

УДК 622.23.

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

### ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИНИМАЛЬНОВОЗМОЖНОЙ СТЕПЕНИ ПОДРАБОТАННОСТИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ВЫЕМКЕ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

*Приведен анализ параметров начала процесса сдвижения подработанных пород и земной поверхности для разных горно-геологических и горнотехнических условий. Предложена схема влияния очистных работ, которая дает теоретические обоснования для разработки рекомендаций по определению размеров очистных выработок, обеспечивающих минимально возможную степень подработки земной поверхности.*

**Ключевые слова:** *земная поверхность, безопасная подработка, сдвижение, выработанное пространство, мульда сдвижения, подработанные породы, угольные пласты.*

Во всех случаях отработки угольных пластов в Донбассе имеется необходимость разработки мероприятий по защите объектов на земной поверхности и решения экологических задач по уменьшению вредного влияния очистных работ. Такая ситуация обусловлена тем, что при выемке угольных пластов даже на глубинах более 1000 м наблюдается образование мульды сдвижения на земной поверхности [1]. В результате этого появляется дополнительная необходимость финансовых затрат на поддержание объектов на земной поверхности в рабочем и безопасном состоянии. Разработка и теоретическое обоснование мероприятий по недопущению или сокращению до минимума негативных последствий для земной поверхности при её подработке угольными пластами относятся к актуальной задаче.

Одним из вариантов решения указанной задачи является идея предотвращения начала сдвижения земной поверхности за счет уменьшения размеров очистных выработок (длины лав или выработанных пространств). Возможность реализации этой идеи подтверждается результатами обработки экспериментальных данных [2,3]. Сдвижение некоторой точки земной поверхности возможно только после осад-

ки основной кровли при определённом развитии очистных работ.

Влияние размеров выработанного пространства на процессы сдвижения подработанных пород подтверждено многолетним опытом безлюдной выемки камерами длиной 100–120 м и шириной 10–30 м [4]. Интенсивность сдвижения пород непосредственной кровли зависела от ширины камеры. Исходя из этих данных следует, что подобрав один из размеров выработанного пространства, можно до минимума сократить распространение процессов сдвижения подработанных пород и обеспечить незначительную степень подработанности земной поверхности.

Методикой нормативного документа [5] степень подработанности земной поверхности оценивается в двух взаимоперпендикулярных направлениях обособленно и не зависимо от размеров очистной выработки в этих направлениях. Такой подход к решению рассматриваемой задачи не является достаточно корректным и подтверждает необходимость теоретического обоснования параметров процессов сдвижения подработанных пород и земной по-

---

© Пыжов С. В., 2014

© Антощенко Н. И., 2014

© Филатьев М. В., 2014

верхности от одновременного влияния двух размеров очистной выработки (выработанного пространства).

Одной из первых рассмотрим суммарное влияние двух размеров очистной выработки была попытка в работе [3]. Её недостатком является ограниченность использованных экспериментальных данных в одних горно-геологических условиях и отсутствие общей схемы, объединяющей параметры степени развития очистных работ с процессами сдвижения подработанных пород и земной поверхности. Разработка такой схемы стала возможной при объединении результатов работ [6,7]. При её обосновании использовали одно из научных положений [6], которое заключается в следующем:

- формирование области полных сдвижений кровли происходит в процессе отхода лавы от разрезной печи на расстояние, равное длине лавы или ширине выработанного пространства, образовавшегося при отработке нескольких смежных лав. В выемочном поле лавы образуется квадрат выработанного пространства, который представляет собой зону влияния очистных работ. При дальнейшем подвигании лавы происходит образование зоны влияния выработанного пространства, в которой параметры полных сдвижений кровли не изменяются до отработки лавой всего выемочного поля.

Это научное положение позволило дополнить схему [7] и объяснить механизм образования зоны полных сдвижений в подработанных породах с использованием данных о степени развития очистных работ и параметров мульды сдвижения на земной поверхности (рис. 1).

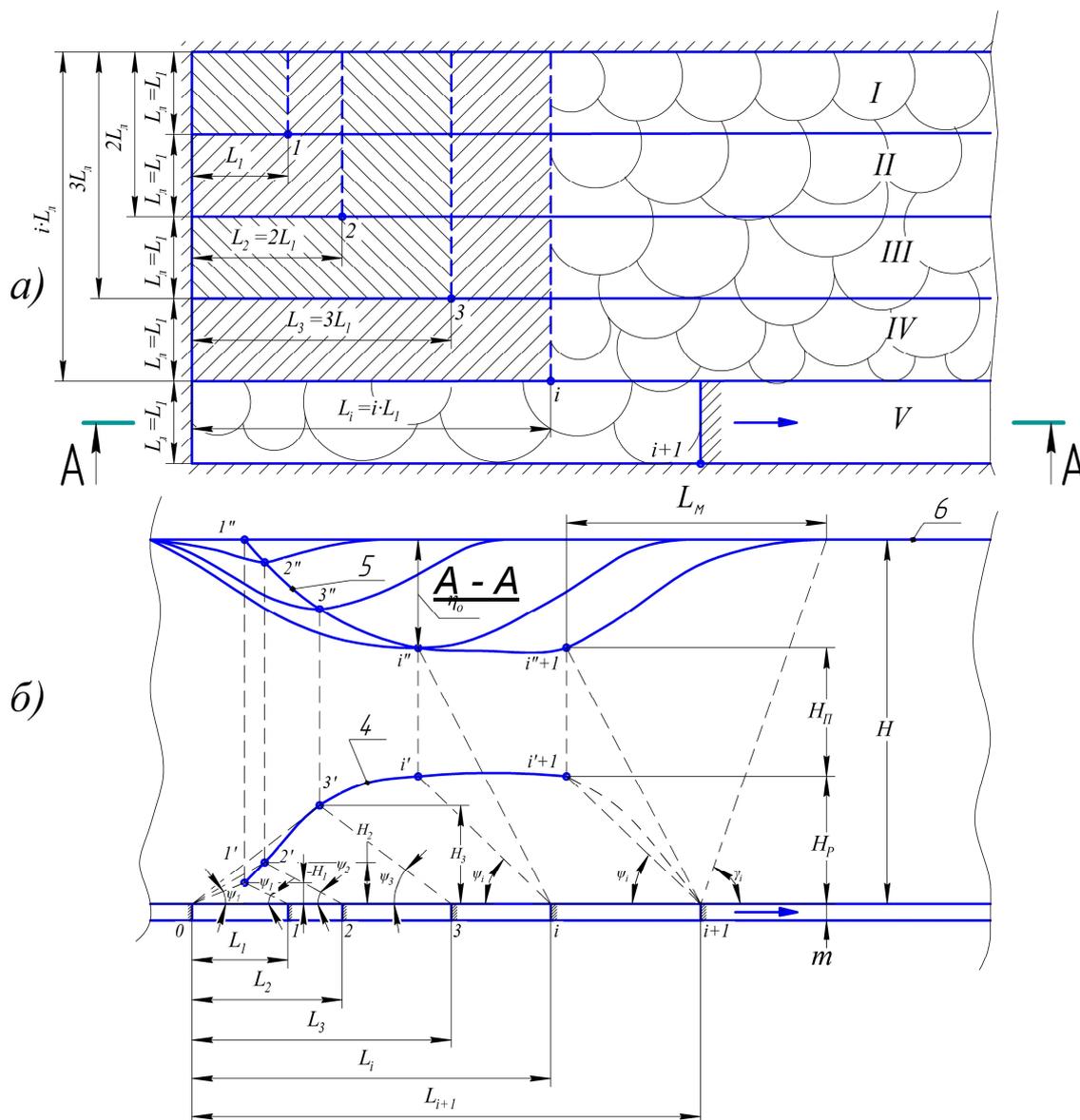
Исходя из этой расчетной схемы следует, что при длине лавы ( $L_n$ ), равной отходу очистного забоя от разрезной печи на расстояние  $L_1$ , происходит первичная осадка основной кровли. Верхняя граница зоны полных сдвижений определяется точкой  $I'$ . Она располагается на расстоянии  $H_1$  от разрабатываемого пласта, которому соответствуют углы полных сдвижений  $\psi_1$ . Дальнейшее подвигание очистного забоя

до отработки всего выемочного столба не приводит к изменению параметров полных сдвижений подработанных пород кровли, в том числе и параметра  $H_1$  [6].

В настоящее время выбор длины лавы производится, в основном, исходя из возможностей имеющегося оборудования. Горно-геологические и горнотехнические факторы, определяющие процессы сдвижения подработанных пород и земной поверхности во внимание не принимаются. По этой причине при рассмотрении многих задач горного производства не учитывается, что одинаковая длина лавы в разных условиях может вызывать разные последствия подработки пород и земной поверхности. Согласно нормативному документу [5] начало сдвижения земной поверхности происходит при удалении очистного забоя от разрезной печи на расстояние, равное  $0,1 \div 0,3$  глубины ( $H$ ) ведения очистных работ. Исходя из этого следует, что первичная осадка основной кровли происходит на расстоянии  $L_1 \leq (0,1 \div 0,3)H$ . Если же длина лавы выбрана из условия  $L_n = L_1$ , то сдвижение точки  $I''$  на земной поверхности при дальнейшей отработке выемочного столба ( $I$ ) происходить не будет. В этом случае параметры зоны полных сдвижений определяются квадратом выработанного пространства, сторона которого равна  $L_1$  [6].

Образование следующего квадрата выработанного пространства с размером стороны  $2L_1$ , который будет формировать зону влияния очистных работ, должно произойти при отработке следующего выемочного столба ( $II$ ) в шахтном поле (рис. 1).

Образование мульды сдвижения на земной поверхности с максимальным оседанием точки  $2''$  произойдет в результате влияния квадрата выработанного пространства, сторона которого  $L_2$  равна длинам двух лав ( $2L_1$ ). Максимальному оседанию точки  $2''$  земной поверхности в этом случае соответствует точка  $2'$ , определяющая верхнюю границу зоны полных сдвижений ( $H_2$ ) в подработанных породах. Значение  $H_2$  остается постоянным параметром при отработке выемочного столба  $II$ .



*I, II, III, IV, V* — порядок отработки выемочных участков;  $L_n$  и  $L_1$  — соответственно длина лавы и удаление очистного забоя от разрезной печи при первичной осадке основной кровли в выемочном столбе *I*;  $L_2, L_3, \dots, L_i$  — расстояния между очистными забоями и разрезными печами соответственно при отработке *II, III, IV* выемочных столбов, которые образуют квадрат выработанного пространства влияния очистных работ до полной подработки земной поверхности;  $L_{i+1}$  — текущее положение очистного забоя после полной подработки земной поверхности; *1, 2, 3...i...i + 1* — текущие положения очистных забоев, характеризующие их удаление от разрезных печей;  $\psi_1, \psi_2, \psi_3, \dots, \psi_i$  — углы полных сдвижений подработанных пород;  $\gamma_i$  — граничный угол влияния очистных работ; *1', 2', 3'...i'...i' + 1* — точки, характеризующие верхнюю границу зоны полных сдвижений подработанных пород (кривая 4); *1'', 2'', 3''...i''...i'' + 1* — точки траектории (кривая 5) максимального оседания земной поверхности и соответствующие им мульды сдвижения; *m* — мощность разрабатываемого пласта; *H* — глубина ведения очистных работ;  $H_1, H_2, H_3, \dots, H_P$  — верхние границы распространения зоны полных сдвижений в подработанных породах;  $H_{\Pi}$  — мощность породных слоев, параллельно перемещающихся после полной подработки земной поверхности;  $L_M$  — длина полумульды сдвижения земной поверхности после её полной подработки;  $\eta_o$  — глубина плоского дна мульды сдвижения;  $\rightarrow$  — направление подвигания очистного забоя.

Рисунок 1 – План отработки выемочных участков в крыле шахтного поля (а) и параметры процессов сдвижения подработанных пород и земной поверхности в вертикальной плоскости при развитии очистных работ (б)

Аналогичный механизм образования квадрата выработанного пространства и его влияния на параметры зоны полных сдвижений подработанных пород и мульд на земной поверхности будет происходить до полной ее подработки (образования плоского дна мульды сдвижения).

В расчетной схеме (рис. 1) условно принято, что полная подработка земной поверхности наступила при образовании квадрата влияния выработанного пространства с размером его стороны  $L_i$ . Дальнейшее развитие очистных работ, как в пределах одного выемочного участка, так и всего шахтного поля, не влияет на удаление верхней границы полных сдвижений подработанных пород ( $H_p$ ) от разрабатываемого пласта. На земной поверхности ей будет соответствовать плоское дно мульды глубиной  $\eta_o$ .

После полной подработки земной поверхности развитие очистных работ (в том числе и удаление забоя от разрезной печи) практически не влияют на формирование параметров зоны полных сдвижений подработанных пород и мульд земной поверхности. Главным фактором, определяющим их формирование, является подвигание очистного забоя. Например, расположение полумульды длиной  $L_m$  на земной поверхности и остальные параметры сдвижения ( $\gamma_i$ ,  $\psi_i$ ,  $H_p$ ,  $H_{II}$ ) зависят только от расположения ( $i + I$ ) очистного забоя в выемочном столбе  $V$  (рис. 1).

Следует отметить, что образование плоского дна мульды сдвижения на земной поверхности может происходить при отработке одного выемочного участка. Это на-

блюдается при ведении очистных работ на малых глубинах (как правило менее 200м) и непрочных вмещающих породах. С другой стороны установлено, что при отработке антрацитовых пластов на глубоких горизонтах плоское дно мульды сдвижения на земной поверхности не образуется даже при отработке нескольких лав [8]. Разработанная схема влияния очистных работ позволяет определить взаимозависимые параметры сдвижения подработанных пород и земной поверхности для всего разнообразия горно-геологических и горнотехнических условий выемки пологих угольных пластов.

Предлагаемая схема дает теоретические обоснования для разработки рекомендаций по определению размеров очистных выработок, обеспечивающих минимально возможную степень подработки земной поверхности. Для полной практической реализации этой схемы и подтверждения ее отдельных теоретических положений необходимо провести исследования в следующих направлениях:

- проанализировать и обобщить известные работы по установлению параметров развития очистных работ, при которых происходит начало сдвижения земной поверхности;
- выявить непосредственные и косвенные факторы, определяющие первичную и последующие осадки кровли;
- установить влияние расстояния между очистным забоем и разрезной печью и других горно-геологических и горнотехнических факторов на начало сдвижения земной поверхности.

### Библиографический список

1. Гавриленко Ю. Н. Динамика оседаний земной поверхности при большой глубине разработки и высокой скорости подвигания забоя / Ю. Н. Гавриленко, Н. М. Папазов, Т. В. Морозова // Збірник наукових праць Донецького державного технічного університету «Проблеми гірського тиску» — 2000. — №4. — С. 108–119.
2. 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.
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. Пучков Б. М. Технология и параметры безлюдной выемки весьма тонкого пласта / Б. М. Пучков, А. И. Филобок // Уголь Украины. — 1981. — №12. — С. 13–15.

5. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом: ГСТУ 101.00159226.001 – 2003. — Київ. : 2004. — 128 с. — (Галузевий стандарт України).

6. 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.

7. Чепурная Л. А. Обобщённая схема сдвижения земной поверхности до и после образования плоского дна мульды / Л. А. Чепурная, Н. И. Антощенко // Сб. научных трудов Донбасского государственного технического университета. — Алчевск. : ДонГТУ, 2013. — Вып. 40. — С. 46–50.

8. Борзых А. Ф. Влияние ширины выработанного пространства на активизацию сдвижения угленосного массива / А. Ф. Борзых, Е. П. Горовой // Уголь Украины. — 1999. — №9. — С. 26–30.

**Рекомендована к печати д.т.н., проф. Должиковым П.Н.**

Статья поступила в редакцию 17.04.2014.

**Пижов С. В.** (Мінерговугілля України), **д.т.н., проф. Антощенко М.І., к.т.н. Філат'єв М. В.,** (Донбаський ДТУ, м. Алчевськ, Україна)

#### **ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МІНІМАЛЬНОМОЖЛИВОГО СТУПЕНЯ ПІДРОБКИ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ ВИЙМАННІ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ**

Приведений аналіз параметрів початку процесу зрушення підроблених порід і земної поверхні для різних гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов. Запропонована схема впливу очисних робіт, яка дає теоретичні обґрунтування для розробки рекомендацій за визначенням розмірів очисних виробок, що забезпечують мінімальноможливий ступінь підробки земної поверхні.

**Ключові слова:** земна поверхня, безпечна підробка, зрушення, вироблений простір, мульда зрушення, підроблені породи, вугільні пласти.

**Pyzhov S. V.** (Ministry of Energy and Coal of Ukraine), **D.Sc. in engineering, professor** **Antoshchenko N. I., Candidate of Technical Sciences Philatiev M. V.** (DonSTU, Alchevsk, Ukraine)

#### **THEORETICAL SUBSTANTIATION OF PARAMETERS OF IRREDUCIBLE DEGREE OF EARTH SURFACE UNDERWORKING AT COAL- SEAM EXCAVATION**

Analysis of parameters of undermined rocks and trough displacement beginning in the diversity of mining-geological and mining-technological conditions is given. The scheme of the second works influence, which gives a theoretical basis for the development of recommendations as to dimensioning of the room, providing irreducible degree of the earth surface undermining is suggested.

**Key words:** earth surface, safe underworking, displacement, mined-out space, movement trough, underworked rocks, coal seams.