

УСТАНОВЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ ЗАРЯДА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЗРЫВАНИЯ

Наведені експериментальні результати щодо встановлення фотографічним способом форм та лінійних параметрів полум'я вибуху патронів-боєвиків модернізованої конструкції у середовищах з різноманітними фізичними властивостями з ціллю знаходження умов ефективного впливу вибуху на вибій шпуру.

ESTABLISHMENT OF INFLUENCING OF CHARGE FORM ON EXPLOSION EFFICIENCY

The experimental results on an establishment by a photographic way of the forms and linear parameters of a flame of explosion of cartridges-hits of the modernized design in environments with various physical properties are given with the purpose of definition of conditions of effective influence of explosion on blast-hole face.

Одним из основных требований, предъявляемых к буровзрывным работам, является получение высокого значения коэффициента использования шпуров (КИШ) [1]. Величина КИШ зависит от протяженности зоны разрушения ниже придонной части зарядной полости в глубь массива [2]. При стандартной конструкции заряда ВВ величина этого параметра составляет от 0,228 до 0,940 диаметра шпура [3], что недостаточно для нужной степени разрушения породы, выдаваемой во II фазе уборки при проходке вертикальных шахтных стволов.

Известно несколько направлений повышения эффективности действия заряда ВВ в призабойной части шпура. Наиболее эффективными являются обратное инициирование заряда и применение донной гидрозабойки. Однако эти способы имеют ряд недостатков [2, 4].

Необходимое повышение бризантного действия взрыва заряда ВВ наблюдается при так называемой кумуляции. В классическом варианте это явление реализуется за счет устройства в торцевой части патрона (заряда) сферического или конусного углубления. В этом случае ударные и детонационные волны преломляются по законам геометрической оптики и, изменив свое направление, входят внутрь углубления. Сталкиваясь, они уплотняются, скорость их значительно повышается и образуется кумулятивная струя, мощность которой возрастает [1]. На практике кумулятивный эффект использован в капсулях-детонаторах и электродетонаторах – их металлическая гильза имеет сферическое углубление. Однако при разрушении пород взрывом требуется создание направленного потока продуктов взрыва со значительными поперечными размерами. Это может быть достигнуто за счет устройства в торцевой части патрона, примыкающего к забою шпура, не сферического (конусного), а цилиндрического углубления [5]. В такой конструкции продукты взрыва, вблизи дополнительных (внутренней и наружной) поверхностей патрона, перемещаются приблизительно под углом 45° к направлению движения детонационной волны. По мере удаления от торца патрона этот угол значительно увеличивается, т.е. поток расширяется. Однако, ни оптимальные параметры па-

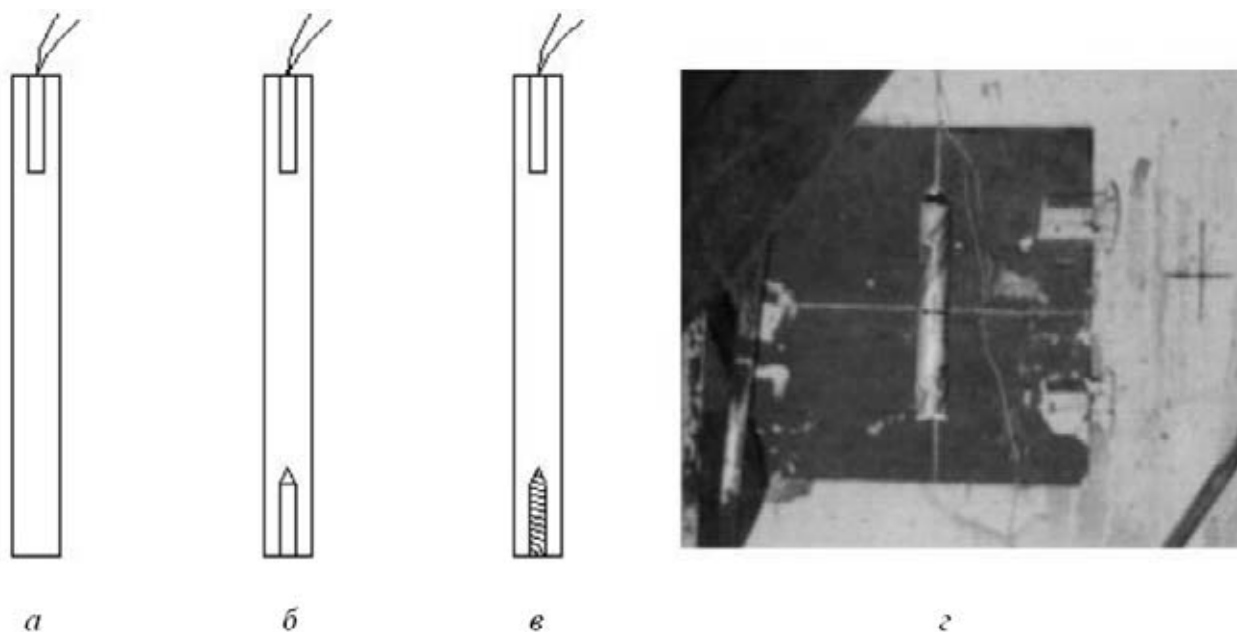
трона ВВ такой конструкции, ни варианты его практического применения не изучены, включая и тот факт, что при практическом применении углубление может быть заполнено водой, буровой мелочью и др.

Целью данной статьи является экспериментальное установление (фотографическим способом) влияния формы, размеров и состояния торцевого цилиндрического углубления в заряде ВВ на параметры расширения раскаленных продуктов взрыва, как показатель его работоспособности.

Для этого необходимо решить следующие задачи:

- увязать форму и размеры пламени взрыва с его эффективностью;
- установить влияние формы торцевой части патрона-боевика на параметры направленного потока продуктов взрыва;
- оценить влияние инертного заполнителя, в том числе воды, цилиндрического углубления в торце заряда на характер распространения продуктов взрыва.

Все исследования проведены во взрывной камере кафедры строительства шахт и подземных сооружений ДонНТУ. Оценка процесса расширения продуктов детонации при различных конструкциях заряда (рис. 1 *а, б, в*) производилась по форме и размерам пламени взрыва, зафиксированного на неподвижную фотопленку, по известной методике [6, 7].



а – стандартный патрон ВВ; *б* – с торцевым цилиндрическим каналом; *в* – с деревянным вкладышем в торцевом цилиндрическом канале; *г* – общий вид патрона-боевика свободно подвешенного во взрывной камере

Рис. 1 – Конструкция патронов-боевиков, взрыв которых фотографировались на неподвижную цифровую пленку

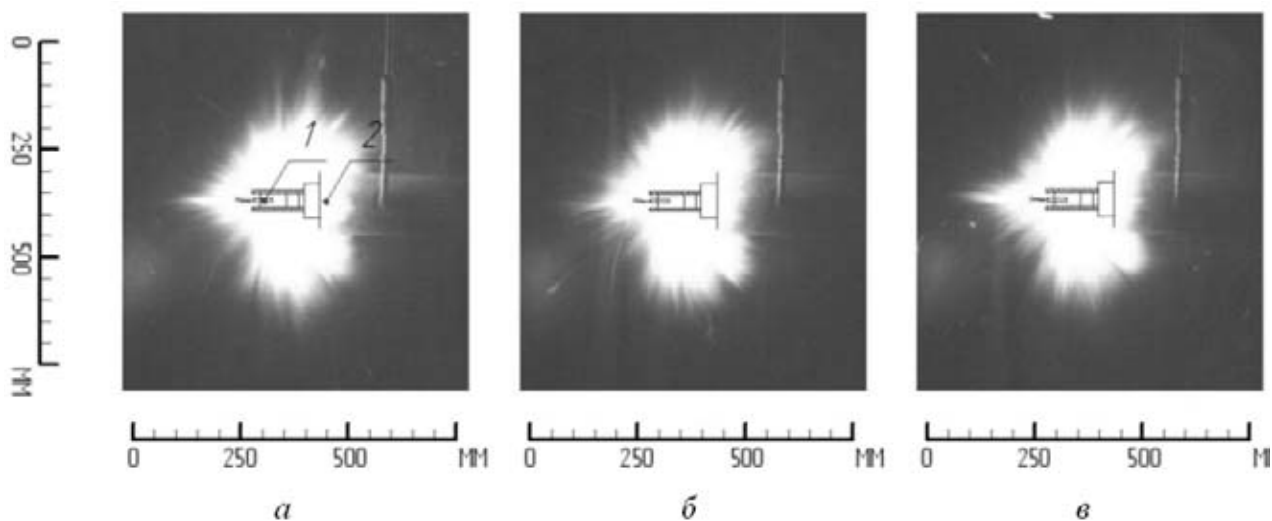
Фотографирование взрыва осуществлялось на цветную пленку чувствительностью 400 единиц через иллюминатор при выключенном свете. Время экспонирования кадра равнялось 1...2 с. Для получения достоверных результатов все задачи решались в одних и тех же условиях. При этом в каждой серии опытов

взрывался, как эталон, заряд без цилиндрического углубления (см. рис. 1, *а*). Анализ результатов производился путем наложения исходного заряда на полученную фотографию пламени.

В качестве ВВ использовался аммонит 6ЖВ, а в качестве инициатора – электродетонатор мгновенного действия ЭДКЗ-ОП; углубление в патроне устраивалось с помощью медной наколки.

При решении первой задачи проведена серия экспериментов на стандартном баллистическом маятнике МакНИИ, предназначенном для определения бризантности ВВ [1]. В эксперименте применялся патрон ВВ массой 50 г, диаметром 40 мм и длиной 40 мм с цилиндрическим углублением длиной 15 мм и диаметром 6,5 мм, которое в одном из вариантов опытов заполнялось деревянным вкладышем. Результат взрыва оценивался не только по величине горизонтального отклонения маятника, но и по форме и размерам пламени взрыва.

Результаты опытов со всеми видами конструкций патрона-боевика представлены на рис. 2. На фотографии пламени наложено изображение состояния системы «заряд-маятник» перед взрывом.



а – стандартный заряд ВВ; *б* – заряд ВВ с цилиндрическим углублением со стороны маятника; *в* – заряд ВВ с деревянным вкладышем в цилиндрическом углублении; 1 – заряд ВВ; 2 – маятник (диаметр тела маятника – 143 мм)

Рис. 2 – Фотографии пламени взрыва заряда аммонита 6ЖВ массой 50 г различной конструкции при определении его бризантности на маятнике МакНИИ (масштабная сетка с шагом 50 мм)

Анализ этих взрываний показывает следующее.

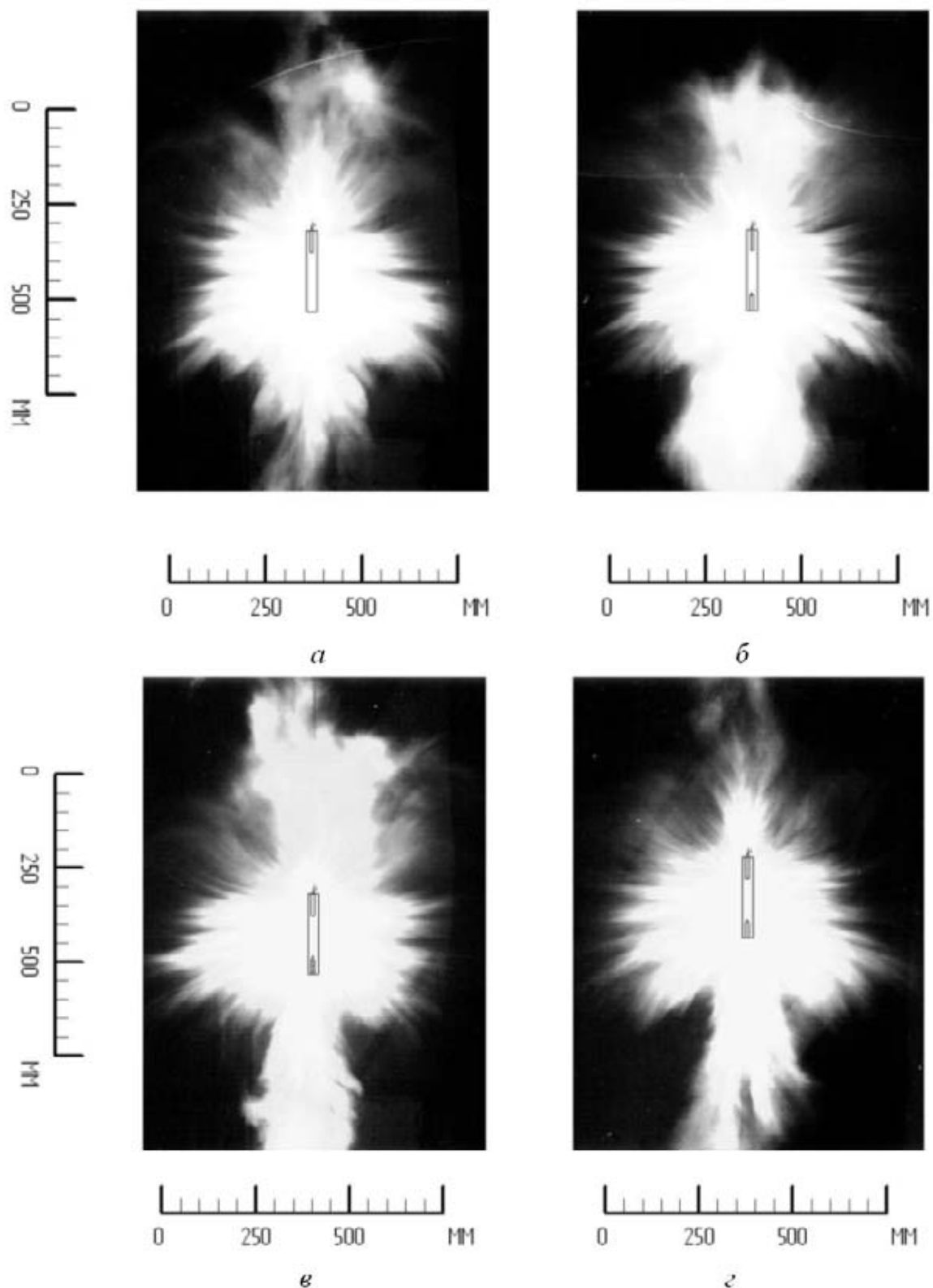
Пламя взрыва имеет двойную окраску. В центре зафиксирован белый, т.е. высокотемпературный, участок раскаленных продуктов взрыва, а на переднем фронте – серый с лучами и впадинами, т.е. уже несколько охлажденный и перемешанный с воздухом. Причем, в первом из двух упомянутых выше опытах (см. рис. 2 *а,б*) раскаленное ядро имеет примерно одинаковые размеры. Отклонение маятника при взрыве стандартного патрона-боевика и с цилиндрическим углублением составило 56 мм, В третьем опыте, при размещении в цилиндри-

ческом углублении деревянного вкладыша, размеры пламени оказались несколько меньше, а отклонения маятника – 53 мм. Таким образом, размер и цвет пламени взрыва в полной мере увязаны с линейным отклонением маятника (показатель работоспособности). Этот вывод согласуется с положением физики взрыва в том, что эффективность взрывного разрушения определяется давлением продуктов детонации, которое зависит от целого ряда факторов, в т.ч. температуры; в нашем случае, характеризуемой цветом и яркостью пламени. В то же время проведенные, эксперименты показали, что цилиндрическое углубление изменяет поток раскаленных продуктов взрыва при минимальной длине не менее одного диаметра заряда ВВ.

При решении второй и третьей задач патроны-боевики (масса 200 г, диаметр 32 мм, длина 225 мм) аналогичных конструкций (см. рис. 1) взрывались в свободноподвешенном состоянии.

Во всех вариантах (рис. 3) форма и поперечный разрез центра пламени примерно одинаковы, при диаметре равном 0,8 м. Различие имеет место только в характере распространения пламени вниз со стороны углубления. При взрыве патрона-боевика с цилиндрическим углублением длиной 70 мм и диаметром 9,5 мм (см. рис. 3 б) вниз распространился интенсивный поток раскаленных продуктов взрыва диаметром 400 мм, в центре которого наблюдается «язык» яркого пламени длиной около 350 мм. При взрыве стандартного патрона-боевика (см. рис. 3 а) такой «язык» практически отсутствует. Однако при введении в цилиндрическое углубление деревянного стержня общий поток продуктов взрыва вниз и его высокотемпературное ядро примерно в два раза меньший по диаметру и существенно короче (см. рис. 3 в). В случае облицовки цилиндрической выемки одним слоем кальки (имитировался вариант устройства цилиндрического углубления в заводских условиях) общий выброс раскаленных продуктов взрыва из углубления был меньше, чем без такой облицовки (диаметр колеблется в пределах 195...250 мм) при длине ярко светящегося «языка» не более 250 мм (см. рис. 3 г).

Данная серия экспериментов была продолжена в условиях взрывания патрона-боевика в полном окружении его инертным материалом (имитация шпурового заряда ВВ). Для этого он размещался в пластиковой цилиндрической ампуле с толщиной боковых стенок 260 мкм. Дно ампулы имело кумулятивное углубление высотой 10 мм, в центре которого имелась площадка диаметром 4 мм. Таким образом, моделировался известный способ получения кумулятивного эффекта путем применения конусообразных деревянных или металлических вкладышей. Радиальный зазор между стенками ампулы и поверхностью патрона ВВ был равен 11,5 мм; такой же зазор был оставлен и на дне ампулы. Весь зазор был заполнен доменным шлаком (980 г) и наполовину залит водой (180 г). Устройство подвешивалось во взрывной камере к двутавровой балке (на шнуре длиной 1,45 м) (рис. 4 а). Результаты фотографирования взрыва заряда такой конструкции, приведены на рис. 4 б.



a – стандартный патрон-боевик; *б* – патрон-боевик с цилиндрическим углублением в торце;
в – патрон-боевик с деревянным вкладышем в цилиндрическом углублении;
г – патрон-боевик с облицованным бумагой цилиндрическим углублением
 Рис. 3 – Фотографии на неподвижную цветную пленку пламени взрыва свободно подвешенных зарядов ВВ различной конструкции (инициирование сверху вниз, длина патрона-боевика равна 225 мм)

На фотографии видны пламя в месте взрыва электродетонатора, светящиеся точки по длине патрона и тонкая струя пламени (длина 47 мм, диаметр 4,7 мм). По данной схеме было проведено 6 опытов: по два опыта каждого варианта конструкции патрона-боевика, показанных на рис. 1. Водонасыщенный граншлак, в проведенных опытах, подтвердил свою эффективность, как предохранительное средство. Однако, из-за охлаждения пламени взрыва и снижения информативности фотографий установить роль его влияния на эффективность кумулятивных зарядов нам не удалось.

Для оценки влияния воды как заполнителя кумулятивного углубления на форму и размеры пламени проведены эксперименты, в которых торцевое цилиндрическое углубление (длина 15 мм, диаметр 8 мм) перед взрывом полностью заполнялась водой в количестве 720 мг. Заряд взрывался в свободно подвешенном состоянии. Аналогом этого взрыва являются взрывы заряда с пустым цилиндрическим углублением или заполненным деревянным вкладышем (см. рис. 2 б, в). Результаты взрывания показаны на рис. 5.

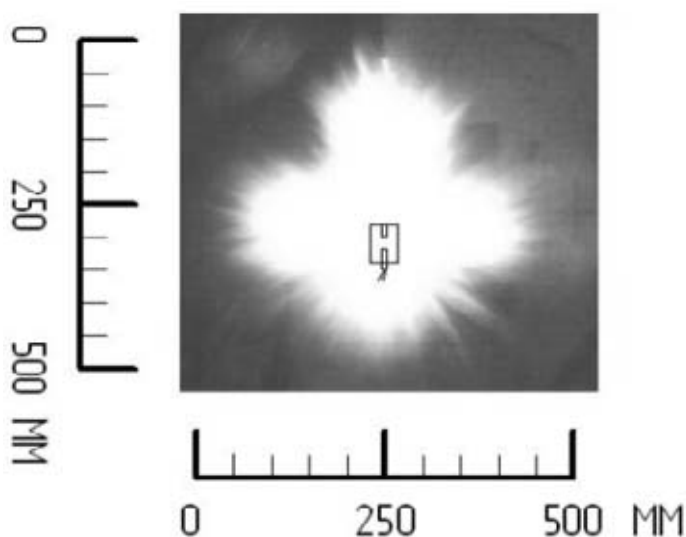


Рис. 5 – Фотография взрыва патрона-боевика массой 50 г с облицованным бумагой цилиндрическим каналом, заполненным водой (инициирование снизу вверх)

На фотографии видно, что в направлении цилиндрического углубления имеет место интенсивный выброс пламени на высоту до 200 мм при максимальном его диаметре 140 мм. Очевидно, в этих условиях при детонации ВВ вода выступает рабочим телом, которое сжимается, как и газообразные продукты взрыва ВВ, до высокого давления, а затем, расширяясь совместно с ними, значительно увеличивает эффект действия взрыва. Количественная оценка степени влияния наличия воды в углублении на эффективность действия взрыва произведена по величине площади профиля пламени: при взрывании с пустым цилиндрическим углублением равна – 64680 мм², с цилиндрическим углублением, заполненным деревянным вкладышем – 58250 мм², а при взрывании с углублением, заполненным водой, – 99680 мм². Кроме того, при взрыве заряда 50 г с углублением, заполненным водой, освещенность камеры вполне сопоставима с

освещенностью от взрыва патрона массой 200 г – на приведенной фотографии видны все детали взрывной камеры, в том числе покрытия стенок прорезиненной тканью.

Выводы.

При взрыве заряда ВВ с торцевым цилиндрическим углублением длиной равной не менее двух его диаметров (на этом участке скорость детонации стабилизируется [1]), т.е. размером примерно равным углублению под электродетонатор (длина 70 мм, диаметр 9,5...10,0 мм) формируется интенсивный поток раскаленных продуктов детонации, характеризующийся ярким пламенем.

С уменьшением длины цилиндрического углубления (менее одного диаметра заряда) интенсивность потока раскаленных продуктов взрыва снижается.

При заполнении цилиндрического углубления различными твердыми конструкциями (дерево, бумага и т.д.) направленный поток продуктов взрыва имеет место, но его линейные параметры примерно в 2 раза снижены по сравнению с открытым цилиндрическим углублением.

В случае заполнения цилиндрического углубления водой интенсивность потока резко возрастает.

Учитывая достаточную эффективность и простоту выполнения торцевого цилиндрического канала шпуровые заряды такой конструкции должны найти практическое применение при проходке вертикальных шахтных стволов в обводненных горных породах.

Данную работу целесообразно продолжить в направлении исследований модификации конструкции заряда с торцевым цилиндрическим углублением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шевцов М.Р., Таранов П.Я., Левит В.В., Гудзь О.Г. / Під заг. ред. М.Р. Шевцова. Руйнування гірських порід вибухом: Підручник для вузів. – 4-е видання перероб. і доп. - Донецьк: ТОВ „Лебідь”, 2003. – 272 с.
2. Пронин В.И., Рублева О.И. Основные причины значительной продолжительности уборки породы в вертикальных стволах при производстве взрывных работ // Прогрессивные технологии строительства, безопасности и реструктуризации горных предприятий: Материалы региональной научно-практической школы-семинара, 24-26 ноября 2005 г. – Донецк: Норд-Пресс, 2006. – С. 80–92.
3. Андреев Б.М. Наукове обґрунтування технології і параметрів вибухової відбійки при підземному добуванні руд в умовах техногенезу на НДР: Автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.15.12 / Криворізький технічний університет. – Кривий Ріг, 2006. – 36 с.
4. Шевцов Н.Р., Калякин С.А., Лабинский К.Н. Основы теории гидровзрывания при разрушении пород // Проблеми гірського тиску. Вип. 7. – Донецьк: ДонНТУ, 2002. – С. 59–84.
5. Руководство по совершенствованию взрывных работ при проведении горных выработок и разделке сопряжений на шахтах ПО „Донецкуголь”: Утв. Техн. дир. ПО «Донецкуголь» 05.07.00 / Производственное объединение по добыче угля. „Донецкуголь”. – Донецк. – ДонГАУ. – 44 с.
6. Галаджий Ф.М. Безопасность взрывных работ в шахтах. – М.: Госгортехиздат, 1962. – 135 с.
7. Гудзь А.Г., Шевцов Н.Р., Купенко И.В., Пудак В.И. Безопасность и эффективность обратного способа инициирования шпуровых зарядов ВВ // Сб. научн. тр. ДонНТУ: Серія гірничо-геологічна. Вип. 54. – Донецьк: ДонНТУ, 2002. – С. 68–72.
8. Практикум по взрывному делу: Учебное пособие / Шевцов Н.Р., Калякин С.А., Левит В.В. и др. / Под общ. ред. проф. Н.Р. Шевцова. – Севастополь: „Вебер”, 2004. – 95 с.