

УДК 622.235.62

Галимьянов Алексей Алмазович

кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник,
Институт горного дела ДВО РАН,
обособленное подразделение ХФИЦ ДВО РАН,
г. Хабаровск, ул. Тургенева 51
e-mail: azot-1977@mail.ru

Мишнев Владимир Игоревич

младший научный сотрудник,
Институт горного дела ДВО РАН, обособлен-
ное подразделение ХФИЦ ДВО РАН e-mail:
mishnev.vl@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКЦИИ СКВАЖИННЫХ ЗАРЯ- ДОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ РАСПОЛОЖЕ- НИЯ ТОЧКИ ИНИЦИИРОВАНИЯ ПО ВЫ- СОТЕ КОЛОНКИ ЗАРЯДА

Аннотация:

Нарастающие объемы горных работ выявили ряд задач, одной из которых является разрушение горного массива буровзрывным способом. В настоящее время на открытых горных работах уникальным и практически единственным высокоэффективным способом подготовки горного массива к выемке является его разрушение энергией взрыва при производстве. Выбор вариантов инициирования скважинных зарядов является одной из важнейших задач в горной промышленности. В статье приводится исследование эффективности конструкции скважинных зарядов при изменении расположения точки инициирования по высоте столба заряда в зависимости от параметров буровзрывных работ и свойств горного массива посредством производства экспериментальных взрывов на открытых горных работах. Данное исследование поможет улучшить подготовку горного массива к выемке буровзрывным способом и значительно сократит расходы на проведение взрывных работ.

Ключевые слова: верхнее и нижнее инициирование заряда, удельный межскважинный интервал замедления, скорость детонации, скорость распространения продольной волны, горный массив, колонка заряда, буровзрывные работы, экспериментальный взрыв.

DOI:

Galimyanov Alexey A.

Candidate of Technical Sciences,
Leading Researcher, Institute of Mining,
Far Eastern Branch of RAS,
separate division of the KhFRC FEB RAS,
Khabarovsk, 51 Turgenyeva Str.
e-mail: azot-1977@mail.ru

Mishnev Vladimir I.

Junior Researcher, Institute of Mining,
Far Eastern Branch of RAS,
separate division of the KhFRC FEB RAS
e-mail: mishnev.vl@mail.ru

EFFICIENCY STUDY OF THE DESIGN OF BOREHOLE CHARGES WHEN CHANGING THE LOCATION OF THE INITIATION POINT ACCORDING TO THE HEIGHT OF THE CHARGE COLUMN

Abstract:

The increasing volumes of mining work have revealed a number of tasks, one of which is the destruction of the mountain range by drilling and blasting. Currently, in open-pit mining, a unique and practically the only highly effective way to prepare a rock mass for excavation is its destruction by explosion energy during production. Selecting options for initiating borehole charges is one of the most important tasks in the mining industry. The article provides a study of the effectiveness of the design of borehole charges when changing the location of the initiation point along the height of the charge column, depending on the parameters of drilling and blasting operations and the properties of the rock mass through the production of experimental explosions in open-pit mining. This study will help to improve the preparation of the rock mass for excavation by drilling and blasting and will significantly reduce the cost of blasting.

Key words: upper and lower charge initiation, specific inter-well deceleration interval, detonation speed, longitudinal wave propagation speed, rock mass, charge column, drilling and blasting operations, experimental explosion.

Введение

В настоящее время инициирование скважинных зарядов взрывчатых веществ (ВВ) производится по-разному [1 – 4] в зависимости от конструкции заряда и массы промежуточного детонатора [5 – 6] (рис. 1): с одним боевиком в нижней (рис. 1а), верхней (рис. 1б) или средней (рис. 1в) части заряда; с несколькими боевиками, рассредоточенными по длине заряда (рис. 1г); линейное инициирование заряда по всей длине мощным ДШ с навеской 20, 40 г/м (рис. 1д) [7 – 8].

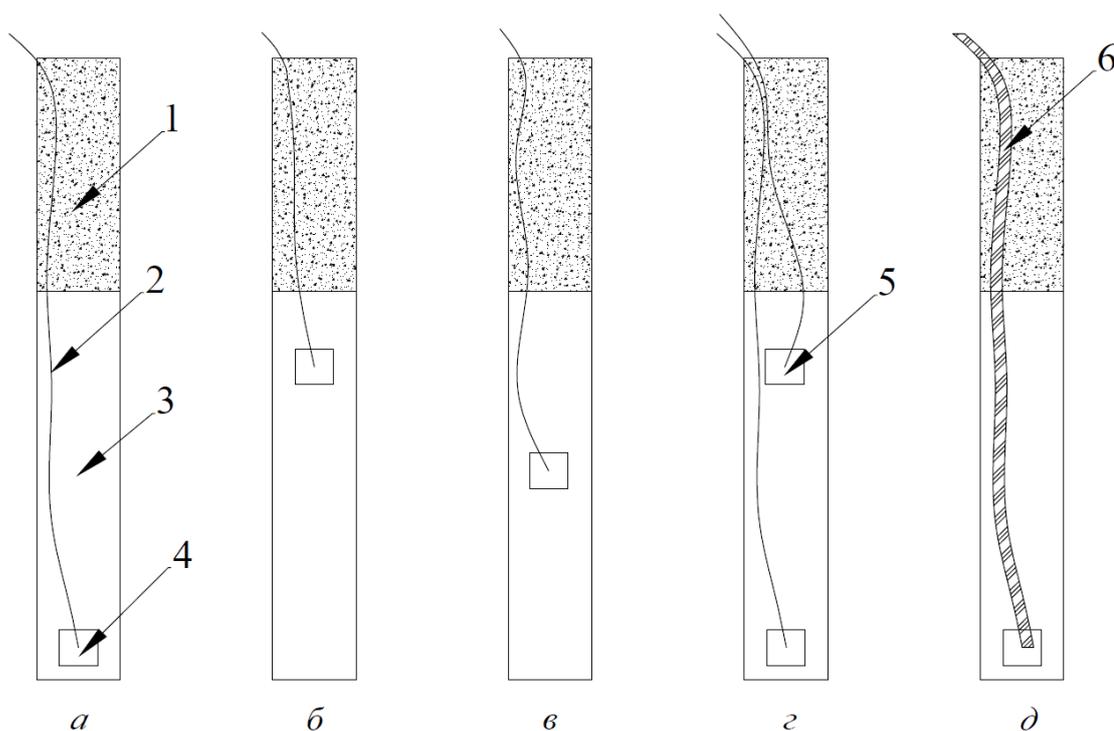


Рис. 1. Точка инициирования заряда в скважине:
1 – недозаряд; 2 – волновод; 3 – столб заряда; 4 – боевик;
5 – дублирующий боевик; 6 – детонирующий шнур

Экспериментами установлено, что проработка подошвы уступа и степень дробления улучшаются, если произвести инициирование скважинного заряда не сверху (рис. 2, а), а снизу (рис. 2, б).

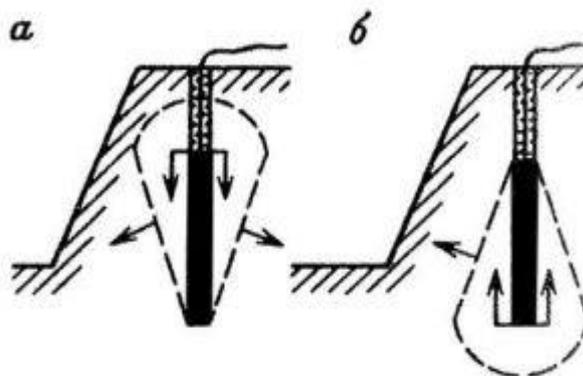


Рис. 2. Изменение напряженного состояния массива в зависимости от направления инициирования зарядов

При этом, как показывают съемки на прозрачных и оптических активных моделях, фронт волны напряжений при инициировании снизу более равномерно воздействует на массив, а время действия энергии взрыва увеличивается за счет увеличения продолжительности разрушения массива. В определенных случаях для интенсивности дробления может быть использовано одновременное многоточечное инициирование (см. рис. 1г), а также линейное инициирование заряда (см. рис. 1д).

Также существуют методы расчета для определения места размещения боевика для прямого и обратного инициирования расчетным путем [9].

По данным проф. В.Н. Мосинца, перспективно применять инициирование заряда снизу (обратное), если скорость детонации выше скорости распространения продольной волны в массиве в 1,6 раза и более. Если соотношение скоростей менее 1,6, лучше применять прямое (верхнее) инициирование [10].

Методика исследований

В целях определения оценки эффективности работы скважинных зарядов при разном расположении точки инициирования на разрезе «Буреинский» и «Правобережный» АО «Ургалуголь» проведена серия экспериментальных взрывов с использованием взрывчатого вещества Гранулит-М и эмульсионного взрывчатого вещества НПГМ-70.

Для упрощения расчетов ввели показатель эффективности направления инициирования заряда – $n_{эниз}$, вычисляемый по формуле (1):

$$n_{эниз} = \frac{D}{C_p} \quad (1)$$

При этом, если $n_{эниз} < 1,6$, то целесообразнее применение прямого инициирования заряда.

В табл. 1 и графиках (рис. 3 – 4) представлены результаты исследований.

Таблица 1

Основные показатели исследуемых блоков

Производительность экскаватора Komatsu PC-1250, м³/сут (обратное)	Производительность экскаватора Komatsu PC-1250, м³/сут (прямое)	Коэффициент крепости по шк. проф. Протодяконова	Скорость детонации заряда ВВ, км/сек	Скорость продольной волны в горном массиве, км/сек	Показатель эффективности направления инициирования заряда	Удельный интервал замедления по диагонали сетки скважин, мс/м
P_3	P_3	f	D	C_p	$n_{эниз}$	Δt_d
р. Правобережный, ЭВВ НПГМ-70.						
6753	6061	4	5	3	1,7	2,0
6811	6234	4	5	3	1,7	2,9
6843	6408	4	5	3	1,7	4,9
6940	6513	4	5	3	1,7	7,9
6956	6589	4	5	3	1,7	23,6
р. Правобережный, ВВ - Гранулит-М.						
6511	6614	4	3,4	3	1,1	2,0
6650	6713	4	3,4	3	1,1	2,9
6657	6801	4	3,4	3	1,1	4,9
6713	6834	4	3,4	3	1,1	7,9
6851	6931	4	3,4	3	1,1	23,6
р. Буреинский, ЭВВ НПГМ-70.						
6170	6699	10	5	4,5	1,1	2,0
6322	6821	10	5	4,5	1,1	2,9
6457	6859	10	5	4,5	1,1	4,9
6580	6923	10	5	4,5	1,1	7,9
6670	6971	10	5	4,5	1,1	23,6

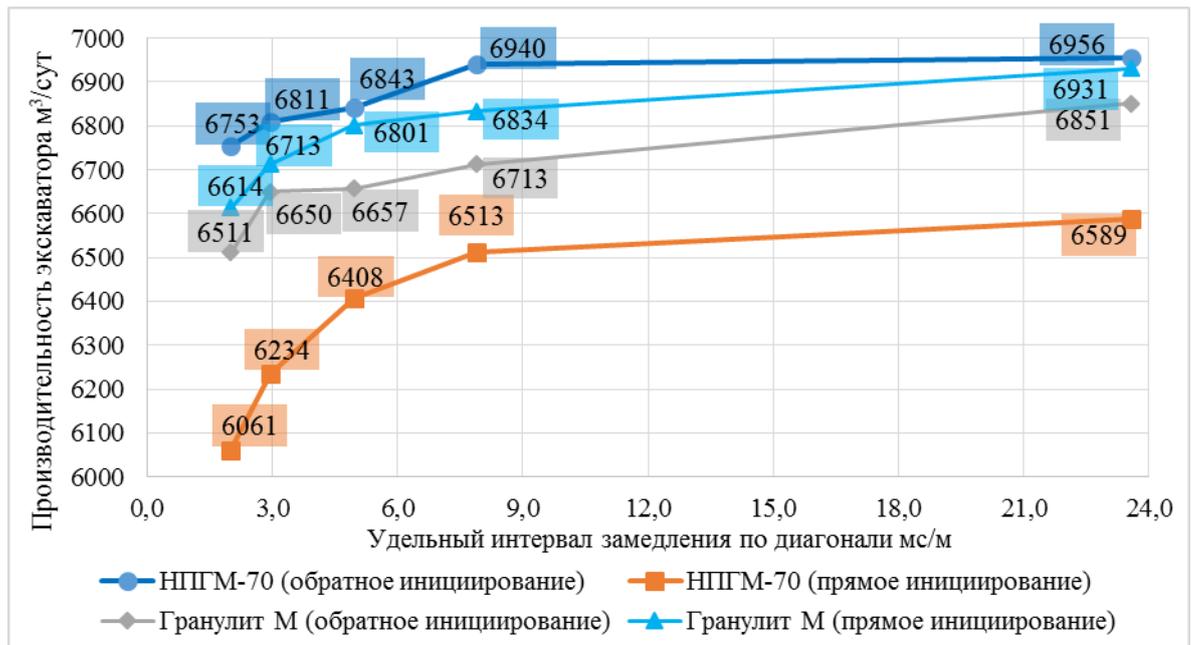


Рис. 3. График зависимости производительности экскаватора от диагонального удельного интервала замедления на р. Правобережный

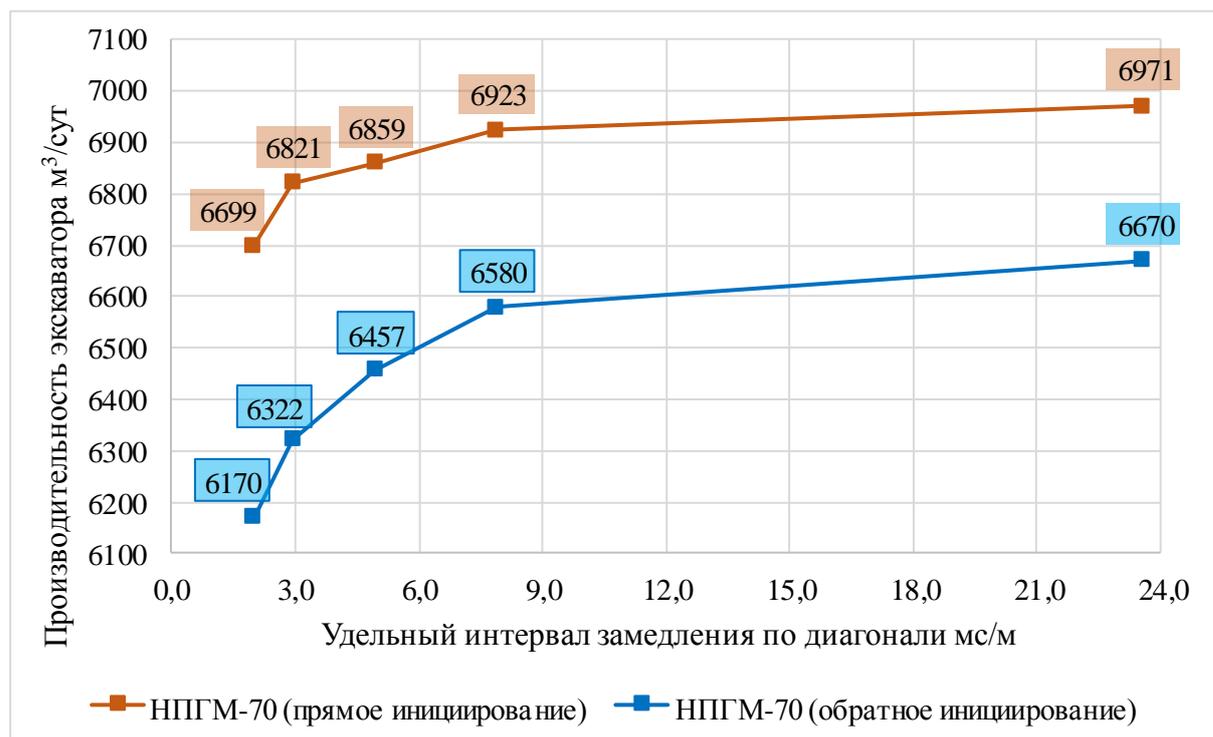


Рис. 4. График зависимости производительности экскаватора от диагонального удельного интервала замедления на р. Буреинский

Выводы

На разрезе «Правобережный» при использовании в качестве скважинного заряда ЭВВ НПГМ-70 рекомендуется применение метода обратного инициирования в связи с тем, что $n_{\text{эниз}} > 1,6$, тогда как при применении ВВ Гранулит М целесообразно прямое инициирование заряда в связи с тем, что $n_{\text{эниз}} < 1,6$.

На разрезе «Буреинский» исследованы методы инициирования скважинных зарядов с ЭВВ НПГМ-70, которые показали, что при данных горно-геологических усло-

виях и с применением ЭВВ НПГМ-70 целесообразно использование прямого инициирования скважинных зарядов в связи с тем, что $n_{\text{эниз}} < 1,6$.

В результате проведения исследований эффективности конструкции заряда в зависимости от места расположения боевика по высоте колонки заряда, при изменении параметров буровзрывных работ и горно-геологических условий на разрезах «Буреинский» и «Правобережный» АО «Ургалуголь», установлена целесообразность применения прямого инициирования скважинного заряда при условии применения межскважинного диагонального интервала замедлением 4,9 мс/м и более; если отношение скорости детонации заряда ВВ к скорости распространения продольной волны в горном массиве менее 1,6, т.е. $n_{\text{эниз}} < 1,6$; осуществление забойки является необходимым при применении прямого инициирования.

Список литературы

1. Кутузов Б.Н., 2009. *Методы ведения взрывных работ*. Часть 1. Разрушение горных пород взрывом. Учебник для вузов. Москва: Издательство Московского государственного горного университета, 471 с.
2. Андриевский А.П., 2009. *Физико-техническое обоснование параметров разрушения горного массива взрывом удлиненных зарядов*: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 25.00.20. Новосибирск, 38 с.
3. Галимьянов А.А., Соболев А.А., 2022. Повышение эффективности процесса подготовки горной массы к выемке за счет применения новых параметров технологии буровзрывных работ. *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*, № 3, С. 107-121.
4. Нифадьев В.И., Додис Я.М., 2009. Оценка уровня потерь энергии взрыва при прямом и обратном инициировании зарядов. *Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета*, Т. 9, № 11, С. 106-110.
5. Галимьянов А.А., Рудницкий К.А., Гильденбрант К.В. и др., 2023. Влияние параметров промежуточного детонатора на скорость детонации смесевых взрывчатых веществ. *Горная промышленность*, № 3, С. 130-133. DOI 10.30686/1609-9192-2023-3-130-133.
6. Меньшиков П.В., Флягин А.С., Кутуев В.А., 2022. Влияние начального импульса промежуточного детонатора и плотности эмульсионного ВВ на скорость детонации заряда. *Взрывное дело*, № 137-94, С. 22-36.
7. Старокожев В.Ф., 2007. Требования, предъявляемые к детонирующим и огнепроводным шнурам по европейским стандартам. *Безопасность труда в промышленности*, № 8, С. 28-30.
8. Шакиров Р.А., Драчев А.Н., Неупокоев А.М., Шуров В.М., 2012. Измерение параметров детонирующих шнуров. *Каротажник*, № 12(222), С. 69-79.
9. Пат. № 2524065 С2 Российская Федерация, МПК F42D 1/08, F42D 3/04. *Способ взрывания удлиненных скважин (варианты)* / С.И. Григорьев; патентообладатель С.И. Григорьев - № 2011134405/03, заявл. 16.08.2011, опубл. 27.07.2014.
10. Мосинец В.Н., 1976. *Дробящее и сейсмическое действие взрыва в горных породах*. Москва: Недра, 270 с.

References

1. Kutuzov B.N., 2009. *Metody vedeniya vzryvnykh rabot* [Methods of blasting] Chast' 1. Razrushenie gornyx porod vzryvom. Uchebnik dlya vuzov. Moscow: Izdatel'stvo Moskovskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta, 471 p.
2. Andrievskii A.P., 2009. *Fiziko-tekhnicheskoe obosnovanie parametrov razrusheniya gornogo massiva vzryvom udlinennykh zaryadov* [Physical and technical substantiation of the

parameters of destruction of a mountain massif by the explosion of elongated charges]: avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk: 25.00.20. Novosibirsk, 38 p.

3. Galim'yanov A.A., Sobolev A.A., 2022. Povyshenie effektivnosti protsessa podgotovki gornoj massy k vyemke za schet primeneniya novykh parametrov tekhnologii burovzryvnykh rabot [Increasing the efficiency of the process of preparing rock mass for excavation through the use of new parameters of drilling and blasting technology]. Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle, № 3, P. 107-121.

4. Nifad'ev V.I., Dodis Ya.M., 2009. Otsenka urovnya poter' energii vzryva pri pryamom i obratnom initsirovanii zaryadov [Estimation of the level of explosion energy losses during direct and reverse initiation of charges]. Vestnik Kyrgyzsko-Rossiiskogo Slavyanskogo universiteta, Vol. 9, № 11, P. 106-110.

5. Galim'yanov A.A., Rudnitskii K.A., Gil'denbrant K.V. i dr., 2023. Vliyanie parametrov promezhutochnogo detonatora na skorost' detonatsii smesevykh vzryvchatykh veshchestv [Influence of the parameters of the intermediate detonator on the detonation rate of mixed explosives]. Gornaya promyshlennost', № 3, P. 130-133. DOI 10.30686/1609-9192-2023-3-130-133.

6. Men'shikov P.V., Flyagin A.S., Kutuev V.A., 2022. Vliyanie nachal'nogo impul'sa promezhutochnogo detonatora i plotnosti emul'sionnogo VV na skorost' detonatsii zaryada [Influence of the initial pulse of an intermediate detonator and the density of an emulsion explosive on the charge detonation rate]. Vzryvnoe delo, № 137-94, P. 22-36.

7. Starokozhev V.F., 2007. Trebovaniya, pred'yavlyayemye k detoniruyushchim i ogneprovodnym shnuram po evropeiskim standartam [Requirements for detonating and fire cords according to European standards]. Bezopasnost' truda v promyshlennosti, № 8, P. 28-30.

8. Shakirov R.A., Drachev A.N., Neupokoev A.M., Shurov V.M., 2012. Izmerenie parametrov detoniruyushchikh shnurov . [Measurement of parameters of detonating cords]. Karotazhnik, № 12(222), P. 69-79.

9. Pat. № 2524065 C2 Rossiiskaya Federatsiya, MPK F42D 1/08, F42D 3/04. Sposob vzryvaniya udlinennykh skvazhin (varianty) [Method of blasting elongated wells (options)] / S.I. Grigor'ev; patentoobladatel' S.I. Grigor'ev - № 2011134405/03, zayavl. 16.08.2011, opubl. 27.07.2014.

10. Mosinets V.N., 1976. Drobyashchee i seismicheskoe deistvie vzryva v gornykh porodakh [Crushing and seismic action of explosion in rocks]. Moscow: Nedra, 270 p.