

УДК 622.837

Маталкина Ю. А.
(Дон ГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ ПОДРАБОТАННОСТИ НА МАКСИМАЛЬНЫЕ ОСЕДАНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Установлена зависимость максимальных оседаний земной поверхности от степени подработанности, размеров межлавных целиков, глубины очистных работ.

Ключевые слова: максимальные оседания, земная поверхность, степень подработанности, глубина подработки, зависимости, целик, «Правила подработки...».

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. Проблема извлечения угля из-под застроенных территорий стоит остро в Донбассе и не только. Так как уголь является невозполнимым природным ресурсом, возникает вопрос максимально полного его извлечения из недр. Но, делая это неосмотрительно, под застроенными участками или природными объектами в итоге можно получить нарушение систем коммуникации, целостности сооружений или природных объектов, что может стать причиной аварийных ситуаций и пагубного воздействия на окружающую среду. По этой причине безопасная разработка угля под застроенными территориями и водными объектами является актуальной проблемой.

На данный момент деформации земной поверхности определяют трудоёмкими натурными маркшейдерскими наблюдениями или их расчётом по методике «Правил подработки...» [1]. Она позволяет определять сдвигения и деформации при глубинах до 1000 м и более с определённой погрешностью. С увеличением глубины подработки погрешность определения параметров сдвижений и деформаций и общая продолжительность процесса сдвижения увеличиваются, что, в свою очередь, делает натурные измерения более трудоёмкими и дорогостоящими.

Поэтому совершенствование методики расчёта ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности является актуальной практической и научной задачей.

Постановка задачи. Задачей исследований является установление зависимости величин ожидаемых максимальных оседаний земной поверхности от степени подработанности, размеров межлавных целиков и глубины подработки.

Изложение материала и его результаты. Одним из факторов, влияющих на величины ожидаемых максимальных оседаний земной поверхности η_m , являются коэффициенты N_1, N_2 [1] которые характеризуют степень подработанности земной поверхности соответственно вкрест и по простиранию пласта. Они зависят от отношений размеров выработанного пространства D_1, D_2 к глубине подработки H и поправок ΔD :

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

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

где D_1, D_2 — длины очистной выработки соответственно вкрест и по простиранию, м; $\Delta D_n, \Delta D_s, \Delta D_{np}, \Delta D_{opr}$ — поправки к относительной длине лавы за счёт целика со стороны падения, восстания, простирания и обратной простиранию пласта, значения которых приведены в «Правилах подработки...» [1].

Для исследования непосредственного влияния D/H остальные факторы, влияющие на максимальные оседания η_m , принимаем за постоянные: вынимаемая мощ-

ность пласта $m=1$ м, угол падения $\alpha=5^\circ$, $D_1=2000$ м, $l/H=0,4$, $q_0=0,8$.

Полученные из расчёта результаты сведены в таблицу 1, и по ним построены графики зависимости η_m от отношений D_2/H (рис. 1).

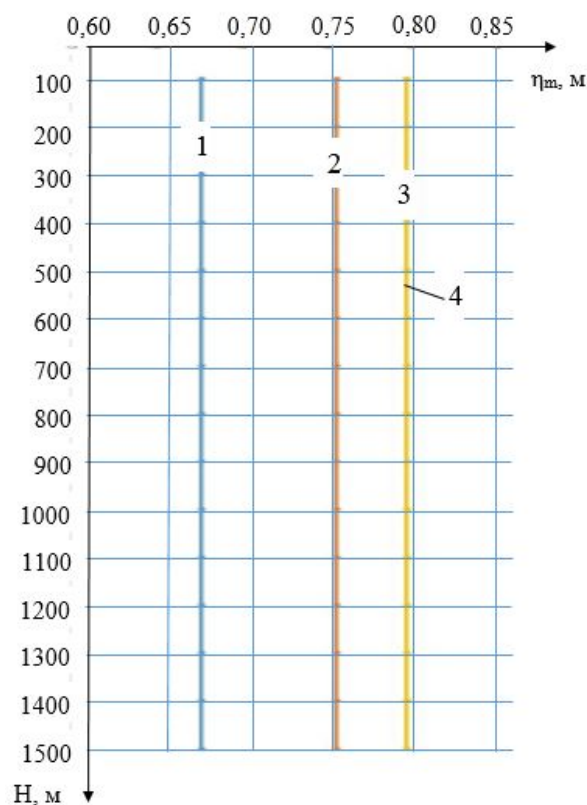
Вопрос влияния D_2/H на η_m/m был рассмотрен Б. А. Кодуновым в работе [2]. По результатам математического моделирования была установлена зависимость η_m от ширины выработанного пространства D к H .

Исследования формулы из «Правил...» [1], которая используется для вычисления максимальных оседаний при изменяющейся степени подработанности и остальных постоянных факторах, показали, что с увеличением глубины величины максимальных оседаний не изменяются. Это противоречит теории и общепринятым положениям [2–4] — с увеличением глубины разработки уменьшаются относительные величины максимальных оседаний земной поверхности.

Таблица 1

Зависимость ожидаемых максимальных оседаний земной поверхности η_m от глубины (H , м) при $D_2/H=0,8$, $D_2/H=1$, $D_2/H=1,2$, $D_2/H=1,4$ в соответствии с [1]

H (м)	η_m			
	$D_2/H=0,8$	$D_2/H=1$	$D_2/H=1,2$	$D_2/H=1,4$
100	0,676	0,756	0,797	0,797
200	0,676	0,756	0,797	0,797
300	0,676	0,756	0,797	0,797
400	0,676	0,756	0,797	0,797
500	0,676	0,756	0,797	0,797
600	0,676	0,756	0,797	0,797
700	0,676	0,756	0,797	0,797
800	0,676	0,756	0,797	0,797
900	0,676	0,756	0,797	0,797
1000	0,676	0,756	0,797	0,797
1100	0,676	0,756	0,797	0,797
1200	0,676	0,756	0,797	0,797
1300	0,676	0,756	0,797	0,797
1400	0,676	0,756	0,797	0,797
1500	0,676	0,756	0,797	0,797



1 — при $D_2/H=0,8$; 2 — при $D_2/H=1$;
3 — при $D_2/H=1,2$; 4 — при $D_2/H=1,4$

Рисунок 1 Зависимость ожидаемых максимальных оседаний земной поверхности η_m от глубины подработки (H , м)

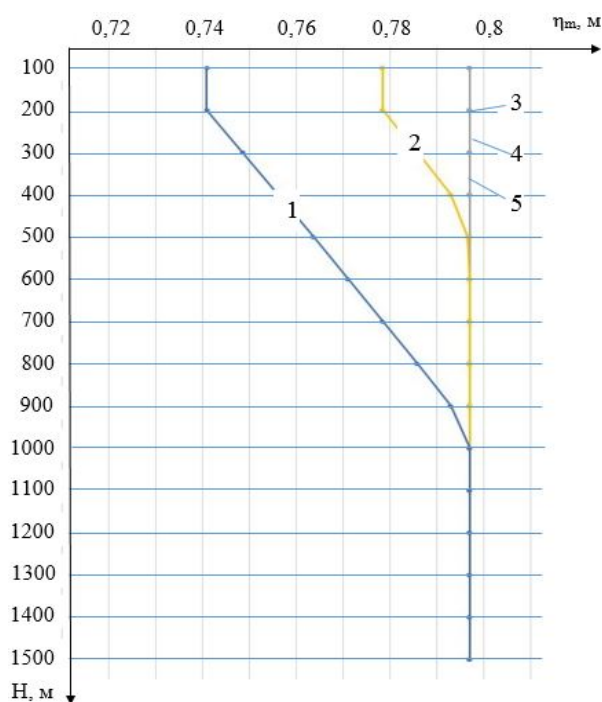
Для дальнейшего исследования η_m по методике [1] проанализируем такой фактор, как наличие межлавных целиков и их размеры. В зависимости l/H изменяются поправки к относительной длине лавы за счёт целика ΔD в коэффициентах N_1 и N_2 [1]. По полученным результатам составлена таблица 2 и построен график (рис. 2).

Анализируя график зависимости (рис. 2), мы можем утверждать, что он не соответствует теории и общепринятым положениям, так как при значениях $l/H=0$, $l/H=0,2$, $l/H=0,4$ максимальные оседания постоянны на любой глубине, а при $l/H=0,6$ и $0,8$ η_m увеличиваются.

Следовательно, можно сделать вывод, что методика определения η_m нуждается в пересмотре и доработке.

Таблица 2
Зависимость максимальных оседаний земной поверхности от глубины (H , м) при $l/H=0$, $l/H=0,2$, $l/H=0,4$, $l/H=0,6$, $l/H=0,8$

H (м)	η_m				
	$l/H=0,4$	$l/H=0$	$l/H=0,2$	$l/H=0,6$	$l/H=0,8$
100	0,797	0,797	0,797	0,778	0,741
200	0,797	0,797	0,797	0,778	0,741
300	0,797	0,797	0,797	0,786	0,748
400	0,797	0,797	0,797	0,793	0,756
500	0,797	0,797	0,797	0,797	0,764
600	0,797	0,797	0,797	0,797	0,771
700	0,797	0,797	0,797	0,797	0,778
800	0,797	0,797	0,797	0,797	0,786
900	0,797	0,797	0,797	0,797	0,793
1000	0,797	0,797	0,797	0,797	0,797
1100	0,797	0,797	0,797	0,797	0,797
1200	0,797	0,797	0,797	0,797	0,797
1300	0,797	0,797	0,797	0,797	0,797
1400	0,797	0,797	0,797	0,797	0,797
1500	0,797	0,797	0,797	0,797	0,797



1 — при $l/H=0,8$; 2 — $l/H=0,6$; 3 — $l/H=0,4$;
4 — $l/H=0,2$; 5 — $l/H=0$

Рисунок 2 Зависимость максимальных оседаний земной поверхности η_m от глубины разработки (H , м) и размера целика l

Поэтому на данном этапе исследования предлагается использовать ту же формулу, как и в «Правилах...» [1], но с учётом коэффициента расслоения K_P :

$$\eta_m = q_0 \cdot m \cdot \cos \alpha \cdot N_1 \cdot N_2 - K_P \cdot H^2, \text{ м}, (3)$$

где q_0 — относительная безразмерная величина максимального оседания, принимается в зависимости от марки угля и отношения мощности четвертичных отложений h к глубине разработки H по таблице А.1 [1];

m — вынимаемая мощность пласта, м;

α — угол падения пласта, градус;

K_P — коэффициент остаточных расслоений (разуплотнений) подработанной слоистой толщи горных пород, установленный на основе натуральных наблюдений В. Г. Ларченко [5], исследованиями Н. К. Клишина, О. Л. Кизиярова, М. С. Четверика и анализом результатов фактических оседаний земной поверхности при подработке на больших глубинах [6].

Данный коэффициент принимаем равным $3 \cdot 10^{-7} \frac{1}{\text{м}^2}$ в районе залегания антрацитов и $2,5 \cdot 10^{-7} \frac{1}{\text{м}^2}$ в других регионах, в дальнейшем он требует уточнения по результатам натуральных наблюдений на больших глубинах.

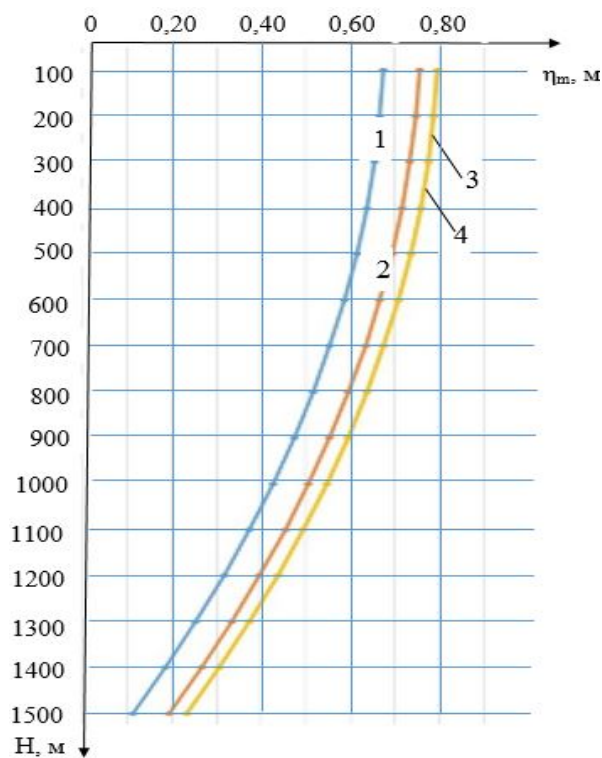
С использованием тех же исходных данных ($m=1$ м, $\alpha=5^\circ$, $D_1=2000$ м, $l/H=0,4$, $q_0=0,8$) вычислены величины η_m по формуле (3). По результатам расчётов составлены таблицы 3, 4 и построены графики (рис. 3, 4).

Рассмотрев полученные данные в таблицах 3, 4 и графики (рис. 3, 4) можно сделать вывод, что с увеличением глубины H максимальные оседания η_m уменьшаются, что соответствует теории. Так как с увеличением глубины увеличивается прочность пород, значит, соответственно теории, должны уменьшаться относительные максимальные оседания, что, собственно, и можно увидеть на графиках (рис. 3, 4).

Таблица 3

Зависимость максимальных оседаний земной поверхности от глубины (H , м) с учётом Kp при $D_2/H=0,8$, $D_2/H=1$, $D_2/H=1,2$, $D_2/H=1,4$

H (м)	η_m			
	$D_2/H=0,8$	$D_2/H=1$	$D_2/H=1,2$	$D_2/H=1,4$
100	0,674	0,754	0,794	0,794
200	0,666	0,746	0,787	0,787
300	0,654	0,734	0,774	0,774
400	0,636	0,716	0,757	0,757
500	0,614	0,694	0,734	0,734
600	0,586	0,666	0,707	0,707
700	0,554	0,634	0,674	0,674
800	0,516	0,596	0,637	0,637
900	0,474	0,554	0,594	0,594
1000	0,426	0,506	0,547	0,547
1100	0,374	0,454	0,494	0,494
1200	0,316	0,396	0,437	0,437
1300	0,254	0,334	0,374	0,374
1400	0,186	0,266	0,307	0,307
1500	0,114	0,194	0,234	0,234



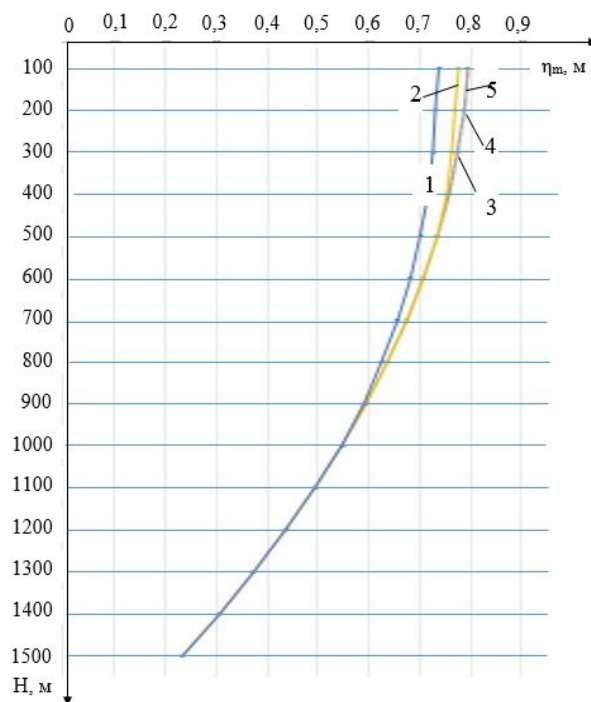
1 — при $D_2/H=0,8$; 2 — при $D_2/H=1$;
3 — при $D_2/H=1,2$; 4 — при $D_2/H=1,4$

Рисунок 3 Зависимость ожидаемых максимальных оседаний земной поверхности η_m от глубины подработки (H , м) с учётом Kp

Таблица 4

Зависимость максимальных оседаний земной поверхности от глубины (H , м) с учётом Kp при $l/H=0$, $l/H=0,2$, $l/H=0,4$, $l/H=0,6$, $l/H=0,8$

H (м)	η_m			
	$l/H=0,4$	$l/H=0$	$l/H=0,2$	$l/H=0,6$
100	0,794	0,794	0,794	0,776
200	0,787	0,787	0,787	0,768
300	0,774	0,774	0,774	0,763
400	0,757	0,757	0,757	0,753
500	0,734	0,734	0,734	0,734
600	0,707	0,707	0,707	0,707
700	0,674	0,674	0,674	0,674
800	0,637	0,637	0,637	0,637
900	0,594	0,594	0,594	0,594
1000	0,547	0,547	0,547	0,547
1100	0,494	0,494	0,494	0,494
1200	0,437	0,437	0,437	0,437
1300	0,374	0,374	0,374	0,374
1400	0,307	0,307	0,307	0,307
1500	0,234	0,234	0,234	0,234



1 — при $l/H=0,8$; 2 — при $l/H=0,6$; 3 — $l/H=0,4$;
4 — $l/H=0,2$; 5 — $l/H=0$

Рисунок 4 Зависимость максимальных оседаний земной поверхности η_m от глубины подработки (H , м) и размера целика l по формуле (3)

Выводы и направление дальнейших исследований. Проанализировав оба полученных графика и сравнив с предыдущими, можно сделать вывод: с увеличением глубины зависимость параметров процесса сдвижения земной поверхности изучена недостаточно, а иногда и противоречит теории и общепринятым положениям.

Например [1], судя по графикам (рис. 1, 2), максимальные оседания остаются постоянными на любой глубине подработки или же увеличиваются с увеличением глубины. Соответственно, существующая методика оп-

ределения максимальных ожидаемых деформаций нуждается в пересмотре и доработке.

Коэффициент остаточных расслоений K_p , который был использован в формуле (3), требует уточнений, но уже сейчас по графикам (рис. 3, 4) можно сказать, что он позволяет значительно увеличить точность расчёта ожидаемых максимальных оседаний.

В дальнейшем планируется исследование влияния глубины подработки на горизонтальные сдвиги и деформации земной поверхности.

Библиографический список

1. ГСТУ 101.00159226.001-2003. Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом [Текст]. — Введ. 2003-11-28. — К. : УкрНИИМИ НАН Украины, Минтопэнерго Украины. — 2004. — 128 с. — (Отраслевой стандарт Украины).
2. Кодунов, Б. А. Зависимость максимальных оседаний земной поверхности от размеров лавы и глубины разработки [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://ea.donntu.org/handle/123456789/6975>.
3. Ларченко, В. Г. Процесс сдвижений и деформаций подработанного массива горных пород [Текст] / В. Г. Ларченко // Освоение месторождений минеральных ресурсов и подземное строительство в сложных гидрогеологических условиях : материалы 7-го Международного симпозиума. — Белгород : ВИОГЕМ, 2003. — С. 238–244.
4. Посыльный, Ю. В. Максимальные оседания земной поверхности в антрацитовых районах Донбасса [Текст] / Ю. В. Посыльный, А. А. Джулай, Е. А. Тетерин // Перспективы развития Восточного Донбасса : сб. науч. трудов ШИЮРГТУ (НПИ). — Новочеркасск : Набла, 2007. — С. 282–294.
5. Ларченко, В. Г. Максимальные оседания и деформации земной поверхности при подработке на больших глубинах [Текст] / В. Г. Ларченко, Е. В. Коваленко, Ю. А. Маталкина // Сб. научных трудов ДонГТУ. — 2018. — Вып. 3 (54). — С. 33–40.
6. Ларченко, В. Г. Влияние глубины разработки угольных пластов на окружающую среду [Текст] / В. Г. Ларченко, Е. В. Коваленко, Ю. А. Маталкина // Сборник трудов научной конференции «50 лет кафедре экологии и жизнедеятельности». — Алчевск, 2018. — С. 57–66.

© Маталкина Ю. А.

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

Статья поступила в редакцию 13.03.19.

Маталкіна Ю. А. (ДонГТУ, м. Алчевськ, ЛНР) ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТУПЕНЯ ПІДРОБКИ НА МАКСИМАЛЬНІ ОСІДАННЯ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ

Встановлено залежність максимальних осідань земної поверхні від ступеня підробки, розмірів міжлавних ціліків, глибини очисних робіт.

Ключові слова: максимальні осідання, земна поверхня, ступінь підробки, глибина підробки, залежність, цілік, «Правила підробки...».

Matalkina Yu. A. (*DonSTU, Alchevsk, LPR*)

STUDY OF INFLUENCE OF THE DEGREE OF UNDERMINING ON THE MAXIMUM EARTH CRUST SUBSIDENCE

The dependence of maximum earth crust subsidence from the degree of undermining, sizes of the wall pillars, the depth of the actual mining.

Key words: *maximum subsidence, earth crust, degree of undermining, depth of undermining, dependences, pillar, "Mining rules..."*.