3).

При отработке крутопадающих залежей овальной формы относительно свободное развитие рабочей зоны в пространстве карьер-

ного поля от рабочего борта исключает понятие ВНБ и позволяет эксплуатировать мощные экскаваторно-автомобильные комплексы постоянно на широких площадках (70÷120 м). Минимизация разноса бортов карьера уменьшает текущие объемы вскрышных работ по этапам отработки. Здесь к этапам отработки (этапам развития горных работ) относят контуры карьера на новом горизонте после проходки разрезного котлована в отличие от поэтапной отработки месторождений с ВНБ. Также значительно снижается подвалка нижерасположенных уступов при взрывах, поскольку отработка широких панелей позволяет направлять фронт отбойки скважинных зарядов вдоль бортов карьера.

В целях упрощения проектирования и планирования горных работ на основе 3D-модели оптимизации поэтапных объемов вскрыши и руды [14] создана динамическая модель реализации предлагаемых технологий на цифровой модели месторождения с использованием интегрированного горно-геологического информационного комплекса. Постановка задачи усложняется одновременной минимизацией объемов вскрыши и равномерным распределением вскрытых запасов на каждом этапе отработки по периметру бортов карьера. Математическая модель построена на методе нелинейного



**Рис. 2. Контур карьера к моменту освоения производственной мощности при отработке экскаваторами верхних частей уступов по новым технологиям**

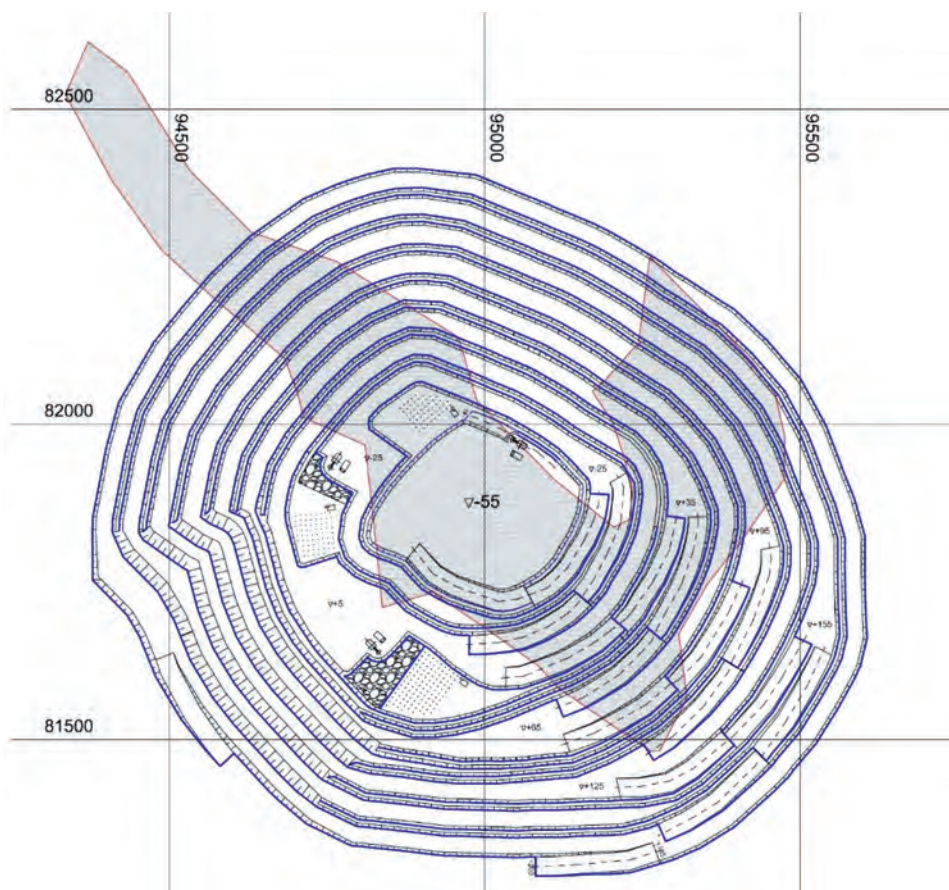
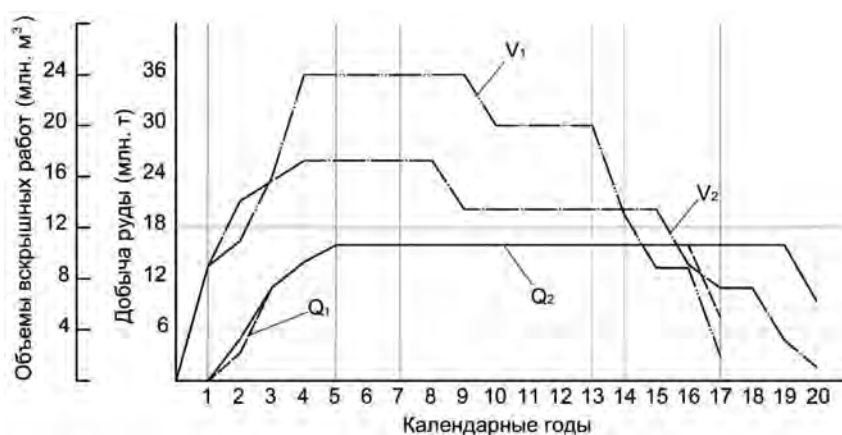


Рис. 3. Контур карьера к моменту освоения производственной мощности при отработке экскаваторами нижних частей уступов по новым технологиям

программирования. Найдено решение многоцелевой задачи методом оптимального управления Беллмана при динамическом программировании. Интерпретацию полученных оптимальных объемов вскрыши и руды на поэтапных контурах карьера с равномерным распределением вскрытых запасов руды по периметру его бортов на цифровой модели месторождения

производили с использованием метода сплайнов 1-го и 2-го уровней.

В результате исследований установлена возможность отдельной поочередной отработки двух рудных залежей (Центральный и Северо-Западный участки) при максимальной производственной мощности 16 млн т руды в год (рис. 4).



$Q_1, Q_2$  – производительность по руде, соответственно, на северо-западном и центральном участках.  
 $V_1, V_2$  – производительность по вскрыше, соответственно, на северо-западном и центральном участках

Рис. 4. Календарный график горных работ при отдельной отработке участков Ломоносовского месторождения

## ГОРНОРУДНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

В табл. 1 приведены результаты анализа исследуемых технологических схем до освоения производственной мощности на Ломоносовском карьере.

К моменту окончания строительства Ломоносовского карьера по предлагаемой технологии горных работ можно уменьшить объем горно-строительных работ в 2,5 раза (меньше на 38,3 млн м<sup>3</sup>) по сравнению с технологией отработки уступов продольными панелями.

Срок строительства карьера уменьшается на 3,8 года (с 6,3 до 2,5 лет). В период освоения производственной мощности объем эксплуатационных вскрышных работ снижается почти в 2 раза (меньше на 98,5 млн м<sup>3</sup>). Срок освоения производственной мощности сокращается на 3,3 года (с 7,9 до 4,6 лет). Таким образом, в условиях значительной мощности наносов (100–130 м) можно интенсифицировать строительство карьеров при разработке новых месторождений.

Таблица 1

Сопоставительный анализ исследуемых технологий

Период эксплуатации	Технология горных работ	Горная масса, м <sup>3</sup>	Вскрыша, м <sup>3</sup>	Руда, м <sup>3</sup>	Время отработки, годы
К моменту сдачи карьера в эксплуатацию	Традиционная	64 370 979	62 858 729	1 512 250	6,3
	Предлагаемая	25 842 302	24 510 802	1 331 500	2,5
К моменту освоения производственной мощности	Традиционная	225 994 319	198 738 444	27 255 875	
	Предлагаемая	119 921 347	100 182 472	19 738 875	
Период освоения производственной мощности	Традиционная	161 623 340	135 879 715	25 743 625	7,9
	Предлагаемая	94 079 045	75 671 670	18 407 375	4,6

### Выводы

1. Рекомендуемый порядок формирования рабочей зоны на крутых бортах при реализации отработки высоких уступов поперечными панелями с двух уровней стояния экскаватора с формированием фронта работ уступов рабочих зон перпендикулярно фронту работ уступов крутых бортов позволит эффективно обрабатывать карьеры овальной формы;

2. Разработанные технологические схемы по строительству Ломоносовского карьера при мощности наносов 100–130 м свидетельствуют, что сроки строительства и освоения максимальной производственной мощности (до 16 млн т руды в год) можно сократить в 2–2,5 раза;

3. Результаты исследований приняты ТОО «Ломоносовское» для передачи подрядной организации по их использованию при выполнении проекта производства работ после окончательного утверждения проекта кондиций.

### Библиографический список

1. Арсентьев А. И. Динамика параметров и показателей карьера в процессе работы со стабильной производительностью по горной массе / А. И. Арсентьев, Т. А. Проломова, Р. А. Тихонов // Известие вузов. Горный журнал. – Екатеринбург, 2001. – С. 26–30.

2. Гавришев С. Е. Особенности конструирования и расконсервации временно нерабочих бортов / С. Е. Гавришев, А. А. Колонюк, К. В. Бурмистров // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГУ, 2007. – № 2. – С. 272–275.

3. Деревяшкин И. В. Строительство мощных железорудных карьеров / И. В. Деревяшкин, Р. А. Фидель, С. Е. Корчагин // Проектирование, практика строительства, теоретические изыскания новых технологических решений. – М.: Изд-во РУДН, 1998. – 196 с.

4. Фомин С. И. Планирование отработки месторождений группы карьеров / С. И. Фомин, Г. А. Холодняков // Горный журнал. – 1999. – № 7. – С. 45–46.

5. Игнатов А. О. Обоснование ступенчато-убывающего графика режима добычных работ при открытой разработке кимберлитовых трубок с мощной толщей покрывающих пород / А. О. Игнатов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГУ, 2005. – № 4. – С. 64–67.

6. Донченко Т. В. Способ расконсервации временно нерабочего борта карьера в два этапа с образованием насыпной призмы / Т. В. Донченко // Записки Горного института. – 2002. – Т. 150, ч. 2. – С. 33–36.

7. Линева В. П. Регулирование текущего коэффициента вскрыши углом наклона рабочих бортов карьера / В. П. Линева, С. Б. Рубинштейн, Г. А. Холодняков // Горный журнал. – 2001. – № 5. – С. 23–26.

8. Новожилов М. Г. Технологические параметры глубоких карьеров / М. Г. Новожилов, А. М. Маевский, С. А. Бондарь, А. Ю. Дриженко. – М.: Недра, 1982. – 175 с.

9. Синьковский В. Н. Формирование рабочей зоны карьеров с учетом расконсервации временно нерабочих бортов / В. Н. Синьков-

ский, В. Н. Вокин, В. А. Теняшников // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГУ, 2006. – № 3. – С. 306–307.

10. Шпанский О. В. Моделирование рабочей зоны карьера при переменном направлении понижения горных пород / О. В. Шпанский, Д. Н. Лигоцкий, И. А. Ишкулова, К. С. Арзуманян // Горный журнал. – 2005. – № 2. – С. 11–15.

11. Дриженко А. Ю. Этапная разработка пород вскрыши железорудных карьеров крутонаклонными выемочными слоями / А. Ю. Дриженко // Горный журнал. – 2011. – № 2. – С. 25–28.

12. Ракишев Б. Р., Молдабаев С. К. а. с. Способ открытой разработки наклонных и крутых месторождений полезных ископаемых. Инновационный патент РК, № 26485, 2012.

13. Ракишев Б. Р., Молдабаев С. К. а. с. Способ открытой разработки крутопадающих месторождений полезных ископаемых с переходом на внутреннее отвалообразование. Инновационный патент РК, № 29038, 2014.

14. Moldabayev S. Solution of nonlinear programming problem by Bellman method while optimizing the two-level mining of benches in deep open pits. Proc. of the Bauman NMU «Theoretical and practical solutions of mineral resources mining» / S. Moldabayev, B. Rysbaiuly. – Dnipropetrovsk: A Balkema Book. – P. 49–53.

Поступила 29.02.2016



УДК 622.6

Производство

**С. Н. Гребенюк /к. т. н./**

Запорожский национальный университет

**В. И. Дырда /д. т. н./**

Институт геотехнической механики  
имени Н.С. Полякова Национальной академии  
наук Украины

**А. В. Новикова**

Институт геотехнической механики  
имени Н.С. Полякова Национальной академии  
наук Украины

## Обоснование параметров резиновых и резинокордных вибросейсмоблоков для защиты горных машин и сооружений

*Рассматриваются различные конструктивные решения для резинометаллических вибросейсмоизоляторов. В качестве амортизирующих элементов конструкции используются резиновые и резинокордные цилиндрические элементы. Для получения такой жесткостной характеристики, как осадка, использовались приближенные аналитические зависимости и численные методы. Для уточнения расчетов, связанных с особенностями закрепления резинового элемента на торцах, использовались скорректированные значения прикладываемых нагрузок. Проведено сравнение результатов расчета с экспериментальными данными для образцов сейсмических опор. С помощью модификации метода конечных элементов – моментной схемы конечного элемента – для слабосжимаемых и композиционных материалов рассчитано напряженно-деформированное состояние резиновых и резинокордных виброизоляторов в условиях статического нагружения. Для резинокордных виброизоляторов проанализировано влияние количества армированных слоев, схемы армирования и объемного содержания волокна в резинокорде на жесткостные характеристики виброизолятора. (Ил. 1. Табл. 2. Библиогр.: 8 назв.)*

**Ключевые слова:** виброизолятор, резинокорд, резина, осадка, метод конечных элементов, напряжения, деформации, сжатие, жесткость, статическая нагрузка.

*Various constructional decisions for rubber-metal vibroseismoisolators are considered. As damping element of construction, rubber and rubber-cord cylindrical elements are used. To obtain such stiffness properties as sinking, both approximate analytical dependences, and numerical methods were used. For the specification of calculations connected with features of fixing of rubber element at end faces, corrected values of applied loadings were used. Comparison of results of calculation with experimental data for samples of seismic supports is carried out. By means of modification of a method of final elements – moment scheme of final element for weakly compressible and composite*