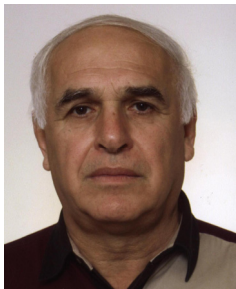




РАЗВИТИЕ ГАЗОНАПОЛНЕННЫХ ТРЕЩИН В ПРОЦЕССЕ ОТРАБОТКИ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА



Эдуард Фельдман

доктор физико-математических наук
профессор, ведущий научный сотрудник
отдела физики угля горных пород
Институт физики горных процессов НАН Украины
feldman40@ukr.net



Надежда Калугина

доктор технических наук, ученый секретарь
Институт физики горных процессов НАН Украины
kalugina_n_a@ukr.net



Оксана Чеснокова

научный сотрудник отдела физики угля горных пород
Институт физики горных процессов НАН Украины
chesnokova0507@gmail.com

В нетронутом газонасыщенном углепородном пласте процессы разрушения не происходят, несмотря на разрывающее действие давления газа, заполняющего полости трещин. Трещины «задавлены» горным давлением. При отработке пласта в его краевой части происходит разгрузка от напряжений, порожденных горным давлением. Для пласта горизонтального залегания вертикальные напряжения перераспределяются, сильно возрастая вблизи забоя. Трещины, параллельные краевой поверхности пласта, освобождаются от сжимающего горного давления и становятся склонными к росту под действием растягивающих напряжений, создаваемых

давлением заключенного в них газа. Трещины горизонтального залегания и, в определенной мере, наклонные трещины, по-прежнему не способны к росту, но они являются основными транспортными каналами, регулирующими фильтрацию газа из угля/породы как в полости растущих трещин, так и наружу, в выработанное пространство. В свою очередь, скорость фильтрации газа определяет давление газа в растущих трещинах, а значит и скорость их роста. Газу, стремящемуся разорвать пласт, препятствуют силы когезии. Разрыв происходит, когда, согласно Гриффитсу, коэффициент концентрации напряжений в устье трещины (пропорциональный действующим напряжениям на берегах трещины, т.е. в нашем случае, давлению газа) превзойдет модуль сцепления угля/породы. После внезапной разгрузки наступает этап, который уместно назвать ударным и который длится тысячные доли секунды, трещина мгновенно разбухает из-за исчезновения сжимающих ее напряжений бокового распора. Увеличение объема трещины идет целиком за счет увеличения ее зияния и определяется величиной разгрузки, исходной длиной трещины и упругими модулями матрицы. Количество газа в трещине на ударном этапе ее развития остается постоянным по причине кратковременности этапа. Давление газа в трещине в конце этапа уменьшается по сравнению с исходным пластовым давлением ввиду разбухания трещины, и оно определяется из уравнения состояния газа. Если, несмотря на уменьшение давления газа в трещине к концу этапа, коэффициент концентрации напряжений все же превзойдет модуль сцепления, то трещина должна, казалось бы, мгновенно прорасти сквозь пласт. В действительности, с ростом трещины увеличивается ее объем, следовательно, давление газа, при его неизменном количестве, падает. Поэтому, скачкообразный рост трещины ограничен таким ее размером, при котором гриффитсовское неравенство превращается в равенство. С использованием методов теоретической физики найдены интервалы значений управляющих параметров, при которых происходит стреляние трещин. После выстреливания начинается относительно медленный, названный нами фильтрационным, этап роста трещин. Он обусловлен тем, что давление газа в трещине по завершении ударного этапа становится и в дальнейшем остается меньшим, чем пластовое давление газа в окружающем трещину материале. Составление и решение адекватных уравнений фильтрации, в предположении, что на этом этапе в любой момент выполняется критическое равенство Гриффитса между коэффициентом концентрации напряжений и модулем сцепления материала позволило впервые количественно описать фильтрационный этап роста трещин. Важный для практики результат исследования этого этапа состоит в оценке времени прорастания трещин сквозь пласт. Найдены области изменения управляющих параметров (пластового давления газа, размеров трещин, горного давления, поверхностной энергии угля/породы, модуля упругости), внутри которых спонтанное разрушение пласта становится возможным. Это открывает путь к прогнозированию внезапных выбросов угля, породы и газа.