

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ
ПРИ НЕПОЛНОЙ ПОДРАБОТКЕ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ
В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОГО ДОНБАССА**

А. С. Кучин, Е. А. Сдвижкова

Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет»
просп. К. Маркса, 19, м. Днепропетровск, 49000, Украина.

E-mail: as_kuchin@mail.ru

Приведены результаты обобщения инструментальных наблюдений при неполной подработке земной поверхности в условиях Западного Донбасса. Предложены типовые кривые распределения горизонтальных деформаций для малых значений соотношения выработанного пространства к глубине разработки.

Ключевые слова: земная поверхность, горизонтальные деформации, подработка, распределение, типовая кривая.

**РОЗПОДІЛ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ПРИ НЕПОВНІЙ
ПІДРОБЦІ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ**

О. С. Кучин, Е. О. Сдвіжкова

Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет»
просп. К. Маркса, 19, м. Дніпропетровськ, 49000, Україна.

E-mail: as_kuchin@mail.ru

Приведені результати узагальнення інструментальних спостережень при неповній підробці земної поверхні в умовах Західного Донбасу. Запропоновані типові криві розподілу горизонтальних деформацій для малих значень співвідношення виробленого простору до глибини розробки.

Ключові слова: земна поверхня, горизонтальні деформації, підробка, розподіл, типова крива.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Уголь является одним из основных энергетических ресурсов Украины. Разработка месторождений пластовой формы залегания оказывает необратимое влияние на горный массив, земную поверхность и подрабатываемые объекты.

Одной из основных задач при рассмотрении вопросов безопасной подработки объектов на земной поверхности является определение прогнозных величин сдвижек и деформаций для выбора мер охраны сооружений, находящихся в зоне влияния очистных работ.

Традиционно процесс сдвига земной поверхности рассматривается в главных сечениях мульды сдвижения, параллельных элементам залегания угольного пласта. Величины сдвижений и деформаций в каждом сечении зависят от множества факторов, которые в совокупности отображают влияние горногеологических (глубина, угол падения пласта, мощность покрывающих пород, физико-механические свойства массива), технологических (управление горным

давленням, закладка вироботанного простору, швидкість руху очищувального забоя) і геометричних (контури і розміри очищувальної вироботки) умов підроботки. При інших рівних умовах перехід на нові горизонти розробки є причиною зменшення співвідношення розмірів вироботанного простору до глибини підроботки D/H , а, відповідно, до зменшення максимальних величин зсувів і деформацій і зміні характеру їх розподілу в межах мулди зсуву. Значення D/H визначає повноту і коефіцієнти $N_{1,2,3}$ підроботаності земної поверхні [1]. При повній підроботці земної поверхні ($N \geq 1$) характер розподілу зсувів земної поверхні залишається незмінним і описується єдиним набором функцій.

Мета роботи – встановлення характеру розподілу горизонтальних деформацій земної поверхні при співвідношенні розмірів вироботанного простору і глибини розробки D/H до 0,4.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. В умовах розробки пластів довгими стовпами в Західному Донбасі в напрямку руху очищувального забоя умова повної підроботки в більшості випадків виконується. В перпендикулярному напрямку це умова виконується лише для глибин 200–300 м. В існуючій методикі прогнозування зсувів і деформацій земної поверхні [1] функції їх розподілу розраховані при коефіцієнтах підроботаності N від 0,7 і вище. Таким чином, з переходом гірських робіт на нижні горизонти актуальною стає задача встановлення характеру розподілу зсувів і деформацій при різному співвідношенні розмірів вироботанного простору і глибини розробки D/H .

Розмір вироботанного простору в сеченні, при якому в розглянутому головному сеченні виконується умова повної підроботки, становить $1,5H$. Цим значенням слід керуватися при виборі спостережувальних станцій для виконання аналізу. Найбільш показовими для вивчення процесу зсувів при неповній підроботці є спостережувальні станції. Перелік і гірсько-геометричні умови підроботки яких представлені в табл. 1.

Таблиця 1 – Гірсько-геологічні умови підроботки спостережувальних станцій

Станція	Лінія	Розмір вироботанного простору D , м	Глибина розробки H , м	D/H
4	1	258	230	1,1
9	2	325	240	1,35
10	2	160	160	1,0
12	3	160	103	1,55
14	2	160	220	0,73
25	1	160	400	0,4
35	2	220	320	0,69

Изменение значений D/H соответствует диапазону степени подработанности [1] от N , равное от 0,4 до 1,1.

Необходимость установления характера распределения горизонтальных сдвижений и деформаций объясняется тем, что действующая методика прогнозирования [1] имеет значительные погрешности при применении в условиях Западного Донбасса. Особенно это характерно при малых соотношениях выработанного пространства к глубине разработки. На рис. 1 представлены совмещенные графики горизонтальных деформаций по наблюдательной станции № 25.

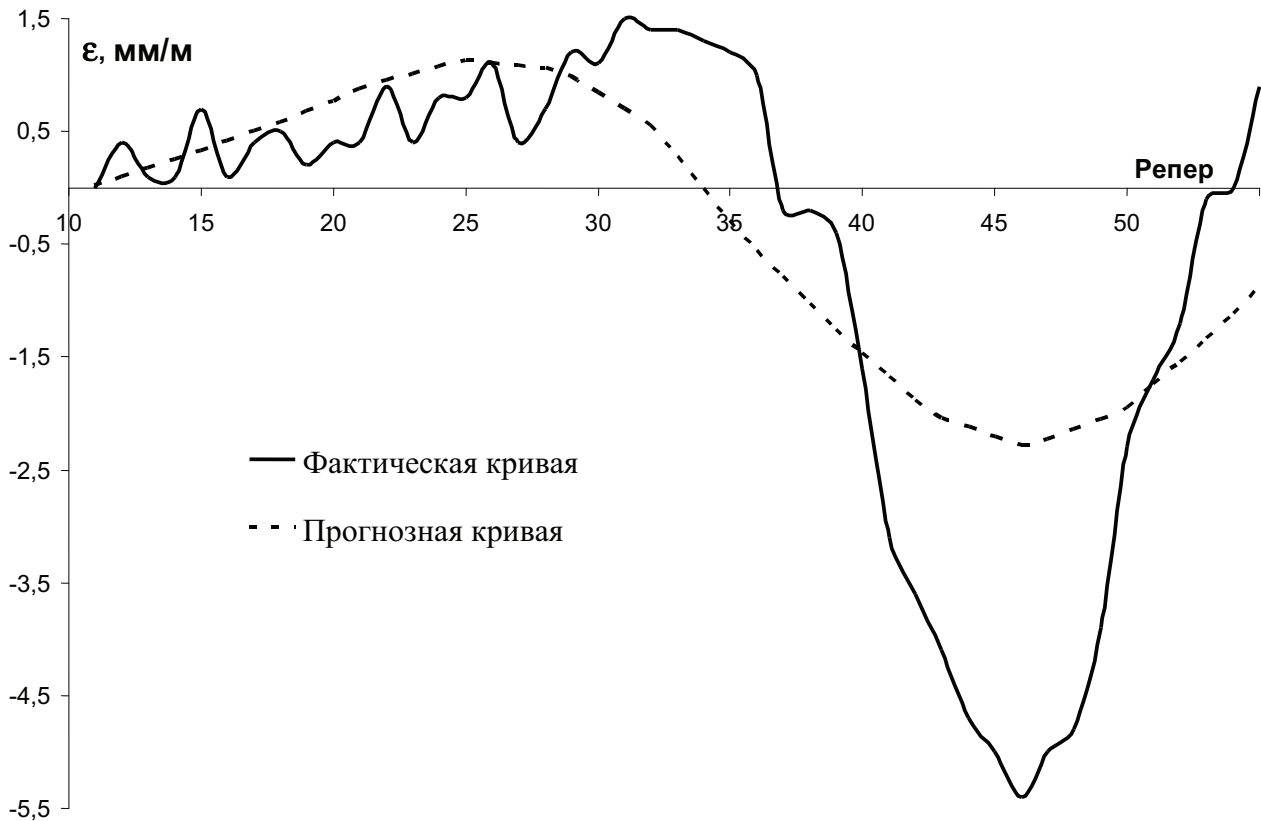


Рисунок 1 – Совмещенные графики горизонтальных деформаций по наблюдательной станции № 25

Среднеквадратическая ошибка прогнозирования горизонтальных деформаций по действующей методике составила 1,65 мм/м, а несоответствие максимальных величин сжатий – 3,1 мм/м (65 %).

Горногеологические условия подработки наблюдательных станций отличаются глубинами, размерами выработанного пространства, незначительным различием вынимаемой мощности пласта, скоростью подвигания очистного забоя и мощностью покрывающих пород. Скорость подвигания очистного забоя не влияет на величины сдвижений и деформаций при закончившемся процессе сдвижения. Анализ максимальных величин сдвижений и деформаций земной поверхности показал, что на них не оказывает влияние изменчивость мощности наносов [2]. При рассмотрении характера распределения

горизонтальных деформаций исключительно в условиях полной подработки влияние размеров выработанного пространства также можно исключить. Таким образом, в рассматриваемых условиях на величины и распределение горизонтальных деформаций оказывают влияние только глубина разработки и вынимаемая мощность угольного пласта. Увеличение глубины разработки способствует уменьшению горизонтальных деформаций за счет увеличения длины полумульды. Исходя из этого, для определения характера распределения искомым величин их удобно привести к единичной глубине подработки и единичной вынимаемой мощности.

Данная задача легко решается с помощью средств, предоставляемых программной средой AutoCAD. Графики горизонтальных деформаций необходимо отмасштабировать в горизонтальной плоскости в соответствии с коэффициентом K_H , равным $1/H$. Горизонтальные деформации в общем виде являются функцией двух переменных – максимального оседания земной поверхности и длины полумульды $f(\eta, 1/L)$. Учитывая, что максимальное оседание прямопропорционально мощности пласта, а длина полумульды – глубине разработки, функциональную зависимость можно записать в виде $\varepsilon = f(m, 1/H)$. В соответствии с этим в вертикальной плоскости для приведения кривых горизонтальных деформаций к единым горно-геологическим условиям подработки используем коэффициент K_L равный H/m .

Рассмотрим принцип приведения кривой деформаций для условий подработки наблюдательной станции на глубине $H=200$ м и вынимаемой мощности угольного пласта $m=1,2$ м. Очевидно, что коэффициент K_H будет иметь малые значения, а коэффициент K_L – большие. Это приведет к значительному дисбалансу вертикальных и горизонтальных размеров графиков горизонтальных деформаций, а, следовательно, к сложности проведения их взаимного анализа. Для устранения такого дисбаланса введем масштабный коэффициент для значений глубины разработки равный для коэффициентов K_H $1/100$, а для коэффициентов K_L – $1/1000$. С учетом коэффициента масштабирования величины K_H и K_L составят:

$$K_H = \frac{1}{(H/100)} = \frac{1}{2} = 0.5$$

$$K_L = \frac{(H/1000)}{m} = \frac{0.2}{1.2} = 0.167$$

Соответственно для кривой фактических деформаций в вертикальном направлении следует использовать коэффициент масштабирования $K_L = 0,167$, в горизонтальном – $K_H = 0,5$.

Для условий неполной подработки в главном сечении, перпендикулярном направлению подвигания очистного забоя, наиболее характерной точкой является точка с максимальным оседанием земной поверхности. В условиях практически горизонтального залегания угольных пластов и их разработки по восстанию

эта точка всегда находится над серединой очистной выработки в рассматриваемом сечении. Поэтому начало координат для удобства дальнейшего практического применения целесообразно разместить именно в этой точке. Масштабирование кривой фактических деформаций в обоих направлениях также необходимо производить относительно этой точки.

В результате обработки результатов маркшейдерских инструментальных наблюдений, приведения кривых горизонтальных деформаций и их сглаживания получены типовые кривые для условий неполной подработки в диапазоне изменения D/H от 0,4 до 1,6 (рис. 2). В условиях современных технологий разработки угольного месторождения в Западном Донбассе длина очистных забоев в среднем составляет 200–250 м. Следовательно, полученный характер распределения горизонтальных деформаций дает возможность осуществлять их прогнозирование при глубинах до 800–1000 м.

Табличные коэффициенты функции типового распределения горизонтальных деформаций представлены в табл. 2.

С увеличением глубины подработки соотношение горизонтальных сжатий и растяжений земной поверхности изменяется. При $D/H=0,4$ максимальные сжатия превышают максимальные растяжения в четыре раза.

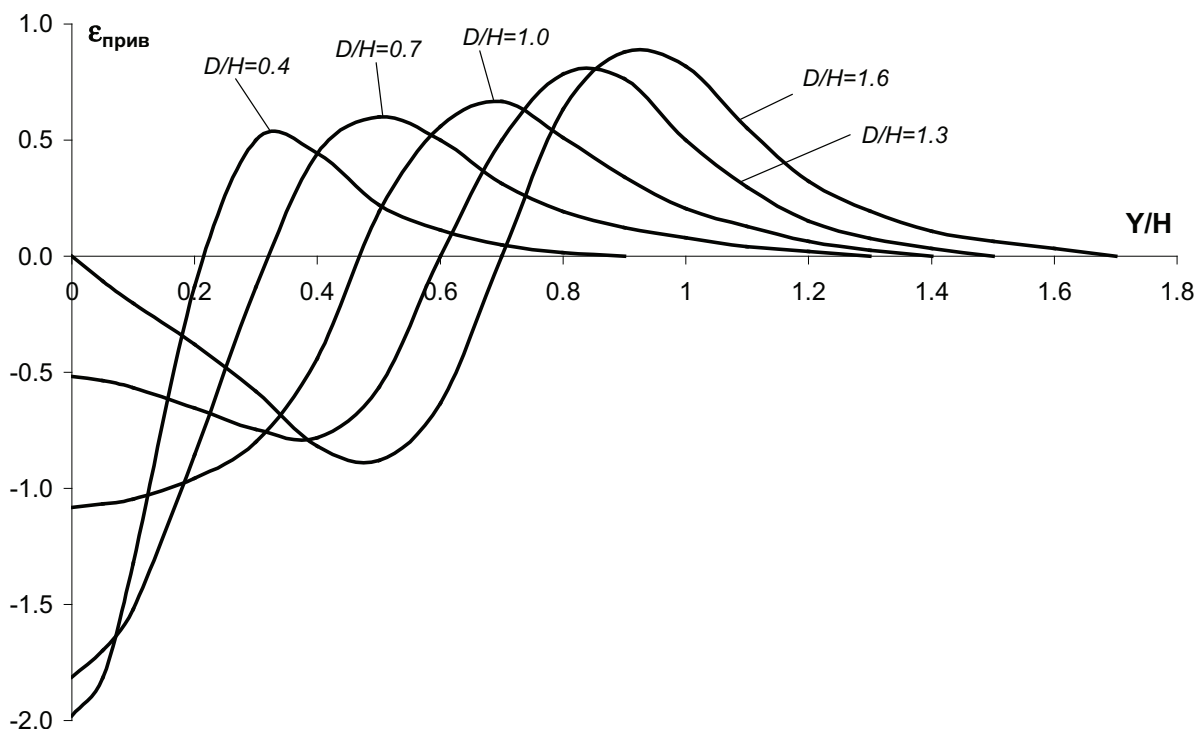


Рисунок 2 – Типовые кривые приведенных горизонтальных деформаций при различном соотношении D/H

Таблица 2 – Коэффициенты типовых кривых приведенных горизонтальных деформаций

$z_y=Y/H$	$F(\varepsilon_{npus})$				
	D/H				
	1,50	1,25	1	0,7	0,4
0	0,000	-0,518	-1,083	-1,812	-1,980
0,05	-0,107	-0,536	-1,068	-1,698	-1,816
0,1	-0,204	-0,566	-1,046	-1,520	-1,324
0,2	-0,379	-0,654	-0,956	-0,857	-0,130
0,3	-0,582	-0,745	-0,800	-0,134	0,526
0,4	-0,818	-0,783	-0,442	0,441	0,444
0,5	-0,880	-0,563	0,193	0,599	0,221
0,6	-0,633	0,000	0,559	0,500	0,112
0,7	0,000	0,500	0,667	0,312	0,048
0,8	0,633	0,785	0,509	0,193	0,000
0,9	0,880	0,765	0,342	0,123	
1,0	0,818	0,500	0,205	0,079	
1,1	0,552	0,297	0,128	0,041	
1,2	0,323	0,151	0,063	0,000	
1,3	0,195	0,077	0,000		
1,4	0,109	0,000			
1,5	0,065				
1,6	0,000				

*Примечание: Y – расстояние от точки с максимальным оседанием (начало координат) до заданной точки в рассматриваемом главном сечении.

Используя полученные для условий Западного Донбасса коэффициенты функции (табл. 2), можно определить значения горизонтальных деформаций в заданной точке рассматриваемого сечения:

$$\varepsilon(z_y) = \frac{F_{\varepsilon_{npus}}(z_y) \cdot m}{H},$$

где m – вынимаемая мощность пласта, H – глубина подработки.

ВЫВОДЫ. В результате выполнения анализа точности предложенной методики определения горизонтальных деформаций установлено, что среднее значение отклонения фактических и прогнозных горизонтальных деформаций не превышает 15 %. Это свидетельствует о достоверности полученных результатов исследований.

ЛИТЕРАТУРА

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.
2. Влияние геологического строения массива горных пород Западного Донбасса на процесс сдвижения / А.С. Кучин, С.Ф. Леонов // Наукові праці УкрНД-МІ. – 2011. – № 9, част.1. – С. 111 – 118.

HORIZONTAL STRAIN DISTRIBUTION AT PARTIAL UNDERWORKING OF SURFACE IN CONDITION OF WESTERN DONBAS COAL BASIN

A. Kuchin, E. Sdvigkova

State Higher Educational Institution “National Mining University”

prosp. K. Marks, 19, Dnepropetrovsk, Ukraine, 49000.

E-mail: as_kuchin@mail.ru.

The results of generalized instrumental observations with incomplete underworking of the earth's surface in the Western Donbas are presented in the article. Typical curves of horizontal strain distribution for small ratio of mined-out space to the depths of excavations are presented.

Key words: earth surface, horizontal deformation, underworking, typical curve.

REFERENCES

1. Pravila pidrobki budivel, sporud ta prirodni ob'ektiv pri vidobuvanni vugillya pidzemnim sposobom [Governed imitations of buildings, buildings and natural objects at mining by an underground method]: GSTU 101.00159226.001-2003. – [Chinniy vId 2003–11–22]. – К.: Minpalivenergo Ukrayini, 2003. – 126p.– tabl. – (Natsionalni standarti Ukrayini). (rus., ukr)
2. Kuchin A.S. Vliyanie geologicheskogo stroeniya massiva gorniyh porod Zapadnogo Donbassa na protsess sdvizheniya [Influence of geological structure of rock mass array on the subsidence process in Western Donbas] / A.S. Kuchin, S.F. Leonov // Naukovi pratsi UkrNDMI. – 2011. – №9. part.1. – pp.111-118. (rus).

Стаття надійшла 4.11.2013.

УДК 622.281.5

ШЛЯХИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТРИВАЛОЇ СТІЙКОСТІ ПРОТЯЖНИХ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК В УМОВАХ НЕСИМЕТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПРИ ВИКОРИСТАННІ РАМНОГО МЕТАЛЕВОГО КРІПЛЕННЯ

О. В. Халимендик, Г. Г. Сторчак, О. В. Халимендик, В. В. Пустовий

Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет» просп К. Маркса, 19, м. Дніпропетровськ, 49000, Україна.

E-mail: xalim_gs@mail.ru, gkeb_storchak@ukr.net

Наведено результати теоретичних і шахтних досліджень стійкості протяжних виробок вугільних шахт. Обґрунтовано критерії оцінки стану виробок. Проведено аналіз та узагальнення існуючих засобів забезпечення стійкості протяжних гірничих виробок в умовах несиметричних навантажень.