

УДК 622.837

к.т.н. Ларченко В. Г.,
Маталкина Ю. А.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЛУБИНЫ ПОДРАБОТКИ НА ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА СДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Установлена зависимость максимальных сдвижений и деформаций земной поверхности от глубины очистных работ.

Ключевые слова: максимальные оседания, наклоны, горизонтальные деформации земной поверхности, глубина подработки, зависимость.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Около 30 % оставшихся в Донбассе балансовых запасов угля залегает под застроенными территориями, коммуникациями и водными объектами. Безопасная разработка угля под сооружениями возможна после выбора мер их охраны, в основу которого заложено сопоставление ожидаемых деформаций земной поверхности с допустимыми для каждого объекта. Деформации земной поверхности определяют трудоемкими натурными маркшейдерскими наблюдениями или расчетом по методике "Правил подработки..." [1], которая позволяет вычислять ожидаемые сдвигения и деформации с определенной погрешностью при глубинах до 1000 м (и более). С увеличением глубины разработки увеличивается область влияния на земную поверхность, общая продолжительность процесса сдвижения и длины полумульд, что увеличивает трудоемкость и стоимость инструментальных наблюдений. Поэтому совершенствование методики расчета ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности при больших глубинах разработки угля является актуальной научной и практической задачей.

Постановка задачи. Задачей исследований является установление зависимости параметров процесса сдвижения земной поверхности от глубины подработки.

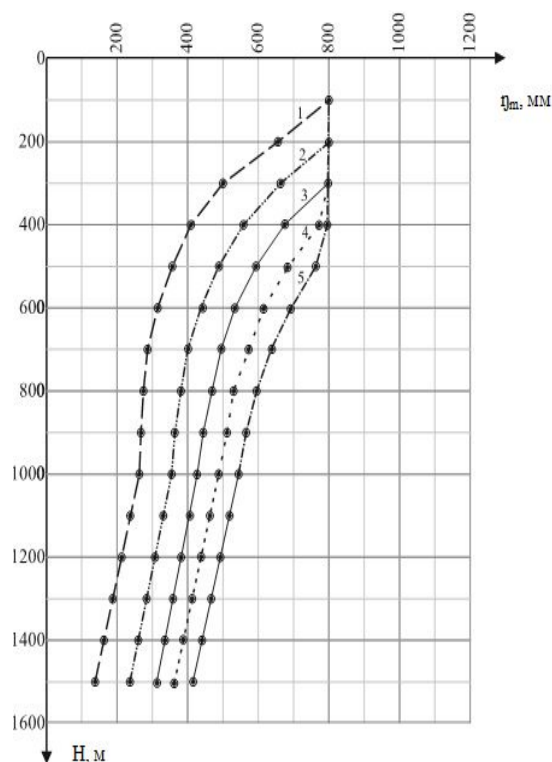
Изложение материала и его результаты.

Параметры процесса сдвижения земной поверхности зависят от ряда определяющих факторов: вынимаемой мощности пласта, размеров выработанного пространства, глубины подработки, крепости пород, угла падения пласта, литологии покрывающей толщи, тектонических нарушений, способа управления кровлей, системы разработки, нарушенности толщи первичной подработкой и других.

Целью данного этапа исследований является дифференцирование влияния глубины подработки на параметры сдвижений и деформаций земной поверхности.

Решение этой задачи выполнялось: методом натурных наблюдений [2], математическим моделированием методом конечных элементов [3] и расчетом параметров процесса сдвижений [4, 5] по методике отраслевого стандарта Украины [1].

Исследования [4,5] показали, что при остальных постоянных факторах максимальное оседание земной поверхности η_m в большей степени зависит от глубины подработки H и размеров выработанного пространства D_1 и D_2 соответственно по падению и простиранию пласта (рис. 1), выраженных коэффициентами N_1 и N_2 , характеризующими степень подработанности толщи пород:



1 — при $D_1 = 200$; 2 — при $D_1 = 300$; 3 — при $D_1 = 400$; 4 — при $D_1 = 500$; 5 — при $D_1 = 600$,
 $D_2 = 2000$ м, $\alpha = 5^\circ$,

Рисунок 1 Графики зависимости максимального оседания η_m от глубины подработки H и размеров выработанного пространства D_1

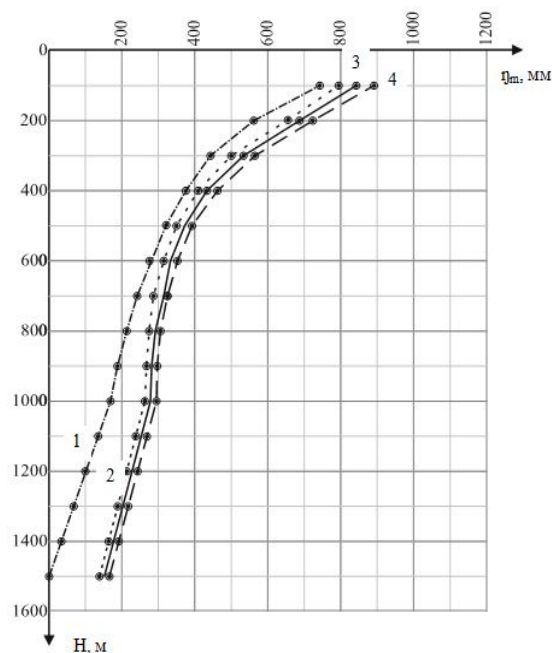
$$N_1 = \sqrt{0,9 \left(\frac{D_1}{H} + \Delta L_n + \Delta L_g \right)}; \quad (1)$$

$$N_2 = \sqrt{0,9 \left(\frac{D_2}{H} + \Delta L_{np} + \Delta L_{opr} \right)}, \quad (2)$$

где ΔD_n , ΔD_v , ΔD_{pr} , ΔD_{opr} — поправки к относительной длине лавы за счет целика со стороны падения, восстания, простира-ния и обратной простира-нию пласта, значения которых приведены в "Правилах подработки..." [1].

Для определения влияния марок угля (степени метаморфизма пород) выполнен расчет и построен график зависимости максимального оседания η_m от глубины подработки H от 100 до 1500 м для всех марок угля при $q_0 = 0,75$, $q_0 = 0,8$, $q_0 = 0,85$,

$q_0 = 0,9$ и постоянных $D_1 = 200$ м, $D_2 = 1200$ м, $m = 1$ м, $\alpha = 5^\circ$ (рис. 2).



1 — при $q_0 = 0.75$; 2 — при $q_0 = 0.8$; 3 — при $q_0 = 0.85$; 4 — при $q_0 = 0.9$

Рисунок 2 График зависимости максимального оседания η_m от глубины подработки H , м

Из анализа рисунков 1, 2 можно сделать выводы: с увеличением глубины подработки уменьшаются относительные максимальные оседания земной поверхности, причем в большей степени при глубинах до 600 м; зависимость η_m от q_0 (степени метаморфизма пород) незначительная (рис. 2); наиболее существенное влияние на η_m в принятых горно-геологических условиях оказывает глубина подработки H .

При $H = 1000$ м отмечается изменение зависимости η_m от H , что свидетельствует о недостаточной изученности влияния больших глубин подработки на максимальные оседания земной поверхности.

В отдельных литературных источниках [6] по результатам математического моделирования установлена зависимость η_m от отношения ширины выработанного пространства D к H .

С целью установления влияния глубины подработки H на параметры сдвижений и деформаций выполнен расчет максимальных оседаний η_m , наклонов i_m и горизонтальных деформаций ε_m по методике [1] при постоянных отношениях $D/H = 1$, $D/H = 1,2$, $D/H = 1,4$ и H от 100 до 1500 м.

Наклоны по простиранию пласта i_x

$$i_x = \frac{\eta_m}{L_3} * S'(Z_x) * S(Z_y), 1*10^{-3}, \quad (3)$$

где L_3 — длина полумульды (м), определяется графически;

$$\varepsilon_x = 0,5a_0 * \frac{\eta_m}{L_3} * S''(Z_x) * S(Z_y), 1*10^{-3}, \quad (4)$$

где $S(Z), S'(Z), S''(Z)$ — значения функций [1]; a_0 — относительная величина максимального горизонтального сдвижения, принята 0,3 [1].

По вычисленным значениям ε_m, i_m (табл. 1, 2), построены графики (рис. 3, 4), характеризующие зависимость максимальных деформаций земной поверхности от глубины подработки, из которых видно, что при вынимаемой мощности $m = 1$ м, $\alpha = 5^\circ$ и полной подработке ($D/H > 1$) ε_m и i_m менее опасных при H более 500 м, а при $H > 1000$ м деформации земной поверхности в два раза меньше опасных ($i = 4*10^{-3}$, $\varepsilon = 2*10^{-3}$) [1].

Таблица 1

Зависимости максимальных наклонов земной поверхности ($i_m, 1*10^{-3}$) от глубины ($H, м$) при $D_2/H = 1, D_2/H = 1,2, D_2/H = 1,4, m = 1$ м, $q_0 = 0,8, a = 0,3, \alpha = 5^\circ$

H (м)	$i_m 1*10^{-3}$		
	$D/H = 1$	$D/H = 1,2$	$D/H = 1,4$
100	15	17,84	19,2
200	7,4	8,66	9,31
400	3,78	4,52	4,76
600	2,6	2,93	3,23
800	2,03	2,27	2,5
1000	1,62	2,02	2,02
1200	1,42	1,69	1,69
1400	1,25	1,45	1,45
1500	1,19	1,35	1,35

Таблица 2

Зависимость максимальных горизонтальных деформаций земной поверхности ε_m от глубины подработки ($H, м$) при $D_2/H = 1, D_2/H = 1,2, D_2/H = 1,4, m = 1$ м, $q_0 = 0,8, a = 0,3, \alpha = 5^\circ, D_1 = 2000$ м

H (м)	$\varepsilon_m 1*10^{-3}$		
	$D/H = 1$	$D/H = 1,2$	$D/H = 1,4$
100	8,02	8,21	9,55
200	3,9	3,94	4,64
400	1,95	2,17	2,37
600	1,29	1,52	1,61
800	0,93	1,22	1,2
1000	0,78	1,0	1,0
1200	0,69	0,84	0,84
1400	0,61	0,72	0,72
1500	0,58	0,67	0,67

Из анализа рисунка 2 можно сделать вывод, что в более крепких породах (при $q_0 = 0,75$) η_m на всех глубинах меньше (кривая 1), чем в слабых породах, это соответствует общепринятой теории.

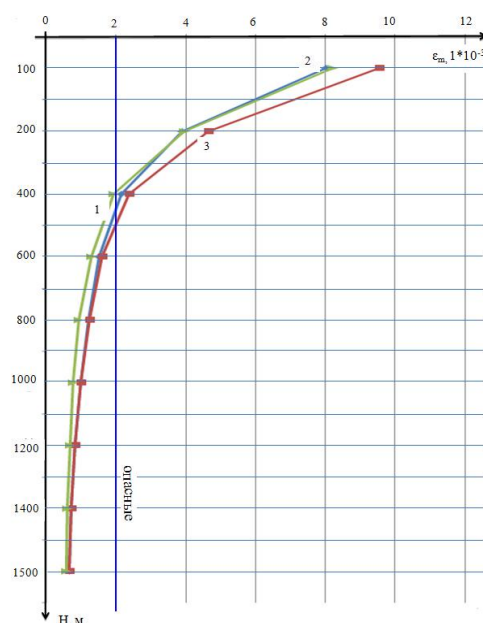


Рисунок 3 Зависимость максимальных горизонтальных деформаций земной поверхности ε_m от глубины подработки ($H, м$) при $D_2/H = 1, D_2/H = 1,2, D_2/H = 1,4, m = 1$ м, $q_0 = 0,8, a = 0,3, \alpha = 5^\circ, D_1 = 2000$ м

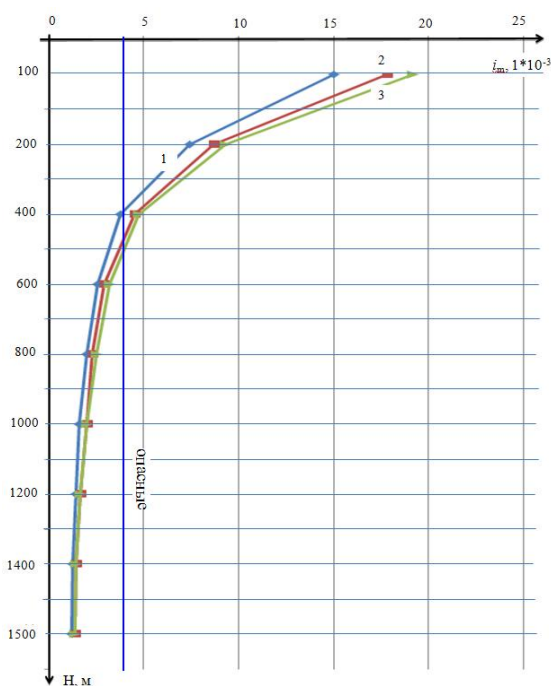


Рисунок 4 Кривые зависимости максимальных наклонов земной поверхности (i_m , $1 \cdot 10^{-3}$) от глубины (H , м) при $D_2/H = 1$, $D_2/H = 1,2$, $D_2/H = 1,4$, $m = 1$ м, $q_0 = 0,8$, $a = 0,3$, $\alpha = 5^\circ$

С увеличением глубины до 1500 м увеличивается прочность пород, значит, соответственно теории более интенсивно должны уменьшаться относительные максимальные оседания и деформации земной поверхности, чем при H до 600 м, что не подтверждается вычисленными по методике [1] значениями (табл. 1, 2, рис. 1–4).

Напрашивается вывод о недостаточной изученности влияния глубины подработки на максимальные сдвиги и деформации

земной поверхности и о том, что действующая методика расчета [1] требует корректировки при глубинах более 600 м.

Выводы и направление дальнейших исследований.

В результате выполненных исследований получены графики зависимости максимальных оседаний, наклонов и горизонтальных деформаций земной поверхности при постоянных отношениях $D/H = 1$, $D/H = 1,2$, $D/H = 1,4$ от глубины подработки в интервале 100–1500 м и принятых остальных влияющих факторах: $m = 1$ м, $\alpha = 5^\circ$, $D_2 = 2000$ м, $q_0 = 0,8$, $a_0 = 0,3$ (рис. 1–4, табл. 1, 2), из которых видно, что при $H > 500$ м деформации земной поверхности не превышают опасных ($i = 4 \cdot 10^{-3}$, $\varepsilon = 2 \cdot 10^{-3}$). При $H > 600$ м зависимость параметров процесса сдвижения земной поверхности от глубины подработки изучена недостаточно. Действующая отраслевая методика расчета ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности требует совершенствования на больших глубинах, для чего необходимы традиционные натурные маркшейдерские наблюдения или заложение автоматической наблюдательной станции [7].

В дальнейшем планируется выполнить аналогичные расчеты для всех марок угля в различных горно-геологических условиях, построить номограмму, позволяющую быстро определять ожидаемые сдвиги и деформации при выборе мер охраны подрабатываемых сооружений земной поверхности.

Библиографический список

1. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом [Текст] // М-во палива та енергетики України. — Київ, 2004. — 127 с.
2. Ларченко, В. Г. Практические результаты исследований деформации земной поверхности при отработке свиты пологих угольных пластов [Текст] / В. Г. Ларченко // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників — 2009». — Днепропетровск : НГУ, 2009. — С. 222–230.
3. Ларченко, В. Г. Определение зависимости параметров сдвижений и деформаций подработанной толщи пород от определяющих факторов методом конечных элементов [Текст] / В. Г. Ларченко, О. А. Черных // Вестник МАНЭБ. — Санкт-Петербург, 2006. — № 22 — С. 16–24.
4. Ларченко, В. Г. Зависимость максимальных оседаний земной поверхности от основных определяющих факторов [Текст] / В. Г. Ларченко, Ю. А. Маталкина // Сб-к научных трудов Дон ГТУ. — 2016. — Вып 4(47). — С. 45–51.

5. Ларченко, В. Г. Зависимость максимальных оседаний земной поверхности от глубины разработки угольных пластов и крепости пород [Текст] / В. Г. Ларченко, Ю. А. Маталкина // Материалы международной конференции «Экология и безопасность жизнедеятельности – 2017» (Теберда, Карачаево-Черкесия, 23–28.08.2017): сб-к научных трудов. — Алчевск : ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», 2017. — С. 132–136.

6. Кодунов, Б. А. Зависимость максимальных оседаний земной поверхности от размеров лавы и глубины разработки [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://ea.dgtu.donetsk.ua:8080/bitstream/123456789/6975/1/kodunov_max_osed.pdf

7. Ларченко, В. Г. Автоматическая наблюдательная станция для мониторинга сдвижений и деформаций горных пород [Текст] / В. Г. Ларченко, О. М. Куценко, Ю. А. Маталкина // Сб. науч. трудов Дон ГТУ. — 2015. — Вып. 1 (44). — С. 49–55.

© Ларченко В. Г.

© Маталкина Ю. А.

*Рекомендована к печати к.т.н., доц. каф. РМПИ ДонГТУ Леоновым А. А.,
гл. маркшейдером шахты им. XIX съезда КПСС Чабан И. И.*

Статья поступила в редакцию 17.10.17.

к.т.н. Ларченко В. Г., Маталкина Ю. А. (ДонГТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГЛИБИНИ ПІДРОБКИ НА ПАРАМЕТРИ ПРОЦЕСУ ЗРУШЕННЯ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ

Встановлено залежність максимальних зрушень і деформацій земної поверхні від глибини очисних робіт.

Ключові слова: максимальні осідання, нахили, горизонтальні деформації земної поверхні, глибина підробки, залежність.

PhD Larchenko V. G., Matalkina Yu. A. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

DEPENDENCE OF THE MAXIMUM EARTH SURFACE SUBSIDENCE FROM THE MAIN DEFINITIVE FACTORS

The dependence is established for the maximum shifts and deformations of the earth's surface on the depth of face works.

Key words: maximum subsidence, slopes, horizontal deformations of the earth's surface, depth of underwork, dependence.