

УДК 622.834.2(045)(476)

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИН ОСЕДАНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ПОВТОРНОЙ ПОДРАБОТКЕ

Кологривко А.А. (Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь), Голдаев А.В., Голдаев В.А. (ОАО «Шахтоспецстрой», г. Солигорск, Беларусь)

Представлен анализ и оценка результатов инструментальных наблюдений за деформациями земной поверхности при повторной подработке в процессе эксплуатации шахт Львовско-Волынского каменноугольного бассейна. Характеризованы особенности распределения величин оседаний земной поверхности в результате повторной подработки и даны рекомендации для адаптации известных методик расчета к условиям повторной подработки. Изложены предпосылки к уточнению действующих методик расчета и прогнозирования максимальных оседаний земной поверхности в условиях повторной подработки.

Ключевые слова: *оседания земной поверхности, повторная подработка, прогноз оседаний, методика расчета прогнозируемых оседаний.*

Введение

По территориальной принадлежности, особенностям геологической структуры и угленосности, степени разведанности и промышленного освоения общая площадь Львовско-Волынского каменноугольного бассейна (далее – бассейн) разделена на три района – Нововолынский, Червоноградский и Юго-Западный. Червоноградский геолого-промышленный район занимает центральную часть бассейна и на северо-востоке граничит с Нововолынским районом. Восточная и южная его границы проходят по полосе нижневизейских известняков, юго-западная – вдоль Великомоствовского надвига, который переходит на юго-востоке в Каменка-Бутскую тектоническую зону. Район является основным в бассейне. В его пределах сосредоточено 70-90 % всех балансовых запасов угля, более половины действующих шахт и все подготовленные для дальнейшего промышленного освоения шахтные участки. Основное промышленное значение имеют и разрабатываются шахтами ГП «Львовуголь» угольные пласты $n_7^u, n_7, n_7^a, n_8, n_8^a, n_9$. Максимальная угленосность приурочена к южной части района. В направлении на север угленосность падает вследствие сокращения рабочих угольных пластов и их мощности. Некоторое промышленное значение приобретает пласт v_6 , который залегает ниже пласта n_7^u на 250 м.

Отработка угольных запасов в условиях бассейна связана с необходимостью охраны от вредного влияния горных работ значительного количества объектов земной поверхности, попадающих в зону подработки. К таким объектам относятся населенные пункты (города Червоноград, Сосновка, Нововолынь), промышленные объекты (Червоноградские заводы железобетонных изделий и металлоконструкций, объекты Червоноградской центральной обогатительной фабрики), инфраструктурные объекты (железная дорога Ковель-Львов с мостами через реки Солокия и Рата, магистральные водопроводы, газопроводы большого, среднего и низкого давления, отделенные каркасные здания и автомобильные мосты), сельскохозяйственные угодья и лесные массивы. В последнее время в бассейне получила распространение практика частичной выемки запасов угля в пределах охранных целиков.

В настоящее время прогноз оседаний земной поверхности в условиях бассейна осуществляется по методике, регламентированной Правилами [1]. Исходные параметры, положенные в основу методики прогнозирования процессов сдвижений и деформаций, были определены в начальный период освоения бассейна по аналогии с другими месторождениями. Период характеризовался, с одной стороны – отсутствием достаточного количества фактических данных маркшейдерских наблюдений за процессом сдвижения, с другой – ведением горных работ в условиях первичной подработки [2-6].

К настоящему времени условия подработки земной поверхности значительно изменились [7, 8]. На шахтах бассейна долгое время ведутся работы на нескольких горизонтах и в условиях повторной подработки. Фиксируются неоднократные случаи отклонения фактических значений деформации земной поверхности от ожидаемых. На протяжении 25 лет силами специализированной организации – Червоноградского бюро специализированных маркшейдерских работ (ЧБСМР) – ведутся регулярные наблюдения за процессом подработки наиболее важных объектов, позволяющие контролировать их состояние на земной поверхности в процессе подработки, с целью своевременного принятия мер в случае появления опасных деформаций [9-19].

Прослеживающиеся расхождения в ожидаемых параметрах процесса сдвижения пород и деформаций земной поверхности в процессе эксплуатации шахт бассейна требуют повышения точности прогнозирования параметров развития деформационных процессов при повторной подработке.

Особенности методики прогноза оседаний земной поверхности

Анализ горно-геологических и горнотехнических условий разработки, принимая во внимание изучение и обобщение практического опыта в части технологии и механизации разработки угольных пластов, позволяет характеризовать бассейн следующими горно-геологическими условиями, влияющими на процесс сдвижения [20]: угол падения пластов от 0-3° на большей территории до 5-7° на локальных участках; кратность подработки $H/m = 220 - 600$ (H – глубина разработки, m – вынимаемая мощность пласта); угол падения пласта в пределах очистной выработки не меняется более чем на 8°; наиболее распространенная форма очистных выработок – прямоугольная, стороны выработок параллельны элементам залегания пласта, однако в отдельных случаях, очистные выработки могут иметь сложную форму; управление кровлей – полное обрушение; наличие разрывных и пликтивных геологических нарушений в пределах зоны влияния горных работ.

В сложившихся условиях прогноз оседаний земной поверхности может осуществляться расчетом ожидаемых оседаний (в случаях, когда известен календарный план развития горных работ) и расчетом вероятных оседаний (в случаях, когда не известен календарный план развития горных работ).

При расчете ожидаемых оседаний земной поверхности в пределах зоны влияния очистных работ определяют оседание в любой точке мульды сдвижения η , максимальное оседание земной поверхности η_m , значение функции типовой кривой.

Оседания в любой точке мульды сдвижения η определяют по формуле:

$$\eta = \eta_m \cdot S(z_x) \cdot S(z_y), \quad (1)$$

где η_m – максимальное оседание земной поверхности, м;

$S(z_x)$ и $S(z_y)$ – функция типовой кривой оседания, определяемая в зависимости от коэффициентов N_1 (для точек главного сечения мульды вкрест простирания пласта) и N_2 (для точек главного сечения мульды по простиранию пласта).

Максимальное оседание земной поверхности η_m определяют по формуле:

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

где q_0 – относительная величина максимального оседания, безразмерная величина (в условиях бассейна: для первичной подработки – 0,8, для повторной – 0,9);

α – угол падения пласта в пределах очистной выработки, градус;

N_1 и N_2 – условные коэффициенты, характеризующие степень подработанности земной поверхности, соответственно, вкrest простирания и по простиранию пласта.

Коэффициенты N_1 и N_2 в условиях бассейна, определяются по формулам:

$$N_1 = \sqrt{0,9 \left(\frac{D_1}{H} + \Delta D_n + \Delta D_s \right)}; \quad (3)$$

$$N_2 = \sqrt{0,9 \left(\frac{D_2}{H} + \Delta D_{np} + \Delta D_{onp} \right)}, \quad (4)$$

где D_1 и D_2 – длины очистной выработки, соответственно, вкrest простирания и по простиранию пласта, м;

H – средняя глубина разработки, м;

$\Delta D_n, \Delta D_s, \Delta D_{np}, \Delta D_{onp}$ – поправки к относительной длине лавы, соответственно, по падению, по восстанию, по простиранию, обратно простиранию пласта (для условий бассейна поправки определяются как $0,1 - 0,25 \cdot l/H$, здесь l – размер целика в соответствующем направлении).

Если поправка к относительной длине лавы меньше $-0,10$, то ее принимают равной $-0,10$. Если значения коэффициентов N_1 и N_2 больше 1,0, то их принимают равными 1,0; если меньше 0,20, то их принимают равными 0,20 [1].

Значения функции типовой кривой оседания $S(z)$ для условий бассейна получены эмпирическим путем (рисунок 1).

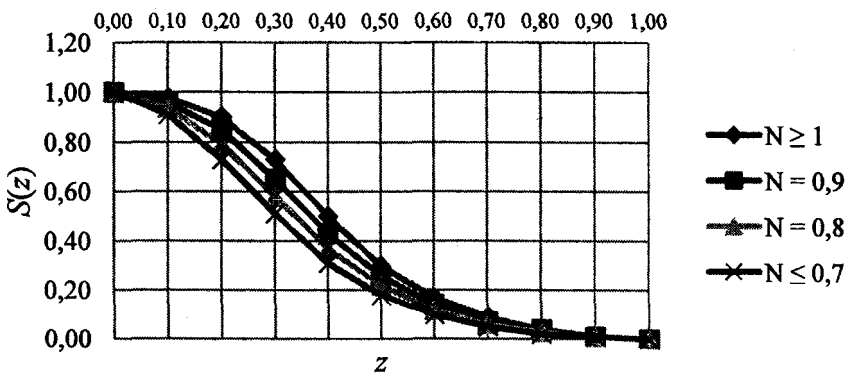


Рисунок 1. – График функции типовой кривой оседания $S(z)$

Влияние величины максимального оседания земной поверхности η_m и функции типовой кривой $S(z)$ на расчетное значение оседания в произвольной точке различаются в пределах мульды сдвижения. Так, в центральной части мульды сдвижения решающее значение имеет величина максимального оседания η_m . От центра к границам мульды сдвижения влияние функции типовой кривой оседания $S(z)$ возрастает. Наибольшее

влияние функции проявляется в интервале $S(0,2...0,8)$. На границе мульды сдвижения влияние обоих факторов минимально.

Расчет вероятных оседаний земной поверхности η в пределах зоны влияния очистных работ определяется по формуле:

$$\eta = 0,9 \cdot (m_1 + m_2 + \dots + m_n) \cdot \cos \alpha, \quad (5)$$

где $m_1 + m_2 + \dots + m_n$ – мощности пластов, м.

Расчетные значения оседаний – ожидаемые или вероятные оседания, увеличенные на существующий уровень погрешности применяемого расчетного метода при помощи коэффициента перегрузки. Согласно пункту А.2.9 [1], значение коэффициента перегрузки $n = 1,2$. Расчетными оседаниями пользуются при решении вопроса о применении мер защиты зданий, сооружений и природных объектов от вредного влияния горных работ.

Результаты маркшейдерских наблюдений за подрабатываемыми объектами

Процесс сдвижения земной поверхности над очистными выработками шахт бассейна не является исключением в части наличия закономерностей, проявляющихся во всех наблюдаемых случаях, подтверждаемых результатами многолетних производственных маркшейдерских инструментальных наблюдений за поверхностью. Так, с целью уточнения закономерностей для условий повторной подработки проведен анализ наблюдений за 536 реперами 10 специальных наблюдательных станций, состоящих из 20 профильных линий (таблица 1). Вынимаемые мощности пластов в анализируемых условиях составляли от 0,6 до 1,7 м, коэффициент, характеризующий степень подработанности земной поверхности, изменялся от 0,23 до 1,00 согласно [1].

На рисунке 2, в качестве примера, представлен график соответствий величин оседаний при подработке дамбы хвостохранилища № 1 Червоноградской центральной обогатительной фабрики лавами № 188, 189, 190 по наблюдательной станции 10 «Дамба ЦОФ» линии № 1 шахты «Межиречанская». В 2013 году для наблюдения за деформациями дамбы хвостохранилища заложена специальная наблюдательная станция, состоящая из 1 линии (65 реперов) в пределах зоны влияния. Интервал между реперами составляет 20 ± 2 м. Наблюдения проводились с 2013 по 2015 года с интервалами 1-2 месяца. Линия № 1 находится в центрально-краевой части мульды сдвижения в зоне повторной подработки, где наблюдается значительное превышение ожидаемых оседаний над фактическими.

Коэффициент перегрузки $n = 1,2$, необходимый для компенсации погрешности методики вычисления ожидаемых или вероятных значений оседаний, в реальных условиях представляется завышенным. Для подтверждения этому, приведем следующие примеры.

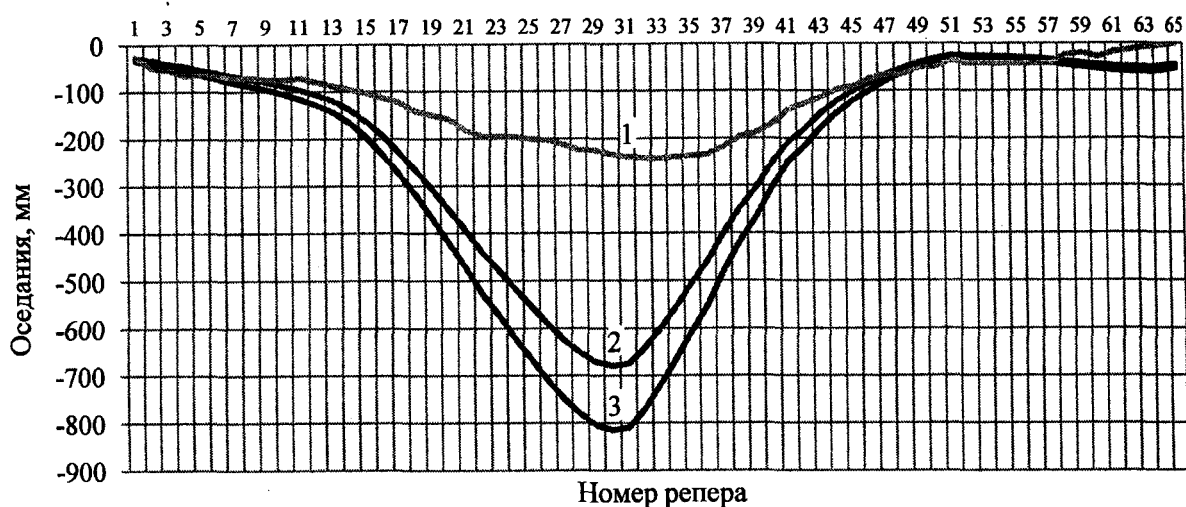
Определим вероятную величину оседаний η^o при отработке пласта мощностью $m = 1,0$ м и угле падения $\alpha = 0^\circ$. По формуле (5) получаем: $\eta^o = 0,9 \cdot 1,0 \cdot \cos 0^\circ = 0,9$ м.

Тогда расчетная величина оседаний составит: $\eta^p = n \cdot \eta^o = 1,2 \cdot 0,9 = 1,08$ м.

Определим ожидаемое значение максимального оседания η_m^o при отработке двумя спаренными лавами пласта мощностью $m = 1$ м, угле падения $\alpha = 0^\circ$, глубине разработки $H = 400$ м, с общими размерами выработанного пространства 600×600 м, в условиях повторной подработки $q_0 = 0,9$ и отсутствии влияния целиков ($\Delta D_n + \Delta D_e = 0$; $\Delta D_{np} + \Delta D_{онр} = 0$).

Таблица 1. — Характеристики наблюдательных станций и обобщенные результаты анализа распределения величин оседаний земной поверхности

Номер наблюдательной станции	Название шахты	Пласт	Номер лавы	Глубина залегания пласта, м	Мощность наносов, м	Количество серий наблюдений	Скорость подвигания лав, м/мес.	Номер линии	Количество реперов	Величины оседания, мм						Оклонения между ожидаемыми и фактическими значениями, %
										ожидаемые		расчетные		фактические		
										средние	максимальные	средние	максимальные	средние	максимальные	
1	Межиреченская	n_8	486, 487, 488, 489, 490	460	10	57	30-50	-	88	733	1282	881	1538	778	1405	-5,3
2	Червоноградская	n_8^e	560, 561	510	10	50	10-30	1	15	153	174	184	209	146	201	3,2
								2	17	497	613	597	735	318	445	37,8
3	Червоноградская	n_8	435, 436	490	10	32	30-50	3	20	316	836	379	1003	286	857	22,1
								5	24	390	613	468	735	703	445	13,8
								6	32	193	321	232	385	155	283	32,9
4	Великомостовская	n_8^e	412, 413, 414, 502	432	10	29	20-60	1	37	395	647	474	777	201	394	49,0
								2	17	177	346	212	415	114	268	34,2
5	Заречная	n_7^e	307	493	10	18	10-25	1	38	246	686	296	823	270	609	-9,8
								2	25	34	110	41	132	32	81	16,7
6	Межиреченская	n_7^H	185, 186	477	10	15	40-60	1	60	176	590	211	708	25	249	70,0
								2	10	48	91	58	110	22	44	50,3
								3	11	69	169	83	203	20	35	52,5
7	Великомостовская	n_8	408, 409, 410, 411	415	10	48	5-50	-	40	557	1120	668	1344	494	1174	11,2
8	Великомостовская	n_8	408, 409 410, 411	415	10	34	5-50	1	8	693	836	832	1003	467	566	32,6
								2	7	425	564	510	677	334	428	24,4
								3	7	284	308	340	370	238	247	29,5
9	Великомостовская	n_7^H	425, 403, 402	428	10	24	30-60	1	10	294	332	353	398	157	181	46,7
								2	5	210	224	252	269	104	141	50,4
10	Межиреченская	n_7^H	188, 189, 190	465	10	17	10-60	1	65	223	679	267	815	91	243	49,6



1 — фактические; 2 — ожидаемые; 3 — расчетные

Рисунок 2. — Распределение величин оседаний земной поверхности при подработке дамбы хвостохранилища № 1 ЦОФ лавами № 188, 189, 190 по результатам наблюдений за деформациями на наблюдательной станции № 10 «Дамба ЦОФ» линии № 1 шахты «Межиреченская»

По формулам (2)-(4), принимая во внимание условие, при котором, в случае значения коэффициентов N_1 и N_2 больше 1,0, их принимают равными 1,0, получаем:

$$N_1 = \sqrt{0,9 \left(\frac{600}{400} + 0 \right)} = 1,162;$$

$$N_2 = \sqrt{0,9 \left(\frac{600}{400} + 0 \right)} = 1,162;$$

$$\eta_m^o = 0,9 \cdot 1,0 \cdot \cos 0^\circ \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,9.$$

Расчетная величина максимальных оседаний составит:

$$\eta_m^p = n \cdot \eta_m^o = 1,2 \cdot 0,9 = 1,08 \text{ м.}$$

Как видно из примеров, расчетная величина максимальных оседаний η_m^p превысила вынимаемую мощность пласта m , что является невозможным.

По данным инструментальных наблюдений ожидаемые величины максимального оседания, как правило, не превышают фактических (таблица 1). Исключения зафиксированы лишь на трех линиях (15 % случаев), когда превышения фактических величин над ожидаемыми составили 128 мм (9,6 %), 27 мм (15,5 %), 54 мм (4,8 %), при этом второй результат не является представительным, ввиду его малой величины.

Представляется целесообразным принятие коэффициента перегрузки на уровне значения $n = 1,1$, что позволит увеличить сходимость расчетных и ожидаемых величин максимального оседания на 5,5 %, а также исключить ситуацию, когда расчетная величина максимального оседания превышает вынимаемую мощность.

Во всех случаях наблюдались отклонения ожидаемых η_m^o от фактических η_m^f значений максимальных оседаний. Для оценки точности прогноза значений максимальных оседаний вводим коэффициент точности прогноза величины максимального оседания K_η :

$$K_{\eta} = \frac{\eta_m^{\phi}}{\eta_m^{\circ}}, \quad (6)$$

где $K_{\eta} = 1$ – в случае полного совпадения ожидаемых и фактических значений максимальных оседаний;

$K_{\eta} > 1$ – фактические значения максимальных оседаний превысили ожидаемые;

$K_{\eta} < 1$ – фактические значения максимальных оседаний не достигли ожидаемых.

Отклонения ожидаемых от фактических значений максимальных оседаний наиболее представительно ($K_{\eta} = 0,36...0,42$) проявляются в случаях отработки лав малой длины (при погашении целиков выработок главных направлений). С целью установления зависимости между относительным размером выработанного пространства и точностью значений максимальных оседаний выполнен отбор и анализ наблюдательных станций. Главным критерием при отборе наблюдательных станций стало минимальное влияние функции типовой кривой оседания $S(z)$ на величину максимального оседания в профильной линии. Данному критерию соответствуют пять профильных линий, проходящих через центр мульды сдвижения, (таблица 1).

В результате анализа (таблица 2) установлена зависимость между относительным размером выработанного пространства D/H и коэффициентом точности прогноза величины максимального оседания K_{η} (рисунок 3).

Таблица 2. – Значения коэффициента точности прогноза величины максимального оседания K_{η}

Номер станции		1	5	6	7	10
Номер линии		–	1	1	–	1
Максимальные оседания, мм	ожидаемые, η_m°	1282	686	590	1120	679
	фактические, η_m^{ϕ}	1405	609	249	1174	243
Глубина разработки H , м		466	493	477	417	465
Размер лавы D , м		990	160	110	320	90
Относительный размер выработанного пространства D/H		2,1245	0,3245	0,2306	0,7674	0,1935
Коэффициент точности прогноза величины максимального оседания K_{η}		1,0959	0,8878	0,422	1,0482	0,3579

Наибольшая точность прогноза величины максимального оседания соответствует отношению $D/H \approx 0,5$. При увеличении величины отношения $D/H > 0,5$ существующая методика несколько занижает ожидаемую величину максимального оседания η_m° , а при уменьшении отношения $D/H < 0,5$ – существенно завышает η_m° .

Из параметров процесса сдвижения, влияющих на величину максимального оседания при повторной подработке, следует выделить вынимаемую мощность пласта, относительное максимальное оседание и коэффициенты подработанности земной поверхности (2)–(4). Вынимаемая мощность пласта является величиной, определенной по фактическим замерам в забое очистной выработки. Относительное максимальное оседание не может быть больше 1, так как максимальное оседание земной поверхности не может быть больше вынимаемой мощности пласта. Коэффициенты подработанности N_1 и N_2 зависят от глубины разработки и расчетного размера очистной выработки. Таким образом, для более точного прогнозирования величины максимального оседания и адаптации к существующим условиям повторной подработке формула (2) примет вид:

$$\eta_m = K_\eta \cdot q_0 \cdot m \cdot \cos\alpha \cdot N_1 \cdot N_2, \quad (7)$$

где K_η – коэффициент точности прогноза величины максимального оседания, определяемый графически (рисунок 3).

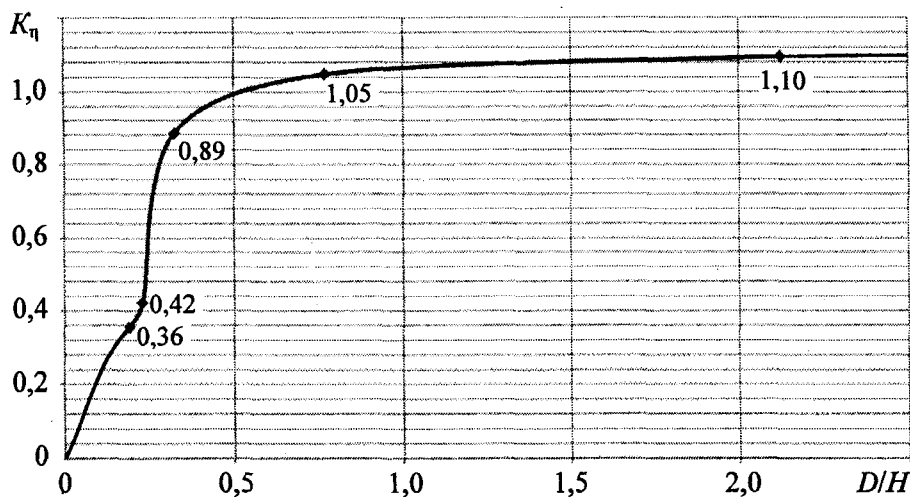


Рисунок 3. – Зависимость между относительным размером выработанного пространства D/H и коэффициентом точности прогноза величины максимального оседания K_η

Функция типовой кривой оседания $S(z)$ также имеет большое значение при расчете ожидаемой величины оседания, поскольку по ней формируется профиль в крыльевой части мульды сдвижения. Во всех случаях расположения реперов наблюдательной станции в крыльевой части мульды наблюдаются отклонения между фактическими и ожидаемыми значениями оседаний. Указанные отклонения могут быть связаны с погрешностью либо функции типовой кривой оседания $S(z)$, либо величины максимального оседания η_m или комплексного воздействия указанных факторов. Наиболее явно погрешность функции типовой кривой оседания $S(z)$ проявляется в случае, когда коэффициент точности прогноза величины максимального оседания K_η близок к единице.

В большинстве профильных линий наблюдается фактическая крутизна крыльевой мульды сдвижения больше ожидаемой. Соответственно на каждом репере крыльевой части мульды фактическое оседание также меньше ожидаемого. Однако в 10 % случаев зафиксирован более пологий фактический профиль крыльевых частей мульды, чем это предусмотрено расчетом. Отмеченное требует решения, которое находится в области корректировки функции типовой кривой оседания $S(z)$. Особое внимание при этом необходимо обратить на интервал $S(0,2...0,8)$.

Заключение

Анализ и оценка результатов инструментальных наблюдений за деформациями земной поверхности в процессе эксплуатации шахт бассейна позволили установить случаи отклонения фактических значений деформации земной поверхности от ожидаемых, определенных по известным методикам расчета, и характеризовать особенности распределения величин оседаний земной поверхности при повторной подработке.

Для адаптации известных методик расчета к условиям повторной подработки рекомендуется для прогнозирования величины максимального оседания в произвольной точке мульды сдвижения использовать коэффициент точности прогноза величины максимального оседания, который зависит от относительного размера выработанного

пространства, а также рекомендуется уменьшить коэффициент перегрузки, что позволит повысить точность прогноза путем уменьшения расчетных величин оседания до уровня, отвечающего фактическим значениям.

Решение задач прогнозирования влияния горных работ на земную поверхность в перспективе следует рассматривать с позиции оптимизации значений функции типовой кривой оседаний и совершенствования действующей методики определения коэффициентов подработанности.

Изложенные предпосылки к уточнению действующих методик расчета максимальных оседаний земной поверхности в условиях повторной подработки и оптимизации коэффициента перегрузки способствуют повышению точности прогноза расчетных величин оседаний путем их уменьшения до уровня, отвечающего фактическим значениям. Меньшая величина расчетных оседаний приведет к сокращению объемов предусмотренных мер охраны, либо может служить основанием для принятия альтернативного решения по вопросу повторной подработки или охраны объектов земной поверхности. Экономический эффект, в таком случае, возникает из-за разности затрат на проведение защитных мероприятий при двух альтернативных решениях по вопросу повторной подработки. Сокращение расходов на мероприятия по охране поверхностных объектов от вредного влияния повторной подработки позволит вовлечь в отработку дополнительные участки месторождений.

Список использованных источников

1. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом. Видання офіційне // Галузевий стандарт. – К.: Мінпаливенерго України, 2004. – 128 с.

2. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород, земной поверхности и подрабатываемыми сооружениями на угольных сланцевых месторождениях: утв. М-вом угольной промышленности СССР. – М.: Недра, 1989. – 96 с.

3. Гусев, В.В. Определение деформаций горных пород на шахте № 5 «Великомостовская» Львовско-Волынского бассейна с помощью глубинных реперов / В.В. Гусев, В.Н. Земисев // Горное давление, сдвижение горных пород и методика маркшейдерских работ. Труды ВНИМИ. – 1969.

4. Иофис, М.А. Расчет деформаций земной поверхности во Львовско-Волынском бассейне / М.А. Иофис // Труды ВНИМИ. – 1963.

5. Петрук, Е.Г. О характере протекания опасных деформаций поверхности при разработке угольных пластов на шахтах Львовско-Волынского бассейна / Е.Г. Петрук // Изв. вузов. Горный журнал. – 1967. – № 7.

6. Викторов, С.Д. Сдвижение и разрушение горных пород / С.Д. Викторов, М.А. Иофис, С.А. Гончаров. – М.: Наука, 2005. – 277 с.

7. Голдаев, В.А. Актуальность исследований процесса сдвижения и деформаций земной поверхности в условиях Львовско-Волынского каменноугольного бассейна / В.А. Голдаев // Модернизация хозяйственного механизма сквозь призму экономических, правовых и инженерных подходов: сб. материалов V Междунар. науч.-практич. конф. молодых ученых, Минск, 12 нояб. 2014 г. / Белорус. нац. техн. ун-т; ред.: С.Ю. Солодовников [и др.]. – Минск, 2015. – С. 111-114.

8. Голдаев, В.А. Актуальность совершенствования нормативных документов для условий повторной подработки пластов Львовско-Волынского каменноугольного бассейна / В.А. Голдаев // Модернизация хозяйственного механизма сквозь призму экономических, правовых и инженерных подходов: сб. материалов VI Междунар. науч.-

практич. конф. молодых ученых, Минск, 3 мар. 2015 г. / Белорус. нац. техн. ун-т; ред.: С.Ю. Солодовников [и др.]. – Минск, 2015. – С. 160-163.

9. Назаренко, В.А. Закономерности расположения переходных точек наклонов земной поверхности в мульде сдвижения / В.А. Назаренко, Н.В. Йоценко, А.В. Голдаев // Научный вестник НГУ. – 2007. – № 9. – С. 13-16.

10. Анализ подработки подъездной железной дороги к шахте «Возрождение» лавами 486, 487, 488, 489, 490 шахты «Межиреченская». – Червоноград, 2014. – 5 с.

11. Анализ подработки улиц села Остров лавами 560 и 561 шахты «Червоноградская». – Червоноград, 2014. – 5 с.

12. Анализ подработки газопроводов в селе Остров лавами 435 и 436 шахты «Червоноградская». – Червоноград, 2014. – 5 с.

13. Анализ подработки дамбы хвостохранилища ЦОФ «Червоноградская» лавами 412, 413, 414, 502 шахты «Великомостовская». – Червоноград, 2014. – 5 с.

14. Анализ подработки газопроводов в хуторе Дженжеровка села Селец 307 лавой шахты «Заречная». – Червоноград, 2014. – 6 с.

15. Анализ подработки п.г.т. Горняк и подъездной железной дороги лавами 185 и 186 шахты «Межиреченская». – Червоноград, 2014. – 5 с.

16. Анализ подработки сооружений поверхности лавами 408, 409, 410, 411 шахты «Великомостовская». – Червоноград, 2014. – 5 с.

17. Анализ подработки площадки насосной станции 2 подъема Межиреченского водозабора. – Червоноград, 2002. – 4 с.

18. Анализ подработки сооружений поверхности лавами 425, 403, 402 по наблюдательной станции «Межиреченская электроподстанция» шахты «Великомостовская». – Червоноград, 2009. – 4 с.

19. Проект подработки сооружений поверхности лавами 188, 189, 190 шахты «Межиреченская». – Червоноград, 2013. – 34 с.

20. Голдаев, В.А. Горно-геологические условия разработки пластов в условиях Львовско-Вольнского каменноугольного бассейна / В.А. Голдаев // Модернизация хозяйственного механизма сквозь призму экономических, правовых и инженерных подходов: сб. материалов VI Междунар. науч.-практич. конф. молодых ученых, Минск, 3 мар. 2015 г. / Белорус. нац. техн. ун-т; ред.: С.Ю. Солодовников [и др.]. – Минск, 2015. – С. 164-167.

Kologrivko A.A., Goldaev A.V., Goldaev V.A.

Specific aspects of the distribution of the value of the earth surface subsidence by the repeated underworking

The analysis and evaluation of the results of instrumental observations of deformations of the earth surface by the repeated underworking of Lviv-Volynsky Coal Basin is presented. The characteristics of the distribution of the values of subsidence of the earth surface as a result of the repeated underworking are described and recommendations are given for adapting the known calculating methodologies to the conditions of the repeated underworking. Prerequisites for updating of the known methodologies for calculating and forecasting the maximum subsidence of the earth surface under conditions of the repeated underworking are given.

Keywords: subsidence of the earth surface, repeated underworking, forecast subsidence, method for calculating of the forecasted subsidence.

Поступила в редакцию 16.08.2017 г.