

УДК 627.8.04

**КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ДЕФОРМАЦИЯХ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ,  
ВЫЗЫВАЕМЫХ ГОРНЫМИ ВЫРАБОТКАМИ**

**Искаков С.Б. Жуkenова Г.А.**

[sultan.iskak@mail.ru](mailto:sultan.iskak@mail.ru)

Докторант ЕНУ им.Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

[gulnara-home@mail.ru](mailto:gulnara-home@mail.ru)

PhD, Торайгыров университет, г. Павлодар, Казахстан

Научный руководитель А.Р.Омаров

Месторождения каменного угля характеризуются его пластовым залеганием. Зачастую в одном месторождении на разных глубинах встречается несколько пластов угля, называемых свитами. Условия залегания пластов бывают самые разнообразные – от горизонтального и пологого с углом падения  $\alpha \leq 25^\circ$  до наклонного ( $\alpha \leq 45^\circ$ ) и крутого ( $\alpha > 45^\circ$ ).

В результате выемки угля из недр в образовавшуюся полость смещаются покрывающие его толщи пород, а на земной поверхности образуется чашеобразная впадина, называемая мульдой сдвижения.

Поверхность земли подвергается деформациям, зависящим от многих факторов, среди которых наиболее существенными являются глубина разработки, мощность пласта, угол падения, размеры выработанного пространства, способ управления кровлей и свойства покрывающей толщи. Сдвижение толщи пород может происходить в виде плавного прогиба без нарушения сплошности, прогиба с образованием отдельных трещин расслаивания, сдвижения по трещинам и обрушения [1-2].

На рисунке 1а показан схематический вертикальный разрез толщи пород по направлению продвижения забоя (указано стрелкой) при сдвижении пород в форме прогиба. Перемещения земной поверхности характеризуются кривой оседаний 1 и эпюрой относительных горизонтальных деформаций 2, где «плюс» означает растяжение, а «минус» — сжатие. Перемещения такого вида наблюдаются обычно при разработке достаточно глубоко расположенных и пологих по отношению к горизонту пластов полезного ископаемого.

В пределах мульды сдвижения каждая точка земной поверхности перемещается в вертикальном и горизонтальном направлениях. Максимальные оседания наблюдаются в центральной части мульды и постепенно уменьшаются к ее краям. Относительные горизонтальные деформации достигают наибольших значений на краях мульды сдвижения, там же сильнее всего сказываются неравномерности вертикальных и горизонтальных деформаций. При дальнейшем продвижении забоя (расширении выработки) соответственно продвигается и край мульды, что показано на рис. 1а штрих-пунктирной линией. Если на земной поверхности имеются сооружения, то в связи с продвижением края мульды они вначале подвергаются воздействию выпуклой части края мульды, а затем его вогнутой части. При больших размерах выработанного пространства в центральной части мульды образуется плоская поверхность и сооружения возвращаются большей частью в исходное положение. Максимальные оседания подрабатываемых территорий достигают иногда нескольких метров, что может и не вызывать особых повреждений сооружений, если мульда имеет очень пологие края.

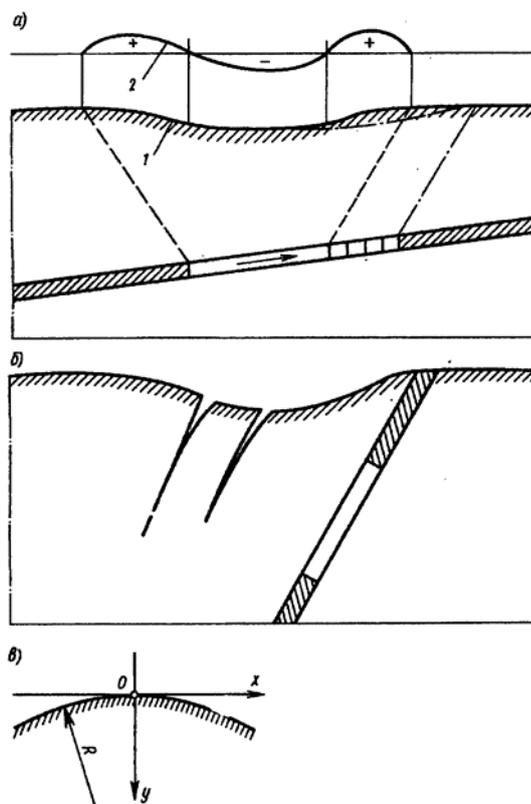


Рисунок 1 – а) схематический вертикальный разрез толщи пород по направлению продвижения забоя; б) трещины и уступы; в) радиус кривизны

При разработке крутопадающих пластов горизонтальные перемещения точек земной поверхности могут достигать весьма больших величин и даже превышать вертикальные перемещения (оседания). В таких условиях подработки на земной поверхности появляются трещины и уступы, размеры которых достигают иногда нескольких десятков сантиметров (рис. 1б). Обычно уступы образуются в результате сдвига пород по напластованию, который происходит под влиянием касательных напряжений, возникающих при изгибе слоев.

Уступы могут появляться и при разработке горизонтального и пологого залегания пластов, если в расположенной выше толще пород имеются тектонические нарушения в виде сбросов, сдвигов и т.п. Строительство сооружений на таких тектонических нарушениях, а также в местах выходов пластов и при ожидаемом образовании провалов представляет сложную задачу (Рисунок 2).

Многолетние исследования научно-исследовательских институтов горной геомеханики по вопросу процесса сдвижения горных пород в результате проведения горных

выработок дали возможность установить закономерности сдвижения массива и деформаций земной поверхности в зависимости от следующих горно-геологических и горнотехнических факторов: вынимаемой толщины пласта  $m$ , глубины его разработки  $H$ , размеров выработки вдоль и в крест простирания пласта, угла его падения, толщины слоев наносов и скорости продвижения очистного забоя, физико-механических свойств пород, способа управления кровлей (с полным обрушением или с закладкой выработанного пространства породой, доставленной с поверхности) и т.п.



Рисунок 2 - Характерные трещины на стенах зданий от деформации грунтового основания

В зависимости от глубины разработки пласта деформации земной поверхности могут проявляться в виде провалов, уступов и трещин, а также в виде плавных оседаний.

Провалы образуются в случаях выемки угля на небольших глубинах, не превышающих 15-кратной толщины пластов. Трещины на земной поверхности возникают при глубинах разработки до 40-50-кратной толщины вынимаемых пластов, а иногда и при больших. При выемке крутопадающих пластов на земной поверхности в полумульде по направлению падения пластов появляются деформации в виде уступов с трещинами.

На рисунке 3 изображены вертикальные разрезы по главным осям мульды сдвижения – в крест и вдоль простирания пласта, а также кривые оседаний и деформаций при примерных исходных данных.

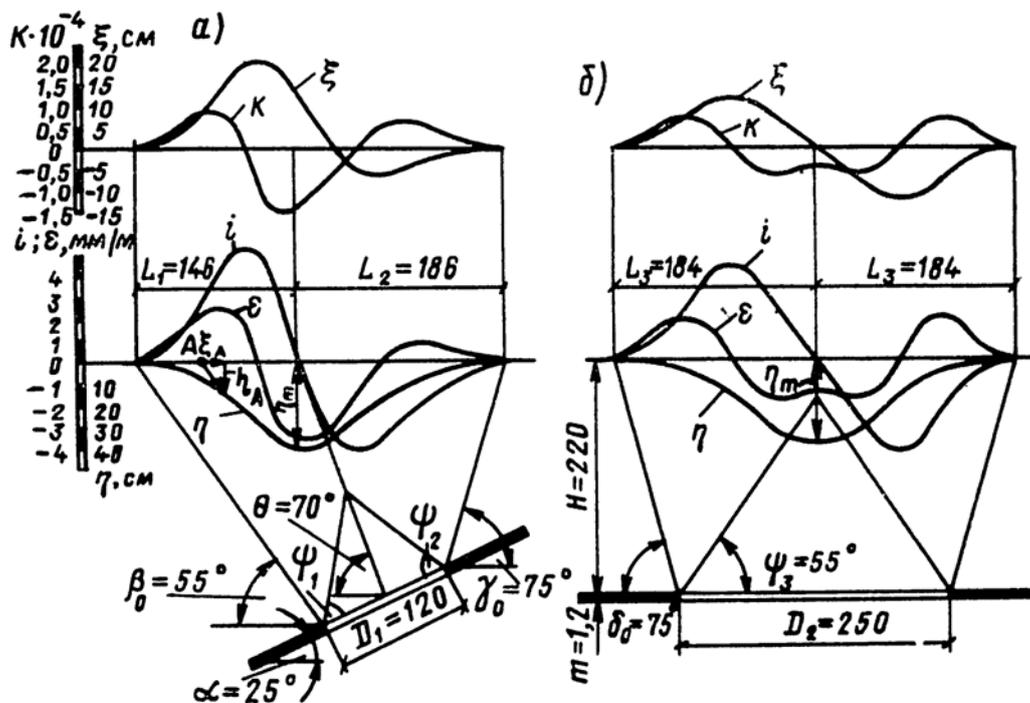


Рисунок 3 - Вертикальные разрезы по главным осям мульды сдвижения и кривые деформаций а, б – соответственно вкрест и вдоль простирания пласта

Мульда сдвижения характеризуется рядом кривых: оседаний  $\eta$ , наклонов  $\iota$ , кривизны  $k$  (или обратной ей величиной – радиусом кривизны  $R$ ), относительных горизонтальных деформаций  $\varepsilon$  и горизонтальных сдвижений  $\xi$ .

Границы мульды определяются граничными углами сдвижения  $\beta_0$ ,  $\gamma_0$  и  $\delta_0$  с учетом местных горно-геологических и горнотехнических условий. Вектор сдвижения из любой точки  $A$  имеет направление в сторону центра выработанного пространства. Он разлагается на вертикальную составляющую – оседание  $\eta_A$  и горизонтальное сдвижение  $\xi_A$ .

В мульде сдвижения имеется точка или геометрическое место точек с максимальным оседанием земной поверхности  $\eta_m$  – при неполной подработке и  $\eta_0$  – при полной подработке. При полной подработке мульда сдвижения имеет плоское дно и увеличение оседания с возрастанием площади подработки не происходит.

Точки с максимальным оседанием определяются с помощью углов сдвижения.  $\psi_1$ ,  $\psi_2$ ,  $\psi_3$  и угла максимального оседания  $\theta$ .

При управлении кровлей полным обрушением максимальное оседание может достигать 50-90% вынимаемой толщи пласта. При закладке выработанного пространства породой, доставленной с поверхности, оседание может быть значительно уменьшено (например, при гидрозакладке до 10% вынимаемой толщи пласта). Поэтому закладка выработанного пространства грунтом является одним из основных горнотехнических способов по уменьшению интенсивности деформаций и защите зданий и сооружений от влияния горных выработок[2-4].

Максимальные оседания земной поверхности и горизонтальные сдвижения характеризуются относительными величинами:  $q_0$  и  $a$ , которые определяются по формулам:

$$q_0 = \eta_0/m; \quad a = \xi_0/\eta_0(1)$$

где  $\eta_0$  – максимальное оседание при полной подработке;

$\xi_0$  - максимальное горизонтальное сдвижение;

$m$  - вынимаемая толщина пласта.

Процесс сдвижения горных пород характеризуется скоростью оседания земной поверхности, мм/сут, и его общей продолжительностью, которая зависит от глубины разработки (с увеличением возрастает) и скорости продвижения забоя (с увеличением снижается). При скорости продвижения забоя 30 м/мес общая продолжительность процесса сдвижения при глубине разработки 100м составляет примерно 0,5 года, а при глубине 700м – 2,5 года [5]. Из общего процесса сдвижения выделяется активная стадия с наибольшей интенсивностью оседания, продолжительность которой колеблется от 2 до 12 месяцев.

### Список использованных источников

1. Жукенова Г.А. Работа фундаментов при влиянии горизонтальных и ступенчатых деформаций грунтового основания. Автореферат дисс. Ph.D– а., 2017. – с. 24.
2. Петухов И.А. Земисев В.Н., Нестеров Г.А. Исследование дискретности деформаций наносов в Карагандинском угольном бассейне// Труды ВНИМИ, № 104, 1980. – с.3-9.
3. Петухов И.А. Чепенко Л.П. Учет дискретности процесса сдвижения при прогнозировании деформаций земной поверхности// Сдвижение земной поверхности и устойчивость откосов. – Л.: ВНИМИ, 1980. – с.10-16.
4. Посыльный Ю.В. Исследование погрешностей расчета и способов повышения точности определения параметров сдвижения земной поверхности на горными выработками. Автореферат дисс. к.т.н. – м., 1978. – с. 15.
5. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок в Донецком угольном бассейне. М., 1972.