

**ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ ЗА СЧЕТ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ЭМУЛЬСИОННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ  
ВЕЩЕСТВ В КАЧЕСТВЕ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ДЕТОНАТОРОВ НА  
КАРЬЕРАХ**

**Ф. Н. Галиакберова, С. А. Калякин**

Донецкий национальный технический университет

ул. Артема, 58, 83001, г. Донецк, Украина. E-mail: yglenit@gmail.com

Установлено, что повышение безопасности ведения буровзрывных работ на карьерах может быть достигнуто путем разработки новых безопасных простейших взрывчатых веществ и промежуточных детонаторов для инициирования детонации скважинных зарядов в сложных горно-геологических условиях с большим водопритоком в скважины. Выявлены основные факторы, приводящие к возникновению опасных ситуаций при взрывании скважинных зарядов. Предложены пути повышения безопасности при ведении взрывных работ.

**Ключевые слова:** взрывные работы, безопасность, скважинный заряд, простейшие взрывчатые вещества, промежуточный детонатор.

**ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ВИБУХОВИХ РОБІТ ЗА РАХУНОК  
ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ЕМУЛЬСІЙНИХ ВИБУХОВИХ  
РЕЧОВИН ЯК ПРОМІЖНИХ ДЕТОНАТОРІВ НА КАР'ЄРАХ**

**Ф. Н. Галіакберова, С. О. Калякін**

Донецький національний технічний університет

вул. Артема, 58, 83001, м. Донецьк, Україна. E-mail: yglenit@gmail.com

Встановлено, що підвищення безпеки ведення буропідривних робіт на кар'єрах може бути досягнуто шляхом розробки нових безпечних найпростіших вибухових речовин і проміжних детонаторів для ініціювання детонації свердловинних зарядів у складних гірничо-геологічних умовах з великим водопритоком у свердловини. Виявлено основні чинники, що призводять до виникнення небезпечних ситуацій при підриванні свердловинних зарядів. Запропоновано шляхи підвищення безпеки при веденні вибухових робіт.

**Ключові слова:** буровибухові роботи, безпека, свердловинний заряд, найпростіші вибухові речовини, проміжний детонатор.

**АКУТАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ.** Анализ состояния горного производств, динамика применения промышленных взрывчатых веществ (ВВ) и прогноз развития взрывных работ (ВР) свидетельствует о том, что объемы взрывных работ на открытых карьерах имеют тенденцию к росту в количественном выражении и кардинальному изменению по видам. Номенклатура ВР как местного, так и заводского производства представлена преимущественно взрывчатыми смесями на основе аммиачной селитры (АС) с невзрывчатыми и взрывчатыми добавками.

Эти смеси имеют сниженную чувствительность к внешним воздействиям, в частности к иницирующему импульсу, а их детонирующая способность и режимы детонирования далеки от идеальных. Наряду с очевидными преимуществами экономического плана, широкое применение ВВ, изготавливаемых непосредственно на местах ведения ВР, не всегда обеспечивает функциональную эффективность, надежность и безопасность взрывных работ.

Результаты анализа последних исследований и публикаций показали, что с углублением карьеров (разрезов) большее значение приобретает не только качество подготовки горной массы, но и вопросы техники обеспечения промышленной безопасности при ведении взрывных работ и охраны окружающей среды. Взрывные работы в карьерах являются также периодическим загрязнителем атмосферы и окружающей среды в результате выброса породной пыли и продуктов детонации ВВ, создавая экологическую опасность для живых организмов из-за изменения состава атмосферы, гидросферы и почв вблизи карьеров. Причиной ухудшения надежности взрывных работ следует назвать недостаточно полное и глубокое исследование свойств и функциональных возможностей новых ВВ, допущенных к постоянному производству и использованию, в результате чего область их применения часто устанавливают недостоверно. А так же условий их инициирования, которые должны обеспечить полноценную детонацию скважинных зарядов ВВ.

Целью работы является разработка научно обоснованных рекомендаций по выбору и обеспечению безотказного инициирования скважинных зарядов малочувствительных ВВ, в том числе неэлектрическими системами инициирования и промежуточными детонаторами, не содержащими мощных бризантных ВВ.

**МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.** Анализ применения ВВ показывает, что 2012 году общий расход ВВ составил 174726,5 тонн, что почти на 30 тыс. тонн больше в сравнении с 1996 годом. На рис. 1–5 приведены данные по количеству и видам применяемых в Украине ВВ, а также динамика роста потребления в Украине ВВ за 2006–2012 г.г. (по данным национального научно-исследовательского института промышленной безопасности и охраны труда).

Чем полнее происходит химическое превращение смесового ВВ, тем меньше токсичных газов в продуктах детонации. Поэтому все, что способствует полноте химического превращения ВВ, целесообразно с позиций уменьшения вредности газов взрыва. Указанное достигается при стационарных высокоскоростных режимах детонирования зарядов, которые, в свою очередь, реализуются при их больших диаметрах, оптимальной плотности, минимальной влажности и правильно подобранных промежуточных детонаторах и системах инициирования. В частности, неэлектрические системы инициирования на основе ударных трубок (волноводов) являются более прогрессивными в рассматриваемом смысле по сравнению с инициированием детонирующим шнуром, которому присущ так называемый боковой эффект, который сопровождается выгоранием ВВ в заряде.

ОХОРОНА ПРАЦІ Й БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА НА ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

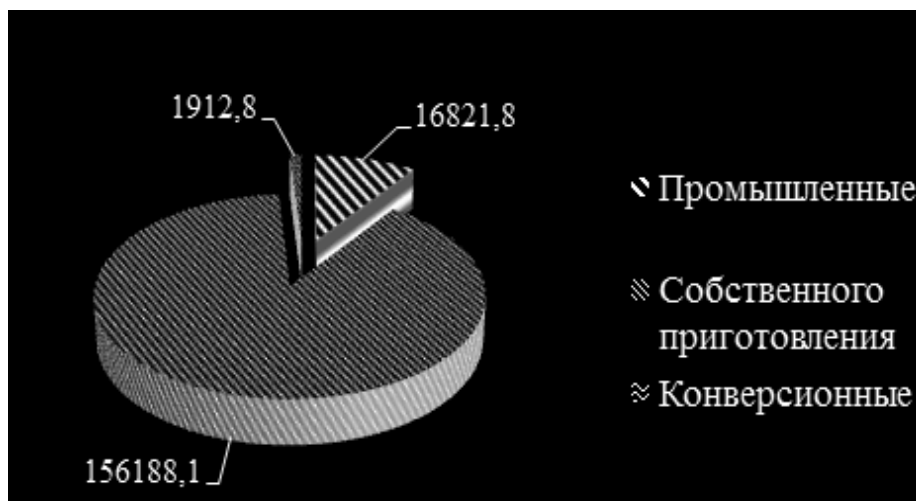


Рисунок 1 – Общий расход взрывчатых материалов в Украине за 2012 год, тонн

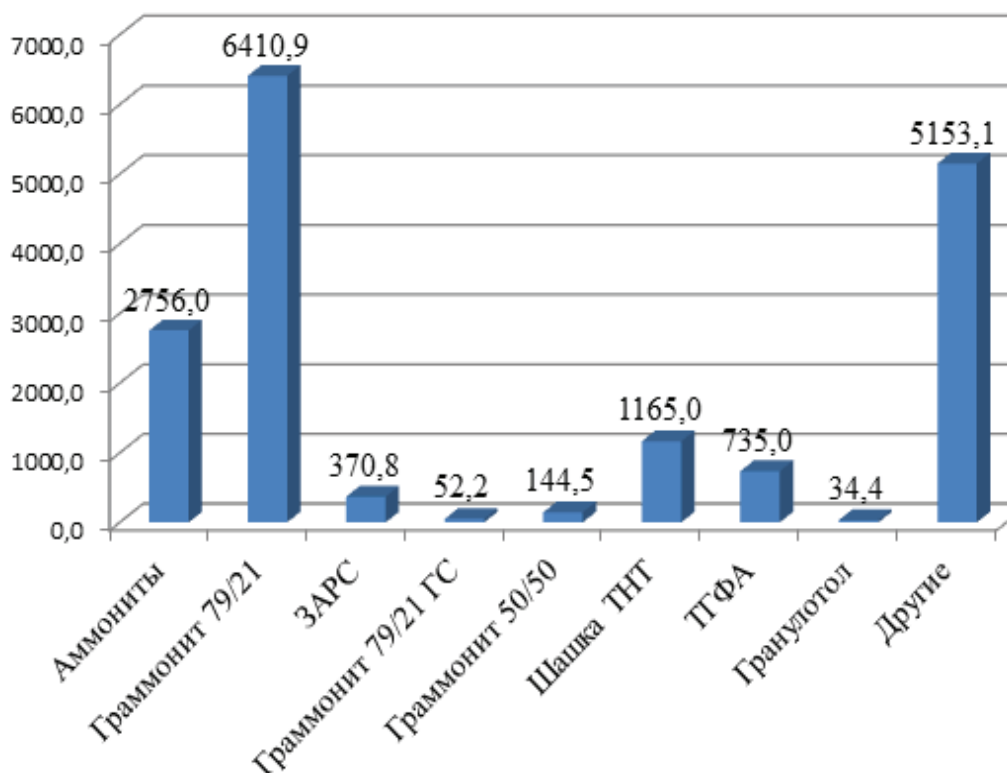


Рисунок 2 – Расход промышленных ВВ заводского изготовления в 2012 году по видам, тонн

## ОХОРОНА ПРАЦІ Й БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА НА ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

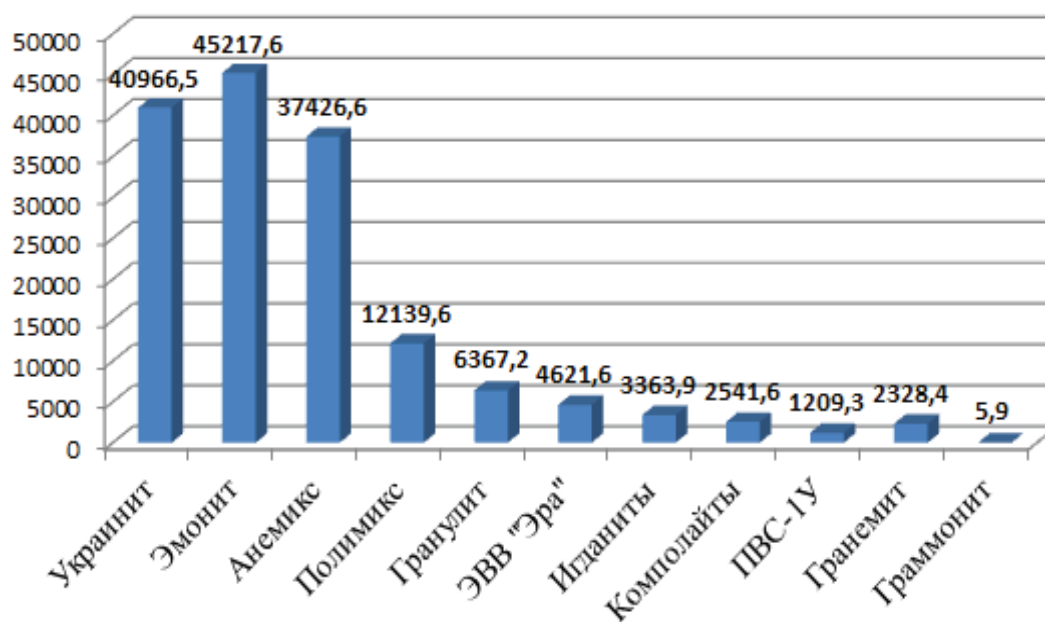


Рисунок 3 – Расход ВВ собственного приготовления в 2012 году по видам, тонн

Из данных диаграмм видно, что наблюдается постоянный рост объемов использования ВВ, изготавливаемых непосредственно на местах ведения взрывных работ, а именно, собственного приготовления, и, в первую очередь, эмульсионных ВВ.

Главным преимуществом ВВ собственного приготовления является достаточно высокий уровень безопасности производства и применения, возможность упрощения механизации процесса заряжания, достаточные энергетические и экологические характеристики, доступность и дешевизна сырья.

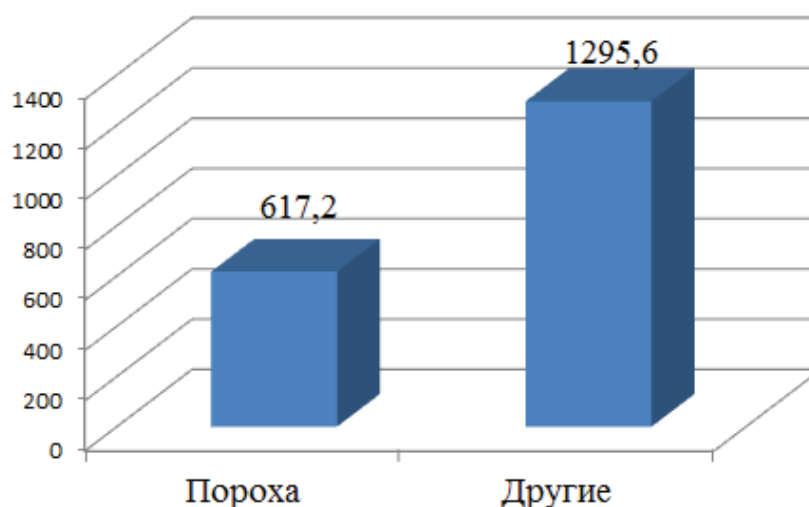


Рисунок 4 – Расход конверсионных ВВ в 2012 году по видам, тонн

## ОХОРОНА ПРАЦІ Й БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА НА ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

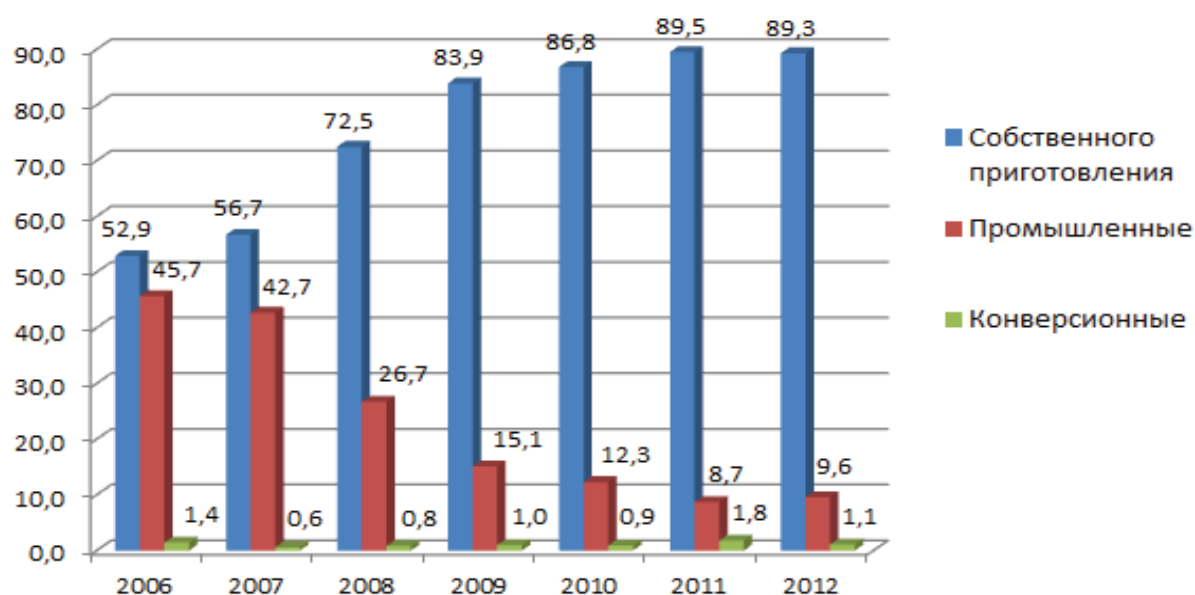


Рисунок 5 – Динамика расхода взрывчатых материалов в Украине, тонн

Однако, несмотря на эти положительные тенденции повышения безопасности ведения взрывных работ, уровень аварий и травматизма в горнодобывающей промышленности остается достаточно высоким (табл. 1).

Таблица 1 – Динамика производственного травматизма в горнодобывающей промышленности

Года	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Травмировано работающих, всего	626	536	524	531	548	567	552	539	487	362	354
в том числе смертельно	48	38	36	36	32	39	25	40	41	30	15
Численность работающих, тыс. чел.	250,5	248,4	245,2	244,0	242,1	240,3	221,0	232,9	221,0	199,2	195,9
Объем добычи руды млн. тонн	97,1	100,5	104,2	109,0	120,6	130,3	143,6	160,0	160,7	151,0	167,3

Проведенный анализ аварий и травматизма показывает, что подавляющая доля причин аварий и несчастных случаев на производстве носит организационный характер (более 80 %). Основными причинами аварийности и травматизма

## ОХОРОНА ПРАЦІ Й БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА НА ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

являются системные грубые нарушения требований безопасности, связанные с бесконтрольностью и низкой производственной дисциплиной персонала, безответственностью и халатностью руководителей предприятий различных уровней, неэффективностью производственного контроля. Система управления промышленной безопасностью практически оказывается замкнутой на руководителях старшего звена либо отсутствует вообще. Происходящие нарушения не подвергаются всестороннему анализу со стороны собственников и руководителей предприятий, специалистов, не разрабатываются мероприятия, направленные на их предотвращение. Отсутствует необходимое финансирование для поддержания требуемого уровня промышленной безопасности.

Приятно отметить, что случаи смертельного травматизма не наблюдаются в Украине в течение последних 10 лет, однако около 20 % аварий связаны непосредственно с применением взрывчатых материалов, в том числе средств инициирования и промежуточных детонаторов. Например, в Украине на ОАО «Тельмановский карьер» 24.03.06 произошел несчастный случай в результате самопроизвольного взрыва ВВ, оставшихся в скважине после массового взрыва. Скважина была заряжена ВВ ЗАРС-1 в количестве 330 кг, двумя боевиками из шашек ТГФА-500. Боевик, расположенный в верхней части скважины состоял из одной шашки, а в нижней – из двух. Иницирование осуществлялось с помощью неэлектрической системы взрывания (НСВ) «Импульс». Причина появления отказавшего заряда – перебивание волновода обрушенной породой из стенок скважины и образование разрыва колонки заряда ВВ в скважине за счет зависания обрушенной породы. Непосредственной причиной взрыва отказавшего заряда послужил наезд гусеницы экскаватора на шашку-инициатор с капсулом-детонатором [2].

Большую опасность также представляют заряды ВВ, что отказали и о наличии которых в забое горняки не знают. Они является причиной непредсказуемых взрывов. Ликвидация отказов скважинных и шпуровых зарядов – операция особой сложности и опасности, требует значительных затрат времени и средств.

Техника ведения БВР включает в себя правильный выбор технологии взрывания, размеров сетки скважин, места расположения и количества промежуточных детонаторов, системы инициирования, позволяющей проводить замедленное взрывание, эффективность которого неоднократно доказывалась, а также самого ВВ.

Основные ошибки при проектировании взрывных работ – неправильный выбор типа ВВ, средств и способов инициирования, неправильный расчет параметров скважинных зарядов.

Промежуточные детонаторы для промышленных нужд изготавливают, как правило, из тротила или его смесей с гексогеном или тэном для повышения взрывчатых свойств (массой 200, 400, 500, 800 г). Для взрывания скважинных зарядов на территории Украины используют следующие промежуточные детонаторы:

## ОХОРОНА ПРАЦІ Й БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА НА ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

---

1. *Шашки-детонаторы Т-400Г* ТУ У 3.50-143114452-061-96 (класс «С», группа I) предназначены в качестве промежуточных детонаторов для инициирования скважинных и других зарядов малочувствительных промышленных ВВ на открытых горных работах в скважинах любой обводненности, в том числе с проточной водой со сроком нахождения зарядов в воде до шести суток при гидростатическом давлении до 0,2 МПа, и пригодны для применения во всех климатических районах. Представляют собой прессованные тротиловые шашки цилиндрической формы с центральным сквозным каналом диаметром (14,5+0,5) мм. По цилиндрической поверхности оклеены бумажной оберткой, гидроизолированные по всей поверхности тонким слоем парафино-петролатумной смеси.

2. *Шашки ТП-400* используются как ВВ для проведения взрывных сейсмических и других геофизических работ на земной поверхности, а также в качестве промежуточного детонатора при проведении взрывных работ. При проведении взрывных работ в обводненных местах детонатор необходимо замазать мастикой или солидолом для гидроизоляции. Представляют собой прессованные шашки тротила с углублением под ЭД или КД. Время нахождения в обводненных местах не более 10 суток при внешнем давлении 0,5 Мпа.

3. *Детонатор промежуточный универсальный ДПУ-830Тл, ДПУ-850*, состоящий из цилиндрического корпуса с зарядом ВВ (литой тротил), в котором выполнены сквозной осевой канал и параллельно смещенный относительно последнего глухой канал, соединенные между собой проточкой. Наполняют корпус методом заливки.

4. *Шашки-детонаторы ТГ-400, 500, 800* для промышленных взрывных работ ТУ У 24.6-14310112-039:2005 применяются в качестве промежуточных детонаторов для инициирования скважинных и других зарядов малочувствительных промышленных ВВ на открытых горных работах в забоях любой степени обводненности, в шахтах и рудниках, не опасных по газу или пыли, а также для взрывного дробления негабаритных кусков горной массы. Шашки-детонаторы ТГ-400, 500, 800 представляют собой литые цилиндрические тротил-гексогеновые шашки в полимерной или бумажной оболочках с двумя каналами (центральным и боковым).

5. *Заряды тротиловые ЗТП-800 и ЗТП-1200* используются для ведения взрывных работ в скважинах любой обводненности, в том числе с проточной водой, со сроком нахождения в воде до шести суток при гидростатическом давлении до 0,2 МПа. Заряды используют в качестве промдетонатора для инициирования скважинных зарядов малочувствительных промышленных ВВ на открытых горных работах при использовании неэлектрической системы инициирования «Импульс», а также при инициировании от ДШ, КД-8, ЭД-8, ЭДС-1.

Известно, что высокая экологическая опасность тротила и гексогена является существенной проблемой при использовании их в качестве промежуточных детонаторов. Результаты расчета вредных газов при подрыве гексогена и тротила приведены в табл. 2.

**ОХОРОНА ПРАЦІ Й БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА НА ГІРНИЧИХ  
ПІДПРИЄМСТВАХ**

Таблиця 2 – Количество продуктов детонации тротила и гексогена л/кг

ВВ	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	CO	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	КБ, %
Тротил	60,32	60,34	404,56	61,44	3,07	–	–	–	–74,0
Гексоген	29,28	268,39	103,93	113,74	218,62	0,49	0,00004	–	–21,6

Вопросы охраны окружающей среды в сфере современной взрывной промышленности в последнее время стало приоритетным. Эмульсионные взрывчатые вещества с легкостью заменили ВВ, содержащие тротил, по своим взрывчатыми характеристиками, кроме того, они намного опережают их по экологичности. Эмульсионные ВВ (эмулиты) – однородные смеси, в качестве окислителя, как правило, содержат пересыщенный водный раствор нитрата аммония с добавкой нитрата натрия или кальция, реже – перхлоратов. Для повышения взрывчатых характеристик могут содержать добавки бризантных ВВ (гексоген) или соли азотной (хлорной) кислоты и органических аминов (нитраты метиламина, этилендиамина и т.д.). Горючим служат различные синтетические масла, дизельное топливо, воск, парафин и т.д. Иногда используются синтетические полимеры и каучуки. Для повышения теплоты взрыва могут содержать до 15 % алюминия. ЭВВ марки Гремикс–М ТУ У 24.6–32690803–001:2009 относятся ко II классу по условиям применения и предназначены для ведения открытых и подземных взрывных работ в сухих и обводненных шпурах и скважинах, за исключением шахт и рудников, опасных по газу и пыли. ЭВВ марки Гремикс–М могут быть использованы в качестве патронов боевиков для инициирования скважин и других зарядов малочувствительных промышленных веществ.

ЭВВ марки Гремикс–М применяется в интервале температур от минус 20 °С до плюс 45 °С. Свойства Гремикс–М приведены в табл. 3.

Таблиця 3 – Свойства Гремикс–М

Характеристика	Значение
Кислородный баланс	Минус 0,1–0,3
Тротиловый эквивалент	0,86
Теплота взрыва, Дж/кг	3600
Удельный объем газов, л/кг	980
Удельный объем вредных газов в пересчете на CO, не более, л/кг	36
Скорость детонации в открытом заряде, ср, м/с	5650
Чувствительность к удару ГОСТ 4545, %	0
Чувствительность к трению на копре К–44–III, Мпа	664,7
Критический диаметр детонации методом «телескоп», мм	Не больше 20
Влагостойкость за 24 ч, кг/м <sup>2</sup> , не больше	0,6
Передача детонации на расстоянии в 1см	Полная



Высокая скорость детонации в открытом заряде способна обеспечить скорость фронта детонационной волны в основном заряде малочувствительных ВВ очень высокой. Есть возможность использования Гремикс–М в качестве ПД. Проведено исследование промежуточного детонатора, представляющего собой патроны в оболочке из ориентированной полимерной пленки толщиной 0,065–0,12 мм прозрачной с красной полосой вдоль заряда. Торцы патронов прочно заложены в «чуб» клипсами из алюминиевой проволоки диаметром 2 мм (рис. 6).

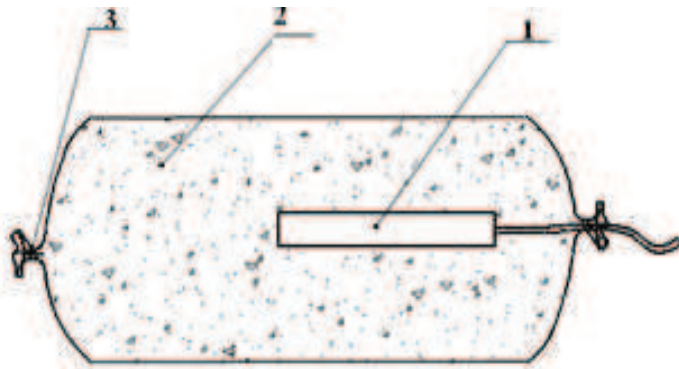


Рисунок 6 – Промежуточный детонатор с Гремикс–М:  
1– взрывчатое вещество; 2 – ЭД или КД; 3 – фиксатор оболочки

Проведенные в работе эксперименты показали эффективность использования ДП из ВВ типа Гремикс–М для зарядов из простейших ВВ в опытах отказов не наблюдалось. Поэтому работа в выбранном направлении является перспективной и полезной для условий современной взрывной промышленности. Следующим шагом является определение оптимальных геометрических параметров ДП для взрывчатых веществ, используемых в качестве основного заряда для скважин при взрывных работ на карьерах Украины.

Следует отметить, что промежуточные детонаторы, содержащие в своем составе бризантные взрывчатые вещества (тротил, гексоген и др.), не соответствуют современным тенденциям развития взрывной промышленности. Несмотря на то, что такие ДП обеспечивают высокую скорость детонации и гарантированный подрыв, их экологическая опасность в современных условиях выходит на первый план. Поэтому перспективным является разработка ДП из эмульсионных, водонаполненных ВВ, а также ВВ на основе аммиачной селитры.

**ВЫВОДЫ.** В результате системного анализа установлено, что повышение безопасности ведения БВР на карьерах может быть достигнуто путем разработки новых безопасных простейших ВВ и промежуточных детонаторов для инициирования детонации скважинных зарядов в сложных горно-геологических условиях с большим водопритоком в скважины.

Необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать мероприятия по охране и безопасности труда, позволяющие уменьшить влияние человеческого фактора на создание аварийных ситуаций при ведении БВР на открытой поверхности.

2. Создать промежуточный детонатор, не содержащий бризантных ВВ, и обосновать его параметры при инициировании скважинного заряда для обеспечения оптимального режима детонации простейшего ВВ.

3. Разработать простейшее ВВ для механизированного заряжания, пригодное к использованию в сухих и обводненных скважинах, включая сульфидсодержащие породы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Общее состояние, проблемы и перспективы развития производства и применения взрывчатых материалов в Российской Федерации // Информационный бюллетень федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. – 2011. – № 3(54). – С. 27–42.

2. Заключение экспертной комиссии по расследованию группового несчастного случая, происшедшего 24.03.05 в 5 часов 15 минут на горизонте +66 метров открытого акционерного общества «Тельмановский карьер» в результате самопроизвольного взрыва взрывчатых материалов, оставшихся в скважине № 23 после массового взрыва, произведенного 27.02.06.

3. Систематизация факторов безопасности ведения взрывных работ на разрезах / А.В. Белов, А.А. Сысоев // Безопасность жизнедеятельности предприятий в угольных регионах: материалы VI международной конференции. – Кемерово, 2005. – С. 223–226.

4. Габдуллин Р.Х., Ахметов И.З., Соснин В.А. Исследование физико-химических свойств промежуточного детонатора при зарядании скважин акватолом // Взрывное дело. ЗАО «МВК по взрывному делу при АГН». – 2012. – Вып. № 108/65. – С. 100–105.

5. Калякин С.А. Выбор параметров промежуточных детонаторов для инициирования скважинных зарядов простейших ВВ // Информационный бюллетень УСИБ. – 2012. – № 4. – С. 2–6.

#### INCREASE OF SAFETY FOR BLASTING PITS WITH THE HELP OF MODERN EMULSION EXPLOSIVES AS AN INTERMEDIATE DETONATORS

**F. Galiakberova, S. Kalyakin**

Donetsk national technical university

vul. Artyoma, 58, 83001, Donetsk, Ukraine. E-mail: yglenit@gmail.com

It was found that increasing the safety of conducting blasting in quarries can be achieved through the development of new, safe and simple explosives boosters for initiation of detonation hole charges in complex geological conditions with plenty of water influx into the well. The main factors that lead to dangerous situations when blasting hole charges. Ways of improving safety for blasting operations.

**Key words:** drilling and blasting operations, safety, blasting hole charge, incomplete detonation, labour protection measures, human factors, simple explosives, intermediate detonator.

REFERENCES

1. “General condition, problems and prospects of development of production and of the application of explosive materials in the Russian Federation” (2011), *Newsletter of the Federal Service for Ecological, Technological and atom-Term Supervision*, no. 3(54), pp. 27–42.
2. Conclusion of the expert commission of inquiry grupovogo accident that occurs in 24.03.05 5hours 15 minutes on the horizon 66 meters of open joint-stock company "Telmanovskiy career" as a result of spontaneous explosion of explosive materials remaining in the well number 23 after a mass explosion produced 27.02.06.
3. Belov, A.V., Sisoev, A.A. (2005) “Systematization of safety factors of blasting on the cuts”, *Health and Safety companies in the coal regions: the VI International Conference*, Kemerovo, pp. 223–226.
4. Gabdullin, A.D., Akhmetov, I.Z., Sosnin, V.A. (2012) “Investigation of the physicochemical properties of the intermediate detonator when loading wells akvatolom”, *Explosive affair. ZAO "MVK on Explosives at AGN"*, no. 108/65, pp. 100–105.
5. Kalyakin, S.A. (2012) “Selection of parameters boosters for initiating-hole charges simplest explosives”, *Newsletter Ukrainian Union of Engineers demolition*, no. 4, pp. 2–6.

Стаття надійшла 29.12.2014.