

УДК 622.834:622.261.222

к.т.н. Филатьев М. В., д.т.н. Антощенко Н. И.
(ДонГТУ, г. Лисичанск, Украина),
Пыжов С. В.
(Минэнергоугля Украины)

СХЕМА СДВИЖЕНИЯ ПОДРАБОТАННЫХ ПОРОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАМЕТРОВ МУЛЬД ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И ОЧИСТНЫХ ВЫРАБОТОК

Последовательно рассмотрены процессы сдвижения земной поверхности от начала до полной ее подработки. Разработана теоретическая схема для количественной увязки между размерами очистных выработок и параметрами сдвижения подработанных пород и земной поверхности. Она позволяет использовать экспериментальные данные для прогнозирования параметров сдвижения пород до и после полной подработки земной поверхности.

Ключевые слова: *порода, сдвижение, подработка, земная поверхность, мульда, плоское дно, параметры, модель, развитие, очистные работы, зона сдвижения, сплошность, разрыв, максимальные оседания, углы сдвижения, граничные углы, процесс, стадии, характерные точки.*

Наиболее достоверно последствия влияния отработки угольных пластов на земную поверхность определяются на основании маркшейдерских замеров. Для получения экспериментальных данных на наблюдательных станциях выполняются инструментальные измерения. Пространственное положение реперов профильной линии устанавливается многократно через некоторые промежутки времени. Параллельно с наблюдениями на земной поверхности фиксируются положения очистного забоя. Сравнение результатов измерений позволяет оценивать сдвижение реперов в зависимости от расположения очистного забоя. Выемка угольных пластов, кроме сдвижения земной поверхности, вызывает изменение состояния пород. Экспериментальные данные, полученные по описанной методике, не позволяют непосредственно определить параметры сдвижения подработанных пород. Достоверное знание таких параметров необходимо для решения многих задач горного производства, связанных с проявлением горного давления. Их установление путем непосредственных инструментальных измерений в подработанном массиве является трудоемкой и финансово высокочувствительной операцией. Кроме этого, такой подход не позволяет заранее прогнозировать параметры

сдвижения пород при изменении размеров очистных выработок. В настоящее время количество накопленных экспериментальных данных при непосредственных измерениях в подрабатываемых породах недостаточно для их обобщения и разработки рекомендаций по рациональной отработке угольных пластов в разных горно-геологических и горнотехнических условиях. По этой причине аналитические исследования по установлению параметров сдвижения подрабатываемых пород являются актуальными.

Учитывая состояние рассматриваемого вопроса, одним из основных и перспективных направлений может быть использование экспериментальных данных о размерах очистных выработок и мульд на земной поверхности. Эти данные косвенно характеризуют происходящие процессы сдвижения в подрабатываемых породах. Задачей настоящей работы является разработка методики определения параметров сдвижения подрабатываемых пород с использованием размеров мульд земной поверхности и очистных выработок.

© Филатьев М. В., 2016

© Антощенко Н. И., 2016

© Пыжов С. В., 2016

За последние более чем пятьдесят лет в разных угольных бассейнах проведены маркшейдерские наблюдения за сдвижением земной поверхности под влиянием изменения размеров очистных выработок. Анализ и обобщение этих экспериментальных данных способствуют косвенному установлению параметров процессов, происходящих в подрабатываемом массиве пород.

Решение поставленной задачи невозможно без разработки теоретической схемы (модели), с помощью которой количественно можно увязать между собой размеры очистных выработок с параметрами сдвижения подрабатываемых пород и земной поверхности.

Формирование мульды сдвижения земной поверхности состоит из двух этапов [1]. Первый связан с развитием очистных работ при удалении забоя от разрезной печи до образования плоского дна мульды (полной подработки). В этот период максимальное оседание земной поверхности (η_m) для конкретных горно-геологических и горнотехнических условий зависит только от расстояния между очистным забоем и разрезной печью. По мере удаления забоя от разрезной печи значение η_m , при достаточном развитии очистных работ, может достаточно близко приближаться к величине глубины плоского дна мульды сдвижения (η_o). Параметр η_m характеризует максимальное оседание после окончания процессов сдвижения земной поверхности и уплотнения подработанных пород. После достижения примерного равенства $\eta_m \approx \eta_o$ дальнейшее подвигание очистного забоя уже практически не влияет на увеличение максимальных оседаний земной поверхности, что характеризует наступление второго этапа формирования мульды. Этому периоду соответствуют сдвижения точек земной поверхности только относительно проекции движущегося очистного забоя.

До недавнего времени экспериментальное и теоретическое изучение формирования мульды на земной поверхности произ-

водилось обособленно для каждого этапа. Например, работа [1] посвящена, в основном, исследованию максимального оседания земной поверхности на первом этапе, т.е. при развитии очистных работ. Исследования [2-4] связаны с установлением временных параметров стадий сдвижения земной поверхности на втором этапе над движущимся очистным забоем. В целом работы [1-4] послужили основой для разработки обобщенной схемы сдвижения земной поверхности до и после образования плоского дна мульды [5]. Эта схема дает возможность рассмотреть параметры сдвижения земной поверхности при переходе от первого этапа формирования мульды ко второму. Недостатком этой схемы является принятое положение [6] о распространении углов полных сдвижений подработанных пород до земной поверхности. Оно соответствует только условиям отработки угольных пластов на малых глубинах (до $200 \div 300$ м). При ведении очистных работ на средних и больших глубинах (до 1000 м и более) зона полных сдвижений подработанных пород, как правило, не достигает земной поверхности. Вследствие этого имеются удаленные от разрабатываемого пласта породные слои, сдвижение которых происходит без разрыва их сплошности. Разработанная схема [7] позволила учесть эту особенность отработки угольных пластов на средних и больших глубинах.

Обоснование зависимости верхней границы зоны полных сдвижений подработанных пород от степени развития в пределах отдельного выемочного участка и всего шахтного поля [8] дало возможность усовершенствовать схему [7] и учесть [9] расположение верхней границы зоны полных сдвижений.

Методика определения значений параметров сдвижения подработанных пород, в зависимости от развития очистных выработок на двух этапах и мульды земной поверхности на основании обобщения схем [1-9] иллюстрируется графиком (рис. 1).

РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

В предложенной схеме последовательно рассмотрели процессы от начала сдвижения земной поверхности до полной её подработки. Сопоставляя размеры очистных выработок с параметрами мульд сдвижения земной поверхности можно оценивать параметры процессов, происходящих в глубине массива подработанных пород.

Процессы сдвижения подработанных пород достигают земной поверхности в

некоторой её точке 1 при определенном размере (L_n) очистной выработки (рис.1). Эмпирические зависимости [10, 11] позволяют рассчитать параметр L_n для конкретных горно-геологических и горнотехнических условий. Главный фактор, определяющий L_n – глубина ведения очистных работ H . Зависимость $L_n = f(H)$ – прямопропорциональна.

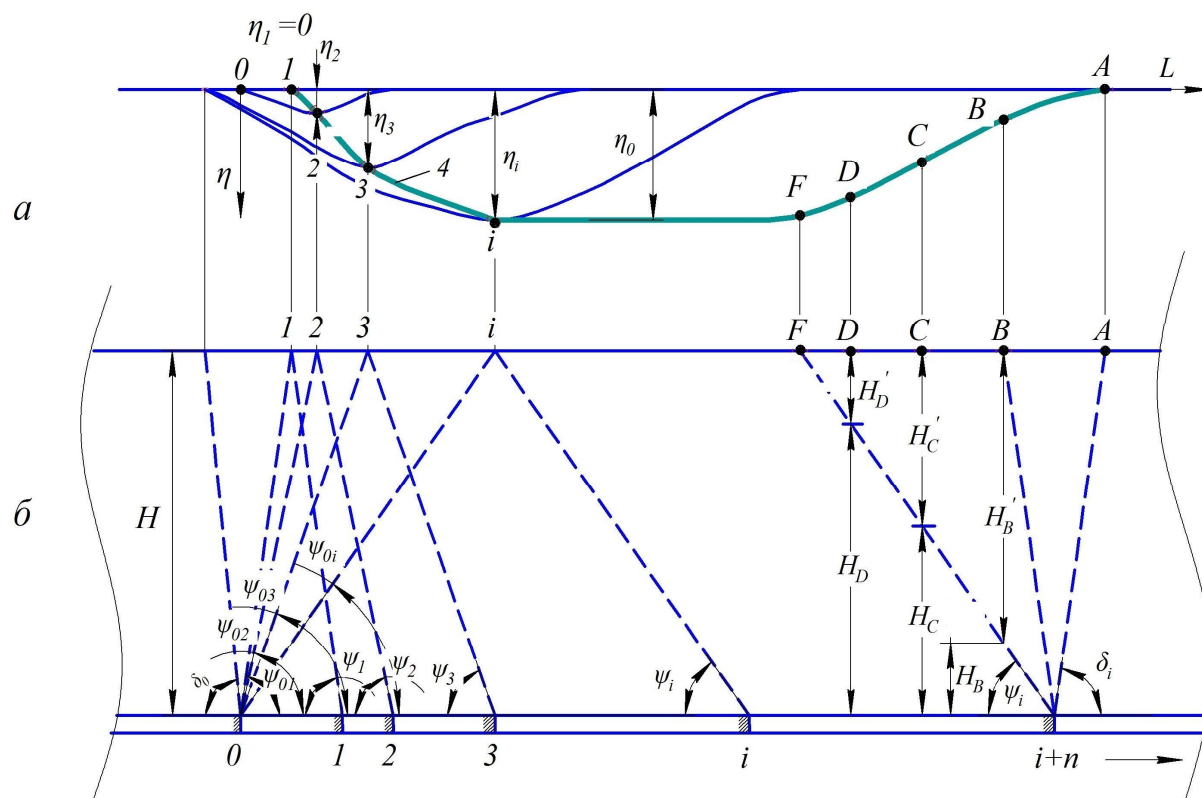


Рисунок 1 – Схема связи параметров мульд земной поверхности (а) с размерами очистной выработки и сдвижением подрабатываемых пород (б) при удалении забоя (L) от разрезной печи: 1, 2, 3... i – положения очистного забоя и соответствующие им точки максимального оседания земной поверхности; 4 – кривая траектории максимального оседания точек земной поверхности; $i + n$ – произвольное положение очистного забоя после полной подработки земной поверхности; $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \dots, \eta_i$ – максимальные оседания земной поверхности соответственно для положений очистного забоя 1, 2, 3... i ; η_0 – глубина плоского дна мулды сдвижения; δ_0, δ_i – граничные углы влияния на земную поверхность соответственно со стороны разрезной печи и движущегося очистного забоя; $\psi_{01}, \psi_{02}, \psi_{03}, \dots, \psi_{0i}$ – углы со стороны разрезной печи, характеризующие максимальные оседания земной поверхности и соответствующие положениям очистного забоя 1, 2, 3... i ; $\psi_1, \psi_2, \psi_3, \dots, \psi_i$ – углы со стороны очистного забоя соответственно для его положений 1, 2, 3... i , характеризующие максимальные оседания земной поверхности; A, B, C, D, F – характерные точки кривой полумулды земной поверхности, образованной под влиянием движущегося очистного забоя. A – начало сдвижения, B – начало активной стадии, C – максимальная скорость оседания и перегиба кривой, D – окончание активной стадии и начало затухания, F – начало остаточного влияния; H_B, H_C, H_D – предполагаемая высота распространения сдвижения подрабатываемых пород с разрывом сплошности под характерными точками B, C и D оседания земной поверхности; H'_B, H'_C, H'_D – предполагаемая мощность сдвижения пород без разрыва сплошности под характерными точками B, C и D мулды земной поверхности

Положение точки I не всегда находится над серединой выработанного пространства. Оно зависит от многих факторов. Главными из них являются прочностные свойства подрабатываемых пород, скорость подвигания очистного забоя, угол падения пласта и направление его обработки [12].

Началу сдвижения земной поверхности в точке I соответствуют углы ψ_{01} , и ψ_1 (рис. 1), которые характеризуют процессы сдвижения подработанных пород соответственно со стороны разрезной печи и движущегося очистного забоя. В большинстве случаев углы (ψ_{01} и ψ_1) не зависят от глубины ведения очистных работ. Средние их значения составляют 84° [13].

После достижения процессами сдвижения подработанных пород земной поверхности в точке I и дальнейшем подвигании очистного забоя происходит первый этап формирования мульды. Главным ее элементом является кривая траектории максимального оседания точек (4). Методика ее определения изложена в работах [14, 15]. Зная значения экспериментальных точек этой кривой и соответствующие им размеры очистной выработки, можно установить последовательное изменение углов сдвижения пород ψ_{01} , ψ_{02} , $\psi_{03} \dots \psi_{oi}$ и ψ_1 , ψ_2 , $\psi_3 \dots \psi_i$, соответственно со стороны разрезной печи и движущегося очистного забоя.

Согласно разработанной схеме следует, что по мере удаления очистного забоя от разрезной печи увеличиваются максимальные оседания земной поверхности, а углы ψ_{01} , ψ_{02} , $\psi_{03} \dots \psi_{oi}$ и ψ_1 , ψ_2 , $\psi_3 \dots \psi_i$ — уменьшаются. Такая тенденция будет наблюдаться до образования плоского дна мульды. Следует отметить, что соотношение между углами ψ_{01} , ψ_{02} , $\psi_{03} \dots \psi_{oi}$ и ψ_1 , ψ_2 , $\psi_3 \dots \psi_i$ до настоящего времени не изучалось.

После образования плоского дна мульды граничный угол δ_0 будет определяться размерами полумульды над разрезной печью.

Минимальные значения углов ψ_{oi} и ψ_i соответствуют максимальному оседанию η_i , которое примерно равно глубине плоского дна мульды η_0 . Угол ψ_i определяет границу плоского дна мульды с полумульдой над очистным забоем. Эта полумульда согласно методикам [2-4] делится на отдельные периоды ее образования с помощью характерных точек. Участок кривой $A-B$ соответствует начальному периоду сдвижения земной поверхности под влиянием движущегося очистного забоя. Наиболее активно сдвижение земной поверхности происходит на участке кривой $B-D$, а в точке C достигается максимальная скорость оседания и перегиб кривой. В точке D происходит окончание активной стадии и происходит переход к затуханию процессов сдвижения земной поверхности. В точке F достигается максимум оседания и дальнейшее подвигание очистного забоя уже практически не оказывает влияния на процессы сдвижения подработанных пород и земной поверхности.

Расположение характерных точек мульды на земной поверхности в совокупности с углом ψ_i дают возможность судить о предполагаемой высоте распространения сдвижения пород с разрывом их сплошности по отношению к положению $(i + n)$ очистного забоя. Если исходить из предположения о возможности образования зон подработанных пород с разрывом их сплошности в период активной стадии сдвижения земной поверхности, то в общем случае верхняя граница этой зоны будет определяться параметром H_D (рис. 1).

Положение точки D соответствует началу затухания оседания земной поверхности. По этой причине маловероятно интенсивное сдвижение подработанных пород под участком кривой $D-F$. В зависимости от прочностных свойств вмещающих пород верхняя граница зоны подработанных пород может находиться в диапазоне $H_B \div H_D$ под участком $B-D$ кривой полумульды.

Разработанная схема (рис. 1) позволяет использовать экспериментальные размеры мульды сдвижения и очистных выработок для прогнозирования параметров сдвижения пород до и после полной подработки земной поверхности. В частности установить граничные углы (δ_o , δ_i), описать изменение углов влияния на земную поверх-

ность (ψ_{01} , ψ_{02} , $\psi_{03} \dots \psi_{oi}$ и ψ_1 , ψ_2 , $\psi_3 \dots \psi_i$) при удалении очистного забоя от разрезной печи, рассчитать положение верхней границы зоны сдвижения подработанных пород с разрывом их сплошности, оценить мощность пород, подверженных сдвигению без разрыва сплошности и т. д.

Библиографический список

1. Назаренко В. А. Закономерности развития максимальных оседаний и наклонов поверхности в мульде сдвижения / В. А. Назаренко, Н. В. Йоценко. – Днепропетровск, НГУ. – 2011. – 91 с.
2. Гавриленко Ю. Н. Прогнозирование сдвижений земной поверхности во времени / Ю. Н. Гавриленко // Уголь Украины. – 2011. – №6. – С. 45–49.
3. Кулибаба С. Б. Временные параметры интенсивной стадии процесса сдвижения земной поверхности / С. Б. Кулибаба, М. Д. Рожко // Наукові праці Укр НДМІ НАН України. – 2011. – № 9 (ч. 1). – С. 173–179.
4. Кулибаба С. Б. Характер развития процесса сдвижения земной поверхности над движущимся очистным забоем / С. Б. Кулибаба, М. Д. Рожко, Б. В. Хохлов // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. – 2010. – № 7. – С. 40–54.
5. Чепурная А. А. Обобщенная схема сдвижения земной поверхности до и после образования плоского дна мульды / Л. А. Чепурная, Н. И. Антощенко // Сб. научных трудов Дон ГТУ. – 2013. – №40. – С. 46–50.
6. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом: ГСТУ 101.00159226.001-2003. – Київ: Мінпаливенерго України. – 2004. – 128 с. – (Галузевий стандарт України).
7. Филатьев М. В. Формирование зон сдвижений подработанных пород и земной поверхности / М. В. Филатьев, Н. И. Антощенко, С. В. Пыжов // Уголь Украины. – 2014. – №11. – С. 5–7.
8. Лобков М. І. Розвиток наукових основ прогнозу обвалення порід покрівлі при вийманні лавою пологого пласта: автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук: спец.05.15.02 «Підземна розробка родовищ корисних копалин» / М. І. Лобков. – Донецьк. – 2012. – 36 с.
9. Филатьев М. В. Обобщенная схема сдвижения подработанных угольными пластами пород и земной поверхности / М. В. Филатьев, Н. И. Антощенко, Р. Л. Гасюк, С. В. Пыжов // Щорічний науково-технічний збірник «Розробка родовищ», Національний гірничий університет. – Дніпропетровськ: Літограф. – 2015. – С. 375–382.
10. Чепурная Л. А. Определение условий начала сдвижения земной поверхности при отработке угольных пластов / Л. А. Чепурная, М. В. Филатьев, Н. И. Антощенко // Уголь Украины. – 2014. – №4. – С. 7–9.
11. Филатьев М. В. Сдвигение земной поверхности при отработке угольных пластов / М. В. Филатьев, Н. И. Антощенко, С. В. Пыжов // Уголь Украины. – 2015. – №5. – С. 12–16.
12. Филатьев М. В. Особенности формирования траектории максимального оседания точек земной поверхности при ее подработке угольными пластами / М. В. Филатьев, Н. И. Антощенко, С. В. Пыжов // Сборник научных трудов ДонГТУ. – Лисичанск. – 2015. – Вып.1(44). – С.35–45.
13. Филатьев М. В. Влияние глубины ведения очистных работ на сдвигение земной поверхности / М. В. Филатьев, Н. И. Антощенко, С. В. Пыжов // Сборник научных трудов ДонГТУ. – Вып.1 (44). – Лисичанск. – 2015. – С. 29–34.

14. Antoshchenko M. I. *Mathematical modeling of trajectory of the maximum subsidence of points on the earth surface Caused by working out coal lavers* / M. I. Antoshchenko, L. A. Chepurnaya // *Науковий вісник НГУ*. – 2014. – №4. – С. 5–12.

15. Антощенко Н. И. *Методика прогноза траектории максимального оседания точек земной поверхности при отработке угольных пластов* / Н. И. Антощенко, Л. А. Чепурная // *Сб. научных трудов Мак НИИ: «Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах»*. – Мак НИИ. – 2014. – С. 98–106.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. ДонГТУ Окалеловым В. Н., д.т.н., проф. НГУ Бондаренко В. И.

Статья поступила в редакцию 15.03.16.

к.т.н. Філат'єв М. В., д.т.н. Антощенко М. І. (ДонДТУ, м. Лисичанськ, Україна),

Пишов С. В. (Мінергосугілля України)

СХЕМА ЗРУШЕННЯ ПІДРОБЛЕНИХ ПОРІД З ВИКОРИСТАННЯМ ПАРАМЕТРІВ МУЛЬД ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ І ОЧИСНИХ ВИРОБОК

Послідовно розглянуті процеси зрушення земної поверхні від початку до повної її підробки. Розроблена теоретична схема для кількісної ув'язки між розмірами очисної виробки і параметрами зрушення підроблених порід і земної поверхні. Вона дозволяє використовувати експериментальні дані для прогнозування параметрів зрушення порід до і після повної підробки земної поверхні.

Ключові слова: порода, зрушення, підробка, земна поверхня, мулда, пласке дно, параметри, модель, розвиток, очисні роботи, зона зрушення, цілісність, розрив, максимальні осідання, кути зрушення, граничні кути, процес, стадії, характерні точки.

PhD (Engineering) Filatiev M. V., Full Doctor (Engineering) Antoshchenko M. I. (DonSTU, Lischansk, Ukraine), **Pyzhov S. V.** (Ministry of Energy and Coal Mining of Ukraine)

DRIVING DISPLACEMENT UNDERMINED ROCKS USING TROUGHS PARAMETERS OF THE EARTH'S SURFACE AND CLEARING MINES

The processes of displacement of the earth surface were consistently reviewed from the beginning to complete her part-time job. Theoretical scheme for quantitative link between sizes of clearing mines and undermined the parameters of displacement of rocks and earth surface. It allows you to use experimental data to predict rock displacement parameters before and after a complete undermining of the earth's surface.

Key words: breed, movement, part earth's surface, trough, flat bottom, parameters, model development, sewage treatment works, subsidence zone, continuity, discontinuity, the maximum subsidence, displacement angles, the boundary corners, process stage, characteristic points.