

РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 622.1:622.834

М.Т. Бакка, д.т.н., проф.*Житомирський державний технологічний університет***В.О. Назаренко, д.т.н., проф.****О.В. Беліченко, к.т.н., доц.***Національний гірничий університет***Н.В. Йощенко, інж.***ВАТ "Дніпродіпрошахт"***ЗАКОНОМІРНОСТІ ПОЗИЦІОНАННЯ МАКСИМАЛЬНИХ ОСІДАНЬ
ПІД ЧАС ФОРМУВАННЯ МУЛЬДИ ЗРУШЕННЯ**

Наведено результати досліджень початкової стадії формування мильди зрушення на шахтах Західного Донбасу. Встановлено залежність положення максимальних осідань земної поверхні від розміру очисної виробки під час її відходу від розрізної печі та величина відходу лави, при якій зрушення проявляються на поверхні.

Стан питання і постановка проблеми. У мильді зрушення над очисним вибоєм, що рухається, виділяються три області залежно від ступеня розвитку і характеру протікання процесу зрушення [1]: область формування мильди зрушення; область синхронного зрушення і область припинення процесу.

Область формування мильди зрушення – динамічна мильда, з початку процесу зрушення земної поверхні до моменту, коли максимальне осідання в мильді досягло межі і крило мильди зрушення з боку виробленого простору припиняє змінювати свою геометрію і починає здійснювати площиннопаралельне переміщення разом з вибоєм очисної виробки.

Область синхронного зрушення – частина динамічної мильди, що утворюється після завершення її формування, у якій різні точки земної поверхні в перерізі, що паралельний просуванню вибоєм, через однакові проміжки часу до або після проходження під ними лінії вибоєм здобувають однакові величини зрушень і деформацій. Характеризується сталістю геометричних параметрів і характеру розподілення зрушень у напівмильді, що переміщується слідом за вибоєм, на будь-який момент часу.

Область припинення процесу зрушення – частина динамічної мильди, що утворюється за областю синхронного зрушення. Характеризує зрушення земної поверхні з моменту зупинки очисного вибоєм до закінчення процесу зрушення.

У перерізі за простяганням пласта слід виділяти дві рухомі напівмильди: зворотну і пряму. Зворотна динамічна напівмильда – частина динамічної мильди зрушення, обмежена точкою максимального осідання і рухомою границею мильди зрушення з боку розрізної печі. Пряма динамічна напівмильда – частина динамічної мильди зрушення, що розташована над очисним вибоєм і пересувається. Вона обмежена точкою максимального динамічного осідання і рухомою границею мильди зрушення з боку очисного вибоєм.

Найбільший обсяг досліджень зрушення земної поверхні в часі відноситься до області синхронного зрушення [2], [3]. Більш того, ці дослідження проводилися в перерізі мильди, що збігає з напрямком руху очисного вибоєм, і, як правило, стосуються закономірностей розвитку прямої динамічної напівмильди. Ця обставина значно обмежує використання отриманих даних для опису процесу деформування земної поверхні над діючими очисними гірничими виробками.

Актуальність і ціль досліджень. Необхідність вивчення процесу зрушення земної поверхні на стадії формування мильди зрушення обумовлена тим, що цьому питанню практично не приділялася увага, а окремі публікації висвітлюють тільки якісну сторону процесу зрушення і не дають кількісної оцінки його параметрів [4], [5]. Більш того, параметри мильди по закінченні її формування визначають закономірності процесу деформування земної поверхні на стадії синхронного зрушення лише у прямій динамічній напівмильді.

Аналіз результатів маркшейдерських інструментальних спостережень за земною поверхнею над очисними гірничими виробками шахт Західного Донбасу показує, що процес зрушення на стадії формування мильди зрушення має закономірності, які виявляються практично у всіх випадках, що спостерігались. Одна з цих закономірностей виражається в залежності положення точок, що мають максимальне осідання на момент виконання інструментальних спостережень, від поточного розміру очисної виробки.

З метою встановлення цієї залежності нами виконані відповідні дослідження процесу зрушення земної поверхні в області формування мильди зрушення. Для цього використані маркшейдерські інструментальні спостереження процесу зрушення на 8 спостережних станціях, що були закладені

кафедрою маркшейдерії НГУ над гірничими роботами шахт "Першотравнева", "Ювілейна" і "Степова" об'єднання "Павлоградвугілля".

Умови підробки земної поверхні в районах цих спостережних станцій характеризуються такими показниками. Глибини залягання розроблюваних вугільних пластів над розрізною піччю змінюються від 110 до 250 м, потужність наносів – від 50 до 80 м. Потужність пластів, що виймаються, 0,65–1,10 м; швидкість просування очисного вибою 30–80 м/міс.; коефіцієнт, що характеризує ступінь підробленості земної поверхні змінюється від 1 до 0,65; керування гірським тиском – повне обвалення.

Кількість серій інструментальних спостережень на станціях за час, що охоплює період формування мульди зрушення, різна і змінюється від 2 до 15.

Загальна методика досліджень і результати. Для аналізу результатів натурних спостережень за зрушенням земної поверхні побудовані графіки осідань реперів спостережних станцій. Особливість цих побудов полягає в тому, що на один графік наносяться криві осідання реперів по всіх наявних спостереженнях з обов'язковим фіксуванням положення розрізної печі і положень очисного вибою на дати спостережень. На графіку для кожної кривої вертикальних зрушень (рис. 1) фіксується точка, що має найбільше осідання η_{mt} і відповідне їй положення очисного вибою лави. Положення вибою визначається відстанню D_t від розрізної печі до вибою на дату спостереження t . Крім цього, на розрізі графічно визначається горизонтальна відстань L_{mt} від вибою до точки з максимальним осіданням.

Таким чином, для кожної спостережної станції формується база даних, що складається з n -го числа пар відстаней D_t і L_{mt} , де n – кількість аналізованих серій інструментальних спостережень на станції. У підсумку загальна база даних для досліджуваних спостережних станцій склала 85 пар відстаней.

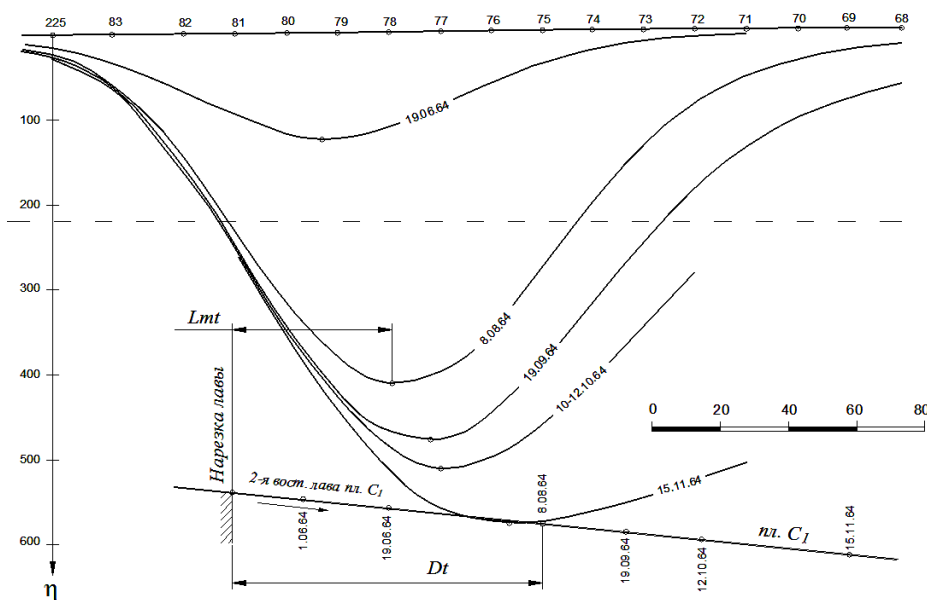


Рис. 1. Графіки осідання реперів спостережної станції

Отримані графіки дають наочне представлення положення максимальних осідань у мульді, що формується, над очисним вибоєм в умовах конкретної лави. Але співставити такі графіки, а, отже, і параметри D_t і L_{mt} для лав, що відроблюються на різних глибинах, при різній потужності наносів і потужності вугільного пласта не є можливим.

Тому на наступному етапі досліджень виконане приведення всіх графіків осідання земної поверхні і, відповідно, параметрів L_{mt} і L_{mt} до одиничного вигляду. Для цього лінійні параметри графіків (довжини інтервалів між реперами профільних ліній, величини посування очисних вибоїв, горизонтальні відстані від розрізної печі до точок з максимальними осіданнями, вертикальні розміри геологічних розрізів) були поділені на величину глибини відробки вугільних пластів H , а значення максимальних осідань земної поверхні η_{mt} виражені в частках від максимального осідання на момент закінчення процесу зрушення η_{m} .

Виконані перетворення дозволили усунути залежність аналізованих графіків від таких основних впливових факторів, як глибина розробки і виймана потужність пласта. Крім цього, шляхом віднесення осідань η_{mt} до величини η_{m} виключається вплив ступеня підробленості земної поверхні за напрямом вхрест просування очисного вибою, обумовленого співвідношенням поперечного розміру очисної виробки і глибини розробки.

Розподіл приведених до одиничного вигляду параметрів L_{mt}/H в залежності від відносного поточного розміру очисної виробки D_t/H показано на рис. 2.

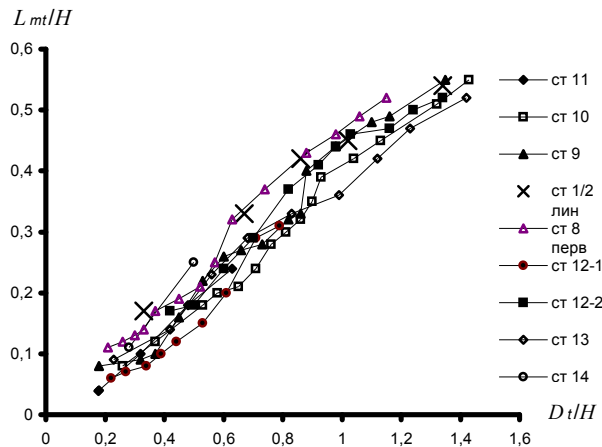


Рис. 2. Розподіл L_{mt}/H від D_t/H

Графік розподілу L_{mt}/H від D_t/H вказує на наявність тісного взаємозв'язку між цими параметрами мульди зрушення. У результаті статистичної обробки отриманий узагальнений графік залежності L_{mt}/H від D_t/H (рис. 3). При цьому середнє квадратичне відхилення експериментальних даних від усереднених по осі абсцис складає $\pm 0,076$, а по осі ординат – $\pm 0,014$, тобто порядку 5 % від максимальних значень.

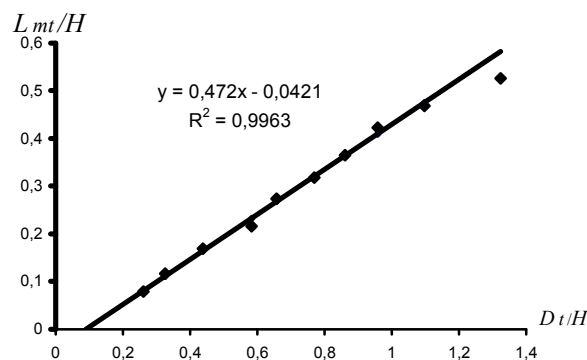


Рис. 3. Узагальнений графік залежності L_{mt}/H від D_t/H

Аналіз графіків на рис. 2 і 3 показує, що у верхній частині ($L_{mt}/H > 0,5$) графік розподілу має тенденцію до виполажування. Це свідчить про те, що при значенні D_t/H близькому до 1,2 формування мульди зрушення завершується, і вона переходить у стадію синхронного зрушення, при якій фронтальне крило мульди (пряма напівмульда) і, отже, точка максимального осідання земної поверхні переміщується слідом за очисним вибоєм лави.

На ділянці $0,2 < D_t/H < 1,2$ аналізована залежність апроксимується прямою лінією (величина вірогідності $R^2 = 0,996$) і має вигляд

$$L_{mt} = 0,47D_t - 0,04 H. \tag{1}$$

З виразу (1) так само видно, що початок процесу зрушення на земній поверхні варто очікувати виробленим простором на відстані $0,04H$ від проекції розрізної печі. Але якщо врахувати, що інструментальними вимірами можуть бути зафіксовані цілком визначені величини зрушень і деформацій земної поверхні (осідання 25–30 мм, нахили $0,5 \times 10^{-3}$, горизонтальні розтягання $0,5 \times 10^{-3}$), тож реально процес зрушення починається на відстані близько $0,2H$ від розрізної печі. Такий висновок зроблений на підставі того, що найменші зафіксовані інструментальними спостереженнями максимальні осідання (нижні точки на графіку рис. 2 порівняні за величиною з похибками вимірів).

Для Західного Донбасу характерна наявність потужних наносів, які впливають на зрушення земної поверхні. Цей факт є встановленим [6]. Тому цілком закономірним є питання про вплив наносів на положення максимальних осідань у мульді. Перевірка впливу співвідношення наносів і корінних порід

виконана на підставі класичної схеми залежності загального кута зрушення в товщі від кутових параметрів зрушення в наносах і карбоні (рис. 4).

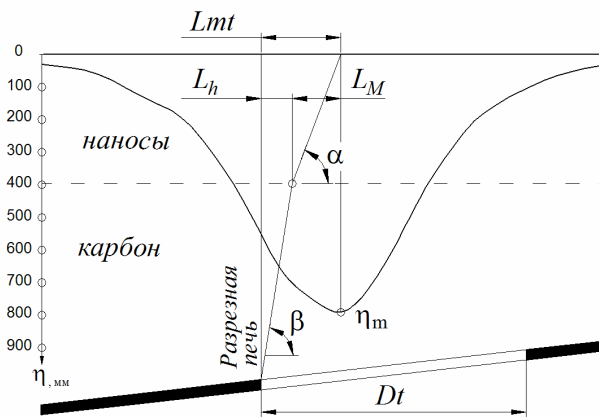


Рис. 4. Схема до визначення залежності кутових параметрів від наносів і корінних порід

Припустимо, що L_{mt} узагальнено враховує вплив наносів і порід карбону і що кожному з цих шарів порід відповідає свій, характерний тільки для нього, коефіцієнт: для наносів – k_h , для карбону – k_M . Тоді:

$$L_{mt} = h \cdot k_h + M \cdot k_M. \quad (2)$$

Рівняння (2) приводиться до лінійного вигляду шляхом ділення обох його частин на M :

$$\frac{L_{mt}}{M} = k_h \frac{h}{M} + k_M. \quad (3)$$

Уведемо наступні позначення: $(L_{mt}/M) = y$; $(h/M) = x$; $k_M = b = \text{const}$; $k_h = a = \text{const}$. Тоді рівняння (3) набуде вигляду:

$$y = xa + b. \quad (4)$$

Експериментальні дані дають можливість скласти 85 рівнянь виду (4). Значення y_i та x_i цих рівнянь є варіантами деяких змінних величин Y і X , а параметри a і b – постійними (відповідно до прийнятих позначень). Але у вихідному вигляді дані спостережень не можуть бути використані для складання рівнянь через їх неоднорідність – параметри L_{mt} відповідають різним значенням D_t . Це протиріччя можна усунути, якщо врахувати залежність (1) і розділити параметри L_{mt}/H на відповідні значення D_t/H .

Після виконання таких перетворень кореляційним аналізом визначений вид залежності між величинами Y і X , що показаний на рис. 5.

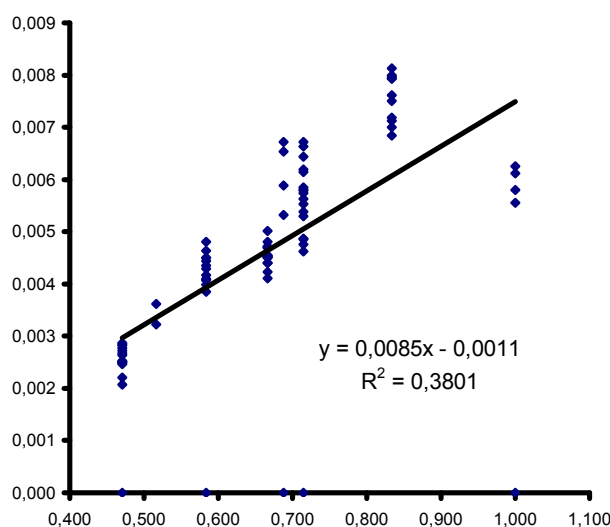


Рис. 5. Аналіз залежності L_{mt} від потужності наносів і корінних порід

Відповідно до рівняння регресії, що приведене на графіку рис. 5 маємо:

$$L_{mt} = 0,0085h + 0,0011 M. \quad (5)$$

Якщо перейти від коефіцієнтів k_h і k_M до кутових величин, то кутовий параметр у наносах (рис. 4) буде відповідати $\text{arcsctg}(k_h) = 89,5^\circ$, а в корінних породах – $\text{arcsctg}(k_M) = 89,9^\circ$. З урахуванням цього вираз (5) набуде вигляду:

$$L_{mt} = h \cdot \text{ctg}89,5^\circ + M \cdot \text{ctg}89,9^\circ; \quad \text{ctg}90^\circ (h + M) = \text{ctg}90^\circ \text{ і } H = 0.$$

З цього випливає, що величина L_{mt} не залежить від співвідношення потужностей наносів і корінних порід. З урахуванням встановленого факту незалежності положення максимальних осідань у мульдї від будови підроблюваної товщі експериментальні дані, за якими побудований графік на рис. 2, можна представити у вигляді:

$$(L_{mt} + 0,03H) / D_t = \text{const}. \quad (6)$$

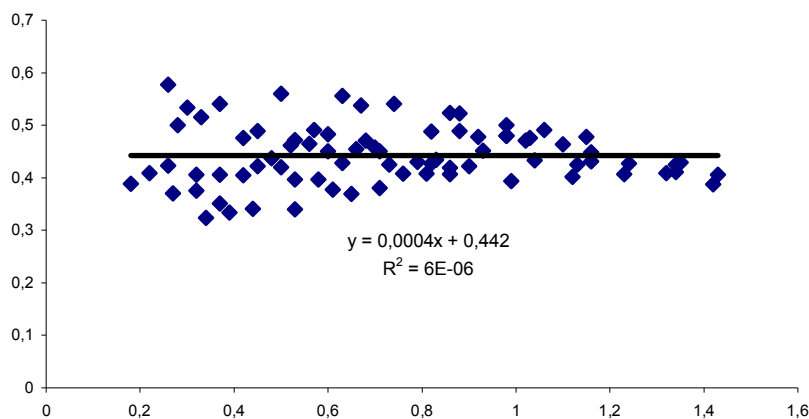


Рис. 6. Аналіз залежності L_{mt} від глибини

Розподілення параметрів, розрахованих за формулою (6), показане на рис. 6. При цьому ліва частина тотожності (6) з похибкою $\pm 0,055$ дорівнює $0,44 H$.

Висновки. Дослідження закономірностей розташування максимальних осідань у мульдї зрушення в стадії її формування в умовах Західного Донбасу показали, що положення точок, що мають максимальне осідання, залежить від поточного розміру очисної виробки. Ця залежність з похибкою $\pm 5\%$ описується лінійною функцією.

З огляду на реально досягну точність маркшейдерських інструментальних вимірів на спостережних станціях можна вважати, що процес зрушення земної поверхні над очисною виробкою починається над виробленим простором на відстані близько $0,2H$ від проекції розрізної печі.

Відстань від проекції розрізної печі до поточного положення максимального осідання в мульдї пропорційно поточному розміру очисної виробки і не залежить від співвідношення потужностей наносів і корінних порід.

Отримані результати характеризують окремі закономірності формування мульдї зрушення, але розроблені нові методологічні підходи в сукупності з установленими залежностями можуть бути використані для більш загальної оцінки процесу зрушення земної поверхні на шахтах Західного Донбасу.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Назаренко В.А., Антипенко Г.А. О некоторых терминах и определениях процесса сдвижения земной поверхности // Уголь Украины. – 2001. – № 9. – С. 44–45.
2. Авершин С.Г. Сдвижение горных пород при подземных разработках. – М.: Углетехиздат, 1947. – 245 с.
3. Батугин С.А. Сдвижения и деформации земной поверхности и горных пород над движущимся забоем // Сборник статей по вопросам исследования горного давления и сдвижения горных пород / ВНИМИ. – 1962. – Сб. 47. – С. 159–199.
4. Петрук Е.Г. Исследование деформаций земной поверхности в мульдѣ сдвижения по времени // Изв. вузов. Горный журнал. – 1969. – № 1. – С. 40–43.
5. Кратч Г. Сдвижение горных пород и защита подрабатываемых сооружений: Пер. с нем. под ред. Р.А. Муллера и И.А. Петухова. – М.: Недра, 1978. – 494 с.
6. Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным

способом // Отраслевой стандарт. – К.: Мінпаливенерго України, 2004. – 127 с.

БАККА Микола Терентійович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри геотехнологій та промислової екології Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- гірництво;
- екологія;
- маркшейдерська справа.

НАЗАРЕНКО Валентин Олексійович – доктор технічних наук, професор кафедри маркшейдерії Національного гірничого університету.

Наукові інтереси:

- зрушення гірських порід і земної поверхні при розробці вугільних родовищ;
- механіка гірських порід.

Тел.: (0562) 34-55-79.

E-mail: nazar54@yandex.ru

БСЛІЧЕНКО Олена Валентинівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри маркшейдерії Національного гірничого університету.

Наукові інтереси:

- зрушення гірських порід і земної поверхні при розробці вугільних родовищ;
- механіка гірських порід.

Тел.: (0562) 45-85-01.

ЙОЩЕНКО Надія Володимирівна – інженер-маркшейдер ВАТ "Дніпродіпрошахт".

Наукові інтереси:

- зрушення земної поверхні при розробці вугільних родовищ.

Тел.: (0562) 45-95-01.

Подано 20.03.2006