

## УГЛОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА СДВИЖЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ДОБЫЧЕ УГЛЯ

*Обоснована необходимость корректировки угловых параметров, приведены скорректированные угловые параметры процесса сдвижения горных пород в главных сечениях мульды при подземной разработке угольных пластов.*

**Ключевые слова:** *граничные углы, углы сдвижения, углы полных сдвижений.*

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** При подземной разработке угольных пластов за очистным забоем последовательно обрушается непосредственная кровля пласта, выше блоками обрушается основная кровля. Над ней следует зона активного прогиба пород с образованием перпендикулярных напластованию водопроводящих трещин, выше которой зона плавного прогиба до наносов или до земной поверхности, при отсутствии последних, что в сумме называют процессом сдвижения подработанной толщ пород. Параметры зон сдвижения зависят от литологии массива пород, их прочности, вынимаемой мощности пласта, способа управления кровлей, глубины подработки, скорости подвигания очистного забоя и других факторов. Над горными работами на земной поверхности могут находиться здания, промышленные сооружения, коммуникации и природные объекты, охрана которых от вредного влияния подземных разработок возложена на маркшейдерскую службу шахт. Связующим звеном между выработками и мульдой сдвижения на земной поверхности являются угловые параметры: граничные углы  $\beta_0, \gamma_0, \delta_0, \varphi_0$  позволяющие определить границу мульды на земной поверхности по граничным критериям ( $\eta = 10$  мм,  $i = \varepsilon = 0,5 \cdot 10^{-3}$ ); углы сдвижения  $\beta, \gamma, \delta$ , которыми определена зона опасных деформаций ( $i = 4 \cdot 10^{-3}$ ;  $\delta = 2 \cdot 10^{-3}$ ); углы полных сдвижений  $\Psi_1, \Psi_2, \Psi_3$  определяющие размеры плоского дна в мульде при полной подработке (при отношении размеров выработанного пространства  $D$  к глубине подработки  $H$   $D/H = 1,2$ ); угол максимального оседания  $\Theta$  при неполной подработке, углы сдвижения в наносах  $\varphi$  и в мезозойских отложениях  $\delta$  м. Перечисленные угловые параметры приведены в отраслевом стандарте [1] и «Правила охраны сооружений...» РФ [2]. Но выполненные исследования [3–6] показывают, что и угловые параметры нормативных документов [1, 2] требуют корректировки, так как они в полной мере не учитывают прочность слоистых пород и глубину разработки.

Поэтому в новой редакции «Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях», которые подготовила рабочая группа ЛНР (руководитель В. Г. Ларченко), внесена корректировка угловых параметров процесса сдвижения при  $H$  более 600 м (табл. 1).

Рекомендуемые в таблице 1 углы (рис. 1 и 2), вычисленные по арифметической прогрессии, косвенно учитывают прочность, слоистость толщи пород и глубину очистных работ, ограничивают прямолинейное увеличение длин полумульд на больших глубинах, а форму зоны сдвижения очистной выработки в каменноугольных отложениях в главных сечениях мульды приближается к эллипсоиду или усеченному эллипсоиду при наличии плоского дна

(при  $\frac{D}{H} \geq 1,2$ ), а определенные по приведенной методике параметры максимальных сдвижений и деформаций земной и их зависимости от  $H$ , близки к результатам натурных наблюдений [9], не противоречат теории прочности и сдвижения горных пород.

Таблица 1 — Угловые параметры

Марка угля	Граничные углы					Угол максимального оседания $\Theta$	
	$\beta_0$	$\gamma_0$	$\delta_0$	$\varphi_0$	$\delta_m$		
А	$75^\circ - 0,6\alpha + H_{\Gamma} \cdot K_{\gamma} \geq 25^\circ$	$75^\circ + 0,2\alpha + H_{\Gamma} \cdot K_{\gamma}$	$75^\circ + H_{\Gamma} \cdot K_{\gamma}$	55	65	$90^\circ - 0,8\alpha + H_{\Gamma} \cdot K_{\gamma}$	
	$70^\circ - 0,6\alpha + H_{\Gamma} \cdot K'_{\gamma} \geq 25^\circ$	$70^\circ + 0,2\alpha + H_{\Gamma} \cdot K'_{\gamma}$	$70^\circ + H_{\Gamma} \cdot K'_{\gamma}$			$90^\circ - 0,8\alpha + H_{\Gamma} \cdot K'_{\gamma}$	
Остальные марки	$72^\circ - 0,6\alpha + H_{\Gamma} \cdot K'_{\gamma} \geq 25^\circ$	$72^\circ + H_{\Gamma} \cdot K'_{\gamma}$	$72^\circ + H_{\Gamma} \cdot K'_{\gamma}$	55	65	$90^\circ - 0,8\alpha + H_{\Gamma} \cdot K'_{\gamma}$	
	$70^\circ - 0,6\alpha + H_{\Gamma} \cdot K'_{\gamma} \geq 25^\circ$	$70^\circ + H_{\Gamma} \cdot K'_{\gamma}$	$70^\circ + H_{\Gamma} \cdot K'_{\gamma}$			$90^\circ - 0,8\alpha + H_{\Gamma} \cdot K'_{\gamma}$	
Углы полных сдвижений							
	у нижней границы	у верхней границы	по простиранию				
А	$55^\circ + H_{\Gamma} \cdot K_{\gamma}$	$55^\circ + 0,3\alpha + H_{\Gamma} \cdot K_{\gamma}$	$55^\circ + H_{\Gamma} \cdot K_{\gamma}$				
Остальные марки	$55^\circ + H_{\Gamma} \cdot K'_{\gamma}$	$55^\circ + 0,3\alpha + H_{\Gamma} \cdot K'_{\gamma}$	$55^\circ + H_{\Gamma} \cdot K'_{\gamma}$				
Углы сдвижения							
	$\beta_0$	$\gamma_0$	$\delta_0$	$\varphi_0$	$\delta_m$		
А	$85^\circ - 0,8\alpha + (H - 600) \cdot 0,015$	$85^\circ + (H - 600) \cdot 0,015$	$85^\circ + (H - 600) \cdot 0,015$	60	70		
	$80^\circ - 0,8\alpha + (H - 600) \cdot 0,015$	$80^\circ + (H - 600) \cdot 0,015$	$80^\circ + (H - 600) \cdot 0,015$				
Остальные марки	$82^\circ - 0,5\alpha + (H - 600) \cdot 0,01$	$82^\circ + (H - 600) \cdot 0,01$	$82^\circ + (H - 600) \cdot 0,01$	60	70		
	$80^\circ - 0,5\alpha + (H - 600) \cdot 0,01$	$80^\circ + (H - 600) \cdot 0,01$	$80^\circ + (H - 600) \cdot 0,01$				

Условия применения приведенной методики расчета ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности:

- отсутствие в зоне влияния тектонических нарушений;
- разрабатываемые пласты с углом падения не более  $45^\circ$ ;
- исключение условий суммирования однозначных деформаций [10];
- отсутствие в подработанной толще крепких песчаников мощностью слоя более 25 м.

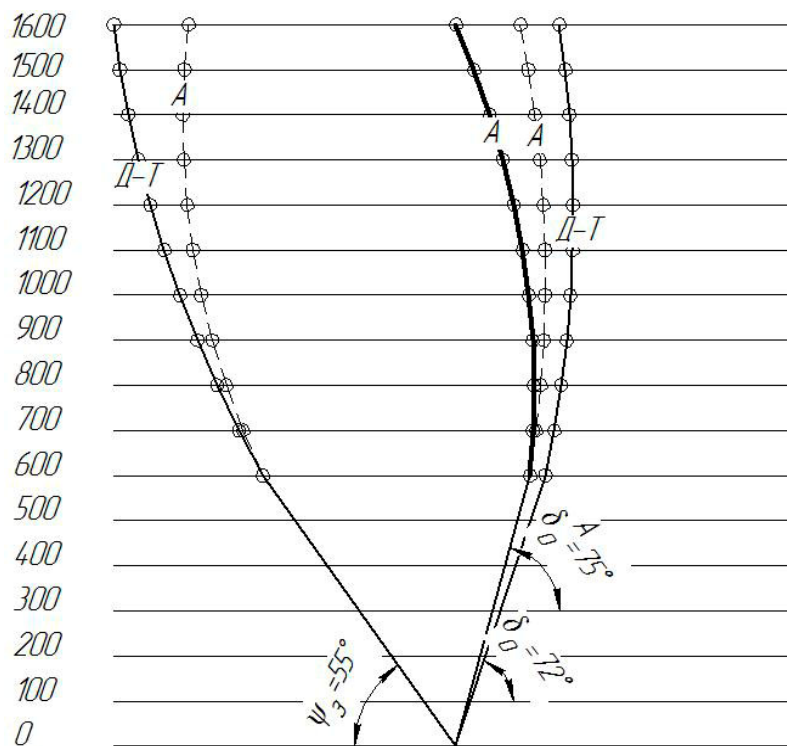


Рисунок 1 — Угловые параметры сдвижения по простиранию пласта

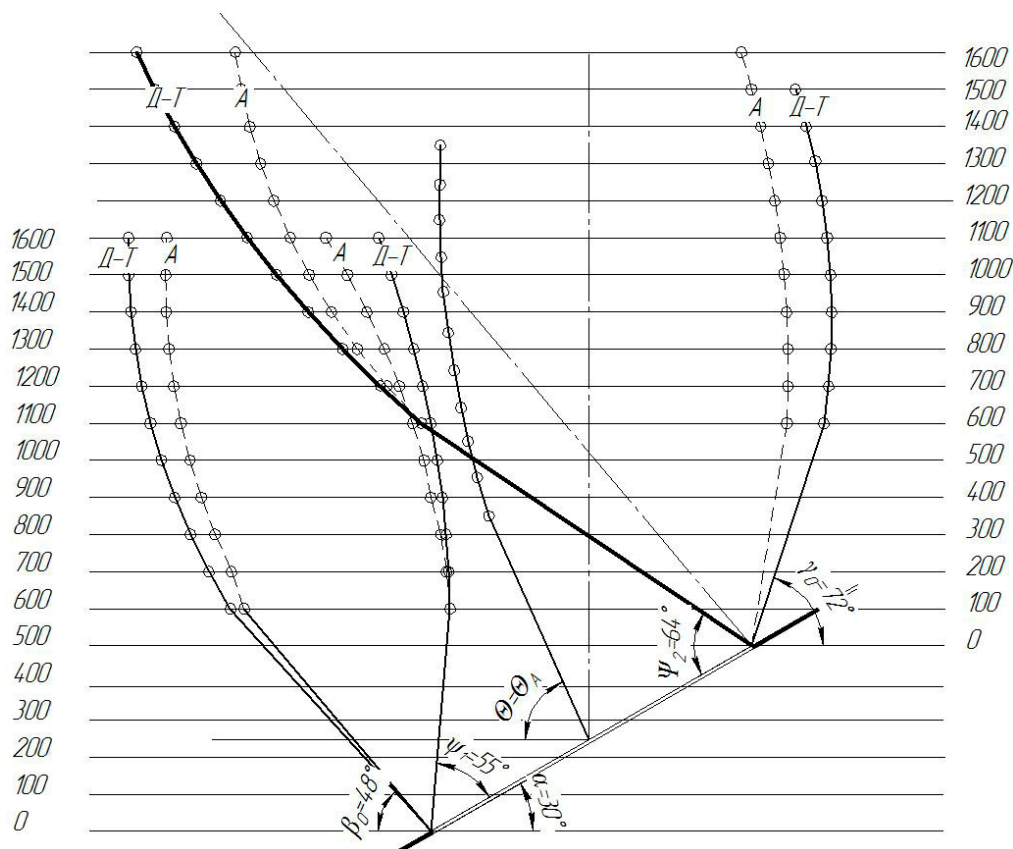


Рисунок 2 — Угловые параметры сдвижения вкрест простирая пласта

### Выводы и направление дальнейших исследований:

1. Предложены скорректированные угловые параметры процесса сдвижений и деформаций земной поверхности в главных сечениях мульды сдвижения, скорректированные формулы определения граничных углов, углов полных сдвижений и максимального оседания.
2. Дальнейшие исследования авторов будут направлены на уточнения коэффициентов  $K_y$  и  $K'_y$  по результатам натуральных наблюдений, моделирования и теоретических исследований.

### Список литературы

1. Правила подработки зданий и сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом : НПАОН 10.0-1.01-03 : [утв. Минтопэнерго Украины 28.11.2003 г. № 703]. — Введ. 2004-01-01. — К., 2004. — 128 с. — (Отраслевой стандарт Украины).
2. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях : ПБ 07-269-98 : [утв. Госгортехнадзором России 16.03.1998 г. № 13]. — СПб., 1998. — 291 с.
3. Ларченко В. Г. Максимальные оседания и деформации земной поверхности при подработке на больших глубинах / В. Г. Ларченко, Е. В. Коваленко, Ю. А. Маталкина. // Сборник научных трудов ДонГТУ. — 2018.— Вып. 11 (54). — С. 33–40.
4. Ларченко В. Г. Исследование влияния глубины подработки на параметры процесса сдвижения земной поверхности [ / В. Г. Ларченко, Ю. А. Маталкина // Сборник научных трудов ДонГТУ. — 2017. — Вып. 7 (50). — С. 53–57.
5. Ларченко В. Г. Влияние глубины разработки угольных пластов на окружающую среду / В. Г. Ларченко, Е. В. Коваленко, Ю. А. Маталкина. // Сборник трудов научной конференции, 21 сентября 2018 г.). — Алчевск : ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», 2018. — С. 57–66.
6. Ларченко В. Г. Зависимость сдвижений деформаций земной поверхности от глубины подработки / В. Г. Ларченко, Е. В. Коваленко, Ю. А. Маталкина. // Сборник научных трудов РАНИМИ.

Горная геология, геомеханика и маркшейдерия : VI международная научно-техническая конференция, 26–27 сентября 2019 г.) — № 8 (23). Ч. I. — Донецк : РАНИМИ МО и Н ДНР, 2019 г. — С. 129–134.

7. Ларченко В. Г. Зависимость максимальных сдвижений и деформаций земной поверхности от ширины выработанного пространства / В. Г. Ларченко, Е. В. Коваленко, Ю. А. Маталкина // Сборник научных трудов ДонГТУ. — 2016.— Вып. 3 (46). — С. 30–35.

8. Ларченко В. Г. Зависимость максимальных оседаний земной поверхности от основных определяющих факторов / В. Г. Ларченко, Ю. А. Маталкина // Сборник научных трудов ДонГТУ. — 2016.— Вып. 4 (47). — С. 45–51.

9. Посыльный Ю. В. Максимальные оседания земной поверхности в антрацитовых районах Донбасса / Ю. В. Посыльный, А. А. Джулай, Е. А. Тетерин // Перспективы развития Восточного Донбасса : сб. науч. трудов ШИЮРГТУ (НПИ). — Новочеркасск : Набла, 2007. — № 4.2. — С. 282–294.

10. Ларченко В. Г. Практические результаты исследований деформаций земной поверхности при отработке свиты пологих угольных пластов [Текст] / В. Г. Ларченко // Форум гірників – 2009 : матеріали міжнародної конференції. — Днепропетровск : НГУ, 2009. — С. 222–230.

© Ларченко В. Г.

© Маталкина Ю. А.

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

### **CORNER PARAMETERS OF THE PROCESS OF MOVEMENT OF ROCKS DURING COAL PRODUCTION**

*The necessity of adjusting the angular parameters is substantiated, adjusted angular parameters of the process of rock displacement in the main sections of the trough during underground mining of coal seams are given.*

**Key words:** *boundary angles, angles of displacement, angles of complete displacements.*