

УДК 622.834

РОЗТАШУВАННЯ ТОЧКИ МАКСИМАЛЬНИХ ОСІДАНЬ НА ЗЕМНІЙ ПОВЕРХНІ

Кулібаба С. Б., Рожко М. Д.
(УкрНДМІ НАНУ, м. Донецьк, Україна)

Проанализирован применяемый в отечественной практике метод определения местоположения на земной поверхности точки максимального оседания при подработке, выявлены его недостатки. На основе анализа экспериментальных данных установлена зависимость величины, определяющей это местоположение, от комплекса влияющих факторов.

Method used in Ukraine to determine maximum surface subsidence point during undermining is analyzed and its limitations are shown. Based on the analysis of experimental data, dependence of the value that defines this position on the set of the influencing factors is determined.

Найважливішим параметром, що визначає локалізацію мульди зрушення на земній поверхні при неповній її підробці, є точка максимальних осідань. Оскільки ця точка є опорною для визначення практично всіх характеристик підробки, від точності прогнозування її розташування, зрештою, залежить обґрунтованість і надійність проєктованих заходів захисту об'єктів земної поверхні, що підробляються.

Традиційно у вітчизняній практиці місцеположення точки максимальних осідань на земній поверхні визначають за допомогою кута максимального осідання θ , під яким з середини очисної виробки в головному перетині мульди вхрест простягання проводять пряму до перетину із земною поверхнею. Використовувана в діючому нормативному документі [1] методика визначення точки

максимальних осідань пропонує спрощений спосіб розрахунку, в якому єдиним фактором, що впливає на величину кута θ , є кут падіння пласта α :

$$\theta = 90^\circ - k\alpha, \quad (1)$$

де $k = 0,8$.

Проте, як показують дослідження, на величину кута максимального осідання θ впливає ряд інших, факторів, які тут не враховані.

Відомо, що при негоризонтальному заляганні вугільного пласта, що розробляється, лінія максимальних осідань масиву гірських порід в головному перетині мульди вхрест простягання має криволінійну форму і розташована в межах зони, обмеженої вертикаллю OX і нормаллю до нашарування OX' (рис. 1), які проходять через середину очисної виробки [2-6]. Це пояснюється тим, що при поширенні процесу зрушення вгору від очисної виробки до земної поверхні при похилому заляганні породних пластів опорні ділянки зі сторін падіння і підйому пласта неоднаково відсуваються від меж очисної виробки вглиб масиву. Безпосередньо над очисною виробкою напрям зрушення товщі визначається прогином порід по нормалі до нашарування, а в міру наближення до земної поверхні починають переважати вертикальні зрушення, визначувані силою тяжіння. Внаслідок цього збільшується асиметрія мульд зрушення в кожному з підроблюваних породних пластів із переміщенням точки максимального осідання від нормалі в бік підйому пластів [7]. Таким чином, на розташування точки максимального осідання, крім кута падіння пласта, також впливає глибина розробки.

У роботах [3, 4, 5, 8] наголошується, що значення кута максимальних осідань θ при похилому заляганні пластів збільшується зі зменшенням міцності гірських порід, що підробляються, – в міцних породах цей кут близький до нормалі до напластування, а в слабких – до вертикалі. Фісенко Г.Л. [4] пояснює це тим, що за інших рівних умов із збільшенням міцності порід зменшується вплив деформацій зсуву на загальний характер процесу зрушення масиву гірських порід. Цей фактор, так само, як і фактор глиби-

Ще одним важливим фактором, що впливає на місцеположення точки максимального осідання, є умови попередньої підробки земної поверхні. У сучасних умовах підземної розробки вугільних пластів в Донбасі практично відсутні території, які раніше не випробовували впливу очисних виробок, тому необхідність обліку цього фактора з кожним роком стає все більш актуальною. У основі впливу цього фактора на величину кута θ лежить явище активізації зрушення раніше підробленого породного масиву під впливом нової очисної виробки, тому процес зрушення при веденні очисних робіт в цих умовах якісно відрізняється від умов первинної підробки масиву. Так, при низхідному порядку відпрацьовування горизонтів і пластів, найпоширенішому на шахтах Донбасу, проведення очисної виробки часто відбувається по сусідству із старим виробленим простором, який розташований з боку підйому пласта. При цьому відбувається активізація зрушення раніше підробленої ділянки масиву, і в результаті підсумовування осідань від нової і старої виробок точка максимального осідання дещо зміщується у бік підйому пласта. Цей же ефект спостерігається і в тих випадках, коли попередня підробка здійснювалася очисними виробками в інших пластах.

В результаті аналізу цілого ряду експериментів, що проводилися в ВНДМІ [10], були встановлені значення коефіцієнта k у формулі (1) для різних умов попередньої підробки. У вітчизняних нормативних документах [1, 11, 12] ці умови були розділені на три групи (табл. 1). Аналізуючи дану таблицю, можна відзначити, що умови груп II і III "... якщо є роботи колишніх років на вище розміщених (нижче розміщених) горизонтах в даному пласті" не формалізовані.

Для коректування положень табл. 1 і адаптування їх до сучасних умов нами були внесені такі уточнення та зміни. По-перше, був використаний критерій впливу сусідньої лави, відпрацьованої раніше в даному пласті, на параметри максимального осідання земної поверхні від даної лави. Ця лави кваліфікувалася ізольованою, якщо розмір цілику між нею і сусідньою лавою забезпечував відсутність впливу сусідньої лави, визначений граничними кутами, на точку максимального осідання земної поверхні від даної лави. По-друге, нами була виключена з умов попере-

дньої підробки масиву група умов III як неактуальна в сучасних умовах розробки вугільних пластів в Донбасі, де найбільш поширений низхідний порядок відпрацьовування горизонтів і пластів.

Таблиця 1

Значення коефіцієнта k

Група умов	Умови попередньої підробки масиву	k
I	Відсутність попередньої підробки або повна попередня підробка	0,8
II	Верхня половина лави і проведена від її верхньої межі лінія під кутом γ_0 знаходяться в підробленому раніше масиві, а також, якщо є роботи колишніх років на вище розміщених горизонтах в даному пласті	0,5
III	Вся лава і проведена від її нижньої межі лінія під кутом β_0 знаходяться в підробленому раніше масиві, а також, якщо є роботи колишніх років на нижче розміщених горизонтах в даному пласті за відсутності робіт на вище розміщених горизонтах	1,0

Раніше нами були встановлені параметри залежності, що враховує вплив на величину кута θ наведених вище впливаючих факторів – кута падіння, глибини розробки, міцнісних властивостей масиву, що підробляється, і умов його попередньої підробки [13]. Проте тоді не був врахований ще один впливаючий фактор, притаманний лише земній поверхні – потужність наносів.

На вертикальному розрізі вхрест простягання пласта (див. рис. 1) показана схема підробки очисною виробкою AB масиву гірських порід з наносами потужністю h . Відомо, що наноси практично не впливають на вертикальні зрушення і деформації земної поверхні, тому, як це впливає зі схеми, експериментально визначуваний на земній поверхні в точці D кут максимальних осідань θ_1 не відповідає фактичному куту θ , утвореному прямою OC , що з'єднує середину лави з точкою максимального осідання на межі корінних порід з наносами. В той же час, згідно методиці

[1], в розрахунках зрушення земної поверхні використовується саме цей кут (θ_1).

Таким чином, визначився склад основних факторів, що впливають на місцеположення точки максимального осідання на земній поверхні. Це – кут падіння пластів, середня глибина розробки, міцнісні властивості порід масиву, що підробляється, умови попередньої підробки масиву гірських порід і потужність наносів. Для зручності подальшого аналізу перейдемо від прийнятого кутового способу визначення місцеположення точки максимальних осідань за допомогою кута θ до лінійного – за допомогою лінійної координати точки максимального осідання l_θ , під яким розумітимемо горизонтальну відстань, вимірювану від вертикальної проекції центру лави O до точки максимальних осідань (див. рис. 1).

Для встановлення якісних і кількісних характеристик взаємозв'язку місцеположення точки максимального осідання з цими впливаючими факторами нами були використані результати експериментів, одержані в УкрНДМІ в різні періоди. До аналізу були залучені результати інструментальних спостережень за зрушенням земної поверхні по 56 профільних лініях реперів 47 натурних спостережних станцій. Їхній аналіз підтвердив прийняту нами модель розподілу точок максимальних осідань над очисною виробкою залежно від глибини розробки і кута падіння пласта, якої, зокрема, властиві наступні ознаки:

- безпосередньо над очисною виробкою зрушення породного масиву відбувається по нормалі до напластування;
- у міру наближення до земної поверхні починають переважати вертикальні зрушення, внаслідок чого лінія максимальних осідань на вертикальному розрізі вхрест простягання пластів стає крутішою.

Для опису сукупності використаних фактичних даних нами була вибрана наступна функція, об'єднуюча всі розглянуті вище впливаючі фактори, яка враховує характер встановлених взаємозв'язків:

$$l_\theta = c_0(H - h)^{c_1} (c_3 + c_4 F) (\sin \alpha)^{c_2}, \quad (2)$$

де $c_0 - c_4$ – емпіричні коефіцієнти;

H – середня глибина розробки, м;

h – потужність наносів, м;

α – кут падіння пласта, градус;

F – показник міцності породного масиву, що підробляється, – середньозважена за потужністю пластів міцність порід за шкалою проф. Протод'яконова.

Апроксимація фактичних даних методом найменших квадратів дозволила встановити оптимальні для даної вибірки значення коефіцієнтів в рівнянні регресії (2): $c_1 = 0,93$; $c_2 = 1,17$; $c_3 = 1,77$; $c_4 = 0,01$. Коефіцієнт $c_0 = 0,93$ для умов первинної підробки масиву, або у разі повної попередньої підробки (група умов I, табл. 1). Для умов, коли верхня половина лави знаходиться в підробленому раніше масиві, а також, якщо є роботи колишніх років на вище розташованих горизонтах в даному пласті (група умов II, табл. 1) $c_0 = 0,71$.

Середньоквадратична похибка прогнозу за формулою (2) склала 13,4 м, що в 1,9 разу менше помилки, одержуваної при використуванні нині методиці розрахунку (25,2 м).

ВИСНОВКИ

1. Експериментально встановлено, що основними факторами, які спільно впливають на місцеположення точки максимального осідання на земній поверхні, є кут падіння пластів, середня глибина розробки, потужність наносів, міцнісні властивості підроблюваного масиву гірських порід та умови його попередньої підробки.

2. Доведено, що як параметр, який характеризує фактор впливу фізико-механічних властивостей гірських порід масиву на локалізацію точки максимального осідання, можна використовувати показник міцності масиву – середньозважене по породній товщі значення коефіцієнта міцності за шкалою проф. Протод'яконова. Застосування цього параметра підвищує точність здійснюваного прогнозу в порівнянні з використовуваним в діючих нормативно-методичних документах способом укрупненого районування Донбасу.

3. Як параметр, визначаючий локалізацію точки максимального осідання на земній поверхні в головних перетинах мульди зрушення, запропонована лінійна координата точки максимального осідання, що являє собою горизонтальну відстань між цією точкою і вертикальною проекцією центру лави. Встановлений характер зміни цієї величини залежно від наведених вище впливаючих факторів.

4. Визначені вигляд і параметри залежності, об'єднуючої всі розглянуті вище впливаючі фактори, яка враховує характер встановлених взаємозв'язків.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом: ГСТУ 101.00159226.001-2003: Затв. Мінпаливенерго України 28.11.2003. – Київ, 2004. – 128 с.
2. Авершин С.Г. Некоторые свойства процесса сдвижения горных пород и вопросы расчета сдвижений // Сб. тр. по вопросам исследования горного давления и сдвижения горных пород. – Л.: ВНИМИ. – 1961. – Вып. 43. – С. 3-21.
3. Кратч Г. Сдвижение горных пород и защита подрабатываемых сооружений. – М.: Недра, 1978. – 494 с.
4. Фисенко Г.Л. Предельное состояние горных пород вокруг выработок. М.: Недра, 1976. – 272 с.
5. Сдвижение и разрушение горных пород / Викторов С.Д., Иофис М.А., Гончаров С.А. – М.: Наука, 2005. – 277 с.
6. Стукальский В.П. Исследование процесса сдвижения толщи горных пород и земной поверхности при разработке наклонных и крутопадающих пластов угля а условиях Донбасса: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.15.01. – Донецк, 1970. – 28 с.
7. Кулибаба С.Б. Распределение максимальных оседаний в подрабатываемом породном массиве // Уголь Украины. – 2000. – № 12. – С. 42 - 44.
8. Геолого-маркшейдерское обеспечение безопасного освоения и сохранения недр / Иофис М.А., Кулешов В.М., Помельникова В.В. – М.: ИПКОН РАН, 2008. –308 с.

9. Гертнер И.А. Физико-механические свойства горных пород Донбасса применительно к вопросам сдвижения горных пород и земной поверхности // Горное давление, сдвижение горных пород и методика маркшейдерских работ. – Л.: ВНИМИ. – 1970. – Вып. 77. – С. 229-239.
10. Медянцеv А.Н., Мазурова А.И. Определение исходных параметров процесса сдвижения земной поверхности в Донбассе // Сб. тр. по вопросам исследования горного давления и сдвижения горных пород. – Л.: ВНИМИ. – 1961. – Вып. 42. – С. 140-153.
11. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок в Донецком угольном бассейне/ Минуглепром СССР.- М., 1972. – 130 с.
12. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях / Министерство угольной промышленности СССР. – М.: Недра, 1981. – 288 с.
13. Геомеханічні процеси відпрацювання крутих вугільних пластів: нові дослідження та рішення / Піталенко Є.І., Кулібаба С.Б., Гавриленко Ю.М., Тіркель М.Г., Півень Ю.А., Рожко М.Д. та ін. – Донецьк: ДУНВГО, 2007. – 384 с.