

РОЗРОБКА РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

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

АНАЛИЗ ВЕЛИЧИН МАКСИМАЛЬНЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

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

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

ANALYSIS OF MAXIMUM VALUES OF VERTICAL AND HORIZONTAL DISPLACEMENT OF EARTH SURFACE

Цель. В основе науки о сдвигении земной поверхности при разработке угольных пластов лежит утверждение о том, что величины вертикальных и горизонтальных сдвижений в пределах зоны влияния пропорциональны между собой. Целью настоящей статьи является установление соотношения максимальных вертикальных и горизонтальных сдвижений на основе результатов маркшейдерских инструментальных наблюдений за сдвигением земной поверхности в Западном Донбассе.

Методика. Горно-геологические условия подработки наблюдательных станции разнообразны: глубина разработки 100–550 м, вынимаемая мощность пласта 0,7–1,2 м, мощность наносов 50–200 м, угол падения пластов 2–5°. На основе результатов инструментальных наблюдений за сдвижением земной поверхности на профильных линиях (22 случая) установлены максимальные величины горизонтальных и вертикальных сдвижений.

Результаты. Установлено, что максимальные оседания земной поверхности линейно зависят от вынимаемой мощности пласта. При этом подобной зависимости между мощностью пласта и максимальными горизонтальными сдвигениями не выявлено. Это свидетельствует о том, что соотношение вертикальных и горизонтальных сдвижений не подчиняется закону пропорциональности. Существует мнение о том, что величины горизонтальных сдвижений зависят от мощности наносов. Однако в условиях Западного Донбасса, при значительном изменении мощности покрывающих пород, зависимость между этими величинами отсутствует. Анализ максимальных горизонтальных сдвижений, мощности наносов и глубины разработки показал, что между ними существует связь при раздельном рассмотрении в главных сечениях мульды сдвижения. На величины максимальных горизонтальных сдвижений оказывает влияние расположение профильной линии относительно направления подвигания очистного забоя.

Научная новизна. Впервые установлено, что в пределах мульды сдвижения соотношение максимальных горизонтальных и вертикальных сдвижений не постоянно.

Практическая значимость. В дальнейшем результаты исследования позволят разработать методику определения горизонтальных сдвижений и деформаций для условий разработки угольных пластов в Западном Донбассе.

Ключевые слова: наблюдательная станция, земная поверхность, оседания, горизонтальные сдвижения, очистной забой

В условиях полной подработки при закончившемся процессе сдвижения максимальные величины вертикальных и горизонтальных сдвижений зависят только от мощности пласта и коэффициентов, характеризующих горно-геологические условия подработки: q_0 (относительное максимальное оседание) и a_0 (относительное максимальное горизонтальное сдвижение) [1]. Для условий разработки угольных пластов в Западном Донбассе коэффициенты постоянны, а, следовательно, максимальные величины вертикальных и горизонтальных сдвижений по наблюда-

тельным станциям с полной подработкой земной поверхности зависят только от мощности пласта.

Утверждение о пропорциональности оседаний η и горизонтальных сдвижений ξ впервые сформулировано Авершиным С.Г. в виде зависимости

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

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

Впоследствии эта зависимость стала основополагающей при прогнозировании горизонтальных сдвижений и деформаций. Однако исследования смещения

точек над движущимся очистным забоем [2] свидетельствуют о различном поведении оседаний и горизонтальных сдвижений точек земной поверхности при подработке. Можно предположить, что их максимальные величины, при закончившемся процессе сдвижения, не подчиняются закону пропорциональности.

Рассмотрим зависимость максимальных оседаний земной поверхности от мощности пласта, при закончившемся процессе сдвижения, на основе результатов инструментальных наблюдений за сдвижением земной поверхности в Западном Донбассе. Для анализа используем профильные линии, расположенные в главных сечениях мульды сдвижения вкрест и по простиранию пласта. Из имеющегося набора выбрано 17 профильных линий, удовлетворяющих условиям полной подработки. Диапазон изменения глубины подработки наблюдательных станций изменяется от 115 м до 540 м, мощности наносов – 50–180 м. При больших глубинах профильные линии подрабатывались одновременно 2–3-мя лавами, поэтому условие полной подработки сохранялось. В анализ включены результаты повторной подработки земной поверхности. Величины максимальных оседаний земной поверхности представлены в табл. 1.

Таблица 1

Величины максимальных оседаний земной поверхности

Станция	Линия	Мощность пласта, m, m	Мах. оседание, η_0, mm
3	9	0,85	767
5	1	0,80	706
6	1	0,90	841
7	1	0,72	606
7	2	0,72	584
8 перв.	1	0,80	670
8 втор.	1	0,80	646
9	1	0,75	700
9	2	0,75	620
10	1	1,00	905
12	1	1,00	870
12	3	1,00	920
13	1	1,00	890
23	1	0,97	875
24	1	1,05	894
24	2	1,05	940
29	1	1,10	971
35	1	1,20	1080
35	2	1,20	1050

На рис. 1 представлена зависимость максимального оседания земной поверхности от мощности пласта, аппроксимированная линейной функцией. Коэффициент линейной функции соответствует значению максимального оседания земной поверхности $q_0 = 0,9$.

Коэффициент достоверности аппроксимации, равный 0,96, указывает на высокую тесноту связи между исследуемыми показателями. Таким образом, максимальное оседание не зависит от следующих факторов:

- глубина подработки;
- сечение, в котором располагается профильная линия;
- мощность наносов.

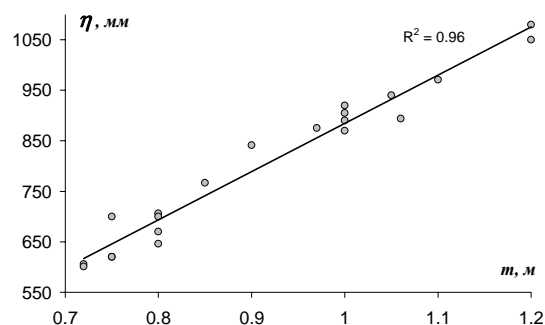


Рис. 1. Зависимость максимального оседания η_0 от мощности пласта m

Колебание значений максимального оседания можно объяснить изменением крепости пород горного массива в пределах шахтных полей восточной, центральной и западной групп шахт. Незначительное уменьшение максимального оседания зафиксировано на профильных линиях, расположенных над линией остановки очистного забоя.

По аналогии исследуем соотношения вынимаемой мощности и величины максимального горизонтального сдвижения ξ_{max} (рис. 2).

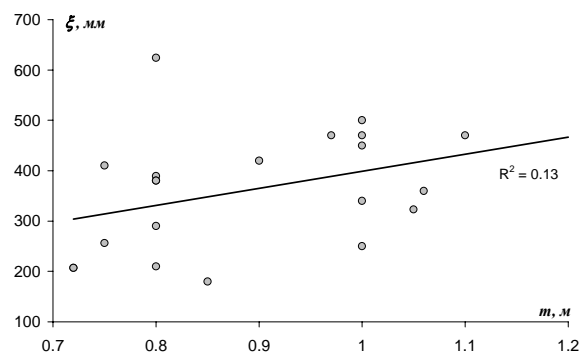


Рис. 2. Зависимость максимального горизонтального сдвижения ξ_{max} от мощности пласта m

Результат анализа максимальных горизонтальных сдвижений указывает на их низкую связь с мощностью пласта. Следует предположить, что на величины максимальных горизонтальных сдвижений оказывают влияние иные факторы. В табл. 2 представлены величины максимальных горизонтальных сдвижений ξ_0 по наблюдательным станциям Западного Донбасса.

Основной отличительной чертой рассматриваемого региона является наличие мощных покрывающих отложений. На территории Западного Донбасса соотношение мощности наносов h и глубины разработки H колеблется в пределах 0,22...0,58. В настоящее время при разработке угольных пластов на больших глубинах это соотношение стремится к значению 0,20 (рис. 3). Таким образом, существует тенденция к уменьшению в подрабатываемой толще покрывающих пород, что должно вызвать изменения в характере протекания процесса сдвижения и его параметров.

Таблица 2

Величины максимальных горизонтальных сдвижений земной поверхности

Станция	Линия	Мощность пласта, t , м	Мак. горизонтальные сдвижения, ξ_0 , мм
3	9	0,80	180
4	1	0,80	302
5	1	0,85	210
5	5	0,80	300
6	1	0,90	420
7	2	0,72	207
8 перв.	1	0,80	400
8 втор.	1	0,80	380
9	1	0,75	420
9	2	0,75	256
10	1	1,00	500
12	1	1,00	450
12	3	1,00	310
13	1	1,00	470
14	1	0,83	180
14	2	0,83	263
16	1		165
23	1	0,97	470
24	1	1,05	390
24	2	1,05	360
35	1	1,20	450
35	2	1,20	330

Известно, что увеличение мощности наносов является причиной увеличения горизонтальных сдвижений и деформаций земной поверхности [3]. Об этом же говорится и в работах Г. Крагча. При этом в литературе отсутствуют обоснованные утверждения о влиянии мощности покрывающих пород на величины вертикальной составляющей вектора сдвижения, что подтверждается вышеизложенными результатами исследований.

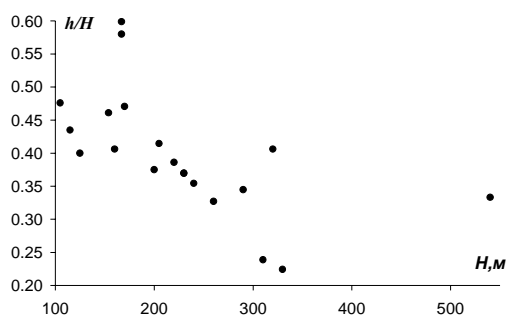


Рис. 3. Зависимость соотношения h/H от глубины разработки H

Для подтверждения или опровержения существующего мнения относительно взаимосвязи мощности наносов и величин горизонтальных сдвижений наиболее хорошо подходят горно-геологические условия Западного Донбасса, характеризующиеся широким диапазоном изменения мощности покрывающих пород.

Изначально предположим, что исследуемая зависимость существует и её характер не зависит от глубины подработки. Величина максимального сдвижения земной поверхности является функцией

максимального оседания, а следовательно и вынимаемой мощности пласта t . Чтобы исключить влияние t из анализа приведем максимальные величины горизонтальных сдвижений ξ к единичной мощности.

На рис. 4 представлена зависимость отношения ξ/m от мощности наносов h . Анализ представленной зависимости для условий Западного Донбасса указывает на отсутствие связи между мощностью наносов и величинами максимальных горизонтальных сдвижений.

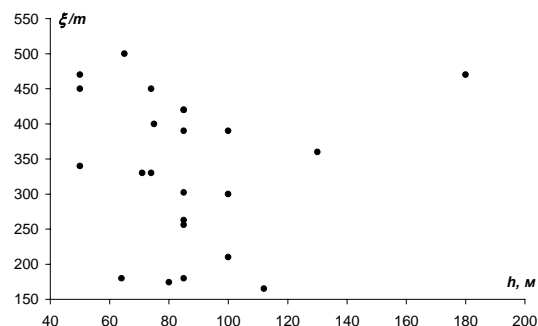


Рис. 4. Зависимость отношения ξ/m от мощности наносов h

Предположим, что на величины максимальных горизонтальных сдвижений влияет не мощность наносов, а их количество в подрабатываемой толще. Ссылаясь на исследования [4], имеет место утверждение, что величины максимальных горизонтальных сдвижений зависят от места и направления заложения профильной линии. Выделим из набора исследуемых наблюдательных станций профильные линии в направлении движения очистного забоя над разрезной печью и над линией останковки лавы, в перпендикулярном направлении – над выемочными штреками. На рис. 5 изображена зависимость отношения ξ/m от соотношения мощности наносов к глубине разработки h/H .

В зависимости от места и направления заложения профильной линии, на рис. 5 можно обозначить три зоны, характеризующиеся незначительным изменением максимальных сдвижений в большом диапазоне изменения соотношения h/H . Наибольшие значения ξ характерны для профильных линий, заложённых над разрезной печью, наименьшие – над линией останковки очистного забоя. В каждой из обозначенных зон отсутствует зависимость максимальных горизонтальных сдвижений от мощности наносов.

Анализ изменения максимальных значений оседаний земной поверхности с увеличением мощности наносов также показал на отсутствие какой-либо связи между этими параметрами.

Отсутствие влияния мощности наносов на горизонтальные и вертикальные сдвижения в Западном Донбассе можно объяснить следующим. Четвертичные и мезозойско-кайнозойские отложения (наносы) в Западном Донбассе представлены глинами, песками, галькой, а также песчаниками низкой крепости и, в некоторых случаях, значительной мощности. Разделение толщи горных пород на наносы и коренные породы происходит по критерию их принадлежности периоду их образования, а не по критерию прочности

и физико-механических свойств. Таким образом, линия разделения покрывающих и коренных пород в Западном Донбассе весьма условна. Категории крепости пород в наносах находятся в пределах от II до VI (чаще II–IV), в коренных породах – IV–VI. В некоторых случаях в четвертичных отложениях присутствуют породные слои большей крепости, чем в нижележащей толще. В этих условиях процесс сдвижения массива горных пород в наносах и карбоне происходит практически одинаково.

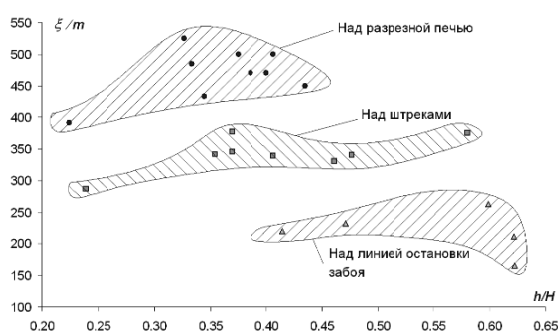


Рис. 5. Зависимость отношений ξ/m от h/H

Представленный анализ вертикальных и горизонтальных деформаций указывает на различие влияющих факторов на их величины. Следует предположить, что положение точек с максимальными значениями вертикальных и горизонтальных сдвижений в мульде также имеет различия.

Список литературы / References

1. 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.*

Rules of undermining of buildings, constructions and natural objects during development of coal deposits by an underground method: GSTU 101.00159226.001-2003, valid since November 22, 2003, Ministry of Fuel and Energetics of Ukraine, (2003), (National standards of Ukraine).

2. Кучин А.С. Горизонтальные смещения земной поверхности над движущимся очистным забоем / Кучин А.С. // Науковий вісник НГУ України. – Дніпропетровськ, 2011. – № 3 – С. 26–30.

Kuchin, A.S. (2011), "Horizontal displacement of earth surface above the moving coalface", *Naukovyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu*, no.3, pp. 26–30.

3. Гавриленко Ю.М. Особливості застосування методу скінченних елементів для моделювання процесів зрушення масиву гірських порід і земної поверхні у просторовій постановці / Гавриленко Ю.М., О.Г. Петрушин // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: гірничо-геологічна. – Донецьк: ДонНТУ. – 2009. – Вип. 143. – С. 181–198.

Gavrilenko, Yu.M. and Petrushin, O.G. (2009), "Features of finite element method application for the design of rock massif earth surface movement processes in spa-

tial raising", *Scientific Works of the Donetsk National Technical University, Series: mining-and-geological*, DonNTU, Issue.143, pp. 181–198.

4. Кучин О.С. Вплив напрямку руху очисного вибою на процес зрушення у Західному Донбасі / Кучин О.С. // Вісник ЖДТУ. – 2003. – №3. – С. 196–200.

Kuchin, O.S. (2003), "Influence of direction of motion of production coalface on shifting processes in Western Donbas", *Visnyk ZhDTU*, no.3, pp. 196–200.

Мета. В основі науки про зрушення земної поверхні при розробці вугільних пластів лежить твердження про те, що величини вертикальних і горизонтальних зрушень у межах зони впливу пропорційні між собою. Метою статті є встановлення співвідношення максимальних вертикальних і горизонтальних зрушень на основі результатів маркшейдерських інструментальних спостережень за зрушенням земної поверхні в Західному Донбасі.

Методика. Гірничо-геологічні умови підробки спостережних станції різноманітні: глибина розробки 100–550 м, потужність пласта, що виймається, 0,7–1,2 м, потужність наносів 50–200 м, кут падіння пластів 2–5°. На основі результатів інструментальних спостережень за зрушенням земної поверхні на профільних лініях (22 випадки) встановлено максимальні величини горизонтальних і вертикальних зрушень.

Результати. Встановлено, що максимальні осідання земної поверхні лінійно залежать від потужності пласта, що виймається. При цьому подібної залежності між потужністю пласта і максимальними горизонтальними зрушеннями не виявлено. Це свідчить про те, що співвідношення вертикальних і горизонтальних зрушень не підкоряються закону пропорційності. Існує думка про те, що величини горизонтальних зрушень залежать від потужності наносів. Проте в умовах Західного Донбасу, при значній зміні потужності покриваючих порід, залежність між цими величинами відсутня. Аналіз максимальних горизонтальних зрушень, потужності наносів і глибини розробки показав, що між ними існує зв'язок при роздільному розгляді в головних перетинах мульди зрушення. На величини максимальних горизонтальних зрушень впливає розташування профільної лінії щодо напрямку посування очисного вибою.

Наукова новизна. Уперше встановлено, що в межах мульди зрушення співвідношення максимальних горизонтальних і вертикальних зрушень не постійне.

Практична значущість. Надалі результати дослідження дозволять розробити методику визначення горизонтальних зрушень і деформацій для умов розробки вугільних пластів у Західному Донбасі.

Ключові слова: спостережна станція, земна поверхня, осідання, горизонтальні зрушення, очисний вибій

Purpose. The notion about proportionality of vertical and horizontal displacements within the limits of the affected zone when mining coal seams is basic in science of surface undermining. The purpose of the article is establishment of correlation between maximal vertical and horizontal displacements on the ground of data received

via mine surveying instrumental observations of surface shifting in the Western Donbass.

Methodology. Mining-and-geological conditions of undermined observation stations were different: the depth of the extraction was 100–550 meters, thickness of extracted seams was 0.7–1.2 meters, overburden thickness was 50–200 meters, and inclination of seams was 2–5°. Based on the results of instrumental observations after the surface shift on the profile lines (22 cases), the maximal values of horizontal and vertical displacement were set.

Findings. It was set that the maximal surface vertical displacement linearly depends on the thickness of extracted coal seam. But the similar dependence between the thickness of the seam and maximal horizontal displacements was not established. This testifies that the correlation of the vertical and horizontal displacements does not submit the law of proportions. There is an opinion that the sizes of horizontal displacement depend on the overburden thickness. But dependence between these values at the considerable change of the thickness of

covering rocks in the Western Donbass coal region was not discovered. The analysis of the maximal horizontal displacements, the overburden thickness and the depth of development showed that there was dependence between them at separate considerations in the main sections of trough. The location of profile line in relation to direction of longwall movement influences the sizes of maximal horizontal displacement.

Originality. It was found out that correlation of the maximal horizontal and vertical displacement is inconstant within the limits of a trough.

Practical value. The results of the research will allow developing the method of determination of the horizontal displacements and deformation for the conditions of the coal seams extraction in the Western Donbass.

Keywords: *observant station, surface subsidence, trough, horizontal displacements, longwall*

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук А.М. Роєнком. Дата надходження рукопису 05.09.11

УДК 622.281.6

**В.В. Фомичёв, канд. техн. наук,
В.Ю. Медяник, канд. техн. наук,
А.И. Скитенко, М.В. Снигур**

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

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕЗИНО-ВОЗДУШНОЙ АРМИРОВАННОЙ КРЕПИ

**V.V. Fomichev, Cand. Sci. (Tech.),
V.Yu. Medyanik, Cand. Sci. (Tech.),
A.I. Skitenko, M.V. Snigur**

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

PROSPECTS OF APPLICATION AND CONSTRUCTIVE FEATURES OF RUBBER-AIR REINFORCED LINING

Цель. Создание новых технологических систем поддержания пластовых горных выработок на шахтах Западного Донбасса.

Методика. В процессе эксплуатации подготовительных выработок используется рамная и рамно-анкерная крепь. Разработка новых типов крепи путем твердотельного моделирования и численного анализа позволяет автоматизировать процесс обеспечения охраны подготовительных выработок.

Результаты. Созданная крепь позволяет снизить трудоемкость работ по установке и демонтажу несущих конструкций, применяемых для охраны подготовительных выработок в условиях шахт Западного Донбасса.

Научная новизна. Реализован комплексный подход к обеспечению устойчивости выработки путем применения универсальной несущей системы, обеспечивающей согласование с основными технологическими процессами в шахте.

Практическая значимость. Монтаж, демонтаж и повторное использование крепи требует высокого уровня подготовки рабочих проходческих бригад. Затраты на эксплуатацию такого вида крепи относительно высоки, а эффективность низкая. Использование данной крепи позволяет снизить себестоимость эксплуатации погонного метра подготовительной выработки до 30% и повысить культуру производства на шахтах Западного Донбасса.

Ключевые слова: *комбинированная крепь, конструкция, эксплуатация выработки, технология применения, резина*

При добыче угля на шахтах Западного Донбасса одной из важных составляющих его себестоимости являются затраты на поддержание пластовых выработок. Разнообразии горно-геологических факторов, влияю-

щих на устойчивость выработок шахт данного региона, не позволяет с одинаковым успехом применять во всех случаях один и тот же тип крепи. Резино-воздушная армированная крепь (РВАК) объединяет в себе полезные технологические характеристики разных типов крепи. Применение этой крепи позволяет значительно