

В.И. Ляшенко, Б.П. Кислый, А.И. Алехин

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА ШАХТАХ (Сообщение 2)*

Приведены основные научные и практические результаты повышения эффективности производства взрывных работ на основе интенсификации технологических процессов с применением высокопроизводительной зарядной техники нового поколения, разработанной специалистами отрасли, а также ведущих научных центров. Проводится пока еще редкий опыт работ по механизации взрывных работ с помощью экологически чистых бестротиловых эмульсионных взрывчатых веществ (ЭВВ) при проходке горных выработок и добыче полезных ископаемых на горнодобывающих предприятиях Украины.

Ключевые слова: подземные работы, охрана труда, оборудование, взрывные работы, эмульсионные взрывчатые вещества, эффективность работ.

Актуальность проблемы

Подземная разработка месторождений характеризуется ухудшением горно-геологических и горнотехнических условий, повышением требований к охране труда, окружающей среды и недр, безопасности жизнедеятельности человека в зоне влияния горных объектов. Технологии подготовки эксплуатационных блоков наклонными съездами позволяют повысить уровень механизации проходческих, очистных, взрывных и вспомогательных работ, доставки горной массы, материалов и оборудования, безопасного и комфортного выхода людей из забоев, совершенствования управления вентиляцией и другими технологическими процессами. Поэтому повышение уровня охраны труда при производстве взрывных работ на шахтах на основе совершенствования горного оборудования, интенсификации производственных процессов с применением высокопроизводитель-

ной горной техники нового поколения, – вот те важные, имеющие научное и практическое значение задачи [1, 2].

Обсуждение результатов исследований

Увеличение объемов и качества сырья невозможно без изменений в подходах к технологиям добычи и техническому перевооружению горных предприятий. Взрывные работы, которые по-прежнему являются основным процессом в технологии добычи руд и других минеральных материалов, занимают значительную долю затрат в себестоимости продукции. Поэтому для снижения затрат на приобретение взрывчатых материалов промышленного производства, улучшения условий работы взрывников, повышения производительности и безопасности их труда при зарядании шпуров и скважин, а также снижения экологической нагрузки на окружающую сре-

* Статьи по Сообщениям 1–3 имеют общую идею, направленную на повышение эффективности производства горных работ на шахтах путем применения высокопроизводительной горной техники нового поколения, опыта его разработки и изготовления на предприятиях отрасли, которые могут представлять интерес для специалистов горнорудной, цветной и др. промышленности. Работа выполнена при содействии специалистов НПК «АиМ»: П.А. Кислого, Н.Н. Швеца, В.С. Черевика, А.И. Литвина и др

ду, ведущими мировыми компаниями «Orica», «Dino Nobel», «Dino Mainier», «AEL», «BME», «Maxam», «IFl», «Macleam Mine-Mate», «BCJ» и др. – проводятся работы по механизации взрывных работ с помощью экологически чистых бестротиловых эмульсионных взрывчатых веществ (ЭВВ) при проходке горных выработок и добыче полезных ископаемых.

Ниже приведены основные научные и практические результаты совершен-

ствования взрывного оборудования для обеспечения уранового производства, разработанные НПК «АиМ» и изготовленные совместно с РМЗ ГП «ВостГОК», НТО «Технотрон», ООО «Экком» и др., которое может представлять интерес для специалистов горнорудной, цветной и др. промышленности [3–5].

Машины зарядные переносные типа МЗП-1, УЗП-2 и УЗП-3 (рис. 1, а, б, в и табл. 1). Предназначены для заряжания шпуров любого направле-

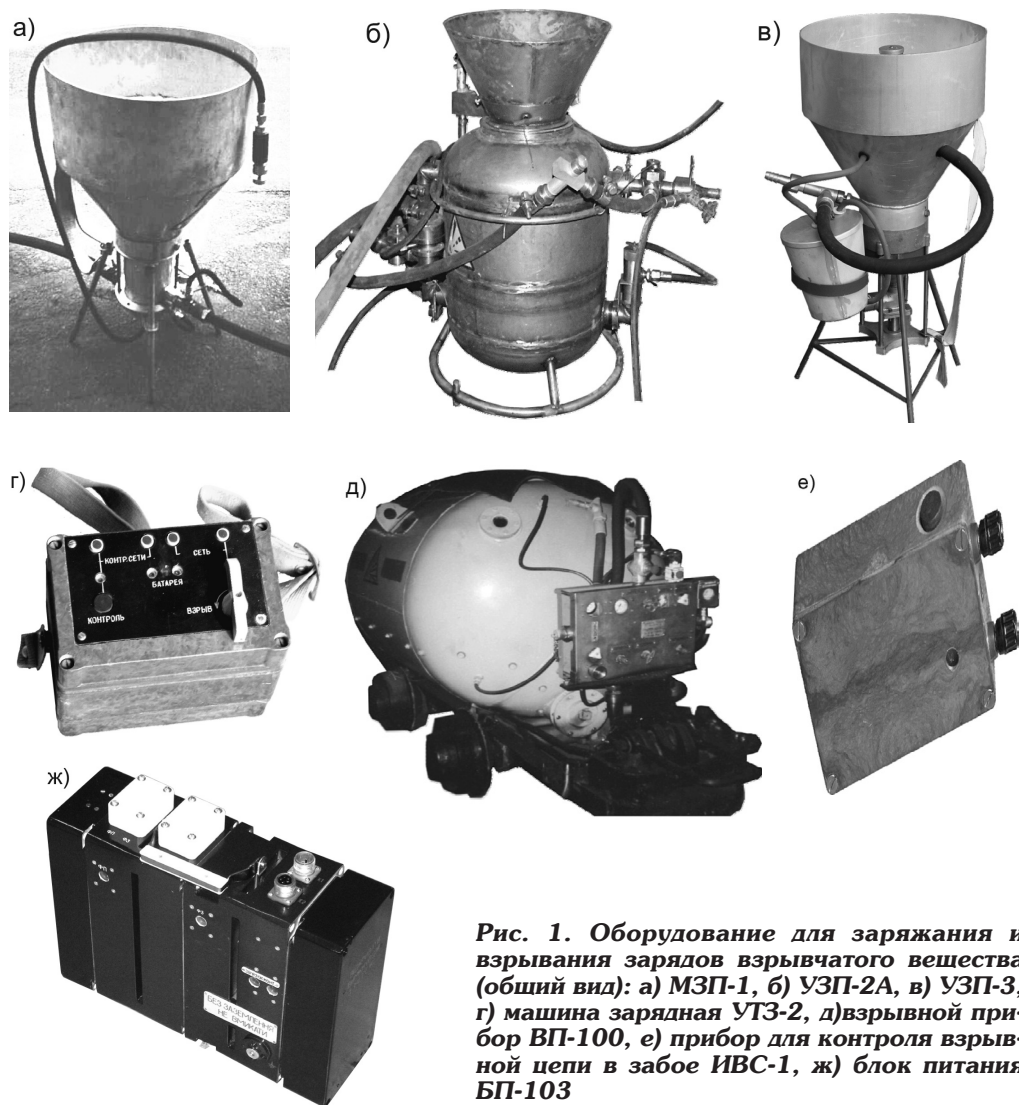


Рис. 1. Оборудование для заряжания и взрывания зарядов взрывчатого вещества (общий вид): а) МЗП-1, б) УЗП-2А, в) УЗП-3, г) машина зарядная УЗ-2, д) взрывной прибор ВП-100, е) прибор для контроля взрывной цепи в забое ИВС-1, ж) блок питания БП-103

Таблица 1

Техническая характеристика оборудования для заряжания и взрывания ВВ

Технические характеристики	Типы зарядчиков			
	УЗП-2А	МЗП-1	УТЗ-3	УТЗ-2
Вместимость зарядной емкости, м ³	0,04	0,018	0,004	1,7–2,0
Плотность заряжания, г/см ³	1,2	1,05–1,2	1,2	1,2
Диаметр заряжаемых скважин, мм	50	32–56	50	80–160
Производительность, кг/с, до	–	1	1	0,5–0,6
Длина зарядного трубопровода, м, не более	100	60	100	350
Рабочее давление сжатого воздуха, МПа	0,4–0,7	0,5–0,8	0,3–0,7	0,4–0,7
Расход сжатого воздуха, м ³ /с, не более	0,02	–	0,017–0,020	0,15
Габаритные размеры, мм	1110×640× ×640	920×600× ×600	1110×640× ×640	3100×1220× ×1600
Масса (без ВВ), кг, не более	20	60	18	1800

ния диаметром до 50 мм, глубиной до 5 м гранулированными взрывчатыми веществами (ВВ), допущенными к механизированному заряжанию при ведении проходческих и очистных работ в шахтах, не опасных по пыли и газу.

С целью снижения образования пыли и накопления статического электричества зарядчик снабжен дозатором жидких компонентов, позволяющим изменять количество вводимой в ВВ жидкости от 2 до 6%. Пневмотранспортирование

Таблица 2

Технические характеристики пневматического порционного зарядчика УЗП-2

Наименование показателей	Значения показателей
Производительность техническая, кг/с	0,5–0,6
Плотность заряжания ВВ, г/см ³	1,2
Длина транспортирования ВВ, м	100
Масса порции ВВ за один цикл, кг	0,7–2,0
Скорость транспортирования ВВ, не менее, м/с,	10
Количество дозируемой жидкости, кг	0,035–0,1
Рабочее давление сжатого воздуха, МПа	0,4–0,7
Расход сжатого воздуха, м ³ /с	0,02
Диаметр зарядного трубопровода, мм	25;32
Диаметр подводящего рукава, мм	20
Вместимость воронки, дм ³	40
Габаритные размеры, мм: высота диаметр воронки	1110 640
Масса (без рукавов и устройства для смачивания), кг, не более	20

ВВ по гибким трубам порциями формирует заряды строго по весу. Управление – дистанционное. Зарядчик используется автономно при ведении проходческих и очистных работ на шахтах не опасных по газу и пыли. Разработка прошла испытания и серийно выпускается, имеется разрешение на ее производство и применение. На ГП «ВостГОК» также освоено производство пневматических зарядчиков УЗП-2 и УЗП-2А (табл. 2).

Зарядчики типа УЗП-3. Нагнетательные пневматические порционные зарядчики УЗП-3 предназначены для заряжания шпуров и скважин любого направления гранулированными взрывчатыми веществами (ВВ), допущенными в установленном порядке к механизированному заряжанию при ведении проходческих и очистных работ в шахтах, не опасных по газу и пыли. С целью снижения образования пыли и накопления статического электричества зарядчики снабжены смачивателем, позволяющим вводить в ВВ

до 6% воды. Зарядчики УЗП-3 разработаны в трех исполнениях (табл. 3):

- переносной зарядчик УЗП-3 с вместимостью зарядной камеры 1,5 кг ВВ;
- ранцевый зарядчик УЗП-3А с вместимостью зарядной камеры 1,5 кг ВВ;
- переносной зарядчик УЗП-3Б с вместимостью зарядной камеры 2,5 кг ВВ.

Машина УТЗ-2 (см. рис. 1, г и табл. 4). Предназначена для доставки рассыпных гранулированных взрывчатых веществ (ВВ) с поверхности шахты или перепускных комплексов к месту хранения, ведения взрывных работ, пневмотранспортирования ВВ, заряжания скважин диаметром 65–150 мм гранулированными ВВ на поземных горных работах, не опасных по пыли и газу. Машина разработана НПК «А и М» и изготавливается совместно с РМЗ. Предприятие имеет разрешение на ее выпуск.

Приборы для контроля исправности (измерения сопротивления) взрыв-

Таблица 3

Технические характеристики

Наименование показателей	Значения показателей		
	УЗП-3	УЗП-3А	УЗП-3Б
Параметры заряжаемых шпуров: диаметр, мм, не более глубина, м, не более угол наклона, градус	50 5 0–360		
Параметры заряжаемых скважин: диаметр, мм, не более глубина, м, не более угол наклона, градус	105 25 0–360		
Производительность техническая, кг/с, не менее	0,6	0,6	1,0
Рабочее давление сжатого воздуха, МПа	0,3–0,7		
Расход сжатого воздуха, м³/с	0,017–0,020		
Плотность заряжания ВВ, г/см³, не более	1,2		
Внутренний диаметр зарядного шланга, мм	20	25	32
Длина транспортирования ВВ, м, не более	100		
Масса (без зарядного шланга), кг, не более	16	18	18

Таблица 4

Технические характеристики

Наименование показателей	Значения показателей
Предельное сопротивление электрической взрывной сети, фиксируемое как допустимое, Ом	320 ⁺¹⁶ ₋₁₅
Сила тока, подаваемого индикатором в проверяемую сеть, мА, не более	5
Продолжительность контакта проверяемой сети с включенным индикатором, с, не более	4
Диапазон рабочих температур °С	от 5 до 35
Относительная влажность окружающего воздуха при температуре +35 °С	до 98%
Степень защиты в соответствии с ГОСТ 14254–80	IP54
Габаритные размеры (без учета выводов), мм	36×75×125

ной цепи в забое ИВС-1 и взрывной прибор ВП-100. Предназначены для электрического взрывания зарядов при проведении горных работ с использованием электродетонаторов типа ЭД-1-З-Т, имеющих пониженную чувствительность к блуждающим токам и электростатическим зарядам.

Индикатор ИВС-1 (см. рис. 1, е, табл. 4). Предназначен для контроля предельного сопротивления взрывной сети и ее составных частей (электродетонаторов, участковых и магистральных проводов) из укрытия или непосредственно в забое при проведении взрывных работ в шахтах, неопасных по газу и пыли. Представляет собой переносной прибор с автономным пи-

танием от батарей и световым элементом, сигнал которого свидетельствует об исправном состоянии взрывной сети. Индикатор выдерживает многократные удары с ускорением до 11 g и кратковременное погружение в воду.

Взрывной прибор ВП-100 (см. рис. 1, д, табл. 5). Предназначен для электрического взрывания зарядов при проведении горных работ с использованием электродетонаторов типа ЭД-1-З-Т, имеющих пониженную чувствительность к блуждающим токам и электростатическим зарядам. Применение таких детонаторов дает возможность реализовать на проходческих работах метод взрывания с обратным инициированием зарядов при механи-

Таблица 5

Технические характеристики

Наименование показателей	Значения показателей
Количество электродетонаторов во взрывной сети при их последовательном соединении	от 1 до 100
Напряжение заряда конденсаторов, В	1100±50
Время заряда конденсаторов, с	25–40
Импульс воспламенения, А ² ·мс, не менее	90
Сила тока в конце импульса воспламенения, А, не менее	5
Сопротивление взрывной сети, индицируемое как допустимое, Ом	от 0 до 120

зированной зарядки шпуров гранулированными взрывчатыми веществами. Прибор обеспечивает также взрывание зарядов с использованием электродетонаторов нормальной чувствительности типа ЭДЗЭ, ЭДКЗ. Прибор ВП-100 относится к классу конденсаторных взрывных устройств. Источниками зарядного тока являются гальванические элементы и преобразователь напряжения. При достижении напряжения заряда конденсаторов, соответствующего рабочему напряжению разрядников, происходит автоматическая коммутация прибора с электрической взрывной сетью. В состав прибора входит индикатор контроля предельного сопротивления взрывной сети. Получено разрешение на производство и применение этих приборов.

Блок питания БП-103 (см. рис. 1, ж, табл. 6). Предназначен для преобразования нестабилизированного напряжения (180–325) В постоянного тока в стабилизированное напряжение постоянного тока с целью обеспечения электрического питания потребителей, установленных на рудничных электро-

возах. В блоке питания отсутствует гальваническая связь выходного напряжения с входным, имеется защита от короткого замыкания в электрической цепи нагрузки. Блок питания изготавливается в пылебрызгозащищенном исполнении. Степень защиты по ГОСТ 14254-IP54, климатическое исполнение УХЛ категория 5 по ГОСТ 15150. Допускается эксплуатация при температурах от минус 5 °С до +35 °С.

В Украине проводятся работы по созданию отечественного оборудования для приготовления и зарядки эмульсионными взрывчатыми веществами, ведутся работы по внедрению этих инновационных технологий в практику добычи полезных ископаемых. Применение эмульсионных ВВ при подземной добыче руд и масштабное внедрение этих современных взрывных технологий на шахтах Украины осложнено устаревшими горными технологиями, особенностями разработки железорудных и урановых месторождений, традициями и кадрами, сложившимися в добывающих регионах, а также отсутствием нормативных

Таблица 6

Технические характеристики

Наименование показателей	Значения показателей
Выходное напряжение, В: для передних и задних фар освещения и сигнальных фар, для включения контактора компрессора для приемопередатчика электровозного	24±0,5 12±0,5
Пульсации выходного напряжения, В, не более	0,5
Нестабильность выходного напряжения при изменении температуры эксплуатации от минус 5 °С до +35 °С при неизменных других воздействующих факторах, %, не более	3
Номинальное значение силы тока нагрузки, А: для передней и задних фар освещения для сигнальных фар для включения контактора компрессора для работы приемопередатчика электровозного	4,5±0,2 4,5±0,2 2±0,2 2±0,2
Средняя наработка на отказ, часов, не менее	5000
Габаритные размеры, мм	414×310×125
Масса, кг, не более	9

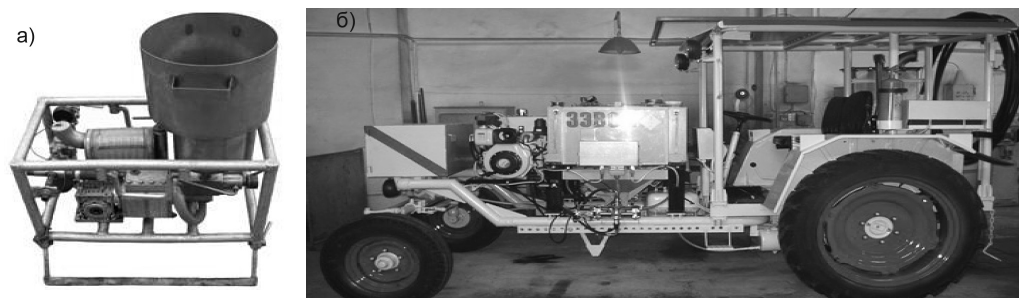


Рис. 2. Переносной малогабаритный зарядчик ЗЭП-15 (а) и зарядчик эмульсионных ВВ самоходный (шпуровой) мод. ЗЭВС-1 (б) (общий вид)

документов и государственной программы по переходу на бестротиловые технологии взрывных работ.

Специалистами украинских предприятий, входящих в группу компаний, связанных с производством ЭВВ «Украинит», были начаты опытно-конструкторские работы по созданию уникальных рецептур компонентов ЭВВ для подземного применения и комплексов оборудования для механизированного приготовления и зарядания шпуров и скважин при проходке горных выработок и добыче руд, а также шахтной логистике. В качестве базовых предприятий-потребителей опытно-экспериментальных ЭВВ «Украинит» выбраны – ЗАО «Запорожский железорудный комбинат» (г. Днепрорудное) и ГП «ВостГОК» (г. Желтые Воды). ООО «Экком» (г. Днепропетровск) выполнило подбор «холодной» рецептуры ЭВВ «Украинит» для подземного применения, а ООО «НТО Технотрон» (г. Желтые Воды) провел разработку и изготовление переносного и механизированного оборудования для приготовления и механизированной зарядки шпуров и скважин*.

Переносной малогабаритный зарядчик ЗЭП-15 (рис. 2, а). Его производительность зарядания шпуров до 15 кг/мин с пневматическим и водя-

ным приводом. Полученные результаты испытаний зарядчика ЗЭП-15 и ЭВВ Украинит-ПП-2 показали, что с помощью этой технологии можно безопасно и производительно изготавливать и механизировано заряжать шпуровы мощным, экологически чистым ВВ, при этом получать загазованность после взрыва – значительно ниже штатных ВВ.

Зарядчик эмульсионных ВВ самоходный (шпуровой) мод. ЗЭВС-1 (рис. 2, б, табл. 7). Основным критерием целесообразности применения дорогостоящих самоходных машин для зарядания ЭВВ проходческих забоев является их высокая техническая производительность и возможность зарядания в течение одной смены 2–3 забоев, что снизит сроки окупаемости и повысит экономическую эффективность используемого оборудования. При существующих технологиях (зарядание и взрывание забоев производится в конце смены) на зарядание в среднем отводится 40–50 минут, т.е. зарядание одного забоя должно производиться за 15–20 минут. Такая производительность может быть достигнута только при зарядании забоя одновременно двумя машинами или одной машиной с двумя закачивающими насосами. В самоходном заряд-

* Работа выполнена при содействии специалистов ООО «НТО Технотрон»: В.З. Небогин, В.И.Бойко, А.С. Карабан, М.Б. Колесаев, В.В. Шкарин и др.

Таблица 7

Технические характеристики

Наименование показателей	Значения показателей
Ходовая часть на базе самоходного шасси мод. СШ-2540	
Мощность дизеля ходовой части, л.с.	25+5
Мощность автономного дизеля при зарядании шпуров, л.с.	6
Максимальная производительность зарядания ЭВВ до	60 кг/мин (2×30 кг)
Масса навесного оборудования с компонентами ЭВВ, не более, кг	1000
Полная масса в снаряженном состоянии, не более, кг	3400
Габаритные размеры в транспортном положении (при сложенном ограждении и задвинутой лестницы), Д×Ш×В, мм	4100×900×2400

чике эмульсионных ВВ мод. ЗЭВС-1 для зарядания шпуров, без значительного увеличения стоимости и сохранения малых габаритов, установлены два насоса-дозатора поршневого типа оригинальной конструкции, которая имеет малые габариты и массу (до 25 кг/ед.), что позволило создать в целом компактный самоходный зарядчик с общей производительностью до 60 кг/мин. Зарядка шпуров ЭВВ Украинит-ПП-2 в условиях шахт ЗАО «ЗЖРК» приведена на рис. 3.

НПК «А и М» имеет научно-производственную базу с замкнутым машиностроительным и приборостроительным циклом для производства опытных образцов новых разработок.



Рис. 3. Зарядка шпуров ЭВВ Украинит-ПП-2 в условиях шахт ЗАО «ЗЖРК» (общий вид)

РМЗ ГП «ВостГОК» владеет полным технологическим циклом машиностроительного производства. Их кооперация позволяет осваивать серийный выпуск горношахтного оборудования в сжатые сроки. Специалистами отрасли, созданы механизмы, средства контроля и управления, которые могут успешно применяться на предприятиях цветной и горно-металлургической промышленности, исключив закупку данного оборудования за рубежом. Ценность кооперации заключается в том, что ГП «ВостГОК» имеет возможность работать по замкнутому циклу: разработка новых изделий, изготовление опытных образцов, испытание и сдача приемочной комиссии, выполнение работ по заявкам заказчиков.

Таким образом, в результате проведения комплекса научно-исследовательских, опытно-конструкторских и производственных работ авторами установлен современный технический уровень взрывного оборудования, разработанного НПК «АиМ» и изготовленного совместно с РМЗ ГП «ВостГОК». Повышение эффективности горных работ на шахтах на основе внедрения высокопроизводительной горной техники нового поколения позволяет повысить уровень интенсификации технологических процессов,

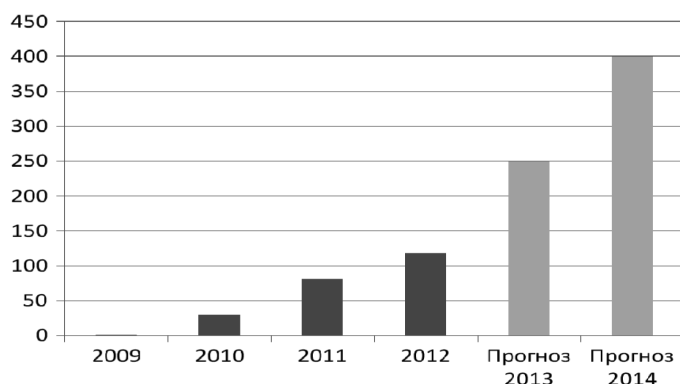


Рис. 4. Объемы приготовления и зарядки ЭВВ Украинит-ПП-2 на подземных рудниках Украины (тыс. т)

механизации по заряданию и взрыванию ВВ и др.

На сегодня объемы и масштабы внедрения экологически чистого ЭВВ «Украинит» значительно увеличились – расширилась география и сфера применения на шахтах Украины (рис. 4): ПАО «КЖРК», ПАО «Евраз Сухая Балка» (г. Кривой Рог) и ООО «Восток-Руда» (г. Желтые Воды), на ЗАО «ЗЖРК», опробованы также первые опытно-экспериментальные зарядки нижнего полувеера скважин (диаметром 110 мм и длиной до 20 м), ведутся работы по совершенствованию технологии приготовления компонентов ЭВВ. При под-

держке Госгорпромнадзора Украины и Криворожской горнотехнической инспекции, промышленные испытания ЭВВ «Украинит» будут продолжены на шахтах ПАО «КЖРК» и ГП «ВостГОК». Заинтересованность в проведении опытно-экспериментальных работ по применению эмульсионных ВВ проявляют и другие горные предприятия развитых горнодобывающих стран.

Работа выполнена по материалам доклада с участием авторов на XII международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр» [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Добыча и переработка урановых руд. Монография / Под общ. ред. А.П. Чернова. – Киев: Адеф-Украина, 2001. – 238 с.
2. Ливенцев А.Т., Черевик В.С., Литвин А.И. и др. Наука. Творчество. Производство. Нам 50 лет. Воспоминания участников событий 1960–2010 гг. – Желтые Воды: Научно-технический прогресс, 2010. – 435 с.
3. Безродный С.А., Боровкова Е.В., Корсуновская Т.Н., Кравец М.С. и др. ВостГОК. История и современность в фотодокументах / Под общ. ред. А.Г. Сорокина. – Д.: ООО «Издательский дом «Статус», 2011. – 96 с.
4. Кошик Ю.И., Ляшенко В.И. Научное сопровождение уранового производства в

Украине // *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. – 2006. – № 6. – С. 5–17.

5. Ляшенко В.И., Кислый П.А., Кислый Б.П. Совершенствование горного оборудования для уранового производства Украины // *Цветная металлургия*. – 2012. – № 6. – С. 18–31.

7. Ляшенко В.И., Воробьев А.Е., Кислый Б.П. Повышение эффективности горных работ на урановых шахтах Украины / Тезисы докладов XII международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр» (Занджан, Иран, 16–22 сент. 2013 г.), Т. 1. – М.: РУДН, 2013. – С. 41–42. **ПЛАБ**

Ляшенко Василий Иванович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, начальник отдела, e-mail: ipt@iptzw.dp.ua, vi_lyashenko@mail.ru, Украинский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт промышленной технологии, Украина, Кислый Б.П. – Ремонтно-механический завод ГП «ВостГОК», Украина, Алехин А.И. – Научно-производственный комплекс «Автоматика и машиностроение», Украина.

UDC 622.03: 622.23.02:622.273

ENHANCEMENT OF BLASTING EFFICIENCY IN MINES

Lyashenko V.I., Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Head of Department, e-mail: ipt@iptzw.dp.ua, vi_lyashenko@mail.ru, Ukrainian scientific-research and design-prospecting Institute of industrial technology, 52204, Zheltye Vody, Ukraine, Kisluy B.P., Ремонтно-механический завод ГП «ВостГОК», Zheltye Vody, Ukraine,; Alekhin A.I., Research and production complex «Automation engineering», Zheltye Vody, Ukraine.

The article reports basic research findings and working knowledge on enhancement of blasting efficiency by intensifying operating procedure due to use of the new-generation high-productive charging machines designed by the experts in industry and the leading research centers. Experience on mechanization of blasting using ecology-friendly trotyl-free emulsion explosives in drivage and actual mining in Ukraine, which has found yet seldom application, is described.

Key words: underground mining, occupational safety, blasting, emulsion explosives, operating efficiency.

ACKNOWLEDGEMENTS

The work was executed conjointly with N.N. Shvets, V.S. Cherevik, A.I. Litvin and other specialists from A&N Research and Production Company.

REFERENCES

1. Dobycha i pererabotka uranovykh rud. Monografiya. Pod red. A.P. Chernova (Uranium ore mining and processing. Monograph. Chernov A.P. (Ed.)), Kiev, Adef-Ukraina, 2001, 238 p.
2. Liventsev A.T., Cherevik V.S., Litvin A.I. i dr. Nauka. Tvorchestvo. Proizvodstvo. Nam 50 let. Vospominaniya uchastnikov sobytij 1960–2010 gg. (Science. Creativity. Production. We are 50. The developments of 1960–2010. Memoirs of participants), Zheltye Vody, Nauchno-tehnicheskii progress, 2010, 435 p.
3. Bezrodnyy S.A., Borovkova E.V., Korsunovskaya T.N., Kravets M.S. VostGOK. Istoriya i sovremennost' v fotodokumentakh. Pod red. A.G. Sorokina (Vostochny Mining-and-Processing Integrated Works. The past and the present in pictures. Sorokin A.G. (Ed.)), Dnepropetrovsk, ООО «Izdatel'skiy dom «Status», 2011, 96 p.
4. Koshik Yu.I., Lyashenko V.I. *Ekologiya dovkillya ta bezpeka zhittevidal'nosti*. 2006, no 6, pp. 5–17.
5. Lyashenko V.I., Kislyy P.A., Kislyy B.P. *Tsvetnaya metallurgiya*. 2012, no 6, pp. 18–31.
6. Lyashenko V.I., Vorob'ev A.E., Kislyy B.P. *Tezisy dokladov XII mezhdunarodnoy konferentsii «Resursovoproizvodnyashchie, malootkhodnye i prirodookhrannye tekhnologii osvoeniya nedr»* (Zandzhan, Iran, 16–22 sent. 2013 g.), T. 1 (Proceedings of XII International Conference on Resource-Reproductive, Low-Waste and Ecology-Friendly Geotechnologies (Zanjan, Iran, 16–22 Sept. 2013), vol. 1), Moscow, RUDN, 2013, pp. 41–42.

