

вибропитателя при ударных нагрузках, а характер зависимости от каждого из них и количественная оценка напряжений в лотке позволяют определять рациональные параметры конструкций. Следует отметить, что, несмотря на положительное влияние защитного слоя руды на лотке питателя, этот метод не является конструктивным, поскольку связан с технологией выпуска и не может обеспечить стабильность показателей толщины слоя.

Вывод

Выполненные исследования показали, что защитная резиновая футеровка обеспечивает снижение концентрации напряжений в зоне контакта соударения рабочего органа вибропитателя с падающими кусками руды более чем в 5 раз. Это объясняется деформационными и диссипативными свойствами резинового слоя, обеспечивающими увеличение времени контакта и распределение по увеличенной площади контактных напряжений. Причем, с уменьшением твердости слоя резиновой футеровки ее положительное влияние увеличивается, что необходимо учиты-

вать при выборе футеровки или проектировании конструкции машины.

Библиографический список

1. Резина в горном деле / В.Н. Потураев, В.И. Дырда, В.П. Надутый. – М.: Недра, 1974. – 150 с.
2. Вибрационная техника и технологии в энергоемких производствах / В.Н. Потураев, В.П. Франчук, В.П. Надутый: Монография. – Днепропетровск: Национальная горная академия Украины, 2002. – 230 с.
3. Защитные футеровки и покрытия горнообогатительного оборудования / А.А. Тарасенко, Е.Ф. Чижик, А.А. Взоров, В.А. Настоящий: Монография. – М.: Недра, 1985. – 204 с.
4. Анализ ударного взаимодействия кусковой горной массы с рабочими поверхностями машин и оборудования / В.П. Надутый, В.В. Сухарев, Д.В. Белюшин // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. – Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 2012. – Вып. 103. – С. 152-159.

Поступила 21.11.2012

УДК 622.1:528.481:622.58

Кулак В.П.

ПАО «Марганецкий ГОК»



Гаврюк Г.Ф. /к.т.н./

ГВУЗ «НГУ»

Производство

Особенности рекультивации земель при сдвигении земной поверхности в динамической полумульде

По результатам натурных инструментальных наблюдений на наблюдательных станциях получены типовые кривые распределения вертикальных сдвижений и деформаций земной поверхности в динамической полумульде. Ил. 1. Табл. 2. Библиогр.: 3 назв.

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

According to the results of natural instrumental inspections on the observation stations typical distribution curves of vertical displacement and deformation of the earth's surface in a dynamic half-mould were obtained.

Keywords: observation station, frequency instrumental observations, dynamic half-mould, earth surface deformation

На карьерах ПАО «Марганецкий ГОК» (МГОК) проводятся интенсивные работы по восстановлению земной поверхности, нарушенной как при открытой, так и подземной добыче марганца. Всего рекультивировано ПАО «МГОК» 2585,1 га земель, из них, нарушенных открытыми горными работами, - 2047,7 га, подземными горными работами - 537,4 га.

При открытой разработке применяется комбинированная система разработки вскрышных пород с использованием различных видов горнотранспортного оборудования.

Основной надрудный уступ, высотой до 35 м, обрабатывается шагающими экскаваторами по бестранспортной схеме с расположением вскрышных пород в 1-м ярусе внутренних отвалов. Два уступа известня-

ковых пород, высотой до 10 м, обрабатывается одноковшовыми карьерными экскаваторами с погрузкой вскрыши на автотранспорт и вывозкой пород во 2-й ярус внутренних отвалов. Передовой уступ, сложенный красно-бурыми глинами и потенциально плодородными суглинками обрабатывается по автотранспортной схеме и роторным экскаватором с конвейерной транспортировкой вскрышных пород в 3-й ярус внутренних отвалов. Транспортировка, складирование плодородного слоя производится автотранспортом. Таким образом, обеспечивается селективная выемка и укладка вскрышных пород в соответствии со стратегическим их расположением в природной толще.

Выполняются планировочные работы, при которых производят полное выравнивание всей пло-

Таблица 1. Характеристика наблюдательных станций

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

щади отвалов. Затем на их поверхности наносят потенциально-плодородный слой пород. Он, при необходимости, покрывается черноземом. Так как направление рекультивации лесохозяйственное, то допускается формирование поверхности слоями потенциально-плодородных пород.

Рекультивация земель, нарушенных подземными горными работами, имеет существенные особенности. Они заключаются в том, что деформации земной поверхности, которые происходят в динамической мульде сдвижения и, которые образуются в мульде при закончившемся процессе сдвижения, различны. А это влияет на период выполнения работ по рекультивации, объемы работ и место выполнения.

В нормативном документе [1] для условий Никопольского марганцевого месторождения, регламентирующим вопросы выбора мер охраны подрабатываемых сооружений и объектов земной поверхности, разработана методика расчета ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности. Данная методика имеет ряд ограничений и применима только для условий полной подработки и закончившегося процесса сдвижения. Известно [2], что параметры процесса сдвижения во времени при движущемся очистном забое отличаются от статических параметров при закончившемся процессе сдвижения рядом принципиальных особенностей.

Это не позволяет эффективно решать вопросы охраны подрабатываемых зданий и сооружений, поскольку не решается актуальный вопрос прогнозирования сдвижений и деформаций земной поверхности во времени над движущимся очистным забоем.

Используемые эмпирические методы расчета ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности при подземной разработке месторождений полезных ископаемых базируются, в основном, на типовых кривых, полученных для условий каждого месторождения или бассейна по данным натурных инструментальных наблюдений на наблюдательных станциях.

Ниже изложены исследования процесса сдвижения земной поверхности в динамической полумульде при подземной отработке марганцевого рудного пласта на примере Никопольского марганцевого месторождения. Горно-геологические условия подземной разработки месторождения следующие:

- глубина разработки – от 60 до 100 м;
- вынимаемая мощность марганцеворудного пласта – от 1,6 до 3,1 м;
- залегание пласта – почти горизонтальное;
- породы, слагающие толщу, представлены песчано-глинистыми отложениями – наносами (различными глинами, песками, суглинками, известняками и т.п.);
- система разработки – столбовая (отработка выемочных столбов осуществлялась лавами и комплексно-механизированными заходками).

Известно, что на месторождении в подрабатываемой породной толще имеются несколько водоносных горизонтов (как напорных, так и безнапорных), значительно усложняющих отработку марганцеворудного пласта и оказывающих существенное влияние на параметры процесса сдвижения. На шахтах на участках, намечаемых к отработке, проводится предварительное водопонижение. Установлено, что снижение пьезометрических уровней водоносных горизонтов приводит к росту эффективных напряжений в подрабатываемом массиве и уменьшению пористости пород, вызывая дополнительные сдвижения и деформации подрабатываемых территорий [3].

При исследовании процесса сдвижения во времени в динамической полумульде проводились серии частотных инструментальных наблюдений на наблюдательных станциях, заложенных на шахтах ПАО «МГОК». 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 наблюдательных станций были заложены в главных сечениях мульды сдвижения, где происходит максимальное развитие процесса сдвижения.

Натурные инструментальные наблюдения на наблюдательных станциях проводились с различной частотой (от 1-2 до 20-30 сут.), 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 рас-

пределения сдвижений и деформаций во времени над движущимся очистным забоем была выполнена специальная камеральная обработка результатов, сущность которой заключается в следующем.

На графиках (рисунок) 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, получают линию 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.). На этом же принципе построены графики оседаний, на-

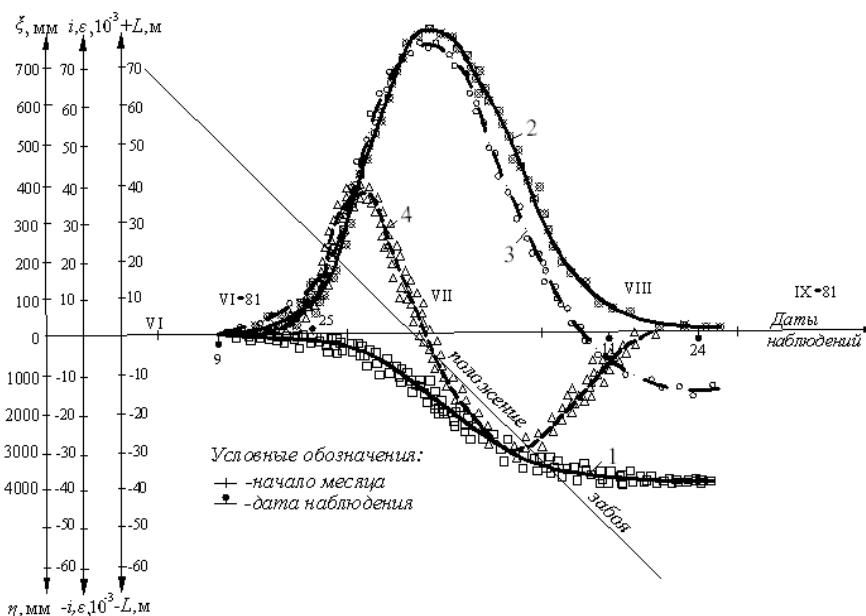


Рисунок. Графики оседаний (1), горизонтальных сдвижений (2), наклонов (3) и горизонтальных деформаций (4) во времени над движущимся очистным забоем по наблюдательной станции № 4

клонов, 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).

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 определялись 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 и измерений длин интервалов между реперами по профильным линиям наблюдательных станций.

Формирование же динамической полумульды во времени при движущемся очистном забое происходит несколько иначе. Образование динамических граничных углов δ_{0d} 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 составили $\delta_{0d} = 50,5-52^\circ$. При этом более пологими являлись углы по критерию горизонтальных деформаций растяжений. Таким образом,

Таблица 2. Функции типовых кривых сдвижений и деформаций земной поверхности в динамической и статической полумульдах при полной подработке

Z	$S(z)_d$	$S(z)$	$S'(z)_d$	$S'(z)$	$F(z)_d$	$F(z)$	$F'(z)_d$	$F'(z)$
0	1,00	1,00	0,37	0	-0,04	0	-0,57	0
0,1	0,96	0,98	0,67	0,33	0,01	0,05	-0,89	-0,39
0,2	0,90	0,93	1,11	0,68	0,06	0,10	-1,07	-0,66
0,3	0,80	0,85	1,59	1,20	0,12	0,17	-1,13	-0,85
0,4	0,62	0,71	2,05	1,90	0,17	0,26	-0,74	-0,72
0,45	-	-	-	2,12	-	-	-	-
0,5	0,50	0,50	2,50	2,05	0,20	0,30	-0,35	0,23
0,6	0,36	0,30	2,29	1,71	0,197	0,22	0,52	0,83
0,65	-	-	-	-	-	-	1,10	0,95
0,7	0,20	0,14	1,63	1,11	0,14	0,14	1,04	0,82
0,8	0,06	0,07	0,68	0,61	0,08	0,08	0,56	0,52
0,9	0,02	0,02	0,13	0,32	0,03	0,03	0,07	0,28
1,0	0	0	0	0	0	0	0	0

Примечание. В таблице $S(z)_d$, $S'(z)_d$, $F(z)_d$, $F'(z)_d$ – функции распределения типовых кривых оседаний, наклонов, горизонтальных сдвижений и горизонтальных деформаций в динамической полумульде; $S(z)$, $S'(z)$, $F(z)$, $F'(z)$ – соответственно функции распределения типовых кривых оседаний, наклонов, горизонтальных сдвижений и горизонтальных деформаций в статической полумульде при закончившемся процессе сдвижения

учитывая низкую несущую способность подрабатываемой породной толщи на Никопольском марганцевом месторождении можно утверждать, что процесс формирования динамических граничных углов δ_{0d} происходит весьма интенсивно и незначительно отличается от значений граничных углов при закончившемся процессе сдвижения ($\delta_0 = 50^\circ$) [1, 2].

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, 2]. При этом максимумы функций типовых кривых вертикальных и горизонтальных сдвижений в динамической полумульде несколько меньше статических и наоборот – максимумы функций типовых кривых вертикальных деформаций наклонов и горизонтальных деформаций несколько больше статических на следующие величины: наклоны – на 12-32 %, горизонтальные деформации – на 18-33 %.

Таким образом, 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.

Законы распределения сдвижений и деформаций по наблюдательным станциям в движущейся полумульде значительно отличаются от статических [3]. Это обстоятельство нужно учитывать проектными организациями при составлении проектов рекультивации

нарушенных горными работами участков земной поверхности и выборе эффективных мер охраны подрабатываемых сооружений и объектов.

Основными видами деформации поверхностного слоя, нарушенного подземными горными работами, являются мульды оседания, трещиноватость, образование террас. Главное направление рекультивации — дальнейшее участие этих земель в севообороте.

На комбинате принят следующий вариант восстановления нарушенных площадей:

- нанесение дополнительного объема потенциально-плодородных пород на зоны трещин;
- тампонаж трещин и провалов;
- перевозка из отвалов чернозема и нанесение плодородного слоя на нарушенные земельные участки с последующей бульдозерной планировкой.

На основании полученных результатов производится эффективная рекультивация земель, нарушенных горными работами, обеспечивающая их использования в сельскохозяйственных целях.

Библиографический список

1. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок на Никопольском марганцевом месторождении / Лисица И.Г. и др. // Нормативный документ Министерства черной металлургии УССР. Инструкция). – Днепропетровск, 1985. – 38 с.
2. Сдвижение земной поверхности на пластовых месторождениях Приднепровья / Г.А. Антипенко, Г.Ф. Гаврюк, А.С. Кучин, В.А. Назаренко – Днепропетровск: НГУ, 2010. – 184 с.
3. 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.

Поступила 20.11.2012