

К ВОПРОСУ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СДВИЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ПОДРАБОТКАХ

Г.Ф. Гаврюк, Е.В. Беличенко, Государственное ВУЗ «Национальный горный университет»,
Украина

По результатам натуральных инструментальных наблюдений на наблюдательных станциях установлены основные закономерности распределения горизонтальных и вертикальных сдвижений и деформаций земной поверхности в окончательно сформированной полумульде при подземной разработке Никопольского марганцевого месторождения.

Существующие в настоящее время эмпирические методы расчета ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности при подземной разработке месторождений полезных ископаемых [1,2] базируются, в основном, на типовых кривых, полученных для условий каждого месторождения или бассейна по данным натуральных инструментальных наблюдений на наблюдательных станциях.

В основу всех расчетов положены широко известные и популярные аналитические зависимости, предположенные Колбенковым С.П. [3], позволяющие рассчитывать горизонтальные и вертикальные сдвижения и деформации земной поверхности в мульде при закончившемся процессе сдвижения.

В нормативном документе, регламентирующем условия безопасной подработки сооружений и объектов – Правилах охраны для Никопольского марганцевого месторождения [2] для расчетов ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности при закончившемся процессе сдвижения и полной подработке рекомендованы следующие формулы:

$$\eta_{(x)} = \eta_0 S(z),$$

$$i_{(x)} = \frac{\eta_0}{L} S'(z),$$

$$k_{(x)} = \frac{\eta_0}{L^2} S''(z),$$

$$\xi_{(x)} = \eta_0 F(z), \quad (1)$$

$$\varepsilon_{(x)} = \frac{\eta_0}{L} F'(z), \quad (2)$$

где $\eta_{(x)}$, $i_{(x)}$, $k_{(x)}$, $\xi_{(x)}$, $\varepsilon_{(x)}$ – соответственно оседание, наклон, кривизна, горизонтальное сдвижение и горизонтальная деформация в точке с абсциссой X ; начало координат принимают в точке максимального оседания, L – длина полумульды сдвижения (рис. 1); $S(z)$, $S'(z)$, $S''(z)$, $F(z)$, $F'(z)$ – функции распределения величин оседаний, наклонов, кривизны, горизонтальных сдвижений и горизонтальных деформаций в полумульде сдвижения; $Z = \frac{x}{L}$ – отношение абсциссы определяемой точки к длине полумульды.

Известно, что для исследования закономерностей распределения горизонтальных и вертикальных сдвижений и деформаций должны быть данные линейных измерений (расстояний между реперами) и нивелировок по профильным линиям реперов наблюдательных станций. При этом устанавливают функции распределения оседаний $S(z)$, наклонов $S'(z)$, кривизны $S''(z)$ в полумульдах по результатам нивелировок реперов, расположенных в главных сечениях мульды сдвижения.

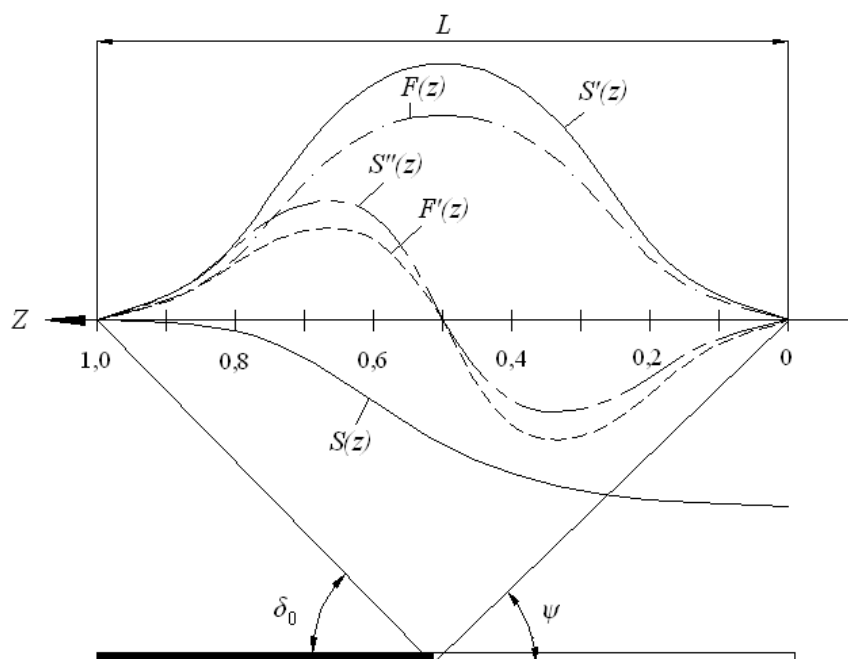


Рис. 1. Схема распределения сдвигов и деформаций в полумульде

Функции же распределения горизонтальных сдвигов $F(z)$ и горизонтальных деформаций $F'(z)$ получают на основании камеральной обработки линейных измерений – определения расстояний между рабочими реперами по профильным линиям. Известно, что такой весьма ответственный вид работ на наблюдательной станции требует от исполнителя определенных навыков в измерениях (проведение систематических проверок жестких отвесов, соблюдение достаточно высокой точности при измерениях расстояний, использование для измерений стальных компарированных рулеток и т.п.). Кроме того, процесс измерения расстояний между реперами занимает значительно большую часть времени (около 65-70%), отводимого на производство полной серии инструментального наблюдения на наблюдательной станции. Камеральная обработка результатов наблюдений (измерений расстояний) также занимает значительную часть времени.

Вышеуказанные обстоятельства вызывают необходимость проведения дополнительных исследований по формированию закономерностей в распределении горизонтальных и вертикальных сдвигов и деформаций в полумульдах.

Горно-геологические условия подземной разработки Никопольского месторождения характеризуются следующими параметрами:

- глубина разработки марганцеворудного пласта – от 60 до 100 м;
- вынимаемая мощность пласта – от 1,6 до 3,1 м;
- залегание пласта – почти горизонтальное;
- породы, слагающие толщу – наносы (различные глины, пески, суглинки, известняки и т.п.);
- система разработки – столбовая (отработка выемочных столбов осуществляется лавами и комплексно-механизированными заходками).

В Правилах охраны [2] приведены функции распределения горизонтальных и вертикальных сдвигов и деформаций земной поверхности в окончательно сформированной полумульде, полученные по результатам камеральной обработки данных натуральных инструментальных наблюдений на четырех наблюдательных станциях, заложенных на шахтах ПАО «Марганецкий ГОК». В качестве окончательных значений были приняты средние значения функций, полученные из пяти определений и представленные в табл. 1.

Значения функций $S(z)$, $S'(z)$, $S''(z)$, $F(z)$, $F'(z)$ при полной подработке

$Z = \frac{x}{L}$	$S(z)$	$S'(z)$	$S''(z)$	$F(z)$	$F'(z)$
0	1,00	0	0	0	0
0,1	0,98	0,33	-3,31	0,05	-0,39
0,2	0,93	0,68	-3,76	0,10	-0,66
0,3	0,85	1,20	-6,77	0,17	-0,85
0,4	0,71	1,90	-6,36	0,26	-0,72
0,45	0,59	2,12	0	0,35	0
0,5	0,50	2,05	2,28	0,30	0,23
0,6	0,30	1,71	5,38	0,22	0,83
0,7	0,14	1,11	6,72	0,14	0,82
0,8	0,07	0,61	3,32	0,08	0,52
0,9	0,02	0,32	2,63	0,03	0,28
1,0	0	0	0	0	0

Примечание. Максимальные значения функций $S'(z)$ и $F(z)$ соответствуют точке с абсциссой $Z=0,45$.

Исходными параметрами для расчетов ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности в полумульде являются:

– относительная величина максимального оседания q_0 (для участков, обрабатываемых лавами, $q_0=1,3$; для участков, обрабатываемых комплексно-механизированными заходками, $q_0=1,15$);

– относительная величина максимального горизонтального сдвижения $a_0=0,35$;

– граничные углы $\delta_0=50^\circ$. Вследствие горизонтального залегания марганцеворудного пласта угловые параметры процесса сдвижения принимают соответственно одинаковыми по всем направлениям;

– углы полных сдвижений $\psi =55^\circ$.

Следует подчеркнуть уникальные особенности геологического и гидрогеологического строения толщи горных пород Никопольского марганцевого месторождения, отличающиеся наличием в подрабатываемой породной толще нескольких водоносных горизонтов, усложняющих отработку выемочных столбов и влияющих на протекание процесса сдвижения горных пород и земной поверхности при подработках. Этим можно объяснить превышения величин оседаний земной поверхности по отношению к вынимаемой мощности марганцеворудного пласта [4].

На первый взгляд, при исследовании функций отмечается подобие в распределениях кривых сдвижений и деформаций в пределах полумульды: соответственно наклонов с горизонтальными сдвигами и кривизны с горизонтальными деформациями (рис. 1).

И действительно, корреляционный анализ функций $S'(z)$, $F(z)$ и $S''(z)$, $F'(z)$ подтверждает такое предположение – существует практически линейная зависимость между горизонтальными и вертикальными сдвигами и деформациями в полумульде сдвижения (рис. 2).

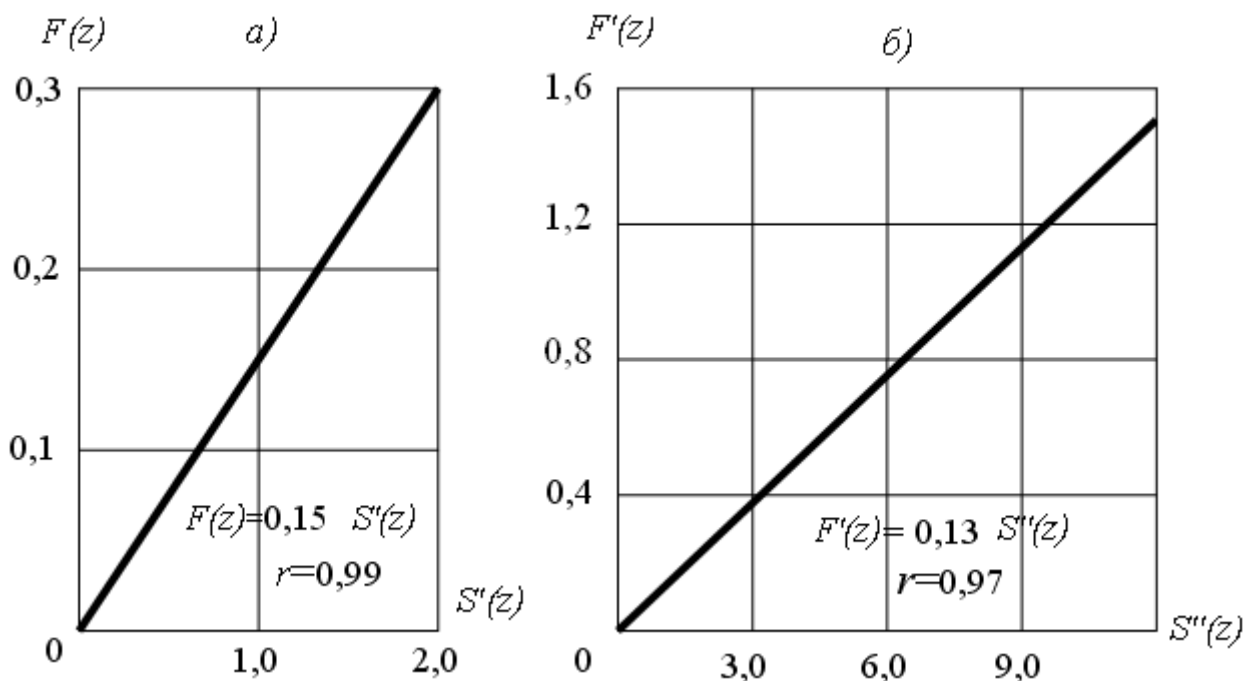


Рис. 2. Графики зависимости между функциями распределения горизонтальных сдвижений и наклонов (а), горизонтальных деформаций и кривизны (б) в полумульде; r – коэффициент корреляции

На графиках коэффициенты пропорциональности (0,15 и 0,13) незначительно отличаются друг от друга, поэтому в качестве их окончательных значений могут быть приняты средние – 0,14.

С учетом этого и установленных зависимостей формулы (1) и (2) могут быть преобразованы в следующие выражения:

$$\xi_{(x)} = 0,4a_0\eta_0 S'(z), \quad (3)$$

$$\varepsilon_{(x)} = 0,4a_0 \frac{\eta_0}{L} S''(z), \quad (4)$$

где $a_0=0,35$ – относительная величина максимального горизонтального сдвижения.

Полученные эмпирические зависимости (3) и (4) хорошо согласуются с формулами, предложенными Колбенковым С.П. [3] и широко используемыми в методике расчета ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности в нормативном документе – Правилах подработки для угольных месторождений [1].

Таким образом, для условий Никопольского месторождения подтверждены общие зависимости между распределениями горизонтальных и вертикальных сдвижений и деформаций, установленные исследователями на угольных месторождениях. Отличительной особенностью является незначительное отличие коэффициентов пропорциональности (в выражениях (3) и (4) они равны 0,4) от коэффициентов в формулах Правил подработки [1] (они равны 0,5).

Следует отметить, что для условий Никопольского марганцевого месторождения относительная величина максимального горизонтального сдвижения по всем наблюдательным станциям была зафиксирована в пределах 0,30-0,40.

Таким образом, на основании проведенных исследований процесса сдвижения земной поверхности для условий Никопольского марганцевого месторождения можно сформулировать следующие выводы:

1. Для расчетов горизонтальных сдвижений и деформаций земной поверхности в полумульде достаточно знания распределений вертикальных деформаций. Это обстоятельство позволяет отказаться от измерений расстояний между реперами (нет необходимости приобретения комплекта жестких отвесов, стальных компарированных рулеток, динамометров,

термометров и их доставки в район наблюдательных станций), значительно сократив при этом объемы полевых измерений на станциях при уточнении параметров процесса сдвижения земной поверхности.

2. Процессы формирования горизонтальных и вертикальных сдвижений и деформаций в полумульде практически идентичны.

3. Распределение горизонтальных и вертикальных сдвижений и деформаций в полумульде подчиняется определенным закономерностям. При этом установлены основные функциональные зависимости между горизонтальными и вертикальными сдвигами и деформациями, позволяющими существенно унифицировать методику прогнозирования ожидаемых сдвижений и деформаций при подработках.

Список литературы

1. ГСТУ 101.00159226.001–2003. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом. – Офіц. вид. – К.: Мінпаливенерго України, 2004. – 128 с.: іл., табл. – (Галузевий стандарт України).

2. Лисица И.Г. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок на Никопольском марганцевом месторождении / Лисица И.Г., Антипенко Г.А., Гаврюк Г.Ф. – Днепропетровск, 1985. – 38 с. *ил., табл.* – (Нормативный документ Министерства черной металлургии УССР. Инструкция).

3. Колбенков С.П. Аналитическое выражение типовых кривых сдвижения поверхности / С.П. Колбенков / Тр. ВНИМИ. – Л.: 1961, сб. XLIII, – С. 43-46.

4. Лисица И.Г. Особенности процесса сдвижения земной поверхности при разработке Никопольского месторождения / И.Г. Лисица, Г.А. Антипенко, Г.Ф. Гаврюк / Разработка месторождений полезных ископаемых. Вып. 91, К.: Техніка, 1992. С.38-43. – *Библиогр.:* с. 43.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ АМПЛИТУДЫ ТЕКТОНИЧЕСКОГО НАРУШЕНИЯ

М.В. Чемакина, ГВУЗ «Национальный горный университет», Украина

В статье представлены особенности изменчивости амплитуды разрывного тектонического нарушения. В результате проведенных исследований и их математической обработки была определена зависимость затухания (возрастания) амплитуды дизъюнктива от его протяженности. Представленные результаты позволяют учитывать изменчивость амплитуды при составлении карты перехода разрывного тектонического нарушения.

Сложные горно-геологические условия, представленные мелкоамплитудными тектоническими нарушениями угольного пласта, значительным образом влияют на ведение очистных работ в этих зонах. Значительные трудности возникают при пересечении дизъюнктивов механизированными комплексами. В связи с этим прогноз и особенности распространения разрывных тектонических нарушений являются важными показателями при планировании горных работ в нарушенных зонах.

Одним из влияющих геометрических параметров дизъюнктива является его амплитуда. Изучение разрывных тектонических нарушений по геолого-маркшейдерским данным при разработке месторождений показывает, что амплитуда каждого дизъюнктива изменяется от максимальных значений до полного затухания [1].

В условиях шахт Западного Донбасса чаще всего дизъюнктивы вскрыты на одном горизонте. Естественно, их прослеживание горными выработками является не целесообразным и экономически не выгодным для горных предприятий.

Встреча двумя выработками в одной из половин эпюры дизъюнктива в плоскости одного пласта вызывает необходимость прогнозировать его затухание или увеличение амплитуды. Количественная оценка изменчивости амплитуд в условиях Западного Донбасса исследовалась определением соотношения протяженности тектонического нарушения и амплитуды дизъюнктива [2].