

УДК 622.235:539.3

РАЗВИТИЕ КОНЦЕПЦИИ НАПРАВЛЕННОГО ВЗРЫВАНИЯ СБЛИЖЕННЫМИ СКВАЖИННЫМИ ЗАРЯДАМИ

© 2023 г. С. Д. Викторов^{1, *}, В. М. Закалинский^{1, **}, В. Н. Одинцев^{1, ***},
И. Е. Шиповский^{1, ****}, Р. Я. Мингазов^{1, *****}

¹Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова РАН, Москва, Россия

*E-mail: victorov_s@mail.ru,

**E-mail: vmzakal@mail.ru,

***E-mail: odin-vn@yandex.ru,

****E-mail: iv_ev@mail.ru,

*****E-mail: ghost1064@yandex.ru

Использование пучка сближенных скважинных зарядов позволяет достичь эффекта направленного действия взрыва легче и точнее традиционного метода направленного взрывания, поскольку обеспечивается возможность практически любой конфигурации заряда. В работе рассмотрено моделирование взрывного воздействия на базе численного бессеточного лагранжевого метода, который называют методом сглаженных гидродинамических частиц.

Ключевые слова: взрыв, горная порода, пучки скважин, сближенные заряды, моделирование, направленное действие взрыва.

Для цитирования: Викторов С.Д., Закалинский В.М., Одинцев В.Н., Шиповский И.Е., Мингазов Р.Я. Развитие концепции направленного взрывания сближенными скважинными зарядами // Динамические процессы в геосферах, 2023, т. 15, № 1. С. 73–77. http://doi.org/10.26006/29490995_2023_15_1_73

Введение

Повсеместная практика использования взрывного разрушения при добыче полезных ископаемых очерчивает ряд проблем, с которыми сталкивается современный процесс горных разработок [Захаров и др., 2022]. Вот некоторые из них: сложно изменить установленную на предприятии величину одновременно взрываемого ВВ, когда это необходимо; сложно достичь рационального компромисса между снижением уровня сейсмического воздействия на окружающую застройку и недопущением переизмельчения породы (как и прочих нежелательных эффектов) внутри отбиваемого объема; бывает необходимо провести взрывные работы в обособленных частях горного массива без затрагивания его основных структур (для предупреждения внезапных выбросов угля и газа в шахтах или при размещении зарядов ВВ в специальных камерах для камуфлетно–сотрясательных взрывов).

Для преодоления подобных проблем в последние годы разработан и используется метод сближенных зарядов, который позволяет использовать эффект направленного действия взрыва за счет применения зарядов различной формы [Викторов и др., 2006; Лизункин и др., 2015].

В настоящее время наиболее распространенной при массовых взрывах является технология коммутации цепей обычных скважинных зарядов (рядов зарядов), взрывааемых последовательно. При этом сама базовая конструкция скважинных и шпуровых зарядов уже давно принципиально не менялась. Однако в целом ряде работ было показано, что при замене единичного заряда на группу эквивалентных по общей энергии зарядов меньших размеров открываются новые возможности по созданию сложной конфигурации взрыва и, соответственно, по управлению процессом разрушения массива [Викторов и др., 2006; 2014; Лизункин и др., 2015, Одинцев и др., 2022].

Группы таких зарядов обычно называют «пучками скважин». Пучок скважин – это воспроизводство единого заряда заданной массы и формы путем рассредоточения этой массы в нескольких рядом расположенных зарядах меньшего размера, расположение которых имитирует форму основного заряда. Механизм взрыва сближенных пучковых зарядов характеризуется достаточно широким временным диапазоном импульса взрыва. Это достигается особенностями его инициирования [Крюков и др., 2007; Шер, 2017], при котором используются взрывчатые составы типа игданита или, разработанных на их базе, разновидностей взрывчатых веществ с максимальным интервалом скорости детонации.

Использование пучка сближенных скважинных зарядов позволяет достичь эффекта направленного

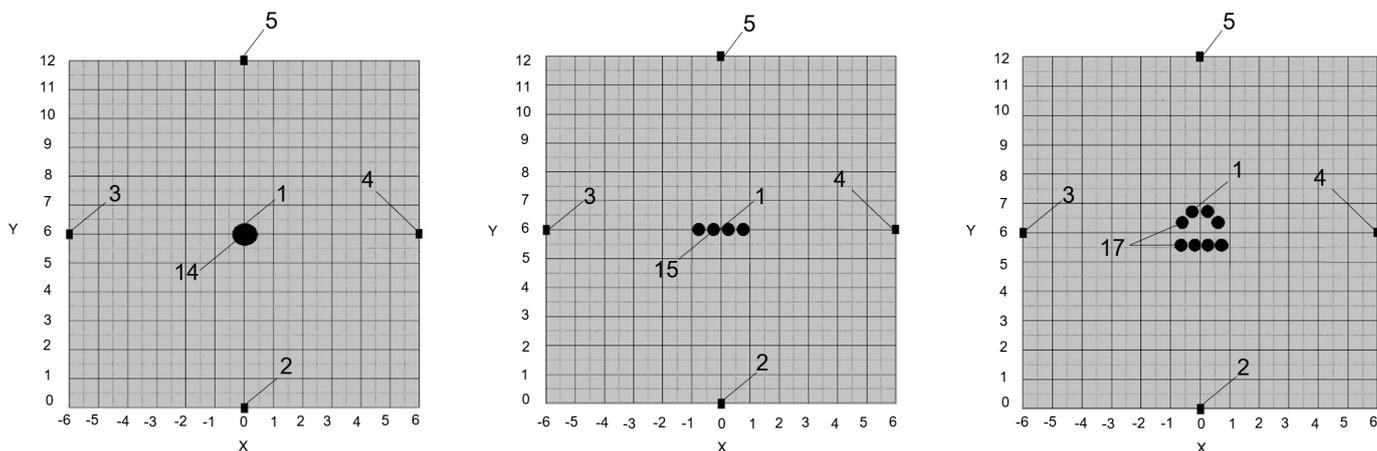


Рис. 1. Исходное положение некоторых моделируемых зарядов

действия взрыва легче и точнее традиционного метода направленного взрывания, поскольку обеспечивается возможность практически любой конфигурации заряда. Опыт использования сближенных скважинных зарядов показал, что при подобном способе отбойки породы удается улучшить показатели ее дробления и, в конечном счете, повысить экономическую эффективность добычных работ. Ниже приводятся некоторые результаты компьютерного моделирования, которое было выполнено для взрывного процесса с разными схемами расположения короткозамедленных зарядов сближенных скважинных пучковых зарядов.

Предлагаемая схема взрывного воздействия. Численное моделирование

Моделирование взрывного воздействия выполнялось на базе численного бессеточного лагранжевого метода, который называют методом сглаженных гидродинамических частиц (Smoothed Particle Hydrodynamics — SPH) [Monaghan, 1994].

При расчете сближенные скважины моделировались контурами пучковых зарядов различной формы. При взрывании фронт распространения волны сохраняет форму совокупного расположения рядов сближенных скважин, в отличие от центрально симметричной формы для эквивалентного по энергии круглого в сечении одинарного заряда. Рассматривался взрыв одинарного заряда и взрывы рядов сближенных скважин разной конфигурации. Расстояние между смежными зарядами составляет 3–5 диаметров одного сближенного пучкового заряда, а расстояние между источниками импульсов, в зависимости от схемы взрывания, изменяется в пределах 0.5–1.5 м. На рис. 1 показано положение зарядов моделируемых взрывов.

Решалась плоская двумерная задача. По оси z среда и скважины считались безграничными; использовались параметры взрывчатых составов, имеющих максимально продолжительное действие импульса взрыва. Расчетные величины массовой скорости и давления на фронте волны были получены для четырех точек, расположенных на противоположных сторонах квадрата, соответствующего

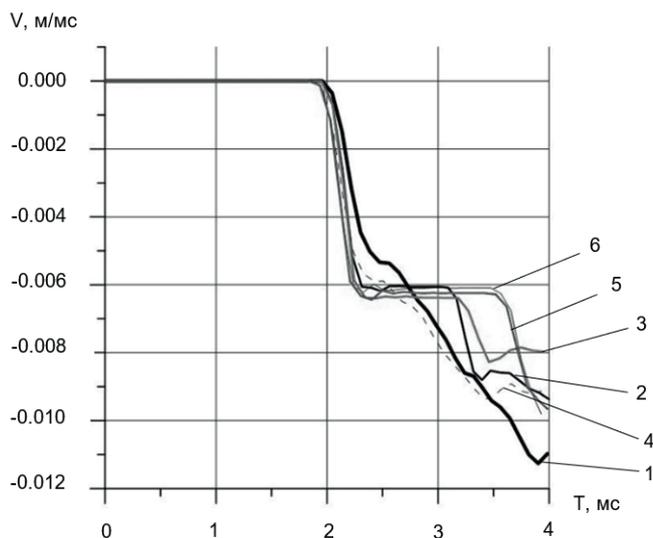


Рис. 2. Сводный график скоростей смещения в зависимости от времени действия взрыва для одиночного и некоторых пучковых конфигураций зарядов с их разновременными рядами в одной из характерных точек наблюдения

области моделирования, и для центральной точки (точки 1–5 на рис. 1). На рис. 2 приведены результаты расчета массовой скорости в точке 2 для разных схем зарядов. На качественном уровне определяется линейная зависимость между масштабом области измененного после прохождения волны массива и размерами (энергией) одинарного заряда. Наличие разницы в однотипных сравниваемых величинах показывает возможность физического воздействия на определенные конструктивные элементы систем разработки.

Заключение

В работе представлено краткое описание результатов расчетов, моделирующих концепцию нового способа управления направленным действием взрыва пучковых скважинных зарядов. Данные численного расчета в табличной форме приведены в патенте «Способ нейтрализации влияния аномального состояния массива на горные разработки» [Захаров и др., 2022].

Показано, что в целом механизм взрыва с разновременным взрыванием рядов сближенных скважин характеризуется следующим инструментарием: вариантами направлений интенсивности воздействий в зависимости от характера аномалий состояния массива, ориентациями выпуклости формы (дуги) сближенных пучковых зарядов в сторону проблемного массива, схемами инициирования рядов пучковых зарядов, выбором взрывчатых веществ типа игданита или другими – с максимально продолжительным импульсом взрыва и др. Совокупное действие перечисленных факторов позволяет образовать взрывную волну существенно продолжительного действия в заданном направлении.

Список литературы

Викторов С.Д., Галченко Ю.П., Закалинский В.М., Рубцов С.К. Разрушение горных пород сближенными зарядами / под ред. акад. К.Н. Трубецкого. М. : Научтехлитиздат, 2006. –276 с.

Викторов С.Д., Закалинский В.М., Осокин А.А. К теоретическим предпосылкам действия взрыва при крупномасштабном и селективном взрывании горных пород в сложных условиях // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2014. № 6. С. 79–86.

Захаров В.Н., Викторов С.Д., Закалинский В.М., Шиповский И.Е., Мингазов Р.Я., Поставнин Б.Н., Дугарцыренов А.В., Еременко А.А. Способ нейтрализации влияния аномалий массива на горные разработки. Патент на изобретение. № 2783817С1 от 18.11.2022.

Крюков Г.М., Глазков Ю.В. Феноменологическая квазистатическо-волновая теория деформирования и разрушения материалов взрывом зарядов промышленных ВВ // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2007. № S5. С. 169–183.

Лизункин В.М., Шурыгин С.В., Лизункин М.В. Результаты испытаний отбойки руды параллельно-сближенными

ми зарядами при отработке урановых руд стрельцовского месторождения // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2015. № 4. С. 41–50.

Одинцев В.Н., Закалинский В.М., Лапиков И.Н., Мингазов Р.Я. Моделирование направленности взрывного взаимодействия сближенных зарядов // Взрывное дело. 2022. № 136–93. С. 5–24.

Шер Е.Н. Развитие системы плоских радиальных трещин при взрыве удлиненных шпуровых и скважинных зарядов // Прикладная механика и техническая физика, 2017. Т. 58. № 5 (345). С. 201–207.

Monaghan J.J. Simulating Free Surface Flows with SPH // Journal of Computational Physics. 1994, 110, p. 399–406. <http://dx.doi.org/10.1006/jcph.1994.1034>.

DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF DIRECTIONAL BLASTING BY CONVERGING BOREHOLE CHARGES

**© 2023 S. D. Viktorov^{1,*}, V. M. Zakalinskiy¹, V. N. Odintsev¹,
I. E. Shipovskiy¹, R. Ya. Mingazov¹**

¹ *Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

**E-mail: viktorov_s@mail.ru*

The use of well bundles of converged charges makes it easier and more accurate to achieve the effect of directional blasting than the traditional method of directional blasting, since almost any charge configuration is possible to realize. The paper considers the simulation of blasting action based on the numerical gridless Lagrangian method, which is called the method of smoothed hydrodynamic particles.

Keywords: blasting, rock, well bundles, converged charges, modeling, directional action of blasting.