

УДК 622.235

ГИДРОИЗОЛИРОВАННЫЕ ЗАРЯДЫ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ РАЗРУШЕНИИ ОБВОДНЕННЫХ ПОРОД

А. А. ВОВК*,
В. Д. ВОРОБЬЕВ**,
В. С. ПРОКОПЕНКО***,
В. И. ПЛУЖНИК*,
И. В. КОСЬМИН***

* Институт гидромеханики НАН Украины, Киев

** Национальный НИИ охраны труда, Киев

*** ЗАО "Техновзрыв", Киев

Получено 20.01.98 ◊ Пересмотрено 11.10.99

Показана эффективность применения гидроизолирующих оболочек зарядов неводоустойчивых простейших взрывчатых веществ, формируемых с помощью специальных зарядных устройств, при производстве массовых взрывов в обводненных массивах скальных пород в условиях предприятий различных отраслей горнодобывающей промышленности. Приведены расчетные формулы для определения параметров и элементов данной технологии, а также основные положения техники безопасности при зарядании и взрывании обводненных скважин зарядами простейших неводоустойчивых взрывчатых веществ в оболочках.

Наведена ефективність використання гідроізолюючих оболонок зарядів неводостійких найпростіших вибухових речовин, що формуються за допомогою спеціальних зарядних пристроїв, при виконанні масових вибухів в обводнених масивах скельних порід в умовах підприємств різних галузей гірничодобувної промисловості. Наведені розрахункові формули для визначення параметрів та елементів цієї технології, а також основні положення техніки безпеки при зарядці та вибухах обводнених свердловин зарядами найпростіших неводостійких вибухових речовин в оболочках.

The performance of the hydroinsulated shell employment in the charge with water-non-stable simple explosives formed by special charge arrangement on the large-scale production of explosions in the irrigated rocks is shown in the conditions of enterprises of different branches of mining industry. The design formulas for dating of parameters and elements of this technology and the basis principles of safety engineering at the loading and detonating of depleted slits by the charges of water-non-stable explosives with the shells have been made.

ВВЕДЕНИЕ

Производство взрывных работ (ВР) в современных условиях горнодобывающих предприятий характеризуется многими факторами, в том числе различной степенью обводненности разрушаемых массивов скальных пород. В общем объеме разрушения обводненные скальные породы составляют 40 ÷ 80%, а иногда и более [1]. Это обуславливает применение дорогостоящих водоустойчивых взрывчатых веществ (ВВВ), производство которых на Украине в настоящее время практически прекращено. Использование других типов промышленных взрывчатых веществ (ВВ) в обводненных условиях не эффективно, а их выпуск заводами взрывчатых материалов (ВМ) также ограничен. Поэтому различными научными и промышленными организациями проводятся изыскания с целью разработки и внедрения наиболее дешевых простейших и в то же время экологически безопас-

ных и эффективных по дробящему действию ВВ. Однако процесс обновления промышленных ВВ и взрывчатых составов (ВС) местного изготовления, в том числе бестротилового, происходит весьма медленно и не отражает мировой тенденции его развития [2].

Проведению единой технической политики по организации производства ВМ в Украине должна предшествовать научно обоснованная экономически целесообразная и экологически безопасная концепция [3]. С этой целью разработана государственная программа по созданию и развитию производств экологически чистых ВВ и средств инициирования (СИ) с использованием сырьевых ресурсов и производственной базы страны.

Состояние ВР на данном этапе характеризуется переходом от тротилосодержащих ВВ к простейшим и эмульсионным с использованием конверсионных материалов [4,5]. По совершенствованию простейших ВВ на основе смесей "аммиач-

ная селитра–дизельное топливо” (АС–ДТ) имеются разработки научных и промышленных организаций (Институт гидромеханики НАН Украины, Институт геотехнической механики НАН Украины, Государственный научно-исследовательский институт химических продуктов, Национальный технический университет Украины – “КПИ”, Национальная горная академия, Национальный НИИ охраны труда и др.) [4–6]. Однако они еще не удовлетворяют в качественном отношении, по объему производства ВС, а некоторые из них находятся в стадии исследований.

Одним из конкурентоспособных направлений по созданию простейших и экологически безопасных ВВ является применение при ВР технологии заряжения обводненных скважин неводоустойчивыми взрывчатыми веществами (НВВ) в гидроизолирующих оболочках (полиэтиленовых рукавах, патронах) [7–9]. Эта технология долгое время не получала широкого распространения из-за большой трудоемкости и стоимости ее реализации на практике. Установлено, что даже без применения оболочек, гидроизолирующих заряды ВВ, трудоемкость заряжения обводненных скважин на 40–50% выше, чем сухих [10], а стоимость взрывания обводненных массивов скальных пород возрастает в 2–3 раза. В настоящее время эти показатели значительно превышают указанные значения.

Несмотря на попытки внедрения технологии заряжения обводненных скважин НВВ в полиэтиленовых рукавах, эффективного технического решения по ее освоению не было найдено. Только в последний год институтом “УкрНИИпроект” эта технология была усовершенствована и успешно внедрена на угольных разрезах Кузбасса [11]. Внедрение этой технологии, по сравнению с разработкой новых ВВ, занимает сравнительно малое время, обеспечивает использование дешевых простейших ВВ, в том числе и бестротиловых. При соответствующей адаптации к условиям ВР на карьерах Украины она может явиться эффективным научно-техническим решением в рассматриваемой области.

За счет применения технологии взрывания гидроизолированных скважинных зарядов ВВ обеспечивается:

- полная или частичная замена дорогостоящих ВВВ простейшими НВВ или различными ВС местного приготовления;
- снижение расхода ВВ на 10 ÷ 30% за счет уменьшения диаметра заряда;
- равнозначная, а в большинстве случаев, по-

вышенная степень дробления горной массы за счет увеличения КПД взрыва, обусловленного его работой в более жесткой оболочке и включением паров воды в общий объем газообразных продуктов детонации ВВ;

- снижение выхода крупных и переизмельченных фракций горной массы, обусловленного более продолжительной и пологой формой взрывного импульса и, как следствие, уменьшением зоны переизмельчения;
- механизация способа укладки гидроизолирующей оболочки (полиэтиленового рукава) в пакеты с помощью специальных устройств и оборудования;
- механизация заряжения ВВ в оболочки и забойки скважин, что практически исключает ручной труд;
- снижение энергоемкости добычи горной массы при отбойке ее от массива пород;
- повышение технико-экономической эффективности ВР.

1. ТЕХНОЛОГИЯ ЗАРЯЖАНИЯ

Технология заряжения обводненных (или сухих) скважин с формированием зарядов в полиэтиленовых оболочках обеспечивает применение ВВ плотностью менее 1 кг/дм³ и включает ряд последовательных операций: укладку оболочек на гильзы зарядных устройств (ЗУ); установку нижних боевиков; установку в устья скважин ЗУ; засыпку ВВ; установку через воронку ЗУ верхних боевиков; досыпку ВВ до проектного уровня и извлечения ЗУ из скважин.

ЗУ могут изготавливаться многократными (ЗУМ) и одноразовыми (ЗУО) в зависимости от условий применения и материала их изготовления (рис. 1). ЗУМ, как правило, изготавливаются металлически, а ЗУО – из полимерного материала (рис. 2).

Для реализации данной технологии необходимо применять диаметр оболочки d_o на 30–50 мм меньше диаметра скважины d_c [11]:

d_c , мм	200	216	250	320
d_o , мм	170	180	210	270

При формировании заряда ВВ в гидроизолирующей оболочке и обеспечения его стабильного погружения в обводненную скважину необходимо в нижней части оболочки иметь 3–5 отверстий для

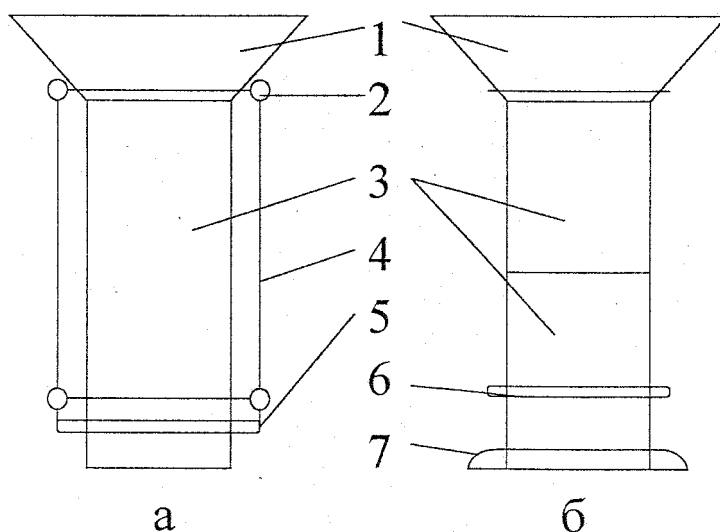


Рис. 1. Конструкции гильз-воронок для формирования полиэтиленового рукава в "гармошку":

а - ЗУМ, б - ЗУО;
 1 - воронка, 2 - крепление для тяг, 3 - цилиндр,
 4 - тяги с фиксатором, 5 - тормоз, 6 - кольцо, 7 - конус

впуска воды. В ряде случаев, в зависимости от применяемых ВВ, дополнительно выпуск воды осуществляется через оболочку одновременно с засыпкой в нее ВВ. При этом объем проникающей через отверстия оболочки воды стабилизируется до 10 - 15% та же величина не должна возрастать при заливке ее через верхнюю часть оболочки. Длина оболочки L_o определяется из условия

$$L_o \geq K_{BV} \cdot h_{BV} + (1 + K_n \cdot [\epsilon])h_H, \quad (1)$$

где K_{BV} - коэффициент запаса рукава; h_{BV} - высота колонки заряда ВВ, м; K_n - коэффициент предохраняемого запаса рукава; $[\epsilon]$ - предельная продольная деформация материала оболочки при растяжении; h_H - высота незаряженной части скважины над колонкой заряда ВВ, м.

В свою очередь

$$K_{BV} = K_1 + K_2 + K_3, \quad (2)$$

где K_1 , K_2 , K_3 - коэффициенты расхода материала оболочки на складкообразование, изгиб и огибание выступов стенок скважины в процессе усадки ВВ соответственно.

Для сухой части скважины $K_1 = 0.01 - 0.05$, для обводненной $K_1 = 0.6 - 0.65$. При соотношении $d_o/d_c = 0.95$ значения $K_2 = 0.02 - 0.03$, при $d_o/d_c = 0.6 - K_2 = 0.12 - 0.15$.

При $d_o < d_c$ коэффициент $K_3 = 0.001 - 0.002$, при $d_o = d_c - K_3 = 0.01 - 0.03$.

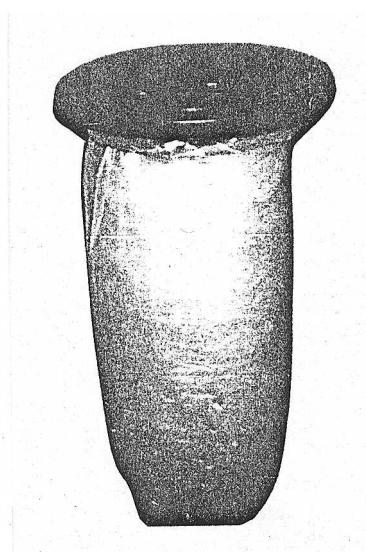


Рис. 2. ЗУО в собранном виде (разработка ЗАО "Техновзрыв")

Коэффициент K_n в условии (1) определяет запас надежности поддержания связи с поверхностью столба ВВ и зависит от времени нахождения заряда в скважине. Для сухих скважин (время не более 7 дней) значение $K_n = 1 - 3$, для обводненных $K_n = 5 - 10$.

В зависимости от степени обводненности скважин масса ВВ (M_{BV}) одиночного заряда в оболоч-

ке может иметь различные значения. С учетом насыщения заряда водой часть массы ВВ переходит в раствор, тогда

$$M_{BB} = M_{BB1} + M_o, \quad (3)$$

где M_{BB1} – масса ВВ твердой фазы, кг; M_o – масса окислителя, перешедшего в раствор, кг.

Опуская промежуточные преобразования, величина M_{BB1} , с учетом допущения пустот между гранулами ВВ в различных фазах, определяется по формуле

$$M_{BB1} = M_{BB} / [1 + K_o \cdot K_v (\rho_p / \rho_{BB})], \quad (4)$$

где K_o – концентрация раствора окислителя, $K_o = 0.55 - 0.65$; K_v – отношение объема пустот в заряде к объему заряда, $K_v = 0.1 - 0.3$; ρ_p , ρ_{BB} – соответственно плотность раствора и ВВ, кг/м³, $\rho_p = 1.25 - 1.31$ кг/м³, $\rho_{BB} = 0.85 - 0.95$ кг/м³.

По расчетным данным для практических целей вполне удовлетворяет условие

$$M_{BB1} = (0.71 - 0.82) M_{BB}. \quad (5)$$

Из анализа табл.1 видно, что соотношение $M_{BB1}/M_{BB} = Q_v/Q_c \approx 0.75$. Из этих соображений в расчетах, в качестве критерия эквивалентности зарядов при их водонаполнении (ошибка не превышает 15 %) можно принимать значение $M_{BB1} = \text{const}$.

Учитывая, что раствор АС над зарядом не взрывается, а его сухая часть сохраняет свою работоспособность, при расчете величины M_{BB} в качестве эквивалента достаточно принять заряд твердой фазы по геометрическим размерам, т.е.

$$M_{BB} = C \cdot M_c, \quad (6)$$

где M_c – масса сухой части ВВ в заряде, кг.

Значение коэффициента C , учитывающего повышение плотности ВВ в оболочке, определяется из формул (3) и (6):

$$C = 1 + (M_c/M_{BB1}). \quad (7)$$

Масса заряда ВВ твердой фазы будет

$$M_{BB1} = S_3 \cdot l_3 \cdot \rho_{BB}, \quad (8)$$

где S_3 – площадь поперечного сечения заряда, м²; l_3 – длина заряда с твердой фазой, м.

Масса окислителя определяется как

$$M_o = K_o P \cdot S_3 \cdot l_3 \cdot \rho_B, \quad (9)$$

где K_o – насыщенность раствора окислителя в долях единицы; P – отношение объема пустот в заряде к объему заряда; ρ_B – плотность воды, кг/м³.

Величина C зависит, кроме других факторов, от высоты столба раствора h_p и высоты колонки заряда h_{BB} :

при $h_o > h_{BB}$

$$C = 1 - K_o [(1 - P) \cdot (\rho_p / \rho_{BB})] \times \\ \times K_o [(\rho_B / \rho_{BB}) (h_B / h_{BB})], \quad (10)$$

где h_B – высота столба воды относительно нижнего конца заряда, м;

при $h_p \leq h_{BB}$

$$C = 1 + K_o P [(\rho_B / \rho_{BB}) (h_B / h_{BB})]. \quad (11)$$

Из анализа формул (10) и (11) видно, что значение C возрастает по мере увеличения концентрации раствора, пористости ВВ, первоначально уровня воды, соотношения площадей сечения заряда в оболочке и скважине, а также с уменьшением высоты заряда и насыпной плотности ВВ.

Зная величину C , массу заряда в оболочке можно определить ее корректировкой для зарядов без оболочек в сухих скважинах:

$$M_{BB} = C M_c (d_o/d_c). \quad (12)$$

Для установления границ диапазона изменения массы заряда ВВ достаточно знать крайние значения C , т.е. C_{min} и C_{max} , равные, соответственно, 1.03 и 1.58. При этом необходимо также учитывать способ погружения заряда в скважину. Если погружение осуществляется за счет избыточной массы заряда над водой, то $C = 1$. При добавлении в заряд 10 – 12 % воды $C = 1.08 - 1.15$, а при добавлении 20 – 25 % воды – $C = 1.40 - 1.50$ (при глубине скважины и уровне воды в ней, равных 10 м).

Если в оболочке заряда нет отверстий (порывов), кроме специально проделанных в ее нижнем конце, обмен раствора и воды отсутствует. При порыве оболочки выше проделанных отверстий на величину Δh по закону сообщающихся сосудов будут налагаться два условия:

$$\rho_B h_B = \rho_o h_p; \quad (13)$$

$$\rho_B (h_B - \Delta h) = \rho_p (h_p - \Delta h), \quad (14)$$

из которых следует, что

$$\Delta h = (h_B - h_p) = 0. \quad (15)$$

Анализ выражения (15) показывает, что при расположении отверстий вдоль оболочки на разной высоте условия (13) и (14) одновременно не выполняются, т.е. будет осуществляться обмен

Табл. 1. Характеристики используемых ВВ

Тип ВВ	Содержание тротила, %		Теплота взрыва, Q , ккал/кг		Q_B/Q_C
	в сухой смеси	в водонаполненной смеси	в сухой смеси, Q_C	в водонаполненной смеси, Q_B	
Ифзанит Т-20	24	33	1000	794	0.79
Граммонит 79/21	21	27...30	1030	730	0.73
Граммонит 82/18	18	23...26	960	—	—
Граммонит 50/50	50	64...71	880	785	0.79
Граммонит 30/70	70	90...100	887	790	0.76

раствора в оболочке и воды в скважине. Это свидетельствует о том, что из заряда ВВ будет вымываться окислитель.

Таким образом, погружение заряда НВВ в оболочку в обводненную скважину достигается без загрузки и с загрузкой. В последнем случае – за счет орошения ВВ водой или раствором АС в процессе заряжения скважин и свободного впуска воды из скважины через отверстия в нижней части оболочки заряда. В случае без догрузки заряда следует следить за тем, чтобы не произошло порыва (или обрыва) оболочки за счет ее “схлопывания” или закручивания. При засыпке через зарядное устройство (ЗУ) крупногабаритных компонентов ВВ (тротил-4, тротилловые шашки и т. п.) необходима дозировка небольшими порциями, исключая заклинивание кусков и одновременная засыпка сыпучих компонентов ВВ (или ВС). Недозарядка или перезарядка по проектной массе ВВ одиночного заряда не должна допускаться.

В процессе засыпки ВВ в оболочку заряд будет находиться в воде на уровне скважины:

$$h_B = (\rho_{ВВ}/\rho_B)h_{ВВ}. \quad (16)$$

С учетом 40% усадки (данные экспериментов) замоченного заряда

$$h_B = 2.5K_y h_{ВВ}, \quad (17)$$

где K_y – коэффициент усадки высоты колонки заряда, $K_y = 0.15$ (или 15%).

В ряде случаев необходимо знать концентрацию (насыщенность) K_0 раствора окислителя, которая определяется по формуле:

$$K_0 = \rho_0 V_0 / (\rho_B V_B + \rho_0 V_0), \quad (18)$$

где V_B, V_0 – объемы, соответственно, воды в растворе и окислителя, m^3 .

Из формулы (18) следует:

$$V_B = V_0(1 - K_0)(\rho_p/\rho_B); \quad (19)$$

$$V_0 = K_0 V_p (\rho_p/\rho_B). \quad (20)$$

где V_p – объем водного раствора окислителя.

Высота колонки раствора в оболочке будет

$$h_0 = (\rho_B/\rho_p)h_B. \quad (21)$$

Учитывая, что первоначальный объем воды в скважине после погружения заряда распределяется на образование раствора и заполнение пространства между оболочкой и стенкой скважины, можно записать:

$$S_c h_{B_0} = (S_c S_3)h_B + h_B, \quad (22)$$

где S_c, S_3 – площадь поперечного сечения, соответственно, скважины и заряда ВВ, m^2 ; h_{B_0} – высота столба воды при первоначальном ее уровне в скважине, m .

При уровне раствора выше верхнего уровня колонки заряда ВВ ($h_p > h_{ВВ}$)

$$V_p = h_{ВВ} P S_3 + (h_p - h_{ВВ}) S_3. \quad (23)$$

Для уровня раствора ниже верхнего уровня колонки заряда ВВ ($h_p < h_{ВВ}$)

$$V_p = h_p P S_3. \quad (24)$$

Используя выражения (22) – (24), с учетом (20) и (21), после нескольких преобразований можно рассчитать величину h_p для любой степени обводненности скважин. При необходимости можно также определить давления (H/m^2) воды P_B и P_p у отверстия оболочки:

$$P_B = h_B \rho_B g, \quad (25)$$

$$P_p = h_p \rho_p g, \quad (26)$$

где g – ускорение свободного падения, m/c^2 .

В процессе формирования гидроизолированного заряда в обводненной скважине в качестве боевиков можно использовать: нижнего – 20 - 40 кг

Табл. 2. Результаты промышленных испытаний

Карьер	Количество взорванных скважин, шт.	Стоимость одной скважины, грн.	Диаметр среднего куска, мм	Выход негабарита, %
Малинский КДЗ N 3	37	38.6	310	10.3
”Бехи”	46	38.6	370	11.7
ОПО ”Пенизевичи”	36	38.6	290	9.9
Малинский КДЗ N 3	13	38.6	405	14.0
Малинский КДЗ N 3	12	38.6	330	12.0
ОПО ”Пенизевичи”	35	40.2	380	12.5
Малинский КДЗ N 3	35	40.2	355	11.1
”Бехи”	40	40.2	395	13.3

ВВВ, или 2 шашки Т-400Г, или 5 - 10 кг патронов аммонита 6ЖВ; верхнего - 1 - 2 шашки Т-400Г или 5 - 10 кг порошкообразного аммонита 6ЖВ, размещенного в зазор на воду и инициируемого детонирующим шнуром (ДШ) нижнего боевика. При использовании шашек Т-400Г без усиления, они размещаются внутри оболочки.

2. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Эксплуатация ЗУ по данной технологии предусматривает обязательное выполнение требований по безопасности, среди которых основными являются:

- сьем электростатического заряда с гидроизолирующих оболочек в течение суток, предшествующих заряданию, путем хранения их на металлической заземленной поверхности или погружения снаряженных ЗУ в электропроводящую жидкость;
- не допускается производить засышку ВВ при отсутствии электрического контакта гильзы-воронки с землей;
- не допускается прижимать к земле воронкой ЗУ ДШ нижнего боевика.

Анализ исследований показал (данные института ВостНИИ, 1997), что при подаче полимерной оболочки в скважину на ней возникает и накапливается заряд статического электричества с максимальным потенциалом до 15 кВ (длина оболочки от 25 м и более, температура воздуха +28 С° и его относительная влажность 35 %).

Если принять минимальную энергию взрыва 1.6 мДж [12] самого легко воспламеняющегося компонента ВВ, с распыленным облаком объемом 3 м³, имеющим емкость $C_p = 3.2 \cdot 10^{-14}$ Ф [13],

допустив при этом, что полимерная оболочка будет заполнена ВВ во взвешенном состоянии (чего практически не бывает), то при ее диаметре 0.18 м и максимально возможной длине 50 м величина $C_p = 1.47 \cdot 10^{-14}$ Ф. Тогда, допуская с запасом по безопасности минимальную энергию воспламенения ВВ $W_{min} = 1.6 \cdot 10^{-3}$ Дж [12], безопасная величина потенциала U_{min} , не способная вызвать взрыв ВВ, будет равна:

$$U_{min} = (2W_{min} C_p)^{1/2} = 4700 \text{ кВ.}$$

Следовательно, чтобы вызвать взрыв в полимерной гидроизолирующей оболочке, необходимо зарядить распыление в ней ВВ до потенциала более 4700 кВ. Эта величина потенциала значительно превосходит рассчитанную (15 кВ) для рассматриваемой технологии зарядания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В современных условиях производства ВР при разрушении обводненных массивов горных пород наиболее эффективными являются заряды простейших ВВ в оболочках из полиэтиленового материала. Впервые обоснованы и разработаны элементы технологии зарядания обводненных скважин. Показаны условия рационального ее использования на предприятиях горнодобывающей промышленности при соблюдении специальных положений и требований безопасности.

2. Скважинные заряды в гидроизолирующих оболочках внедрены при производстве массовых взрывов в обводненных скальных породах на разрезах Кузбасса (Россия) с использованием простейшего НВВ типа ”Гранулит-УП” (УП – угольный порошок) и его модификаций. Эти заряды также проверены экспериментально на гранитных карьерах Украины (табл. 2). Оценка результатов

взрыва показала, что наряду с получением требуемого качества дробления горной массы достигается экономия только по одной скважине в пределах 38–40 грн. Полученные результаты свидетельствуют о неоспоримом преимуществе данной технологии заряжания по сравнению с разработкой и внедрением новых ВВВ при взрывном дроблении обводненных пород.

3. Использование зарядов ВВ в оболочках при производстве ВР представляет собой многофункциональную проблему, которая требует дальнейшего научного обоснования ряда прикладных задач, прежде всего :

- рациональных конструкций ЗУ и средств механизации с учетом свойств ВС местного приготовления, а также использования конверсионных боеприпасов;
- закономерностей действия взрыва зарядов в оболочках, обуславливающих повышение его полезной энергии на дробление пород;
- методических положений по расчету параметров массовых взрывов скважинных зарядов ВВ данной конструкции схем короткозамедленного взрывания, интервалов замедления и др.

1. Кравець В. Г., Воробйов В. Д., Кузьменко А. А. Підривні роботи на кар'єрах. Навчальний посібник. – К.: ІСДО, 1994. – 376 с.
2. Федоренко П. И., Пашков А. П. Основные проблемы совершенствования технологии взрывных работ на карьерах // Проблемы гидрогеомеханики в горном деле и строительстве. Часть 2. – К.: Знание, 1996. – С. 11–13.
3. Вовк А. А. Проблемы развития взрывного дела на Украине // Проблемы гидрогеомеханики в горном деле и строительстве. Часть 2. – К.: Знание, 1996. – С. 3–9.
4. Ефремов Э. И., Петренко В. Д., Джос В. С. Опыт и перспективы применения простейших бестроительных ВВ со стабильными физическими и детонационными свойствами и ВВ на основе конверсии // Промышленные взрывчатые вещества и средства их инициирования. В. 1. – ГНИИХП. Шостка, Украина, 1995. – С. 8–13.
5. Желтоножка А. А. Состояние производства промышленных взрывчатых веществ в Украине // Промышленные взрывчатые вещества и средства их инициирования. В. 1. – ГНИИХП. Шостка, Украина, 1995. – С. 3–4.
6. Куприн В. П., Крысин Р. С., Глушко А. И. Физико-химические свойства украинитов как основы для создания промышленных ВВ и пунктов их приготовления на местах проведения взрывных работ // Промышленные взрывчатые вещества и средства их инициирования. В. 1. – ГНИИХП. Шостка, Украина, 1995. – С. 5–8.
7. Сеинов Н. П., Валиев Б. С. Технология заряжания обводненных скважин неводоустойчивыми взрывчатыми веществами // Взрыв. дело. – № 89/46. – М.: Недра, 1986. – С. 204–215.
8. Г. П. Попов, А. Т. Калашников, С. М. Кокоуров и др. Техника и технология заряжания обводненных скважин на карьерах КМА // Взрыв. дело. – № 89/46. – М.: Недра, 1986. – С. 231–237.
9. Воробьев В. Д., Кондратьев А. И., Бабич В. А. Эффективность применения водоизолирующих оболочек на карьерах // Строит. матер. и конструкции № 1. – К.: Будивельник, 1990. – С. 26–27.
10. Волобуев В. К., Шаф М. Х. Технология взрывания обводненных пород на разрезах. – М.: ЦНИЭИ-уголь, 1986. – 36 с.
11. Рекомендации по снижению энергоемкости буровзрывных работ на карьерах / В. Д. Воробьев, А. И. Крючков, В. С. Прокопенко и др. – К.: НТУУ “КПИ”. Часть 4, 1996. – 66 с.
12. Демидюк Г. П., Бугайский А. Н. Средства механизации и технология взрывных работ с применением гранулированных взрывчатых веществ. – М.: Недра, 1975. – 312 с.
13. Защита зарядов взрывчатых веществ от преждевременных взрывов блуждающими токами / М. М. Граевский, В. Ф. Ермолин, П. С. Залесский и др. – М.: Наука, 1987. – 193 с.