

УДК 622.831.322

Дырдин Валерий Васильевич, д.т.н., проф.; Смирнов Вячеслав
Геннадьевич, к.ф.-м.н.; Фофанов Андрей Алексеевич
(ФФП КузГТУ, г.Кемерово)

Valeriy V. Dyrdin, prof, Doctor of Technical Sciences; Vyacheslav G. Smirnov,
Candidate of Physical and Mathematical Sciences; Andrey A. Fofanov
(Kuzbass state technical university, Kemerovo)

ДЕЙСТВИЕ ВРАЩАЮЩЕГО МОМЕНТА ЗАВИСАЮЩЕЙ ЧАСТИ ОСНОВНОЙ КРОВЛИ НА КРАЕВУЮ ЗОНУ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА

ACTION TORQUE HANGING PART OF THE MAIN ROOF ON THE EDGE AREA OF COAL SEAM

Аннотация

Зависающая над выработанным пространством основная кровля переносит свою массу на краевую зону угольного пласта. Создается пара сил с отличным от нуля вращающим моментом. В работе учтено действие данного момента сил на краевую зону угольного пласта. Показано, что за зоной концентрации напряжений допустимо возникновение зоны пониженных механических напряжений.

Annotation

Hover over the open area of the main roof carries his weight on the edge of the coal seam zone. Creates a pair of forces with a non-zero torque. The paper considered the action of the torque on the edge of the coal seam zone. It is shown that the zone ahead of the stress concentration area is acceptable appearance reduced mechanical stresses.

Для повышения безопасности и совершенствования технологии ведения горных работ при подземной добыче угля проводится регулярный мониторинг напряженно-деформированного состояния краевой зоны угольного пласта, вмещающих пород и состояния выработанного пространства. Одним из важных факторов, влияющих на состояние краевой зоны угольного пласта, является положение основной кровли, зависающей над очистным забоем и выработанным пространством. Опасность представляет текущее воздействие основной кровли, сила тяжести которой, переносится на относительно небольшой участок краевой зоны, создавая зону перемятого угля и зону концентрации напряжений. Угрозу представляют также и обрушения пород основной кровли в выработанном пространстве. В зоне концентрации напряжений, а также в зонах дезинтеграции массива [1, 2] могут формироваться очаги

опасных газодинамических явлений. Вероятность возникновения газодинамических явлений напрямую связана с напряженно-деформированным состоянием краевой зоны угольного пласта, а также с дополнительным воздействием основной кровли. Для того чтобы снизить негативные факторы, угрожающие безопасной работе очистного забоя, обрушение зависающей консоли основной кровли стремятся сделать управляемым, например, производя предварительную гидродинамическую стратификацию [3].

Оба этих фактора – дополнительная пригрузка краевой зоны угольного пласта, а также возможность внезапных опасных обрушений, в настоящее время подробно изучаются и внимательно учитываются при разработке технологии ведения горных работ. Но, наряду с этими факторами существуют еще несколько малоизученных параметров, определяющих состояние основной кровли и краевой зоны угольного пласта. Во первых, это изгиб основной кровли, достигающий максимума над областью концентрации напряжений, а во вторых, изгибающий момент сил, возникающий в связи с тем, что основная масса зависающей кровли находится на некотором удалении от области пласта, которая, фактически, держит эту массу. Для того чтобы зависающий конец пород основной кровли находился в равновесии, к нему нужно приложить не только вертикальную силу, но и вращающий момент, который может возникнуть только за счет перераспределения сил и напряжений в той части основной кровли, которая находится в глубине, над областью пласта, находящейся за зоной концентрации напряжений.

Основная кровля угольного пласта обычно сложена прочными песчаниками, сохраняющими свою целостность, поэтому и состояние участка основной кровли, находящегося над областью ненарушенного пласта впереди забоя, можно сопоставить [4] с состоянием балки, вставленной между массивными плитами. На рис. 1 изображена схема, демонстрирующая силы, которые необходимо приложить к участку основной кровли, чтобы он оставался в равновесии. Начало координат выбрано над областью концентрации напряжений, куда, как принято считать, переносится вес зависающей части пород основной кровли. Для того чтобы выполнялось условие отсутствия движений вдоль вертикальной оси, векторная сумма сил, приложенных вдоль вертикальной оси, должна быть равна нулю. Для выполнения условия отсутствия вращений сумма моментов сил относительно горизонтальной оси, проходящей через начало координат, должна быть также равна нулю. Представим совокупность моментов сил, приложенных по отдельности к области кровли справа и слева от начала координат, как эквивалентные точечные силы и соответствующие им эффективные рычаги. С левой стороны от начала координат совокупность сил тяжести, действующих на зависающую часть кровли, эквивалентно полной силе тяжести этой части кровли,

приложенной в геометрическом центре зависающей части. Иными словами:

$$M_1 = L_1 mg,$$

где M_1 – вращающий момент, L_1 – характерный рычаг, равный половине длины зависающей части кровли, а mg – масса зависающей части, умноженная на ускорение свободного падения. На правую часть кровли (рис. 1) для выполнения условий равновесий со стороны вышележащих пород должна действовать дополнительная сила реакции F_r , приложенная на L_2 – некотором эффективном расстоянии от начала координат. Модуль момента сил, действующий на правую часть кровли можно записать так:

$$M_2 = L_2 F_r.$$

Очевидно, что в этом случае, вблизи начала координат, которое выбрано у нас над зоной концентрации напряжений, для равновесия вертикальных проекций сил необходимо приложить дополнительную силу (рис. 1), равную не только массе зависающей части пласта, но и дополнительной силе реакции, введённой выше.

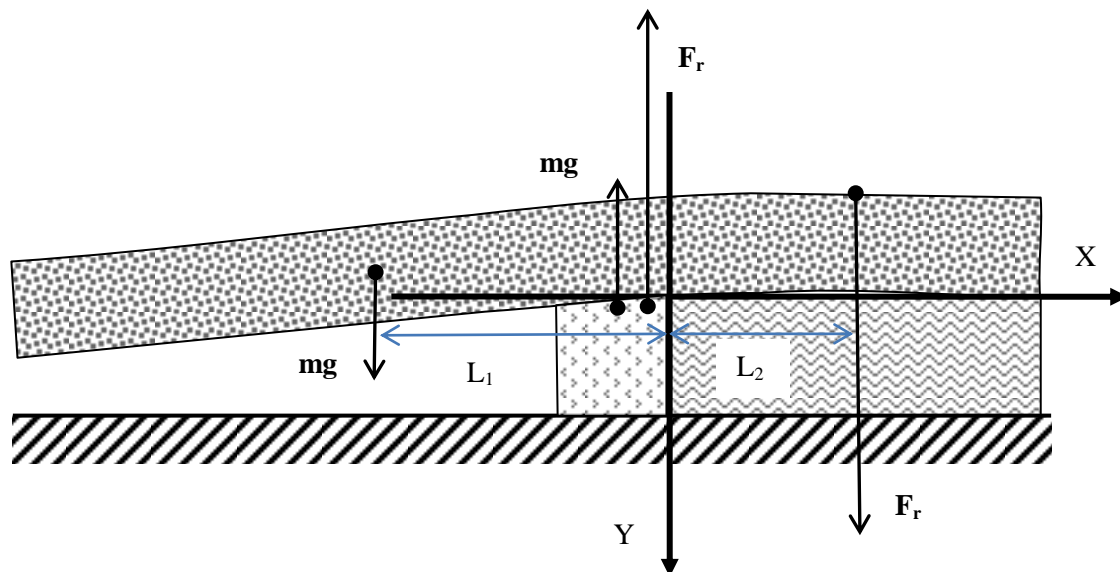


Рис. 1. Схема для расчета силы реакции. Призабойная часть угольного массива. Справа от начала координат находится зона концентрации напряжений в угольном пласте. Сверху схематически изображены деформации основной кровли.

Необходимо сделать несколько уточнений. Первое состоит в том, что при равновесии основной кровли, лежащей на упругом основании – угольном пласте, действуют также и упругие силы, как со стороны вышележащих, так и со стороны нижележащих пластов пород, слагающих массив горных пород. Разница между силами, действующими на основную кровлю снизу и силами, действующими на нее сверху, равна весу основной кровли. Эти силы действуют в ненарушенном массиве, они действуют также и на правую часть кровли, изображенной на рис. 1, но, так как

действие этих сил скомпенсировано, то они не изображены на рис. 1 и не являются существенными для нашего рассмотрения. Второе уточнение, связано с тем, что балка (основная кровля) является сплошным телом, и на ее правом конце части, изображенной на рис. 1. также может быть приложен момент сил, передающийся посредством изгиба со стороны более удаленных частей балки. Но эта часть момента сил может возникнуть только из-за того, что балка упирается в вышележащие слои пород, либо снижается нагрузка на нижележащие породы. Поэтому подобные моменты сил также включены в действие силы реакции F_r , приложенной на расстоянии L_2 от начала координат.

Отметим, что сила реакции, которая действует на основную кровлю со стороны вышележащих пород, зависит от отношения плеч и от массы зависающей части пласта:

$$F_r = mg(L_1/L_2).$$

Оценка величины L_1 достаточно понятна и равна половине длины зависающей части кровли, и может иметь величину порядка 10-20 метров. Но для точного расчета величины L_2 требуется учитывать жесткость основной кровли на изгиб, зависящей от ее мощности и упругих характеристик. В качестве оценки примем, что величина L_2 сравнима с размером зоны концентрации напряжений, которая составляет величину 5-10 метров. Примем отношение $L_1/L_2 = 2$, в этом случае сила реакции будет примерно в два раза больше силы тяжести, действующей на зависающую часть кровли. Для того чтобы соотнести действие данной силы с величиной напряжений, которые она создает, надо оценить характерный размер участка, на который распределяется данная сила реакции. Примем, что он также соизмерим с величиной L_2 . Пусть длина рассматриваемого участка пласта вдоль линии забоя равна Z_0 , в этом случае дополнительные напряжения, разгружающие пласт, можно записать в следующем виде:

$$\sigma_r = \frac{F_r}{Z_0 L_2}.$$

Величину силы тяжести можно вычислить исходя из удельного веса вышележащих пород $\gamma = \rho g$, где ρ – плотность пород, мощности основной кровли h и $Z_0 2L_1$ – площади рассматриваемого участка: $mg = \gamma h Z_0 2L_1$. С учетом всех выражений оценим величину разгружающих напряжений, возникающих в глубине угольного пласта за зоной концентрации напряжений:

$$\sigma_r = \eta \cdot 2 \left(\frac{L_1}{L_2} \right)^2.$$

Если принять, что мощность основной кровли h равна 20 метрам, а отношение $2 \left(\frac{L_1}{L_2} \right)^2 \approx 10$, то величина разгружающего напряжения может быть соизмерима с величиной горного давления ненарушенного пласта. Построенная нами модель позволяет оценивать величины лишь по порядку величины, полученную модель необходимо развивать и уточнять.

Таким образом, нами показано, что вращающий момент, возникающий из-за зависаний части основной кровли создает силу реакции, действующую со стороны основной кровли на вышележащие породы. Эта сила реакции создает зону разгрузки в глубине угольного пласта, причем величина дополнительных, разгружающих, напряжений может быть соизмерима с величиной горного давления, действующего на ненарушенный угольный пласт. В сформировавшейся зоне разгрузки происходит перераспределение напряжений, раскрытие трещин, выделение метана из угольного вещества в газовую фазу. Возможно образование газовых мешков и зон с повышенным содержанием свободного метана. Увеличивается вероятность возникновения состояний, из которых способны развиваться внезапные выбросы угля и газа.

Список литературы

1. Шемякин Е. И., Курленя М. В., Опарин В. Н., и др. Явление зональной дезинтеграции горных пород вокруг подземных выработок. – Научное открытие №400 от 9.02.1978.
2. Опарин В. Н. Электромагнитная дефектоскопия высокопроводящих пород. Автореферат диссертации ВЦ СО АН СССР, 1978
3. Лекомцев Ю. М., Применение метода направленного гидроразрыва на шахте «Березовская» / Лекомцев Ю. М., Сажин П. В. // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2008. – №3. – С.34-40.
4. Фофанов А. А., Дырдин В. В., К вопросу о частотах колебаний пород основной кровли при вторичных обрушениях // - Вестник КузГТУ .- 2012 . -№3.-С.9-12.