

УДК 622.834:622.261.222

к.т.н. Филатъев М. В., д.т.н. Антощенко Н. И.
(ДонГТУ, г. Лисичанск, Украина),
Пыжов С. В. (Минэнергоугля Украины)

ФОРМИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ И СТАЦИОНАРНОЙ ПОЛУМУЛЬД СДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ОТРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Установлены особенности формирования динамической и стационарной полумульд сдвижения на земной поверхности при отработке угольных пластов. Приведен сравнительный анализ экспериментально определенных размеров полумульд сдвижения с расчетными их значениями согласно нормативному документу.

Ключевые слова: подработка, сдвижение, мульда, полумульды динамическая и стационарная, выработанное пространство.

Выемка угольных пластов приводит к нарушению природного состояния подрабатываемых пород и образованию на земной поверхности мульд сдвижения. Их размеры характеризуются длинами двух полумульд, процессы формирования которых существенно отличаются между собой. Одна полумульда, в большинстве случаев образуется над движущимся очистным забоем (динамическая), а вторая – над неподвижной границей выработанного пространства с массивом угля (стационарная).

Установление особенностей формирования и достоверных размеров полумульд сдвижения необходимо для разработки рациональных мероприятий по защите объектов на земной поверхности от вредного влияния очистных работ.

Расчёт размеров полумульд основан [1] чисто на геометрических построениях с использованием угла падения разрабатываемого пласта (α), глубины его залегания (H), размеров выработанного пространства (ℓ), граничных углов (γ_0 , β_0 , δ_0), углов полных сдвижений (ψ_1 , ψ_2 , ψ_3) и угла максимального оседания пород (θ). До настоящего времени сравнение результатов геометрического определения длин полумульд с данными экспериментов не проводилось. Необходимость и актуальность такого сравнения вызвано возможным влия-

нием, кроме геометрических параметров, других факторов. К ним согласно [2] относятся скорость подвигания очистного забоя, степень подработанности вмещающих пород и их прочностные свойства.

Цель работы – установить соответствие размеров полумульд, определённых на основании геометрических построений, экспериментальным данным, полученным в одних горно-геологических и горнотехнических условиях.

К анализу привлекли результаты известных наблюдений за сдвижением земной поверхности [3,4]. Выбор этих объектов обусловлен существенными отличиями их горно-геологических условий между собой. В одном случае [3] на незначительной глубине (97-114м) отрабатывался пласт угля марки Г, вмещающие породы которого являются наименее прочными по сравнению с другими марками ряда метаморфизма каменных углей. Во втором [4] – на глубине 660-720м отрабатывался антрацитовый пласт, вмещающие породы которого характеризуются наиболее прочными показателями. Такой подход позволяет установить возможные различия влияния прочностных свойств пород и глубины ведения очистных работ на про-

© Филатъев М. В., 2016

© Антощенко Н. И., 2016

© Пыжов С. В., 2016

цессы формирования и размеры полумульд на земной поверхности.

Экспериментальные размеры мульд (L^3), стационарных (L_1^3) и динамических (L_2^3) полумульд в условиях шахты «Степная» получены на основании графиков (рис. 1). Согласно им установлены фиксированные расстояния между разрезной печью и очистным забоем (ℓ), а также соответствующие им мульды сдвижения земной поверхности. Для каждой мульды ус-

тановлена точка максимального оседания земной поверхности, проекция которой определяет границу между стационарной и динамической полумульдами.

На основании приведенных данных определены экспериментальные значения L_1^3 и L_2^3 , а также максимальное оседание земной поверхности (η_m^3) для фиксированных размеров выработанного пространства (табл. 1).

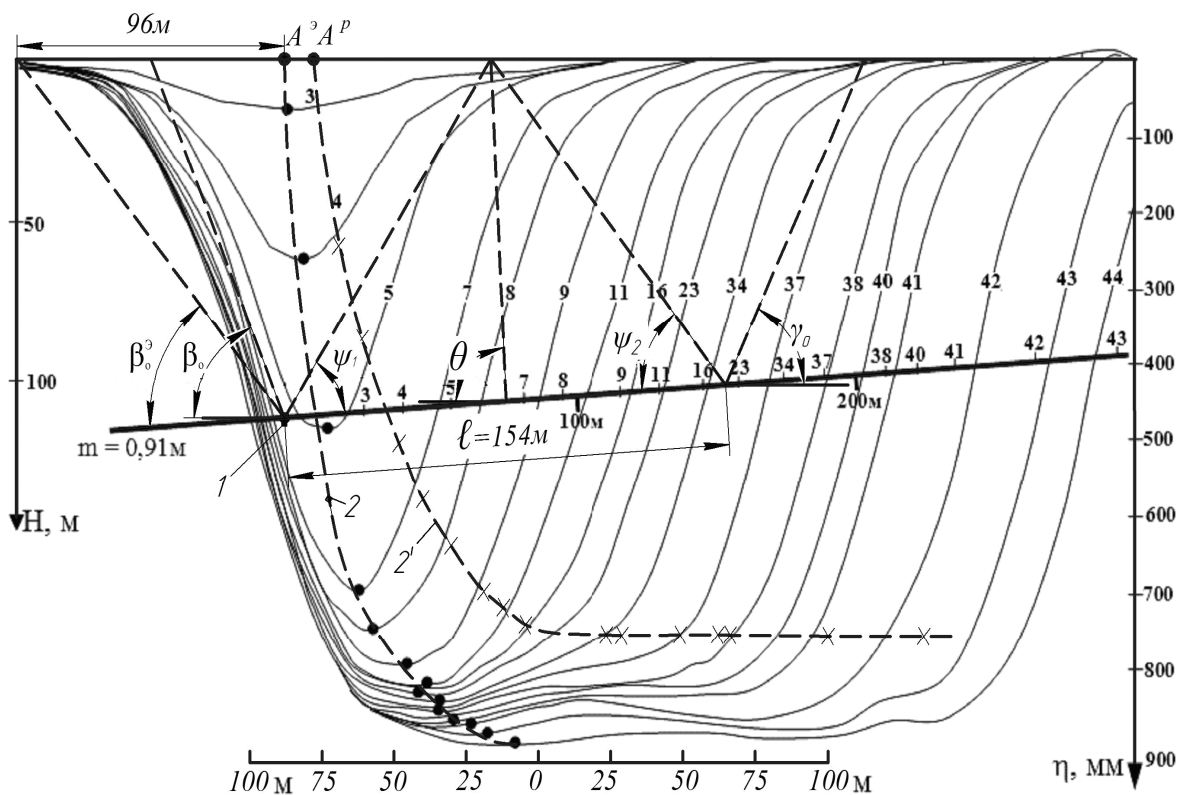


Рисунок 1 – Графики оседания земной поверхности станции №13 шахты «Степная»

1 – разрезная печь; 2, 2' – соответственно экспериментальная [3] и расчетная [1] кривые траекторий максимального оседания точек земной поверхности; 3, 4, 5...43 – положения очистного забоя при его отходе от разрезной печи и соответствующие им мульды оседания земной поверхности; H – глубина ведения очистных работ; m – мощность пласта; η – оседание земной поверхности; A^3, A^P – экспериментальное и расчетное положение точки земной поверхности, соответствующее началу сдвижения; \bullet, \times – соответственно экспериментальные и расчетные точки максимального оседания земной поверхности; $\beta_0^3 = 54^\circ$ – граничный угол по падению пласта, определенный на основании экспериментальных данных; $\beta_0 = 65^\circ$ – граничный угол по падению пласта[1]; $\psi_1 = 55^\circ$ и $\psi_2 = 56^\circ$ – углы полных сдвижений соответственно у нижней и верхней границы очистной выработки[1]; $\gamma_0 = 65^\circ$ – граничный угол по восстанию пласта при достижении полной подработки земной поверхности[1]; $\theta = 87^\circ$ – угол максимального оседания пород[1]; $\ell = 154\text{ м}$ – расчетное расстояние между разрезной печью и очистным забоем при достижении полной подработки земной поверхности

РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

Таблица 1 – Сведения об экспериментальных и расчётных параметрах мульд сдвижения земной поверхности в условиях шахты «Степная»

| № п/п | Расстояние между очистным забоем и разрезной печью ℓ , м | Положение очистного забоя и соответствующий № мульды | Экспериментальные параметры согласно [3] | | | | | Расчетные параметры согласно [1] | | | | |
|-------|---|--|--|-------------|-------------|----------------|-----------------------|----------------------------------|-------------|-------------|----------------|-----------------------|
| | | | $L^э$, м | $L_1^э$, м | $L_2^э$, м | $\eta_m^э$, м | $\frac{L_2^э}{L_1^э}$ | L^p , м | L_1^p , м | L_2^p , м | η_m^p , м | $\frac{L_2^p}{L_1^p}$ |
| 1 | 27 | 3 | 215 | 97 | 118 | 64 | 1,22 | 134 | 61 | 73 | 0 | 1,20 |
| 2 | 41 | 4 | 215 | 105 | 110 | 255 | 1,05 | 147 | 68 | 79 | 252 | 1,16 |
| 3 | 58 | 5 | 215 | 111 | 104 | 478 | 0,94 | 165 | 76 | 89 | 374 | 1,17 |
| 4 | 83 | 7 | 242 | 122 | 120 | 693 | 0,98 | 187 | 88 | 99 | 525 | 1,13 |
| 5 | 97 | 8 | 242 | 127 | 115 | 740 | 0,91 | 200 | 96 | 104 | 587 | 1,08 |
| 6 | 116 | 9 | 271 | 140 | 131 | 780 | 0,94 | 219 | 106 | 113 | 664 | 1,07 |
| 7 | 130 | 11 | 311 | 149 | 162 | 812 | 1,09 | 232 | 114 | 118 | 718 | 1,04 |
| 8 | 145 | 16 | 311 | 145 | 166 | 820 | 1,14 | 247 | 121 | 126 | 764 | 1,04 |
| 9 | 156 | 23 | 311 | 152 | 159 | 828 | 1,05 | 257* | 121 | 132 | 772 | 1,09 |
| 10 | 181 | 34 | 327 | 151 | 176 | 836 | 1,17 | 282* | 121 | 128 | 772 | 1,06 |
| 11 | 188 | 37 | 348 | 151 | 197 | 836 | 1,30 | 288* | 121 | 127 | 772 | 1,05 |
| 12 | 208 | 38 | 360 | 151 | 209 | 844 | 1,38 | 307* | 121 | 126 | 772 | 1,04 |
| 13 | 219 | 40 | 368 | 156 | 212 | 852 | 1,38 | 317* | 121 | 124 | 772 | 1,02 |
| 14 | 231 | 41 | 368 | 161 | 207 | 852 | 1,29 | 321* | 121 | 124 | 772 | 1,02 |
| 15 | 259 | 42 | 388 | 164 | 224 | 852 | 1,37 | 353* | 121 | 118 | 772 | 0,98 |
| 16 | 286 | 43 | - | 169 | - | 868 | - | 380* | 121 | 114 | 772 | 0,94 |
| 17 | - | 44 | - | 179 | - | 890 | - | - | 121 | - | 772 | - |

Примечание: * – общая расчётная длина мульды, учитывающая размеры полумульд и плоского дна.

Расчетные значения параметров мульд для рассматриваемых условий установили путём геометрических построений [1]. Общая расчётная длина мульды (L^p) для фиксированных пунктов очистного забоя определялась на основании рекомендуемых граничных углов со стороны падения ($\beta_0=65^\circ$) и восстания ($\gamma_0=65^\circ$). Положение точки максимального оседания земной поверхности для каждого размера выработанного пространства до полной подработки находили по углу максимального оседания пород ($\theta=87^\circ$). Угол θ откладывался между горизонталью и отрезком прямой, проведённым в сторону падения через середину выработанного пространства до пересечения с земной поверхностью. Точка пересечения делит общую расчётную длину мульды (L^p) соответственно на стационарную (L_1^p) и динамическую (L_2^p) полумульды.

Расчетная полная подработка (образование плоского дна мульды) определялась по достижению земной поверхности углами полных сдвижений соответственно со стороны падения ($\psi_1=55^\circ$) и восстания ($\psi_2=56^\circ$). Согласно геометрическим построениям она произошла после прохода очистным забоем пункта 16. По этой причине для последующих фиксированных пунктов очистного забоя (с 23 по 43) расчетная длина стационарной полумульды (L_1^p) оставалась постоянной и равной 121 м. Она соответствует граничному углу ($\beta_0=65^\circ$) и углу полных сдвижений ($\psi_1=55^\circ$), отложенных от нижней границы выработанного пространства с массивом угля.

Расчетная длина динамической полумульды (L_2^p) после полной подработки согласно [1] определяется граничным углом ($\gamma_0=65^\circ$) и углом полных сдвижений

($\psi_2=56^\circ$) над очистным забоем. Её уменьшение с 132 до 114 м (табл. 1) после полной подработки земной поверхности объясняется уменьшением глубины ведения очистных работ.

Используя сведения о мощности разрабатываемого пласта (m), угле его падения (α), глубине ведения очистных работ (H), длине лавы (ℓ_n), удалении очистного забоя от разрезной печи (ℓ) рассчитаны согласно [1] максимальные оседания земной поверхности (η_m^p) для фиксированных пунктов очистного забоя (табл. 1).

Начало сдвижения и формирования мульды на земной поверхности согласно экспериментальным данным происходило в точке A^3 (рис. 1). Расчётное положение такой точки (A^p) по геометрическим построениям [1] было смещено примерно на 10 м в сторону подвигания очистного забоя. Удаление очистного забоя от разрезной печи на 27 м привело к максимальному оседанию земной поверхности (η_m^3) на 64 мм. Согласно же расчёту [1] такое удаление лавы (27 м) не вызывало сдвижение ($\eta_m^p=0$) земной поверхности (табл. 1). С другой стороны исходя из геометрических построений при указанном расстоянии между очистным забоем и разрезной печью образуется мульда с общей расчётной длиной 134 м, а стационарная и динамическая полумульды соответственно равны 61 и 73 м (табл. 1). Эта ситуация свидетельствует о том, что не учитывается возможная связь между параметрами, рекомендуемыми для геометрических построений и используемых для расчёта η_m . Подтверждением этому является и отличия в расположении экспериментальной (2) и расчётной (2') траекторий точек максимального оседания земной поверхности (рис. 1).

Особенностью формирования стационарной полумульды со стороны падения пласта, на основании экспериментальных

данных было образование постоянной её границы на расстоянии примерно 96 м от точки A^3 . Дальнейшее подвигание очистного забоя не влияло на положение этой границы, а вызывало увеличение абсолютных значений оседаний и смещение траектории максимального оседания точек земной поверхности в сторону подвигания очистного забоя.

Рекомендуемый [1] граничный угол по падению пласта ($\beta_\circ=65^\circ$) существенно превышал его значение ($\beta_\circ^3=54^\circ$), определенное на основании экспериментальных данных. Это приводило к значительному занижению расчетной длины стационарной полумульды (L_1^p) по сравнению с данными непосредственных наблюдений (рис. 1, табл. 1).

Граничный угол по восстанию пласта ($\gamma_\circ=65^\circ$) согласно [1] практически полностью соответствовал мульдам сдвижения земной поверхности над движущимся очистным забоем (рис. 1). Разница между длинами экспериментальной (L_2^3) и расчетной (L_2^p) динамическими полумульдами (табл. 1) вызвана отличиями в расположении экспериментальных (2) и расчетных (2') кривых траекторий максимального оседания точек земной поверхности.

Траектория максимального оседания точек земной поверхности определяет степень её подработанности. Согласно терминам и определениям [1] неполной подработке соответствует ситуация, когда с увеличением площади выработанного пространства увеличивается максимальное оседание. Полная подработка, – когда в мульде не происходит увеличение максимального оседания при дальнейшем увеличении площади выработанного пространства и при пологом залегании пластов образуется так называемое плоское дно.

Руководствуясь экспериментальными данными и принятой терминологией полная подработка в рассматриваемом случае не была достигнута, так как подвигание очистного забоя приводило к оседанию в мульде сдвижения. Согласно же геометрическим построениям плоское дно должно было образоваться после прохождения очистным забоем пункта 16, а расчётное максимальное оседание земной поверхности оставалось неизменным ($\eta_m^p = 772$ мм). Экспериментальное максимальное оседание (η_m^3) в этот период работы лавы (после прохождения пункта 16) увеличилось с 828 до 890 мм. В связи с этим можно предположить, что такое увеличение вызвано уплотнением подработанных пород. Например, в условиях шахты «Грамотеинская» по данным повторных наблюдений через 6 месяцев прирост оседаний за счёт уплотнения подработанного массива составил около 50 – 60 мм [2]. Этот пример указывает на то, что при определении факта достижения полной подработки необходимо учитывать возможное уплотнение подработанных пород.

В рассматриваемом случае шахты «Степная» теоретическое образование плоского дна должно было произойти согласно углам полных сдвижений (ψ_1 и ψ_2) после удаления очистного забоя от разрезной печи на расстояние (ℓ) более 154 м (рис. 1). При меньших расстояниях экспериментально определённые длины полумульды L_1^3 и L_2^3 были примерно одинаковыми. Их отношения L_2^3/L_1^3 при фиксированных значениях выработанного пространства носили случайный характер и находились в диапазоне 0,91-1,22 при среднем значении 1,03. Отношения геометрически определённых полумульды L_2^p/L_1^p за рассматриваемый период несколько отличались от экспериментальных данных. По мере удаления очистного забоя

от разрезной печи они уменьшались с 1,20 до 1,04 (табл. 1). Разный характер изменения отношений L_2^3/L_1^3 и L_2^p/L_1^p указывает на некоторые несоответствия геометрических построений процессам формирования полумульды в реальных условиях. Это подтверждается и меньшими абсолютными значениями L^p , L_1^p и L_2^p по сравнению соответственно с L^3 , L_1^3 и L_2^3 .

Полумульда со стороны восстания пласта L_2^p согласно геометрическим построениям, при прочих равных условиях, должна быть всегда больше полумульды со стороны падения (L_1^p). Разница между ними зависит от величины угла падения разрабатываемого пласта. При доработке выемочного столба по восстанию в условиях шахты «Степная» указанное соотношение (L_2^p/L_1^p) нарушено по причине уменьшения глубины ведения очистных работ. В данном случае значение L_1^p оставалось постоянным (121 м), а длина L_2^p уменьшалась от 132 до 114 м (табл. 1).

Порядок отработки пласта K'_5 шахтой им. П.Л. Войкова и методика наблюдений за сдвижением земной поверхности несколько отличались от проведенных экспериментов при отработке одиночной лавы шахтой «Степная».

На антрацитовом пласте было отработано две группы выемочных участков по четыре лавы в каждой группе [4]. Длина лав первой группы составляла 190 – 200 м, а второй – 139 – 150 м.

В первой группе вначале последовательно отработали две одиночные лавы длиной 200 и 190 м., а затем – ещё две спаренных общей длиной 382 м. По результатам такого порядка отработки антрацитового пласта установлены параметры мульды сдвижения земной поверхности [4] для выработанного пространства шириной 200, 393 и 775 м (рис. 2).

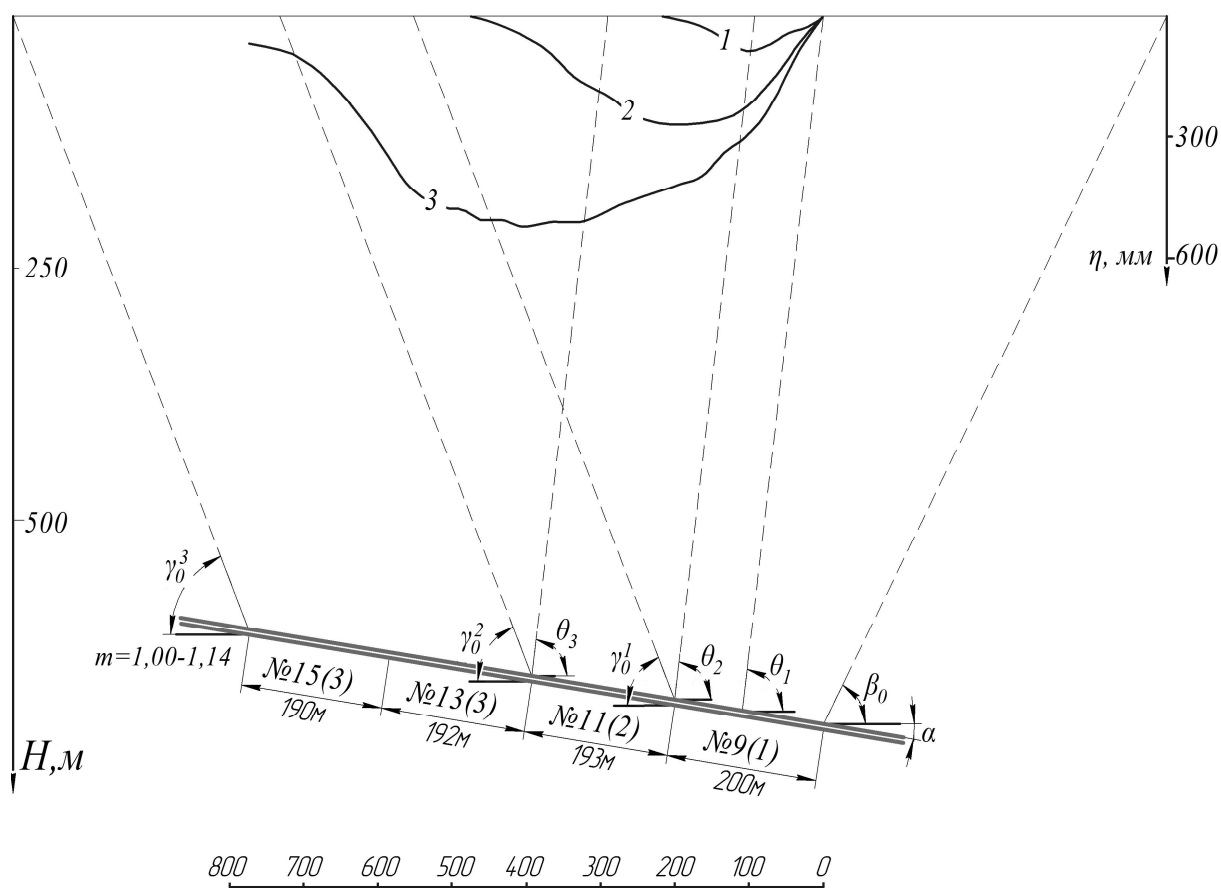


Рисунок 2 – Графики оседания земной поверхности после отработки выемочных столбов шахтой им. П.Л. Войкова согласно [4]

№9(1), №11(2), №13(3), №15(3) – номера лав, порядок их отработки и соответствующие им мульды сдвижения земной поверхности; m – мощность пласта, м; H – глубина ведения очистных работ, м; $\alpha = 9^\circ$ – угол падения пласта; η – оседание земной поверхности, мм; $\beta_0 = 63^\circ$ – граничный угол по падению пласта; $\gamma_0^1 = \gamma_0^2 = \gamma_0^3 = 68^\circ$ – граничные углы по восстанью пласта и их расположение после отработки соответственно лав №9, №11 и спаренных лав №13 и №15; $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = 83^\circ$ – углы максимального оседания пород и их расположение после отработки соответственно лав №9, №11 и спаренных лав №13, №15

Во второй группе отработку пласта вначале произвели двумя спаренными лавами общей длиной 289 м. Затем последовательно отработали еще две лавы длиной 142 и 146 м. При отработке лав второй группы экспериментально установлены параметры трех мульд сдвижения земной поверхности [4] для выработанного пространства шириной соответственно 289, 431 и 577 м (рис. 3).

После отработки одиночной лавы №9 проекция максимального оседания земной

поверхности находилась примерно над серединой выработанного пространства. При угле падения пласта 9° и угле максимального оседания $\theta = 83^\circ$ согласно [1] она должна была находиться над границей выработанного пространства и массива угля со стороны падения (рис. 2).

Аналогичное несоответствие рекомендуемых [1] значений угла θ максимальному оседанию земной поверхности наблюдалось при отработке всех лав обеих групп.

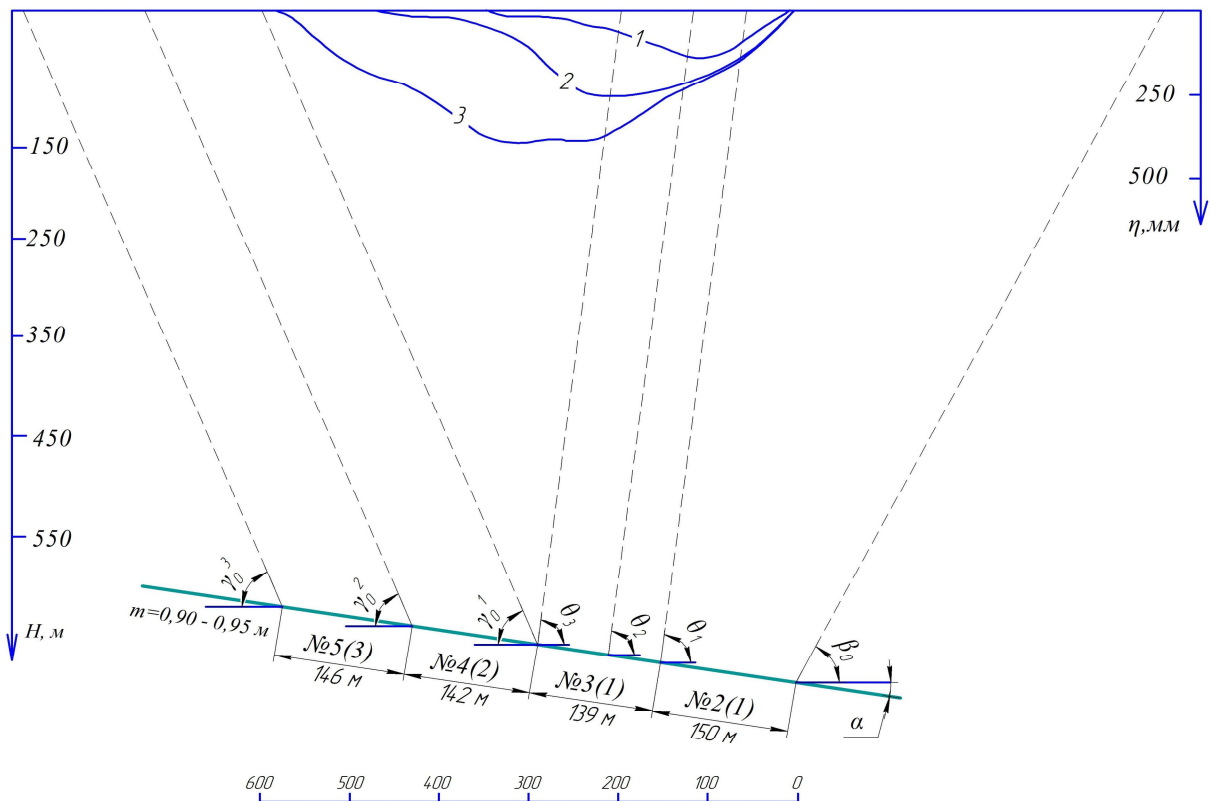


Рисунок 3 – Графики оседания земной поверхности после отработки выемочных столбов шахтой им. П. Л. Войкова согласно [4]

№2(1), №3(1), №4(2), №5(3) – номера лав, порядок их отработки и соответствующие им мульды земной поверхности; m – мощность пласта, м; H – глубина ведения очистных работ, м; $\alpha = 9^\circ$ – угол падения пласта; η – оседание земной поверхности, мм; $\beta_0 = 63^\circ$ – граничный угол по падению пласта; $\gamma_0^1 = \gamma_0^2 = \gamma_0^3 = 68^\circ$ – граничные углы по восстанию пласта и их расположение после отработки соответственно спаренных лав №2, №3 и одиночных лав №4 и №5; $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = 83^\circ$ – углы максимального оседания пород и их расположение после отработки соответственно спаренных лав №2, №3 и лав №4, №5

Для одиночной лавы №9 значения L_1^3 и L_2^3 были примерно равны между собой и составляли соответственно 100 и 110 м. В рассматриваемом случае обе полумульды L_1^3 и L_2^3 по своей сути являлись стационарными, так как они образовались над неподвижными границами выработанного пространства с массивом угля. Расчетные значения этих параметров ($L_1^p = 365$ м и $L_2^p = 480$ м) значительно превышали их

величины, определенные экспериментально (табл. 2). В результате этого общая расчетная длина мульды (L^p) для рассматриваемого размера выработанного пространства более чем в четыре раза превышала L^3 . Такие отличия расчетных экспериментальных данных в условиях отработки на средних глубинах антрацитового пласта можно объяснить особенностями формирования верхней границы зоны полных сдвижений подработанных пород (H_p).

РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

Таблица 2 – Сведения об экспериментальных и расчетных параметрах мульд сдвижения земной поверхности при отработке антрацитового пласта шахтой им. П. Л. Войкова

| № п/п | №№ лав | Размер выработанного пространства, м | Экспериментальные параметры согласно [4] | | | | | Расчетные параметры согласно [1] | | | | |
|-------|--------|--------------------------------------|--|-------------|-------------|-----------------|-----------------------|----------------------------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------------|
| | | | L^p , м | L_1^p , м | L_2^p , м | η_m^p , мм | $\frac{L_2^p}{L_1^p}$ | L^p , м | L_1^p , м | L_2^p , м | η_m^p , мм | $\frac{L_2^p}{L_1^p}$ |
| 1 | 9 | 200 | 210 | 100 | 110 | 90 | 1,10 | 845 | 365 | 480 | 262 | 1,32 |
| 2 | 11 | 393 | 465 | 195 | 270 | 300 | 1,38 | 1020 | 465 | 555 | 499 | 1,19 |
| 3 | 13,15 | 775 | 900 | 400 | 500 | 570 | 1,25 | 1385 | 660 | 725 | 794 | 1,10 |
| 4 | 2,3 | 289 | 339 | 99 | 240 | 136 | 2,42 | 945 | 425 | 520 | 317 | 1,22 |
| 5 | 4 | 431 | 466 | 195 | 271 | 292 | 1,39 | 1078 | 486 | 592 | 441 | 1,22 |
| 6 | 5 | 577 | 581 | 302 | 279 | 393 | 0,92 | 1226 | 573 | 653 | 544 | 1,14 |

Они заключаются в том, что верхняя граница зоны полных сдвижений не достигает земной поверхности. В результате этого углы полных сдвижений (ψ_1 , ψ_2 , ψ_3), отложенные от границ выработанного пространства и массива угля, не распространяются по прямолинейной зависимости до земной поверхности как принято в расчетной схеме [1]. Влияние углов ψ_1 , ψ_2 и ψ_3 в рассматриваемом случае распространяется только до верхней границы зоны полных сдвижений (H_p). Выше этой зоны происходит сдвижение породных слоев без разрыва их сплошности [5,6]. Возникновению такой ситуации способствуют увеличение глубины ведения очистных работ (H) и наличие породных слоев, характерных для прочных вмещающих пород. Если верхняя граница зоны полных сдвижений достигает земной поверхности ($H_p = H$), то фактические параметры мульд сдвижения будут соответствовать расчетной схеме [1]. При $H_p < H$ – необходимо вводить поправки согласно расчетной схеме [5,6].

Отработка лавы №11 привела к дискретному увеличению размера выработанного пространства на ее длину и образованию новой мульды (2) на земной поверхности (рис. 2). Ее проекция максимального оседания земной поверхности переместилась от середины выработанного про-

странства лавы №9 (мульда 1) к середине общего выработанного пространства лав №9 и №11 (мульда 2). Длина стационарной полумульды (L_1^p) для этих лав определялась проекцией середины выработанного пространства и ее неподвижной границей. Длина динамической полумульды (L_2^p) после отработки двух лав (№9 и №11) с одной стороны определялась проекцией середины выработанного пространства, а вторая ее граница смещалась в сторону массива угля по восстанию пласта. Такое изменение границы динамической полумульды можно объяснить проявлением активизации сдвижения подрабатываемых пород при наличии выработанных пространств ранее отработанных лав. Исходя из теоретических предпосылок степень проявления активизации сдвижения пород зависит от размеров выработанного пространства ранее отработанных лав, длины эксплуатируемых лав, скорости подвигания очистных забоев, прочностных свойств пород и т.д. Эти предположения подтвердились после отработки спаренных лав №13 и №15 (рис. 2). Стационарная полумульда (L_1^p) после отработки четырех лав находилась между проекцией середины общего выработанного пространства и ее границей с массивом угля со стороны падения пласта. Динамическая полумульда

(L_2^3) значительно увеличилась за счет перемещения ее границы над массивом угля в сторону восстания пласта под влиянием отработки спаренных лав №13 и №15 общей длиной 382 м.

Аналогичные процессы образования мульд сдвижения земной поверхности наблюдались при отработке второй группы лав (рис. 3). Это указывает на неслучайный характер формирования отличительных особенностей мульд земной поверхности при отработке антрацитовых пластов на средних и больших глубинах в условиях возможной активизации сдвижения подработанных пород.

Пример отработки антрацитового пласта на глубине около 700 м показывает, что методика [1] геометрического определения параметров мульд сдвижения земной поверхности не соответствует экспериментальным данным.

Проведенные исследования позволили установить существенные отличия в формировании параметров мульд сдвижения земной поверхности при отработке угольных пластов в разных горно-геологических и горнотехнических условиях. В первую очередь эти отличия связаны с влиянием глубины ведения очистных работ и прочностных свойств вмещающих пород. При отработке угольного пласта на небольшой глубине и непрочных вмещающих породах расчетные значения параметров мульд сдвижения земной поверхности согласно [1] были несколько меньше их экспериментальных значений. При отработке антрацитового пласта на средней глубине и прочных вмещающих породах расчетные размеры мульд сдвижения в несколько раз превышали экспериментальные величины, а максимальные оседания земной поверхности отличались примерно в полтора раза.

Выводы

Шахта «Степная»:

- после начала сдвижения земной поверхности практически сразу образовалась постоянная граница стационарной полу-

мульды со стороны падения пласта (массива угля). Дальнейшее подвигание очистного забоя не влияло на положение этой границы, а вызывало увеличение максимального оседания земной поверхности и перемещение его в сторону удаляющегося очистного забоя;

- при удалении очистного забоя от разрезной печи на 27 м. экспериментальное максимальное оседание составило 64мм, а расчетное – 0 мм. Согласно графическому построению по рекомендуемым граничным углам (γ_0 , β_0) и углу полных сдвижений пород (θ) должна была образоваться мульда сдвижений общей длиной 134 м с динамической и стационарной полумульдами размерами соответственно 73 и 61 м. Это свидетельствует о том, что не учитывается связь между рекомендуемыми угловыми параметрами и расчетными величинами, используемыми для определения максимального оседания земной поверхности;

- по мере развития очистных работ экспериментально не установлена разница в размерах между стационарной и динамической полумульдами;

- рекомендуемый граничный угол для стационарной мульды ($\beta_0 = 65^\circ$) не соответствовал экспериментальному его значению ($\beta_0^3 = 54^\circ$);

- необходимы уточнения терминологии по определению понятия полной подработки земной поверхности с учетом возможного уплотнения пород.

Шахта им. П. Л. Войкова:

- при последовательной отработке всех лав максимальное оседание земной поверхности во всех случаях находилось примерно над серединой выработанного пространства;

- границы динамических полумульд при наличии выработанных пространств ранее отработанных смежных лав под влиянием активизации сдвижения пород находились над массивом угля. Степень проявления активизации сдвижения подработанных

пород определяло превышение длины динамических полумульд по сравнению с размерами стационарных.

Общие рекомендации:

- процессы сдвижения необходимо прогнозировать с использованием траектории максимального оседания точек земной поверхности, увязав ее с остальными параметрами мульды сдвижения;

- при обработке угольных пластов на средних и глубоких горизонтах для определения параметров мульды сдвижения земной поверхности необходимо учитывать вероятность оседания подрабатываемых слоев пород без разрыва их сплошности. Реализация таких вариантов требует изменения общей расчетной схемы.

Бібліографічний список

1. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом. Видання офіційне. Мінпаливенерго України: ГСТУ 101.00159226.001 – 2003. – Київ.: 2004. – 128 с. (Галузевий стандарт України).
2. Ягунов А. С. Исследование влияния высоких скоростей подвигания очистного забоя на характер и параметры процесса сдвижения поверхности / А. С. Ягунов // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2007. – №2. – С. 36–43.
3. Ларченко В. Г. Влияние подземной разработки угольных пластов на состояние земной поверхности / В. Г. Ларченко // Вестник МАНЭБ. – С.-Петербург, 1998. – №4(12). – С. 39–41.
4. Борзых А. Ф. Влияние ширины выработанного пространства на активизацию сдвижения угленосного массива / А. Ф. Борзых, Е. П. Горовой // Уголь Украины. – 1999. – № 9. – С. 26–30.
5. Пыжов С. В. Теоретическое обоснование параметров минимально возможной степени подработанности земной поверхности при выемке угольных пластов / С. В. Пыжов, Н. И. Антощенко, М. В. Филатьев // Сборник научных трудов ДонГТУ. – 2014. – №2 (43). – С. 30–34.
6. Филатьев М. В. Формирование зон сдвижения подработанных пород и земной поверхности / М. В. Филатьев, Н. И. Антощенко, С. В. Пыжов // Уголь Украины. – 2014. – №11. – С. 5–7.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. ДонГТУ Окаленовым В. Н., д.т.н., проф. НГУ Бондаренко В. И.

Статья поступила в редакцию 01.02.16.

к.т.н. Філат'єв М. В., д.т.н. Антощенко М. І. (ДонДТУ, м. Лисичанськ, Україна),
Пижов С. В. (Мінерговугілля України)

ФОРМУВАННЯ ДИНАМІЧНОЇ І СТАЦІОНАРНОЇ НАПІВМУЛЬД ЗРУШЕННЯ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ ВІДРОБЦІ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ

Встановлені особливості формування напівмульд зрушення на земній поверхні при відробці вугільних пластів. Приведений порівняльний аналіз розрахунків достовірних розмірів напівмульд зрушення на земній поверхні згідно з різними методиками.

Ключові слова: підробка, зрушення, напівмульда зрушення, вироблений простір.

PhD (Engineering) Filatiev M. V., Full Doctor (Engineering) Antoshchenko M. I. (DonSTU, Lysychansk, Ukraine), Pyzhov S. V. (Ministry of Energy and Coal Industry of Ukraine)

CREATING DYNAMIC AND STATIONARY DISPLACEMENT OF PAULMOULD EARTH'S MINING COAL SEAMS

The peculiarities semi-troughs movements on the earth's surface mining coal seams. A comparative analysis of calculations of reliable size semi-troughs displacement on the ground according to different methods.

Key words: undermining, displacement, displacement of semi-troughs, goaf.