

Аверин Г. А.
к.т.н., доцент,
Доценко О. Г.
к.т.н.,
Корецкая Е. Г.
ассистент

Донбасский государственный технический институт, г. Алчевск, ЛНР

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСЕДАНИЙ ПОДРАБОТАННОЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В УСЛОВИЯХ ШАХТЫ «ВЕРГЕЛЕВСКАЯ» С УЧЕТОМ КРЕПКИХ ПОРОД, ЗАЛЕГАЮЩИХ В МАССИВЕ

По мере подвигания очистных забоев при выемке угольных пластов происходит обрушение вышележащих породных слоев, что вызывает образование пустот значительных размеров. Слои, представляющие осадочные породы различного литологического состава и крепости, залегающие в кровле очистных забоев, под действием силы тяжести приходят в движение, обуславливая развитие процесса сдвижения всей толщи до земной поверхности.

Продолжительные наблюдения за подработкой объектов показали, что при соблюдении определенных условий возможна подработка объектов без нарушения их нормальной эксплуатации. Такими условиями являются: значительная глубина разработки, специально разработанные способы выемки полезных ископаемых, усиление объектов перед подработкой специальными конструкторскими решениями и др.

Правильный и научно обоснованный подход к выбору мер охраны зданий и сооружений требует всестороннего изучения проявлений и установления закономерностей развития процесса сдвижения подработанной толщи пород и земной поверхности. Важно достоверно прогнозировать величины сдвижений и деформаций, рассчитываемых в главных сечениях мульды сдвижения земной поверхности. Прогноз оседаний основывается на методе типовых кривых, безразмерных функций распределения оседаний, наклонов, кривизны, величины горизонтальных сдвижений и относительных горизонтальных деформаций. В расчетных формулах определения указанных величин, значение максимального оседания выступает в качестве переменной. Погрешность определения оседаний влияет на точность прогноза величин деформаций, используемых при выборе мер охраны подрабатываемых объектов.

Нормативная методика [1] прогноза дает значительную погрешность: расчетные значения оседаний земной поверхности могут превышать фактические в два раза. Причины расхождения на данный момент достаточно не изучены. По мнению авторов на точность прогноза влияет учет такого фактора, как наличие крепких породных слоев в структуре подработанного массива. В работе [2] авторами предложено использовать к результатам прогноза по нормативной методике [1] корректирующий коэффициент k_k , определяемый долей крепких слоев в массиве C и соотношением D/H , где D — ширина выработанного пространства, м; H — глубина разработки, м.

Целью работы является прогнозирование оседаний подработанной земной поверхности в условиях шахты «Вергелевская» с учетом крепких пород, залегающих в массиве, и оценка точности полученных значений в сравнении со значениями, полученными по нормативной методике.

В работе прогнозировались величины оседаний земной поверхности при ее подработке l_6 восточной лавой пласта l_5 шахты «Вергелевская». Выкопировка с плана исследуемого участка представлена на рисунке 1. Пласт l_5 имеет сложное строение. Средняя вынимаемая мощность — 1,15 м, угол падения изменяется 0° – 5° . Лава оснащалась механизированным комплексом КД-80. Глубина расположения лавы — 410 м, средняя скорость подвигания — 30–40 м/мес, а ее длина — 180 м. Лава ранее была надработана пластом l_6 , залегающего на глубине 370 м. Пласт l_6 отрабатывался 10 лет.



Рисунок 1 — Выкопировка с плана горных работ по пласту l_5

Фактические величины оседаний земной поверхности получены по результатам нивелирования участка железной дороги, расположенного почти перпендикулярно направлению подвигания 16 восточной лавы. Расстояние между реперами составляет 30 м. Замеры проводились один раз в квартал. Пикет №7 (ПК7) расположен приблизительно примерно на линии главного сечения мульды.

Оседание земной поверхности в точках главных сечений мульды сдвижения по нормативной методике [1] определяется по формуле

$$\eta = \eta_m \cdot S(z), \text{ мм}, \quad (1)$$

где $S(z)$ — функция типовой кривой оседания, определяемая по табл.17–23 [1] для соответствующих бассейнов (месторождений); η_m — максимальные оседания, рассчитываются по формуле (2).

$$\eta_m = q_o \cdot m \cdot \cos \alpha \cdot N_1 \cdot N_2, \text{ мм}, \quad (2)$$

где q_o — коэффициент, зависящий от марки угля и района залегания [1]; m — мощность разрабатываемого пласта, м; N_1 и N_2 — коэффициенты, определяемые в зависимости от отношения расчётной ширины выработанного пространства D к глубине разработки H .

По результатам исследований [2], максимальные оседания с учетом крепких породных слоев в подработанном массиве составят

$$\eta_m = (q_o \cdot m \cdot \cos \alpha \cdot N_1 \cdot N_2) / k_k, \text{ мм}, \quad (3)$$

где k_k — корректирующий коэффициент, учитывающий влияние на оседания крепких породных слоев.

Значение корректирующего коэффициента определяется согласно зависимости

$$k_k = a \cdot \left(\frac{D}{H} \right)^b, \text{ мм}, \quad (4)$$

где a и b — параметры, зависящие от доли крепких пород в подработываемом массиве (C). При глубине разработки $H = 500–750$ м параметры a и b определяются по зависимостям [2]:

$$a = 0,005C + 1,43; \quad b = 0,001C - 0,42, \text{ мм}, \quad (5)$$

где C — процентное содержание пород песчаников и известняков в подработываемой толще горных пород. Процентное содержание песчаников и известняков в горно-геологических условиях шахты «Вергелевская» составляет 25,2 %.

В таблице 1 приведены результаты прогноза, полученные по нормативной методике, и их отклонение от фактических оседаний.

Таблица 1 — Результаты прогноза оседаний по нормативной методике и их сравнение с фактическими замерами

D/H	Максимальные нормативные оседания, η_m , мм	Нормативная величина оседаний, $\eta_{mПК7}$, мм	Фактические оседания, $\eta_{ПК7}$, мм	Относительная погрешность прогноза, A , %
0,16	170	103	37	64,08
0,24	256	236	117	50,42
0,32	347	347	185	46,69
0,36	390	383	210	45,17
0,40	431	416	236	43,27
0,46	490	451	266	41,02
0,51	544	472	272	42,37
0,57	614	483	299	38,10
0,68	730	494	307	37,85
0,76	813	505	315	37,62
0,84	899	516	320	37,98
0,87	940	527	336	36,24
0,90	964	538	339	36,99
0,95	1018	549	342	37,70
0,98	1058	560	345	38,39
1,00	1080	571	365	36,08

Из таблицы 1 видно, что относительная погрешность прогноза по нормативной методике колеблется 36–64 % в зависимости от отношения ширины выработанного пространства к глубине разработки. С увеличением ширины выработанного пространства погрешность уменьшается.

В таблице 2 приведены результаты прогноза оседаний при учете влияния залегающих в подработанной толще крепких породных слоев и их отклонение от фактических значений.

При учете залегания крепких породных слоев относительная погрешность прогноза снижается в 2 раза, то есть до 0,54–36 %.

Таблица 2 — Результаты прогноза оседаний при учете влияния залегающих в подработанной толще крепких породных слоев и их сравнение с фактическими замерами

D/H	Нормативная величина η_m , мм	Корректирующий коэффициент k_k	Оседания с учетом влияния крепких пород, η_m , мм	Фактические оседания, $\eta_{ПК7}$, мм	Относительная погрешность, A , %
0,16	103	3,23	32	37	15,63
0,24	236	2,74	86	117	36,05
0,32	347	2,43	143	185	29,37
0,36	383	2,32	165	210	27,27
0,40	416	2,23	186	236	26,88
0,46	451	2,12	212	266	25,47
0,51	472	2,04	232	272	17,24
0,57	483	1,94	249	299	20,08
0,68	494	1,81	272	307	12,87
0,76	505	1,74	290	315	8,62
0,84	516	1,67	309	320	3,56
0,87	527	1,64	321	336	4,67
0,90	538	1,63	331	339	2,42
0,95	549	1,59	345	342	0,87
0,98	560	1,57	357	345	3,36
1,00	571	1,55	367	365	0,54

Выводы:

- прогноз максимальных оседаний земной поверхности с учетом наличия крепких породных слоев в подрабатываемом массиве [2] позволяет снизить относительную погрешность в два раза в сравнении с нормативной методикой [1];
- между ошибкой прогноза и отношением ширины выработанного пространства к глубине разработки D/H прослеживается обратная связь.

Список литературы

1. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях : ПБ 07–269–98 : утв. Госгортехнадзором РФ 16.03.1998. — Введ. 1998–10–01. — СПб. :Межотраслевой науч. центр ВНИМИ, 1998. — 291 с.
2. Аверин, Г. А. Учёт влияния песчаников и известняков на максимальное оседание подработанной горными работами земной поверхности / Г. А. Аверин, О. Г. Доценко, Е. Г. Корецкая // Сб. научн. тр. ДонГТИ. — 2021. — Вып. 22 (65). — С. 21–28.