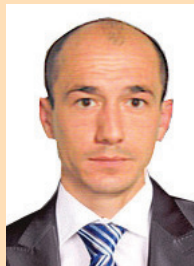




С. П. ГРЕКОВ,
доктор техн. наук
(НИИГД «Респиратор»)



П. С. ПАШКОВСКИЙ,
доктор техн. наук
(НИИГД «Респиратор»)



А. А. ВСЯКИЙ,
инж.
(НИИГД «Респиратор»)

Вероятность возникновения эндогенных пожаров в зонах геологических нарушений

Предложен метод оценки степени эндогенной пожароопасности в местах разрывных геологических нарушений в зависимости от их параметров с учетом физических предпосылок самовозгорания угля в этих местах.

Результаты выполненного сотрудниками НИИГД «Респиратор» анализа причин возникновения аварий показывают, что в зонах геологических нарушений (ЗГН) возникновению эндогенных пожаров, помимо известных факторов, способствуют дополнительные: амплитуда смещения пласта по нормали и простирацию, мощность пласта у границы плоскости сместителя, угол, образованный плоскостью сместителя и плоскостью пласта, расстояние от остановленного очистного забоя до плоскости сместителя непереходимого геологического нарушения.

Обработка статистических данных, маркшейдерской и геологической документации по геологическим нарушениям позволила авторам [1] установить характерную особенность ведения горных работ в условиях шахт Центрального района Донбасса. Как правило, геологические нарушения с амплитудой смещения пласта по нормали до 2 м пересекались горными работами. В тех случаях, когда амплитуда смещения пласта превышала 2 м, горные работы прекращали на различном расстоянии от нарушения.

Выбор этого расстояния, как правило, не был обоснован, его определяли специалисты интуитивно. Геологические нарушения с амплитудой смещения пласта более 10 м встречаются очень редко.

В последние годы авторы [2] изучали условия возникновения пожаров в ЗГН. Разработана математическая модель адсорбционно-реакционных процессов, происходящих в угольных скоплениях, позволяющая с учетом параметров геологических нарушений определить степень их пожароопасности.

Цель работы – изучить влияние параметров геологических нарушений на пожароопасность для разработки метода расчета группы эндогенной пожароопасности пластов в ЗГН.

На основании теоретических исследований, проведенных авторами статьи, и изучения авторами работы [1] причин реально возникших пожаров изучено влияние амплитуды смещения пластов по вертикали и простирацию, концентраций кислорода в районе скопления угля на вероятность возникновения пожаров P в ЗГН, которую определяем по зависимости

$$P = 1 - \exp(-J_{кр}/J), \quad (1)$$

где $J_{кр}$ – критическое значение комплексного показателя пожароопасности, определяемого по формуле

$$J_{кр} = \frac{\exp(T_{кр}/T_0)}{T_{кр}/T_0 - 1}, \quad (2)$$

где $T_{кр}$ и T_0 – критическая и начальная температура самовозгорания угля, К.

Комплексный показатель пожароопасности J определяется по формуле

$$J = \frac{\rho_0 c_p T_0 (Q/V + B)[1 + Q/(VK_0)]}{q_T C_0 Q/V(1 + 0,2S)}, \quad (3)$$

ρ_0 – плотность воздуха, кг/м³;

c_p – удельная теплоемкость воздуха, Дж/(кг·К);

Q – расход воздуха через угольное скопление, м³/с;

V – объем угольного скопления, м³, принимается $Q/V = v_0/l$, где l – длина угольного скопления вдоль фильтрационного потока, м;

K_0 – константа скорости химической реакции окисления угля, 1/с;

q_T – теплота реакции окисления, Дж/моль;

C_0 – концентрация кислорода в месте поступления воздуха в угольное скопление, моль/м³;

S – доля серы в угле, %;

v_0 – скорость утечек воздуха через угольное скопление, м³/с, определяемая зависимостью

$$v_0 = [h_0/L + (1 - T_0/T_{кр})\rho_0 g \sin \alpha] \frac{d_r^2}{180(1/\varepsilon - 1)^2 \rho_0 v}, \quad (4)$$

где h_0 – депрессия лавы, Па;

L – длина лавы, м;

g – ускорение силы тяжести, м/с²;

α – угол падения пласта, ...°;

d_r – диаметр частиц угля в скоплении, м, определяемый зависимостью

$$d_r = d_0/D_p, \quad (5)$$

где d_0 – первоначальный диаметр частиц угля до дробления, м;

D_p – дробимость угля.

Коэффициент порозности скопления угля ε определяется по формуле

$$\varepsilon = 0,48/(1 - D_p/75); \quad (6)$$

v – коэффициент кинематической вязкости воздуха, м²/с.

Параметр, учитывающий теплопотери через боковую поверхность угольного скопления B , определяется зависимостью

$$B = 2k_\tau(1/f + 1/b)/c_p \rho_0, \quad (7)$$

k_τ – коэффициент нестационарного теплообмена, Вт/(м²·К), определяется по формуле

$$k_\tau = \frac{\lambda_{пр}}{R} \left(0,375 + \frac{R}{\sqrt{24\pi a_{пр} \tau}} \right); \quad (8)$$

$\lambda_{пр}$ – приведенный коэффициент теплопроводности боковых пород, Вт/(м·К), может быть представлен в виде

$$\lambda_{пр} = (\lambda_k + \lambda_n)/2, \quad (9)$$

λ_k и λ_n – коэффициенты теплопроводности кровли и почвы пласта.

Приведенный коэффициент температуропроводности боковых пород $a_{пр}$, м²/ч, определяется зависимостью

$$a_{пр} = (a_k + a_n)/2, \quad (10)$$

a_k и a_n – коэффициенты температуропроводности кровли и почвы пласта;

b – амплитуда смещения пласта по простиранию, м;

R – диаметр угольного скопления, м.

Толщина пачки угля, оставляемого в выработанном пространстве при пересечении горными работами геологического нарушения, f , м, определяется по формуле

$$f = \gamma m + (1 - \gamma)(m + H - |m - H|)/2; \quad (11)$$

γ – объемная доля технологических потерь угля, 1;

m – мощность пласта, м;

H – амплитуда смещения пласта по нормали к пласту, м.

Вычисленные по формулам (1 – 5) вероятности возникновения эндогенных пожаров в зависимости от параметров нарушения H и b при $C_0 = 3,4$ моль/м³ представлены на рис. 1.

Возрастание вероятности возникновения эндогенных пожаров (рис. 1, а) указывает на то, что с увеличением амплитуды смещения надвига, взброса, сброса пласта при выполнении очистных работ резко ухудшаются условия ведения их в зоне влияния геологического нарушения. Происходят завалы лав, обрушения уступов, высыпание угля. В большинстве случаев при пересечении нарушений горными работами невозможно полностью извлечь уголь, особенно у плоскости сместителя. При посадке кровли оставленные целики угля раздавливаются, обрушаются в завальную часть выработанного пространства. Это ведет к наполнению разрыхленным углем выработанной части лавы и возникновению пожара.

Аналогично установлена зависимость эндогенных пожаров от амплитуды смещения пласта по простиранию (рис. 1, б). На графике видно, что с увеличением амплитуды смещения пласта по простиранию вероятность возникновения пожаров резко возрастает. Объяснить это можно тем, что при выполнении очистных работ в зоне геологического нарушения смещенные крылья пласта обрушиваются

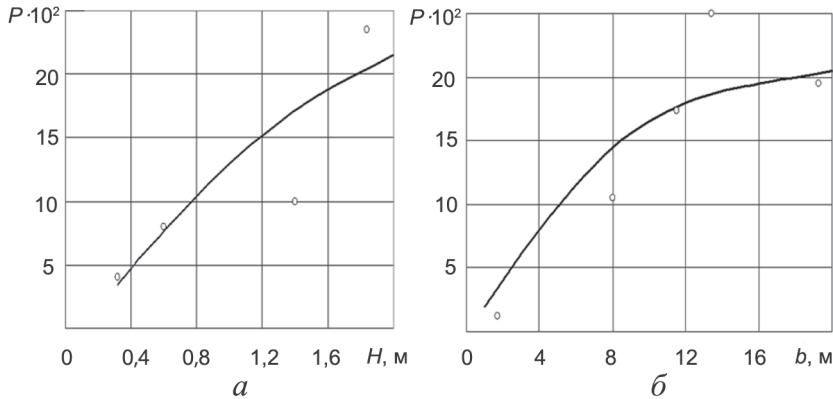


Рис. 1. Теоретическая кривая и статистические данные [1] зависимости вероятности возникновения пожаров от амплитуды смещения пласта по нормали (а) и по простиранию (б).

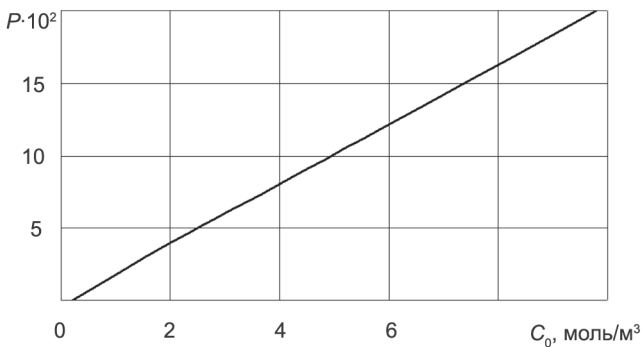


Рис. 2. Зависимость вероятности возникновения эндогенных пожаров в ЗГН от концентрации кислорода в утечках воздуха.

в выработанное пространство, создаются скопления разрыхленного угля, что при благоприятных условиях ведет к возникновению пожара.

Наименее изученным и трудноопределяемым параметром, существенно влияющим на вероятность возникновения пожаров в ЗГН, является содержание кислорода в утечках воздуха, проходящих через места скопления разрыхленного угля. Выполненные в НИИГД «Респиратор», ГП ДонУГИ, ИГД им. А. А. Скочинского исследования [3, 4] показывают, что содержание кислорода может колебаться для различных случаев в широких пределах, но, как правило, уменьшается с увеличением расстояния от забоя.

Результаты выполненного в работе [3] анализа изменения концентрации кислорода, C , моль/м³, в вы-

работанном пространстве лав по мере удаления от очистного забоя позволяют предложить зависимость в виде

$$C = C_0 \exp[-1,34 \cdot 10^{-2} \omega \tau], \quad (12)$$

где ω – скорость продвижения линии очистного забоя, м/сут;
 τ – время, сут.

Расчет вероятности возникновения пожаров в местах геологических нарушений при нередко встречающихся значениях их параметров $H = 0,3$ м и $b = 10$ м, с изменением C представлен на рис 2.

Из данных рис. 2 следует, что вероятность пожаров в ЗГН почти

линейно зависит от концентрации кислорода. В каждом случае по данным шахты о значениях H , b и C она может быть вычислена по изложенной выше методике.

Вывод. Полученные зависимости позволяют уточнить метод оценки эндогенной пожароопасности зон геологических нарушений, и на их основании разработать пожаробезопасные условия горных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шайтан И. А. Зависимость возникновения эндогенных пожаров от амплитуды смещения пласта по нормали и простиранию в зонах геологических нарушений / И. А. Шайтан, М. В. Чуприна // Горноспасательное дело: сб. науч. тр. / НИИГД «Респиратор». – Донецк, 2009. – Вып. 46. – С. 101 – 103.
2. Греков С. П. Группа эндогенной пожароопасности угольных пластов в зонах геологических нарушений / С. П. Греков, И. Н. Зинченко, В. И. Карманов // Горноспасательное дело: сб. науч. труд. / НИИГД «Респиратор». – Донецк, 2009. – Вып. 46. – С. 101 – 103.
3. Оценка критических условий самовозгорания угля / [С. П. Греков, А. Е. Калюский, В. К. Костенко, Н. А. Ерагин] // Горноспасательное дело: сб. науч. труд. / НИИГД «Респиратор». – Донецк, 2009. – Вып. 46. – С. 101 – 103.
4. Морев А. М. Воспламенение метановоздушной смеси в шахтах при обрушении крепких песчаников / А. М. Морев, С. Е. Чирков // Безопасность труда в промышленности. – 2009. – № 2. – С. 22 – 24.