

## ЗАВИСИМОСТЬ ВЫСОТЫ ЗОН СДВИЖЕНИЯ ПОРОД С РАЗРЫВОМ СПЛОШНОСТИ ОТ РАЗМЕРОВ ОЧИСТНЫХ ВЫРАБОТОК

Н. Антощенко<sup>1</sup>, М. Филатьев<sup>2\*</sup>, А. Дубовик<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Донбасский государственный технический университет, Лисичанск, Украина

<sup>2</sup>Кафедра охраны труда, Донбасский государственный технический университет, Лисичанск, Украина

<sup>3</sup>Государственное предприятие "Угольная компания "Краснолиманская", Родинское, Украина

\*Ответственный автор: e-mail [mfilatov@gmail.com](mailto:mfilatov@gmail.com), тел. +380958462460

## DEPENDENCE BETWEEN THE HEIGHT OF ROCKS DISPLACEMENT ZONE WITH FISSURE AND THE SIZE OF STOPE

M. Antoshchenko<sup>1</sup>, M. Filatiev<sup>2\*</sup>, O. Dubovyk<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Donbas State Technical University, Lysychansk, Ukraine

<sup>2</sup>Department of Labour Protection, Donbas State Technical University, Lysychansk, Ukraine

<sup>3</sup>State Enterprise "Coal Company "Krasnolymanaska", Rodynske, Ukraine

\*Corresponding author: e-mail [mfilatov@gmail.com](mailto:mfilatov@gmail.com), tel. +380958462460

### ABSTRACT

**Purpose.** To establish dependences describing changes in the height of rocks displacement zone with fissure in the course of stope development using experimental data about the stopes' dimensions and parameters of the land surface displacement troughs.

**Methods.** On the basis of statistical processing of experimental data to establish dependence of the upper boundary of rocks displacement zone with fissure on values of the maximum land surface subsidence and the stopes' dimensions.

**Findings.** The conducted research allowed to determine that the maximum height to which the underworked rocks zone with fissure spreads is reached when the stopping face is located at the distance equal to lava length.

**Originality.** Dependences for calculating the upper boundary of rocks displacement zone with fissure were derived from the values of the underworked rocks displacement angles determined by the maximum land surface subsidence and the stopes' dimensions.

**Practical implications.** Departing from the relevant theoretical provisions, experimental data and the conducted research, we obtained an empirical dependence for calculating the height to which the underworked rocks zone with fissure spreads.

**Keywords:** displacement of rocks, continuity, angles of displacement, stopes, scheme, subsidence of the land surface

### 1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время при отработке угольных пластов практически неизученными остаются вопросы, связанные с определением границ зон сдвижения пород с разрывом их сплошности (Cho, Martin, & Sego, 2008). Такая ситуация сложилась из-за отсутствия непосредственного доступа к объектам наблюдений и трудностями, связанными с определением необходимых параметров. От достоверности установления границ зон сдвижения пород с разрывом сплошности зависят эффективность мероприятий, связанных с производительной работой выемочных участков (Bartlett, 2010).

Отработка угольных пластов приводит к нарушению исходного природного состояния подрабатываемого массива и образованию зон с разным состоянием вмещающих пород. Одной из наиболее важных зон для обеспечения успешной отработки выемочных участков является зона сдвижения пород с разрывом сплошности (Hummel, Hummelova, Koudelkova, & Cerna, 2015; Falshtynskyi, Lozynskyi, Saik, Dychkovskyi, & Tabachenko, 2016). От размеров этой зоны зависит проявление горного давления на крепь очистных и подготовительных выработок, выделение газа и воды из подрабатываемых источников, а также изменение других сопутствующих факторов, определяющих условия эксплуатации выемочных участков (Han, Hu,

& Cui, 2011; Sasaoka, Takamoto, Shimada, Oya, Hamanaka, & Matsui, 2015; Kowalski & Jędrzejec, 2015).

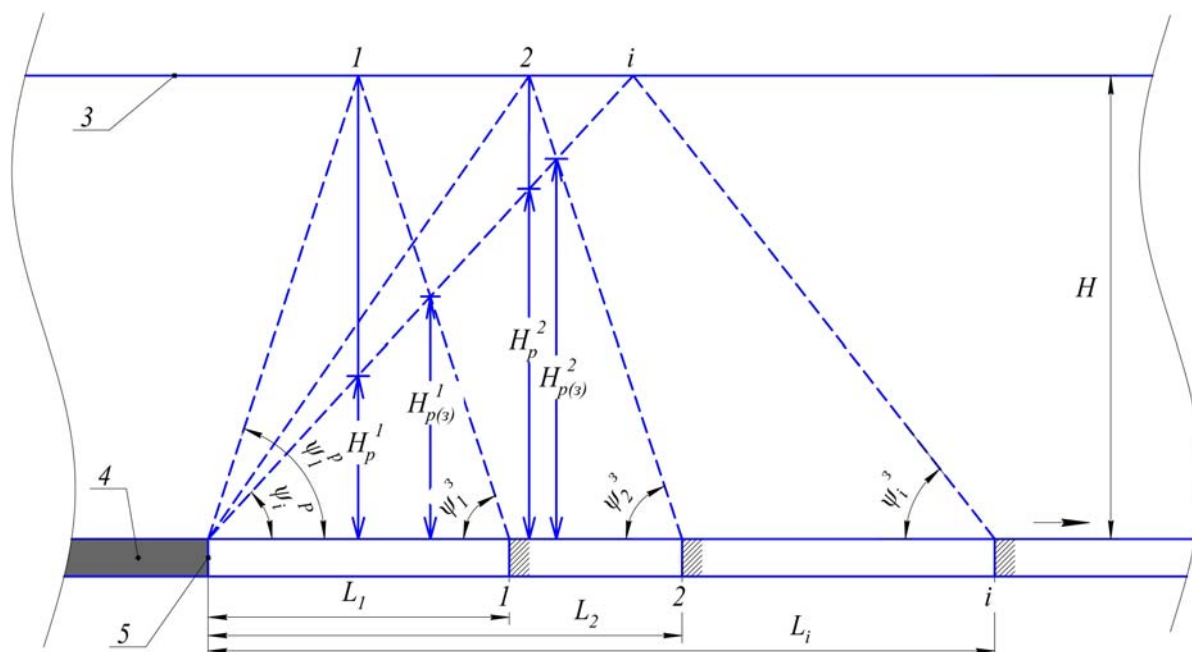
При прогнозе газовыделения согласно (Rukovodstvo..., 1975) расположение верхней границы зоны сдвижения пород с разрывом сплошности  $H_p$  определялось, при прочих равных условиях, в зависимости от мощности пласта  $m$  и угла его падения  $\alpha$ . В последствии для условий отработки пологих и наклонных пластов порядок определения  $H_p$  был изменен в действующем нормативном документе (Rukovodstvo..., 1994). Дополнительно к параметрам  $m$  и  $\alpha$  использовали значения длины лавы  $L_n$  и коэффициента  $K_n$ , якобы учитывающего влияние степени метаморфизма угля на величину свода разгрузки подрабатываемых пород.

Практика применения этой зависимости показала возможность получения в некоторых случаях значений  $H_p$ , превышающих глубину ведения очистных работ  $H$ . Такие результаты противоречат физическим представлениям о соотношении рассматриваемых параметров ( $H_p$  и  $H$ ) и они не могут гарантировать необходимую точность инженерных расчетов. Недостаточная изученность рассматриваемого вопроса подтверждается также разными зависимостями определения  $H_p$  и их расчетными значениями согласно (Kozlovskiy, 1975; Filat'yev, Antoshchenko, Pyzhov, & Dubovik, 2016). Следует отметить, что все рекомендации по определению параметра  $H_p$  (Rukovodstvo..., 1975; Rukovodstvo..., 1994; Kozlovskiy, 1975; Filat'yev, Antoshchenko, Pyzhov, & Dubovik, 2016) основаны на теоретических предпосылках протекания процессов сдвижения пород без должного экспериментального их подтверждения.

Важность решаемых инженерных задач с использованием параметра  $H_p$  и состояние изученности указывают на актуальность достоверного определения размеров зон сдвижения подрабатываемых пород с разрывом их сплошности. Идея работы состоит в определении количественных значений параметра  $H_p$  с использованием экспериментальных, достаточно точно устанавливаемых, косвенных показателей. К таким показателям, в рассматриваемом случае, относятся размеры очистных выработок и соответствующие им параметры сдвижения пород и земной поверхности. Цель исследований – на основании экспериментальных данных о размерах очистных выработок и параметрах мульд сдвижения земной поверхности, установить зависимости изменение  $H_p$  по мере развития очистных работ.

## 2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Теоретическая зависимость параметров сдвижения подработанных пород от развития очистных работ и образования мульд на земной поверхности изложена в работе (Каргов, Klebanov, & Firchanek, 1981). В ней последовательно рассмотрены процессы от начала сдвижения земной поверхности до полной ее подработки (образования плоского дна мульды). Оседание земной поверхности в точке  $I$  (Рис. 1) начинается после осадки основной кровли при удалении очистного забоя от разрезной печи на некоторое расстояние  $L_1$ . Положение точки  $I$  на земной поверхности определяется углами полных сдвижений пород по стороны разрезной печи ( $\psi_1^P$ ) или со стороны удаляющегося очистного забоя ( $\psi_1^3$ ).



**Рисунок 1.** Схема определения параметров сдвижения пород с разрывом сплошности: 1, 2...i – положения очистного забоя и соответствующие им точки максимального оседания земной поверхности; точка  $i$  характеризует начало полной подработки земной поверхности (образование плоского дна мульды); 3 – земная поверхность; 4 – разрабатываемый пласт; 5 – разрезная печь;  $L_1$  – расстояние между очистным забоем и разрезной печью, при котором начинается сдвижение земной поверхности в точке 1;  $L_2...L_i$  – размеры очистной выработки, соответствующие максимальному оседанию земной поверхности в точках 2...i;  $\psi_1^P... \psi_i^P$  – углы сдвижения пород со стороны разрезной печи;  $\psi_1^3, \psi_2^3... \psi_i^3$  – углы сдвижения пород над очистным забоем

Для реализации рассматриваемой схемы необходимо знать текущие расположения очистного забоя (1, 2...i) и соответствующие им координаты точек максимального оседания земной поверхности (Рис. 1). Эти экспериментальные данные позволяют определить изменение углов полных сдвижений как над разрезной печью ( $\psi_1^P \dots \psi_i^P$ ), так и над удаляющимся очистным забоем ( $\psi_1^3, \psi_2^3 \dots \psi_i^3$ ). Каждая экспериментальная точка максимального оседания земной поверхности соединяется одним отрезком прямой с неподвижной стенкой разрезной печи, а вторым отрезком – с соответствующим этой точке положением очистного забоя. Угол между первым отрезком и плоскостью пласта является углом полных сдвижений над разрезной печью, а между вторым отрезком и плоскостью пласта – углом полных сдвижений над движущимся очистным забоем.

В процессе удаления очистного забоя от разрезной печи угол  $\psi_1^P$  до полной подработки земной поверхности уменьшается до значения  $\psi_i^P$ . Предварительно установлено, что при достаточном развитии очистных работ  $\psi_i^P$  остается постоянным для разных горно-геологических условий. Его значения находятся в диапазоне 50 – 60°. Средняя величина  $\psi_i^P$  равна 55°, что совпадает с рекомендациями нормативного документа (Filat'ev, Antoshchenko, Ryzhov, & Dubovik, 2016). Это дает основание считать угол  $\psi_i^P$  после полной подработки минимальным и постоянным, а его значение определяет максимальное оседание земной поверхности и соответствует максимальному и окончательному сдвигению подработанных пород. По этой причине зона сдвижения пород с разрывом сплошности в начальный период оседания земной поверхности после осадки основной кровли не может распространяться за пределы выше значения параметра  $H^1_P$ . По мере удаления очистного за-

боя от разрезной печи параметр  $H^1_P$  будет увеличиваться. Количественные его значения, исходя из схемы (Рис. 1), зависят от соотношения расстояния  $L$ , глубины ведения очистных работ  $H$  и углов  $\psi_i^P, \psi_1^P$ . Если точки максимального оседания земной поверхности располагаются над серединой выработанного пространства, то текущее значение параметра  $H_P$  можно рассчитать согласно уравнению:

$$H_P = \frac{L \cdot \operatorname{tg} \psi_i^P}{2} \quad (1)$$

При других вариантах расположения точек максимального оседания земной поверхности (разных углах со стороны разрезной печи  $\psi^P$  и очистного забоя  $\psi^3$ ):

$$H_P = \frac{L \cdot \operatorname{tg} \psi_i^P}{\operatorname{tg} \psi^P}, \quad (2)$$

где:

$\psi_i^P$  – угол, соответствующий максимальному оседанию земной поверхности со стороны разрезной печи при удалении забоя на текущее расстояние  $L_i$ .

Используя экспериментальные данные о размерах очистных выработок и соответствующие им параметры мульд сдвижения земной поверхности (Pravyla..., 2004; Larchenko, 1998; Babenko, 2009; Nazarenko & Yoshchenko, 2011), согласно расчетной схемы (Рис. 1), определили текущие значения углов сдвижения пород ( $\psi^P$  и  $\psi^3$ ). Затем для каждого положения очистного забоя по уравнениям (1) и (2) рассчитали параметр  $H_P$  (Табл. 1).

Полученные на основании экспериментальных данных зависимости  $H_P = f(L)$  приведены для рассматриваемых объектов на графике (Рис. 2).

Таблица 1. Исходные экспериментальные данные (Pravyla..., 2004; Larchenko, 1998; Babenko, 2009; Nazarenko & Yoshchenko, 2011) и результаты определения параметра  $H_P$  для разных горно-геологических условий

№ п/п	Шахта, пласт, лава	$H$ , м		Удаление очистного забоя, м		Диапазон изменения углов сдвижения, град		Диапазон изменения высоты верхней границы сдвижения пород с разрывом сплошности $H_P$ , м		
				$L_1$	$L_m^*$	$\psi^3$	$\psi^P$	уравнение (1)	уравнение (2)	уравнение (3)
1	“Степная”, С <sub>6</sub>	107	0.91	24	286	81 – 28	87 – 55	17 – 204	9 – 97	28 – 110
2	Шахта Аппалачского бассейна	220	1.65	141	483	82 – 36	82 – 50	85 – 290	37 – 220	148 – 234
3	“Степная”, С <sub>6</sub> , №604	120	0.92	24	95	85 – 67	83 – 69	17 – 68	21 – 66	31 – 84
4	“Степная”, С <sub>6</sub> , №606	120	1.05	35	161	84 – 52	79 – 60	25 – 115	33 – 99	43 – 109
5	“Степная”, С <sub>6</sub> , №715, №713	190	0.95	37	218	89 – 60	80 – 58	26 – 156	48 – 170	51 – 171
6	“Юбилейная”, С <sub>6</sub> , №530	150	1.00	33	200	83 – 47	85 – 68	24 – 143	19 – 86	40 – 122
7	“Юбилейная”, С <sub>1</sub> , 2-я восточная	135	0.95	16	138	88 – 64	86 – 63	11 – 99	13 – 98	22 – 118
8	“Юбилейная”, С <sub>6</sub> , №605, №607	250	0.71	58	338	81 – 51	87 – 61	41 – 241	19 – 198	68 – 225
9	“Першотравневе”, С <sub>4</sub> , №302, №304	140	0.63	20	88	84 – 70	88 – 76	14 – 63	7 – 50	25 – 83

\*Примечание:  $L_m$  – максимальное удаление очистного забоя от разрезной печи при проведении экспериментов

Согласно приведенному уравнению (1) параметр  $H_P$  изменяется прямопропорционально удалению очистного забоя от разрезной печи  $L$ . Коэффициентом пропорциональности является постоянное значение  $\operatorname{tg} \psi_i^P / 2$ . Для большинства объектов, что было обосновано ранее,  $\psi_i^P = 55^\circ$ , а коэффициент пропорциональности равен 0.71.

В условиях шахты Аппалачского бассейна согласно результатам обработки экспериментальных данных (Larchenko, 1998) получено значение  $\psi_i^P = 50^\circ$ . Ему соответствует коэффициент пропорциональности – 0.60. Такая разница в количественном определении значений  $\psi_i^P$  отразилась на расположении прямых 1 и 2 (Рис. 2).

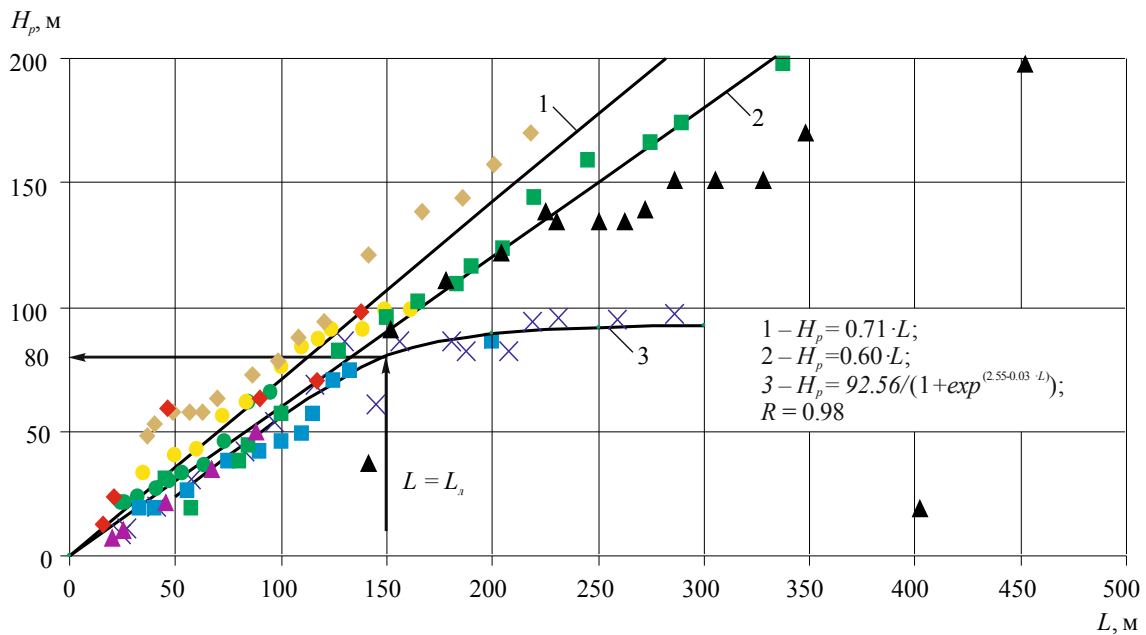


Рисунок 2. Зависимость параметра  $H_p$  от удаления очистного забоя от разрезной печи  $L$ : 1 – прямопропорциональная зависимость согласно уравнению (1) при  $\psi_i^p = 55^\circ$ ; 2 – то же при  $\psi_i^p = 50^\circ$ ; 3 – экспоненциальная зависимость согласно исходным экспериментальным данным в условиях шахты “Степная” при длине лавы  $L_d = 150$  м (Pravulya..., 2004);  $R$  – корреляционное отношение; значения параметра  $H_p$  полученные на основании экспериментальных данных соответственно в условиях шахт:  $\times$  – “Степная” (Pravulya..., 2004);  $\bullet$  – “Степная” (лава №604) (Babenko, 2009);  $\bullet$  – “Степная” (лава №606) (Babenko, 2009);  $\blacklozenge$  – “Степная” (лавы №715 – 713) (Babenko, 2009);  $\blacksquare$  – “Юбилейная” (лава №530) (Babenko, 2009);  $\blacklozenge$  – “Юбилейная” (лава 2-я восточная) (Babenko, 2009);  $\blacksquare$  – “Юбилейная” (лавы 605 – 607) (Babenko, 2009);  $\blacktriangle$  – “Периотравнева” (лавы №302 – 304) (Babenko, 2009);  $\blacktriangle$  – Аппалачского бассейна (Larchenko, 1998)

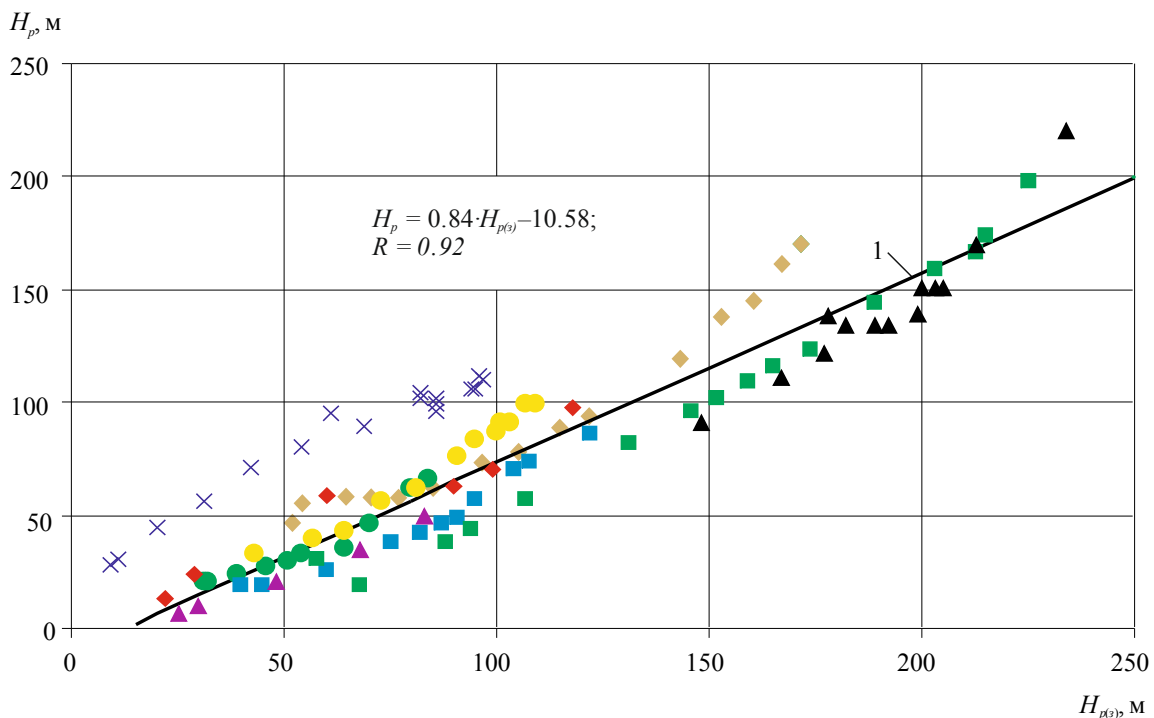


Рисунок 3. Зависимость между параметрами  $H_p$  и  $H_{p(з)}$ , характеризующими возможную высоту распространения зоны сдвижения пород с разрывом сплошности: 1 – усредняющая прямая;  $R$  – корреляционное отношение; значения параметра  $H_p$  полученные на основании экспериментальных данных соответственно в условиях шахт:  $\times$  – “Степная” (Pravulya..., 2004);  $\bullet$  – “Степная” (лава №604) (Babenko, 2009);  $\bullet$  – “Степная” (лава №606) (Babenko, 2009);  $\blacklozenge$  – “Степная” (лавы №715 – 713) (Babenko, 2009);  $\blacksquare$  – “Юбилейная” (лава №530) (Babenko, 2009);  $\blacklozenge$  – “Юбилейная” (лава 2-я восточная) (Babenko, 2009);  $\blacksquare$  – “Юбилейная” (лавы №605 – 607) (Babenko, 2009);  $\blacktriangle$  – “Периотравнева” (лавы №302 – 304) (Babenko, 2009);  $\blacktriangle$  – Аппалачского бассейна (Larchenko, 1998)

Значения  $H_p$ , определенные согласно уравнению (2), отличались от прямопропорциональных зависимостей (1) и (2) при удалении очистных забоев на расстояние более 200 м (Рис. 2). При  $L < 150$  м эти отличия существенно уменьшались и зависимости  $H_p = f(L)$  в этом диапазоне для всех вариантов определения  $H_p$  были близки к прямолинейным.

Следует отметить, что расчетные значения  $H_p$  необходимо определять с учетом фактической длины лавы. Значения  $H_p$  остаются постоянными после удаления очистного забоя от разрезной печи  $L$  на расстояние, равное длине лавы  $L_n$ . В этом случае образуется квадрат выработанного пространства, который является ориентиром для ограничения верхней границы зоны сдвижения пород с разрывом сплошности. Например, экспериментальные данные об оседании земной поверхности в условиях шахты "Степная" получены при отработке лавы длиной 150 м (Larshenko, 1998). Такому значению длины лавы соответствует  $H_p = 80$  м (Рис. 2). Аналогичным образом, используя длину лавы и полученные зависимости  $H_p = f(L)$ , можно определить  $H_p$  для других объектов.

При наличии необходимых экспериментальных данных ориентировочную зависимость  $H_{P(3)} = f(L)$  можно определить, исходя из схемы (Рис. 1), по изменению углов сдвижения  $\psi_1^3, \psi_2^3 \dots \psi_i^3$  со стороны очистного забоя и постоянному значению  $\psi_i^P$  над разрезной печью:

$$H_{P(3)} = \frac{L \cdot \sin \psi_i^P \cdot \sin \psi^3}{\sin(180^\circ - \psi_i^P - \psi^3)}. \quad (3)$$

Соотношение между значениями  $H_p$  и  $H_{P(3)}$ , рассчитанными для рассматриваемых объектов соответственно по уравнениям (2) и (3), характеризуются прямопропорциональной зависимостью (Рис. 3):

$$H_p = 0.84 \cdot H_{P(3)} - 10.58. \quad (4)$$

Коэффициент корреляции для уравнения (4) составляет 0.92, что дает основание, в случае необходимости, использовать полученную зависимость в инженерных расчетах.

### 3. ВЫВОДЫ

На основании принятых теоретических положений, экспериментальных данных и проведенных исследований сделаны выводы:

- используя значения углов сдвижения подработанных пород, определенных по максимальному оседанию земной поверхности и размерам очистных выработок, предлагаются зависимости для расчета верхней границы зоны сдвижения пород с разрывом сплошности;

- в общем случае зависимость  $H_p = f(L)$  является криволинейной. Она описывается экспонентой вида:

$$H_p = \frac{A}{1 + \exp(K_1 - K_2 \cdot L)}, \quad (5)$$

где:

$A, K_1, K_2$  – эмпирические коэффициенты;

- максимальная высота распространения зоны подработанных пород с разрывом их сплошности достигается при удалении очистного забоя на расстояние, равное длине лавы.

### БЛАГОДАРНОСТЬ

Статья написана в рамках госбюджетной научно-исследовательской тематики №208 "Разработка подсистемы прогноза и управления динамикой метановости горных выработок" (№ госрегистрации 0114U006105, 0114U004419), выполняемой Донбасским государственным техническим университетом.

### REFERENCES

- Babenko, E. (2009). Nastroyka modeli dlya modelirovaniya seysmicheskikh sobyitij tekhnogennoy prirody. *Problemy hirskoho tysku*, (17), 67-93.
- Bartlett, P.J. (2010). Considerations in Planning and Implementing Massive Underground Mines at Depth. *Mining technology*, 119(3), 168-174. <https://doi.org/10.1179/174328610x12820409992417>
- Cho, N., Martin, C.D., & Sego, D.C. (2008). Development of a Shear Zone in Brittle Rock Subjected to Direct Shear. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 45(8), 1335-1346. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2008.01.019>
- Falshtynskiy, V., Lozynskiy, V., Saik, P., Dychkovskiy, R., & Tabachenko, M. (2016). Substantiating Parameters of Stratification Cavities Formation in the Roof Rocks during Underground Coal Gasification. *Mining of Mineral Deposits*, 10(1), 16-24. <https://doi.org/10.15407/mining10.01.016>
- Filat'yev, M., Antoshchenko, N., Pyzhov, S., & Dubovik, A. (2016). Opredelenie zon sdvizeniya podrobotannykh porod s razryvom sploshnosti. *Ugol' Ukrainy*, (3), 9-16.
- Han, H.L., Hu, N.L., & Cui, B. (2011). Dynamic Modeling of Surface Subsidence Induced by Underground Mining. *Advanced Materials Research*, (382), 323-327. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.382.323>
- Hummel, M., Hummelova, I., Koudelkova, J., & Cerna, K. (2015). Mining of Protection Pillars Without Subsidence. *Journal of Mining Science*, 51(2), 335-341. <https://doi.org/10.1134/s1062739115020179>
- Karpov, E., Klebanov, F., & Firchanek, B. (1981). *Prirodnye opasnosti v shakhtakh, sposoby ikh kontrolya i predotvrashcheniya*. Moskva: Nedra
- Kowalski, A., & Jędrzejec, E. (2015). Influence of Subsidence Fluctuation on the Determination of Mining Area Curvatures. *Archives of Mining Sciences*, 60(2), 487-505. <https://doi.org/10.1515/amsc-2015-0032>
- Kozlovskiy, B. (1975). *Prognozirovanie metanovoy opasnosti v ugol'nykh shakhtakh*. Moskva: Nedra.
- Larshenko, V. (1998). Vliyanie podzemnoy razrabotki ugol'nykh plastov na sostoyanie zemnoy poverkhnosti. *Vestnik MANEB*, 4(12), 39-41.
- Nazarenko, V., & Yoshchenko, N. (2011). *Zakonomernosti razvitiya maksimal'nykh osedaniy i naklonov poverkhnosti v mul'de sdvizeniya*. Dnipropetrovsk: Natsionalnyi hirnychiy universytet.
- Pravyla pidrobky budivel, sporud i pryrodnykh ob'ektiv pry vydobuvanni vuhillia pidzemnym sposobom*. (2004). Kyiv: Minpalyvenerho Ukrainy.
- Rukovodstvo po proektirovaniyu ventilyatsii ugol'nykh shakht*. (1975). Moskva: Nedra.
- Rukovodstvo po proektirovaniyu ventilyatsii ugol'nykh shakht*. (1994). Kyiv: Osnova.

Sasaoka, T., Takamoto, H., Shimada, H., Oya, J., Hamanaka, A., & Matsui, K. (2015). Surface Subsidence due to Underground Mining Operation under Weak Geological Condi-

tion in Indonesia. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 7(3), 337-344.  
<https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2015.01.007>

#### ABSTRACT (IN RUSSIAN)

**Цель.** На основании экспериментальных данных о размерах очистных выработок и параметрах мульд сдвижения земной поверхности установить зависимости изменение высоты зоны сдвижения пород с разрывом их сплошности по мере развития очистных работ.

**Методика.** На основании статистической обработки экспериментальных данных установить зависимость верхней границы зоны сдвижения пород с разрывом сплошности от значений максимального оседания земной поверхности и размеров очистных выработок.

**Результаты.** На основании проведенных исследований определено, что максимальная высота распространения зоны подработанных пород с разрывом их сплошности достигается при удалении очистного забоя на расстояние, равное длине лавы.

**Научная новизна.** Используя значения углов сдвижения подработанных пород, определенных по максимальному оседанию земной поверхности и размерам очистных выработок, предлагаются зависимости для расчета верхней границы зоны сдвижения пород с разрывом сплошности.

**Практическая значимость.** На основании принятых теоретических положений, экспериментальных данных и проведенных исследований предложена эмпирическая зависимость расчета высоты распространения зоны подработанных пород с разрывом их сплошности.

**Ключевые слова:** сдвижение пород, сплошность, углы сдвижения, очистные выработки, схема, оседание земной поверхности

#### ABSTRACT (IN UKRAINIAN)

**Мета.** На підставі експериментальних даних про розміри очисних виробок і параметрах мульд зрушення земної поверхні встановити залежності зміни висоти зони зрушення порід з розривом їх суцільності та ступеня розвитку очисних робіт.

**Методика.** На підставі статистичної обробки експериментальних даних встановити залежність верхньої межі зони зрушення порід з розривом суцільності від значень максимального осідання земної поверхні і розмірів очисних виробок.

**Результати.** На підставі проведених досліджень визначено, що максимальна висота поширення зони підроблених порід з розривом їх суцільності досягається при видаленні очисного забою на відстань, рівну довжині лави.

**Наукова новизна.** Використовуючи значення кутів зрушення підроблених порід, визначених по максимальному осіданню земної поверхні та розмірами очисних виробок, пропонуються залежності для розрахунку верхньої межі зони зрушення порід з розривом суцільності.

**Практична значимість.** На підставі прийнятих теоретичних положень, експериментальних даних і проведених досліджень запропонована емпірична залежність розрахунку висоти поширення зони підроблених порід з розривом їх суцільності.

**Ключові слова:** зрушення порід, суцільність, кути зрушення, очисні виробки, схема, осідання земної поверхні

#### ARTICLE INFO

Received: 16 August 2016

Accepted: 31 October 2016

Available online: 30 December 2016

#### ABOUT AUTHORS

Mykola Antoshchenko, Doctor of Technical Sciences, Rector, Donbas State Technical University, 84 Peremohy Ave., 93100, Lysychansk, Ukraine. E-mail: [donstu.lisichansk@ukr.net](mailto:donstu.lisichansk@ukr.net)

Mykhailo Filatiev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Labour Protection, Donbas State Technical University, 84 Peremohy Ave., 93100, Lysychansk, Ukraine. E-mail: [mfilatev@gmail.com](mailto:mfilatev@gmail.com)

Oleksandr Dubovyk, General Director, State Enterprise "Coal Company "Krasnolimanska", 9 Peremohy St, 85310, Rodynske, Ukraine. E-mail: [company@krasnolimanskaya.com.ua](mailto:company@krasnolimanskaya.com.ua)