

УДК 622.1:528.481:622.58

Г.Ф. Гаврюк, канд. техн. наук

Государственное высшее учебное заведение „Национальный горный университет“, г.Днепропетровск, Украина

ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СДВИЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВО ВРЕМЕНИ НАД ДВИЖУЩИМСЯ ОЧИСТНЫМ ЗАБОЕМ

G.F. Gavriuk, Cand. Sc. (Tech.)

State Higher Educational Institution "National Mining University", Dnipropetrovsk, Ukraine

GENERAL CONFORMITIES TO LAW OF SHIFTINGS AND DEFORMATIONS OF EARTH SURFACE TIME DISTRIBUTION UNDER MOVING PRODUCTION FACE

Использована методика специальной камеральной обработки результатов частотных инструментальных наблюдений на наблюдательных станциях, заложенных на земной поверхности на территориях шахт Марганецкого ГОКа. Установлены общие закономерности распределения сдвижений и деформаций земной поверхности в динамической полумульде над движущимся очистным забоем.

Ключевые слова: наблюдательная станция, частотные инструментальные наблюдения, динамическая полумульда, деформации земной поверхности

При решении вопросов подработки различных сооружений и объектов земной поверхности в соответствии с существующими нормативными документами, регламентирующими вопросы подработки различных сооружений и объектов земной поверхности [1,2], выполняются расчеты сдвижений и деформаций в мульде и назначаются меры охраны только при закончившемся процессе сдвижения. Это обстоятельство, к сожалению, не позволяет достаточно эффективно решать вопросы охраны подрабатываемых зданий и сооружений, поскольку не решается актуальный вопрос прогнозирования сдвижений и деформаций земной поверхности над движущимся очистным забоем.

Известно, что процесс сдвижения земной поверхности во времени при движущемся забое имеет ряд принципиальных и отличительных особенностей [3–5]. Исследователями, в основном для угольных месторождений, ранее установлены зависимости, позволяющие значительно повысить точность прогнозирования динамических параметров процесса сдвижения, возникающих при отработке угольных пластов. Следует отметить, что настоящая статья не ставит своей целью дать ответы на вопросы формирования области сдвижения горных пород вокруг движущейся очистной выработки, и является лишь попыткой исследования некоторых параметров, касающихся распределения сдвижений и деформаций над движущимся забоем в главном сечении динамической полумульды на примере Никопольского марганцевого месторождения.

Как известно, процесс сдвижения на данном месторождении характеризуется рядом отличительных особенностей – наличием в подрабатываемой породной толще нескольких водоносных горизонтов, значительно осложняющих отработку марганцеворудного пласта.

Поэтому на участках, намечаемых к отработке, проводится предварительное водопонижение. Установлено, что в результате снятия напоров водоносных горизонтов рыхлые покровные отложения уплотняются, вызывая сдвижения и деформации земной поверхности.

Горно-геологические условия подземной разработки Никопольского месторождения следующие:

- глубина разработки – от 60 до 100 м;
- вынимаемая мощность марганцеворудного пласта – от 1,6 до 3,1 м;
- залегание пласта – 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).

На шахтах ОАО „Марганецкий ГОК“ ведение очистных горных работ в условиях водопонижения оказывает решающее влияние на процесс сдвижения горных пород и земной поверхности. Снижение пьезометрических уровней водоносных горизонтов приводит к росту эффективных напряжений в подрабатываемом массиве и уменьшению пористости пород, вызывая дополнительные сдвижения и деформации подрабатываемых территорий.

При исследовании процесса сдвижения во времени на Никопольском марганцевом месторождении проводились серии частотных инструментальных наблюдений на наблюдательных станциях, заложенных на шахтах Марганецкого ГОКа. Для этого на территориях трех шахт в районах горных работ в различные периоды времени были заложены четыре наблюдательные станции. Характеристика наблюдательных станций представлена в табл. 1.

Следует отметить, что основные профильные линии реперов станций были заложены в главных

сечениях мульды сдвижения. Целью проведения таких наблюдений было изучение процесса деформирования подрабатываемой породной толщи во

времени в условиях очистной отработки марганцеворудного пласта и предварительного водопонижения.

Таблица 1

Характеристика наблюдательных станций

| № пп | Наименование параметров | Номер наблюдательной станции | | | |
|------|---|------------------------------|---------------|-----------|---------------|
| | | №1 | №2 | №3 | №4 |
| 1. | Номер шахты | 4–7 | 6 | 6 | 9–10 |
| 2. | Технология отработки марганцеворудного пласта | заходки, лава | заходки, лава | лава | заходки, лава |
| 3. | Средняя глубина разработки, м | 100 | 88...89 | 76,5 | 75..77,5 |
| 4. | Вынимаемая мощность пласта, м | 2,02 | 2,8...3,0 | 2,6...2,8 | 2,9...3,1 |
| 5. | Количество профильных линий | 4 | 4 | 2 | 3 |
| 6. | Расстояния между реперами, м | 5...10 | 10 | 10 | 10 |
| 7. | Количество рабочих реперов | 178 | 174 | 68 | 142 |
| 8. | Максимальная скорость оседания реперов, мм/сут. | 31 | 67 | 36 | 132 |
| 9. | Скорость подвигания очистного забоя, м/мес. | 10...33 | 30...35 | 8...25 | 42...62 |
| 10. | Количество серий наблюдений | 13 | 23 | 7 | 12 |
| 11. | Период времени между наблюдениями, сут. | 15 | 2...15 | 30 | 15 |

Натурные инструментальные наблюдения на наблюдательных станциях проводились с различной частотой (от 1–2 до 20–30 суток), при этом фиксировалось положение линии очистного забоя на момент производства измерений.

По результатам инструментальных наблюдений были определены величины сдвижений и деформаций земной поверхности на момент каждого наблюдения.

Для установления общих закономерностей распределения сдвижений и деформаций во времени над движущимся очистным забоем была выполнена специальная камеральная обработка результатов, сущность которой заключается в следующем.

На графиках (рис. 1) в виде системы прямоугольных координат на оси абсцисс откладывают время в сутках и даты наблюдений, по оси ординат – величины сдвижений, деформаций и расстояния L от искомого репера до линии движущегося забоя. Расстояние L определялось на совмещенном плане горных работ и наблюдательных станций (масштаб 1:1000) по датам маркшейдерских замеров. Условно этому расстоянию присваивался знак (+), если забой подходил к реперу, и знак (–) – после прохождения забоя под репером. Масштабы времени, величин деформаций и расстояний выбирались с учетом удобства пользования графиками и соблюдения необходимой точности отображаемых результатов.

Отложив по оси ординат расстояние L на каждую дату маркшейдерского замера (декадного или месячного) и соединив отмеченные точки положения забоя лавы, получатся линии движущегося забоя относительно исходного репера. На графиках точка пересечения линии забоя с осью абсцисс соответствует положению очистного забоя, при котором он находится под исходным репером.

Вычисленные величины сдвижений и деформаций на графиках откладываются следующим образом. Через точку на оси абсцисс, соответствующую дате наблюдений, проводится вертикальная линия до пересечения с линией движущегося забоя. Ордината полученной точки равна расстоянию L от исходного репера до забоя лавы на данную дату наблюдений. Прибавляя к расстоянию L последовательно 5, 15, 25 м и т.д. (при расстояниях между рабочими реперами 10 м) определяются значения расстояний L_1, L_2, L_3 и т.д. от забоя до реперов (или середины соответствующих интервалов) профильной линии. На линии движущегося забоя по ординатам, равным L_1, L_2, L_3 и т.д., находят точки, через которые проводятся вертикальные линии. На этих линиях откладывают ординаты, равные величинам сдвижений или деформаций соответствующего интервала профильной линии, находят точки, например с наклонами i_1', i_2', i_3' и т.д., которые характеризуют дискретное распределение сдвижений и деформаций в движущейся полумульде на данную дату наблюдения в зависимости от расстояния до линии очистного забоя.

Аналогично находят точки с величинами сдвижений или деформаций в интервалах на другие даты наблюдений (например наклоны i_1'', i_2'', i_3'' и т.д.). По тому же принципу построены графики оседаний, наклонов, горизонтальных сдвижений и горизонтальных деформаций земной поверхности.

В камеральную обработку были включены данные 15 частотных инструментальных наблюдений (наблюдательная станция № 2) по 30 рабочим реперам профильной линии №1 и 9 инструментальных наблюдений по 35 рабочим реперам профильной линии №1 (наблюдательная станция № 4).

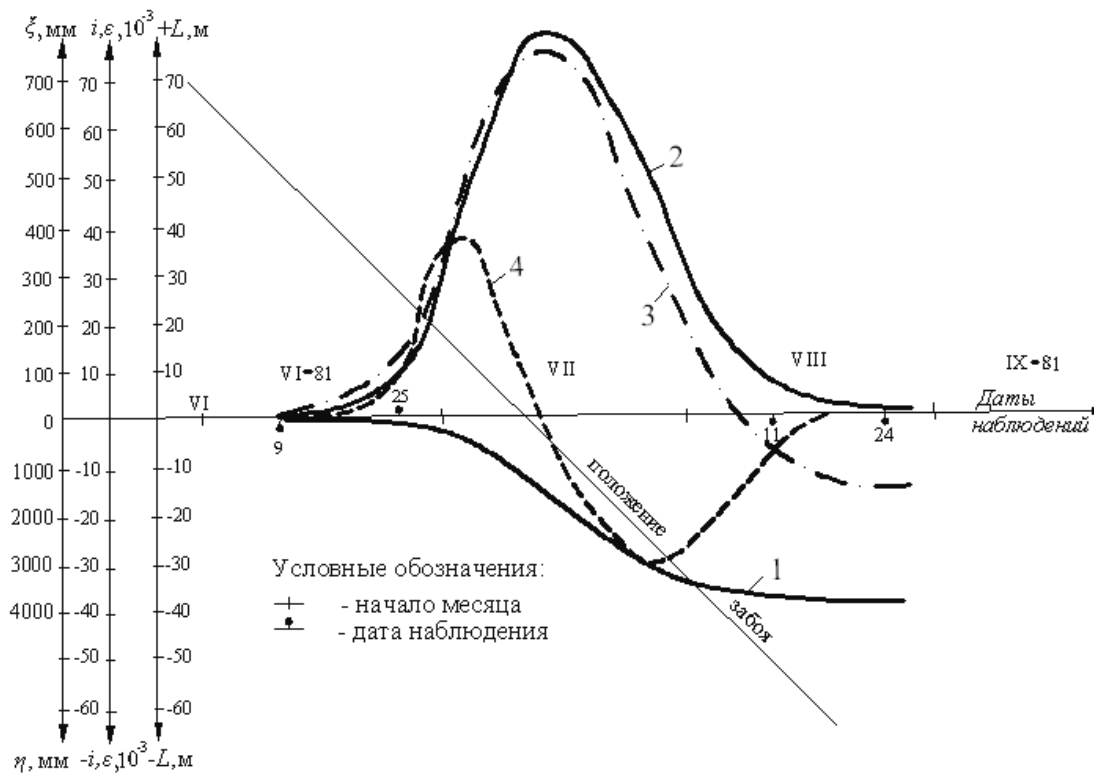


Рис. 1. Графики оседаний (1), горизонтальных сдвижений (2), наклонов (3) и горизонтальных деформаций (4) во времени над движущимся очистным забоем по наблюдательной станции № 4

Известно, что статическая полумульда сдвижения при полной подработке ограничивается двумя угловыми параметрами: граничным углом δ_0 над целиком и углом полных сдвижений ψ над выработанным пространством. При этом граничные углы определяют по таким критическим деформациям, как наклон $i = 0,5 \times 10^{-3}$, растяжение $\varepsilon = 0,5 \times 10^{-3}$. Углы полных сдвижений образуются на вертикальных разрезах по главным сечениям мульды сдвижения между плоскостью пласта и линией, соединяющей границу выработки с границей плоского дна мульды сдвижения на земной поверхности. Как правило, для закончившегося процесса сдвижения установление границ плоского дна мульды не вызывает никаких затруднений — они определяются по результатам нивелировок профильных линий реперов наблюдательных станций.

Формирование же динамической полумульды при движущемся очистном забое происходит несколько иначе. Образование динамических граничных углов δ_{00} впереди движущегося забоя подчиняется определенным закономерностям. Так при проведении частотных инструментальных измерений на всех 4 наблюдательных станциях впереди линии забоя (24 наблюдения) было установлено, что величины граничных динамических углов по значениям критических деформаций составляли $\delta_{00} = 50,5-52^\circ$. При этом более пологими являлись углы по критерию деформаций растяжений. Таким образом, учитывая низкую несущую способность подрабатываемой породной толщи на Никопольском марган-

цевом месторождении, можно утверждать, что процесс формирования динамических граничных углов δ_{00} происходит весьма интенсивно и мало отличается от значений граничных углов при закончившемся процессе сдвижения ($\delta_0 = 50^\circ$) [3].

Нами получены функции распределения типовых динамических кривых оседаний, наклонов, горизонтальных сдвижений и горизонтальных деформаций в динамической полумульде при полной подработке для условий Никопольского марганцевого месторождения (табл. 2). Анализ полученных результатов показал, что значения указанных функций в точках полумульды отличаются от значений, полученных для условий закончившегося процесса сдвижения при полной подработке [1].

По результатам выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Формирование участка максимальных оседаний земной поверхности (участка плоского дна движущейся полумульды сдвижения) сопровождается более сложными процессами, чем в статической мульде. При этом на значительном удалении позади движущегося забоя над выработанным пространством еще происходит формирование сдвижений и деформаций.

2. Законы распределения сдвижений и деформаций по наблюдательным станциям в движущейся полумульде значительно отличаются от статических [4]. Это обстоятельство нужно учитывать при выборе мер охраны подрабатываемых сооружений и объектов.

Графики распределения сдвижений и деформаций над движущимся забоем при полной подработке

| Z | $S(z)_\delta$ | | $S'(z)_\delta$ | | $F(z)_\delta$ | | $F'(z)_\delta$ | |
|-----|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | Набл. станция №2 | Набл. станция №4 | Набл. станция №2 | Набл. станция №4 | Набл. станция №2 | Набл. станция №4 | Набл. станция №2 | Набл. станция №4 |
| 0 | 1,00 | 1,00 | 0,37 | 0,30 | -0,04 | -0,05 | -0,57 | -0,55 |
| 0,1 | 0,96 | 0,96 | 0,67 | 0,62 | 0,01 | -0,01 | -0,89 | -0,89 |
| 0,2 | 0,90 | 0,91 | 1,11 | 1,07 | 0,06 | 0,02 | -1,07 | -1,02 |
| 0,3 | 0,79 | 0,80 | 1,59 | 1,58 | 0,12 | 0,12 | -1,13 | -1,16 |
| 0,4 | 0,65 | 0,60 | 2,05 | 1,99 | 0,17 | 0,18 | -0,74 | -0,79 |
| 0,5 | 0,52 | 0,49 | 2,50 | 2,45 | 0,20 | 0,19 | -0,35 | -0,25 |
| 0,6 | 0,38 | 0,33 | 2,29 | 2,37 | 0,197 | 0,17 | 0,52 | 0,47 |
| 0,7 | 0,24 | 0,15 | 1,63 | 1,69 | 0,14 | 0,07 | 1,04 | 1,10 |
| 0,8 | 0,09 | 0,02 | 0,68 | 0,62 | 0,08 | 0,03 | 0,56 | 0,41 |
| 0,9 | 0,02 | 0,01 | 0,13 | 0,06 | 0,03 | 0,01 | 0,07 | 0,03 |
| 1,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Примечание. В таблице $S(z)_\delta$, $S'(z)_\delta$, $F(z)_\delta$, $F'(z)_\delta$ – функции распределения типовых динамических кривых оседаний, наклонов, горизонтальных сдвижений и горизонтальных деформаций в динамической полумульде по наблюдательным станциям.

3. Установленные общие закономерности формирования области максимальных оседаний динамической мульды сдвижений объясняют факт наличия остаточных горизонтальных сдвижений в плоском дне мульды при закончившемся процессе сдвижения. Это явление, к сожалению, не нашло отражения в нормативных документах как на марганцеворудных, так и на угольных месторождениях Украины и может быть причиной неверной оценки влияния подземных горных разработок на земную поверхность и подрабатываемые объекты.

Полученные результаты относятся к условиям разработки пластовых месторождений с горизонтальным залеганием пород и в дальнейшем могут служить основой для совершенствования методики прогнозирования сдвижений и деформаций земной поверхности при подработках.

Список литературы

1. 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 СССР. Инструкция).
2. 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.: ил., табл. – (Галузевий стандарт України).
3. Сдвижение земной поверхности на пластовых месторождениях Приднепровья / [Антипенко Г.А., Гаврюк Г.Ф., Кучин А.С., Назаренко В.А.]. – Д.: Национальный горный университет, 2010. – 184 с.

4. Методические указания по расчёту деформаций земной поверхности во времени и горно-геометрическому прогнозированию охраны поим рек при подземной разработке угольных пластов в Западном Донбассе / Министерство угольной промышленности УССР, Донецк, 1986. – 54 с.: ил., табл. – (Нормативный документ Министерства угольной промышленности УССР. Инструкция).

5. Сдвижение горных пород и земной поверхности при подземных разработках / [Букринский В.А., Орлов Г.В. и др.]; под ред. В.А. Букринского и Г.В. Орлова. – М.: Недра, 1984. – 247 с. ил., табл. – Библиогр.: С. 243–244.

Використана методика спеціальної камеральної обробки результатів частотних інструментальних спостережень на спостережних станціях, які закладені на земній поверхні на території шахт Марганецького ГЗК. Встановлено загальні закономірності розподілу зрушень і деформацій земної поверхні в динамічній напівмульді над очисним вибоєм, що рухається.

Ключові слова: спостережна станція, частотні інструментальні спостереження, динамічна напівмульда, деформації земної поверхні

It has been applied the method of special laboratory treatment of the results of the frequency instrumental observations on the observant stations, installed at earth surface within territories of mines of Marganets Ore-Dressing Plant. General conformities to law of distribution of shifts and deformations of earth surface are set in a dynamic semimould under moving production face.

Keywords: observant station, frequency instrumental observations, dynamic semimould, earth surface deformations

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук О.М. Ша-шенком. Дата надходження рукопису 15.11.10