

Vengerov A.S. About necessity of water isolation of mine workings when crossing disjunctives / A.S. Vengerov, G.M. Smorodin // Ugol Ukrainy. – 1985. – No.1. – p. 14

2. Гзовский М.В. Основы тектонофизики / Гзовский М.В. – М.: Наука, 1975. – 536 с.

Gzovsky M.V. Introduction to tectonic physics / Gzovsky M.V. – М.: Nauka, 1975. – 536 p.

3. Комплексный метод тампонажа при строительстве шахт / [Кипко Э.Я., Полозов Ю.А., Лушникова О.Ю. и др.]. – М.: Недра, 1984. – 293 с.

Integrated method of refilling during mine construction / [Kipko E.Ya., Polozov Yu.A., Lushnikova O.Yu. et al.]. – М.: Nedra, 1984. – 293 p.

Розглянуто вплив поперечних скидів на гірничо-геологічні умови підготовки до відпрацювання запасів антрациту в Боково-Хрустальському і Довжанорівненському районах. Досліджено закономірності будови й обводнення розривів, що дозволяє прогнозувати умови їх розкриття на перспективних для від-

працювання великих глибинах і в кожному конкретному випадку приймати обґрунтовані рішення щодо їх переходу гірничими виробками.

Ключові слова: шахта, гірничі виробки, антрацит, водоприток, тріщинуватість, тектонічний розрив, глибина

The influence of transverse faults on mining and geological conditions of preparation of anthracite reserves for development in the Bokovo-Hrustalskyi and Dovzhanorovenetskyi areas is considered. The regularities of the structure and water-cut breaks allowing prediction of the conditions for their opening at great depths prospective for developing and in each case to make reasoned decisions concerning their mining.

Keywords: mine, mining, coal, water influx, fracturing, tectonic discontinuity depth

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук. О.М. Шащенко. Дата надходження рукопису 17.03.11

УДК 622.235

А.Л. Кириченко¹,

Е.Б. Устименко¹, канд. техн. наук,

Л.Н. Шиман¹, д-р техн. наук,

О.В. Колтунов²

1 – Государственное предприятие „Научно-производственное объединение „Павлоградский химический завод“, г. Павлоград, Украина, e-mail: alekseyphz@gmail.com

2 – Публичное акционерное общество „Промышленное производственное предприятие „Кривбассвзрывпром“, г. Кривой Рог, Украина, e-mail: kvp@kvvp.com.ua

РАЗВИТИЕ ДЕТОНАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДОВ МАЛОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ИНИЦИИРОВАНИИ ОТ ПАТРОНОВ-БОЕВИКОВ

A.L. Kirichenko¹,

Ye.B. Ustimenko¹, Cand. Sci. (Tech.),

L.N. Shiman¹, Dr. Sci. (Tech.),

O.V. Koltunov²

1 – State Enterprise “Scientific-Production Association “Pavlograd Chemical Plant”, Pavlograd, Ukraine, e-mail: alekseyphz@gmail.com

2 – Public Joint-Stock Company “Industrial Production Enterprise “Krivbassvzryvprom”, Krivoy Rog, Ukraine, e-mail: kvp@kvvp.com.ua

DEVELOPMENT OF DETONATION PROCESSES OF BLASTHOLE CHARGES OF INSENSITIVE INDUSTRIAL EXPLOSIVE MATERIALS WHEN INITIATING FROM PRIMED BLASTING CARTRIDGES

По результатам экспериментальных исследований определены детонационные свойства патронов-боевиков эмульсионных взрывчатых веществ марки ЕРА-Р. Проведена оценка параметров инициирующего импульса эмульсионного взрывчатого вещества ЕРА-Р в сравнении с тротильовыми шашками-детонаторами, а также их влияние на развитие процесса детонации в скважинных зарядах малочувствительных взрывчатых веществ.

Ключевые слова: детонация, промежуточные детонаторы, эмульсионные взрывчатые вещества

Введение. При проведении взрывных работ на открытой поверхности для взрывания скважинных зарядов применяют метод ступенчатого инициирования, когда детонация малочувствительных взрывчатых веществ (ВВ) обеспечивается от детонирующего шнура

(ДШ) или капсуля-детонатора (КД) совместно с промежуточным детонатором (ПД). В качестве последнего, как правило, применяют прессованные или литые тротильовые, тротилгексогеновые шашки, а также патроны-боевики (ПБ), изготовленные с использованием ВВ подкласса 1.1. Недостатком гексогенсодержащих шашек является их высокая чувствительность к механиче-

ским воздействиям, что может спровоцировать несанкционированный взрыв, в случаях несрабатывания ПД при отказе КД. Применение в обводненных скважинах шашек из прессованного тротила, при недостаточной их гидроизоляции, может привести к его флегматизации и, как следствие, к потере чувствительности к инициирующему импульсу КД, что неоднократно имело место при проведении массовых взрывов на карьерах.

В последнее время, с развитием взрывных технологий с применением простейших и водосодержащих ВВ, для инициирования скважинных и шпуровых зарядов применяются патронированные водоземлюльсионные взрывчатые вещества (ЭВВ). Такие патронированные ЭВВ, как ПБ, в свою очередь инициируются от капсулей-детонаторов, например системы неэлектрического взрывания (СНВ) „Прима-ЕРА“. Особенностью таких ЭВВ является их низкая чувствительность к механическим и электростатическим воздействиям, что обуславливает высокую степень безопасности их применения в качестве ПБ [1].

Анализ литературных источников. Известно, что важнейшими условиями развития детонации в заряде ВВ являются параметры инициирующего импульса ПБ и физико-механические свойства ВВ, определяющие механизм возбуждения и передачи детонации по всей длине заряда. К факторам воздействия на режим детонации также относятся параметры скважинных зарядов и воздействие на них внешних условий, например, обводненности [2]. Для удлиненных зарядов малочувствительных ВВ немаловажным является количество точек инициирования, их месторасположение и время срабатывания. Иницирование таких зарядов, как правило, осуществляют от двух ПД, установленных в разных точках скважины. В некоторых случаях для увеличения инициирующего импульса в заряде ВВ совместно с ПД используют порошкообразный Аммонит БЖВ. Однако данный способ эффективен только для условий сухих забоев, так как аммонит в порошкообразном состоянии не обладает достаточной водостойчивостью. Для увеличения площади энергопередачи также используют ПД различных форм, конструкций и массы. Наиболее эффективными с этой точки зрения являются шашки цилиндрической, конической или рюмочнообразной формы. В зависимости от условий применения и способа инициирования к ПД предъявляются требования, направленные на обеспечение надежного инициирования при низкой чувствительности к механическим и различного рода внешним воздействиям, а также безопасности в санитарно-гигиеническом отношении к условиям труда.

Так как патронированные ЭВВ ЕРА-Р соответствуют вышеизложенным критериям, является предпочтительным их использование в качестве ПД для инициирования скважинных и других зарядов. Однако для их использования при проведении взрывных работ необходимо было определить параметры инициирующего импульса и их влияние на развитие детонации в заряде ВВ.

Цель работы – исследование особенностей детонационных процессов в скважинных зарядах мало-

чувствительных промышленных ВВ при инициировании их эмульсионными ВВ ЕРА-Р.

Материалы и методика исследований. В качестве объекта исследований были выбраны патроны ЭВВ марки ЕРА-Р диаметром 70–90мм и массой до 2кг, которые представлены тремя марками, с содержанием эмульсии от 78% до 100%. Отличительной особенностью этих ЭВВ является то, что ЭВВ марки ЕРА-Р2 и Р3 изготавливаются на основе газонасыщенной эмульсии с добавлением гранулированной аммиачной селитры до 20%, а ЭВВ марки ЕРА-Р1 изготавливается только на основе газонасыщенной эмульсии. Также в составе ЭВВ марки ЕРА-Р3 содержится до 2% алюминиевого порошка. Оценку инициирующего импульса патронов ЕРА-Р осуществляли путем сравнения параметров давления и скорости детонации.

Скорость детонации патронов ЕРА-Р определяли экспериментальным методом с использованием прибора „Explometr“, который позволяет проводить измерения на участке заряда длиной менее пяти его диаметров. Иницирование ПД ЕРА-Р при определении скорости детонации осуществляли от КД №8 неэлектрической системы взрывания (СНВ) Прима-ЕРА.

Давление детонации ЭВВ ЕРА-Р определяли расчетным методом по формуле [3]

$$P_d = \frac{\rho \cdot D^2}{k+1},$$

где: ρ – плотность ВВ; D – скорость детонации ВВ; k – показатель политропы.

Для сравнительной оценки параметров детонации патронов ЭВВ ЕРА-Р и тротиловой шашки по нижеприведенной формуле определяли время воздействия их инициирующего импульса

$$T_{nd} = \frac{l_{nd}}{D_{nd}},$$

где: l_{nd} – длина ПД; D_{nd} – скорость детонации ПД.

Результаты исследований. Результаты расчетов давления, времени воздействия импульса детонации, показатели плотности и скорости детонации ЭВВ ЕРА-Р, полученные экспериментальным путем, приведены в таблице.

Также для сравнения в табл.1 приведены справочные значения плотности, скорости и давления детонации для тротиловой шашки [4]. Из приведенных в табл. 1 данных видно, что скорость детонации ЭВВ „ЕРА“ в 1,1÷1,3, а давление импульса детонации в 2÷2,2 раза меньше, чем у тротиловой шашки, но время воздействия такого импульса патрона ЭВВ „ЕРА“ в 1,8÷2,1 раза больше. Сравнительную оценку влияния инициирующего импульса от патронов ЕРА-Р на детонацию зарядов малочувствительных ВВ проводили на примере использования в качестве скважинных зарядов ЭВВ ЕРА-АМ, Эмонит, Украинит ПШ-2Б, а также простейших ВВ типа Комполит ГС-5. С этой целью было подготовлено и взорвано четыре блока. Первый блок состоял из 68 скважин диаметром 250мм (рис. 1).

Сравнительные характеристики плотности взрывчатых веществ, давления и скорости детонации ЭВВ ЕРА-Р и тротиловой шашки

Наименование параметров	ЭВВ марки „ЕРА“			Шашка TNT
	Р-1	Р-2	Р-3	
Плотность ВВ, г/см ³	1,08±1,2	1,08±1,2	1,08±1,2	1,6
Скорость детонации, м/с	5200±5300	4500±4800	4800±5100	6200
Давление детонации, ГПа	7,3±8,4	5,5±6,9	6,9±7,8	15,9
Время воздействия импульса детонации, мс	0,042	0,046±0,049	0,043±0,046	0,023

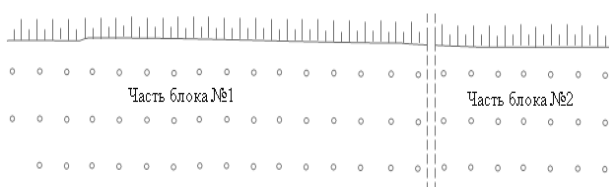


Рис. 1. Схема расположения скважинных зарядов на блоке гор – 210м карьера №1 ОАО „ЦГОК“

Блок условно разделяли на две части, первую часть (47 скв.) инициировали от шашек детонаторов ДПУ-830 Тл, а вторую (21 скв.) от ПД ЕРА-Р3: Ø70 мм, массой 1 кг и длиной 220 мм. Зарядка скважин осуществлялась ЭВВ Эмонит в полипропиленовые рукава. Длина скважинных зарядов соответствовала 7,0–7,5 м. ПД устанавливались в двух точках скважины. Нижний ПД на высоте 0,5±1,0 м от дна скважины, верхний на ~2,0 м выше нижнего. Инициирование ПД осуществлялось от СНВ „Прима-ЕРА“ с внутрискважинным замедлением 475 мс и одинаковой длиной волноводов.

Второй блок состоял из 80 скважин диаметром 110 мм (рис. 2).

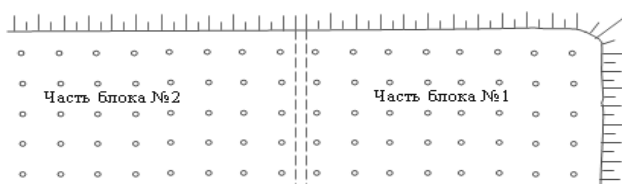


Рис. 2. Схема расположения скважинных зарядов на блоке №1/2010 ОАО „Новоапавловский карьер“

Блок разделяли на две части. Первую часть (40скв.) инициировали с помощью шашек детонаторов Т-800, а вторую (40скв.) – ПД ЕРА-Р2: Ø90 мм, массой 2 кг и длиной 280 мм. Конструкция скважинных зарядов представляла собой сплошную колонку заряда ЭВВ ЕРА-АМ длиной порядка 12,5–14 м. Скважинный заряд инициировался от одного ПД с использованием СНВ „Прима-ЕРА“ с внутрискважинным замедлением 450 мсек.

Третий блок состоял из 66 скважин диаметром 250 мм (рис. 3).

Как и в предыдущих случаях, блок разделяли на две части. Первую часть (46 скв.) инициировали от шашек детонаторов ДПУ-830 Тл, а вторую (20 скв.)

от ПД ЕРА-Р3: Ø70 мм, массой 1 кг и длиной 220 мм. Зарядка скважин осуществлялась Эмульсионными ВВ Украинит ПП-2Б в полипропиленовые рукава переменного диаметра. Длина скважинных зарядов соответствовала 7,5–8,0 м. ПД устанавливались в двух точках скважины, нижний ПД на высоте 0,5±1,0 м от дна скважины, верхний на ~2,0 м выше нижнего. Инициирование ПД осуществлялось от СНВ „Прима-ЕРА“ с внутрискважинным замедлением 475 мсек и одинаковой длиной волноводов.

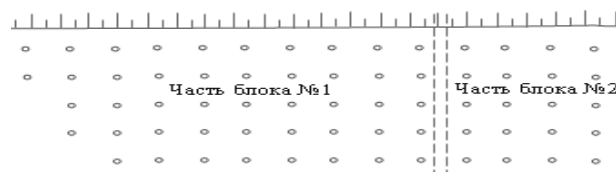


Рис. 3. Схема расположения скважинных зарядов на блоке горизонт – 218 м карьера №1 ОАО „ЦГОК“

Для проведения четвертого опытного взрыва был подготовлен блок, состоящий из 161 скважины диаметром 260 мм. Зарядку скважин осуществляли гранулированными ВВ Комполит ГС-5. Скважинный заряд инициировали от двух ПД с внутрискважинным замедлением 475 мсек. ПД из тротиловой шашки ДПУ-830 Тл размещался в нижней части заряда, ПД ЕРА-Р3 (Ø70 мм, массой 1 кг и длиной 220 мм) размещался в верхней его части. Схема скважинного заряда приведена на рис. 4.

Скорость детонации определяли при помощи прибора „VODMate“, который позволяет вести непрерывную ее регистрацию по всей длине заряда. Результаты измерений скорости детонации скважинных зарядов ЭВВ ЕРА-АМ, Эмонит, Украинит ПП-2Б приведены на рис. 5.

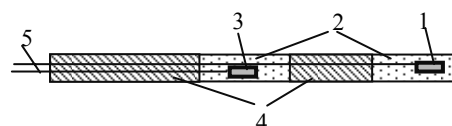


Рис. 4. Конструкция скважинного заряда при проведении взрывных работ на блоке гор -5/-20м карьере №1 ОАО „ ЦГОК“: 1 – тротиловая шашка ДПУ-830Тл; 2 – Комполит ГС-5; 3 – ПД ЕРА-Р3; 4 – забоечный материал; 5 – СНВ „Прима – ЕРА“

Из приведенных на рис. 5 данных видно, что кривая скорости, которая описывает процесс детонации в зарядах ЭРА-АМ, Эмонита и Украинита ПП-2Б, инициируемых от ПД ЭРА-Р, характеризуется постоянными параметрами по всей длине заряда, при этом процессы развиваются аналогично, как и при инициировании их тротильовыми шашками-детонаторами

типа Т-800 и ДПУ-830Гл. Также, на графиках а, б, д и е (рис. 5) видно, что для ПД, расположенных в двух точках с одинаковым внутрискважинным замедлением на расстоянии 2м, первым детонирует верхний ПД. Это обусловлено разной дистанцией прохождения инициирующего импульса по волноводам СНВ „Прима – ЭРА“ одинаковой длины.

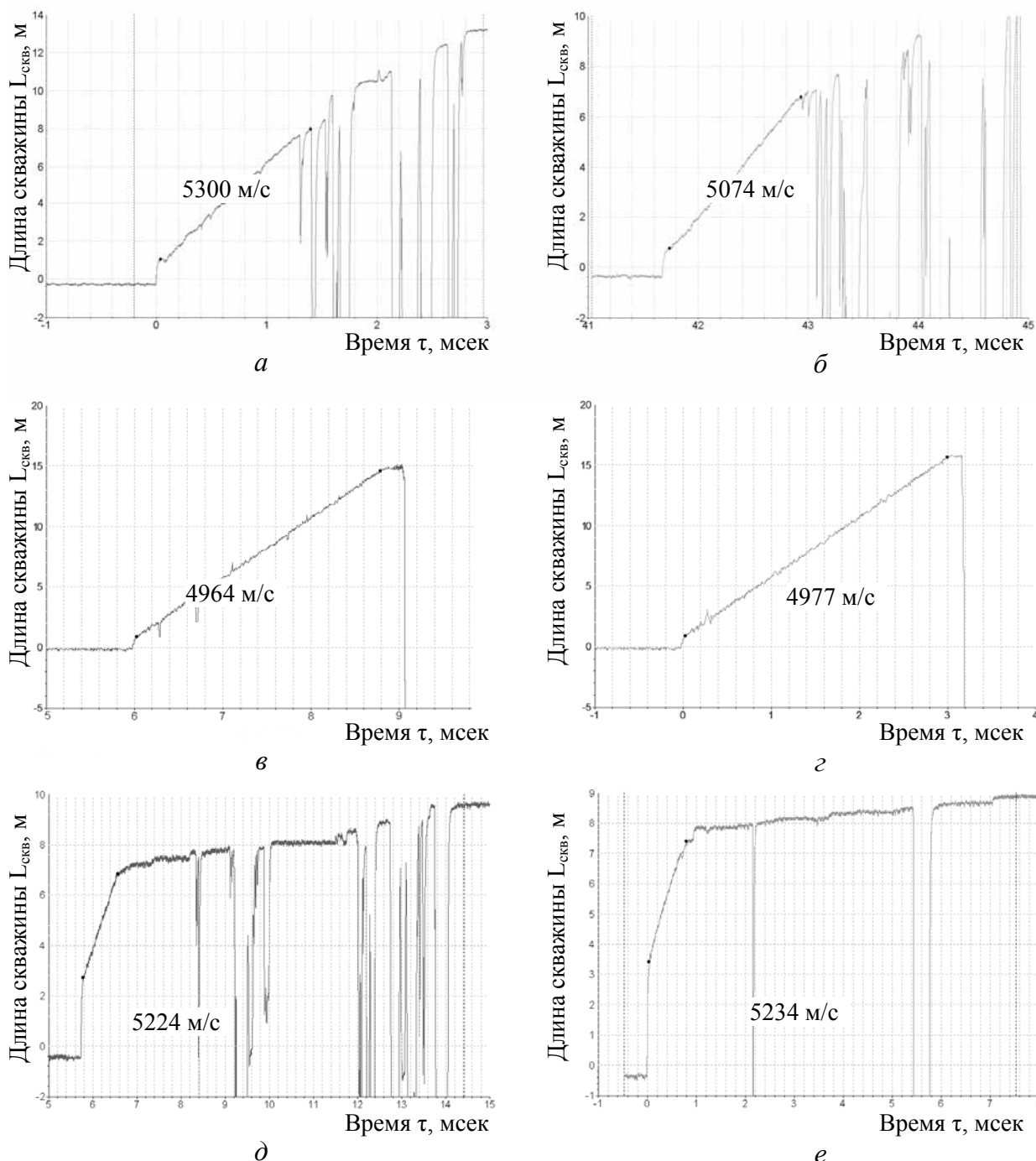


Рис. 5. Диаграммы скорости детонации скважинных зарядов ЭВВ различных конструкций: а) заряд ЭВВ УкраинитПП-2Б, промежуточный детонатор ЭРА-Р3, Ø70мм; б) заряд ЭВВ УкраинитПП-2Б, промежуточный детонатор шашка ДПУ-830Гл, в) заряд ЭВВ ЭРА-АМ, промежуточный детонатор ЭРА-Р2, Ø90мм; г) заряд ЭВВ ЭРА-АМ, промежуточный детонатор шашка Т-800; д) заряд ЭВВ Эмонит, промежуточный детонатор ЭРА-Р3, Ø70мм; е) заряд ЭВВ Эмонит, промежуточный детонатор шашка ДПУ-830Гл

Сравнительная оценка результатов взрывов показала, что детонация всех скважинных зарядов полная. При этом параметры дробления горной массы на участках блоков, инициируемых от шашек детонаторов, и контрольных участках, инициируемых ПД марки ERA-P, идентичны.

Следует отметить, что патроны ЭВВ марки „ERA“ обладают низкой чувствительностью к механическим воздействиям по сравнению с шашками из тротила или его смесей с гексогеном и тэном. Так чувствительность к удару для ЭВВ составляет, согласно рекомендациям ООН, более 50 Дж (тест 3а) и к трению – 360 Н (тест 3в), тогда как для тротила эти показатели соответственно составляют 28 Дж и 210 Н, а для гексогена 5 Дж и 84 Н. Кроме этого, патроны ЭВВ марки ERA-P не содержат токсичные компоненты и относятся к веществам 3 класса опасности, в отличие от тротила и гексогена, которые относятся к веществам 2 класса опасности.

В результате выполнения работ было установлено, что конструкция ПД ERA-P обеспечивает надежное крепление КД СНВ „Прима-ERA“ и не требует увеличения трудоемкости на сборку или вспомогательных материалов.

По результатам проведения опытных взрывов не зафиксировано воздействие внешних факторов, таких как обводненность, температура окружающей среды, а также температура скважинного заряда ВВ, которое заливалось в скважину в горячем виде с температурой до 90⁰С, на детонационные характеристики патронов ЭВВ ERA-P.

Выводы. На примере исследований детонации в зарядах малочувствительных ВВ получена сравнительная оценка параметров инициирующего импульса ПД ERA-P и шашек детонаторов.

Установлено, что при относительно низких показателях давления и скорости детонации ПД ERA-P, по сравнению с тротильными шашками, детонационные процессы в зарядах малочувствительных ВВ, инициируемых от ПД ERA-P, развиваются аналогично, как и при инициировании от тротильных шашек-детонаторов. Очевидно, что, в этом случае, низкое давление детонации ПД ERA-P компенсируется более продолжительным воздействием инициирующего импульса на заряд ВВ. Тем самым формируя более продолжительный инициирующий импульс, обеспечивающий надежное возбуждение устойчивой детонации ВВ в скважинных зарядах. Таким образом, показано, что ЭВВ марки ERA-P могут использоваться в качестве ПД для инициирования зарядов любых типов малочувствительных ВВ, в том числе в скважинах разных конструкций и степени обводненности.

Список литературы / References

1. Устименко Е.Б. Особенности свойств ЭВВ для безопасного применения при взрывных работах / Е.Б. Устименко, Л.Н. Шиман, А.Л. Кириченко //

Вісник КДПУ ім. Михайла Остроградського. – 2009 – Вип. 2/2009 (55), Ч. 1. – С. 86–89.

Ustimenko Ye.B. Peculiarities of water-emulsion explosive features for safe use during blasting / E.B. Ustimenko, L.N. Shiman, A.L. Kirichenko // Visnyk KDPU im. M. Ostrohradskoho. – 2009 – No.2/2009 (55), Part. 1. – P. 86–89.

2. 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: Наук.–вироб. збірник. – Кременчук: КДПУ ім. М. Остроградського. – 2010 – Вип. №1 (5). – С. 60–68.

Estimation of influence of terms of application of blended explosives on their blasting features during realization of explosive works // L.N. Shiman, Ye.B. Ustimenko, A.L. Kirichenko, L.I. Podkamennaya / Suchasni resursozberihaiuchi tekhnolohii girnychogo vyrobnytstva: Nauk.-vyrob. sbirnyk. – Kremenчук: KDPU im. M. Ostrohradskoho. – 2010 – No.1 (5). – P. 60–68.

3. Андреев К.К. Теория взрывчатых веществ / К.К. Андреев, А.Ф. Беляев. – М.: ГНТИ ОБОРОНГИЗ, 1960. – 247 с.

Andreyev K.K. Theory of explosive materials / K.K. Andreyev, A.F. Belyayev. – M.: GNТИ OBORONGIZ, 1960. – 247 p.

4. Росси Б.Д. Промышленные взрывчатые вещества и средства взрывания / Б.Д. Росси, З.Г. Позняков. – М.: Недра, 1971. – 93 с.

Rossi B.D. Industrial explosive materials and firing agents / B.D. Rossi, Z.G. Poznyakov. – M.: Nedra, 1971. – 93 p.

За результатами експериментальних досліджень встановлено детонаційні властивості патронів-бойовиків емульсійної вибухової речовини марки ERA-P. Проведено оцінку параметрів ініціюючого імпульсу емульсійної вибухової речовини ERA-P у порівнянні з тротильними шашками-детонаторами, та їх впливу на розвиток процесу детонації у свердловинних зарядах малочутливих вибухових речовин.

Ключові слова: детонація, проміжні детонатори, емульсійні вибухові речовини

On the base of the results of experimental research the detonation properties of ERA-P emulsion explosive primed cartridges have been determined. The estimation of parameters of ERA-P emulsion explosives initiating pulse in comparison with TNT blocks and their impact on detonation development in blast-hole charges of insensitive explosive materials has been carried out.

Keywords: detonation, boosters, emulsion explosives

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук. В.В. Соболевим. Дата надходження рукопису 15.02.11