

УДК 622.834

ПРОГНОЗ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СДВИЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ РАЗРАБОТКИ

Рожко М. Д., Кулибаба С. Б.
(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

Приведені основні положення нової методики розрахунку вертикальних зрушень і деформацій земної поверхні, оцінена її точність шляхом порівняння з результатами інструментальних спостережень при розробці вугільних пластів на великих глибинах.

The main points of new method for computation of vertical surface movement and deformation are described. Accuracy of the method is evaluated by comparing it with the results of instrumental observations in mining coal seams at large depths.

Проведение выработок в угольных пластах нарушает равновесие горных пород в массиве, в результате чего происходит их деформирование, которое при определенных условиях достигает земной поверхности. Этот процесс, называемый сдвижением горных пород, при разработке угольных пластов на больших глубинах охватывает колоссальные участки породного массива. Так, при отработке только одной 200-метровой лавой двухкилометрового участка пласта, залегающего на глубине 1 км, в процесс сдвижения вовлекается не менее 5 млрд. т породной массы, а площадь земной поверхности, на которой проявляются те или иные деформации, влияющие на находящиеся там объекты, превышает 2,5 км².

Для прогноза сдвижений и деформаций земной поверхности, вызванных очистной выработкой, необходимо решить следующие основные задачи:

- 1) определить локализацию и размеры мульды сдвижения на земной поверхности;
- 2) определить величины максимальных сдвижений и деформаций и их местоположение;
- 3) рассчитать сдвижения и деформации земной поверхности на участке подрабатываемой территории.

С увеличением глубины разработки угольных пластов в Донбассе, начиная уже с глубин разработки 500-600 м, существующие методы прогноза сдвижений и деформаций земной поверхности теряют точность. В частности, использование принятого критериального способа определения зоны влияния очистной выработки на земной поверхности [1] приводит к тому, что при больших глубинах разработки границы мульды "смещаются" к ее центру, вызывая погрешности расчетов при решении всех трех перечисленных выше задач.

Проведенные нами в последние годы исследования [2–5] позволили разработать новую методику расчета вертикальных сдвижений и деформаций земной поверхности, адаптированную к современным условиям подземной разработки угольных пластов в Донбассе. Принципиальным отличием этой методики от всех применяемых ранее является отказ от определения положения границ зоны влияния очистной выработки на земной поверхности. В качестве опорных параметров для определения локализации и размеров мульды сдвижения взамен граничных точек здесь использованы точки максимальных наклонов, положение которых на земной поверхности установить значительно проще.

Методика расчета позволяет прогнозировать величину вертикального сдвижения (оседания) η , а также величины и знаки наклонов i и кривизны K земной поверхности на вертикальных разрезах по главным сечениям мульды сдвижения. Расчет производят одновременно на двух вертикальных разрезах по главным сечениям мульды сдвижения вкрест и по простиранию пласта (рис. 1).

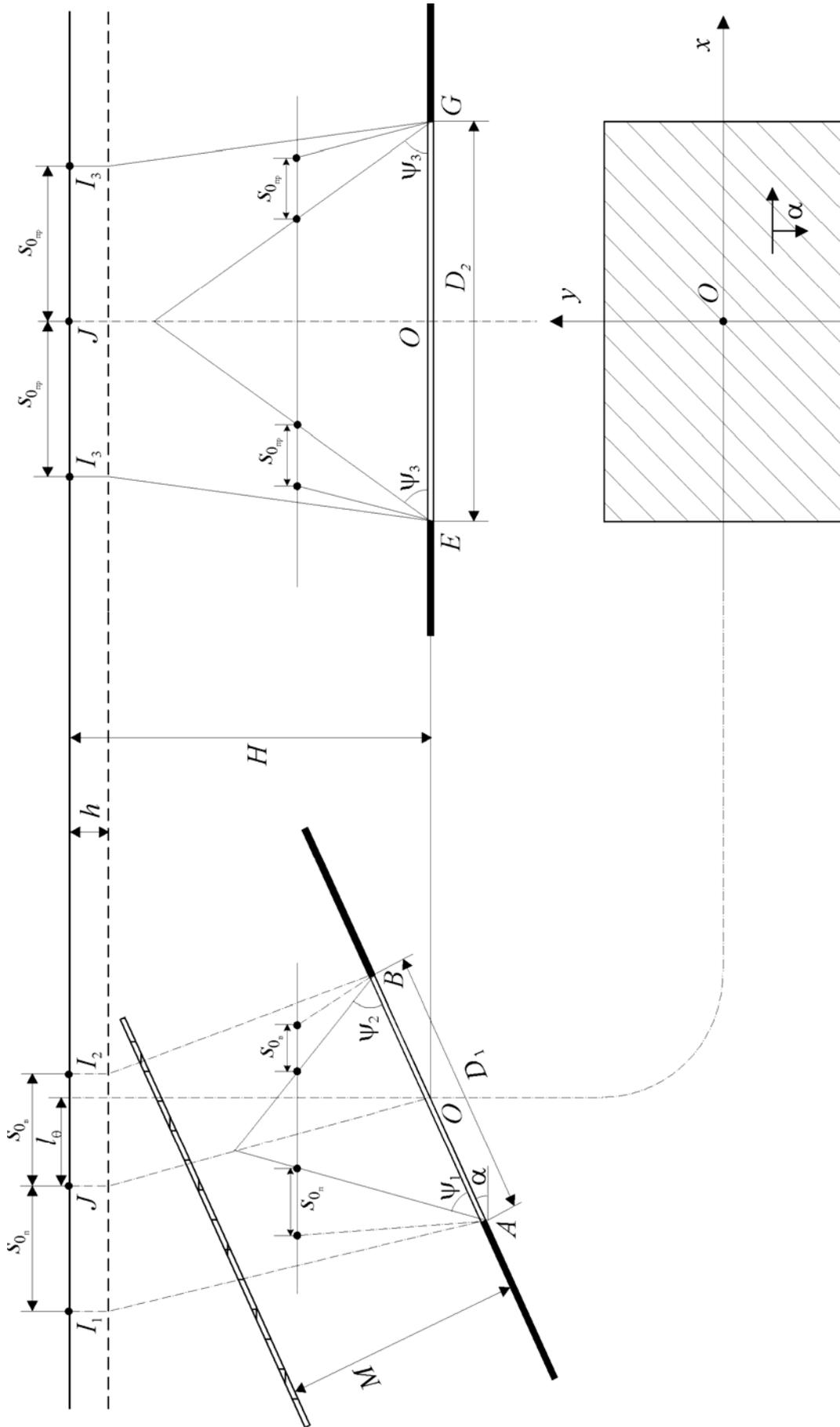


Рис. 1. Схема к расчету вертикальных сдвижений и деформаций земной поверхности

Ниже приведены основные этапы расчета по данной методике. Оседание любой точки подрабатываемого породного массива в общем случае определяют по формуле:

$$\eta = \eta_m W(\rho_x) W(\rho_y), \quad (1)$$

где η_m – максимальное оседание земной поверхности, м;
 $W(\rho_x)$ и $W(\rho_y)$ – нормированные оседания соответственно в главных сечениях мульды вкрест и по простиранию.

При повторных подработках земной поверхности относительную величину максимального $q'_{0п}$ оседания вычисляют по формуле [5]:

$$q'_{0п} = \frac{q'_0}{0,8 + \exp\left(\frac{M}{D_{1(2)}} - 2,55\right)}, \quad (2)$$

где q'_0 – относительная величина максимального оседания в соответствии с [1];

M – мощность неподроботанного междупластья над пластом, разрабатываемым изолированной лавой, измеренная по нормали к напластованию, м;

$D_{1(2)}$ – меньший из двух размеров выработанного участка в разрабатываемом пласте, измеряемых в главных сечениях мульды сдвижения, м.

На вертикальном разрезе в главном сечении мульды вкрест простирания определяют местоположение точки максимального оседания на земной поверхности (точка J на рис. 1) с помощью линейной координаты l_θ [4]:

$$l_\theta = c_0 (H - h)^{0,93} (\sin \alpha)^{1,17} (1,77 + 0,01F). \quad (3)$$

Коэффициент c_0 учитывающий условия предварительной подработки массива, равен 0,93 для условий первичной подработки массива, либо в случае полной предварительной подработки, и 0,71 для условий, когда верхняя половина лавы находится в подработанном ранее массиве, а также, если имеются работы прежних лет на вышележащих горизонтах в данном пласте.

Определяют местоположение точек максимальных наклонов (точки I_1 , I_2 и I_3) с помощью базовых расстояний S_0 , откладываемых от точки максимального оседания [3], которые представляют собой расстояния, измеряемые на земной поверхности в главных сечениях мульды сдвигения от точки максимального оседания до точек максимальных наклонов (см. рис. 1). После этого осуществляют расчет ожидаемых вертикальных сдвижений и деформаций точек земной поверхности в каждом главном сечении мульды в следующей последовательности.

Вначале вычисляют относительные линейные координаты ρ , показывающие удаленность расчетной точки от точки максимального оседания, в долях от базового расстояния S_0 , в полумульдах сдвигения земной поверхности:

$\rho_{\text{п}}$, $\rho_{\text{в}}$ – в главном сечении мульды вкрест простирания пластов соответственно по падению или восстанию пласта;

$\rho_{\text{пр}}$ – в главном сечении по простиранию пластов:

$$\rho = \frac{S}{S_{0\text{п(в, пр)}}}, \quad (4)$$

где S – расстояние, измеряемое на земной поверхности в данном сечении от точки максимального оседания η_m до расчетной точки, м;

$S_{0\text{п(в, пр)}}$ – базовое расстояние в соответствующей полумульде данного сечения, м.

Затем в каждой расчетной точке земной поверхности определяют:

– нормированные оседания $W(\rho_x)$ и $W(\rho_y)$ соответственно в главных сечениях мульды вкрест и по простиранию:

$$W(\rho) = \exp(-0,5\rho^2); \quad (5)$$

– ожидаемые оседания – по формуле (1);

– ожидаемые деформации наклонов:

$$\begin{aligned}i_x &= \frac{\eta_m}{S_{03}} \rho_x \cdot W(\rho_x) \cdot W(\rho_y), \\i_y &= \frac{\eta_m}{S_{01(2)}} \rho_y \cdot W(\rho_x) \cdot W(\rho_y); \end{aligned} \quad (6)$$

– ожидаемые деформации кривизны:

$$\begin{aligned}K_x &= \frac{\eta_m}{S_{03}} \frac{1}{2} (\rho_x^2 - 1) \cdot W(\rho_x) \cdot W(\rho_y), \\K_y &= \frac{\eta_m}{S_{01(2)}} \frac{1}{2} (\rho_y^2 - 1) \cdot W(\rho_x) \cdot W(\rho_y). \end{aligned} \quad (7)$$

Для оценки точности нами было проведено сравнение рассчитанных по данной методике ожидаемых оседаний с фактическими значениями, полученными из результатов натуральных инструментальных наблюдений на ряде шахт Донбасса с большой глубиной разработки H_{cp} . На рис. 2 показаны графики фактических и рассчитанных по данной методике оседаний земной поверхности на шахтах им. Стаханова ($H_{cp} = 1070$ м), им. газеты "Луганская Правда" ($H_{cp} = 1043$ м), и "Шахтерская – Глубокая" ($H_{cp} = 1190$ м). Для сравнения на этих же графиках пунктиром показаны кривые оседаний, рассчитанные по действующей методике [1]. Из сопоставления видно, что в условиях больших глубин разработки предлагаемая методика дает более точные результаты прогноза, чем действующая.

ВЫВОДЫ

1. В условиях больших глубин разработки угольных пластов в Донбассе, действующие в отечественной практике методы прогноза сдвижений и деформаций земной поверхности теряют точность.

2. На основе результатов проведенных исследований разработана новая методика расчета вертикальных сдвижений и деформаций земной поверхности, адаптированная к современным

условиям подземной выемки угольных пластов в Донбассе, которая обеспечивает более точные результаты прогноза.

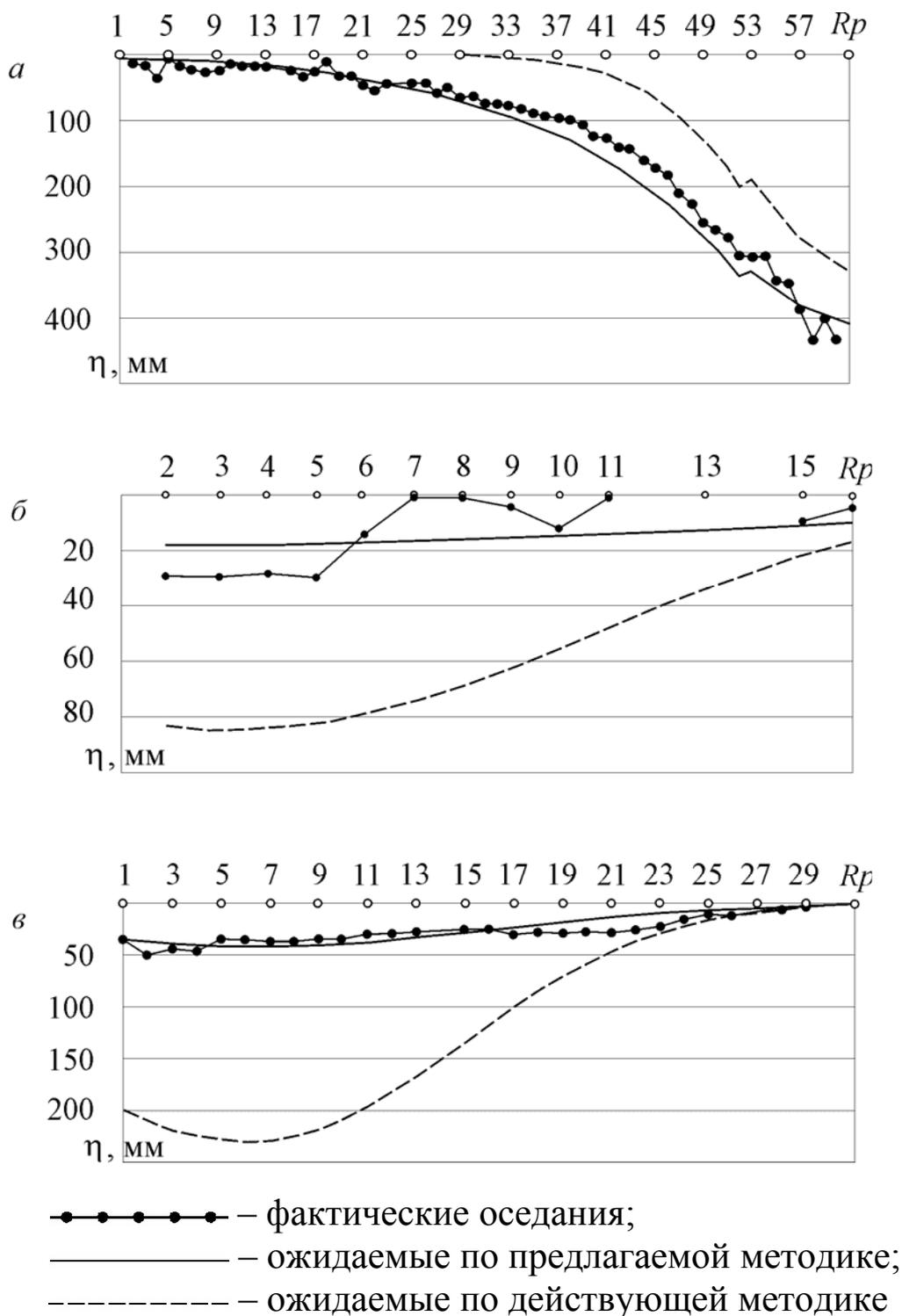


Рис. 2. Графики оседаний земной поверхности на шахтах им. Стаханова (а), им. газеты "Луганская Правда" (б) и "Шахтерская – Глубокая" (в)

СПИСОК ССЫЛОК

1. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом: ГСТУ 101.00159226.001-2003: Затв. Мінпаливенерго України 28.11.2003. – Київ, 2004. – 128 с.
2. Кулибаба С.Б. Определение точек максимальных наклонов в мульде сдвижения [Текст] / С. Б. Кулибаба, М. Д. Рожко, Б. В. Хохлов // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія гірничо-геологічна: зб. наук. пр. – Донецьк., 2009. – № 9 (143) – С. 158-167.
3. Кулибаба С. Б. Розподіл осідань земної поверхні у мульді зрушень [Текст] / С. Б. Кулибаба, М. Д. Рожко // Наукові праці УкрНДМІ НАН України: зб. наук. пр. – Донецьк, 2008. – № 3. – С. 141-152.
4. Кулибаба С. Б. Розташування точки максимальних осідань на земній поверхні [Текст] / С. Б. Кулибаба, М. Д. Рожко // Наукові праці УкрНДМІ НАН України: зб. наук. пр. – Донецьк, 2009. – № 4. – С. 94-102.
5. Кулибаба С. Б. Прогноз оседаний земной поверхности при разработке угольных пластов на больших глубинах [Текст] / С. Б. Кулибаба, М. Д. Рожко // Уголь Украины. – 2007. – № 12. – С. 10-12.