

2. **Биков К.С., Носов В.М.** та ін. Пат. 31419 Україна МПК7F42D1/02. Пристрій для розосередження заряду вибухової речовини в обводненій свердловині //опубл.10.04.2008, Бюл №7.
3. **Купрін В.П.** та ін. Оцінка детонаційних характеристик емульсійних вибухових речовин марки Україніт та Емоніт // Інформац. Бюл. – УСПВ. – 2012. – №1. – С. 6–12.
4. **Ефремов Э.И.** Выбор метода размещения и параметров промежуточных детонаторов при использовании скважинных зарядов / **Ефремов Э.И., Ищенко Н.И., Пономарев А.В.** // информационный бюллетень УСПВ, №1, 2011. – С. 2–6.
5. **Мельников Н.В.** Влияние конструкции зарядов на результаты взрывных работ, - В кн. Сборник докладов IV симпозиума в г. Ролла (США, 1961), Госгортехиздат, М., 1962.
6. **Марченко Л.Н.** Опыт применения зарядов с воздушными промежутками. Тезисы и материалы научно-технического семинара «Совершенствование буровзрывных работ на открытых разработках». Днепропетровск, «Промінь», 1963.
7. **Ефремов Э.И.** Взрывание с внутрискважинными замедлениями., «Наукова думка», Киев – 1971. – 167 с.
8. **Кук М.А.** Наука о промышленных взрывчатых веществах. Пер. с англ. под. ред. **Г. П. Демидюка и Н.С. Бахаревич.** М., Недра, 1980. - 453 с. – Пер. изд.: США, 1974, с.382-385.
9. **uvall W.I/ and T.C. Atchison,** “Rock Brekage by Explosives”, RI 5356 (Bur. of Mines), Sept/ 1957; Missouri School of Mines and Metallurgy, Symposium of Mining Research, TS No/ 97, p. 100 (1959), L. Obert, Bur. of Mines RI 6053 (1962).
10. **Hino K.** Theory and Practice of Blasting, Nippon, Kayaku Co., Ltd., 1959.
11. **Johansson C.H. and P.A. Persson,** Detonics of High Explosives, Academic Press, New York, London, 1970; P.A. Persson, N. Lundborg, and C.H. Johansson, “The Basic Mechanisms in Rock Blasting”, Proceedings of the Second Congress of the International Society of Rock Blasting 5-3, Belgrade, Yugoslavia, 1970.

Рукопис подано дор редакції 17.03.16

УДК 622.27

Н.И. СТУПНИК, В.А. КАЛИНИЧЕНКО, доктори техн.наук, проф.,
С.В. ПИСЬМЕННЫЙ, М.Б. ФЕДЬКО, И.О. МУЗЫКА, кандидати техн. наук, доц.,
Е.В. КАЛИНИЧЕНКО, магистр горного дела, канд. эконом. наук, доц.,
Криворожский национальный университет

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОЧИСТНОЙ КАМЕРЫ ПАРАБОЛИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ПРИ ОТРАБОТКЕ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД В НЕУСТОЙЧИВЫХ ПОРОДАХ

В настоящее время отработка железных руд Криворожского железорудного бассейна подземным способом ведется на глубинах более 1300 м. Их отработка традиционными системами разработки в сложных горно-геологических условиях приводит к повышенным потерям и засорению добытой рудной массы. С целью повышения показателей извлечения, предложена идея с формированием очистной камеры параболической формы, которая позволит сохранить устойчивость на весь период отработки и предотвратит засорение рудной массы со стороны всячего бока в процессе выпуска. Устойчивость очистной камеры обеспечивается оптимальным соотношением высоты к ее ширине. Разработанная методика по определению параметров очистной камеры параболической формы, которая учитывает радиусы вертикального и горизонтального устойчивого обнажения позволяет определить устойчивые параметры камеры. В процессе исследований определена величина максимального разрушающего давления на контуре очистной камеры параболической формы. Было установлено, что разрушающее давление зависит от угла приложенной нагрузки к контуру очистной камеры и физико-механических свойств горных пород окружающих ее. Данная методика базируется на результатах лабораторных исследований выполненных для условий Криворожского железорудного бассейна.

Ключевые слова: железные руды, устойчивые параметры камеры, очистные камеры

Проблема та ее связь с научными и практическими задачами. В Криворожском железорудном бассейне сосредоточено значительное количество запасов природно-богатых и природно-бедных руд, которые в настоящее время разрабатываются открытым и подземным способами. Подземные горные работы в условиях отработки железных руд Криворожского бассейна приближаются к уровню предельной глубины подъема 1500-1700 м (первая ступень вскрытия), а открытые - к проектному контуру карьера. Для дальнейшего успешного функционирования горных предприятий с подземным способом разработки необходимо выполнить модернизацию и техническое переоснащение подъема, вентиляции, систем разработки.

С целью остаться на мировом рынке перед горнорудными предприятиями стоит вопрос о повышении содержания полезного компонента в добытой горной массе. В связи с этим, горные

предприятия увеличивают минимальное бортовое содержание железа в массиве с 46 до 58% при добыче подземным способом. Повышение минимального бортового содержания железа в массиве на 6-12 % приведет к снижению балансовых запасов железных руд до 50 % [1-5].

Анализ исследований и публикаций. За последние 20 лет почти в два раза снизились объемы добычи железной руды в Криворожском бассейне, на 10-15 млн т в год. Это связано с консервацией шахт в промышленном регионе, а также из-за ухудшения горно-геологических и горнотехнических условий. Все эти факторы способствуют к оставлению значительных запасов железных руд в недрах Земли перспективных к отработке открыто-подземным и подземным способами.

Ведущие научно-исследовательские и проектные институты (ГНИГРИ, г. Кривой Рог; "Кривбасспроект", г. Кривой Рог; ИГТМ НАН Украины, Днепропетровск), университеты горного профиля (ГВУЗ "КНУ" г. Кривой Рог; ГВУЗ НГУ г. Днепропетровск) активно ведут работу по перспективному технологическому прогнозированию особенностей добычи полезного ископаемого в регионе, а также совершенствованию технологии.

Успехи, достигнутые в вопросах повышения качества железорудного сырья, позволили значительно улучшить эффективность обогащения природно-бедных руд в высоко градиентных магнитных полях, что позволит эффективно обрабатывать залежи неокисленных магнетитовых кварцитов подземным или комбинированным способами.

В устойчивых породах всячего бока и средней устойчивости руд, широкое применение нашла этажно-камерная система разработки с обрушением целиков. Данная система разработки позволяет извлекать камерный запас без дополнительного засорения руды. Для предотвращения засорения камерных запасов оставляют рудный "треугольник" (потолочину), поддерживающий породы всячего бока.

К главным достоинствам этажно-камерной системы относятся: получение большого количества чистого полезного ископаемого (до 60 %), и четкое разделение потока чистой руды из камеры и разубоженной руды из целиков (выдача руды из блока по сортам имеет важное значение, так как исключает необходимость обогащения всей добытой рудной массы), малый удельный объем нарезных работ, составляющий 2,7-4,5 м/1000 т.

К недостаткам можно отнести следующее: двухстадийность выемки запасов, наличие большого объема незаполненных пустот, значительные потери и засорение руды при обрушении целиков, большие затраты на поддержание выработок в породах лежачего бока из-за длительного срока их службы, ограниченные условия применения [6-8]. С целью уменьшения засорения руды при отработке междукамерных целиков и потолочин применяют подэтажно-камерную систему разработки, табл. 1.

Таблица 1

Показатели по системам разработки применяемых в Кривбассе

Наименование показателей	Этажно-камерная				Подэтажно-камерная	Подэтажное обрушение
	итого	в том числе				
		камер.	МКЦ	потолоч.		
Удельный вес в годовом объеме, %	35,0	-	-	-	20,0	45,0
Удельный объем ПНР, м/тыс.т	1,9-3,0				2,5-4,5	3,0-5,0
Потери руды, %	16,4	4,0	27,9	42,9	15,9	14,7
Засорение руды, %	13,0	9,6	23,0	11,2	11,4	6,5

Постановка задачи. Для поддержания и наращивания производственных мощностей необходимо выполнить генеральную реконструкцию действующих горнодобывающих предприятий в течение ближайших 10-15 лет: переход на комбинированные схемы вскрытия; проведение модернизации подъемных установок; повышение бортового содержания полезного компонента в добытой горной массе.

Изложение материала и результаты. Повысить содержание полезного компонента в добытой рудной массе возможно за счет увеличения объема очистной камеры. В условиях Криворожского железорудного бассейна это достигается только за счет увеличения компенсационной камеры. При увеличении объема очистной камеры, возникает необходимо увеличить ширину междукамерного целика в 1,5-2,5 раза. Увеличить объем очистной камеры возможно за счет изменение ее формы с прямоугольной на параболическую форму.

Параметры очистной камеры параболической формы определяются шириной блока по про-

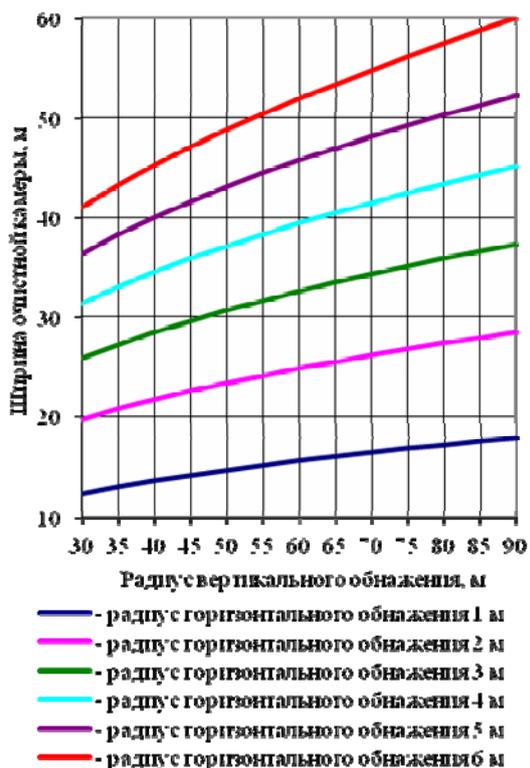


Рис. 2. Зависимости изменения ширины очистной камеры от радиуса вертикального и горизонтального обнажений

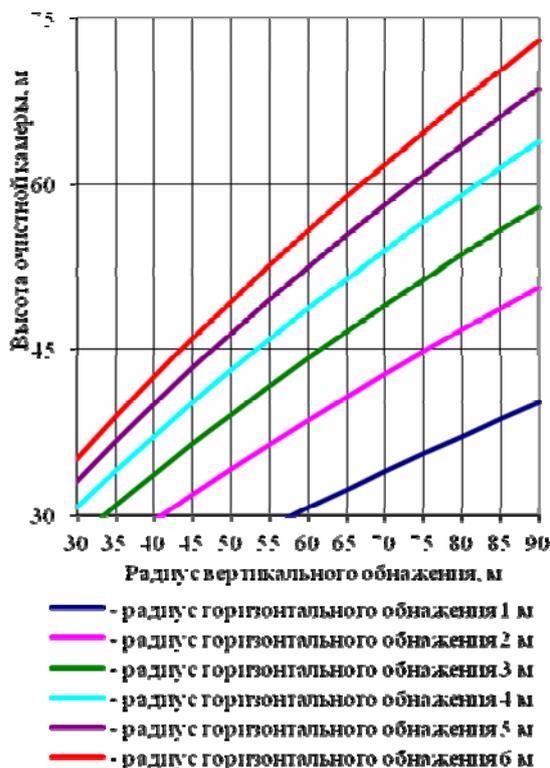


Рис. 3. Зависимости изменения высоты очистной камеры от радиуса вертикального и горизонтального обнажений

Результаты расчетов соотношения высоты очистной камеры к ее ширине в зависимости от радиусов вертикального и горизонтального обнажения приведены в табл. 2.

Таблица 2

Соотношение параметров очистной камеры

Радиус горизонтального обнажения, м	Соотношение параметров очистной камеры от радиуса вертикального обнажения, м												
	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
1,0	1,55	1,64	1,71	1,78	1,84	1,90	1,96	2,01	2,06	2,11	2,15	2,20	2,24
2,0	1,23	1,30	1,36	1,41	1,46	1,51	1,55	1,60	1,64	1,67	1,71	1,74	1,78
3,0	1,08	1,13	1,19	1,23	1,28	1,32	1,36	1,39	1,43	1,46	1,49	1,52	1,55
4,0	0,98	1,03	1,08	1,12	1,16	1,20	1,23	1,27	1,30	1,33	1,36	1,38	1,41
5,0	0,91	0,96	1,00	1,04	1,08	1,11	1,14	1,18	1,21	1,23	1,26	1,29	1,31
6,0	0,85	0,90	0,94	0,98	1,01	1,05	1,08	1,11	1,13	1,16	1,19	1,21	1,23

Из табл. 2 видно, что соотношение высоты к ширине очистной камеры изменяется с 0,85 до 2,24 с обеспечением ее устойчивости при обработке рудных залежей в неустойчивых породах.

Оптимальное соотношение параметров очистной камеры колеблется в пределах 1,23-1,55.

Объем очистной камеры параболической формы зависит от кривой образующей ее. Подставляя входящие величины в выражение (4), текущие координаты кривой образующей очистную камеру определяются по выражениями

$$\begin{cases} x = -P_2^{2/3} \cdot P_6^{1/3} + \sqrt{P_2^{4/3} \cdot P_6^{2/3} + 4 \cdot P_2^{4/3} \cdot P_6^{2/3}}, \\ y = 4 \cdot P_2^{1/3} \cdot P_6^{2/3} - (\sqrt{5} - 1)^2 \cdot P_2^{1/3} \cdot P_6^{2/3}. \end{cases} \quad (9)$$

После преобразования получим

$$\begin{cases} x = (\sqrt{5} - 1) \cdot P_2^{2/3} \cdot P_6^{1/3}, \\ y = (\sqrt{5} - 1) \cdot P_2^{1/3} \cdot P_6^{2/3}. \end{cases} \quad (10)$$

Координаты плавно огибающей кривой, имеющей форму эллипса соответствующего параболическим сводам с радиусами P_2 и P_6 , определяют по формуле

$$y = \pm h \cdot \sqrt[4]{(1 - x^2/b^2)^3}, \quad (11)$$

После подстановки значений в выражение (11) и соответствующих преобразований получим уравнение кривой, образующей контур очистной камеры параболической формы [10]

$$y = \pm \left(2\sqrt[3]{P_2 \cdot P_6^2} \right) \cdot \sqrt[4]{\left(1 - x^2 / 4 \cdot \left(\sqrt[3]{P_2^2 \cdot P_6} \right)^2 \right)^3}. \quad (12)$$

Объем очистной камеры параболической формы $KALBM$ (см. рис. 3.22), в диапазоне $-b < x < b$ из условия устойчивости определяется интегральным выражением [11-13]

$$V_{к.к} = \pm L_{к.к} \cdot \int_{-b}^b \int_0^h \left(2 \cdot \sqrt[3]{P_2 \cdot P_6^2} \right) \cdot \sqrt[4]{\left(1 - x^2 dx / 4 \cdot \left(\sqrt[3]{P_2^2 \cdot P_6} \right)^2 \right)^3} dy, \quad (13)$$

где V - объем компенсационной камеры параболической формы, m^3 ; L - длина компенсационной камеры, m .

Однако, горный массив не является однородным, поэтому необходимо определить насколько будет подвержена очистная камера разрушению от места заложения ее в горной массиве.

Согласно выполненным исследованиям [14-17] было установлено, что разрушающее давление создаваемое на контуре очистной камеры зависит от угла приложенной нагрузки, физико-механических свойств горных пород окружающих ее и определяется по формуле

$$P_{к.в} = \pm \frac{r \cdot \tau_0 \cdot \sin \delta}{\sin 2\delta - r^2 \cdot \cos \beta \cdot \operatorname{tg} \rho}. \quad (14)$$

где r - расстояние от центра выработки к элементарному объему, m ; τ_0 - начальное сопротивление сдвигу, t/m^2 ; δ - угол, под которым действует нагрузка на контур выработки, град.; β - угол сдвига горных пород, град.; ρ - угол внутреннего трения пород, град.

Если разрушающее давление, определенное по формуле (14), больше нормальных напряжений создаваемых горными породами в массиве, то выработка будет устойчивой. Когда значения нормальных напряжений в массиве горных пород будет больше разрушающего давления, то выработка будет подвержена деформациям.

Таким образом, на основании исследований обоснованы устойчивые параметры очистной камеры параболической формы при отработке неустойчивых рудных залежей системами с массовым обрушением руды и налегающих пород.

Список литературы

1. Пути совершенствования качества металлургического сырья на шахтах Кривбасса / **В.С. Гирин, Н.К. Кравцов, В.А. Витряк** // Разруб.рудн.месторожд. – Кривой Рог: КТУ. – 2000. – Вып. 70. – С. 10-13.
2. SWOT-анализ ОАО "КЖРК" – залог успешной работы железорудных шахт Кривбасса в условиях глобального рынка / **Письменный С.В., Б.Н.Андреев, Бровко Д.В., Кривошеин С.В., Петрик Н.Н.** // Форум гірників 2010: Матеріали між. конф. (21-23 жовтня 2010 р.). – Дніпропетровськ: НГУ, 2010. – С.189-193.
3. Современное состояние и перспективы развития предприятий по добыче и переработке железорудного и флюсового сырья в Украине / **В.А.Колосов, В.П.Воловик, Н.И.Дядечкин** // Горн.журн. – 2000. – №6. – С. 162-168.
4. Перспективы поддержания производственных мощностей шахт и карьеров Кривбасса/ **Б.Н. Андреев, С.В. Письменный, Д.В. Бровко** // Минск, 2013. – С.115-120.
5. Комбіновані способи подальшої розробки залізрудних родовищ Криворізького басейну / **М.І.Ступнік, С.В.Письменный** // Гірничий вісник: Кривий Ріг, 2012. – Вип. 95(1). – С. 3-7.
6. **Сторчак С.А., Письменный С.В., Сбитнев В.А.** Повышение качества рудной массы при поэтажном обрушении, за счет технологических факторов // Качество минерального сырья. Сб. научн. тр. – Кривой Рог, 2002. – С. 70-74.
7. **Золотарев И.И., Стариков Н.И., Фаустов Г.Т.** Отработка параллельных залежей в условиях Криворожского бассейна // Горный журнал. – 1962. - №6. – С. 19-23.
8. **Абашин П. А., Пикалов А. И., Фаустов Г. Т., Шкробко Г. С, Говоров А.В.** Исследование устойчивости целиков при отработке параллельных залежей // Горный журнал. – 1974. - №5. – С. 57-59.
9. Пат. 48832А, UA, E21C41/16. Спосіб розробки крутоспадних рудних родовищ, що містять включення пустих порід / **Сторчак С.О., Щелканов В.О., Хівренко О.Я., Чередніченко О.Є., Караманіч Ф.І., Сасенко В.К., Хівренко В.О., Сбитнев В.О., Письменный С.В.** № 2001128777; Заявлено 18.12.2001; Опубл. 15.08.2002 р., Бюл. № 8.
10. **Письменный С.В., Хівренко В.О., Сбитнев В.А., Полухина Н.В.** Определение параметров компенса-

онной камеры сводчатой формы // Разраб. рудн. месторожд. – Кривой Рог: КТУ. – 2002. – Вып. 79. – С. 48-52.

11. Перспективные технологические варианты дальнейшей отработки железорудных месторождений системами с массовым обрушением руды / **Н.И.Ступник, С.В.Письменный** // Вісник Криворізького національного університету, 2012. – Вип. 30. – С. 3-7.

12. Формирование нагрузки от локальных вывалов при сплошном сводообразовании / **Тимченко А.В., Пустобриков В.Н., Цидаев Т.С.** // Вестник Владикавказского научного центра. – Владикавказ, 2007. – Т. 7. - №2. – С. 44 – 48.

13. **Ступник Н.И., Письменный С.В.** Физическое моделирование формы компенсационных камер при отработке блоков на больших глубинах // Вісник Криворізького національного університету. – Кривий Ріг, 2012. – Вип. 31. – С. 3-7.

14. **Ступник Н.И., Андреев Б.Н., Письменный С.В.** Исследование формы поперечного сечения подземных выработок при комбинированной отработке месторождений // Вісник Криворізького національного університету: - Кривий Ріг, 2012. – Вип. 32. – С. 3-6.

15. **Андреев Б.Н., Бровко Д.В., Письменный С.В.** Локализация высокоминерализованных шахтных вод в условиях дренажного комплекса шахты "Гигант-Глубокая" // Современные проблемы шахтного и подземного строительства: Донецк: Норд-Пресс, 2009. – Вып.10-11. – С. 111-119.

16. **Письменный С.В.** Исследования устойчивости целиков от формы очистной камеры при отработке магнетитовых кварцитов в полях действующих шахт подземным способом// Вісник Криворізького національного університету: – Кривий Ріг, 2014 – Вип. 36. – С. 9-13.

17. **Ступник Н.И., Письменный С.В.** Повышение качества горной массы при отработке сложноструктурных залежей Криворожского бассейна подземным способом // Качество минерального сырья. Сб. научн. тр. – Кривой Рог, 2014. – С. 19-26.

Рукопис подано до редакції 07.04.16

УДК 622.271

С.А. ФЕДОРЕНКО, ст. препод., С.А. ЖУКОВ, д-р техн. наук, проф.,
Ю.М. НАВИТНИЙ, канд. техн. наук, доц., С.В. ТКАЛИЧЕНКО, канд. эконом. наук, доц.
Криворожский национальный университет

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПЕРИОДИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЦПТ КАК РЕЗЕРВА МУЛЬТИСТРУКТУРНЫХ ГРУЗОПОТОКОВ

Показано, что вмещающие горные породы в проектных контурах рудных карьеров – разнообразны и многие из них пригодны для продуктивного использования. Их качество и запасы – достаточны для добычи как альтернативного сырья, добываемому в нерудных карьерах. Для оценки эффективности этого целесообразным является анализ возможности использования рудных конвейерных трактов в карьере ИнГОКа. Показано, что Ингулецкое месторождение характеризуется высокой петрографической комплексностью. Вместе с тем, в разрабатываемом его карьере имеется широкий спектр технических средств для организации мультиструктурных грузопотоков даже в существующих стесненных условиях ведения горных работ. Но для достоверной оценки эффективности возможной конверсии ГОКа знания горно-технологических условий и потребительских характеристик потенциальной нерудной продукции - недостаточно. Для этого необходим более глубокий системный анализ состояния и соотношения разнообразных ресурсов, проектных наработок, производственного и экономического потенциала предприятия, адаптивной гибкости и инертности применяемых технологий, а также многих других внутренних и внешних факторов. Относительно технологической составляющей в таком системном подходе относительно ИнГОКа показано, что до 2022 года реальные возможности перехода на комплексную разработку месторождения в его карьере с вовлечением в транспортировку нерудной попутной продукции ЦПТ являются весьма ограниченными без радикальных изменений принятых проектов. Однако, после 2027 г. это становится уже целесообразным, и заключается в изменении структуры существующих грузопотоков с минимальными их модификациями. При этом основная идея минимизации проблем перехода на новые виды продукции (диверсификация сырья целевой добычи и конверсия предприятия) заключается в использовании ритмичных пульсаций производительности трактов ЦПТ.

Ключевые слова: карьер, конвейер, минеральная продукция, грузопоток, совмещенные потоки, комплексные технологии.

Введение. В условиях тотальной деградации промышленности Украины горно-металлургический комплекс остается основой ее экономики. При этом железорудные месторождения разрабатываются сопоставимо с предыдущим этапом масштабно, а они являются исключительно комплексными и потенциально могут рассматриваться как альтернативная нерудная сырьевая база других отраслей в случае восстановления последних.

Постановка проблемы. Ресурсосбережение - доминанта сегодняшнего природопользования и геотехнологий. Поэтому, архаично сохраняющиеся непомерные энергоемкость и отход-