

СОВМЕСТНОЕ ВЛИЯНИЕ ДВУХ РАЗМЕРОВ ОЧИСТНОЙ ВЫРАБОТКИ НА МАКСИМАЛЬНОЕ ОСЕДАНИЕ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Н.И. Антощенко, Л.А. Чепурная, М.В. Филатьев, Донбасский государственный технический университет, Украина

На основании эмпирических зависимостей максимального оседания земной поверхности от степени развития очистных работ в двух направлениях, получено семейство кривых для разных горно-геологических условий, согласно которым можно прогнозировать величину относительного максимального оседания земной поверхности при различных сочетаниях линейных размеров очистной выработки.

Параметры сдвижения земной поверхности при отработке угольных пластов в значительной степени зависят от размеров очистных выработок (выработанных пространств). Такими размерами могут быть как длины отдельного выемочного столба и его очистного забоя, так длина и ширина выработанного пространства всего шахтного поля. Согласно [1] при эксплуатации одной лавы заранее предполагается полная подработка земной поверхности (образование плоского дна мульды сдвижения) в вертикальной плоскости главного сечения мульды по длине выемочного столба (D_1). Проверка возможности образования плоского дна мульды сдвижения делается с учетом длины лавы (D_2). Для этого рассматривается оседание земной поверхности в вертикальной плоскости главного сечения, параллельной очистному забою.

Дном мульды сдвижения считается ее средняя часть, в которой точки земной поверхности имеют наибольшие оседания (η_0), а дальнейшее развитие очистных работ не приводит к увеличению смещения этих точек [2]. Влияние ранее отработанных лав на сдвижение земной поверхности методикой не рассматривается. В случае неполной подработки, при таком подходе к расчету максимального оседания земной поверхности (η_m), невозможно учесть совместное влияние двух линейных размеров очистной выработки (выработанного пространства).

Считается [1], что совместное влияние линейных размеров очистных выработок отсутствует, если отношение каждого значения D_1 и D_2 к глубине ведения очистных работ (H) превышает 1,2. Эти показатели являются критериями образования плоского дна мульды сдвижения на земной поверхности.

В большинстве случаев современные шахты Донбасса отработывают угольные пласты на горизонтах более 800м и имеются случаи ведения горных работ на глубинах более 1500м. Для таких условий отношения D_1/H и D_2/H , учитывая размеры отдельных выемочных участков и шахтных полей, могут быть значительно меньше критерия 1,2. Совместное влияние двух размеров очистной выработки (выработанного пространства) на максимальное оседание земной поверхности для таких условий до настоящего времени не изучалось. От достоверности решения рассматриваемой задачи зависит эффективность рекомендаций по уменьшению вредного влияния горного давления при проведении и поддержании горных выработок, защите объектов на земной поверхности, прогнозе метановыделения и управлении утечками воздуха через выработанные пространства, восстановлении выбросоопасных свойств подработанных угольных пластов и рассмотрении других, не менее важных, производственных проблем. Учитывая значимость указанных вопросов, изучение влияния двух размеров очистной выработки на параметры сдвижения земной поверхности является актуальной научно-практической задачей.

Согласно современным представлениям, на процессы сдвижения подработанных пород и земной поверхности оказывают влияние мощность вынимаемого пласта (m), угол его падения (α), размеры выработанного пространства (D_1 , D_2), глубина ведения очистных работ (H) и прочностные свойства вмещающих пород. При отработке угольного пласта в условиях одной шахты остаются, практически, постоянными все влияющие факторы, кроме D_1 и D_2 .

Для таких случаев установлено [3], что изменение максимального оседания земной поверхности η_m от степени развития очистных работ (размеров выработанного пространства D_1 и D_2) описываются зависимостями близкими к функциональным.

Идея состоит в использовании экспериментальных уравнений, практически функционально описывающих зависимости в условиях одного шахтного пласта, для установления совместного влияния D_1 и D_2 на значения η_m . Оставляя один размер очистной выработки постоянным, а второму задавая произвольные значения, можно установить зависимости при разном сочетании D_1 и D_2 . Такой подход позволяет анализировать изменение η_m как при отходе очистного забоя от разрезной печи, так и при отработке очередного выемочного участка.

В первом случае использовали экспериментальные данные максимального оседания земной поверхности при удалении очистного забоя от разрезной выработки в условиях Западного Донбасса [4]. Профильная линия реперов на земной поверхности была заложена в вертикальной плоскости главного сечения мульды сдвижения, перпендикулярной очистному забою.

Во втором – при последовательной отработке выемочных участков на антрацитовых пластах [5]. Профильная линия находилась в вертикальной плоскости главного сечения мульды, параллельной остановленным очистным забоям отработанных лав.

Для адекватного сопоставления экспериментальных данных, полученных в разных горно-геологических условиях, рассмотрели зависимости в относительных параметрах (рис. 1). Это позволило установить особенности изменения относительного максимального оседания земной поверхности η_m/m от параметров D_1/H и D_2/H , которые определяют степень подработанности земной поверхности. Кривая 1 характеризует зависимость для условий Западного Донбасса, где вмещающие породы наименее прочные, а кривая 2 соответствует условиям наиболее прочных вмещающих пород при отработке антрацитовых пластов.

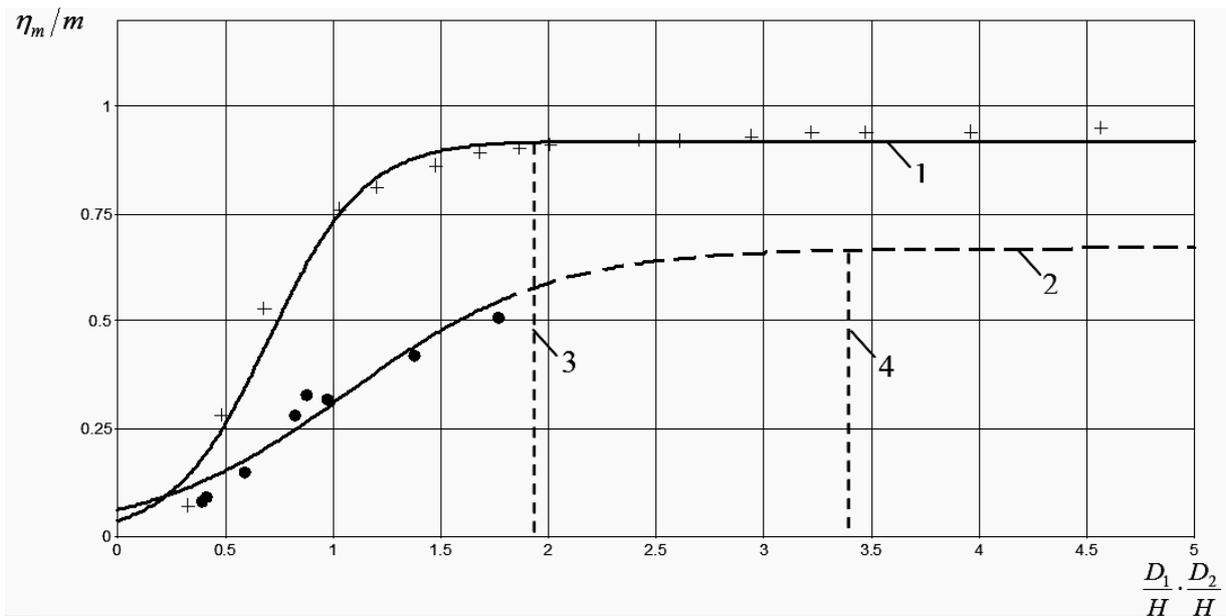
При слабых вмещающих породах образование плоского дна мульды сдвижения на земной поверхности происходило при отработке только одной лавы длиной 150м. Это подтверждается видом кривой, когда ее часть при значениях $\frac{D_1}{H} \cdot \frac{D_2}{H} > 1,4$ переходит в прямую, практически параллельную оси абсцисс. Количественные значения D_1/H и D_2/H в этом случае соответствовали условиям образования плоского дна мульды [1] и его определению согласно [2].

Отработка нескольких выемочных участков на антрацитовых пластах, при указанных значениях $\frac{D_1}{H} \cdot \frac{D_2}{H}$, не привела к возникновению плоского дна мульды сдвижения на земной поверхности. Установлено [6], что плоское дно мульды сдвижения для рассматриваемых условий может образовываться при $\frac{D_1}{H} \cdot \frac{D_2}{H} > 3,4$.

Обработка экспериментальных данных [4, 5] методом наименьших квадратов позволила получить уравнения изменения η_m/m от степени развития очистных работ в двух направлениях (D_1/H и D_2/H) соответственно для условий Западного Донбасса и антрацитовых пластов:

$$\eta_m/m = \frac{0,92}{1 + 24,0 \cdot \exp(-4,79 \frac{D_1}{H} \cdot \frac{D_2}{H})}, \quad (1)$$

$$\eta_m/m = \frac{0,67}{1 + 9,8 \cdot \exp(-2,16 \frac{D_1}{H} \cdot \frac{D_2}{H})}. \quad (2)$$



1, 2 – кривые зависимости соответственно для условий Западного Донбасса и антрацитовых пластов;

3 – значение аргумента, при котором согласно [1] должно образоваться плоское дно мульды сдвижения на земной поверхности;

4 – значение аргумента, при котором прогнозируется образования плоского дна мульды сдвижения при отработке антрацитовых пластов;

+, • – экспериментальные данные [4, 5], полученные, соответственно в условиях Западного Донбасса и при отработке антрацитовых пластов.

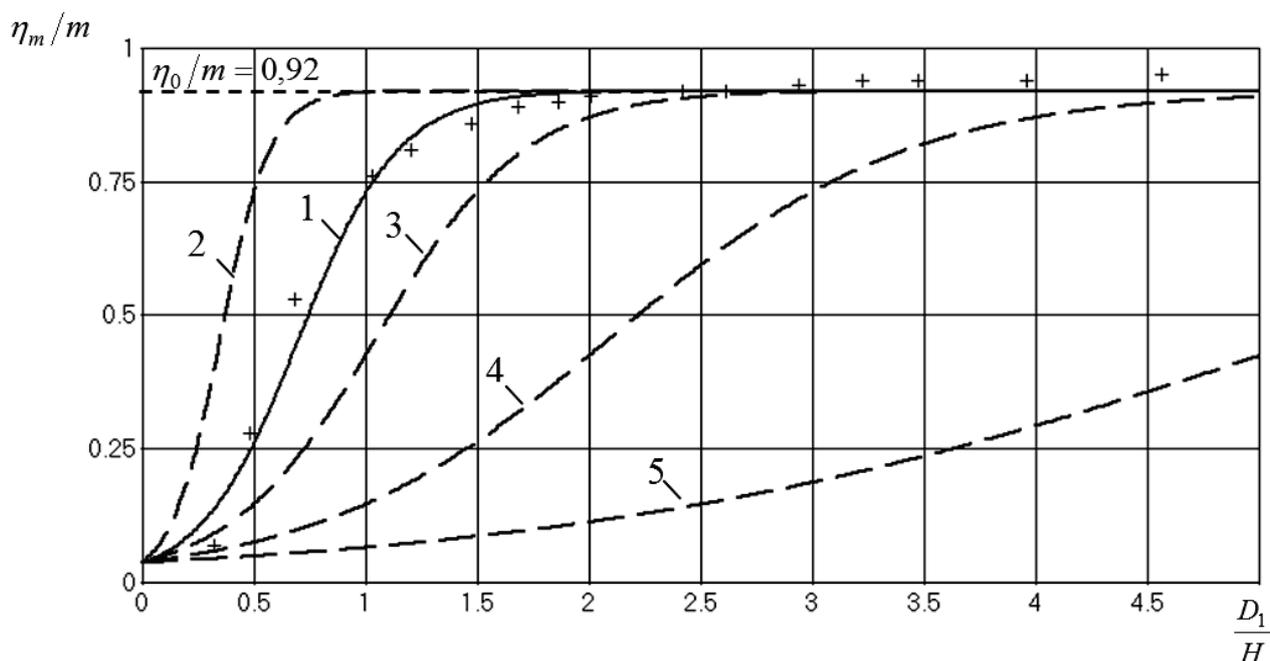
Рисунок 1 – Зависимость относительного максимального оседания земной поверхности η_m/m от комплексного параметра $(\frac{D_1}{H} \cdot \frac{D_2}{H})$.

Зависимости (1 и 2) практически функционально описывают процессы и соответствуют их физическому смыслу при значениях $\frac{D_1}{H} \cdot \frac{D_2}{H} \geq 0,3...0,5$ (рис. 1). Меньшие значения аргумента характеризуют процессы начала сдвижения земной поверхности и требуют отдельного изучения. Логистические кривые (1, 2) характеризуются высокими корреляционными отношениями, которые соответственно были равны 0,995 и 0,989. Надежность полученных результатов подтверждается критерием Фишера при уровне значимости 0,95. Относительные ошибки аппроксимации соответственно составляли 3,3 и 2,7%.

Числители в уравнениях (1, 2) количественно определяют максимальное значение функции, т.е. η_m/m . В данном случае они соответствуют относительной глубине плоского дна мульды сдвижения земной поверхности (η_0/m) для конкретных горно-геологических условий.

Экспериментальная кривая 1 (рис. 1) получена для постоянной длины лавы ($D_2 = 150\text{ м}$) при удалении очистного забоя от разрезной выработки (D_1). Задавая разные значения длины лавы, согласно эмпирической зависимости (1), рассчитали семейство кривых, которые определяют изменение относительного максимального оседания земной поверхности от параметра D_1/H (рис. 2). К анализу приняты значения длин лав 200, 150, 100, 50 и 20 м. Из расположения кривых (1, 2, 3, 4, 5) следует, что с уменьшением длины лавы, плоское дно мульды сдвижения образуется при большем расстоянии между очистным забоем и разрезной печью. Исходя из этого положения следует, что плоское дно может образовываться при величине $D_2/H < 1,2$, но при условии существенного превышения этого значения параметром D_1/H .

Например, при длине лавы $D_2 = 50\text{м}$ отношение $D_2/H \approx 0,50$ и если $D_1/H > 3,0$, то прогнозируется появление плоского дна мульды сдвижения (рис. 2, кривая 3).



1 – эмпирическая зависимость, полученная при $D_2 = 150\text{м}$;

2, 3, 4, 5 – прогнозируемые зависимости соответственно при $D_2 = 200, 100, 50$ и 20м ;

+ - экспериментальные данные, согласно [4].

Рисунок 2 – Эмпирическая (1) и расчетные (2, 3, 4, 5) зависимости η_m/m от степени подработанности земной поверхности в направлении подвигания очистного забоя D_1/H .

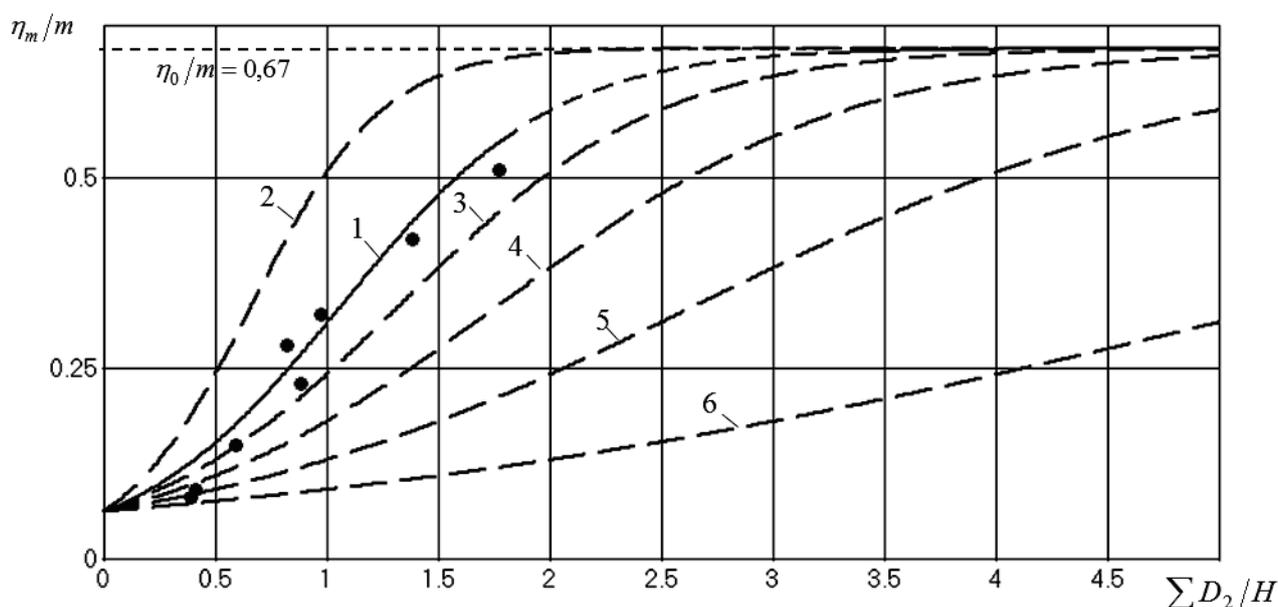
Следует отметить, что уменьшение размера длины лавы (D_2) до некоторого предела может привести к ситуации, когда не будет образовываться мульда сдвижения на земной поверхности даже при значениях $D_1/H \gg 1,2$, т.е. сдвижение пород не будет распространяться до земной поверхности. Прогнозирование таких случаев необходимо производить с учетом наличия пород-мостов и отработку угольных пластов, в большей степени следует считать камерами, а не длинными лавами.

Антрацитовые пласты обрабатывались столбами длиной около 1000м [5]. При средней глубине ведения очистных работ чуть более 700м значения D_1/H находились в диапазоне $1,15 \div 1,52$. Длина эксплуатируемых лав составляла $150 \div 200\text{м}$. При последовательной их отработке параметр D_2/H в процессе наблюдений достигал значения $1,19$. Согласно рекомендациям [1] при таких значениях D_1/H и D_2/H должно было образоваться плоское дно мульды сдвижения на земной поверхности. Такая ситуация не подтвердилась экспериментальными данными при длине отработанных столбов 1000м (рис. 3, кривая 1).

Образование плоского дна мульды сдвижения на земной поверхности после отработки антрацитовых пластов возможно при некоторых комбинациях соотношений D_1/H и D_2/H . Например, $D_1/H > 2,3$ и $D_2/H > 1,5$ (рис. 3, кривая 2) или $D_1/H > 1,1$ и $D_2/H > 2,5$ (рис. 3, кривая 3). Это подтверждают аналогичные результаты для условий Западного Донбасса, когда образование плоского дна мульды сдвижения прогнозировалось при разных сочетаниях значений D_1/H и D_2/H и удалении очистного забоя от разрезной печи.

На основании проведенных исследований сделаны важные для науки и практики выводы: - плоское дно мульды сдвижения на земной поверхности после отработки угольных пластов

может образовываться при разном сочетании геометрических размеров очистных выработок (выработанных пространств);



1 – эмпирическая зависимость, полученная при средней глубине $H = 703\text{м}$, последовательной отработке лав длиной $D_2 = 150 \div 200\text{м}$ при максимальной ширине выработанного пространства $\sum D_2 = 800\text{м}$ и длине столба 1000м ;

2, 3, 4, 5, 6 – прогнозируемые зависимости соответственно при длине выемочных участков $1600, 800, 600, 400$ и 200м ;

• - экспериментальные данные, согласно [4].

Рисунок 3 – Эмпирическая (1) и расчетные (2, 3, 4, 5, 6) зависимости η_m/m от степени подработанности земной поверхности $\sum D_2/H$ в вертикальной плоскости главного сечения, параллельной остановленным очистным забоям.

- необходимым условием образования плоского дна мульды на земной поверхности является превышение одним из критериев подработанности (D_1/H или D_2/H) значения $1,2$, рекомендуемого нормативным документом;

- образование плоского дна мульды сдвижения при отработке антрацитовых пластов с прочными вмещающими породами прогнозируется при размерах очистных выработок (выработанных пространств), значительно превышающих эти параметры для условий Западного Донбасса.

Список литературы

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 – 128с. (Галузевий стандарт України).
2. Акимов А.Г. Сдвижение горных пород при подземной разработке угольных и сланцевых месторождений / [А.Г. Акимов, В.Н. Земисев, Н.Н. Кацпельсон и др.]. – М.: Недр – 1970 – 224с.
3. Филатьев М.В. Влияние развития очистных работ на максимальное оседание земной поверхности / М.В. Филатьев // Уголь Украины – 2011. - №4. – С. 12 – 16.
4. Ларченко В.Г. Влияние подземной разработки угольных пластов на состояние земной поверхности / В.Г. Ларченко // Вестник МАНЭБ - №4(12). – С.-Петербург. – 1998 – С. 39-41.
5. 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.
6. Антощенко Н.И. Условия образования плоского дна мульды сдвижения земной поверхности при отработке антрацитовых пластов / Н.И. Антощенко, М.В. Филатьев, С.С. Сятковский // Сб. научных трудов Донбасского государственного технического университета. Алчевск.: ДонГТУ - №37 – 2012 – С.33-39.