

УДК 622.834

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

ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СДВИЖЕНИЯ ПОДРАБОТАННЫХ УГОЛЬНЫМИ ПЛАСТАМИ ПОРОД И ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Рассмотрена теоретическая связь между параметрами очистных выработок, расположением верхней границы зоны полных сдвижений подработанных пород и процессами образования мульды на земной поверхности. Обоснована расчётная схема. На основании проведенного анализа установлена необходимость использования в расчётной схеме около двух десятков параметров, зависящих от горно-геологических и горнотехнических условий.

Ключевые слова: подработка, сдвижение, земная поверхность, математическая модель, выработка.

В настоящее время, благодаря высокому уровню развития компьютерной техники, появилась возможность проводить некоторые научные исследования с использованием математических моделей. Такое направление исследований особенно актуально для получения нужной информации, когда имеется необходимость проводить длительные и трудоёмкие экспериментальные наблюдения. К таким случаям относится изучение процессов сдвижения подработанных угольными пластами пород и земной поверхности. Сложность заключается в одновременном проведении инструментальных замеров в шахте и на земной поверхности.

Теоретическая связь между параметрами очистных выработок, расположением верхней границы зоны полных сдвижений подработанных пород и процессами образования мульды на земной поверхности обоснована расчётной схемой [1, 2]. Успешная её реализация связана с точностью предварительного определения используемых параметров, зависящих от горно-геологических и горнотехнических факторов. Оценка достоверности расчётных значений параметров согласно рекомендациям нормативных документов и известным научно-техническим публикациям до настоящего времени не производилась. Целью исследований является проверка возможности использования в схеме [1, 2] параметров, значения которых определены на основании рекомендаций нормативных

документов или литературных данных. Это позволит установить достоверность расчётных значений параметров и, в случае необходимости, наметить направление научных исследований для уточнения отдельных элементов расчётной схемы и усовершенствования математического моделирования процессов сдвижения подработанных пород и земной поверхности.

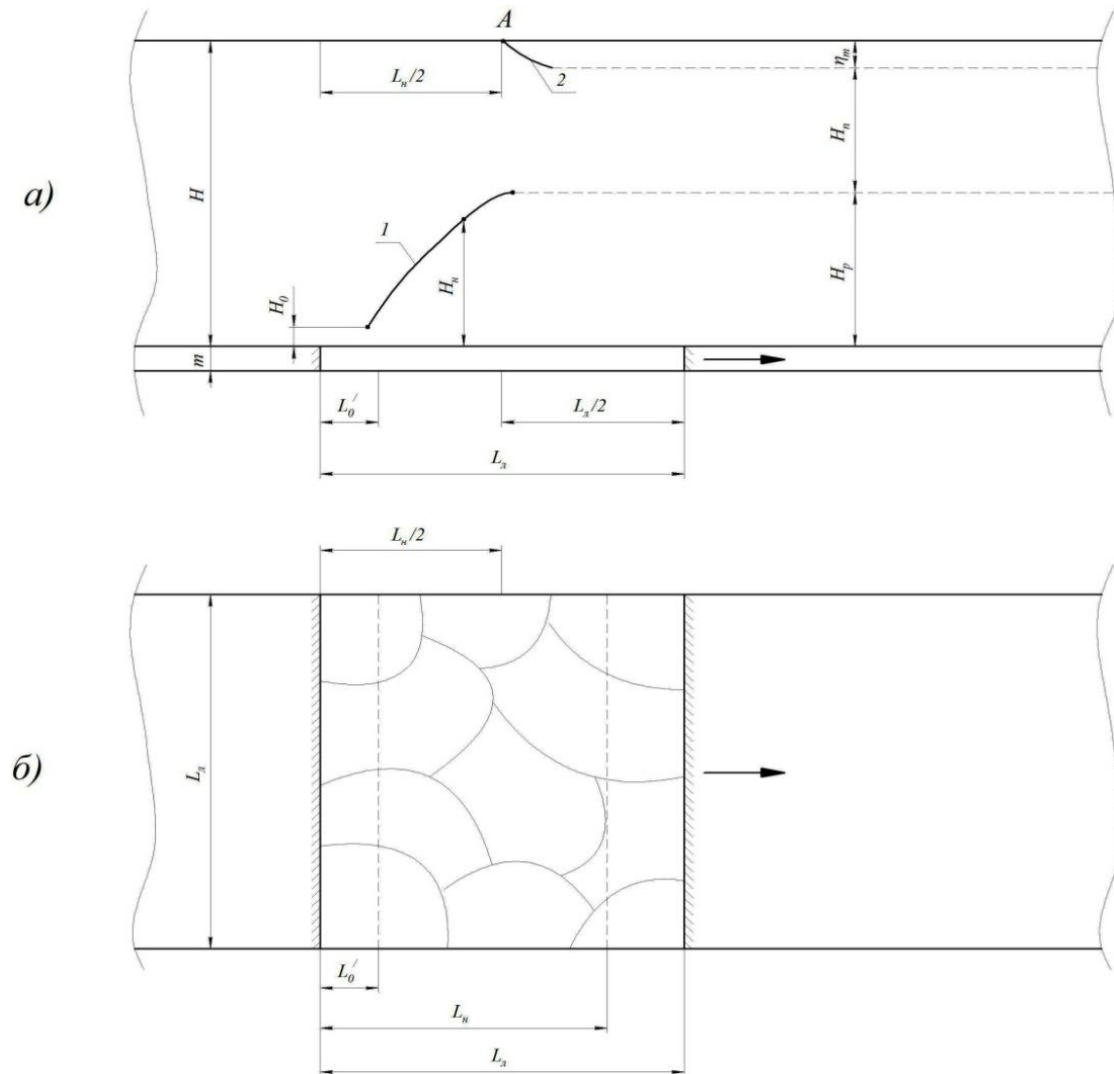
До начала ведения очистных работ с высокой степенью точности известны только некоторые параметры расчётной схемы (рис. 1). К ним относятся глубина ведения работ (H), мощность разрабатываемого пласта (m), угол его падения (α) и длина лавы (L_l).

Остальные параметры – удаление очистного забоя от разрезной печи соответственно при первичной осадке основной кровли (L_0') и начале сдвижения точки A на земной поверхности (L_n), положение верхней границы зоны полных сдвижений в подработанных породах (H_p), траектория максимального оседания точек земной поверхности (кривая 2), максимальное оседание земной поверхности (η_m) после образования квадрата выработанного пространства и некоторые другие элементы расчётной схемы необходимо прогнозировать исходя из горно-геологических и горнотехнических условий.

© Филатъев М. В., 2015

© Антощенко Н. И., 2015

© Пыжов С. В., 2015



L_n – длина лавы;

L_0' , L_n – удаление очистного забоя от разрезной печи соответственно при первичной осадке основной кровли и начале сдвижения точки А на земной поверхности;

H_o , H_n , H_p – верхние границы распространения зоны полных сдвижений в подработанных породах соответственно после первичной осадки основной кровли, начала сдвижения точки А на земной поверхности и образования квадрата выработанного пространства со стороны L_n ;

H_n – мощность породных слоёв, параллельно перемещающихся после образования квадрата выработанного пространства;

η_m – максимальное оседание земной поверхности при удалении очистного забоя от разрезной печи на расстоянии более L_n ;

1 – кривая, соответствующая верхней границе зоны полных сдвижений подработанных пород;

2 – траектория точек максимального оседания земной поверхности;

→ – направление подвигания очистного забоя

Рисунок 1 – Схема зависимости параметров верхней границы зоны полных сдвижений подработанных пород и мульды на земной поверхности (а) от развития очистных работ (б) при отработке одиночной лавы и выполнении соотношения $L_n > L_n > L_0'$

Сдвигание толщии подработанных пород и земной поверхности возможно только после первичной осадки основной кровли. Согласно [3] она происходит при удалении очистного забоя от разрезной печи на расстояние $L'_0 = (0,1 \div 0,5)H$. В производственных условиях параметр L'_0 устанавливается по косвенным признакам на основании акта, составленного специальной комиссией под председательством главного инженера шахты.

В действующих нормативных документах отсутствуют рекомендации выбора сопутствующих признаков, по которым можно установить факт первичной осадки основной кровли. Исходя из теоретических предпосылок осадка основной кровли сопровождается повышенным горным давлением на крепь выработок, увеличенным притоком воды и газа, изменением состояния очистного забоя и некоторыми другими признаками.

В работе [4] предполагается параметр L'_0 для труднообрушаемых кровель рассчитывать с учетом состава пород и их прочностных свойств. Для других условий степень соответствия этой методики экспериментальным данным не оценивалась. По этой причине нет полной ясности о возможности определения L'_0 согласно [4].

Анализ существующих подходов к постановке и решению задач, связанных с проявлением горного давления, свидетельствует об отсутствии одной общей методики их решения. Такая ситуация сложилась потому, что во многих случаях решались конкретные узконаправленные, хотя и важные задачи горного производства. Их разрозненные научнопрактические результаты до настоящего времени не нашли должного обобщения. Не является исключением в этом плане рассмотрение вопросов, связанных с осадками непосредственной и основной кровель.

Теоретически обоснованными и экспериментально проверенными являются ре-

зультаты определения L'_0 с использованием кривой динамики метановыделения в дегазационные скважины и горные выработки [5]. Недостатком такого подхода является ограниченность его применения условиями газообильных шахт.

Состояние степени изученности проявления первичной осадки основной кровли не позволяет достоверно определить параметр L'_0 для всего многообразия горно-геологических и горнотехнических условий угольных бассейнов. Это указывает на необходимость более детального изучения зависимости L'_0 от влияющих факторов, что позволит достоверно рассчитывать рассматриваемый параметр с помощью математических зависимостей.

С осадкой основной кровли непосредственно связаны процессы начала сдвигания земной поверхности. Это подтверждается примерно одинаковым удалением очистного забоя от разрезной печи при первичной осадке основной кровли (L'_0) и началом сдвигания земной поверхности (L_n). Согласно нормативному документу [6] $L_n = (0,1 \div 0,3)H$. Примерно такими являются рекомендации $L_n = (0,2 \div 0,5)H$ на основании исследований [7, 8], проведенных более тридцати лет назад. За этот период значительно изменились условия отработки угольных пластов. В первую очередь они связаны с переходом очистных работ на более глубокие горизонты. В некоторых шахтах Донбасса глубина ведения очистных работ превысила 1500 м. Такие обстоятельства могли существенно повлиять на соотношение между L'_0 и L_n . Исследования в этом направлении до настоящего времени не проводились.

Зафиксировать место (точку A) начала сдвигания земной поверхности с помощью современных приборов крайне сложно (рис. 1). Эту задачу можно решить аналитически, установив место пересечения экспериментальной кривой траектории

максимального оседания точек земной поверхности (2) с осью абсцисс [9]. При отработке горизонтальных пластов проекция точки A находится на середине выработанного пространства и удалении её от разрезной печи на расстояние $L_n / 2$.

При отработке пологих или наклонных пластов по восстанию их залегания проекция точки A согласно теоретическим предпосылкам должна смещаться от середины выработанного пространства в сторону разрезной печи. Если же отработка пластов ведётся по падению, то проекция точки A смещается от середины выработанного пространства в сторону удаляющегося очистного забоя. В этих случаях при определении положения точки A необходимо учитывать угол максимального оседания пород, который в свою очередь зависит от угла падения разрабатываемого пласта [6-8].

Недостаточно изученным до настоящего времени остаётся параметр H_p . Его значение используется при прогнозе газовыделения из подрабатываемых сближенных пластов и вмещающих пород, а также при решении многих других задач горного производства. Методика [10] определения H_p несовершенна, так как в ряде случаев расчётное значение этого параметра превышает глубину ведения очистных работ. Это противоречит физическим представлениям о происходящих процессах и расчётной схеме [1, 2]. Удовлетворительные результаты определения H_p получены с использованием кривой динамики газовыделения [5]. Применение этого способа ограничено условиями газовых шахт.

Максимальное оседание земной поверхности (η_m) и глубину плоского дна мульды (η_0) можно рассчитать согласно [6]. Методикой этого нормативного документа не предусмотрена функциональная зависимость параметров η_m и η_0 с кривой траектории максимального оседания точек земной поверхности, что не позволяет рассматривать отдельные стадии формирования мульды сдвижения на земной поверх-

ности по мере развития очистных работ. Для устранения этого недостатка необходимо несколько скорректировать методику расчёта η_m и η_0 .

В расчётной схеме (рис. 1) имеются параметры (H_0, H_n, H_n), которые до настоящего времени остаются практически неизученными. Кроме рассмотренных параметров схемы (рис. 1) для реализации математической модели сдвижения подработанных пород и земной поверхности [1, 2] могут дополнительно использоваться углы полных сдвижений (ψ_1, ψ_2, ψ_3), граничные углы ($\gamma_0, \beta_0, \delta_0$), длины полумульд соответственно над очистным забоем (L_m^{oc}) и разрезной печью (L_m^{pn}). Значения этих параметров можно рассчитать исходя из рекомендаций [6], приведенных в таблице 1.

Выводы.

На основании проведенного анализа установлена необходимость использования в расчётной схеме около двух десятков параметров, зависящих от горно-геологических и горнотехнических условий. Степень достоверности их определения различна.

К параметрам, определённым с высокой степенью точности относятся глубина ведения работ (H), мощность разрабатываемого пласта (m), угол его падения (α) и длина лавы (L_n). Соответствие рекомендуемых [6] угловых параметров сдвижения подработанных пород ($\psi_1, \psi_2, \psi_3, \gamma_0, \beta_0, \delta_0, \theta$) и размеров полумульд сдвижения земной поверхности (L_m^{oc} и L_m^{pn}) расчётной схеме требует дополнительной проверки.

Параметры, характеризующие условия осадки основной кровли (L_0'), начала сдвижения земной поверхности (L_n) и глубину мульды сдвижения на земной поверхности (η_m, η_0) необходимо уточнить на основании дополнительных исследований.

РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

Таблица 1 – Граничные углы (ψ_1, ψ_2, ψ_3), углы полных сдвижений ($\gamma_0, \beta_0, \delta_0$) и угол максимального оседания (θ) согласно [6]

Месторождение, марка угля	Граничные углы, град.					Углы полных сдвижений, град.			Углы макси- мально- го осе- дания θ , град.
	в коренных породах			в нано- сах φ_0	в мезозой- ских отло- жениях $\delta_{0,m}$	у нижней границы выработ- ки ψ_1	у верхней границы выработки ψ_2	у границы выработки по прости- ранию ψ_3	
	по про- стиранию пласта δ_0	по восста- нию пласта γ_0	по падению пласта β_0						
Донбасс, марки углей: Д, ДГ, Г, Ж, К, ОС, Т	70 70	70 70	$70-0,8\alpha \geq 25$ $70-0,8\alpha \geq 20$	55	65	55	$55 + 0,3\alpha$	55	$90 - 0,8\alpha$
Донбасс, марка угля А	70 70	$70-0,2\alpha \geq 80$ $70-0,2\alpha \geq 75$	$70-0,8\alpha \geq 25$ $70-0,8\alpha \geq 20$	55	65	55	$55 + 0,3\alpha$	55	$90 - 0,8\alpha$
Западный Дон- басс	65	65	65	45	65	55	$55 + 0,3\alpha$	55	$90 - 0,8\alpha$
Львовско- Волынский бассейн	55	55	55	45	55	55	55	55	90
Днепропетров- ский буроголь- ный бассейн	45	45	45	45	45	45	45	45	90

Примечание. В числителе приведено выражение для неподработанной толщи, в знаменателе – для подработанной; толщина считается подработанной, если линия, проведенная в коренных породах под соответствующим граничным углом от границы данной горной выработки, пересекает построенные по граничным углам зоны влияния от ранее пройденных горных выработок по данному пласту или по вышележащим и нижележащим пластам.

Практически не изученными остаются верхние границы распространения зоны полных сдвижений соответственно после первичной осадки основной кровли (H_0),

начала сдвижения земной поверхности (H_n) и образования квадрата выработанного пространства (H_p).

Библиографический список

1. Пыжов С. В. Теоретическое обоснование параметров минимальновозможной степени подработанности земной поверхности при выемке угольных пластов / С. В. Пыжов, Н. И. Антощенко, М. В. Филатьев // Сборник научных трудов ДонДТУ. – 2014. – №2 (43). – С. 30–34.
2. Филатьев М. В. Формирование зон сдвижения подработанных пород и земной поверхности / М. В. Филатьев, Н. И. Антощенко, С. В. Пыжов // Уголь Украины, 2014. – №11. – С. 5–7.
3. Земисев В. Н. Расчёт деформаций горного массива / В. Н. Земисев. – М.: Недра. – 1973. – 144 с.
4. 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. – Дніпропетровськ, 2013. – №5. – С. 36–42.

5. Пат. України на корисну модель №76980. Спосіб оцінки можливого газовиділення з порід покрівлі / М. І. Антощенко, С. І. Кулакова, Л. О. Чепурна. – Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 25.01.2013.

6. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом: ГСТУ 101.00159226.001. – Офіц. вид. – Київ: Мінпаливенерго України, 2004. – 128 с. – (Галузевий стандарт України).

7. Акимов А. Г. Сдвигение горных пород при подземной разработке угольных и сланцевых месторождений. / А. Г. Акимов, В. Н. Земисев, Н. Н. Кацнельсон [и др.]. – М.: Недра, 1970. – 224 с.

8. Иофис М. А. Инженерная геомеханика при подземных разработках / М. А. Иофис, А. И. Шмелев. – М.: Недра, 1985. – 248 с.

9. 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.

10. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт / ред. кол.: С. В. Янко [и др.]; под ред. С. В. Янко. – Киев: Основа, 1994. – 311 с.

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

Статья поступила в редакцию 06.08.15.

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

ПАРАМЕТРИ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЗРУШЕННЯ ПІДРОБЛЕНИХ ВУГІЛЬНИМИ ПЛАСТАМИ ПОРІД ТА ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ

Розглянутий теоретичний зв'язок між параметрами очисних виробок, розташуванням верхньої межі зони повних зрушень підроблених порід і процесами утворення мурди на земній поверхні, обґрунтована розрахункова схема. На підставі проведеного аналізу встановлена необхідність використання в розрахунковій схемі близько двох десятків параметрів, залежних від гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов.

Ключові слова: підробка, зрушення, земна поверхня, математична модель, виробка.

PhD Filatiev M. V., Antoshchenko M. I. (DonSTU, Lisichansk, Ukraine), Pyzhov S. V. (Ministry of Energy and Coal Industry of Ukraine)

PARAMETERS FOR IMPLEMENTATION THE MATHEMATICAL MODEL OF WORKED-OUT COAL SEAMS AND EARTH SURFACE SUBSIDENCE

Theoretical relation between breakage face parameters, upper boundary position of full displacement zones and processes of displacement formation on the surface was studied and substantiated by calculation scheme. On the basis of given analysis there was established the necessity of using around two dozens of parameters in the calculation scheme, which depend on mining-geological and mining engineering properties.

Key words: underworking, subsidence, Earth surface, mathematical model, heading.