

Моделирование действия взрыва на метанонасыщенный угольный пласт¹

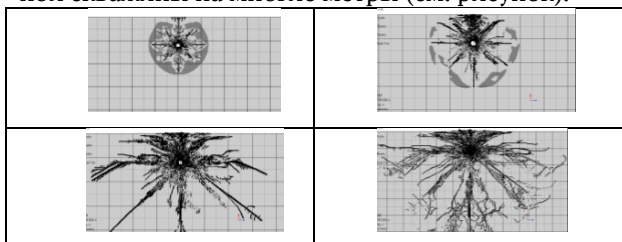
Одинцев В.Н., Шиповский И.Е.

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

Метанонасыщенный угольный пласт является природной двухфазной системой «уголь-метан», которая при техногенном воздействии часто неконтролируемым образом разрушается в виде катастрофических выбросов газа, выбросов угля и газа, обрушений и т.п. Взрывное воздействие на угольный пласт является одной из мер по повышению качества предварительной дегазации пласта и предотвращения выбросов угля и газа в горные выработки. Однако, как показывает опыт, результат действия взрыва не всегда удается спрогнозировать, что можно объяснить сложной реакцией двухфазной системы на динамическое воздействие.

В работе исследуются геомеханические особенности разрушения метанонасыщенного угольного пласта. Развитие зон разрушения пласта для активации дегазационных процессов рассматривается как последовательное действие двух факторов: (1) действие взрывной волны; (2) действие на пласт газообразных продуктов взрыва.

Моделирование действия волны проводилось методом сглаженных частиц SPH [1–3]. Определялись основные особенности импульса напряжения при использовании взрывчатых веществ различной мощности. Установлено, что при определенных условиях взрывная волна формирует локализованные зоны деформации, которые можно определить как зоны предразрушения угля. Они могут простираются от взрывной скважины на многие метры (см. рисунок).



На рисунке показана последовательность рассчитанных картин нарушенности пласта, наведенной взрывом скважинного заряда типа ANFO.

Установлено также, что взрывное воздействие в изначально слабо проницаемом пласте угля может сформировать перколяционный кластер наведенных фильтрационных каналов, определяющий эффективность дегазации пласта. Размеры и конфигурация зон наведенной фильтрации сильно различаются в зависимости от условий разработки пласта. Такое различие объясняет неоднозначный результат проводимых дегазационных взрывов.

Протяженные локализованные зоны предразрушения угля являются зонами последующего развития магистральных трещин, растущих от взрывной скважины за счет распирающей нагрузки газообразных продуктов взрыва. Развитие магистральных трещин традиционно описывается в квазистатическом приближении, поскольку проникновение газообразных продуктов взрыва в трещину происходит со скоростью, значительно меньшей скорости звука в угле.

Рассмотрен процесс развития магистральной трещины в метанонасыщенном угле. Процесс описывается двумя моделями. Для начальной стадии используется механика трещин Гриффитса-Ирвина. Нагрузка определяется изменяющимся давлением газообразных продуктов взрыва. Установлено, что трещина неизбежно должна остановиться вследствие падения давления газа ниже критического.

Вторая стадия процесса описывается оригинальной моделью развития трещины в метанонасыщенном угле, учитывающей переход метана на берегах трещины из растворенного состояния в угле в свободное состояние в трещине. В модели используется закон Генри для оценки количества метана, перешедшего в свободное состояние, и фрактальная природа берегов трещины.

Показано, что при метастабильном состоянии растворенного в угле метана, и, как следствие, низком значении трещиностойкости угля [4], развитие трещины может быть неограниченным. Этот случай характерен для внезапного выброса угля и газа, часто следующего за взрывным воздействием на пласт.

Выявленные закономерности способствуют пониманию особенностей разрушения системы «уголь-метан», что имеет значение для безопасной и эффективной отработки метанонасыщенных пластов.

Список литературы

- [1] Shipovskii I.E., Simulation for fracture by smooth particle hydrodynamics code // Scientific Bulletin of National Mining University, 2015, 1 (145), p. 76–82.
- [2] Odintsev V., Shipovskii I., Numerical simulation of the stress-strain state of a coal seam caused by an explosion of a blast-hole charge with an annular gap, EPJ Web of Conferences 221 (2019). 01053. DOI: 10.1051/epjconf/201922101053.
- [3] Odintsev V., Shipovskii I., Simulating Explosive Effect on Gas-Dynamic State of Outburst-Hazardous Coal Band, Journal of Mining Science, 2019, 55(4), pp. 556–566. DOI: 10.15372/FTPRPI20190406
- [4] Бобин В.А., Зимиков Б.М., Одинцев В.Н. Оценка энергии межмолекулярного отталкивания молекул сорбата в микропорах угля, ФТПРПИ, 1989, №5, с.48–56. 06

¹ РФФИ (проект № 18-05-00912)