

УДК 622.235.

Чернов Е.Д. – ШКЗ «Импульс»
Брюханов А.М., Манжос Ю.В., Терентьева Л.Н. – МакНИИ

Об электродетонаторах нового поколения

Государственный Макеевский научно-исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности (МакНИИ), 86108, Украина, г. Макеевка, ул. Лихачева, 60

Шосткинский казенный завод «Импульс», 41101, г. Шостка, Сумской обл., ул. Куйбышева, 41.

Рассмотрены вопросы безопасности и эффективности ведения взрывных работ в угольных шахтах Украины с помощью отечественных и зарубежных электродетонаторов. приведены научно-обоснованные интервалы замедлений, необходимые для достижения наибольшей эффективности ведения взрывных работ в угольных шахтах.

В настоящее время в угольной промышленности Украины имеет место тенденция к наращиванию объемов добычи угля, что обуславливает в свою очередь рост объемов буровзрывных работ.

Для дальнейшего повышения эффективности и безопасности буровзрывных работ в угольных шахтах, необходимо создание новых электродетонаторов (ЭД), применение которых обеспечило бы максимально возможную эффективность взрывных работ. При этом, учитывая что большинство (87%) угольных шахт Украины являются опасными по газу и (или) пыли, новые ЭД должны обладать повышенными параметрами безопасности.

В настоящее время в угольных шахтах Украины для ведения взрывных работ в забоях выработок, опасных по газу и (или) пыли, и при отработке пластов, опасных (или угрожаемых) по внезапным выбросам угля, породы и газа, используют электродетонаторы предохранительные короткозамедленного действия типа ЭДКЗ-ПМ (ЭДКЗ-П) и электродетонаторы предохранительные типа ЭД-КЗ-ПКМ.

Эти электродетонаторы (ЭД) серийно выпускает Шосткинский казенный завод «Импульс» (ШКЗ «Импульс»): ЭДКЗ-ПМ – в соответствии с ГОСТ 21806-76 восьми серий замедления, включая нулевую, с общим временем замедления 120мс; ЭД-КЗ-ПКМ – в соответствии с ТУ 84-1162-87 с Изменением №1 десяти серий замедления, включая нулевую, с общим временем замедления 200 мс.

Известно, что эффективность взрывных работ – коэффициент использования шпура, наличие крупногабаритных кусков в отбитой горной массе (негабариты), отброс отбитой горной массы, сохранность крепи и т.д. – в значительной мере зависит от промежутка времени между срабатыванием ЭД в соседних шпуровых зарядах (τ_r - гарантированного интервала) и наличия достаточного количества серий замедления, особенно в забоях сечением более 18м² шахт, опасных по газу и (или) пыли.

Согласно рекомендациям Департамента горнорудных работ США при взрывных работах в угольных шахтах время замедления ЭД между соседними шпуровыми зарядами должно быть не менее 25мс и не более 100мс. «Номинальная длительность замедления, относящаяся к наименьшему периоду задержки, равняется 25мс, а длительность интервалов между последующими периодами составляет 50-75мс» (1). Такие интервалы времени обеспечивают с одной стороны образование полости в разрушаемом взрывом горном массиве, облегчающей нормальную «работу» соседнего шпурового заряда (25мс), с другой стороны – возможность взаимодействия (дополнительного дробления) отбитой горной массы двумя соседними шпуровыми зарядами.

В соответствии с этими рекомендациями американская фирма ДЮПОН-ЕТИ выпускает для угольных шахт предохранительные ЭД 9ти серий с замедлением первых четырех серий через 75мс, остальных пяти серий через 50мс, максимальное время замедления составляет 550 мс. Предохранительные ЭД производства чешской фирмы «ЭВС Збройовка» типа DeM-Zb-N имеют 16 серий замедления с интервалом 23 мс и максимальным временем замедления 368 мс (по номиналу). Здесь следует указать, что ДНАОП.00-1.17 «Единые правила безопасности при взрывных работах» (ЕПБ при ВР) разрешают применять в угольных шахтах предохранительные ЭД с максимальным временем замедления 320мс (с учетом разброса по времени срабатывания) при ведении взрывных работ в забоях выработок, где имеются газовыделение и взрывчатая угольная пыль, для инициирования зарядов ВВ только V и VI классов – требования § 224, при этом интервал замедления между смежными шпурами должен быть не более 40мс (по номиналу) – требование § 234.

Поскольку и отечественная и зарубежная промышленность производят ВВ V и VI классов только на основе нитроэфиров, для их инициирования достаточно в электродетонаторах вторичного заряда (из ТЭНа, гексогена или пентритола) величиной 0,2-0,4г. В чешских электродетонаторах типа DeM-Zb-N эта величина составляет 0,60-0,65 г пентритола. Такую величину вторичного заряда из гексогена цементированного или ТЭНа намечено использовать в электродетонаторах нового поколения, что с одной стороны обеспечит ЭД предохранительными свойствами, т.е. необходимость наносить на гильзу ЭД солевую предохранительную оболочку отпадает, с другой стороны – создает резерв по высоте в общей конструкции электродетонатора.

Этот резерв по высоте будет использован следующим образом. Аналогично конструкции электродетонатора мгновенного действия повышенной безопасности типа ЭД-ОПБ (ТУУ.3-50-14314452-142-2001) в конструкции электродетонаторов нового поколения будет использовано пламеотсекающее устройство, защищающее ЭД от взрывов при механических воздействиях на него в процессе выполнения технологических операций в забое: бурение шпуров, разделка лунок под стойки крепи, уборка и погрузка отбитой горной массы и т.п. Взрыв отказавшего шпурового заряда при механических воздействиях на ЭД в процессе выполнения перечисленных операций в забое является причиной каждого второго – третьего несчастного случая при ведении буровзрывных работ в угольных шахтах Украины (исключая взрывы пылегазовоздушной шахтной атмосферы). Использо-

вание пламяотсекающего устройства задействует 4-5 мм резерва по высоте ЭД. Остаток резерва будет использован для обеспечения ЭД оптимальными временными параметрами. Известно, что время срабатывания электродетонатора с замедлением зависит, в основном, от высоты запрессовки замедляющего состава и его рецептуры. Известно так же, что стабильность горения зам. состава тем выше, чем больше его скорость горения. В предохранительных ЭД отечественного производства в последних сериях замедления используются замсоставы со сравнительно невысокой скоростью горения из-за того, что высота гильзы ЭД всех серий замедления составляет 72мм по чертежу и использовать колпачки замедлителя высотой более 25мм для изготовления замедлителей на быстрогорящих составах не представляется возможным. В электродетонаторах зарубежного производства, например, чешских DeM-Zb-N предпочтение отдают по возможности быстрогорящим замсоставам, за счет чего высота гильз ЭД колеблется в зависимости от серий замедления от 50 до 86мм. Это обеспечивает меньший разброс по времени срабатывания ЭД с временем замедления более 100мс по сравнению с аналогичными ЭД отечественного производства. Временные параметры электродетонаторов “ЭДКЗ–П, ЭДКЗ–ПМ, ЭД–КЗ–ПКМ “ приведены в табл. 1 и DeM -Zb-N* приведены в табл. 2.

Таблица 1.

Временные параметры серийно выпускаемых отечественной промышленностью предохранительных ЭД

Тип ЭД	Номер серии замедления	Время срабатывания, мс			Минимальный гарантированный интервал замедления, мс*
		номинал	минимальное	максимальное	
ЭДКЗ–ПМ	0П	4	2	6	2
	1ПМ	15	8	22	1
	2ПМ	30	23	37	1
	3ПМ	45	38	52	1
	4ПМ	60	53	67	3
	5ПМ	80	70	90	0
	6ПМ	100	90	110	0
ЭДКЗ–П	1П	25	18	32	
	2П	50	43	57	12
	3П	75	65	85	11
	4П	100	90	110	8
	5П	125	115	135	5

* Времена срабатывания DeM -Zb-N получены при контрольных испытаниях, проведенных МакНИИ

** Минимальный гарантированный интервал – это разница между минимальным значением времени срабатывания ЭД серии замедления n+1 и максимальным – ЭД серии замедления n ($\tau_{\min n+1} - \tau_{\max n}$)

ЭДКЗ-ПКМ	1ПКМ	20	18	32	5
	2ПКМ	40	38	52	12
	3ПКМ	60	53	67	6
	4ПКМ	80	68	87	1
	5ПКМ	100	88	112	1
	6ПКМ	125	115	137	3
	7ПКМ	150	138	162	1
	8ПКМ	175	163	187	1
	9ПКМ	200	188	212	1

Таблица 2.

Временные параметры электродетонаторов DeM -Zb-N

Номер серии замедления	Номинальное время срабатывания	Разброс по времени срабатывания		Минимальный гарантированный интервал, мс
		τ_{\min}	τ_{\max}^*	
0	4	2(2)	4(5)	19(14)
1	23	23(19)	28(24)	14(12)
2	46	42(36)	48(44)	17(17)
3	69	65(61)	70(70)	14(10)
4	92	84(80)	95(98)	20(16)
5	115	115(114)	122(127)	6(4)
6	138	128(131)	141(148)	17(10)
7	161	158(158)	167(169)	18(9)
8	184	175(178)	187(191)	9(5)
9	207	196(196)	204(224)	18(-9)**
10	230	222(215)	232(235)	13(4)
11	253	245(239)	252(255)	16(10)
12	276	268(265)	284(289)	14(8)
13	299	298(297)	304(309)	12(7)
14	322	316(316)	330(335)	

Кроме того, одновременное срабатывание хотя бы двух соседних шпуровых зарядов приводит к значительному увеличению разброса отбитой взрывом горной массы, к образованию крупногабаритных кусков отбитой горной массы («негабаритам») и разрушению крепи. Исходя из этого, можно сформулировать требования к временным параметрам ЭД нового поколения: гарантированный интервал должен быть максимально возможным, особенно у первых серий замедления (1^{ой} и 2^{ой}) для образования достаточной врубовой полости (второй плоскости

* Значения, приведенные в скобках получены при испытаниях, проведенных МакНИИ

** получено единичное «перекрещивание» серий замедления - τ_{\min} 9-ой серии 224 мс, а τ_{\max} 10-й серии 215

обнажения); количество серий замедления должно быть оптимальным. При этом необходимо учитывать требования § 234 ЕПБ при ВР – интервал замедления должен быть не более 40мс (по номиналу) между смежными сериями замедления.

С учетом этих требований ЭД нового поколения будут выпускаться с 11^ю сериями замедления, включая и нулевую, с общим временем замедления до 300мс (по номиналу). Разброс по времени срабатывания каждой конкретной серии замедления новых ЭД рассчитан с учетом преимуществ нового принципа замедления и технологических возможностей ШКЗ «Импульс». Временные параметры ЭД нового поколения приведены в таблице 3.

Таблица 3.

Номер серии	Время срабатывания, мс			Минимальный гарантированный интервал $\tau_{\min n+1}-\tau_{\max n}$, мс
	Номинал	min	Max	
0	4	2	6	6
1	15	12	18	28
2	50	46	54	15
3	75	69	81	12
4	100	93	107	15
5	130	122	138	13
6	160	152	169	12
7	190	181	199	11
8	220	210	230	18
9	260	248	272	18
10	300	290	320	

Для сравнения в таблице 4 приведены данные по величинам минимального гарантированного интервала ЭД чешского производства DeM-Zb-N и ЭД нового поколения.

Таблица 4.

Номер серии замедления	Минимальный гарантированный интервал, мс.		
	DeM -Zb-N по данным ЭВС «Збройовка»	DeM -Zb-N по данным МакНИИ	ЭД нового поколения
1-0	19	14	6
2-1	14	12	28
3-2	17	17	15
4-3	14	10	12
5-4	20	16	15
6-5	6	4	13
7-6	17	10	12
8-7	18	9	11
9-8	9	5	18
10-9	18	-9*	18

* Получено единичное перекрещивание серий замедления $\tau_{\max 9^{\text{й}}}$ серии замедления – 224 мс, а $\tau_{\min 10^{\text{й}}}$ серии – 215 мс.

Как видно из табл.4 ЭД нового поколения по временным параметрам не уступают ЭД чешского производства DeM-Zb-N и, имея значительную величину минимального гарантированного интервала между 1^{ой} 2^{ой} сериями замедления, больше подходят к условиям угольных шахт Украины, учитывая требования §234 ЕПБ при ВР, т.к. в случае пропуска 2^{ой} серии DeM-Zb-N между 1^{ой} серией (23мс) и 3^{ей} серией (69мс) временной интервал (по номиналу) составит 46мс, что указанным параграфом запрещено.

Заключение

В целом ЭД нового поколения характеризуется следующим.

ЭД предназначены для инициирования шпуровых зарядов ВВ У и УІ классов при ведении взрывных работ в забоях выработок угольных шахт, особо опасных по газу и пыли.

ЭД будут иметь 11 серий замедления, включая и нулевую с общим временем замедления 300мс (по номиналу). По величине гарантированного интервала между сериями замедления новые ЭД аналогичны чешским DeM-Zb-N, однако по номиналам серий замедления новые ЭД больше подходят для условий угольных шахт Украины, чем DeM-Zb-N .

По электрическим параметрам и инициирующей способности ЭД нового поколения будут аналогичны ЭД чешского производства DeM-Zb-N. По предохранительным свойствам новые ЭД, также приближаются к DeM-Zb-N. По устойчивости к механическим воздействиям новые ЭД значительно превышают не только чешские DeM-Zb-N, но и все типы ЭД ,выпускаемые ведущими фирмами мира для угольной промышленности; они выдерживают без взрывов ударные нагрузки на порядок выше –до 46 Дж..

По эффективности магнитной сепарации отказавших ЭД из отбитой горной массы новые ЭД будут иметь значительное преимущество по сравнению с зарубежными, поскольку гильза и корпус замедлителя новых ЭД выполнены из стали, а гильзы зарубежных ЭД либо алюминиевые, либо из промышленной бронзы, а корпуса замедлителей – из цинка.

Организация выпуска и внедрение в угольную промышленность Украины электродетонаторов нового поколения позволит повысить эффективность и значительно снизить травматизм при буровзрывных работах в шахтах.

Литература

1. Барон В.Л., Кантор В.Х. «Техника и технология взрывных работ в США» - М. Недра,1989г. – 370с (см. стр. 118).