

УДК 622.1:622.834.1

А.С. Кучин, канд. техн. наук, доц.

Государственное высшее учебное заведение „Национальный горный университет“, г. Днепропетровск, Украина, e-mail: as_kuchin@mail.ru

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ СМЕЩЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НАД ДВИЖУЩИМСЯ ОЧИСТНЫМ ЗАБОЕМ

A.S. Kuchin, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor

State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: as_kuchin@mail.ru

HORIZONTAL DISPLACEMENT OF EARTH SURFACE ABOVE THE MOVING COALFACE

Изложены результаты анализа траекторий смещения точек земной поверхности над движущимся очистным забоем. Представлены численные величины остаточных горизонтальных и вертикальных перемещений реперов профильных линий, заложенных над очистными выработками шахт Западного Донбасса. Подтверждено наличие горизонтальных смещений точек земной поверхности в плоском дне мульды сдвижения.

Ключевые слова: наблюдательная станция, земная поверхность, горизонтальные сдвигения, очистная выработка, деформации

Разработка месторождений полезных ископаемых подземным способом приводит к необратимым процессам в массиве горных пород и на земной поверхности. Как следствие, участки подработанной толщи перемещаются с образованием вертикальных и горизонтальных деформаций. На угольных месторождениях, характеризующихся относительно малой изменчивостью мощности разрабатываемых пластов и выдержанными геометрическими параметрами их залегания, процесс сдвижения горных пород и земной поверхности изучен довольно подробно, а разработанные методики прогнозирования сдвижений и деформаций имеют высокую достоверность.

Значительный объем наблюдений за сдвижением земной поверхности на угольных месторождениях позволил установить характер процесса сдвижения, количественные показатели сдвижений и деформаций. Тем не менее, анализ выполненных исследований указывает на наличие расхождений у разных авторов в интерпретации результатов маркшейдерских инструментальных наблюдений за процессом сдвижения. В частности это касается соотношения вертикальных и горизонтальных сдвижений и характера пространственного смещения точек земной поверхности при подработке.

В 1947 г. С.Г. Авершиным [1] было сформулировано положение о пропорциональности вертикальных и горизонтальных сдвижений, выражаемое зависимостью

$$\xi = -K(y) \frac{d\eta}{dx}, \quad (1)$$

где $K(y)$ – коэффициент пропорциональности, не зависящий от координаты x и характеризующий распределительную способность массива.

С момента публикации данного утверждения оно стало основой для большинства методик расчета горизонтальных сдвижений и деформаций земной поверхности.

Согласно (1), взаимосвязь между вертикальным и горизонтальным перемещением любой точки в пределах мульды сдвижения характеризуется постоянным в данных условиях коэффициентом K . Аналогичный подход реализован и в нормативных документах [2, 3]. В методике определения ожидаемых сдвижений и деформаций [2] в качестве коэффициента пропорциональности между горизонтальными и вертикальными сдвигениями используется величина относительного горизонтального сдвижения a_0 . Эта величина является постоянной в пределах влияния одной выработки. Возможный диапазон её изменения составляет 0,3–0,4. Следует также отметить, что типовое распределение вертикальной и горизонтальной составляющей сдвижения при пологом залегании пластов совпадает.

В ходе многолетних исследований процесса сдвижения в мульде на земной поверхности выделены:

- по отношению к простиранию пласта: главные сечения и полумульды по простиранию и вкрест него;
- по отношению к направлению движения очистного забоя: полумульды над разрезной печью, над выемочными штреками и над линией остановки забоя [4];
- по степени подработанности: полная и неполная подработка с наличием и отсутствием плоского дна;
- по временному признаку: стадия (зона) формирования мульды сдвижения, стадия синхронного сдвижения, стадия затухания процесса сдвижения [5, 6];
- по степени вредного влияния: зона влияния и зона опасного влияния.

Действующая методика прогнозирования сдвижений и деформаций земной поверхности [2] справедлива для условий закончившегося процесса сдвижения.

При пологом и горизонтальном залегании угольных пластов данная методика предполагает следующее:

- при полной подработке в рассматриваемом сечении кривые всех видов сдвижений и деформаций симметричны относительно середины полумульды;
- соотношение горизонтальных и вертикальных сдвижений в пределах полумульды характеризуется постоянной величиной;
- в плоском дне мульды сдвижения все типы деформаций, а также горизонтальные сдвижения, равны нулю;
- характер распределения сдвижений и деформаций в главных сечениях одинаковый и не зависит от направления движения очистного забоя.

Однако исследования [4, 6] указывают на несоответствие вышеописанных характеристик данным натурных инструментальных наблюдений. Авершиным С.Г., который отстаивал теорию пропорциональности вертикальных и горизонтальных сдвижений, установлена схема траектории сдвижения точки земной поверхности при прохождении под ней забоя (рис. 1).

Участок I (рис. 1) образуется при приближении очистного забоя, II – в результате его прохождения под точкой, III – при удалении забоя, IV – после прекращения влияния под действием уплотнения пород. На участке IV помимо остаточного оседания наблюдается также дополнительное (по отношению к начальному положению точки) горизонтальное сдвижение в направлении движения забоя.

Таким образом, после прохождения очистного забоя и наступления условий полной подработки земной поверхности, точки земной поверхности в плоском дне мульды смещаются в горизонтальной плоскости. Направление этих смещений совпадает с направлением очистного забоя.

Целью настоящих исследований является установление взаимосвязи между вертикальными и горизонтальными сдвижениями земной поверхности на стадии синхронного сдвижения. За основу приняты результаты маркшейдерских инструментальных наблюдений на профильных линиях наблюдательных станций, удовлетворяющих следующим требованиям:

первичная подработка; профильная линия находится в главном сечении, параллельном направлению движения очистного забоя; вдоль линии соблюдается условие полной подработки; отработка очистной выработки проводилась равномерно без длительных остановок очистного забоя. На основе анализа существующих результатов наблюдений по 31 наблюдательной станции, заложенных над очистными горными выработками шахт Западного Донбасса, заданным требованиям соответствовало 5. Из них наиболее полно частотные инструментальные наблюдения проводились на станциях №8, 9 и №13.

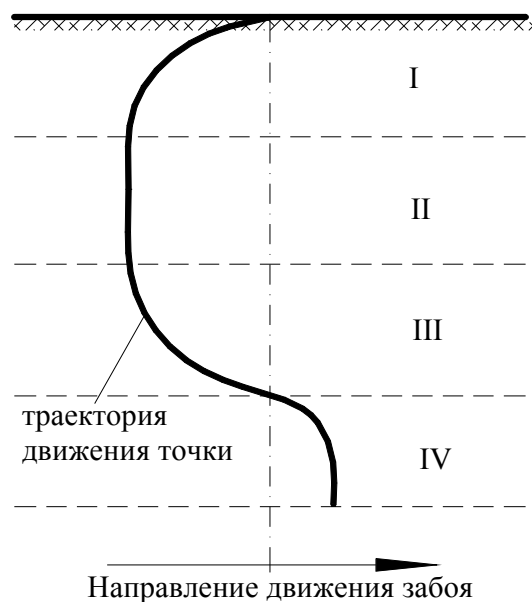


Рис. 1. Траектория движения точки земной поверхности при прохождении очистного забоя

Горно-геологические параметры подработки и характеристики станций №8, 9 и №13 представлены в табл. 1. Наблюдательные станции №8 и №9 подрабатывались спаренными лавами, №13 – одиночной.

Таблица 1

Характеристика наблюдательных станций №8, 9, 13

| Станция | Линия | Кол-во реперов | Количество наблюдений | Глубина подработки | Мощность пласта | Максимальное оседание, мм | Максимальное положительное горизонтальное сдвижение, мм | Максимальное отрицательное горизонтальное сдвижение, мм |
|---------|-------|----------------|-----------------------|--------------------|-----------------|---------------------------|---|---|
| 8 | 1 | 52 | 44 | 210 | 0,80 | 720 | 402 | 244 |
| 13 | 1 | 71 | 35 | 120 | 1,00 | 900 | 482 | 207 |
| 9 | 1 | 135 | 37 | 260 | 0,75 | 700 | 410 | 194 |

Примечание: положительными приняты горизонтальные сдвижения в направлении очистного забоя

Анализ величин горизонтальных сдвижений по наблюдательным станциям показал, что в полумульде над разрезной печью максимальные положитель-

ные значения примерно в 2 раза превышают отрицательные. Этот факт опровергает существующее мнение о симметричности распределения положитель-

ных и отрицательных сдвижений в условиях полной подработки. При этом следует отметить симметричность кривых распределения вертикальной составляющей сдвижения. Величины максимальных положительных и отрицательных наклонов по обеим станциям оказались равны.

Для изучения взаимосвязи между вертикальными и горизонтальными сдвижениями при движении очистного забоя исследованы траектории движения

реперов профильных линий, находящиеся в зоне формирования мульды сдвижения (до наступления полной подработки земной поверхности) и в зоне синхронного сдвижения, где каждая точка повторяет траекторию предыдущей. Рассмотрим траектории движения реперов по наблюдательной станции №13. План наблюдательной станции и график горизонтальных сдвижений по ней представлены на рис. 2.

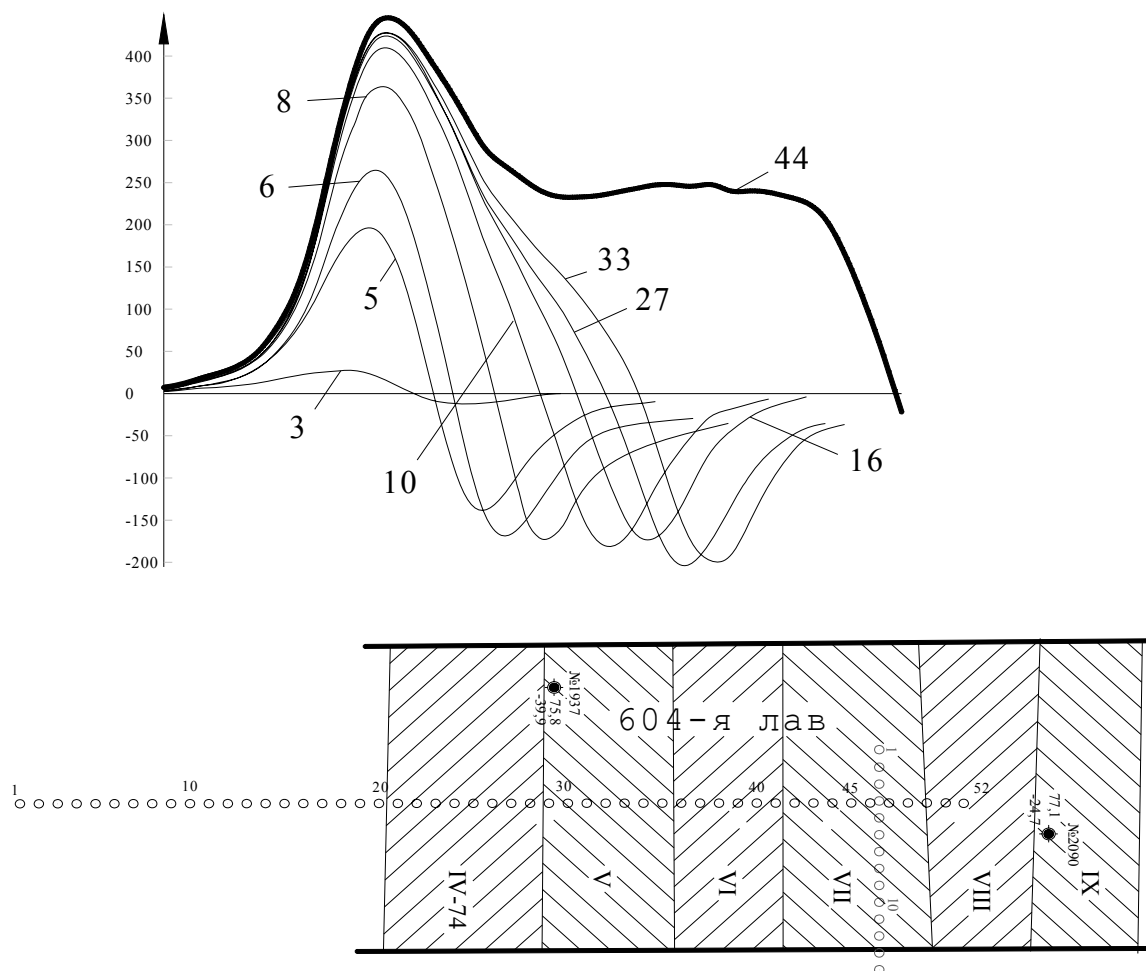


Рис. 2. План наблюдательной станции №13 (5, 6...44 – номер наблюдения)

Для анализа отобраны репера в зоне формирования мульды сдвижения (№22, 23, 24, 25 и 28) и в зоне синхронного сдвижения (№36, 38).

Репера №22–28 характеризуют стадию формирования мульды сдвижения при отсутствии полной подработки земной поверхности. Расстояние от репера до разрезной печи определяет соотношение положительных и отрицательных перемещений. Для репера №22, находящегося практически над разрезной печью, отрицательные горизонтальные сдвижения практически отсутствуют (рис. 3). Начиная с репера №36, изменения в траектории движения реперов не наблюдаются, а процесс сдвижения в этой части мульды носит синхронный характер. Об этом свидетельствует совпадение траекторий движения реперов

№36 и 38. Результаты исследований по другим реперам в зоне синхронного сдвижения не отображены в силу их идентичности. На рис. 3 отмечена область затухания процесса сдвижения реперов, которая характеризуется малым приростом оседания при длительном периоде наблюдений. Следует отметить, что при малых величинах остаточного оседания наблюдаются значительные горизонтальные сдвижения вслед за отдаляющимся очистным забоям. В зоне затухания процесса сдвижения при периодичности наблюдений 4–6 дней изменение оседаний между наблюдениями не превышало 5–8 мм. Для всех исследуемых реперов среднее остаточное оседание в период затухания процесса сдвижения составило 40 мм, а горизонтальное сдвижение – 70 мм. Результаты

выполненных исследований частично не соответствуют закономерностям движения точек, предложенным Авершиным С.Г. По словам автора на участке IV (рис. 1) формируются сдвигения под действием уплотнения горных пород после удаления очистного забоя от точки. Этот процесс соответствует стадии затухания процесса сдвижения. Результаты настоящих исследований указывают на то, что горизон-

тальные сдвигения в направлении движения забоя формируются еще на активной стадии сдвижения, когда забой отдалится от точки в плане на 50 м. По наблюдательным станциям №8 и 9 закономерности пространственного перемещения точек аналогичны результатам по станции №13, но разброс исследуемых значений несколько больше. Это связано с неравномерностью движения забоев спаренных лав.

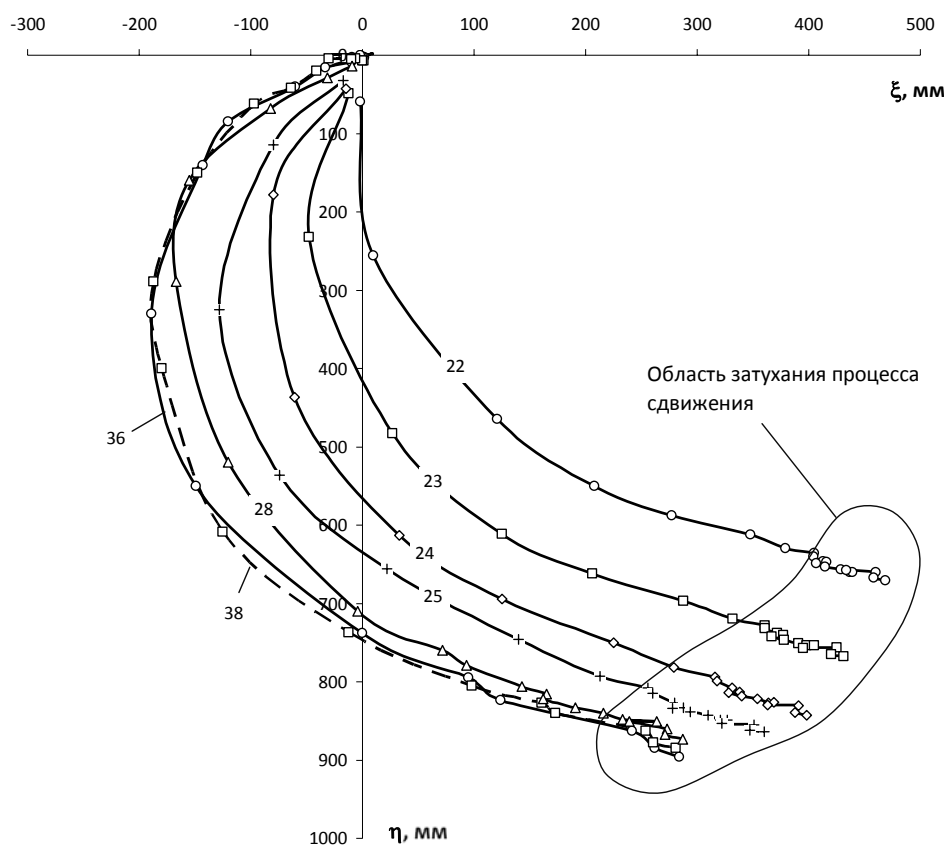


Рис. 3. Траектории движения реперов наблюдательной станции №13 при движении очистного забоя: ξ — горизонтальные сдвигения, η — оседания

В плоском дне мульды, в отличие от существующего представления, наблюдаются горизонтальные сдвигения в направлении очистного забоя (рис. 2). Их величина составляет 280 мм или 31% от максимального оседания. По станциям №8 и №9 также прослеживается смещение земной поверхности в плоском дне мульды. Отношения горизонтальных сдвижений к максимальному оседанию на этих станциях составило соответственно 33 и 30%. В среднем в зоне синхронного сдвижения величина постоянного горизонтального сдвижения точек по отношению к максимальному горизонтальному сдвижению находится в диапазоне 40–45%. Столь значимыми величинами, по нашему мнению, пренебрегать нельзя, как это сделано в методике [2]. Земная поверхность является частью деформирующейся толщи горных пород и сдвижение ее отражает те процессы, которые происходят в подработанном породном массиве. Таким образом, гипотетически можно предполагать перемещение всего массива за движущимся очистным забоем. В горно-

геологических условиях других добывающих регионов величина горизонтального перемещения в плоском дне может варьироваться в меньших пределах.

На рис. 4 представлены графики изменения оседаний и горизонтальных реперов №36, 38 и 42 наблюдательной станции №13 от положения очистного забоя. Отрицательные значения положения забоя соответствуют его удалению от репера.

При удалении забоя от точки на расстояние 110–120 м смещение точки замедляется, что соответствует стадии затухания процесса сдвижения. Это расстояние тождественно глубине разработки. Согласно существующему представлению о процессе сдвижения точек земной поверхности в плоском дне мульды, окончательное смещение реперов после прохождения очистного забоя должно равняться 0 (рис. 4).

Проведенные исследования в условиях подработки наблюдательных станций очистными работами на шахтах Западного Донбасса позволили сделать следующие выводы:

– соотношение между горизонтальными и вертикальными сдвигами не подчиняется закону пропорциональности, характеризующему постоянной величиной a_0 ;

– кривые горизонтальных сдвигов в главном сечении, параллельном движению очистного забоя, характеризуются явно выраженной асимметричностью;

– в плоском дне мульды наблюдаются горизонтальные сдвиги в направлении очистного забоя, величина которых составляет 30–33% от максимального оседания;

– на стадии затухания процесса сдвига точек в области синхронного сдвига остаточные горизонтальные сдвиги превышают остаточные оседания.

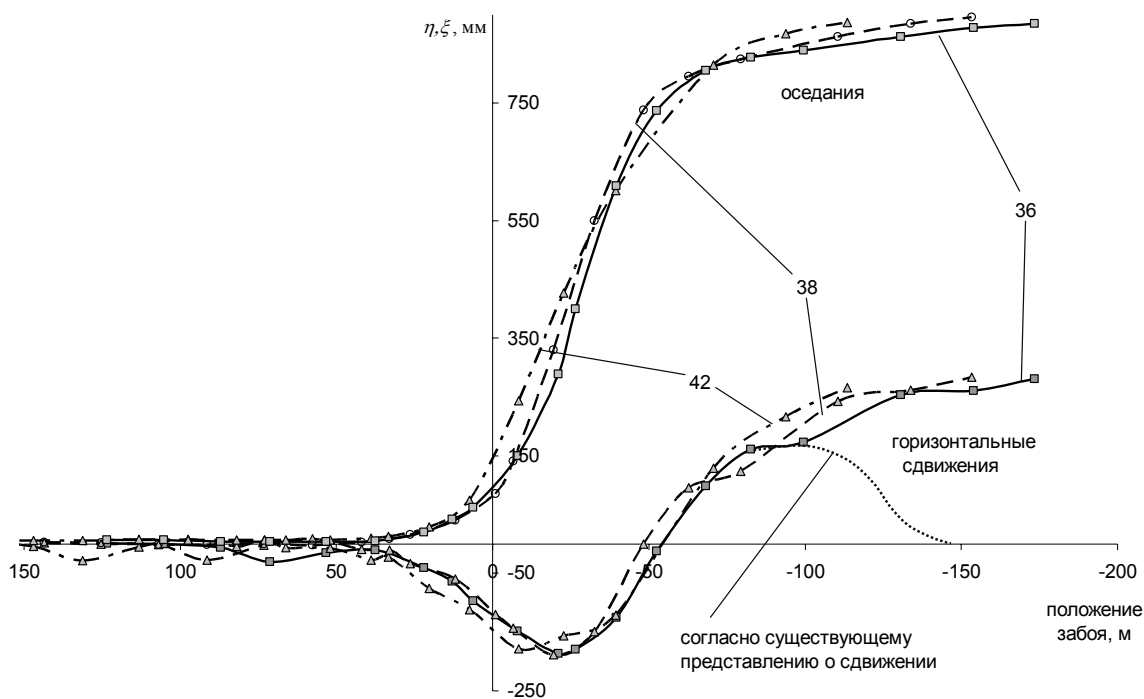


Рис. 4. Зависимость величин оседаний η и горизонтальных сдвигов ξ реперов от положения очистного забоя

Список литературы / References

1. Авершин С.Г. Сдвигение горных пород при подземных разработках / Авершин С.Г. – М.: Углетехиздат, 1947. – 245 с.
 Avershin S.G. Strata movement during underground mining / Avershin S.G. – M.: Ugletekhizdat, 1947. – 245 p.
 2. Правила підробки будівель, споруд та природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом: ГСТУ 101.00159226.001-2003. – [Чинний від 2003–11–22]. – К.: Мінпаливенерго України, 2003. – 126 с.– табл. – (Національні стандарти України). – Текст: рос., укр.
 Regulations of undermining of buildings, structures and natural objects during underground coal mining: GSTU 101.00159226.001-2003. – [Valid since 2003–11–22]. – K.: Minpalyvenergo of Ukraine, 2003. – 126 p.– tables – (National standards of Ukraine). – Text: Russian, Ukrainian.
 3. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок на угольных месторождениях. – [Действующий от 1979-12-29]. – М.: Недра, 1981. – 288 с.
 Rules of protection of buildings and natural objects from harmful influence of underground mining of coal. – [Valid since 1979–12–29]. – M.: Nedra, 1981. – 288 p.
 4. Кучин О.С. Вплив напрямку руху очистного вибою на процеси зрушення в Західному Донбасі / Кучин О.С. // Вісник ЖДТУ. – 2003. – №3. – С. 196–200.

Kuchin O.S. Influence of mining face driving direction on the process of strata movement in Western Donbass / Kuchin O.S. // Visnyk ZhDTU. – 2003. – No.3. – P. 196–200.
 5. Назаренко В.А. О некоторых терминах и определениях процесса сдвига земной поверхности / Назаренко В.А., Антипенко Г.А. // Уголь Украины. – 2001. – №9. – С. 44–45.
 Nazarenko V.A. About certain terms and definitions of Earth surface movement process / Nazarenko V.A., Antipenko G.A. // Ugol Ukrainy. – 2001. – No.9. – P. 44–45.
 6. Петрук Е.Г. Расчет горизонтальных деформаций земной поверхности при движущемся забое / Петрук Е.Г., Ларченко В.Г. // Изв. вузов. Горный журнал. – 1976. – №7. – С. 75–78.
 Petruk Ye.G. Calculation of Earth surface horizontal deformations during coal face driving / Petruk Ye.G., Larchenko V.G. // Izv. vuzov. Gornyy zhurnal. – 1976. – No. 7. – P. 75–78.

Викладено результати аналізу траєкторій зміщення точок земної поверхні над очисним вибоєм, що рухається. Наведено числові величини залишкових горизонтальних та вертикальних зрушень реперів профільних ліній, що закладені над очисними виробками шах Західного Донбасу. Підтверджена наявність горизонтальних зміщень точок земної поверхні в плоскому дні мульди зрушення.

Ключові слова: спостережна станція, денна поверхня, горизонтальні зрушення, очисна виробка, деформації

The results of analysis of Earth surface points displacement trajectories above a moving coalface are described in the article. The numeral quantities of horizontal and vertical residual displacement of the profile lines benchmarks installed above the coalface of Western Donbas mines are presented. The presence of horizontal dis-

placements of Earth surface points in the flat bottom of trough is confirmed.

Keywords: observation station, surface, horizontal subsidence, undermining, deformation

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук М.С. Четвериком. Дата надходження рукопису 04.02.11

УДК 622.341: 504.55.06

Є.О. Стражко,
В.В. Панченко, канд. техн. наук, доц.

Державний вищий навчальний заклад „Національний гірничий університет“ м. Дніпропетровськ, Україна,
e-mail: strazhko@rambler.ru

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ВПЛИВУ БОРТОВОГО ВМІСТУ ЗАЛІЗА В РУДІ НА ПОТОЧНИЙ КОЕФІЦІЄНТ РОЗКРИВУ

Ye.O. Strazhko,
V.V. Panchenko, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor

State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnipropetrovsk, Ukraine,
e-mail: strazhko@rambler.ru

RESEARCH OF THE INFLUENCE MECHANISM OF CUTOFF GRADE OF IRON IN ORE ON THE OVERBURDEN RATIO

Визначено механізм впливу бортового вмісту заліза в руді на поточний коефіцієнт розкриву при розробці крутоспадних залізородних родовищ на стадії експлуатації кар'єру. Урахування цього впливу є обов'язковим при визначенні можливого прибутку комбінату від реалізації концентрату. Виконано аналіз отриманих результатів у ситуаціях керованого підвищення та зниження бортового вмісту заліза при коливанні ринкових цін на концентрат. Аналіз проілюстровано прикладом характерного розташування робочої зони та запасів руди в кар'єрі.

Ключові слова: кондиції, бортовий вміст, залізородні родовища, коефіцієнт розкриву, вміст заліза

Проблема та її зв'язок із науковими та практичними завданнями. Як відомо, для більшості залізородних кар'єрів України значення параметрів кондицій на руду (зокрема, бортового вмісту заліза) були встановлені під час їхнього проектування в умовах директивної економіки. З того часу з'явився фактор ринку та змінилися гірничо-геологічні та гірничотехнічні умови розробки родовищ. Таким чином правомірним є питання підтвердження або перегляду встановлених значень кондицій на залізну руду. До того ж, майже всі науково-методичні розробки з техніко-економічного обґрунтування кондицій на руду створені для передпроектної та проектної стадій освоєння родовища. Розробки, які присвячені зміні кондицій на стадії експлуатації, у сучасних економічних умовах практично відсутні [1].

У методологічному аспекті зміну кондицій на стадії експлуатації в [2] було запропоновано розглядати як один з методологічних підходів до реалізації стратегії освоєння родовища. Формально перегляд кондицій є способом зміни області припустимих рішень задачі поточного планування гірничих робіт.

Очевидно, що доцільність зміни бортового вмісту заліза в руді визначається можливим прибутком після його перегляду [3]. Для визначення можливого прибу-

тку від реалізації концентрату необхідно розраховувати зміну витрат на розкривні та видобувні роботи з урахуванням поточного коефіцієнту розкриву.

Метою даної роботи є визначення механізму впливу бортового вмісту заліза в руді на поточний коефіцієнт розкриву при відпрацюванні крутоспадних залізородних родовищ.

Викладення матеріалу та результати.

Загальні положення. Ідея визначення впливу бортового вмісту заліза в руді на поточний коефіцієнт розкриву наступна: при зміні бортового вмісту заліза відбувається перехід гірських порід із розряду розкривних до розряду корисних копалин і навпаки, що приводить до зміни співвідношення їх об'ємів, тобто – до зміни поточного коефіцієнту розкриву. Аналітично це можна записати наступним виразом

$$k_p^{nom.} = \frac{V + \Delta V}{Q + \Delta Q}, \quad (1)$$

де V – плановий об'єм розкриву до зміни бортового вмісту, m^3 ; Q – планова маса руди до зміни бортового вмісту, т; ΔV – прирізка об'єму розкриву після зміни бортового вмісту, m^3 ; ΔQ – прирізка маси руди після зміни бортового вмісту, т.

Значення ΔV і ΔQ пропонується встановлювати в залежності від напрямку та величини зміни бортового вмісту, просторового розміщення руд з різним вміс-