

УДК 622.235.432

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИЙ СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДОВ С ГАЗОГЕНЕРИРУЮЩИМИ КОМПОНЕНТАМИ НА СОДЕРЖАНИЕ В ОТБИТОЙ ГОРНОЙ МАССЕ ПЕРЕИЗМЕЛЬЧЕННЫХ ФРАКЦИЙ

В. Н. Долударев

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: tehm@kdu.edu.ua

Рассмотрено влияние газогенерирующих энергоактивных компонентов в скважинных зарядах промышленных взрывчатых веществ на содержание в отбитой горной массе переизмельченных фракций. Подробно изложены результаты внедрения на карьерах нерудных ископаемых Кременчугского региона разработанных конструкций зарядов с использованием конверсионных газообразующих компонентов в виде отходов твердых ракетных топлив. Сравнение результатов нескольких массовых взрывов подтверждает снижение пика давления в зарядной полости при введении в заряд взрывчатых веществ газогенерирующих добавок, что приводит к уменьшению выхода переизмельченных фракций за счет снижения интенсивности дробления в ближней к заряду зоне. Применение предложенных конструкций зарядов значительно повышает эффективность работы карьеров, добывающих нерудные полезные ископаемые.

Ключевые слова: газогенерирующие компоненты, переизмельченные фракции, массовый взрыв, взрывчатое вещество, горная масса.

ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЙ СВЕРДЛОВИНИХ ЗАРЯДІВ З ГАЗОГЕНЕРУЮЧИМИ КОМПОНЕНТАМИ НА МІСТКІСТЬ У ВІДБИТІЙ ГІРСЬКІЙ МАСІ ПЕРЕПОДРІБНЕНИХ ФРАКЦІЙ

В. М. Долударев

вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: tehm@kdu.edu.ua

Розглянуто вплив газогенеруючих енергоактивних компонентів у свердловинних зарядах промислових вибухових речовин на місткість у відбитій гірській масі переподрібнених фракцій. Детально викладені результати впровадження на кар'єрах нерудних копалин Кременчуцького регіону розроблених конструкцій зарядів з використанням конверсійних газоутворюючих компонентів у вигляді відходів твердих ракетних палив. Порівняння результатів декількох масових вибухів підтверджує зниження піку тиску в зарядній порожнині при введенні в заряд вибухових речовин газогенеруючих добавок, що призводить до зменшення виходу переподрібнених фракцій за рахунок зниження інтенсивності дроблення в ближній до заряду зоні. Використання запропонованих конструкцій зарядів значно підвищує ефективність роботи кар'єрів, які видобувають нерудні корисні копалини.

Ключові слова: газогенеруючі компоненти, переподрібнені фракції, масовий вибух, вибухова речовина, гірська маса.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Конструкция скважинных зарядов оказывает существенное влияние на перераспределение энергии взрыва взрывчатого вещества (ВВ) в отбиваемой части массива горных пород. Первоначально используемая конструкция скважинных зарядов – сплошная цилиндрическая колонка ВВ, имеющая наибольшее распространение в практике ведения взрывных работ, – подверглась существенным изменениям и усовершенствованиям. Широко известны заряды с воздушными полостями и инертными промежутками, с боковыми и осевыми вставками, а также ряд других.

Наличие воздушных промежутков и полостей в зарядах изменяет характер воздействия продуктов детонации и может создавать условия для повышения полезного использования энергии взрыва за счет сокращения ее затрат на переизмельчение среды в непосредственной близости к заряду ВВ и рационального использования для разрушения более удаленной части массива [1–4].

Цель работы – определение эффективности применения газогенерирующих компонентов в заряде ВВ для снижения выхода переизмельченных фракций.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. В последние годы для уменьшения содержания переизмельченных фракций (0–5 мм) в отбитой горной массе на карьерах нерудстройматериалов используют в зарядах бризантных ВВ газогенерирующие компо-

ненты, в частности твердые ракетные топлива. В горнотехнических условиях Власовского гранитного карьера были проведены промышленные исследования влияния газогенерирующих компонентов в зарядах гранулированных взрывчатых веществ на содержание в отбитой горной массе переизмельченных фракций.

При отбойке горных пород гранулированными промышленными и конверсионными ВВ в качестве отправной точки приняты результаты контрольного массового взрыва на блоке № 1, для осуществления которого пробурено 115 скважин диаметром 220 мм и глубиной 13,0–13,5 м. В скважинах разместили 30124 кг бризантных взрывчатых веществ, из них 9120 кг граммонита 50/50 и 21004 кг высокобризантного конверсионного ВВ ТГФА. Одну часть заряда ТГФА (рис. 1) размещали в перебуре и нижней части скважины для улучшения проработки подошвы уступа, другую часть – на контакте с забойкой для уменьшения выхода негабаритных кусков из верхней части уступа. В результате взрыва отбито 52416 м³ горной массы. Средний удельный расход взрывчатых материалов составил около 0,60 кг/м³. В процессе отгрузки горной массы установлен объем переизмельченных фракций (табл. 1), который использовали в качестве основного критерия эффективности различных конструкций зарядов с газообразующими компонентами.

В експериментальних взрывах часть высокобризантных гранулированных взрывчатых веществ заменили газогенерирующими компонентами – твердым ракетным топливом, подвергшимся первичной переработке для улучшения технологических свойств при зарядании скважин. При зарядании блока № 2 5960 кг граммонита 50/50 заменили такой же массой газогенерирующих компонентов. Таким образом, общая масса заряда составила 16380 кг в составе которых 2820 кг – ТГФА, 7600 кг – граммонит 50/50 и 5960 кг твердого ракетного топлива в порошке. Содержание в зарядах газогенерирующих компонентов составило 36,4 %. Конструкция заряда ВВ на блоке № 2 приведена на рис. 2. Некоторые виды твердых ракетных топлив содержат в своем составе определенное количество

гексогена, но даже при переходе его горения в детонацию она протекает в низкоскоростном режиме, что практически исключает образование переизмельченных фракций в ощутимых объемах.

В последующих экспериментальных взрывах замену бризантных ВВ газогенерирующими компонентами проводили в больших объемах. На блоке № 3 было пробурено 43 скважины диаметром 216 мм и глубиной 13,0 м. Для производства массового взрыва в скважинах разместили 5200 кг высокобризантного конверсионного ВВ (ТГФА), разделяя части заряда твердым ракетным топливом (рис. 2), суммарная масса которого составила 5399 кг. В данном массовом взрыве содержание твердого ракетного топлива в зарядах составило около 51 %.

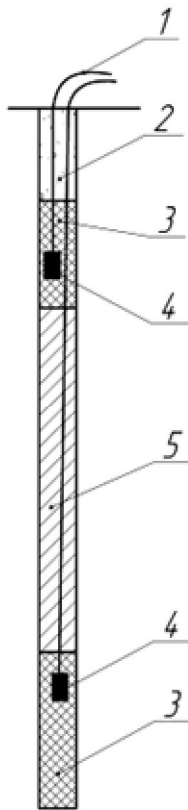


Рисунок 1 – Конструкция скважинных зарядов при использовании гранулированных ВВ на контрольном блоке Власовского карьера:
1 – детонирующий шнур; 2 – забойка; 3 – высокобризантное ВВ ТГФА; 4 – тротиловые шашки Т-400; 5 – граммонит 50/50

При большом процентном содержании газогенерирующих компонентов гранулированные бризантные ВВ смешивали при зарядании с порошкообразным твердым ракетным топливом, засыпая их в скважину одновременно. При подготовке массового взрыва на блоке № 4 Власовского гранитного карьера в 62 скважины диаметром 215,4 мм и глубиной 13,5 м помещено 15912 кг смеси, состоящей из 7700 кг ТГФА и 8212 кг твердого ракетного топлива. Масса газогенерирующего компонента в заряде составила почти 52 % от общей массы взрывчатых материалов, использованных при мас-

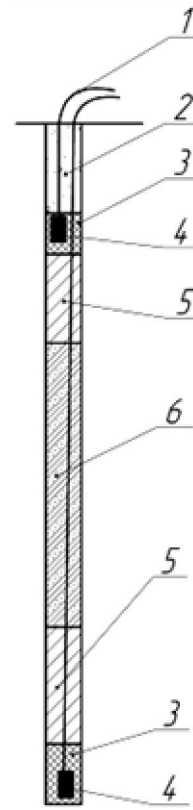


Рисунок 2 – Конструкция скважинного заряда с использованием газогенерирующих компонентов в составе гранулированных ВВ на блоке № 2:
1 – детонирующий шнур; 2 – забойка;
3 – высокобризантное ВВ ТГФА;
4 – промежуточный инициатор; 5 – граммонит 50/50;
6 – газогенерирующий компонент

совом взрыве. В процессе уборки горной массы определяли выход переизмельченной горной породы во всех экспериментальных взрывах (табл. 1).

Как следует из результатов экспериментальных взрывов (табл. 1), замена 30–50 % бризантных ВВ в скважинных зарядах газогенерирующими компонентами в условиях Власовского гранитного карьера привело к заметному снижению содержания переизмельченных фракций в отбитой горной массе.

Аналогичные результаты получены при отбойке гранитов в Мало-Кохновском карьере ООО «Нерудстройматериаль». В качестве примера приведены два

массовых взрыва с существенно различным количеством (в %) твердого ракетного топлива в зарядах. При подготовке и производстве массового взрыва на блоке № 12 заряжено 59 скважин диаметром 150 мм и глубиной преимущественно 18,5–19,0 м, в которых размещено 13020 кг взрывчатых материалов, из них 8476 кг граммонита 50/50 и 4544 кг твердого ракетного топлива (31,5 % от общей массы взрывматериалов). Объем отбитой горной массы составил 17255 м³, удельный расход взрывчатых материалов – 0,755 кг/м³. Зафиксировали выход переизмельченных фракций в отбитой горной массе 19,2 %.

При подготовке и производстве массового взрыва на блоке № 7 было обурено 34 скважины диаметром 150 мм и глубиной 17,5–18,5 м, в которых было размещено 7832 кг взрывчатых материалов, из них 2520 кг граммонита 50/50 и 5312 кг твердого ракетного топлива, количество которого в зарядах достигло 67,8 %. В результате взрыва было отбито 9680 м³ горной массы, в составе которой содержание некондиционных фракций зафиксировано на уровне 16,8 %. Удельный расход взрывчатых материалов составил 0,81 кг/м³.

Таблица 1 – Содержание некондиционных переизмельченных фракций (0–5 мм) в горной массе, отбитой в условиях Власовского гранитного карьера при использовании гранулированных промышленных и конверсионных взрывчатых веществ с газогенерирующими компонентами

Место проведения массового взрыва	Количество скважин, шт	Глубина скважин, м	Масса взрывчатых материалов в скважинах, кг		Объем отбитой горной массы, м ³	Удельный расход взрывчатых материалов, кг/м ³			Содержание некондиционных фракций в отбитой горной массе, %
			масса бризантных ВВ	масса газогенерирующего компонента		бризантные ВВ	газогенерирующие добавки в заряде	суммарный удельный расход	
Блок № 1 контрольный	115	13,0-13,5	30124	0	52416	0,6	0	0,6	26,9
Блок №2 экспериментальный	63	13,0-13,5	10420	5960	27555	0,38	0,216	0,546	20,8
Блок № 3 экспериментальный	43	13,0	5200	5399	20124	0,25	0,26	0,51	19,7
Блок № 4 экспериментальный	62	13,5	7700	8212	27800	0,28	0,3	0,58	20,2

Разработка и использование при производстве массовых взрывов в карьерах водоэмульсионных и конверсионных ВВ обусловило необходимость расширения объема исследований с этими ВВ [5–9]. В силу специфических свойств и технологических возможностей формирования скважинных зарядов водоэмульсионных ВВ при подготовке массовых взрывов в карьерах нерудстройматериалов исследована эффективность дробления скальных горных пород зарядами следующих конструкций:

- сплошными комбинированными или однородными (рис. 1);
- сплошными однородными или комбинированными с продольными (рис. 3) полостями, заполненными воздухом или иными инертными материалами, например, водой или глинистым раствором.

Оценку эффективности различных конструкций скважинных зарядов водоэмульсионных ВВ осуществляли по двум критериям:

- а) по объему образующихся некондиционных переизмельченных фракций (0–5 мм);
- б) по параметрам сейсмических колебаний при массовых взрывах в карьерах.

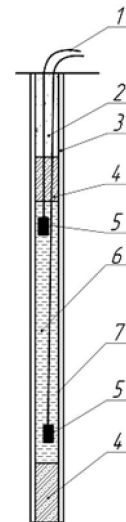


Рисунок 3 – Конструкция скважинного заряда водоэмульсионного ВВ с продольной полостью: 1 – УНС; 2 – забойка; 3 – продольная полость между полиэтиленовым рукавом и стенкой скважины; 4 – твердое ракетное топливо; 5 –ЗТП–800; 6 – анемикс 70; 7 – полиэтиленовый рукав

В Рыжевском гранитном карьере проведены экспериментальные массовые взрывы с различными конструкциями скважинных зарядов водоземulsionных ВВ, что позволило комплексно подойти к решению эффективного и безопасного ведения взрывных работ.

При подготовке массового взрыва на блоке № 44 горизонта +28 м обурено 86 скважин диаметром 215,0 мм и глубиной преимущественно 13,5–14,0 м, большинство из которых малообводнены (высота столба воды не превышала 4,0 м), а в некоторых скважинах вода отсутствовала вообще. В скважинах формировали сплошные заряды водоземulsionного ВВ Анемикс – 70 (контрольный взрыв). Масса ВВ в скважине составляла 310–320 кг, суммарная масса ВВ во всех скважинах составила 27 086 кг. Заряды инициировали группами с миллисекундными замедлениями 10–40 мс. Максимальная масса взрывчатых материалов на одну ступень замедления не превышала 2000 кг. Регистрацию параметров сейсмических колебаний при массовых взрывах осуществляли с помощью сейсмодатчика ИОО–2 с записью сигналов на осциллографе Н.044.

Расшифровка осциллограмм позволила установить скорости смещения грунта и частоту колебаний в местах установки сейсмоприемников (табл. 2). По мере уборки горной массы определяли объем образовавшихся некондиционных (0–5 мм) фракций после каждого массового взрыва (табл. 2).

При подготовке массового взрыва обурено 96 скважин диаметром 215 мм и глубиной 13,0–14,0 м

(блок № 45, гор. +28), в которые помещали полиэтиленовые рукава диаметром 190 мм. При использовании водоземulsionных ВВ возникают технологические трудности при формировании рассредоточенных зарядов с инертными или воздушными промежутками. Поэтому при использовании эмульсионных ВВ формировали продольные осевые полости между полиэтиленовыми рукавами и стенками скважин. На дно скважин в полиэтиленовых рукавах помещали 27 кг газогенерирующего компонента (твердого ракетного топлива). В качестве газогенерирующего компонента использовали твердое ракетное топливо в патронах (ЗАРС) диаметром 120 и 180 мм массы соответственно 9 и 15 кг. Затем в полиэтиленовые рукава в скважинах заливали Анемикс–70, а между зарядом в полиэтиленовом рукаве и стенкой скважины образовывался зазор, величиной 20–25 мм, заполненный водой или воздухом в зависимости от уровня воды в скважине. Затем после заливки в рукав водоземulsionного ВВ Анемикс–70 в верхней части скважины размещали еще 15,0–18,0 кг газогенерирующего компонента – утилизированного твердого ракетного топлива (рис. 3) и формировали забойку. Суммарная масса взрывчатых материалов, использованных в данном массовом взрыве, составила 30066 кг, в том числе 4092 кг – газогенерирующего компонента (твердого ракетного топлива) (13,5 % от общей массы взрывчатых материалов). Параметры сейсмических колебаний при массовом взрыве и выход переизмельченных фракций приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Параметры сейсмических колебаний и объем некондиционных фракций (0–5 мм) при массовых взрывах на Рыжевском гранитном карьере с использованием различных конструкций скважинных зарядов водоземulsionных ВВ

Место и время проведения массового взрыва	Диаметр заряда ВВ (полиэтиленового рукава), мм	Средняя величина зазора между зарядом ВВ и стенкой скважины, мм	Частота сейсмических колебаний, Гц	Скорость сдвига грунта в основании датчиков, см/с			Содержание некондиционных фракций в отбитой горной массе, %
				Номер датчиков			
				Д ₁	Д ₂	Д ₃	
Блок № 44, гор. +28 м	215,0	–	25,5	6,9	7,3	7,8	23,8
Блок № 45, гор. +28 м	190,0	12,0-13,0	27,0	5,52	5,8	6,2	20,3
Блок № 46, гор. +28 м	180,0	15,0-17,0	21,5	5,85	6,03	6,64	20,95
Блок № 49, гор. +28 м	180,0	15,0-17,0	23,0	5,29	4,05	4,58	20,8
Блок № 50, гор. +16 м	215,0	–	27,0	8,17	7,57	7,97	23,2

При подготовке массового взрыва были пробурены 102 скважины диаметром 215 мм и глубиной 13,0–14,0 м (блок № 46 гор. +28 м). В скважинах при зарядке были размещены полиэтиленовые рукава диаметром 180 мм. Конструкция скважинных зарядов соответствует конструкции зарядов на блоке № 45 с газогенерирующими компонентами (рис. 3). Максимальный зазор между зарядом ВВ и стенкой скважины составил 30 – 35 мм, который был заполнен частично водой или воздухом в зависимости от уровня воды в массиве. Суммарная масса взрывчатых материалов составила 31108 кг, из них 4284 кг газогенерирующих компонентов (около 14 % от общей массы взрывчатых материалов) (табл. 2).

Экспериментальные взрывы проведены на других блоках Рыжевского гранитного карьера. При подготовке массового взрыва на блоке № 49 обурено 83 скважины диаметром 216 мм и глубиной 12,0–13,0 м. Перед заряданием в скважины помещали полиэтиленовые рукава диаметром 180 мм, на дне которых находились 2–30 кг газогенерирующего компонента – твердого ракетного топлива. Затем в полиэтиленовый рукав заливали 240–280 кг вододисперсионного ВВ (Анемикс–70), поверх которого в каждую скважину добавляли 15–18 кг твердого ракетного топлива и формировали забойку. Суммарная масса взрывчатых материалов во всех скважинах составила 23550 кг, из них 3952 кг (16,8 %) твердого ракетного топлива. Параметры сейсмических колебаний при массовом взрыве на блоке № 49 и содержание переизмельченных фракций в отбитой горной массе приведены в табл. 2. Удельный расход взрывчатых материалов при отбойке гранитов на блоке № 49 составил 0,58 кг/м³.

На горизонте +16 м был подготовлен к массовому взрыву блок № 50, на котором обурено 89 скважин диаметром 215 мм и глубиной 11,5–12,5 м, в которые размещали сплошные заряды без пустот и промежутков. Суммарная масса взрывчатых веществ при отбойке пород на блоке № 50 составила 24600 кг. Результаты экспериментальных замеров приведены в табл. 2.

Как следует из результатов экспериментальных исследований в условиях Рыжевского и Мало-Кохновского гранитных карьеров, замена части высокобризантных ВВ в скважинных зарядах газогенерирующими компонентами (твердыми ракетными топливами) и создание продольных инертных полостей, существенно снижает относительный (в %) объем переизмельченных фракций в отбитой горной массе. Эта качественная закономерность подтверждается при проведении опытно-промышленных взрывов и на других карьерах.

На Рыжевском гранитном карьере для подготовки массового взрыва на блоке № 5 было обурено 25 скважин диаметром 244 мм и глубиной 17,5 м по сетке 6,2×6,4 м. Суммарная масса взрывчатых материалов, размещенных в скважинах, составила 16436 кг, из них 936 кг твердого ракетного топлива или 7 % от суммарной массы взрывчатых матери-

алов, использованных при массовом взрыве на блоке № 5 гор. – 14,0 м. Объем отбитой горной массы составил 16120 м³. В процессе уборки горной массы установлен относительный объем (в %) переизмельченных фракций, который в этом опытно-промышленном взрыве составил 29,85 %.

При увеличении в объеме взрывчатых материалов газогенерирующих компонентов содержание в отбитой горной массе переизмельченных фракций уменьшается, о чем свидетельствуют результаты массового взрыва на блоке № 4 гор. – 14 м. На блоке № 4 обурено 20 скважин диаметром 244 мм и глубиной 17,0 – 18,0 м, в которых размещены 10730 кг взрывчатых материалов, из них 2940 кг (27,4 %) газогенерирующего компонента. После отгрузки из карьера на дробильно-сортировочный завод горной массы установлено, что содержание некондиционных фракций (0–5 мм) составило 26,4 %.

При одинаковом удельном расходе взрывчатых материалов (0,83 кг/м³) на блоках № 4 и № 5 большее относительное содержание в зарядах блока № 4 газогенерирующего компонента обуславливает уменьшение содержания переизмельченных фракций в отбитой горной массе.

ВЫВОДЫ. Таким образом, при некотором уменьшении удельного расхода взрывчатых материалов, выход переизмельченных фракций существенно сократился. Однако содержание переизмельченных фракций в отбитой горной массе оказалось выше ожидаемого в связи с тем, что существенное увеличение длины колонки твердого ракетного топлива в заряде, вероятно, способствовало развитию низкотемпературных режимов детонации.

Экономический эффект от применения списанных конверсионных материалов повышается еще больше за счет экономии средств, затрачиваемых на их утилизацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. О влиянии параметров смесового заряда на эффективность взрыва в грунтах / В.В. Воробьев, В.Н. Долударев, А.М. Пеев // Проблемы создания новых машин и технологий. – Кременчуг, 1998. – Вып. 2. – С. 239–240.
2. Оценка эффективности действия смесовых зарядов ВВ с энергоактивными добавками // Э.И. Ефремов, В.Д. Петренко, И.Л. Кратковский / Высокоэнергетическая обработка материалов. – Днепрпетровск, НГАУ. – 1999. – № 8. – С. 77–80.
3. Долударев В.Н. Исследование характера действия смесового заряда в сыпучей среде // Проблемы создания новых машин и технологий: научные труды Кременчугского государственного политехнического института. – Кременчуг, 2000. – № 8. – Вып. 1. – 514 с.
4. Теоретический анализ изменения давления продуктов детонации смесового заряда / В.В. Воробьев, В.Н. Долударев // Вісник Кременчуцького

державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДПУ, 2009. – Вип. 4/2009 (57), част. 2. – С. 106–110.

5. О влиянии конструкции рассредоточенного заряда на переизмельчение скальных пород при взрыве / В.В. Костин, Л.Д. Воробьева, В.Н. Долударев // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: наукові праці КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2005. – Вип. 6/2005 (35). – С. 139–140.

6. О влиянии конструкции удлиненного заряда ВВ на выход переизмельченных фракций при разрушении горных пород / В.В. Воробьев, В.Н. Долударев, А.М. Пеев, М.В. Помазан // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: наукові праці КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2006. – Вип. 6/2006 (41), част. 1. – С. 82–84.

7. Долударев В.Н. О влиянии газообразующего энергоактивного компонента в заряде на эффективность взрывного дробления твердых сред // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: наукові праці КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2004. – Вип. 4/2004 (27). – С. 142–144.

8. Долударев В.Н. Влияние различных прослоек между зарядом и нагружаемой средой на ее деформацию при взрыве // Сучасні ресурсо-енергозберігаючі технології гірничого виробництва: науково-виробничий журнал. – Кременчук: КрНУ, 2013. – Вип. 2 (12). – С. 57–62.

9. Miyake A. Detonation velocity and pressure of the non-ideal explosive ammonium nitrate / A. Miyake // The 19th Intern. Symp. on Detonation. USA, 1989. – PP. 1–5.

INFLUENCE WELL DESIGN CHARGE WITH THE GAS-GENERATING COMPONENTS ON CONTENTS REPULSED MOUNTAIN RANGE OVERGRINDING FRACTIONS

V. Doludarev

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail:tehm@kdu.edu.ua

The influence of the gas-generating energy active components in the hole charges of industrial explosives on the content of a broken rock mass overgrinding fractions. Detailed results of the implementation of the quarries of nonmetallic minerals Kremenchug region to develop designs using charges of conversion of gas-forming components in the form of waste solid propellants. Comparison of results of several massive explosions confirms reduction of the peak pressure in the charging chamber upon introduction into the explosive charge of gas-generating additive that reduces the output overgrinding fractions by decreasing the intensity of the near-cleavage zone to the charge. Application of the proposed designs charges significantly increases the efficiency of the quarries, mining industrial minerals.

Key words: gas-generating components, overgrinding fraction, mass explosion, explosive rock mass.

REFERENCES

1. Vorobyov, V.V., Doludarev, V.N., Pejev, A.M. (1998), “On the influence of the parameters of the mix charge on the efficiency of the explosion in soils”, *Problemy sozdaniya novyh mashyn i tehnologij*, vol. 2, pp. 239–240.

2. Efremov, E. (1999), «Evaluation of the effectiveness of the mixed explosive charges with the energy of the active additives», *The high-energy materials processing*, no. 8, pp. 77–80.

3. Doludarev, V.N. (2000), “Study of the mode of action of the mix charge in granular medium”, *Problemy sozdaniya novyh mashyn i tehnologij. Nauchnye trudy Kremenchugskogo gosudarstvennogo politehnicheskogo instituta*, vol. 1, no.8, pp. 514.

4. Vorobyov, V.V., Doludarev, V.N. (2009), “Theoretical analysis of the change in pressure of the detonation products of the mix charge”, *Visnyk Kremenchutskogo dergavnogo politehnichnogo universytetu imeni Mykhaila Ostrohradskogo. Naukovi pratsi KDPU*, vol. 4, part 2, no. 57, pp. 106-110.

5. Kostin, V.V., Vorobyova, L.D., Doludarev, V.N. (2005), “On the influence of distributed charge on the design of overgrinding rocks in the explosion”, *Visnyk Kremenchutskogo dergavnogo politehnichnogo universytetu imeni Mykhaila Ostrohradskogo. Naukovi pratsi KDPU*, vol. 6, no. 35, pp. 139–140.

6. Vorobyov, V.V., Doludarev, V.N., Pejev, A.M., Pomazan, M.V. (2006), “On the influence of the construction of elongated explosive charge to the output of overgrinding fractions in rock failure”, *Visnyk Kremenchutskogo dergavnogo politehnichnogo universytetu. Naukovi pratsi KDPU*, vol. 6, part 1, no. 41, pp. 82–84.

7. Doludarev, V.N. (2004), “On the effect of blowing power-active component in the charge on the effectiveness of the explosive fragmentation of solid media”, *Visnyk Kremenchutskogo dergavnogo politehnichnogo universytetu. Naukovi pratsi KDPU*, vol. 4, no. 27, pp.142–144.

8. Doludarev, V.N. (2013), “Influence of different interlayers between the charge and loading medium on its deformation at explosion”, *Suchasni resursoenergozberigauchi tehnologiyi girnychogo vyrobnytstva*, vol. 2, no. 12, pp. 57–62.

9. Miyake A. Detonation velocity and pressure of the non-ideal explosive ammonium nitrate / A. Miyake // The 19th Intern. Symp. on Detonation. USA, 1989, pp. 1–5.

Стаття надійшла 02.02.2015.