

DOI: 10.25558/VOSTNII.2019.10.2.003

УДК 622.235:622.33.012

© П.И. Кушнеров, Д.Н. Батраков, К.А. Плешаков, 2019

П.И. КУШНЕРОВ

д-р техн. наук, профессор
научный консультант
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово
e-mail: vostnii-bvr@yandex.ru



Д.Н. БАТРАКОВ

заведующий лабораторией
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово
e-mail: vostnii-bvr@yandex.ru



К.А. ПЛЕШАКОВ

старший научный сотрудник
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово
e-mail: k.pleshakov@nc-vostnii.ru



БЕЗОПАСНОСТЬ ГРУППОВОГО ВЗРЫВА ШПУРОВЫХ ЗАРЯДОВ НА ШАХТАХ ПРИ КОРОТКОЗАМЕДЛЕННОМ СПОСОБЕ ВЗРЫВАНИЯ

Рассмотрены основные проблемы безопасности взрывных работ на угольных шахтах России. Учены результаты исследований, выполненных за последние 30 лет. Приведены статистические данные по авариям при взрывных работах и сделан анализ технического уровня научных разработок.

Ключевые слова: ШПУРОВЫЕ ЗАРЯДЫ, ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ, ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА, КОРОТКОЗАМЕДЛЕННЫЙ СПОСОБ ВЗРЫВАНИЯ.

На шахтах Кузбасса удельный вес аварий, связанных с ведением взрывных работ, составляет всего 3,7 % от общего числа аварий, однако они практически всегда происходят с катастрофическими последствиями, в том числе со смертельными случаями, длительной остановкой шахт с последующими ремонтными работами и большими материальными затратами. В среднем объем применения взрыв-

чатых веществ (ВВ) в России, начиная с 2015 года, составляет более 1,5 млн т (в США и Китае около 2 млн т в каждой стране).

За последние годы на шахтах России зафиксировано более 116 взрывов газа метана и угольной пыли, из них более 30 % произошли при взрывных работах.

Из распределения аварий при ВР, происшедших в 1995–2000 гг. по разным причи-

нам (источникам), следует, что наиболее часто вспышки и взрывы метана происходят вследствие воздействия «открытого заряда» (61,54 %). При этом тяжесть аварий зависит от количества присутствующих людей в опасной зоне и степени загазованности горной выработки или выработанного пространства в лавах, а также от наличия угольной пыли и ее взрыве.

Анализ причин аварий в Кузбассе показывает, что, например, аммониты в процессе хранения и применения склонны к изменению своего агрегатного состояния, выраженного в ухудшении их взрывчатых характеристик.

Проблема безопасности группового взрывания шпуровых зарядов при короткозамедленном способе взрывания (КЗВ) многогранна и зависит от многих факторов (причин), сущность которых состоит в следующем:

1. Анализ случаев возникновения пожаров и воспламенений метана при взрывных работах показал, что причиной аварий при КЗВ являются раскаленные частицы, вылетающие из шпуров при «холостых выстрелах». Эти частицы представляют собой твердые остатки от металлических гильз ЭДКЗ и их замедляющих составов ВВ [1, 2, 3]. Доказано, что до 20 % остатков ВВ при этом не успевают сгорать и выбрасываются в открытое пространство горной выработки. Взрывчатые вещества, догорая в полете, имеют высокую температуру на расстояниях до 20-30 м. То же происходит и при взрывании накладных зарядов. Горящие частицы ВВ могут попадать в зоны слоевых скоплений метана, а также поджигать в выработках горючие материалы (бумага, пакля, промасленная ветошь и др.) [1, 3, 4].

Температура нагрева границы раздела «ВВ–металл» определена расчетным путем, используя данные Ф.А. Баума и др. [5]. Эта температура соответствует степени нагрева поверхности металла в местах расположения инициирующего ВВ и составляет порядка 1020°C. До этой температуры может быть нагрета внутренняя поверхность гильз электродетонаторов в месте расположения инициирующего ВВ (гексоген, тетрил). На основании полученных данных сделан вывод, что

температура нагревания металлических деталей ЭДКЗ (гильзы, втулки) под действием замедляющего состава составляет 202–397°C, а от ударной волны детонирующих зарядов – от 360 до $\approx 600^\circ\text{C}$.

По данным исследований [2], на шахтах происходит до 28 % воспламенений метана при взрывных работах, в том числе из-за преждевременного выброса продуктов взрыва и раскаленных частиц. Зафиксировано, что количество пожаров в очистном пространстве угольных лав по этой причине составляет до 50 %.

Остатки – куски от сгоревшего замедляющего состава, выбрасываемые в виде твердых остатков, имеют более высокую пожарную активность, чем мелко раздробленные (до 3 мм). В связи с этим НПО «Краснознаменец» были разработаны ЭДКЗ, замедляющий состав у которых при сгорании не спекался и не давал твердых остатков.

По данным ранее выполненных исследований [3, 4], хлопчатобумажные материалы (спецодежда, ветошь, пакля и горюче-смазочные материалы) под действием раскаленных частиц могут тлеть (120–150)°C, а в сухих благоприятных условиях даже воспламеняться (220–250)°C. Поэтому рекомендовано убирать их из выработки до взрывных работ на расстоянии не менее 20 м от места взрывания.

2. Постоянное тесное взаимодействие шпуровых зарядов между собой при групповом взрывании происходит через промежуток времени порядка 1 мсек. и более. Характер взаимодействий практически не зависит от типа применяемых ЭДКЗ.

Под действием ударной волны от деформирующего заряда на стенках смежных шпуров возникают напряжения, приводящие к отколу твердых частиц, заполняющих радиальный зазор вокруг и между патронами ВВ [3, 6]. Образующаяся в деформируемом шпуре при отколе угольная мелочь заполняет воздушный радиальный зазор и сдавливает патроны ВВ. При этом ВВ успевает уплотниться до 1,2–1,6 г/см³ [2, 3]. Степень взаимодействия зависит от мощности заряда ВВ, расстояния между шпурами и от крепости пород.

Допускается минимальная величина безопасных расстояний между смежными зарядами ВВ: при мягких углях ($f < 1$) – не менее 80 см; при углях средней крепости ($f = 1-1,5$) – не менее 0,60 м, при крепких углях ($f > 1,5$) – не менее 0,45 м. В породах средней крепости ($f = 3-7$) допускаются минимальные расстояния между смежными зарядами до 0,45 м, а в крепких породах ($f > 7$) – до 0,30 м.

В крепких породах ($f > 10$) откольный эффект практически отсутствует, однако под действием упругих колебаний стенок шпуров происходит смещение забойки вдоль оси шпура вместе с патроном – боевиком вплоть до его преждевременного выброса из шпура.

3. Для исключения опасности обнажения зарядов с торцов и при боковом подрыве, а также при отсутствии внутренней забойки или плохом ее качестве необходимо применять ЭДКЗ с оптимальным временем замедлений между сериями.

4. По результатам приемочных испытаний ЭД-У-П и ЭД-У-Н (ДИШВ.773951. 307 ТУ) сделан вывод, что данный тип ЭД для короткозамедленного взрывания успешно прошел приемочные испытания в производственных условиях и рекомендуется для постоянного применения в угольных шахтах. Необходимо заменить старые ЭДКЗ-ПМ на ЭД-У-П и ЭД-У-Н (ДИШВ.773951. 307 ТУ).

5. Для исключения опасности выталкивания из шпуров внутренней забойки под избыточным давлением метана и смещения патрона боевика за концевые провода ЭДКЗ по направлению к устью шпуров целесообразно использовать ВПВВ, в том числе эмульсионные.

6. Целесообразно улучшить гидроизоляцию бумажных патронов ВВ при зарядании шпуров и устранить некачественную заделку торцов патронов при их изготовлении на заводах. Например, заменить бумажную упаковку на полиэтиленовую (опыт применения зарядов 12ЦБ-М).

7. Взрывные работы КЗВ с оптимальными интервалами замедления между сериями замедлений рекомендуются с общим временем замедления всей одновременно взрывающейся группы шпуровых зарядов в пределах не более 500 мс.

8. В трещиноватом угольном целике с большой сетью трещин, когда нельзя избежать преждевременного контакта через боковые трещины продуктов взрыва с метаном, необходимо использовать только ВВ с повышенными предохранительными свойствами, в том числе ВВ V класса (углениты Э-6, 13П). При этом безопасность взрывных работ можно снизить за счет увеличения количества и качества забойки.

Известно, что замена аммонитов IV класса на углениты V–VI классов в определенной степени повышает безопасность взрывных работ, поскольку ВВ содержат нитроэфир, менее склонные к выгоранию. Однако полностью устранить «выгорания» удастся только при замене аммонитов на водоэмульсионные ВВ. Они не «выгорают», хотя могут «отказывать». Но последнее менее опасно для воспламенений метана.

Из всего сказанного следует вывод, что настало время и обоснованная необходимость запретить изготовление и применение аммонитов ПЖВ-20 и др., склонных к выгоранию, и перейти на применение невыгорающих ВПВВ, в том числе эмульсионных.

Внедрение КЗВ выявило ряд достоинств [2, 3, 4]:

- обеспечение более полного использования энергии ВВ и, соответственно, сокращение общего расхода взрывчатых материалов;
- снижение сейсмического эффекта за счет уменьшения общей массы одновременно взрывающихся зарядов;
- сокращение времени на производство взрывных работ за счет перехода на одновременное взрывание;
- повышение безопасности работ в шахтах, опасных по газу и пыли, в связи с исключением опасности загазирования метаном горных выработок между каждым приемом взрывания, что имело место при многоприемном взрывании старыми ЭД;
- управление выбросом взорванной горной массы в заданном направлении и снижение вероятности ее выброса на большие расстояния.

Однако для реализации указанных достоинств КЗВ необходимо соблюдать ряд условий, например:

– общий интервал времени замедления всего комплекта одновременно взрываемых зарядов не должен быть больше времени образования в забое опасных концентраций метана;

– интервалы времени замедления между смежными зарядами ВВ в одной группе шпуров (скважин), инициируемых ЭД одной серии замедлений, не должны превышать 10 мс [1, 3, 4].

При внедрении КЗВ установлено, что оптимальным временем замедления между первыми пятью сериями целесообразно 30–35 мс [5, 10] при общем времени замедления до 350 мс. При этом после вруба целесообразно немного увеличить интервал времени замедления, например, за счет пропуска первой серии замедлений. Рекомендуется также пропуск по одной серии замедлений между зарядами вспомогательных и отбойных шпуров. В связи с этим на практике в Кузбассе широко применяют две схемы распределения замедлений: 1–3–5–7 и 2–4–6–8, т. е. взрывают с пропуском только четных или нечетных серий замедлений. При этом эффективность взрывных работ заметно повышалась.

Допустимое значение общего времени замедления неоднократно уточнялось. По результатам, полученным на шахтах Кузбасса, концентрация метана в выработках в короткие интервалы времени практически не образуется; и только через 300–500 мс она может достигать 0,2 %. В этой связи допустимое значение общего времени замедления при КЗВ было предложено увеличить до 500 мс.

Выделение метана при взрывных работах исследовалось во многих странах (Франция, ЧССР, Бельгия, Англия, ФРГ и др.). Результаты неоднозначны для различающихся горно-геологических и технических условий, однако возможность образования взрывоопасных концентраций метана при КЗВ зафиксирована, причем только после большого промежутка времени: 300 мс – ЧССР, 400 мс – Франция, Бельгия, 500 мс – США, ФРГ и 700 мс – Англия. При этом по результатам многочисленных исследований, отмечается зависимость концентрации метана от его содержания в за-

бое до взрыва, т. е. от фоновой концентрации метана перед взрывными работами.

9. Интенсивность откольного эффекта в смежных шпурах при групповом взрывании шпуровых зарядов широко исследована непосредственно в производственных условиях угольных шахт Донбасса [3].

Методика этих исследований состояла в следующем: в опытном забое бурилось 4 шпура. При этом один из них размещался в плоскости с деформирующим зарядом (по напластованию пород), второй – в плоскости, перпендикулярной к напластованию, и третий – под углом 45° к плоскости напластования пород. Длина шпуров изменялась от 1,6 до 2,2 м.

Перед каждым опытом шпуры тщательно очищались от бурового штыба сжатым воздухом, после чего они осматривались изнутри с помощью прибора РВП–452, используемого для контроля внутренней поверхности стволов орудий, и по интенсивности «откола» на стенках шпуров, т. е. по изменению объема полости, производилась оценка силы воздействия деформирующего заряда.

Размеры полостей исследуемых шпуров измерялись до и после взрыва деформирующего заряда в двух взаимно перпендикулярных направлениях, из которых одно ориентировалось по направлению распространения ударной волны от деформирующего заряда.

Интенсивность и опасность выброса из шпуров остатков ВВ и ЭДКЗ изучалась на опытных штреках МакНИИ и ВостНИИ. Расчеты температур горения замедляющих составов показывают, что электродетонаторы типа ЭДКЗ–ПМ–15 имеют сравнительно небольшую температуру горения замедляющих составов 1340–1580°C (обеспечено увеличенным содержанием горючего компонента кристаллического кремния). Однако большая часть этого компонента не успевает сгореть, и почти 90 % его массы попадает в шлак, который, вылетая в атмосферу воздуха, представляет высокую опасность с точки зрения возможности поджигания ими горючих материалов.

Кроме того, необходимо отметить, что твердые остатки от сгоревшего замедляющего

состава, выбрасываемые в виде кусков–остатков (коксовых), имеют наиболее высокую агрессивность, чем мелко раздробленные (до 3 мм). Поэтому были разработаны ЭДКЗ, у которых замедляющий состав при взрыве не спекался и не давал бы твердых остатков.

По результатам выполненных исследований, спецодежда рабочих, ветошь, пакля и горюче-смазочные материалы под действием частиц могут тлеть при температуре 120–150°C, а в сухих благоприятных условиях даже воспламеняться при температуре -220–250°C. В этой связи авторами рекомендовано убрать все горючие материалы из выработок до взрывания на участке протяженностью до 20 м от забоя.

10. Общее время замедления взрыва всего комплекта зарядов в забое является параметром, определяющим, прежде всего, безопасность ведения взрывных работ в шахтах, опасных по газу и (или) пыли. Естественно, это время должно быть таким, чтобы к моменту взрывания всего комплекта шпуровых (скважинных) зарядов в забое не накопилось метана более допустимой нормы ($> 1\%$).

На основании изложенного, рекомендует-ся расстояния между шпурами по углю в проектах паспортов БВР принимать величиной не менее 0,80 м, а затем их уточнять при опытных взрывах по условиям эффективности. Всегда необходимо учитывать, что слабый откольный эффект, когда количество отколовшейся в шпурах угольной мелочи небольшое, также может представлять опасность, поскольку в этом случае она может оказаться достаточной для создания между торцами патронов ВВ пересыпок, создающих благоприятные условия для отказов или выгорания шпуровых зарядов.

Известно [5], что отрыв породы от массива, ее разрыхление и сдвигание происходят под действием статического давления газов (продуктов взрыва) в зарядной камере. Это статическое давление продуктов взрыва сохраняется довольно продолжительное время, преодолевает остаточное сопротивление породы и сообщает ей определенную кинетическую энергию, в результате чего происходит перемещение породы и образование новой

свободной поверхности. Каждый последующий взрыв должен происходить в момент, когда уже завершился процесс разрушения пород под действием предыдущего взрыва, но не произошло еще ее смещение. Для обеспечения такой ситуации необходимо увеличивать интервалы замедлений между смежными зарядами, что доказано целым рядом исследований как в России [3, 4], так и за рубежом.

Параметр КЗВ – **интервалы времени замедления** между смежными зарядами является основным. При этом интервалы целесообразно подразделять на **внутренние** (внутри серий) и **внешние** (между сериями). Они имеют разное значение с точки зрения их влияния на безопасность и эффективность КЗВ. Так, величина интервалов замедлений внутри серий ЭЛ характеризует в основном безопасность взрыва [1, 6], а величина интервалов между сериями – безопасность и эффективность КЗВ в целом [11, 12].

Стабильность интервалов замедлений между зарядами ВВ в смежных шпурах **внутри одной серии** и **между сериями** связано, в основном, с качеством ЭДКЗ по времени срабатывания, т. е. с величинами фактических отклонений времени срабатывания от средних значений и от установленных номиналов.

Во врубовых шпурах разброс времени срабатывания в определенных ситуациях необходим, поскольку смягчается сейсмический эффект за счет разновременности взрыва отдельных зарядов (± 2 мс). При этом повышается эффективность взрыва вруба и в целом шпуров по всему забою.

Качество ЭДКЗ по времени срабатывания характеризуется стабильностью фактических средних значений у разных партий. Последнее зависит от технологии изготовления на каждом конкретном заводе. При существующих разбросах времени срабатывания возможны разные пределы отклонений от номиналов, предусмотренных действующими ТУ. Например, величина отклонений от номиналов фактических средних значений времени срабатывания у разных партий и у разных заводов-изготовителей может колебаться в довольно широких пределах.

Фактическое время срабатывания ЭДКЗ разных партий может существенно отличаться друг от друга, хотя среднее значение времени срабатывания при этом может соответствовать номиналу (рис. 1, а, б, с). Например, качество ЭДКЗ нельзя признать нормальным, если разброс времени срабатывания имеет слишком большие пределы, а значительная часть значений лежит далеко от номинала (рис. 1, с). Недопустимо, когда среднее время срабатывания существенно отличается от номинала (рис. 1, д). По этой причине за рубежом для ЭДКЗ разных партий установлены отклонения средних значений времени срабатывания от номиналов в пределах не более $\pm (2-3) \%$.

В 1978 г. с целью повышения качества был введен выборочный план контроля времени срабатывания по количественному признаку, когда качество ЭДКЗ оценивается по доле брака в партии. Такой план контроля действует по настоящее время. Сущность его состоит в следующем:

- по результатам контрольных испытаний рассчитывается среднее значение времени срабатывания $\bar{X}$;
- находится среднее квадратическое отклонение (σ) и сравнивается с допустимой нормой;

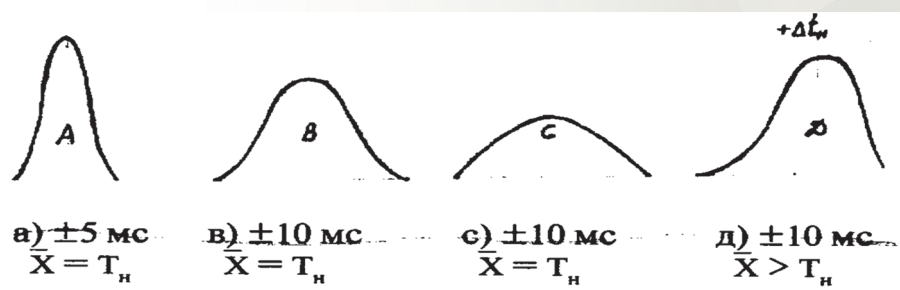


Рис. 1. Варианты распределения фактического времени срабатывания ЭДКЗ-ПМ разных партий (А, В, С, Д), где А, В, С, Д – средние значения соответствуют номиналу времени срабатывания для испытанных электродетонаторов

– определяются коэффициенты Z_1 и Z_2 , учитывающие допустимые отклонения заданных пределов от среднего значения времени срабатывания $\bar{X}$

$$\sigma = \sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2}, \quad (1)$$

$$\text{где } Z_1 = \frac{T_n - \bar{X}}{\sigma t}; \quad Z_2 = \frac{\bar{X} - T_n}{\sigma t}.$$

Партии испытанных ЭДКЗ принимаются (считаются пригодными для применения), если значения σ , Z_1 и Z_2 не выходят за установленные нормы.

Допустимые значения σ_t и Z_{MAX} соответственно равны:

а) при номинале 15 мс – $\sigma_t = 3,4$ мс, $Z_{\text{MAX}} = 1,7$;

б) при номинале 20 и 25 мс – $\sigma_t = 4,9$ мс, $Z_{\text{MAX}} = 1,2$.

Основное достоинство предлагаемого плана контроля состоит в том, что, кроме контроля соответствия средних значений времени срабатывания принятым номиналам, введен дополнительный контроль среднего квадратического отклонения (σ_t) и коэффициента Z_{MAX} , учитывающего максимальные отклонения времени срабатывания от средних значений.

Доказано, что для стабилизации качества ЭДКЗ по времени срабатывания отклонения средних значений от номиналов не должны превышать 4 % [12].

За рубежом, например, в США, в очистных забоях оптимальными интервалами считают время 50–100 мс, причем запрещаются интервалы как менее 50 мс, так и более 100 мс, а в подготовительных забоях оптимальными считаются интервалы 5–35 мс. Фактически,

это разные типы ЭДКЗ, совместное применение которых не допускается.

В Великобритании интервалы замедлений между сериями допускаются не более 75 мс, в ПНР – 60 мс, в Бельгии – 75 мс и в Чехословакии – 80 мс [1, 3]. Это означает, что оптимальная величина интервалов замедлений не может быть однозначной величиной и что она зависит от многих факторов, в т. ч. от типа взрывающей породы, ее структуры и крепости. В угольных шахтах, опасных по газу и пыли, при выборе необходимых интервалов замедлений учитывается также проблема безопасности короткозамедленного взрывания.

В 1993 г. на Муромском заводе была изготовлена опытная партия ЭДКЗ–ПКМ–1 с номиналами замедлений 30–35 мс. Номиналы замедлений соответственно составляли 30–60–95–130–165 и 200 мс с отклонениями от номиналов 10 м/сек.

При малых интервалах не успевает формироваться вторая плоскость обнажения и необходимый компенсационный объем между зарядами, что приводит к созданию условий, когда шпуровые (скважинные) заряды работают в зажатой среде. В этом случае, создаются условия для деформации крепи и обрушения кровли, а также для «холостых выстрелов» через устья шпуров при недостаточном количестве внутренней забойки.

Качество ЭДКЗ по времени срабатывания характеризуется стабильностью величины фактических средних значений у разных партий. При существующих разбросах времени срабатывания возможны разные пределы отклонений от номиналов, предусмотренных ТУ. Например, величина отклонений от номи-

налов фактических средних значений времени срабатывания у разных партий и у разных заводов - изготовителей может колебаться в довольно широких пределах.

По результатам исследований НЦ ВостНИИ сделан вывод, что при увеличенных интервалах времени между сериями замедлений, полученных за счет пропуска серий или снижения разброса времени срабатывания до ± 5 мс, эффективность КЗВ заметно повышается.

В целом при взрывании опытными электродетонаторами в разных горных геологических условиях шахт Кузбасса в актах была зафиксирована положительная эффективность взрывных работ:

- отказы ЭД отсутствовали;
- развал взорванной горной массы составлял всего 10–15 м;
- деформации крепи не происходит;
- сейсмический эффект заметно снижается, что положительно сказывается в лавах на устойчивости кровли.

По результатам приемочных испытаний ЭД-У-П и ЭД-У-Н обоснованно были рекомендованы для постоянного применения в угольных шахтах России. На основании проведенного анализа были сделаны выводы, что в России целесообразно организовать выпуск и применение ЭДКЗ с интервалами замедлений 30–40 мс при общем времени замедления до 500 мс.

Эти требования целесообразно ввести в действующие Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при взрывных работах» [14].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кушнеров П.И. Исследование опасности выброса из шпуров раскаленных частиц при взрывных работах в условиях интенсивного выделения метана / ИГД им. А.А. Скочинского. М., 1968.
2. Кушнеров П.И. Безопасность электровзрывания в угольных шахтах. М.: «Недра», 1980. 87 с.
3. Росинский Н.Л. Руководство по безопасному применению короткозамедленного взрывания в угольных шахтах, опасных по газу или пыли. М.: «Недра», 1966.
4. Баум Ф.А. Процессы разрушения горных пород взрывом // Взрывное дело, №52/9. М.: Госгортехиздат, 1963.

5. Кусов Р.Ф., Островидов С.П., Эдельштейн О.А. Современные средства взрывания и перспективы их развития. М., 1977. С. 8–21.
6. Росинский Н.Л. Исследование основных параметров короткозамедленного взрывания // Короткозамедленное взрывание: Сб. статей. М.: Углетехиздат, 1958. С. 12–32.
7. Кушнеров П.И., Пшеченко В.А. Безопасность взрывных работ // Безопасность труда в промышленности. 1990. № 10. С. 44–46.
8. Чикунов В.И. Высоко предохранительные заряды ВВ для взрывного разбучивания углеспусков и дробления негабаритов в шахтах, опасных по газу и пыли // Научные труды НЦ ВостНИИ «Безопасность угольных предприятий». Кемерово, 2002. С. 110–115.
9. Дубнов Л.В., Бахаревиц Н.С. Романов А.И. Промышленные врывчатые вещества. М.: «Недра», 1978. С. 108–183.
10. Кукиб Б.Н., Иоффе В.Б. Состояние и перспективы повышения безопасности взрывных работ в угольных шахтах // Взрывное дело, 2007. № 97/54. С. 154–160.
11. Кукиб Б.Н., Иоффе В.Б. О воспламенении метано-воздушной смеси при взрыве шпуровых зарядов взрывчатых веществ, обнаженных с торцевой поверхности // Взрывное дело, 2009. № 101/58. С. 241–250.
12. Кушнеров П.И., Шумский А.И. Оптимальные интервалы замедлений между смежными зарядами при КЗВ // Взрывное дело, 2008. № 99/56. С. 69–78.
13. Кушнеров П.И., Джигрин А.В., Доманов В.П. Анализ результатов исследований и обоснование безопасного общего времени замедления при КЗВ // Взрывное дело. 2005. № 95/52. С. 257–264.
14. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при взрывных работах». http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_161521/ (дата обращения 30.04.2019)

DOI: 10.25558/VOSTNII.2019.10.2.003

UDC 622.235: 622.33.012

© P.I. Kushnerov, D.N. Batrakov, K.A. Pleshakov, 2019

P.I. KUSHNEROV

Doctor of Engineering Sciences, Professor
Scientific Consultant
JSC «NC VostNII», Kemerovo
e-mail: vostnii-bvr@yandex.ru

D.N. BATRAKOV

Head of Laboratory
JSC «NC VostNII», Kemerovo
e-mail: vostnii-bvr@yandex.ru

K.A. PLESHAKOV

Senior Researcher
JSC «NC VostNII», Kemerovo
e-mail: k.pleshakov@nc-vostnii.ru

GROUP SHOT SAFETY OF BLAST-HOLE CHARGES IN MINES AT SHORT-DELAY FIRING

In article are considered main safety problems about blasting works in coal mines in Russia. Results of researches executed over the past 30 years are considered. Statistical data are provided on accidents during blasting works and analysis of technological level of scientific developments is made.

Keywords: BLAST-HOLE CHARGES, BLASTING WORKS, BLASTING COMPOUNDS, SHORT-DELAY FIRING.

REFERENCES

1. Kushnerov P.I. Research of danger emission from shots of the heated particles during blasting works in the conditions of intensive methane allocation / IGD of A.A. Skochinsky. M., 1968. (In Russ.).
2. Kushnerov P.I. Electric blasting safety in coal mines. M.: «Subsoil», 1980. 87 p. (In Russ.).
3. Racine N.L. The guide to safe application of short-delay firing in coal mines dangerous on gas or dust. M.: «Subsoil», 1966. (In Russ.).
4. Baum F.A. Destruction processes of rocks explosion. // Vzryvnoye delo [Blasting work], 1963. No. 52/9. M.: «Gosgortekhnizdat». (In Russ.).
5. Rosinskiy L.N. The main parameters research of short-delay firing // Korotkozamedlennoye vzryvaniye: Sb. statey. [Short-delay firing: Collection of articles]. M.: «Ugletekhizdat», 1958. P. 12–32. (In Russ.).
6. Kusov R.F., Ostrovidov S.P., Edelstein O.A. Modern blasting agents and prospects of their development. M., 1977. P. 8–21. (In Russ.).
7. Kushnerov P.I., Pshechenko V.A. Blasting works safety // Bezopasnost truda v promyshlennosti [Safety of work in the industry]. 1990. No. 10. P. 44–46. (In Russ.).
8. Chikunov V.I. High safety charges of explosives for explosive disintegration of coal mines and crushing of oversized cargo in mines hazardous for gas and dust // Nauchnyye trudy NC VostNII «Bezopasnost ugolnykh predpriyatiy» [Scientific works of «NC VostNII» «Safety of coal enterprises»]. Kemerovo, 2002. P. 110–115. (In Russ.).
9. Dubnov L.V., Bakharevich N.S., Romanov A.I. Industrial blasting compounds. M.: «Subsoil», 1978. P. 108–183. (In Russ.).
10. Kukib B.N., Ioffe V.B. State and the prospects of increase in safety of blasting works in coal mines // Vzryvnoye delo [Blasting work]. 2007. № 97/54. P. 154–160. (In Russ.).
11. Kukib B.N., Ioffe V.B. About ignition of methane-air mixture in the blasting of the blast-hole charges exposed to the end surface // Vzryvnoye delo [Blasting work]. 2009. № 101/58. P. 241–250. (In Russ.).
12. Kushnerov P.I., Shumsky A.I. Optimum intervals of delays between adjacent charges at short-delay firing // Vzryvnoye delo [Blasting work]. 2008. № 99/56. P. 69–78. (In Russ.).
13. Kushnerov P.I., Dzhigrin A.V., Domanov V.P. Analysis of the research results and justification of safe general time of delay at short-delay firing // Vzryvnoye delo [Blasting work]. 2005. № 95/52. P. 257–264.
14. Federal norms and industrial safety rules of «The safety rule during blasting works» // http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_161521/ (In Russ.). Federal norms and industrial safety rules of «The safety rule during blasting works». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_161521/ (date of the application 30.04.2019) (In Russ.).