

УДК 622.235.62

Рожков Артем Андреевич

научный сотрудник лаборатории
подземной геотехнологии,
Институт горного дела УрО РАН,
620075 г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58
e-mail: 69artem@bk.ru

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ
РАСРЕДОТОЧЕНИЯ
СКВАЖИНЫХ ЗАРЯДОВ НА ВЫХОД
НЕКОНДИЦИОННОЙ
ФРАКЦИИ КВАРЦЕВОЙ РУДЫ****Аннотация:*

При добыче гранулированного кварца стоит проблема переизмельчения в результате взрывных работ. При подземной разработке основным способом ведения взрывных работ является скважинная отбойка веерами зарядов сплошной конструкции. Основные недостатки способа – неравномерность распределения взрывчатого вещества по плоскости отбиваемого слоя и расходование значительной части энергии зарядов сплошной конструкции на бризантное воздействие, обязательно связанное с переизмельчением руды. В качестве решения данных проблем автором предложена технология отбойки, сущность которой заключается в том, что равномерность распределения концентрации энергии ВВ в отбиваемом слое обеспечивается за счет рассредоточения зарядов воздушными промежутками и определенного порядка их размещения в плоскости расположения веера. Для практической реализации технологии разработан способ формирования рассредоточенных зарядов в восстающих глубоких скважинах, не требующий дополнительных трудовых затрат и специальных средств. Создана специальная методика, позволяющая определить параметры рассредоточения, обеспечивающие выдержанный удельный расход ВВ по всей плоскости отбиваемого слоя. На основании экспериментальных исследований установлены оптимальные параметры рассредоточения.

Ключевые слова: гранулированный кварц, взрывная отбойка, рассредоточенный заряд, веер скважин, воздушный промежуток, удельный расход ВВ

DOI: 10.25635/2313-1586.2019.01.063

Rozhkov Artem A.

Researcher,
Underground Geotechnology Laboratory,
Institute of Mining, Ural Branch of RAS,
620075, Ekaterinburg,
Mamina-Sibiryaka Str., 58
e-mail: 69artem@bk.ru

**EVALUATION OF IMPACT
OF PARAMETERS OF DISTRIBUTION
OF BLASTHOLES
ON OUTPUT SUBSTANDARD
QUARTZ ORE FRACTION***Abstract:*

In the extraction of granular quartz, there is a problem of overgrinding as a result of blasting operations. During the underground mining the main method of blasting operations is blasthole blasting by the rings of continuous charges. Among the main drawbacks of the method are the uneven distribution of explosives on the plane of the blasted layer and the consumption of a significant part of the energy of continuous charges on the blasting impact necessarily associated with ore overgrinding. As a solution to these problems, the author have proposed the blasting technology which essence being that the uniformity of the distribution of the concentration of the explosives strength in the blasted layer is ensured using the distribution of charges by air intervals and a certain order of their placement in the plane of the ring arrangement. For the practical implementation of the technology, the authors have developed a method for forming the distributed charges in raising deep drill holes, which does not require additional labor and special means. The authors have created a special technique allowing to determine the distribution parameters ensuring the sustained specific consumption of explosives over the entire plane of the blasted layer. On the basis of experimental studies the authors have established the optimal distribution parameters.

Keywords: granular quartz, blasting, distributed charge, blasthole ring, air gap, specific consumption of explosives

Введение

Гранулированный кварц Кыштымского месторождения по своему качеству является уникальным и используется для производства особо чистых кварцевых концентратов, востребованных в высокотехнологичных отраслях промышленности. Это очень твердый материал, состоящий из зерен (гранул) размером до 1 – 2 мм, слабо скрепленных

* Исследования выполнены в рамках Госзадания №075-00581-19-00. Тема №0405-2019-0005

между собой, что обусловлено их весьма ровными и гладкими границами [1]. В результате данной особенности строения, при определенных уровнях ударной или взрывной нагрузки кварц склонен «лавинообразно» превращаться в совокупность мелких отдельных [2]. Вследствие проведения буровзрывных работ (БВР) на очистной выемке высок выход переизмельченной фракции. По требованиям к качеству сырья непригодной для производства особо чистых кварцевых концентратов является фракция кварца 0 – 20 мм, которая отсортировывается на поверхности и размещается в отвале [3, 4].

Традиционно отбойка производилась рассредоточенными инертным заполнителем зарядами патронированного ВВ в круговых веерах скважин диаметром 105 мм и длиной до 10 м. Удельный расход ВВ составлял 0,9 – 1,0 кг/м³. Заряд каждой скважины взрывался с замедлениями, то есть действовал как одиночный [5], что приводило к нерациональному использованию энергии взрыва, значительная часть которой затрачивалась на дробление горной породы в камуфлетной зоне [6]. Некондиционная фракция является потерями весьма ценного сырья, а ее выход составляет до 20 %.

При переходе к освоению следующего этажа система разработки изменилась [7], в результате чего отбойка камерных запасов производится веерами восходящих скважин длиной до 24 м. С целью снижения переизмельчения кварца необходимо разработать комплекс технических и методических решений, что является актуальной научно-технической задачей.

Конструкция рассредоточенного скважинного заряда

Известно, что для снижения бризантного действия на начальном этапе взрыва рационально применять конструкцию зарядов с воздушными промежутками [8 – 10]. Для условий восходящих скважин и пневмозарядания гранулированными ВВ был разработан способ формирования таких зарядов (рис. 1).

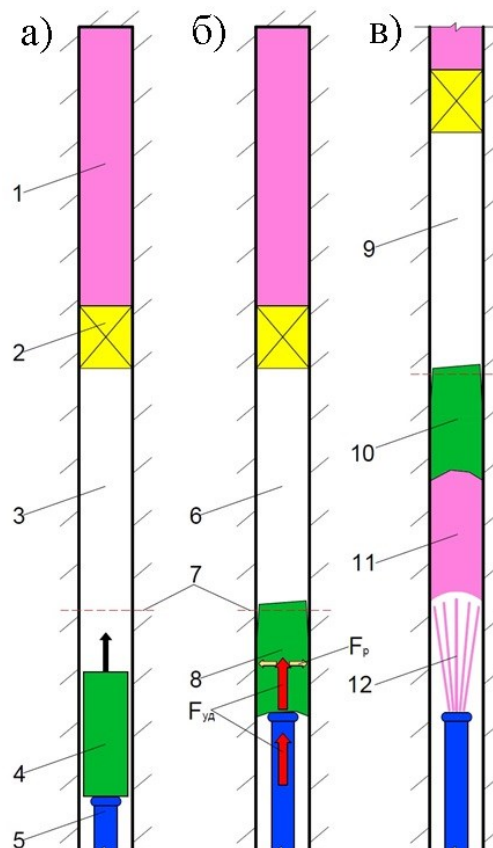


Рис. 1 – Принципиальная схема процесса формирования воздушного промежутка в скважине:
а) – введение пробки в скважину; б) – запрессовка пробки; в) – рассредоточенный заряд

После формирования первой части заряда 1 и установки патрона-боевика 2 оставался незаряжаемый участок скважины 3. Песчано-глиняная пробка 4 подавалась зарядным шлангом 5, тем самым формируя воздушный промежуток 6. По отметкам на шланге определялось необходимое место установки 7. При помощи легких ударов шлангом ($F_{уд}$) пробка деформировалась 8 и расклинивалась в скважине (F_p). Окончательное формирование промежутка 9 осуществлялось запрессовкой пробки 10 при формировании последующей части заряда 11 подачей гранулированного ВВ 12.

Опыт заряжания показал, что запрессованная таким образом пробка выдерживает напор подающегося ВВ и обеспечивает формирование воздушного промежутка. Использование зарядного шланга в качестве забойника и пробки из обычной песчано-глиняной забойки в качестве скважинного затвора не требует дополнительных технических средств и материалов, трудоемкость сравнима с формированием сплошного заряда [11] и составляет 0,02 – 0,04 чел-ч/м.

Разработка методики расчета параметров рассредоточения

Для определения параметров рассредоточения разработана методика расчета. При одновременном взрыве веерных зарядов детонационный фронт можно представить в виде дуги, а его распространение при условном разбиении на временные отрезки – в виде заполнения дугообразных зон. Следовательно, для расчета параметров рассредоточения плоскость веера необходимо разбить на дугообразные зоны, в границах каждой из которых удельный расход ВВ будет примерно одинаков. Длины частей рассредоточенных зарядов и воздушных промежутков, расположенных в смежных скважинах, равны высоте i -ой дугообразной зоны. В зоне, примыкающей непосредственно к забоям скважин, заряжаются все скважины, примыкающей к устьям скважин – не заряжаются.

Веер скважин представляется в идеализированном виде как сектор круга с центром в буровой выработке (O), радиусом, равным длине скважин (L), и углом раствора между крайними скважинами веера (α) (рис. 2).

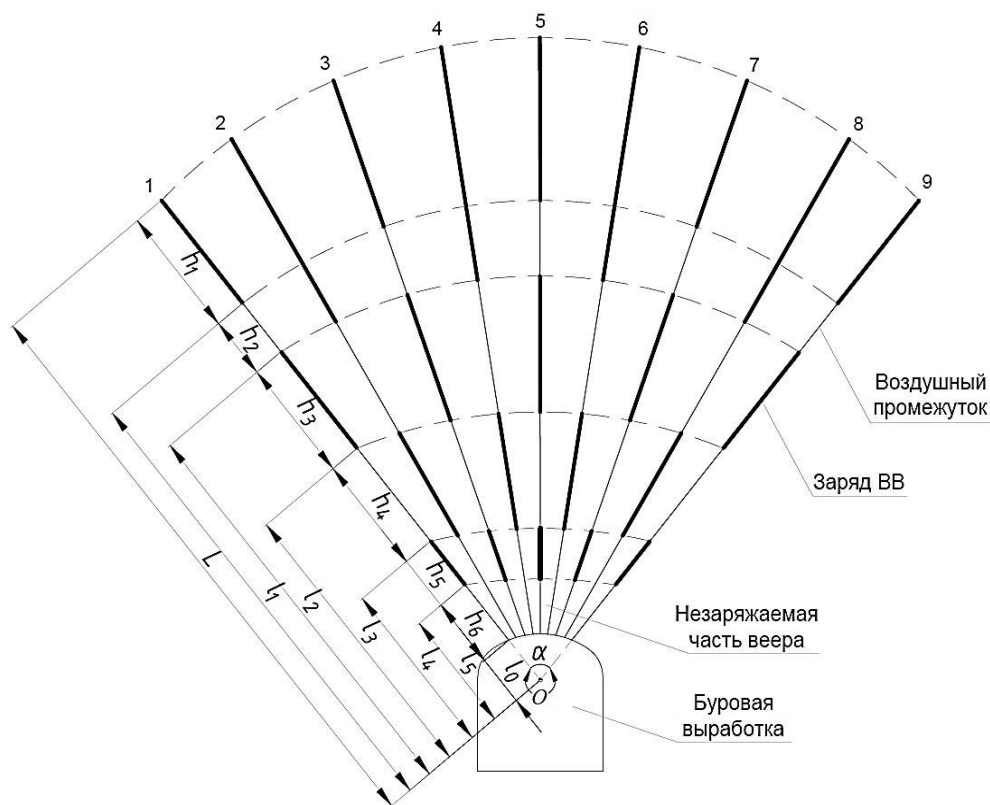


Рис. 2 – Расчетная схема рассредоточения восходящего веера

Поскольку определяющую роль при отбойке кварца играет удельный расход ВВ, целесообразно выразить его через основные горнотехнические параметры. В таком случае для каждой i -ой дугообразной зоны удельный расход ВВ ($q_{\text{ВВ}}^i$) будет равен

$$q_{\text{ВВ}}^i = \frac{n_{\text{СКВ}}(l_{\text{иВ}} - l_{\text{иН}})\pi d^2 4^{-1} \rho_{\text{зар}}}{W\pi \frac{\alpha}{360}(l_{\text{иВ}}^2 - l_{\text{иН}}^2)}, \quad (1)$$

где $i=1\dots m$ – количество дугообразных зон в веере, шт.; $n_{\text{СКВ}}$ – количество скважин в веере, шт.; $l_{\text{иВ}}$ – длина от центра веера (оси бурового станка) до верхней границы i -й дугообразной зоны, м; $l_{\text{иН}}$ – длина от центра веера до нижней границы i -й дугообразной зоны, м; d – диаметр скважин, м; $\rho_{\text{зар}}$ – плотность заряжения кг/м³; W – ЛНС, м.

Высоты дугообразных зон в общем случае определяются по формуле

$$h_i = l_{\text{иВ}} - l_{\text{иН}} \text{ м.} \quad (2)$$

Выражая неизвестную нам длину $l_{\text{иН}}$ через уравнение (1), получаем

$$l_{\text{иН}} = \frac{90n_{\text{СКВ}}d^2\rho_{\text{зар}}}{W\alpha q_{\text{ВВ}}} - l_{\text{иВ}} \text{ м.} \quad (3)$$

Последовательное решение уравнения (3) для дугообразных зон в направлении от забоев к устьям скважин позволяет определить искомые параметры рассредоточения. Таким образом, разработанная методика, отличающаяся учетом особенностей и конструктивных параметров технологии взрывной отбойки при веерном расположении скважин и мгновенном способе взрывания, позволяет определить параметры рассредоточения и равномерного распределения ВВ в отбиваемом слое.

Обоснование оптимальных параметров рассредоточения

В натуральных условиях отработки камеры 1 Кыштымского подземного рудника были проведены экспериментальные исследования взрывной отбойки гранулированного кварца с применением рассредоточенных зарядов [12].

Основные параметры экспериментов и полученный в результате выход фракции 0 – 20 мм (γ_{0-20}) приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры и показатели проведения экспериментальных взрывов с рассредоточенной конструкцией зарядов

№ п/п	$q_{\text{ВВ}}$, кг/м ³	d , мм	W , м	a , м	m	γ_{0-20} , %
1	1,2	65	1,6	2,2	1,4	20,6
2	1,0	65	1,7	2,4	1,4	12,0
3	0,9	65	1,6	2,2	1,4	19,3
4	0,9	65	1,8	2,2	1,2	12,2

Заметная дисперсия результатов 2-х взрывов (№3 и 4) с одинаковым удельным расходом ВВ показала, что само по себе рассредоточение не является гарантией необходимого качества дробления кварцевой руды.

В связи с этим было проведено исследование влияния на выход переизмельченной фракции технологических параметров – отношения суммы длин воздушных промежутков ($L_{\text{ВП}}$) к сумме длин зарядов ВВ ($L_{\text{зар}}$) в веере. Были измерены фактические параметры при экспериментальных взрывах, в результате чего установлена зависимость выхода фракции кварца 0 – 20 мм от $L_{\text{ВП}}/L_{\text{зар}}$ (рис. 3), аппроксимируемая выражением вида

$$\gamma_{0-20} = 26,377e^{-1,632L_{\text{ВП}}/L_{\text{зар}}}. \quad (4)$$

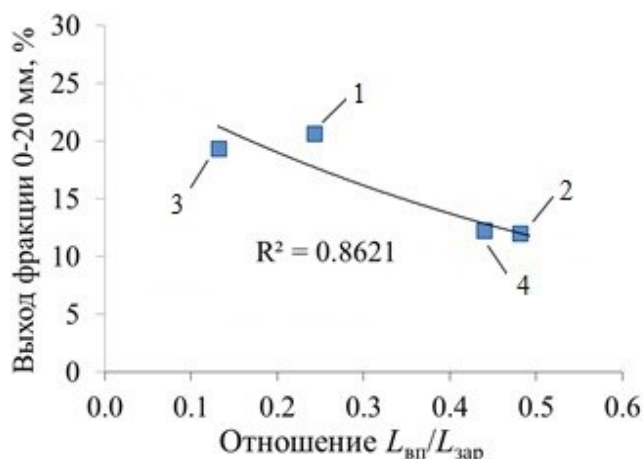


Рис. 3 – Зависимость выхода фракции 0 – 20 мм от параметров рассредоточения

Из графика видно, что при увеличении $L_{вп}/L_{зар}$ от 0,13 до 0,48 наблюдается снижение выхода фракции 0 – 20 мм с 20,6 до 12 %. Применительно к условиям Кыштымского подземного рудника оптимальными являются значения в диапазоне $L_{вп}/L_{зар}=0,44 – 0,48$, при которых достигается отделение слоя от массива с минимальным выходом некондиционной фракции.

Фактические параметры двух лучших взрывов достаточно хорошо сходятся со значениями, рассчитанными по (1 – 3) – для взрыва № 2 это 0,48 и 0,56 ($\Delta_2=14,2 \%$), для взрыва № 4 – 0,44 и 0,46 ($\Delta_4=4,3 \%$), соответственно. Такая степень сходимости говорит об адекватности разработанной методики. Для взрывов № 4 и 6 значительное расхождение фактических и теоретических параметров ($\Delta_1=57,1 \%$ и $\Delta_3=75,4 \%$) (рис. 4а) можно объяснить нерациональным недозарядом скважин. Подтверждением тому служит достаточная сходимость фактических и расчетных отношений суммы длин зарядов к сумме длин скважин ($\Delta=0,5 – 15,5 \%$) (рис. 4б).

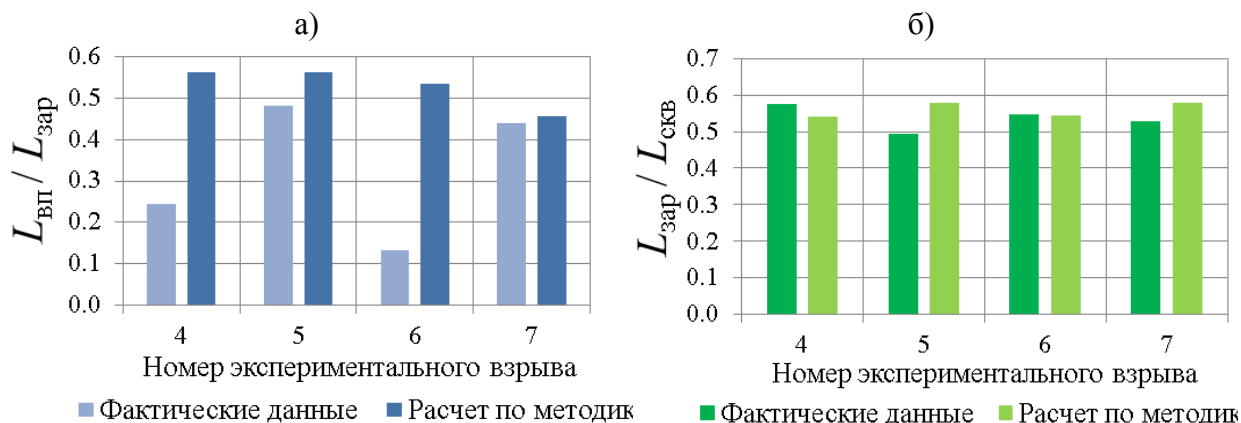


Рис. 4 – Сравнение фактических и расчетных параметров взрывов с рассредоточенной конструкцией зарядов диаметром 65 мм:

- а) – отношение длин воздушных промежутков к длинам зарядов ВВ;
- б) – отношение суммы длин зарядов к общей длине скважин

В работе [13] В.Н. Мосинец отмечает, что $L_{вп}/L_{зар} \leq 0,44$. Наиболее высокий коэффициент передачи энергии взрыва в среду наблюдается при отношении $L_{вп}/L_{зар}=0,3$ [14]. Вместе с тем при отбойке гранулированного кварца цель заключается в минимизации воздействия на отбиваемый слой [15]. Учитывая оптимальные показатели качества руды

и удельный расход ВВ, полученные при производстве взрывов №2 и 4, можно предположить, что применительно к горно-геологическим и горнотехническим условиям Кыштымского подземного рудника будет справедливо значение $L_{вп}/L_{зар} \geq 0,44$.

Заключение

Разработана методика расчета параметров рассредоточения зарядов, отличающаяся учетом особенностей и параметров технологии взрывной отбойки при веерном расположении скважин и мгновенном способе взрывания. Установлена зависимость выхода переизмельченной фракции кварца 0 – 20 мм от соотношений длин элементов рассредоточенного заряда, изменяющихся в интервале 0,13 – 0,48. Снижение выхода переизмельченной фракции кварца на 25 – 40 % относительно традиционной технологии взрывной отбойки достигается применением мгновенного способа взрывания зарядов рассредоточенной конструкции с удельным расходом ВВ 0,9 – 1,0 кг/м³ и величиной отношения длин воздушных промежутков к длинам зарядов ВВ 0,44 – 0,48.

Литература

1. Анализ строения индивидов и агрегатов жильного кварца и оценка качества кварцевого сырья (на примере месторождений Кыштымского района, Урал) / Р.Л. Бродская, Й. Гётце, Е.Л. Котова, Г. Хайде // Записки Российского минералогического общества. – 2015. – Т. 144. – № 1. – С. 93 - 100.
2. Кузьмин В.Г. Минералургия жильного кварца / В.Г. Кузьмин, Б.Н. Кравец. – М.: Недра, 1990. – 294 с.
3. Соколов И.В. Повышение эффективности добычи кварца применением плоской системы рассредоточенных зарядов / И.В. Соколов, А.А. Смирнов, А.А. Рожков // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2018. – № 1. – С. 56 - 65.
4. Барановский К.В. Оценка фактических показателей извлечения руды по данным лазерного сканирования при подземной разработке / К.В. Барановский, О.Д. Харисова // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2018. – № 4. – С. 135 - 147.
5. Оптимизация параметров взрывных работ увеличением интервалов замедления / Ю.А. Митюшкин, Ю.А. Лысак, А.Ю. Плотников, А.В. Ружицкий, Е.Б. Шевкун, А.В. Лещинский // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – № 4. – С. 341 - 348.
6. Казаков Н.Н. Параметры процесса камуфлетного действия взрыва скважинного заряда конечной длины / Н.Н. Казаков // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. – № 1. – С. 109 - 119.
7. Sokolov I.V., Smirnov A.A., Antipin Y.G., Baranovsky K.V., Rozhkov A.A. Optimal Combination Technology for High-Grade Quartz Production Based on Modeling // Journal of Mining Science. 2016. T.52. no.6. P. 1159-1167.
8. Жариков И.Ф. Энергосберегающие технологии ведения взрывных работ на разрезах / И.Ф. Жариков // Взрывное дело. – 1998. – № 91-48. – С. 191-195.
9. Лещинский А.В. Рассредоточение скважинных зарядов / А.В. Лещинский, Е.Б. Шевкун. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2009. – 154 с.
10. Буровзрывные работы на кимберлитовых карьерах Якутии / И.Ф. Бондаренко, С.Н. Жариков, И.В. Зырянов, В.Г. Шеменёв. – Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2017. – 172 с.
11. Сеницын В.А. Эффективность применения смесительно-зарядных машин, предназначенных для транспортирования, изготовления и заряжания взрывчатых веществ / В.А. Сеницын, П.В. Меньшиков, В.Г. Шеменев // Черная металлургия. – 2018. – № 2. – С. 7 - 11.

12. Результаты экспериментальных исследований подземной добычи высокоценного кварца в условиях Кыштымского рудника / И.В. Соколов, А.А. Смирнов, Ю.Г. Антипин, К.В. Барановский, И.В. Никитин, А.А. Рожков // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2018. – № 1. – С. 97 - 106.

13. Мосинец В.Н. Дробящее и сейсмическое действие взрыва в горных породах / В.Н. Мосинец. – М.: Недра, 1976. – 271 с.

14. Жариков И.Ф. Исследования механизма действия удлиненных зарядов при взрыве в твердой среде / И.Ф. Жариков, Л.Н. Марченко // Взрывное дело. – 1972. – № 71 - 28. – С. 81 - 91.

15. Смирнов А.А. Исследования действия взрыва веера скважинных зарядов / А.А. Смирнов, А.А. Рожков // Взрывное дело. – 2018. – № 119 - 76. – С. 118 - 128.