

Формирование зон сдвижений подработанных пород и земной поверхности

На основании анализа многолетних экспериментальных данных и результатов исследований разработана схема, в которой рассмотрены параметры развития очистных работ, мульды на земной поверхности и зоны полных сдвижений подработанных пород. Основные положения схемы дают возможность раскрыть механизм влияния одних факторов на другие и установить количественные связи между параметрами процессов под влиянием развития очистных работ в подработанном массиве пород и на земной поверхности.

Ключевые слова: мульда сдвижения, земная поверхность, породный массив, развитие очистных работ, оседание, подработка.

Контактная информация: mfilatev@gmail.com

При отработке угольных пластов необходимо решать актуальные задачи, связанные с подработкой вмещающих пород и вредным влиянием очистных работ на земную поверхность (выбор рационального места расположения горных выработок, охрана объектов на земной поверхности, предотвращение повышенных водопритоков в шахту, восстановление выбросоопасности сближенных пластов, прогноз газовыделения из подрабатываемых источников и др.). Решать перечисленные задачи горного производства практически невозможно без применения расчетных схем влияния очистных выработок на вмещающие породы и земную поверхность. На основании многолетних экспериментальных данных, результатов исследований моделей из эквивалентных материалов и аналитических обоснований предложено большое количество таких схем. Их многообразие обусловлено значительным количеством задач, для решения которых требовались индивидуальные подходы.

Установить экспериментально параметры протекания процессов сдвижения и деформации пород не всегда возможно. В ряде случаев о таких процессах можно судить по косвенным признакам (например, по изменению газовыделения или прочности угля пластов, попадающих в зону сдвижения пород, давления на крепь и т. д.). В настоящее время недостаточно изучены вопросы, связанные с формированием зоны полных сдвижений подрабатываемых пород во время ведения очистных работ, что вызвано трудностями непосредственного инструментального измерения в массиве пород из-за отсутствия доступа к исследуемому объекту. Раскрытие механизма образования зон полных сдвижений в подработанных породах позволяет принимать обоснованные решения при рассмотрении большинства задач, связанных с технологией ведения горных работ, их безопасностью, охраной объектов и экологическими последствиями.

Наиболее достоверно о происходящих процессах сдвижения подработанных пород можно судить, рассматривая совместно параметры развития очистных работ и мульды сдвижения на земной поверхности. Это дает возможность выполнять необходимые и точные замеры на земной поверхности и в горных выработках при ведении очистных работ. Известные схемы [1, 2] предусматривают использование зависимости параметров мульды сдвижения земной поверхности от степени развития очистных работ, но



М. В. ФИЛАТЬЕВ,
канд. техн. наук
(Донбасский ГТУ)



Н. И. АНТОЩЕНКО,
доктор техн. наук
(Донбасский ГТУ)



С. В. ПЫЖОВ,
аспирант
(Минэнергоуголь Украины)

они не учитывают процессы образования зон полных сдвижений в подрабатываемом массиве пород. Разработав схему, которая увязывала бы развитие очистных работ с параметрами процессов образования зон полных сдвижений подработанных пород и мульды на земной поверхности, можно с высокой степенью достоверности решать многие задачи горного производства.

Цель данной работы – разработка такой схемы (рис. 1). В схеме ис-

пользованы обозначения: 0 – неподвижный забой разрезной печи; 1, 2, 3, ..., i, ..., i + 1 – положения очистного забоя при его удалении от разрезной печи; 4 – кривая зоны полных сдвижений в подработанных породах; 1', 2', 3', ..., i', ..., i' + 1 – точки, определяющие границу зоны полных сдвижений в подработанных породах; 1'', 2'', 3'', ..., i'', ..., i'' + 1 – точки траектории максимального оседания земной поверхности и соответствующие им мульды сдвижения; 5 – кривая траектории максимального оседания точек земной поверхности при удалении очистного забоя от разрезной печи; 6 – земная поверхность; $L_1, L_2, L_3, \dots, L_p, \dots, L_{i+1}$ – расстояния между разрезной печью и удаляющимся очистным забоем; ΔL_i – подвигание очистного забоя после образования плоского дна мульды сдвижения на земной поверхности; L_m – длина полумульды сдвижения земной поверхности после ее полной подработки; $\psi_1, \psi_2, \psi_3, \dots, \psi_i$ – углы полных сдвижений в подработанных породах; γ_i – граничный угол после полной подработки земной поверхности; m – мощность разрабатываемого пласта; H – глубина ведения очистных работ; H_p – верхняя граница зоны полных сдвижений в подработанных породах; H_n – мощность породных слоев, параллельно перемещающихся после полной подработки земной поверхности; η_0 – глубина плоского дна мульды сдвижения; \rightarrow – направление подвигания очистного забоя.

При создании схемы в основном использовали такие научные положения [1, 2]:

- начало сдвижения земной поверхности происходит после осадки основной кровли в точке 1'' при уда-

лении очистного забоя от разрезной печи на некоторое расстояние L_1 . Границы полных сдвижений определяют углы ψ_1 и точка 1'. При отработке пологих пластов эта точка находится примерно над серединой выработанного пространства;

- максимальное оседание земной поверхности до полной подработки также происходит над серединой выработанного пространства. Траектория максимального оседания точек земной поверхности до полной подработки проходит через точки 1'' – 2'' – 3'' – i'' (кривая 5). В подработанных породах этим точкам соответствуют позиции 1' – 2' – 3' – i' и углы полных сдвижений $\psi_1, \psi_2, \psi_3, \dots, \psi_i$, которые определяют верхнюю границу полных сдвижений (кривая 4);

- при удалении очистного забоя от разрезной печи на расстояние L_i достигается полная подработка земной поверхности и образуется плоское дно мульды сдвижения глубиной η_0 . Дальнейшее образование зоны полных сдвижений пород зависит только от расстояния, на которое подвигается очистной забой. После его перемещения из положения i в пункт i+1 образуется верхняя граница зоны полных сдвижений подработанных пород на участке i' – i' + 1. На земной поверхности ему соответствует часть мульды сдвижения в виде плоского дна между точками i'' и i'' + 1;

- после полной подработки земной поверхности над верхней границей зоны полных сдвижений (i' – i' + 1) и под плоским дном мульды на участке i'' – i'' + 1 параллельно оседают породные слои общей мощностью H_n , что подтверждается параллельным смещением реперов в подработанных горных выработках и скважинах.

В схеме рассмотрены параметры развития очистных работ, мульды на земной поверхности и зоны полных сдвижений подработанных пород. Соответствие схемы реальным процессам подтверждают непосредственные экспериментальные данные и использование ее отдельных элементов в инженерных расчетах. Практическое применение предложенной схемы в большинстве случаев возможно с учетом научных знаний, накопленных в разных областях горной науки.

Один из самых важных моментов практического применения схемы – определение отхода очистного забоя от разрезной печи L_1 , при котором начинается сдвижение земной поверхности. Знать этот параметр необходимо для решения ряда задач, связанных с безопасной подработкой земной поверхности. Для конкрет-

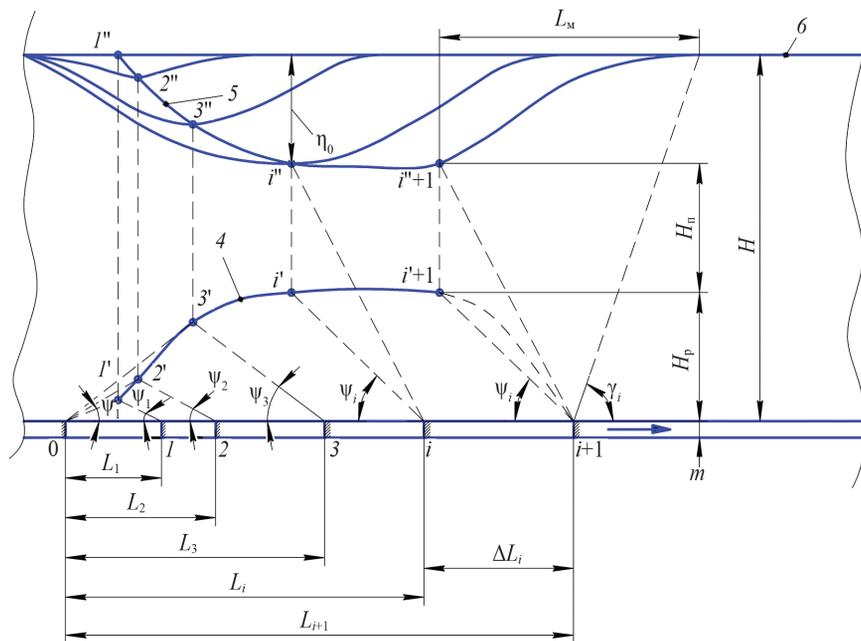


Рис. 1. Схема формирования зоны полных сдвижений в подработанных породах и мульды на земной поверхности под влиянием развития очистных работ.

ных горно-геологических условий его можно найти, используя зависимость траектории точек максимального оседания (кривая 5) от L_1 . С этой целью максимальное оседание земной поверхности η_{\max} необходимо принять равным нулю и решить уравнение относительно L_1 [3].

Сдвигание земной поверхности начинается после первичной осадки основной кровли. Эти два события связаны между собой во времени и пространстве. Для неглубоких шахт они происходят практически одновременно, что позволяет в первом приближении для определения L_1 использовать также факт первичной осадки основной кровли. При ведении очистных работ на средних и больших глубинах следует вводить некоторые поправки на скорость распространения процессов сдвигания подработанных пород в сторону земной поверхности.

В последние годы появились работы [4, 5], посвященные непосредственному изучению процессов первичной и последующих осадок кровли. В них предлагаются классификации непосредственной и основной кровель, а также методики расчета шага первичной осадки основной кровли. Эти методики несколько отличаются между собой. Поэтому необходим анализ полученных результатов и их соответствие экспериментальным данным.

Наряду с результатами работ [4, 5] для установления зон полных сдвижений можно использовать способ формирования кривой динамики газовыделения при первичной и последующих осадках основной кровли [6]. Данный способ позволяет также рассчитать расстояние H_p от разрабатываемого пласта, при котором прекращается приток метана из подрабатываемых источников. Это расстояние предположительно будет определять положение верхней границы ($i' - i' + 1$) зоны полных сдвижений (см. рис. 1) или находиться вблизи нее.

Обобщив способы и подходы к определению параметров первичных осадок основной кровли [4–6] и начала сдвигания земной поверхности [1–3], можно разработать рекомендации по установлению границы (кривая 4) полных сдвижений в подрабатываемых породах ($1' - 2' - 3' - i' - i' + 1$).

По траектории точек максимального оседания земной поверхности (кривая 5) рассчитывают возможную глубину плоского дна мульды сдвигания на земной поверхности. Размеру плоского дна мульды сдвигания в интервале $i'' - i'' + 1$ соответствует расстояние $\Delta L_i = L_{i+1} - L_i$, на которое подвинулся очистной забой после образования плоского дна. Значения параметров мульды сдвигания земной поверхности после ее полной подработки можно рассчитать согласно известным математическим моделям [2, 7, 8]. Это позволяет в совокупности с ранее рассмотренными работами [4, 6] увязать практически все параметры, характеризующие

развитие очистных работ, образование мульд на земной поверхности и зон полных сдвижений в подработанных породах.

Выводы. Разработанные основные положения схемы дают возможность увязать между собой параметры развития очистных работ с процессами образования зон полных сдвижений в подрабатываемых породах и мульд на земной поверхности. Это способствует раскрытию механизма влияния одних факторов на другие и установлению количественных связей между параметрами процессов, происходящих в горных выработках, подработанном массиве пород и на земной поверхности.

Предлагаемая схема имеет важное научно-техническое значение для угольной отрасли. Ее использование и дальнейшее совершенствование позволит решить многие актуальные задачи горной науки и производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Назаренко В. А. Закономерности развития максимальных оседаний и наклонов поверхности в мульде сдвигания / В. А. Назаренко, Н. В. Йощенко. – Днепропетровск: НГУ, 2011. – 91 с.
2. Чепурная Л. А. Обобщенная схема сдвигания земной поверхности до и после образования плоского дна мульды / Л. А. Чепурная, Н. И. Антощенко // Науч. тр. Донбасского ГТУ. – 2013. – Вып. 40. – С. 46–50.
3. Чепурная Л. А. О подработке земной поверхности антрацитовыми пластами / Л. А. Чепурная, М. В. Филатьев, Н. И. Антощенко // Уголь Украины. – 2014. – № 6. – С. 3–7.
4. Лобков М. І. Розвиток наукових основ прогнозу обвалення порід покрівлі при вийманні лавою пологого пласта: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук: спец. 05.15.02 «Підземна розробка родовищ корисних копалин» / М. І. Лобков. – Донецьк, 2012. – 36 с.
5. Медяник В. Ю. Прогнозирование шага первичной посадки труднообрушаемой кровли при отработке пологонаклонных пластов антрацита глубокими шахтами / В. Ю. Медяник, А. П. Болотов // Науковий вісник НГУ. – 2013. – № 5. – С. 36–42.
6. Формирование динамики метановыделения из подрабатываемого массива при отработке газоносных угольных пластов: монография / [Н. И. Антощенко, В. Н. Окалелов, В. И. Павлов и др.]. – Алчевск: Донбасский ГТУ, 2013. – 221 с.
7. Гавриленко Ю. Н. Прогнозирование сдвижений земной поверхности во времени / Ю. Н. Гавриленко // Уголь Украины. – 2011. – № 6. – С. 45–49.
8. Кулибаба С. Б. Характер развития процесса сдвигания земной поверхности во времени над движущимся очистным забоем / С. Б. Кулибаба, М. Д. Рожко, Б. В. Хохлов // Наук. пр. УкрНДМУ НАН України. – 2010. – № 7. – С. 40–54.