

### ОСОБЛИВОСТІ ВЕРТИКАЛЬНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ МАСИВУ ГІРСЬКИХ ПОРІД НАД РОЗРІЗНОЮ ПІЧЧЮ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ

*Виконано аналіз розподіл осідань земної поверхні в напівмульдї над розрізною піччю і над рухомим очисним вибоєм на прикладі спостережної станції № 13, закладеної над очисними роботами 604-ої лави пласта с<sub>6</sub> шахти «Степова» на глибині 125 м. Проаналізовано величини додаткових осідань на основі порівняння їх розподілу в напівмульдах над розрізною піччю і над рухомим очисним вибоєм на основі поєднання кривих осідань по вказаних напівмульдах. Наведено результати аналізу характеру розподілу осідань земної поверхні в умовах рухомого очисного забою і після його зупинки. Підтверджено, що процес вертикальної деформації масиву гірських порід в напівмульдах над розрізною піччю, над підготовчими штреками і над лінією зупинки очисного забою проявляється по-різному. Виявлено, що у локальній зоні над розрізною піччю до глибини розробки 300 м присутні додаткові осідання земної поверхні, величина яких лінійно залежить від глибини розробки. Доведено, що додаткові осідання над краєвою частиною масиву є причиною істотної дискретності нахилів. Зроблено висновки щодо наявності взаємозв'язку між вертикальними і горизонтальними зрушеннями масиву гірських порід в зоні підвищеного гірського тиску.*

**Ключові слова:** процес зрушення; осідання; масив гірських порід; земна поверхня.

**Актуальність роботи.** Вугілля є одним з основних енергетичних ресурсів України. Родовища пластів цього виду корисної копалини залягають під значними площами, над якими розташовані міста і селища, комунікації і природні об'єкти [1–3]. Виймка вугілля з надр призводить до незворотних деформацій масиву гірських порід і земної поверхні і, як наслідок, об'єктів, що подробляються [4].

Відомо, що для процесу зрушення земної поверхні характерна деяка дискретність, що обумовлена неоднорідністю масиву гірських порід, наявністю порушень і мінливістю гірничо-геологічних умов в межах виймкового стовпа [2, 5]. Вивчення процесу зрушення виконується на основі аналізу результатів інструментальних спостережень, в яких присутні помилки вимірювань [2, 6, 7]. Отже, дискретність процесу зрушення є наслідком двох чинників: гірничо-геологічного та інструментального [8–10]. Дискретність процесу зрушення і помилки діючих методик прогнозування зрушень і деформацій перекриваються використанням коефіцієнтів перевантаження (запасу) [7], які іноді виявляються дуже завищеними. В ході аналізу інструментальних спостережень за зрушенням земної поверхні деякі нез'ясовні явища списують на прояв дискретності процесу зрушення. Проте якщо подібне явище виявляється систематично, то можливо є і причина цього. Нерідкі випадки, коли встановлені закономірності процесу зрушення в умовах одного гірничодобувного регіону не знаходили підтвердження в умовах іншого. Одне з подібних явищ зафіксоване в умовах Західного Донбасу у вигляді різких сплесків горизонтальних і вертикальних зрушень, деформацій над розрізною піччю.

**Метою роботи** є дослідження процесу вертикальної деформації масиву гірських порід в напівмульдах над розрізною піччю в умовах Західного Донбасу.

**Матеріал і результати досліджень.** Проаналізуємо розподіл осідань земної поверхні в напівмульдї над розрізною піччю і над рухомим очисним вибоєм на прикладі спостережної станції № 13 (рис. 1), закладеної над очисними роботами 604-ої лави пласта с<sub>6</sub> шахти «Степова» на глибині 125 м. На рисунку 1 наочно показано відмінність в характері розподілу осідань земної поверхні над розрізною піччю і над рухомим очисним вибоєм. У інтервалі між 16 і 19 реперами (інтервал в 30 м) спостерігаються додаткові величини опускань земної поверхні. Можна припустити, що це явище викликано руйнуванням краєвої частини вугільного пласта і порід, що розміщені вище, під дією опорного тиску. Порідні шари над краєвою частиною можна розглядати як балки на податливій підставі. Чим більша жорсткість шарів, що пролягають нижче, тим менше опускання (осідання) масиву над межею виробленого простору. У зоні опорного тиску величина податливості підстави (групи шарів, що пролягають

нижче) є наслідком пружних і пластичних деформацій, у тому числі і поперечних.

Перші ознаки прояву додаткових осідань спостерігали на момент 7-го спостереження, коли вибій віддалився від розрізної печі на відстань 100 м (відношення розмірів виробленого простору до глибини  $D/H = 0,83$ ). Збільшення розмірів виробленого простору призводить до збільшення вертикальних напружень в краєвій частині масиву.

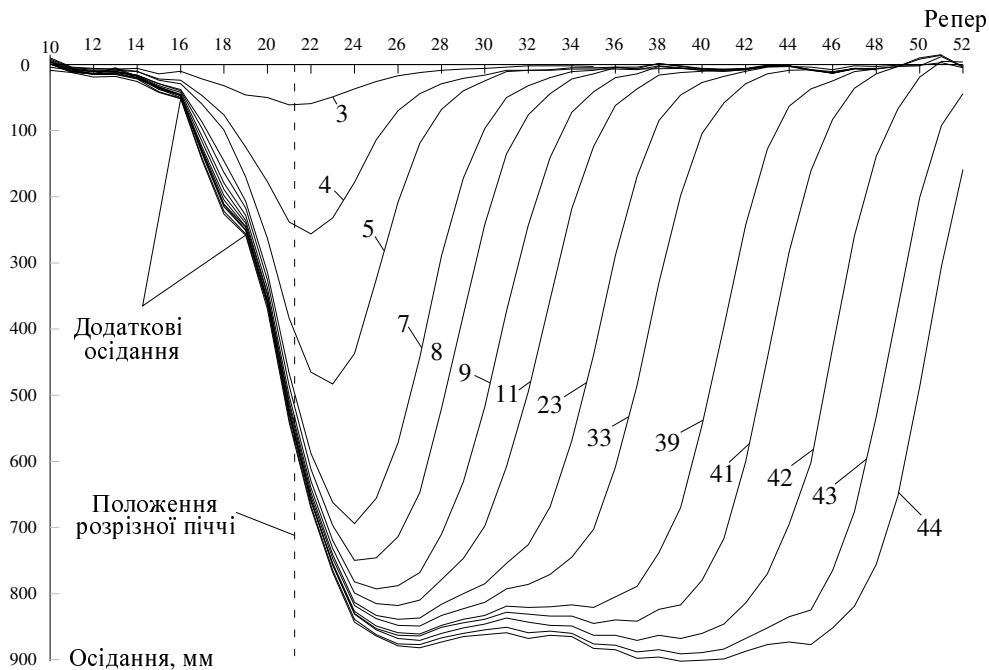


Рис. 1. Осідання земної поверхні по спостережній станції № 13

При просуванні очисного вибою зона підвищених вертикальних напружень збільшується в розмірах, залучаючи до процесу деформації більші об'єми порідного масиву. На момент досягнення умови повної підробки (35-те спостереження,  $D/H = 1,5$ ) збільшення напружень припиняється. При цьому збільшення осідань продовжується: у зоні повної підробки внаслідок ущільнення порід під дією власної ваги, в краєвій частині масиву – під дією опорного тиску і реологічних процесів [3, 5]. Подібне явище не зафіксоване в напівмульдах над штреками і над лінією зупинки очисного забою.

Проаналізуємо величини додаткових осідань на основі порівняння їх розподілу в напівмульдах над розрізною піччю і над рухомим очисним забоєм. Для цього виконаємо поєднання кривих осідань по вказаних напівмульдах. За загальну точку для поєднання кривих використаємо точку з максимальним нахилом земної поверхні (точку перегину кривої осідання). Результат поєднання для 5-го, 7-го, 11-го, 39-го і 42-го спостережень представлений на рисунку 2.

Максимальна величина додаткових осідань  $\Delta\eta_{\max}$  складає 114 мм. Витискування гірської маси у вироблений простір очевидно призводить до перерозподілу осідань в масиві та на земній поверхні. Отже, якщо на деякій ділянці мульди осідання за рахунок витискування порід збільшилися, то існує ділянка, на якій спостерігається протилежна картина. Дослідження графіків осідань земної поверхні (рис. 1) указує на присутність ділянки, на якій осідання земної поверхні з боку розрізної печі менше, ніж з боку рухомого очисного забою. На момент 44-го спостереження осідання репера 31 склало 859 мм, а репера 39–902 мм. У інтервалі між реперами 26–32 спостерігаються осідання земної поверхні, величини яких менше, ніж при процесі зрушення, що закінчився.

Додаткові осідання над краєвою частиною масиву є причиною істотної дискретності нахилів (рис. 3), яка виявляється у вигляді “стрибків”. Подібне явище зафіксоване в Західному Донбасі на спостережних станціях № 1, 8–13 [8] при глибинах підробки 100–280 м. Величина  $\Delta\eta_{\max}$  зі збільшенням глибини підробки знижується. В умовах підробки спостережної станції № 9 ( $H = 260$  м) значення  $\Delta\eta_{\max}$  склало 22 мм. При цьому ділянка профільної лінії, на якій спостерігаються додаткові осідання земної поверхні, мала розмір  $l$ , що дорівнює 52 м. У таблиці 1 представлені значення  $\Delta\eta_{\max}$  і  $l$  по спостережних станціях.

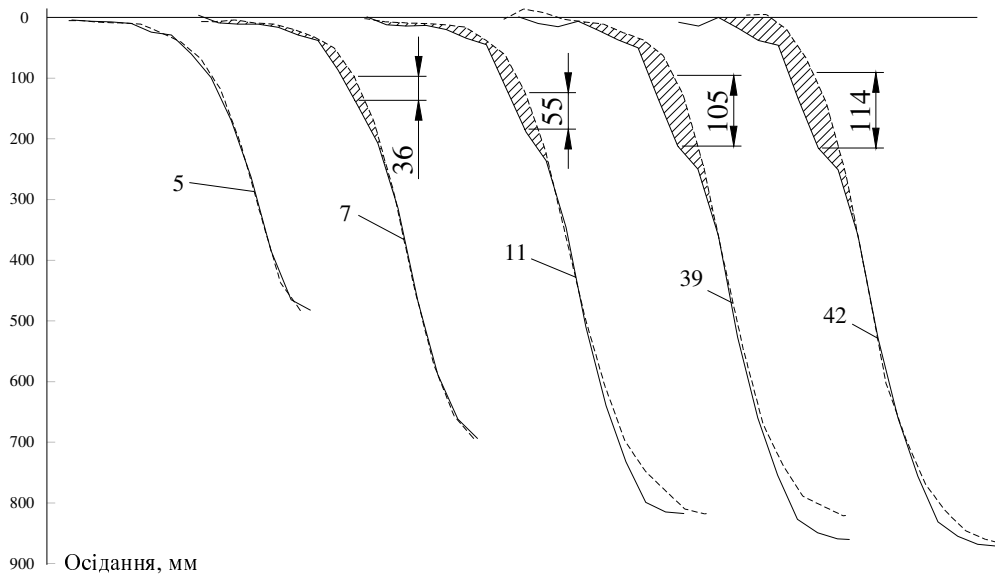


Рис. 2. Суміщені криві осідання земної поверхні в напівмульдах над розрізною піччю (суцільна) і над рухомим очисним забоем (пунктирна)

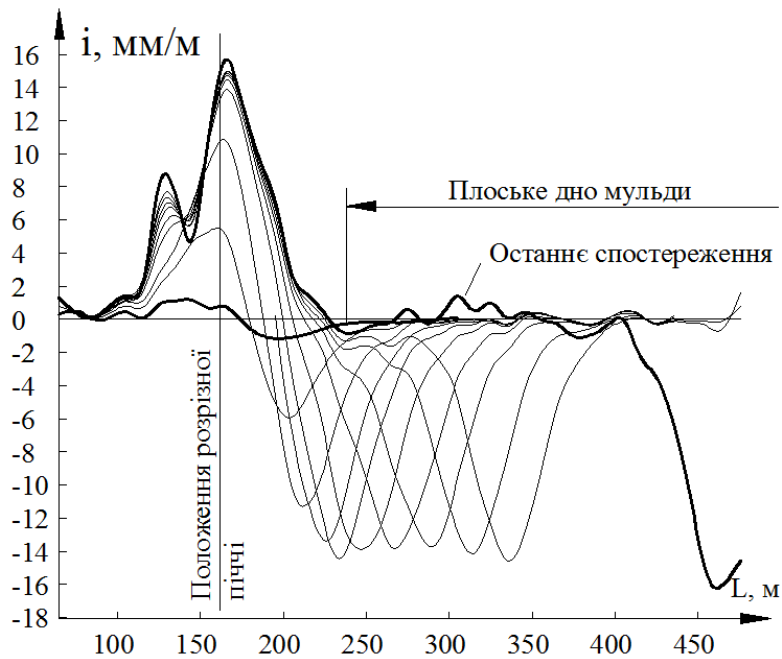


Рис. 3. Графіки нахилів по спостережній станції № 13

Значення додаткових осідань по спостережних станціях

Таблиця 1

Станція	Глибина підробки	$\Delta\eta_{\max}$ , мм	$l$ , м
8	200	56	48 (0,24 Н)
9	260	22	52 (0,20 Н)
10	165	74	34 (0,21 Н)
12	110	118	24 (0,22 Н)
13	125	114	26 (0,21 Н)

Значення максимальних додаткових осідань зменшуються зі збільшенням глибини за лінійним законом (рис. 4). На спостережних станціях з глибиною підробки понад 300 м прояв додаткових осідань не зафіксований. Розмір зони дії додаткових осідань на земній поверхні знаходиться в межах 0,20–0,24 Н.

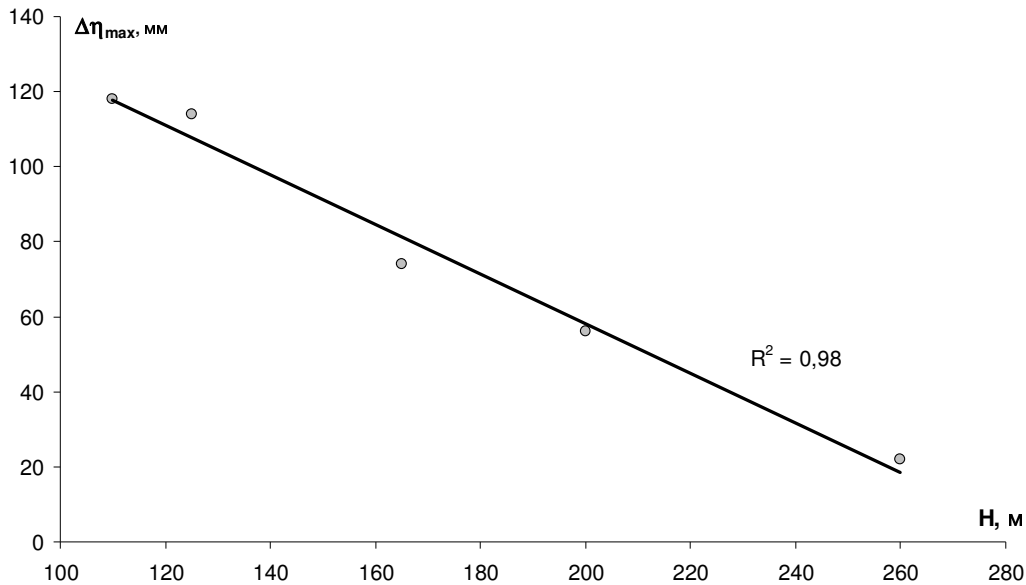


Рис. 4. Залежність максимальних додаткових осідань  $\Delta\eta_{\max}$  від глибини підробки  $H$

Аналіз вертикальних зрушень в напівмульді над розрізною піччю, як і у випадку горизонтальних зрушень, указує на відмінність процесу деформації гірських порід і земної поверхні в напівмульдах над штреками і над лінією зупинки очисного вибою. Над краєвою частиною масиву з боку розрізної печі горизонтальні зрушення мають більші значення, ніж над рухомим вибоєм [4]. При цьому в тому самому місці спостерігаються додаткові осідання, як наслідок дії підвищеного гірського тиску. Можна припустити, що існує взаємозв'язок між вертикальними і горизонтальними зрушеннями масиву гірських порід в зоні підвищеного гірського тиску. У подальших дослідженнях передбачається встановити кількісні характеристики цього взаємозв'язку і фізичний смисл даних явищ.

#### Висновки:

1. Встановлено, що в умовах розробки вугільних пластів в Західному Донбасі над розрізною піччю мають місце додаткові осідання земної поверхні, які є причиною значної нерівномірності нахилів на ділянці напівмульди розмірами 0,20–0,24 м.
2. Значення максимальних додаткових осідань зменшуються зі збільшенням глибини підробки за лінійним законом. На спостережних станціях з глибиною підробки понад 300 м прояв додаткових осідань не зафіксований.
3. На ділянці прояву додаткових осідань спостерігається значне зростання горизонтальних деформацій, що свідчить про єдину природу виникнення цих явищ.

#### Список використаної літератури:

1. Колбенков С.П. Оценка точности измеренных и расчетных величин деформаций земной поверхности / С.П. Колбенков // Сборник трудов по вопросам исследования горного давления и сдвижения горных пород / ВНИМИ. – 1961. – Вып. 43. – С. 32–38.
2. Бугаева Н.А. Особенности распределения стохастических отклонений оседаний земной поверхности при ее подработке одиночной лавой / Н.А. Бугаева, В.В. Назимко // Проблемы гірського тиску : зб. наук. пр. – Донецьк : ДонНТУ, 2008. – Вип. 16. – 260 с.
3. Павлова Л.Д. Моделирование циклического характера обрушения горных пород при проведении выработки с последовательным накоплением повреждений / Л.Д. Павлова, В.Н. Фрянов // Известия Томского политех. ун-та. – 2004. – Т. 307. – № 2. – С. 76–79.
4. Кучин А.С. Формирование горизонтальных сдвижений при отходе лавы от разрезной печи / А.С. Кучин // Науковий вісник НГУ. – Дніпропетровськ, 2011. – № 5. – С. 62–66.
5. Кольчик А.Е. Исследование динамики сдвижения земной поверхности после прекращения ведения очистных работ / А.Е. Кольчик, И.Е. Кольчик // Матер. конф. «Геотехнології і охорона праці у гірничій промисловості». – Красноармійськ : КП ДонНТУ, 2008. – С. 7–12.

6. *Кучин А.С.* Влияние направления отработки очистной выработки на характер распределения деформаций земной поверхности / *А.С. Кучин, Г.С. Пиньковский* // Труды междунар. науч.-техн. конф. «Геоинформатика, геодезия, маркшейдерия». – Донецк : ДНТУ, 2003. – С. 90–96.
7. Правила підробки будівель, споруд та природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом : ГСТУ 101.00159226.001-2003. – [Чинний від 2003–11–22]. – К. : Мінпаливенерго України, 2003. – 126 с.
8. Сдвижение земной поверхности на пластовых месторождениях Приднепровья : монография / *Г.Ф. Гаврюк, Г.А. Антипенко, А.С. Кучин, В.А. Назаренко* ; за ред. *В.О. Назаренка*. – Днепропетровськ : Нац. гірничий ун-т, 2010. – 184 с.
9. *Балафин И.Е.* Анализ угловых параметров сдвижения земной поверхности на шахтах Западного Донбасса / *И.Е. Балафин* // Науковий вісник НГУ. – 2010. – № 5. – С. 18–20.
10. *Кучин А.С.* Анализ угловых параметров процесса сдвижений в зоне отхода лавы от разрезной печи / *А.С. Кучин, Г.С. Пиньковский* // Науковий вісник НГА України. – 2003. – № 7. – С. 33–36.

КУЧИН Олександр Сергійович – доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри маркшейдерії ДВНЗ «Національний гірничий університет».

Наукові інтереси:

- зрушення земної поверхні та гірських порід;
- моделювання геомеханічних процесів.

Тел.: +380509428119.

E-mail: [as\\_kuchin@mail.ru](mailto:as_kuchin@mail.ru).

Стаття надійшла до редакції 06.11.2015.