

УДК 622.235.22

Исследование влияния способа инициирования шпурового заряда на антигризутность ВВ

Калякин С. А.

Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина

Аннотация

В статье приведены результаты исследований, отражающих влияние способа инициирования шпурового заряда ВВ на его антигризутность при взрывных работах в угольных шахтах. Дальнейшие работы необходимо проводить в направлении изучения влияния внутренней забойки на время истечения продуктов взрыва ВВ из шпуров.

В угольных шахтах, опасных по газу и взрывам угольной пыли для ведения взрывных работ в забоях горных выработок разрешено применение только специальных взрывчатых веществ (ВВ), которые получили название предохранительных ВВ (ПВВ). Принципиальным отличием ПВВ от не предохранительных ВВ является то, что они имеют пониженную способность воспламенять взрывоопасную среду – метано-воздушную (МВС) и пылевоздушную (ПВС) смеси, то есть обладают определенным уровнем предохранительных свойств. Вместе с тем, шпуровые заряды ПВВ в ряде случаев могут вызывать воспламенение МВС или ПВС при взрывных работах. В результате этого могут произойти аварии, связанные с взрывами взрывоопасной среды. Поэтому необходимо совершенствование как самих ПВВ, так и способов их применения, чтобы обеспечить высокую безопасность взрывных работ в угольных шахтах. Решение этих проблем при взрывных работах является актуальной задачей, имеющей большое научное и практическое значение для техники безопасности и охраны труда.

Анализ последних исследований и публикаций показал, что уровень предохранительных свойств ПВВ существенно зависит от способа инициирования его заряда в шпуре. При обратном способе инициирования шпурового заряда, когда патрон-боевик расположен у дна шпура, предохранительные свойства ПВВ снижаются. Приведенные в работе [1] результаты исследований показали, что эффективность взрывных работ при применении обратного способа инициирования шпуровых зарядов увеличивается примерно на 15–17 % по сравнению с прямым способом инициирования. Вместе с тем, анализ результатов испытаний ПВВ IV-VII классов в канальной мортире опытного штрека показал, что при обратном способе инициирования зарядов ВВ предельный заряд, не воспламеняющий взрывоопасную смесь меньше, чем при прямом способе. Этот экспериментальный факт специалисты, критикующие обратный способ инициирования используют как аргумент, указывающий, по их мнению, на снижение безопасности взрывных работ в опасных забоях выработок за счет уменьшения антигризутности шпуровых зарядов при обратном способе инициирования ВВ.

Однако за рубежом в угольной промышленности целого ряда стран применяют исключительно способ обратного инициирования шпуровых зарядов ВВ, причем приверженцы этого способа часто делают ссылки на прямые эксперименты, проведенные в шахтах Германии, Польши, Японии [2]. Результаты этих исследований позволили установить, что при взрывных работах с обратным способом инициирования шпуровых зарядов не было отличий в антигризутности зарядов ВВ, которые инициировали прямым способом. Таким образом, возникла конфликтная ситуация в объяснении прямо противоположных результатов применения и испытаний ПВВ, которые предназначены для угольных шахт. Внесение ясности в этот вопрос является важным ключом в решении проблемы безопасности взрывных работ в угольных шахтах и антигризутности ВВ.

Целью настоящей работы является дать обстоятельное объяснение, почему при обратном способе инициирования заряда ПВВ, находящегося в канале мортиры происходит снижение его уровня предохранительных свойств, который характеризуется предельным зарядом, а в

реальных условиях взрывания по углю и породам в шахтах антигризутность шпурового заряда остается практически неизменной.

Для достижения поставленной задачи необходимо:

- объяснить, почему происходит уменьшение предельного заряда ПВВ в канальной мортире при его взрывании обратным способом инициирования по сравнению с прямым способом;
- установить, как влияет среда, разрушаемая взрывом заряда на антигризутность ВВ во взрывоопасной среде.

Рассмотрим условия истечения продуктов взрыва ПВВ из канала мортиры при его взрывании. Истечение продуктов взрыва ВВ из канала мортиры характеризуется их удельным расходом – B :

$$B = W \cdot S_{к.м.} \cdot \rho_{зар}, \text{ кг/с}, \quad (1)$$

где W – скорость истечения продуктов взрыва из мортиры, м/с;

$S_{к.м.}$ – сечение канала мортиры, м²;

$\rho_{зар}$ – плотность заряжения ПВВ в канале, кг/м³.

От удельного расхода зависит время – t_u , необходимое для истечения из канала мортиры продуктов взрыва заряда с массой ВВ – $m_{ВВ}$. Оно определяется по формуле:

$$t_u = \frac{m_{ВВ}}{B} = \frac{\ell_{к.м.}}{W}, \text{ с}, \quad (2)$$

где $\ell_{к.м.}$ – длина канала мортиры, вдоль которого происходит движение продуктов взрыва ВВ.

При прямом способе инициирования заряда путь движения продуктов взрыва ВВ равен длине канала стальной мортиры, а при обратном он иной и равен:

$$\ell_{к.м.}^o = \frac{982,936 \cdot m_{ВВ}}{\rho_{ВВ}} + 0,05,$$

где $\rho_{ВВ}$ – плотность ВВ в заряде.

Различие обоих способов инициирования при взрывании заряда ПВВ связано с местом нахождения патрона-боевика в заряде. Поэтому при прямом способе путь движения продуктов взрыва ПВВ по каналу мортиры значительно длиннее, так как при обратном он равен 0,05 м – расстоянию от заряда до устья канала. В связи с этим получается, что время истечения продуктов взрыва заряда ПВВ из канала мортиры при обратном способе инициирования заряда существенно меньше, чем при прямом способе. В табл. 1 приведены результаты расчетов времени истечения продуктов взрыва ПВВ из канала мортиры в зависимости от величины их предельных зарядов.

Результаты показывают, что время, в течение которого продукты взрыва заряда ПВВ истекают из канала мортиры, может оказывать существенное влияние на уровень предохранительных свойств ПВВ. Однако это влияние не равнозначно для различных ПВВ, сильно отличающихся по уровню предохранительных свойств. Так, ПВВ с низким уровнем предохранительных свойств (III и IV классы) имеют различие между предельными зарядами, полученными при прямом и обратном способе инициирования примерно в 2,5–3 раза, тогда как время истечения их продуктов взрыва при прямом способе инициирования больше времени при обратном в 21,8–27,3 раза. По мере повышения уровня предохранительности ПВВ различия величин предельных зарядов и времени истечения продуктов взрыва из канала мортиры при прямом и обратном способах инициирования существенно уменьшаются. Для высокопредохранительных ПВВ различие предельных зарядов при прямом и обратном способах составляет всего 1,2–1,5 раза, а время истечения продуктов взрыва из канала при прямом инициировании больше в 2,6–2,9 раза, чем при обратном. Учитывая вышеизложенное, был проведен корреляционный анализ данных табл. 1 и установлена корреляционная связь между величиной предельного заряда ПВВ в канале мортиры и временем истечения продуктов взрыва ВВ при прямом или обратном способе инициирования заряда. С помощью компьютерной программы Curve Expert 1.3 были получены эмпирические зависимости величины предельного

заряда – m_{np} от времени истечения продуктов взрыва. При прямом способе инициирования эмпирическая зависимость имеет следующий вид:

$$m_{np}^n = 1,6 - 2,082 \exp[-3,4347 t_{u.n}^{2,8483}], \text{ кг}, \quad (3)$$

коэффициент корреляции $|r| = 0,999$, среднеквадратичное отклонение $S = 0,03227$, при обратном способе вид зависимости следующий:

$$m_{np}^o = 2,2184533[0,98133664 - \exp(-2,4022323 t_{u.o})], \text{ кг}, \quad (4)$$

($|r| = 0,998$; $S = 0,0429$),

где m_{np}^n, m_{np}^o – предельные заряды ПВВ при прямом и обратном инициировании заряда соответственно;

$t_{u.n}, t_{u.o}$ – время истечения продуктов взрыва из канала mortar при прямом и обратном способах инициирования соответственно, мс.

Табл. 1. Время истечения продуктов взрыва предельных зарядов ПВВ из канала mortar

№	ПВВ	Прямое инициирование заряда				Обратное инициирование заряда				$\frac{t_u^n}{t_u^o}$
		$\ell_{к.л.},$ м	W, м/с	$m_{ВВ}^n,$ кг	$t_u^n,$ мс	$\ell_{к.л.},$ м	W, м/с	$m_{np}^o,$ кг	$t_u^o,$ мс	
1	Аммонит АП-5ЖВ	1,05	2350,0	0,120	0,4468	0,097	5920,7	0,05	0,01635	27,3
2	Аммонит Т-19	1,05	2262,8	0,18–0,20	0,464	0,1249	5854,6	0,08	0,0213	21,8
3	Аммонит ПЖВ-30 (опытный образец)	1,05	2004,0	~0,4	0,524	0,284	5210,4	0,20	0,05451	9,6
4	Угленит Э-6	1,05	1231,0	1,4–1,5	0,853	0,758	3575,9	0,9	0,212	4,0
5	Угленит 13П	1,05	1332,0	1,0–1,2	0,7883	0,5334	3769,6	0,6	0,1415	5,6
6	Угленит 12ЦБ	1,05	1050,9	1,4–1,5	0,9991	0,9237	2759,8	~1,2	0,3347	2,9
7	Угленит 10П	1,05	1220,4	1,4–1,5	0,86	0,8557	2963,8	1,0	0,2887	2,9
8	Ионит	1,05	915,7	1,5–1,6	1,147	1,05	2429,4	1,4	0,4322	2,6

Также была установлена корреляционная связь между отношением предельных зарядов в mortar при различных способах инициирования ВВ – $\frac{m_{np}^n}{m_{np}^o}$ и отношением их времени

истечения продуктов взрыва из канала – $\frac{t_{u.n}}{t_{u.o}}$. Эта зависимость имеет вид:

$$\frac{m_{np}^n}{m_{np}^o} = 1,904 \left[1,408 - \exp(-0,1107 \left\{ \frac{t_{u.n}}{t_{u.o}} \right\}) \right], \quad (5)$$

($|r| = 0,993$; $S = 0,076$).

Полученные зависимости (3), (4), (5) позволяют решить задачу о влиянии способа инициирования зарядов ПВВ на их антигрозутность при взрывных работах. В основу решения этой задачи положим установленные экспериментальные факты. Первый факт – это снижение предельного заряда ПВВ при уменьшении времени истечения продуктов взрыва ПВВ из канала mortar при его взрывании в МВС (зависимости (3) и (4)). Второй факт – снижение величины отношения массы предельных зарядов ПВВ, полученных при прямом и обратном способах инициирования при снижении отношения времени истечения продуктов взрыва при этих

способа взрывания. Третий факт установлен в работе [3] и показывает, что величины предельных зарядов ПВВ, взрывааемых в канале стальной мортиры и мортире из разрушенного материала (углецементные блоки) также существенно отличаются. Это различие можно установить из зависимостей, полученных в работе [3], позволяющих определить отношение масс зарядов ПВВ, взрывааемых в каналах разрушаемого углецементного блока и стальной мортиры –

$\frac{m_{np}^p}{m_{np}^m}$, которое зависит от отношения величин показателя, характеризующего уровень

предохранительных свойств ПВВ – $\Pi_{к.м.}$ в канале мортиры:

$$\frac{m_{np}^p}{m_{np}^m} = \frac{57,932}{30,27644} \left(\frac{\Pi_{к.м.}}{\Pi_{к.м.}} \right)^{-0,103}. \quad (6)$$

Сравнивая уравнения (5) и (6) можно установить интересующую нас истину, связанную с влиянием на антигрозутность ПВВ способа инициирования заряда в шпуре. Для конкретного ПВВ параметры безопасности взрывания характеризуются показателем $\Pi_{к.м.}$, который не зависит от условий взрывания и можно принять $\left(\frac{\Pi_{к.м.}}{\Pi_{к.м.}} \right)^{-0,103} = 1$. Тогда подставляем уравнение (6) в

уравнение (5) и решаем его, полагая $\frac{m_{np}^p}{m_{np}^m} = \frac{m_{np}^n}{m_{np}^o}$. Принятое равенство получено из несложных

рассуждений, суть которых в следующем. Предельный заряд ПВВ зависит от предела прочности материала мортиры, в которой он взрывается при определенном способе инициирования. В случае разрушаемой мортиры он увеличивается и величину возрастания можно установить согласно уравнению (6). При изменении способа инициирования заряда в канале стальной мортиры с прямого на обратный предельный заряд снижается и его относительную величину можно установить из уравнения (5). Реальные условия проведения взрывных работ характеризуются тем, что необходимо учитывать одновременно как степень разрушения горных пород взрывом, так и способ инициирования заряда ПВВ. При этом вследствие разрушения горной породы взрывом заряда ПВВ его уровень предохранительных свойств повышается, а в случае обратного способа инициирования по сравнению с прямым снижается.

Подставляем уравнение (6) в уравнение (5) и решаем его при критических условиях

$\frac{m_{np}^p}{m_{np}^m} = \frac{m_{np}^n}{m_{np}^o}$, находя граничное значение отношения $\frac{t_{u.n}}{t_{u.o}}$:

$$\frac{57,932}{30,27644} \left(\frac{\Pi_{к.м.}}{\Pi_{к.м.}} \right)^{-0,103} = 1,904 \left[1,408 - \exp \left(-0,1107 \left\{ \frac{t_{u.n}}{t_{u.o}} \right\} \right) \right]$$

или

$$1,934 = 1,904 \left[1,408 - \exp \left(-0,1107 \left\{ \frac{t_{u.n}}{t_{u.o}} \right\} \right) \right].$$

Решая это уравнение, находим граничное значение отношения $\frac{t_{u.n}}{t_{u.o}} = 8,45$, которое

соответствует критическим условиям антигрозутности ВВ. Полученное значение указывает на то, что обратный способ инициирования заряда в канале мортиры или в шпурах, пробуренных в разрушаемой породе, действительно может оказывать влияние на антигрозутность ПВВ. Однако

это влияние начинает сказываться только в том случае, когда отношение $\frac{t_{u.n}}{t_{u.o}} > 8,45$, а при

меньших значениях этого отношения влияния не будет. Вот почему когда эксперименты проводили в зарубежных шахтах, существенной разницы в антигрозутности ПВВ при обратном и

прямом способах инициирования не было замечено. Согласно данным табл. видно, что отношения $\frac{t_{u.n}}{t_{u.o}} > 8,45$ имеют только ПВВ с низким уровнем предохранительности (III и IV

классы), а отношение $\frac{t_{u.n}}{t_{u.o}} < 8,45$ имеют высокопредохранительные ПВВ (V и VI классы),

которые по своим свойствам близкие к зарубежным ПВВ. Поэтому на антигризутность зарядов ПВВ V и VI классов способ обратного инициирования не оказывает влияние, тогда как для зарядов ПВВ III и IV классов его влияние может быть существенным и снизит безопасность взрывных работ. Таким образом, изучение такого фактора взрыва заряда ПВВ в канале mortar как время истечения его продуктов взрыва показало, что существуют условия, когда время истечения может быть таким, что на антигризутность ПВВ оказывает влияние способ инициирования заряда.

Выводы

Увеличение времени истечения продуктов взрыва ПВВ из канала mortar (шпура) во взрывоопасную смесь приводит к возрастанию предельного заряда как при прямом, так и при обратном способе инициирования. При отношении времени истечения продуктов взрыва ПВВ в канальной mortar при прямом способе инициирования к времени истечения при обратном способе, меньшем 8,45, в реальных условиях взрывания шпуровых зарядов по углю и породе обратный способ инициирования заряда не окажет влияния на антигризутность ПВВ при взрывных работах в шахтах. Дальнейшие работы необходимо проводить в направлении изучения влияния внутренней забойки на время истечения продуктов взрыва ВВ из шпуров.

Библиографический список

1. Калякин С. А. Значение факторов, определяющих безопасные и эффективные параметры способа обратного инициирования заряда ВВ // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах / Сб. науч. тр. – МакНИИ: Макеевка-Донбасс. – 2004, часть 1. – С. 164–177.
2. Бутуков А. Ю., Толстых К. С., Солопов Г. Ф. О способах инициирования зарядов ВВ в угольных шахтах. Уголь Украины, - 1997, № 8. – С. 24–26.
3. Калякин С. А. О взаимосвязи величины уровня предохранительности ВВ с их работоспособностью // Наукові праці ДонНТУ. Серія гірничо-геологічна. Вип. 72 / Ред. Башков Е. О. – Донецьк, ДонНТУ, 2004. – С. 76–83.

© Калякин С. А., 2008.