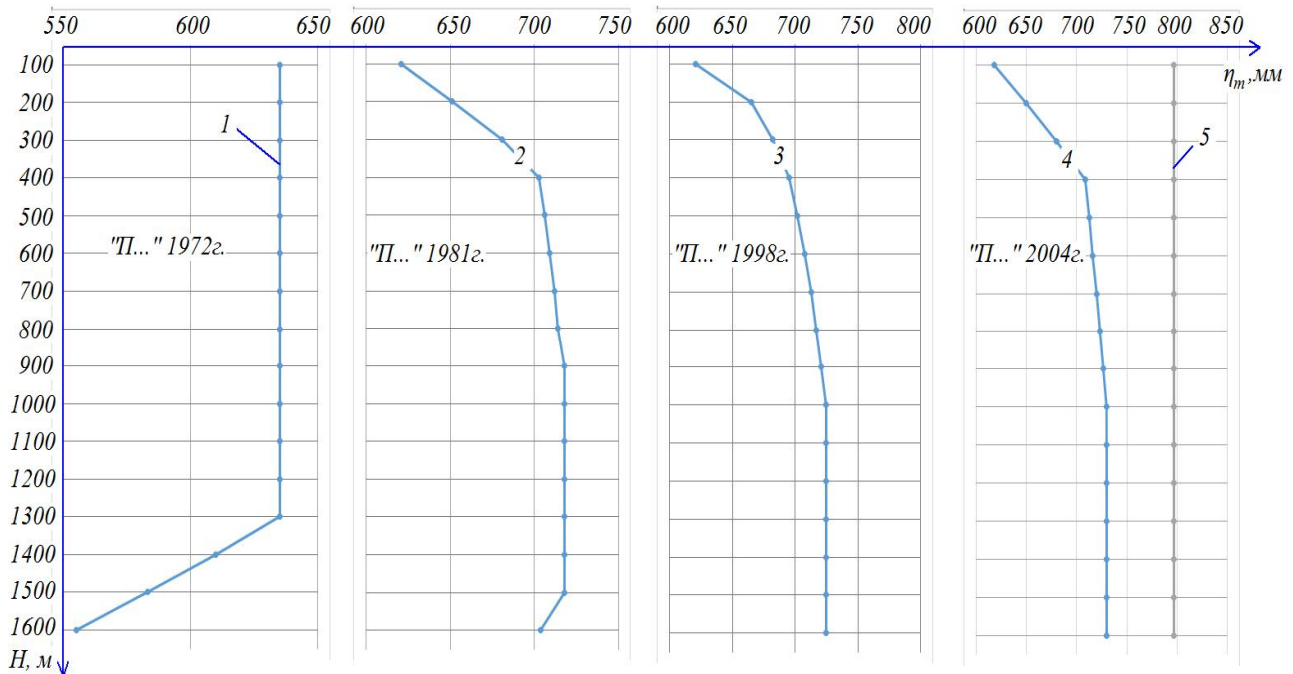


### ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ОЖИДАЕМЫХ ОСЕДАНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОСЛЕ ПОДРАБОТКИ НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ

Около 30 % балансовых запасов угля в Донбассе залегает под сооружениями, коммуникациями и природными объектами. Добыча угля в этих случаях возможна только после принятия мер охраны подрабатываемых объектов, которые зависят от максимальных ожидаемых или вероятных сдвижений и деформаций земной поверхности. Натурные наблюдения по определению фактических параметров процесса сдвижения являются трудоемкими и в ЛНР не всегда возможными. Маркшейдерской службе шахт остается определять ожидаемые или вероятные сдвижения и деформации земной поверхности по методикам действующих нормативных документов «Правила подработки зданий...» [1] Украины или «Правила охраны сооружений...» [2] РФ. Но выполненные кафедрой МГ и Г ДонГТИ исследования [3–4] показывают, что как в действующих нормативных «Правилах...» [1, 2], так и в им предшествовавших «Правилах...» [5] Министерства угольной промышленности СССР 1981 г. и [6] 1972 г. не в полной мере учтено влияние глубины разработки  $H$  на максимальное оседание земной поверхности  $\eta_m$  (рис. 1).

На графиках зависимости, построенные по методике [1, 2, 5, 6], при вынимаемой мощности пласта 1 м, угле наклона пласта  $\alpha = 5^\circ$ , длине столба по падению  $D_1 = 2000$  м, полной подработке по простиранию ( $D_2/H = 1,2$ ), по методикам, кроме 1972 г., максимальные оседания  $\eta_m$  с увеличением глубины разработки  $H$  увеличиваются или не изменяются, что противоречит теории сдвижения слоистой толщи пород (рис. 1).



1–4 — ломаные в районах залегания антрацита;  
5 — прямая в районах залегания других марок при  $l/H = 0,4$

Рисунок 1 — Графики зависимости  $\eta_m$  от  $H$ , вычисленные по методике [1, 2, 5, 6]

Добыча угля на ряде шахт ЛНР производится на глубинах до 1000 м и более. Поэтому необходимым и актуальным стало совершенствование методик действующих нормативных «Правил...» [1, 2] для расчета ожидаемых максимальных оседаний земной поверхности при ежегодном увеличении глубины очистных работ.

Задачей исследований данного этапа является совершенствование методики расчета ожидаемых максимальных оседаний земной поверхности при ее подработке на больших глубинах.

Для решения поставленной задачи нами выполнен анализ литературных источников, влияющих на  $\eta_m$ , факторов ( $m$ ,  $\alpha$ ,  $D_1$ ,  $D_2$ , отношений мощности наносов  $h$  к  $H$ , степени метаморфизма «марки угля», прочность и мощность слоев пород), теоретические исследования, моделирования в лабораторных условиях, сбор результатов натуральных наблюдений.

Анализ выполненных исследований позволил сделать следующие выводы:

В используемых в «Правилах...» [1, 2] в формулах (1, 2) вычисления коэффициентов степени подработанности земной поверхности вкrest простирания  $N_1$  и по простиранию  $N_2$ , поправки  $\Delta D_{\text{в}}$  подкоренных выражениях рекомендуем не учитывать, так как: при  $l/H=0$  (целика нет), но  $\Delta D$  в зависимости от  $H$  изменяется от 0,14 до 0,04; при  $l/H=0,6$  и более  $\Delta D$  колеблется в пределах от  $-0,22$  до  $-0,07$  (табл. А.2 [1]), при  $l/H=0,4$  (в районах кроме антрацита)  $\Delta D=0$  при  $H$  от 100 до 1000 и более м, значит, вычисленные  $\eta_m$  при любых значениях  $H$  будут постоянными (рис. 1, прямая 9).

$$N_1 = \sqrt{0,9\left(\frac{D_1}{H} + \Delta D_{\text{П}} + \Delta D_{\text{В}}\right)}, \quad (1)$$

$$N_2 = \sqrt{0,9\left(\frac{D_2}{H} + \Delta D_{\text{ПР}} + \Delta D_{\text{ОПР}}\right)}, \quad (2)$$

где  $\Delta D_{\text{П}}$ ,  $\Delta D_{\text{В}}$ ,  $\Delta D_{\text{ПР}}$ ,  $\Delta D_{\text{ОПР}}$  — поправки к относительной длине лавы за счет целика соответственно: со стороны падения, восстания, простирания и обратной простиранию, определяемые с учетом отношения размеров целика  $l$  к  $H$  по таблице А.2 [1].

Кроме того, натурными наблюдениями установлено [7], что над целиком шириной  $(0,2-0,4) \cdot l/H$  происходит суммирование горизонтальных деформаций растяжений от динамической полумульды и образовавшейся новой мульды и, аналогично, кривизны выпуклости, которые в 2 раза больше максимальных деформаций над разрезной печью и в 5 раз больше соответствующих деформаций над движущимся очистным забоем.

Расчет максимальных оседаний рекомендуем выполнять по формуле

$$\eta_m = q_o \cdot m \cdot \cos \alpha \cdot N_1 \cdot N_2 - K_p \cdot H^2, m \geq 0, \quad (3)$$

где  $q_o$  — относительная величина максимального оседания, определяемая в соответствии с табл. А.1 [1], безразмерная величина;

$m$  — вынимаемая мощность пласта, м;

$\alpha$  — угол падения пласта, градус;

$N_1, N_2$  — коэффициенты, характеризующие степень подработанности земной поверхности соответственно вкrest простирания и по простиранию, безразмерные величины, определяемые по формулам (4)

$$N_1 = \sqrt{0,9 \frac{D_1}{H}}; N_2 = \sqrt{0,9 \frac{D_2}{H}}, \quad (4)$$

где  $D_1, D_2$  — размеры выработанного пространства соответственно по падению и по простиранию пласта. Если  $N_1$  и  $N_2 > 1$ , их следует принимать равными 1;

$K_p$  — коэффициент остаточных межслоевых расслоений (разуплотнений) подработанного массива пород, зависящий от литологии толщи, мощности, прочности слоев горных пород, установленный натурными наблюдениями, теоретическими

исследованиями и рекомендуемый на данном этапе при первичной подработке в антрацитовых районах Донбасса  $K_p = 3 \cdot 10^{-7} \text{ 1/м}^2$ , в районах залегания углей марок Ж, К, ОС, Т и Д–Г при  $h/H \leq 0,3$   $K_p = 2,5 \cdot 10^{-7} \text{ 1/м}^2$ , в районах углей марок Д–Г при  $h/H > 0,3$   $K_p = 2 \cdot 10^{-7} \text{ 1/м}^2$  и требующий подтверждения результатами натуральных наблюдений при добыче угля на больших глубинах. При повторных подработках в антрацитовых районах рекомендуем  $K_p^{\text{II}} = 2,5 \cdot 10^{-7} \text{ 1/м}^2$ , в остальных районах  $K_p^{\text{II}} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ 1/м}^2$ .

По формуле (3) выполнен расчет максимальных оседаний земной поверхности  $\eta_m$  в тех же горно-геологических условиях, как и по «Правилам...» [1, 2, 5, 6] (рис. 1) в районах залегания антрацита, при степени подработанности земной поверхности по простиранию  $\frac{D_2}{H}$  от 0,2 до 1,2,  $D_1 = 2000$  м. По вычисленным значениям  $\eta_m$  построены графики зависимости  $\eta_m$  от  $H$  (рис. 2), которые убедительно показывают степенную зависимость максимальных оседаний земной поверхности от глубины подработки, зависимость  $\eta_m$  от степени подработанности (отношения  $\frac{D_2}{H}$ ).

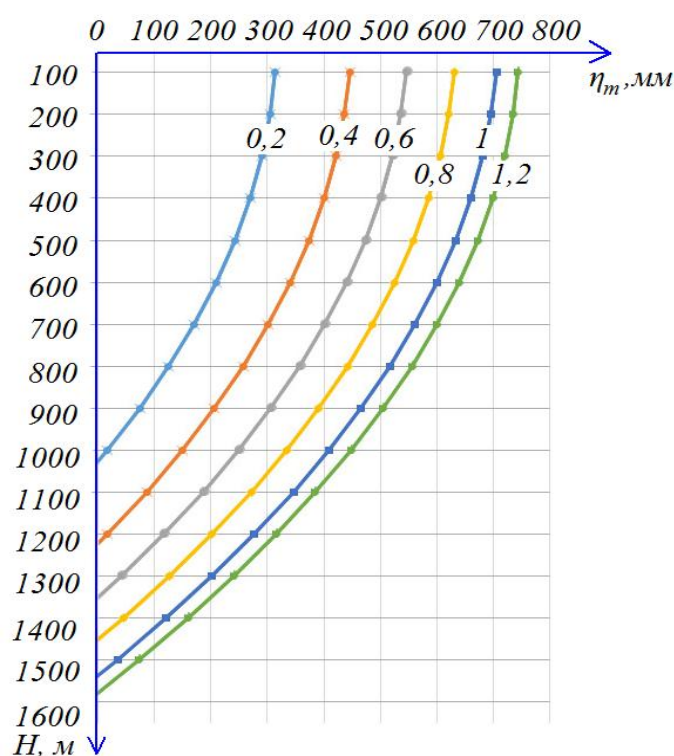


Рисунок 2 — Графики зависимости  $\eta_m$  от  $H$  и от  $D_2/H$

Выводы:

1. Скорректированная методика позволяет получать адекватные и сопоставимые с результатами натуральных наблюдений максимальные оседания земной поверхности при глубинах подработки до 1600 м.

2. Изложенная методика расчета  $\eta_m$  использована в проекте «Правил охраны сооружений ...» ЛНР, которые проходят согласование в организациях ЛНР, и требует подтверждения результатами натуральных наблюдений при добыче угля на глубинах более 600 м.

3. Дальнейшие исследования авторов будут направлены на подготовку методики определения наклонов и горизонтальных деформаций земной поверхности и производство натуральных наблюдений при их финансировании.

## Список литературы

1. Отраслевой стандарт Украины. Правила подработки зданий и сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом / УкрНИМИ НАН Украины, Минтопэнерго Украины. — К., 2004. — 128 с.
2. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях / Минтопэнерго РФ РАН. Гос. НИИ горн. геомеханики и маркшейдерского дела — Межотраслевой науч. Центр ВНИМИ). — СПб., 1998. — 291 с.
3. Ларченко, В. Г. Совершенствование методики расчета ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности при добыче угля / В. Г. Ларченко, Е. В. Коваленко, Ю. А. Маталкина // Сборник научных трудов ДонГТУ. — 2019.— Вып. 15 (58). — С. 20–26.
4. Ларченко, В. Г. Зависимость сдвижений деформаций земной поверхности от глубины подработки / В. Г. Ларченко, Е. В. Коваленко, Ю. А. Маталкина // Сборник научных трудов РАНИМИ. Часть I. VI Международная научно-техническая конференция «Горная геология, геомеханика и маркшейдерия» (26–27 сентября 2019 г.). — Донецк : РАНИМИ МО и Н ДНР, 2019. — № 8 (23). — С. 129–134.
5. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях / Министерство угольной промышленности СССР. — М. : Недра, 1981, — 288 с.
6. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок в Донецком угольном бассейне / Министерство угольной промышленности СССР. — М. : ХОЗУ МУП СССР, 1972. — 133 с.
7. Ларченко, В. Г. Зависимость горизонтальных деформаций земной поверхности от ширины выработанного пространства и размеров целиков / В. Г. Ларченко // Вестник МАНЭБ. — СПб., 2000. — № 2 (26). — С. 30–32.