

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СГЛАЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРИГГЕРНОГО ЭФФЕКТА РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ВЗРЫВОМ НА КОМПОЗИЦИОННЫХ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЯХ

---

**Ефремовцев Н.Н., Шиповский И.Е.**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук (ИПКОН РАН), Москва, Россия  
e-mail: iv\_ev@mail.ru

Взрыв как триггер-эффект зачастую ответственен за приведение в действие того или иного процесса, кардинально изменяющего геомеханическое состояние разрабатываемого массива горной породы. Триггерные эффекты в исследованиях действия подрыва зарядов взрывчатого вещества (ВВ), заключаются, в частности, в разрушении или срыве контактов между отдельными блоками горных пород, которые рассматриваются во взаимосвязи с увеличением уровня напряжений в массиве под воздействием энергии взрыва. Рассматриваются особенности влияния на горную породу воздействия «падающего» взрыва с применением ВВ АС/ДТ-6 и дробящего действия зарядов ВВ ТНТ. Актуальность исследований обусловлена необходимостью расширения возможностей управления действием взрыва для повышения безопасности ведения взрывных работ и получения рациональной фрагментации горного массива. Для исследования закономерностей управления воздействием взрывного разрушения шпуровых и скважинных зарядов ВВ, имеющих различные конструкции и взрывчатые характеристики были апробированы три типа подходов численного моделирования процессов инициирования динамических событий и интерпретации наблюдаемых данных – это решения ряда задач плоской деформации с симметрией слоя, осесимметричной задачи, а также трехмерной задачи разрушения в пределах участка взрываемого блока горной породы. Расчетные схемы осесимметричной и плоской задач позволяют с одной стороны достаточно подробно описать поведение реальных имитационных моделей, с другой - существенно упрощают расчетный анализ процесса. Для решения рассматриваемых задач были сформулированы краевые задачи в рамках модели упругопластического тела механики сплошной среды, которые решались методом сглаженных частиц, положительно зарекомендовавшим в решении динамических задач геомеханики [1-8]. Преимущества лагранжевой, бессеточной идеологии метода сглаженных частиц позволяют при его использовании выявлять особенности волновых процессов и характер разрушения и фрагментации геосреды при больших деформациях и разлете продуктов детонации.

Решение осесимметричной задачи воздействия взрыва зарядов с воздушными промежутками позволило, в частности, установить влияния величины зазора между зарядами ТНТ и зарядной полостью на выход фракций менее 1 мм, а также выявить характер изменения выхода мелкой фракции при изменении величины зазора между зарядом и стенкой зарядной камеры и при замене индивидуальных высокоэнергетических ВВ на смесевые составы, содержащие аммиачную селитру.

В результате исследований [2, 9-13] получены функции изменения фрагментации отдельных участков взрываемых сред в зависимости от изменения тангенциальных и радиальных напряжений в характерных точках при решении задач о действии скважинных зарядов в условиях плоской деформации, от характера изменения первого инварианта тензора напряжений при использовании трехмерных моделей, а также от следующих влияющих факторов:

- расстояния от зарядов промышленных взрывчатых веществ с различной кинетикой выделения энергии;
- удельного расхода ПВВ;
- расстояния до свободной поверхности и ее конфигурации;

- диаметра заряда и расстояния между скважинами;
- величины воздушных промежутков между зарядом и стенкой зарядной полости;
- плотности ПВВ.

Важной составной частью исследований является изучение влияния энергетической насыщенности зарядов на кинетику фрагментации разрушаемых горных пород.

Список использованных источников.

1. Ефремовцев Н.Н., Трофимов В.А., Шиповский И.Е. Локализация деформаций в волновом поле, наведенном взрывом удлиненного заряда ГИАБ № 8.2020.
2. N.N. Efremovtsev, P.N. Efremovtsev, V.A. Trofimov, I.E. Shipovskii A Procedure for Rock Failure Process Analysis at Various Scales. AIP Conference Proceedings 2509, 020058 (2022).
3. Н.Н. Ефремовцев, П.Н. Ефремовцев, В.А. Трофимов, И.Е. Шиповский Результаты численных исследований фрагментации горных пород в пределах взрываемого блока с применением бессеточного метода сглаженных частиц . Взрывное Дело. 2021, 131/88.
4. Ефремовцев Н.Н., Шиповский И.Е. Численное исследование влияния параметров буровзрывных работ на равномерность разрушения массива горных пород. . ФПВГН. 8. 1. - 2021.