

УДК 622.83:622.023.23

*к.т.н. Аверин Г. А.,  
к.т.н. Доценко О. Г.,  
Корецкая Е. Г.  
(ДонГТИ, г. Алчевск, ЛНР)*

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

*Для определения оседаний подработанной земной поверхности в работе применена усовершенствованная методика прогноза, отличающаяся от нормативной учетом влияния крепких породных слоев, залегающих в подработанном массиве.*

***Ключевые слова** максимальные оседания земной поверхности, крепкие породы в подработанном массиве, отношение ширины выработанного пространства к глубине разработки.*

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 применять 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).

**Цель данной работы** — повысить точность прогноза величины максимальных оседаний земной поверхности путем учета процентного содержания в подрабатываемом массиве крепких слоев пород (песча-

ников и известняков) в условиях шахты «Вергелёвская».

Исследования проводились при нивелировке железной дороги, которая расположена почти перпендикулярно к линии 16 Восточной лавы пласта  $l_5$  в горно-геологических условиях шахты «Вергелевская» в 2001–2003 годах. Расстояние между реперами было 30 м. Замеры проводили раз в квартал.

Пласт  $l_5$  — сложного строения, вынимаемая мощность в среднем составляет 1,15 м, угол падения на выемочном участке изменяется от  $0^\circ$  до  $5^\circ$ . Глубина расположения лавы — 410 м. Выемка антрацита проводилась механизированным комплексом КД-80. Средняя скорость подвигания очистного забоя — 30–40 м/мес. Средняя длина очистного забоя составила 180 м. Процентное содержание песчаников и известняков составило 25,2 %. Лава ранее надработана пластом  $l_6$  на глубине 370 м. Время отработки пласта  $l_6$  — более 10 лет.

Выкопировка с плана исследуемого участка представлена на рисунке 1.

Прогнозируемые оседания пикета № 7, расположенного примерно на середине 16-й лавы пласта  $l_5$ , определяли на основании методики прогноза сдвижений и деформаций земной поверхности [1].

Оседание земной поверхности в точках главных сечений мульды сдвижения определяется по формуле (32) [1]:

$$\eta = \eta_m S(z), \quad (1)$$

где  $S(z)$  — функция типовой кривой оседания, определяемая по таблицам 17–23 [1] для соответствующих бассейнов (месторождений);

$\eta_m$  — максимальные оседания, рассчитываются по формуле (2):

$$\eta_m = q_0 \cdot m \cdot \cos \alpha \cdot N_1 \cdot N_2, \quad (2)$$

где  $q_0$  — коэффициент, характеризующий способность пород к разуплотнению при их полной подработке и относительное максимальное оседание земной поверхности [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  $H$ .

Согласно ранее проведенным исследованиям [2], влияние крепких пород учтено в формуле (3):

$$\eta_m = (q_0 \cdot m \cdot \cos \alpha \cdot N_1 \cdot N_2) / k_k, \quad (3)$$

где  $k_k$  — корректирующий коэффициент, учитывающий процентное содержание пород песчаников и известняков ( $C$ ), определяемый по формуле (4) [2]:

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

где  $a$  и  $b$  — параметры зависимости (4), зависящие от доли крепких пород в подрабатываемом массиве ( $C$ ).



Рисунок 1 Выкопировка с плана горных работ по пласту  $l_5$

Параметры  $a$  и  $b$  определяются:

– при глубине разработки  $H = 500$  м:

$$\begin{aligned} a &= 0,005 \cdot C + 1,43, \\ b &= 0,001 \cdot C - 0,42; \end{aligned} \quad (5)$$

– при глубине разработки  $H = 1000$  м:

$$\begin{aligned} a &= 0,004 \cdot C + 0,78, \\ b &= 0,00009 \cdot C^2 - 0,0092 \cdot C - 0,39, \end{aligned} \quad (6)$$

где  $C$  — процентное содержание пород песчаников и известняков в подрабатываемой толще горных пород.

Корректирующий коэффициент можно определять по номограммам, представленным ниже на рисунках 2 и 3.

Для глубин свыше 500 м и меньше 1000 м корректирующий коэффициент можно получить путем интерполяции, при этом ширина выработанного пространства ( $D$ ) должна быть одинакова.

В таблице 1 представлено сравнение фактических смещений с расчётными, полученными по нормативной методике [1], из которой видно, что относительная погрешность прогноза по нормативной методике колеблется от 36 до 64 % в зависимости от отношения ширины выработанного пространства к глубине разработки.

С увеличением ширины выработанного пространства погрешность уменьшается.

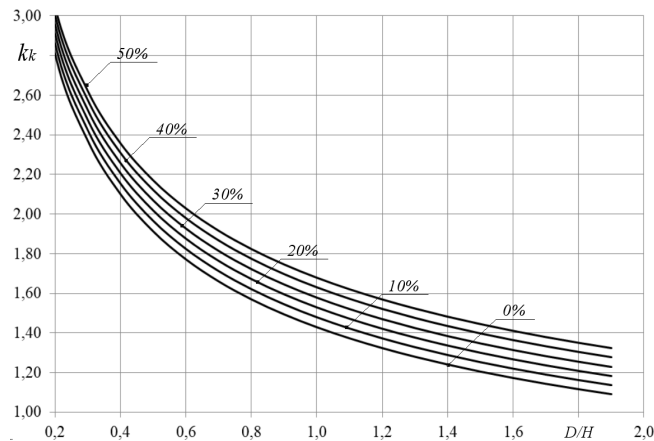


Рисунок 2 Номограмма определения корректирующего коэффициента при отработке угольных пластов на глубине в пределах 500 м

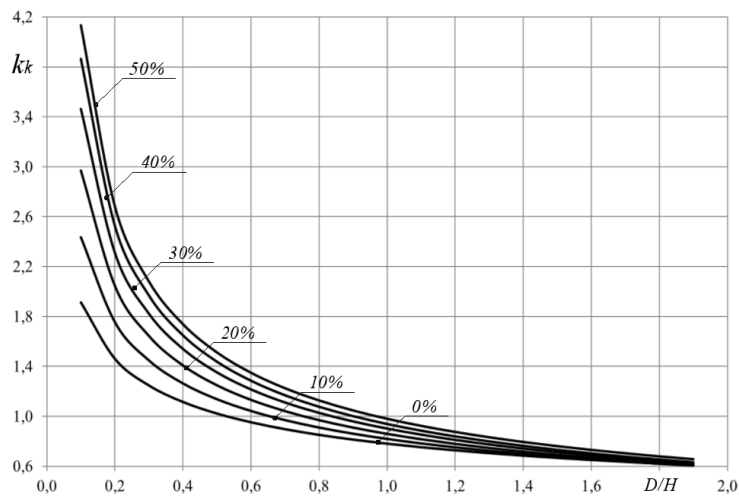


Рисунок 3 Номограмма определения корректирующего коэффициента при отработке угольных пластов на глубине в пределах 1000 м

---

**НАУКИ О ЗЕМЛЕ**


---

В таблице 2 представлено сравнение фактических оседаний на пикете 7 с расчётными по формулам (2) и (3).

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

Таблица 1

Сравнение фактических смещений с расчётными смещениями, полученными по нормативной методике

D/H	Максимальные нормативные оседания, $\eta_m$ , мм	Нормативная величина оседаний, $\eta_{ПК7}$ , мм	Фактические оседания, $\eta_{ПК7}$ , мм	Относительная погрешность прогноза, А, %
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

Таблица 2

Сравнение фактических оседаний на пикете 7 с расчётными по формулам (2) и (3)

D/H	Нормативная величина $\eta_m$ , мм	Корректирующий коэффициент, $k_k$	Оседания с учетом влияния крепких пород, $\eta_m$ , мм	Фактические оседания, $\eta_{ПК7}$ , мм	Относительная погрешность, А, %
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.

**Библиографический список**

1. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях [Текст] : ПБ 07-269-98 : [утв. Госгортехнадзором России 16.03.1998 № 13]. — СПб. : Межотраслевой науч. центр ВНИИИ, 1998. — 291 с.
2. Аверин, Г. А. Учёт влияния песчаников и известняков на максимальное оседание подработанной горными работами земной поверхности [Текст] / Г. А. Аверин, О. Г. Доценко, Е. Г. Корецкая // Сборник научных трудов ДонГТИ. — 2021. — № 22 (65). — Алчевск : ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ». — С. 21–28.

© Аверин Г. А.© Доценко О. Г.© Корецкая Е. Г.

*Рекомендована к печати к.т.н., доц. каф. СГ ДонГТИ Смекалиным Е. С.,  
зам. гл. инженера по производству и перспективному развитию  
ПП «Шахтоуправление „Луганское“» ГУП ЛНР «РТК „Востокуголь“» Чепурным Д. С.*

*Статья поступила в редакцию 14.10.2022.*

**PhD in Engineering Averin G. A., PhD in Engineering Dotsenko O. G., Koretskaia E. G. (DonSTI, Alchevsk, LPR)**

**SUBSIDENCE PREDICTION OF THE UNDERMINED EARTH'S SURFACE IN CONDITIONS OF THE "VERGELEVSKAIA" MINE, CONSIDERING THE STRONG ROCKS LYING IN THE MASSIF**

*To determine the subsidence of the undermined earth's surface, an improved predicting technique was used in the work, which differs from the normative one by considering the influence of strong rock layers lying in the undermined massif.*

**Key words:** *maximum subsidence of the earth's surface, strong rocks in the undermined massif, ratio of width of the developed area to the mining depth.*