

К ВОПРОСУ О ПРИЧИНАХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

асп. Кольчик И.Е. (ИФГП НАН Украины)

Розглянуто причини виникнення газодинамічних явищ. Встановлено вплив потовщення пласта на виникнення зони концентрації напружень біля вибою підготовчої виробки.

TO A QUESTION ON THE REASONS OF OCCURRENCE GAS BURSTS

Kolchik I.E.

The reasons of occurrence gas bursts are considered. The influence of a thickening of a layer on occurrence of a zone stress concentration about face working is established.

Известно, что одними из важнейших опасностей, с которыми сталкиваются горняки при подземной угледобыче, являются газодинамические явления (ГДЯ), несущие собой не только ощутимые экономические потери, но и человеческие жертвы.

Анализ статистических материалов показывает, что большее количество ГДЯ происходит в подготовительных забоях. Так, за период с 1998 по 2002 гг. в Донбассе в подготовительных забоях произошло 419 ГДЯ, а в очистных 187. Удельное количество ГДЯ в подготовительных забоях на пологих и наклонных пластах Донецкой области за рассматриваемый период изменялось от 1,29 до 2,63 шт./км (см. табл. 1).

Таблица 1. Сведения о ГДЯ в подготовительных выработках на пологих и наклонных пластах Донецкой области.

Годы	Кол-во подготовительных забоев на опасных пластах, шт.	Общая протяженность проведенных выработок, км	Кол-во ГДЯ, шт	Удельное кол-во ГДЯ, шт./км
1998	150	28,9	76	2,63
1999	152	32,5	42	1,29
2000	126	31,9	53	1,66
2001	138	33,7	56	1,66
2002	111	34,5	90	2,61

ГДЯ – это сложные явления природы, возникновение которых зависит от многих одновременно действующих факторов. Среди этих факторов и горное давление, и содержащийся в угле газ, и физико-механические свойства угля. При этом сочетании действующих факторов

для каждого случая ГДЯ может быть различным. Ведущую роль в формировании того или иного сочетания этих факторов играют горно-геологические условия залегания пластов и наличие геологических нарушений.

Л.Н. Быков отмечал, что обычно внезапные выбросы приурочены либо к зонам геологических нарушений, либо к зонам лежащим в непосредственной близости к таковым [1].

Так, в Донецко-Макеевском районе Донбасса 51 % внезапных выбросов и 22 % выбросов при сотрясательном взрывании происходят в зонах геологических нарушений [2]. Причем, 97 % случаев произошло на расстоянии до 10 м от нарушения.

Геологические неоднородности типа тектонических нарушений являются причиной неоднородного напряженно-деформированного состояния массива горных пород [3, 4], а также оказывают влияние на перераспределение напряжений в призабойной зоне проводимых выработок.

Многими авторами отмечается влияние угла падения нарушения на структуру естественного поля напряжений горного массива. Так, В.К. Ушаков [5] показал, что в лежачем боку зона и степень влияния нарушения меньше при малых углах падения, а в висячем боку – при больших. При приближении выработки к дизъюнктивному нарушению впереди забоя образуется зона повышенных напряжений, обусловленная давлением пород кровли на все сокращающийся целик между забоем выработки и нарушением. Наибольшая пригрузка краевой части угольного пласта имеет место при угле падения сместителя $\alpha \leq 90^\circ$ [6]. В этих условиях вероятность возникновения выбросов угля и газа наиболее значительна. Если плоскость сместителя пересекает угольный пласт под углом $\alpha \geq 90^\circ$, то влияние тектонического нарушения на газодинамическое состояние пласта в призабойной зоне выработки менее существенно.

При приближении выработки к пликативным нарушениям типа утолщений и утонений пласта также неизбежно перераспределение напряжений в призабойной зоне. Задача о распределении напряжений у забоя подготовительной выработки при наличии резкого изменения мощности пласта рассматривалась А.Г. Константиновой [7]. В качестве механической модели геологического нарушения было принято упругое однородное вкрапление круговой формы, жестко связанное с бесконечной однородной упругой пластиной, находящейся под действием равномерного сжимающего напряжения. Однако, приведенный в работе [7] расчет применим лишь к сечениям, параллельным плоскости пласта. При этом, при утолщении пласта вкраплением является уголь, а при утонении – порода.

Вхождение выработки в область влияния утолщения пласта без применения действенных противовыбросных мероприятий может привести к ГДЯ.

Известно много случаев ГДЯ, произошедших при пересечении выработкой области утолщения пласта. Так, 10.06.1998 г. на шахте им. Засядько в забое 9-го западного конвейерного штрека пл. I, «Семеновский» горизонт 1010 м произошло внезапное выдавливание угля с попутным газовыделением. Угля было выдавлено 20 тонн, а газа выделилось порядка 1450 м³. Это ГДЯ произошло при внедрении исполнительного органа проходческого комбайна в область утолщения пласта от 1,7-1,9 до 3,5 м. В качестве противовыбросного мероприятия применялось гидрорыхление.

В конвейерном ходе 6-ой панельной лавы пласта I₂¹ «Подалмазный» горизонта 815 м ш. им. «9-й Пятилетки» ПО «Макеевуголь» 18.07.1990 г. произошел внезапный выброс угля и газа. Интенсивность выброса составила 12 тонн угля и 780 м³ газа. Причиной выброса явилась выемка угля проходческим комбайном в зоне увеличения мощности пласта от 0,7 до 1,85 м. В качестве противовыбросного мероприятия также применялось гидрорыхление.

Примечательно, что даже не большое увеличение мощности пласта может привести к возникновению зоны концентрации напряжений и развязыванию ГДЯ. Так, 23. 08. 1976 г. в забое 5-го западного откаточного штрека гор. 504 м пласта k₁¹, ш. «Ганзовка № 2» произошел внезапный выброс угля и газа. Интенсивность выброса составила 7,0 т угля. Объем газа не был определен. Выброс произошел во время выемки угля проходческим комбайном в зоне увеличения мощности пласта от 0,9 до 1,05 м. После выброса пласт k₁¹, с отметки -205,6 м был переведен в категорию опасных.

Приведенные выше случаи возникновения ГДЯ указывают на необходимость разработки научно – обоснованного комплекса мер по прогнозу геологических нарушений и предотвращению ГДЯ в зонах их влияния.

Практикой подтверждено, что когда происходит отжим пласта, то ГДЯ не возникают (произошла разгрузка и частично дегазация призабойной зоны пласта). Но не редки случаи, когда происходит задержка и даже прекращение смещения пласта в выработку [8]. При этом происходит накопление энергии в горном массиве. В лавах прекращение смещения пласта возможно в результате его зажатия в призабойной зоне вмещающими породами [9]. При этом концентрация напряжений в непосредственной близости от груди забоя резко возрастает, что неизбежно приведет к возрастанию его выбросоопасности [10]. Одной из основных причин, по которым происходит задержка смещения пласта в подготовительных выработках, является наличие пликативных (утолщения) и малоамплитудных дизъюнктивных нарушений пласта. Так, при утолщении пласта в призабойной части может возникнуть область концентрации напряжений (рис. 1). Это объясняется тем, что в процессе упругого восстановления угля в области утолщения пласт смещается в направлении выработки, и попадает в область меньшей мощности. В связи с этим может возникнуть ситуация, когда в призабойной зоне, которая при

выдержанной мощности пласта была бы разгруженной, появится область концентрации напряжений. Дополнительный прирост вертикальной и горизонтальной составляющих тензора напряжений в этой области (рис. 2) составит

$$\Delta\sigma_{\text{вк}} = \Delta\sigma_{\text{вк}} + \Delta\sigma_{\text{вп}} = \frac{\sigma_{2\text{в}}}{m_1} (\Delta m_1 \sin^2 \beta_1 + \Delta m_2 \sin^2 \beta_2), \text{ МПа};$$

$$\Delta\sigma_{\text{гг}} = \Delta\sigma_{\text{гк}} + \Delta\sigma_{\text{гп}} = \frac{\sigma_{2\text{г}}}{m_1} (\Delta m_1 \cos^2 \beta_1 + \Delta m_2 \cos^2 \beta_2), \text{ МПа},$$

где $\Delta\sigma_{\text{вк}}$; $\Delta\sigma_{\text{вп}}$ – дополнительная вертикальная составляющая напряжений, возникающих при раздутье пласта в кровлю и почву, соответственно, МПа; $\Delta\sigma_{\text{гк}}$; $\Delta\sigma_{\text{гп}}$ – дополнительная горизонтальная составляющая напряжений, возникающих при раздутье пласта в кровлю и почву, соответственно, МПа; $\sigma_{2\text{в}}$; $\sigma_{2\text{г}}$ – вертикальная и горизонтальная составляющие тензора напряжений в сечении II-II, соответственно, МПа; m_1 – мощность пласта в сечении I-I, м; Δm_1 ; Δm_2 – мощность раздутья пласта в кровлю и почву, соответственно, м; β_1 ; β_2 – угол изменения мощности пласта в кровле и почве, соответственно, град.

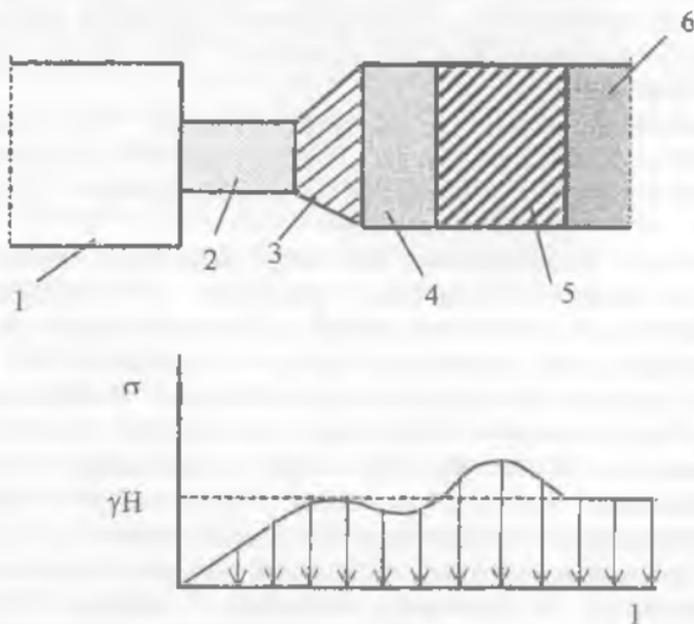


Рис. 1. Схема распределения напряжений при подходе штрека к участку с увеличивающейся мощностью пласта: 1 – подготовительная выработка; 2 – разгруженная зона; 3 – зона концентрации напряжений; 4 – зона пониженных напряжений; 5 – зона опорного давления; 6 – зона нетронутого массива.

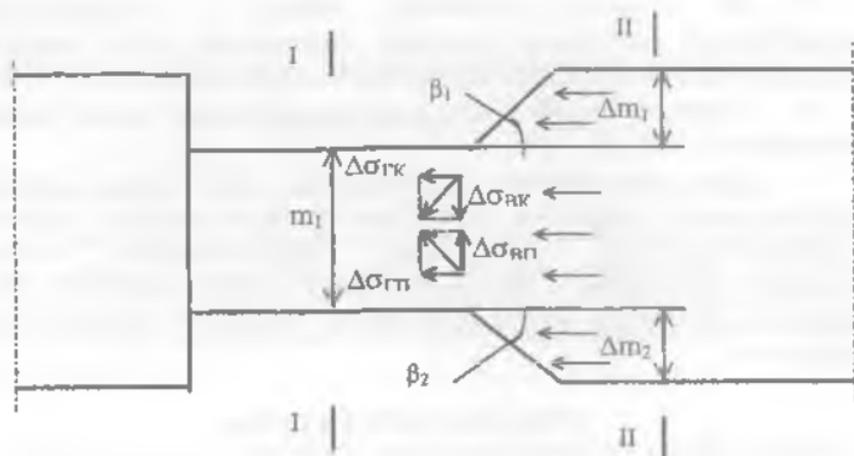


Рис. 2. Схема к расчету величины напряжений

Суммарные составляющие тензора напряжений в сечении I-I составят

- вертикальная

$$\Sigma \sigma_B = \sigma_{IB} + \Delta \sigma_{IB}, \text{ МПа};$$

- горизонтальная

$$\Sigma \sigma_G = \sigma_{IG} + \Delta \sigma_{IG}, \text{ МПа},$$

где σ_{IB} , σ_{IG} - вертикальная и горизонтальная составляющие тензора напряжений в сечении I-I, без учета дополнительного прироста напряжений, МПа.

При увеличении вертикальных и горизонтальных, направленных перпендикулярно оси выработки напряжений, повышается прочность угольного пласта, и при наличии соответствующего подпора со стороны выработки, пласт не деформируется, а смещения в сторону выработки прекращаются (т.е., происходит зажатие пласта у зоны утолщения).

При выемке следующей заходки уменьшается расстояние до зоны зажатия пласта, и, составляющая, создаваемая отпором части пласта, находящегося между забоем выработки и зоной зажатия пласта, уменьшается. В результате возможно быстрое разрушение пласта.

Аналогичные процессы могут происходить и при подходе выработки к малоамплитудным дизъюнктивным нарушениям.

Из вышеизложенного можно сделать выводы:

1. Утолщения пласта и малоамплитудные дизъюнктивные нарушения оказывают существенное влияние на перераспределение напряжений в призабойной части пласта;

2. В области утолщения пласта и малоамплитудного дизъюнктивного нарушения возможно образование зоны концентрации напряжений, препятствующей смещению пласта в выработку.

3. Подвигание забоя при задержке смещений может привести к развязыванию ГДЯ.

4. Для повышения безопасности работ при проведении подготовительных выработок по выбросоопасным пластам с пликативной и малоамплитудной дизъюнктивной нарушенностью необходимо производить постоянный контроль смещений пласта в выработку. В случае прекращения смещений пласта, необходимо применять противовыбросные мероприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Быков Л.Н. Теория и основные принципы эксплуатации пластов, склонных к внезапным выделениям газа. – Харьков: ОНТИДНТБУ, 1936. – 184 с.
2. Яйло В.В., Рубинский А.А., Радченко А.Г., Вайнштейн А.П. Особенности появления выбросоопасности угольных пластов пологого падения в зонах геологических нарушений // Разраб. месторождений полезных ископаемых. Респ. межвед. научн.-техн. сб. – 1985. - вып. 71. - С. 75 – 76.
3. Халилов В.Ш., Абсалямов С.С., Абдуллин У.А. Напряженно – деформированное состояние массива горных пород вблизи разрывных нарушений // Башк. ун-т. - Уфа, 1992. – 15 с. - Деп. в ВИНТИ 28.01.92, № 275.
4. Яланский А.А. К вопросу влияния тектоники на деформирование напряженного состояния горного массива // Динамич. проявления горн. давления. - 1980. - № 5 - С. 93 – 97.
5. Ушаков В.К. Влияние угла падения нарушения на напряженное состояние горного массива. // Моск. горн. ин-т. - М., 1981. - 3с. - Деп. в ЦНИЭИуголь 13 01 82, № 2247уп–Д82.
6. Николин В.И., Балинченко И.И., Симонов А.А. Борьба с выбросами угля и газа в шахтах. – М.: Недра, 1981. – 300 с.
7. Константинова А.Г. Сейсмоакустические исследования предвыбросных разрушений угольных пластов. – М.: Наука, 1977. – 132 с.
8. Бобров И.В., Кричевский Р.М. Исследования в области борьбы с внезапными выбросами угля и газа на шахтах Донецкого бассейна. - Макеевка-Донбасс, 1960. – 143 с.
9. Кузнецов С.В. Некоторые закономерности и соотношения определяющие посадку лавы. // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1965. - № 5. – С. 3 – 19.
10. Максютенко Л.Ю., Алексеев А.Д. Напряженное состояние кровли с учетом сцепления ее с угольным пластом в аспекте выбросов // Выбросы угля, пород и газа. - К.: Наукова думка, 1976. – С. 26 –30.