

# ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

УДК 622.272: 622.235.003.13

М.Б. Федько<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц.,  
В.А. Колосов<sup>2</sup>, д-р техн. наук,  
С.В. Письменный<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц.,  
Е.В. Калиниченко<sup>1</sup>, канд. экон. наук, доц.

1 – Криворожский национальный университет, г.Кривой Рог, Украина

2 – „Укррудпром“, г.Кривой Рог, Украина

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЕРЕХОДА НА БЕСТРОТИЛОВЫЕ ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧЕ РУД В КРИВОРОЖСКО БАССЕЙНЕ

М.В. Fedko<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor,  
V.A. Kolosov<sup>2</sup>, Dr. Sci. (Tech.),  
S.V. Pismennyi<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor,  
Ye.V. Kalinichenko<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Econ.), Associate  
Professor

1 – Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine

2 – “Ukrudprom”, Kryvyi Rih, Ukraine

## ECONOMIC ASPECTS OF CHANGE-OVER TO TNT-FREE EXPLOSIVES FOR THE PURPOSES OF ORE UNDERGROUND MINING IN KRYVYI RIH BASIN

**Цель.** Определение экономической целесообразности перехода на бестротиловые взрывчатые вещества при подземной добыче железных руд в Криворожском бассейне.

**Методика.** Для определения экономических аспектов перехода на бестротиловые взрывчатые вещества на шахтах Кривбасса использовались общенаучные и специальные методы исследования: метод критического анализа и обобщения теоретических исследований, метод системного подхода, метод экономико-математического моделирования.

**Результаты.** Доказано, что затраты на отбойку 1 т. руды при использовании бестротилового взрывчатого вещества (ВВ) и неэлектрических средств инициирования (НСИ) в сравнении с используемыми в настоящее время тротилсодержащими ВВ и традиционными электрическими средствами их инициирования снижаются на 3,3 грн/т., или примерно на 16%. При суммарном годовом объеме добычи руд в Кривбассе примерно 9,6–10,0 млн т. (шахтоуправление „АрселорМиттал-Кривой Рог“, шахты ПАО „Кривбассжелезрудком“ и ПАО „Евраз-Сухая Балка“) общий экономический эффект составит порядка 31,7–33,0 млн грн в год.

**Научная новизна.** Установлены новые зависимости себестоимости добычи руды от типов и взрывчатых свойств эмульсионных ВВ. Полученные закономерности позволяют утверждать, что эмульсионные взрывчатые вещества в сравнении с граммонитом 79/21 имеют большую относительную работоспособность и плотность заряда.

**Практическая значимость.** Установлено, что при использовании эмульсионных взрывчатых веществ параметры сетки скважин можно увеличить на 10–15%, что позволит повысить выход руды с 1м скважины примерно на 20%. Это, в свою очередь, даст возможность пропорционально уменьшить общую длину и количество глубоких скважин как при образовании отрезных щелей, так и при обрушении основного запаса панелей. С учетом того, что в Кривбассе ежегодно добывается также около 1,5 млн т. магнетитовых кварцитов, при отработке которых основные затраты идут на отбойку, использование бестротилового ВВ и НСИ позволит получить дополнительный суммарный экономический эффект.

Переход на бестротилового ВВ значительно повысит безопасность работ, уменьшит количество профзаболеваний, связанных с контактированием рабочих с тротилсодержащими ВВ.

**Ключевые слова:** шахта, отбойка, экономическая целесообразность, бестротилового ВВ, неэлектрические средства инициирования

**Изложение проблемы и ее связь с научными и практическими задачами.** В настоящее время на

всех без исключения шахтах Криворожского бассейна при подземной добыче как природно богатых железных руд, так и магнетитовых кварцитов, используются только тротилсодержащие взрывчатые вещества (ВВ), которые характеризуются повышенной

© Федько М.Б., Колосов В.А., Письменный С.В., Калиниченко Е.В., 2014

опасностью как с технологической точки зрения, так по ряду вопросов, связанных с охраной труда при производстве взрывных работ.

**Анализ исследований и публикаций.** За последние десятилетия в зарубежной горнодобывающей промышленности (как впрочем и в последние годы на отечественных предприятиях с открытым способом добычи) прослеживается четкая тенденция снижения объемов применения тротила и тротилосодержащих ВВ. Мировая практика однозначно определяет приоритетный выбор современных типов бестротилового ВВ, выделяя, прежде всего, их экономичность, надежность, технологическую и экологическую безопасность. Подтверждением этого является то, что в ведущих горнодобывающих странах доля таких ВВ при отбойке горных пород достигает 85% [1].

Исследование бестротилового ВВ различных составов и описание их взрывчатых характеристик приведено во многих работах, например [2–7]. В них отмечается, что подавляющее большинство бестротилового ВВ характеризуется низкой чувствительностью к механическим, тепловым и электрическим воздействиям, относительной простотой технологии их изготовления на специально разработанных комплексах, многие из которых могут размещаться даже в подземных условиях.

При использовании бестротилового ВВ на шахте „Сен-Лайм“ (США) при проходке выработок было отмечено снижение стоимости проходки на 15–20%. Хорошо зарекомендовала себя технология отбойки руд бестротиловыми ВВ в комплексе с неэлектрическими системами инициирования (НСИ) на подземных рудниках ОАО „Апатит“ [6], где их применение позволило значительно снизить выход негабарита, интенсифицировать процесс выпуска и повысить технико-экономические показатели добычи руды в целом. Довольно подробно описан опыт использования бестротилового гранулированного ВВ местного приготовления на рудниках Заполярного филиала ОАО „Норильский никель“ в работе [7]. Подтверждением высокой эффективности этих ВВ как при проходке выработок, так и на очистной выемке является практически полный переход всех его рудников („Комсомольский“, „Таймырский“ и „Октябрьский“) на эти ВВ с их приготовлением на подземных стационарных пунктах.

**Постановка задачи.** В соответствии с Положением о Государственном комитете Украины по промышленной безопасности, охране труда и горному надзору, утвержденного постановлением Кабинета Министров от 23.11.2006 г. № 1640 и приказом Председателя Государственного Комитета № 117 от 29.07.09 г., был образован Межведомственный совет по взрывному делу при Госгорпромнадзоре Украины, а также утверждено Положение о Межведомственном совете, который определил приоритетные направления развития взрывного дела в Украине, а именно:

- внедрение прогрессивных технологий ведения буровых работ с применением современного бурового оборудования при разработке месторождений полезных ископаемых открытым и подземным способами;

- внедрение бестротилового взрывчатых веществ с постепенным сокращением использования тротило-содержащих;

- применение неэлектрических систем инициирования зарядов отечественного производства.

**Изложение основного материала.** В Украине ведущим предприятием по производству как бестротилового ВВ, так и НСИ, является Государственное объединение „Павлоградский химический завод“ [8–10].

Рассмотрим экономическую целесообразность использования бестротилового ВВ в комплексе с НСИ на шахтах Кривбасса на примере шахтоуправления „АрселорМиттал-Кривой Рог“, которое осуществляет отработку залежи богатых железных руд системой подэтажного обрушения. В качестве базового используется вариант с разбуриванием массива панелей пучками восходящих глубоких скважин из буровых ниш горизонта доставки (рисунок).

Очистные работы при данной технологии заключаются в образовании в каждой панели отрезной щели с последующей отбойкой на нее основного запаса панели, которая выполняется, как правило, в два приема: вначале на отрезную щель отбивают запас внутренних пар ниш (с обеих сторон отрезной щели), а затем, после выпуска 20–25% запасов отбитой руды, производят массовое обрушение оставшихся запасов на „зажатую“ среду с последующим выпуском и доставкой руды скреперными установками. Диаметр скважин составляет 105–110мм, в качестве основного ВВ используют граммонт 79/21. Механизированную зарядку глубоких скважин производят зарядной машиной МТЗ-3.

При этом в каждой скважине прокладывается двойная нитка детонирующего шнура (ДШ), а инициирование зарядов производят патронированным аммонитом бЖВ с электродетонаторами короткозамедленного действия. Коммутация взрывной сети производится с помощью взрывного провода.

При образовании отрезных щелей параметры БВР (расстояние между веерами скважин и концами скважин в веерах) принимают одинаковыми – 2,0 м. При массовом обрушении основного запаса панелей расстояние между концами скважин в раструбе пучка принимают 3,0х3,0м.

При переходе на бестротилового ВВ предлагается использование эмульсионного ВВ Украинит – ПП-2 (далее У – ПП - 2). Эмульсионное ВВ (ЭВВ) У-ПП-2 по ТУ У24.632613399002:2009 представляет собой жидкую двухкомпонентную смесь эмульсионной композиции и газогенерирующей добавки в примерном соотношении 99:1. Приготовление ЭВВ У-ПП-2 выполняется непосредственно на месте применения при помощи смесительно-зарядного устройства (СЗУ). Взрывчатые свойства ЭВВ приобретает уже непосредственно в скважине с течением времени (около 30 мин.) и сохраняет свои свойства на протяжении 10 суток после приготовления. В соответствии с контрольными испытаниями, проведенными МакНИИ, ЭВВ У-ПП-2 имеет относительную работоспособность по отношению к аммониту бЖВ и граммониту 79/21 1,05, плотность заряда после газогенерации составляет 1,20–1,25 г/см<sup>3</sup>, объем

токсичных газов при взрыве – около 33 л/кг. Коммутацию взрывной сети с помощью НСИ можно производить с использованием, например, „Прима-Эра-Д“ Павлоградского химзавода, представляющих собой внутрискважинные детонаторы с волноводами различной длины (18, 28 и 38 м). Инициирование зарядов – исклю-

чительно обратное одним патроном аммонита БЖВ диаметром 32 мм и массой 0,2 кг. Для предотвращения вытекания ЭВВ в каждую скважину подается специальное запорное устройство, через которое вводится зарядный шланг, производится с помощью СЗУ нагнетание ЭВВ и, собственно, формирование заряда.

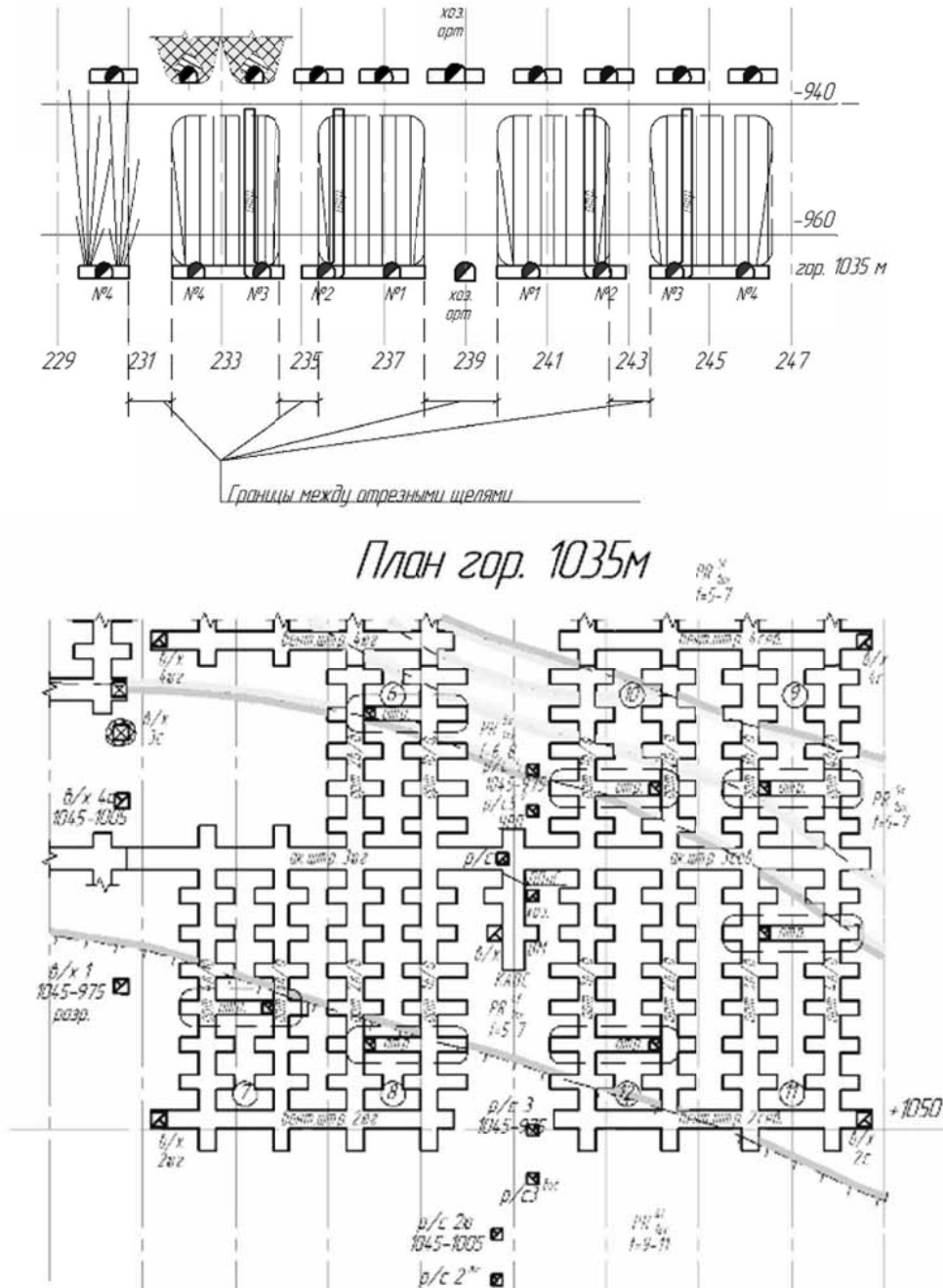


Рис. Вертикальные проекции (по буровым нишам и по отрезным щелям) и план горных работ блока 239 оси гор. 1035м

В целом технология обработки панелей при переходе на бестротиловые ЭВВ и НСИ остается той же, а изменяется только технология производства взрывных работ и корректируются параметры БВР с учетом различных энергетических характеристик ВВ, плотности насыщения массива энергией при их детонации.

Поскольку, как уже отмечалось, ЭВВ У-ПП-2 в сравнении с граммонитом 79/21 имеет большую относительную работоспособность и плотность заряда, то при его использовании параметры сетки скважин можно увеличить на 10–15%, что позволит повысить выход руды с 1м скважины примерно на 20%. Это, в

свою очередь, даст возможность пропорционально уменьшить общую длину и количество глубоких скважин как при образовании отрезных щелей, так и при обрушении основного запаса панелей. Также вследствие использования НСИ отпадает необходимость использования электродетонаторов, ДШ и взрывного провода, а вместо них применяются волноводы соответствующей длины с внутрискважинными детонаторами. Производительность рабочего непо-

средственно на зарядке скважин ЭВВ является примерно такой же, как и гранулированными ВВ (т.е. около 1500–2000 кг/смену), однако дополнительно появляются затраты на ручную доставку компонентов ЭВВ в забой в наливной таре. Трудозатраты на коммутацию взрывной сети с использованием НСИ, в сравнении с традиционными электрическими средствами инициирования, уменьшаются, как минимум, в 1,5–2 раза.

Таблица

Результаты расчетов затрат на отбойку руды по базовому и предлагаемому (с использованием бестротилового ВВ и НСИ) вариантам

Показатели	Способ отбойки	
	Базовый вариант	С использованием бестротилового ВВ
1. Длина глубоких скважин, м		
а) при образовании отрезных щелей;	7250	6042
б) при массовом обрушении запасов панелей;	41690	35822
в) общая при отработке блока	48940	41864
2. Расход различных ВВ и средств взрывания: патронированный аммонит БЖВ, кг		
а)	544	55
б)	3385	358,2
в)	3929	413,2
граммонит 79/21 или Украинит-ПП-2, кг		
а)	50460	50460
б)	284357	284357
в)	334817	334817
электродетонаторы, шт		
а)	725	–
б)	4352	–
в)	5077	–
детонирующий шнур, м		
а)	15950	–
б)	96720	–
в)	112670	–
взрывной провод, м		
а)	10875	–
б)	48360	–
в)	59235	–
волноводы с детонаторами (l = 18м/ l = 28м), шт		
а)	–	–/303
б)	–	590/1380
в)	–	590/1683
запорные устройства, шт		
а)	–	275
б)	–	1791
в)	–	2066
3. Расход рабочей силы на зарядку скважин и коммутацию взрывных сетей, чел. смен		
а)	100	124
б)	254	475
в)	354	599
4. Затраты на различные виды работ, ВВ и средства взрывания, грн		
- бурение скважин;	2393166	2047150
- патронированный аммонит БЖВ;	181520	19090
- граммонит 79/21;	6629377	–
- Украинит-ПП-2;	–	5022255
- электродетонаторы;	59706	–
- детонирующий шнур;	439413	–
- взрывной провод;	82929	–
- волноводы с детонаторами;	–	74922
- запорные устройства;	–	413200
- затраты на зарплату и начисления на нее	123845	209557
5. Амортизационные отчисления на использованное оборудование, грн	12617	136000
6. Итого затрат на отбойку, грн	9922573	7922174
7. Неучтенные затраты, грн	496129	792217
8. Суммарные затраты на отбойку всех запасов блока, грн	10418702	8714391
9. Удельные затраты на отбойку 1т. руды, грн/т.	20,2	16,9

Для сравнения экономической эффективности отбойки руды с использованием как традиционных гранулированных ВВ и средств инициирования, так и бестротилового ЭВВ в комплексе с НСИ, были проведены расчеты затрат в привязке к конкретным условиям очистного блока 239 оси гор. 1035м вышеупомянутого шахтоуправления (таблица).

Согласно проекту выемочный блок разбит на 12 панелей с общим запасом 586,1 тыс. тонн, из которых около 30 тыс. т. извлекается при проходке подготовительно-нарезных выработок, 72,5 тыс. т. – при образовании отрезных щелей и 483,6 тыс. т. – при массовом обрушении основных запасов панелей. Суммарное количество добытой рудной массы из данного блока составляет 515,8 тыс. т. Из проекта на отработку этого блока были взяты параметры и объемы работ по существу (базовому) варианту, а также рассчитаны их значения при использовании в этих условиях бестротилового ЭВВ (У-ПП-2) и НСИ. Цены на материалы и оборудование взяты по состоянию на 01.07.2013г. В таблице приведены основные результаты этих расчетов.

**Выводы.** Таким образом из расчетов видно, что затраты на отбойку 1т. руды при использовании бестротилового ВВ и неэлектрических средств инициирования в сравнении с используемыми в настоящее время тротилсодержащими ВВ и традиционными электрическими средствами их инициирования снижаются на 3,3 грн/т., или примерно на 16%. Можно предположить, что примерно такое же уменьшение затрат на данном производственном процессе будет иметь место и на других шахтах Криворожского бассейна, осуществляющих добычу богатых железных руд. При суммарном годовом объеме добычи руд в Кривбассе примерно 9,6–10,0 млн т. (шахтоуправление „АрселорМиттал-Кривой Рог“, шахты ПАО „Кривбассжелезрудком“ и ПАО „Евраз-Сухая Балка“) общий экономический эффект составит порядка 31,7–33,0 млн грн в год. С учетом того, что еще в Кривбассе (пока только на шахте „Им. Орджоникидзе“, а в перспективе – и на других шахтах) ежегодно добывается около 1,5 млн т. магнетитовых кварцитов, при отработке которых большую часть затрат на их добычу, вследствие очень высокой их крепости, составляют затраты на отбойку и где использование бестротилового ВВ и НСИ позволит получить еще большее снижение затрат, то суммарный экономический эффект будет гораздо более весомым.

Кроме этого следует учитывать, что переход на бестротилового ВВ значительно повысит безопасность работ, уменьшит количество профзаболеваний, связанных с контактом рабочих с тротилсодержащими ВВ, а также за счет уменьшения (практически вдвое) количества выделяемых при взрывании ВВ токсичных газов снизит затраты на проветривание шахты после производства массовых взрывов.

#### Список литературы / References

1. Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ. Часть 1. Разрушение горных пород взрывом / Кутузов Б.Н. // МГТУ – М.: Горная книга, 2009. – 471 с.

Kutuzov, B.N. (2009), *Metody vedeniya vzryvnykh rabot. Chast 1. Razrusheniye gornykh porod vzryvom* [Blasting Operations Technique. Part 1. Destruction of Rock by Blasting], Gornaya Kniga, MGGU, Moscow, Russia.

2. Крысин Р.С. Современные взрывчатые вещества местного приготовления / Р.С. Крысин, В.Н. Домничев – Днепропетровск: Наука и образование, 1998. – 140 с.

Krysin, R.S. and Domnichev, V.N. (1998), *Sovremennyye vzryvchatyye veshchestva mestnogo prigotovleniya* [Modern Locally Produced Explosives], Nauka i Obrazovaniye, Dnepropetrovsk, Ukraine.

3. Кутузов Б.Н. Современные тенденции в теории, технике и технологии взрывного дела : материалы Международной конференции «Взрывное дело-99» / Б.Н. Кутузов – М., 1999. – С. 20–24.

Kutuzov, B.N. (1999), “Modern trends in theory, technique and technology of blasting work”, *Proc. Of the Int. Conf. “Blasting Work-99”*, Moscow, Russia, pp. 20–24.

4. Викторов С.Д. Разработка и применение простейших взрывчатых веществ / Викторов С.Д.; отв. ред. академик РАН К.Н. Трубецкой – М.: ИПКОН РАН, 1996. – 156 с.

Viktorov, S.D. (1996), *Razrabotka i primeneniye prosteyshykh vzryvchatykh veshchestv* [Production and Application of Simple Explosives], IPKON RAN, Moscow, Russia.

5. Оценка влияния условий применения смесевых ВВ на их взрывчатые характеристики при проведении взрывных работ / Л.Н. Шиман, Е.Б. Устименко, А.Л. Кириченко, Л.И. Подкаменная // Сучасні ресурсозберігаючі технології гірничого виробництва. – 2010 – Випуск 1(5). – С. 60–68.

Shyman, L.N., Ustimenko, Ye.B., Kirichenko, A.L. and Podkamennaya, L.I. (2010), “Estimation of the influence of the conditions of use of mixed explosives on their explosive characteristics during blasting”, *Suchasni Resursozberihaiuchi Tekhnolohii Hirnychoho Vyrobnystva*, Issue 1(5), pp. 60–68.

6. Закалинский В.М. Перспективы взрывного разрушения массивов горных пород – основа прогресса в горном деле России / В.М. Закалинский // Вестник Российской академии естественных наук. – 2011. – № 4. – С. 24–28.

Zakalinskiy, V.M. (2011), “Prospects of rock blasting as the main way of progress in Russian mining”, *Vestnik Rossiyskoy Akademii Estestvennykh Nauk*, no.4, pp. 24–28.

7. Бакунин В.Н. Повышение эффективности и безопасности взрывных работ за счет применения бестротилового ВВ местного приготовления / В.Н. Бакунин, В.И. Корнейчук // Горный журнал. – М., 2010. – № 6. – С. 75–78.

Bakunin, V.N. and Korneychuk, V.I. (2010), “Improvement of blasting efficiency and safety through utilization of locally produced TNT-free explosives”, *Gornyy Zhurnal*, no.6, pp. 75–78.

8. Захаренков Е.И. Состояние взрывного дела на Украине. Государственный надзор в сфере обращения со взрывчатыми материалами промышленного назначения / Е.И. Захаренков // Украинский союз инженеров-горняков. – 2010. – № 4. – С. 3–8.

Zakharenkov, Ye.I. (2010), "State of blasting work in Ukraine. State supervision of the use of industrial-purpose explosives", *Ukrainskiy Soyuz Inzhenerov-Gorniyakov*, no. 4, pp. 3–8.

9. Шиман Л.Н. Передовые high-tech технологии для обеспечения безопасности проведения буровзрывных работ / Л.Н. Шиман, Е.Б. Устименко // Украинский союз инженеров-горняков. – 2008. – №11. – С. 17–29.

Shyman, L.N. and Ustimenko, Ye.B. (2008), "Modern high technologies for assuring of drilling and blasting operations safety", *Ukrainskiy Soyuz Inzhenerov-Gorniyakov*, no. 4, pp. 17–29.

10. Перспективы использования безтритиловых взрывчатых веществ на рудниках с подземной добычей полезных ископаемых / Н.И. Ступник, В.А. Калининченко, М.Б. Федько, Е.Г. Мирченко // Научный вестник Национального горничого университета. – 2013. – № 1. – С. 68–71.

Stupnik, N.I., Kalinichenko, V.A., Fedko, M.B. and Mirchenko, Ye. G. (2013), "Prospects of application of TNT-free explosives in ore deposits developed by underground mining", *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, no.1, pp. 68–71.

**Мета.** Визначення економічної доцільності переходу на безтритилові вибухові речовини при підземному видобутку залізних руд у Криворізькому басейні.

**Методика.** Для визначення економічних аспектів переходу на безтритилові вибухові речовини на шахтах Кривбасу використовувалися загальнонаукові та спеціальні методи дослідження: метод критичного аналізу й узагальнення теоретичних досліджень, метод системного підходу, метод економіко-математичного моделювання.

**Результати.** Доведено, що витрати на відбій 1 т руди при використанні безтритилових вибухових речовин (ВР) і неелектричних засобів ініціації (НЗІ) в порівнянні з тими, що використовуються в даний час тритиловмісними ВВ і традиційними електричними засобами їх ініціації знижуються на 3,3 грн/т., або приблизно на 16%. При сумарному річному об'ємі видобутку руд у Кривбасі приблизно 9,6–10,0 млн т. (шахтоуправління „АрселорМіттал-Кривий Ріг, шахти ПАТ „Кривбасзалізрудком“ і ПАТ „Євраз-Сува Балка“) загальний економічний ефект складе приблизно 31,7–33,0 млн грн за рік.

**Наукова новизна.** Встановлені нові залежності собівартості видобутку руди від типів і вибухових властивостей емульсійних ВР. Отримані закономірності дозволяють стверджувати, що емульсійні вибухові речовини порівняно із грамнітом 79/21 мають велику відносну працездатність і щільність заряду.

**Практична значимість.** Встановлено, що при використанні емульсійних вибухових речовин параметри сітки свердловин можна збільшити на 10–15%, що дозволить підвищити вихід руди з 1м свердловини приблизно на 20%. Це, у свою чергу, дасть можливість пропорційно зменшити загальну довжину та кількість глибоких свердловин як при утворенні від-

різних щілин, так і при обваленні основного запасу панелей. З урахуванням того, що у Кривбасі щорічно видобувається також близько 1,5 млн т. магнетитових кварцитів, при відробці яких основні витрати йдуть на відбій, використання безтритилових ВР і НЗІ дозволить отримати додатковий сумарний економічний ефект.

Перехід на безтритилові ВР значно підвищить безпеку робіт, зменшить кількість профзахворювань, пов'язаних з контактом робітників з тритиловмісними ВР.

**Ключові слова:** шахта, відбій, економічна доцільність, безтритилові ВР, неелектричні засоби ініціації

**Purpose.** To determine the economic feasibility of change-over to TNT-free explosives for the purposes of ore underground mining in Kryvyi Rih basin.

**Methodology.** In order to determine the economic aspects of change-over to utilization of TNT-free explosives in mines Kryvbass we have used such scientific and special research methods: the method of the critical analysis and synthesis of theoretical studies; system approach; method of economic and mathematical modeling.

**Findings.** We have proved that the cost of breaking of 1t of ore by TNT-free explosives and non-electrical means of initiation is lower than by traditional TNT-explosives and electrical means of initiation by 3.3 UAH / ton, or by about 16%. Considering total annual volume of ore production in Krivbass, that is about 9.6–10 million tons (Shahtouprovlenie "ArcelorMittal Krivoy Rog", mine PAO "Krivbasszhelezrudkom" and PAO "Evraz Sukha Balka") the overall economic effect will be about 31.7–33 million USD per year.

**Originality.** We have determined the new dependencies of production costs on the type of ore and explosive properties of emulsion explosives. The results showed that the emulsion explosives have greater relative performance and charge density compared with grammonite 79/21.

**Practical value.** It is found that when using emulsion explosives the parameters of wells can be improved by 10–15%, which will increase the output of ore from 1m of a well by approximately 20%. This will allow us to reduce proportionally the overall length and number of deep wells both during cutoff stope formation and general panels breaking. Additional overall economic effect of TNT-free explosives utilization will be achieved due to annual production of about 1.5 million tones of magnetite quartzite in Kryvyi Rih basin, where basic production costs are spent on breaking. Use of TNT-free explosives will increase greatly the safety of work; reduce the number of occupational diseases caused by the contact of workers with TNT explosives.

**Keywords:** mine, breaking, economic feasibility, TNT-free explosives, non-electric means of initiation

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук. О.М. Кузьменком. Дата надходження рукопису 19.09.13.