

дальнейшем бурении скважины был отмечен повышенный выход штыба, переросший при глубине бурения 9 м во внезапный выброс. Было выброшено примерно 1500 т угля и 180 тыс. м³ углекислого газа.

Т. е. при приближении к выбросоопасной зоне, так же, как и в приведенных выше расчетах, наблюдались небольшие газодинамические явления, которые при увеличении длины скважины и внедрении ее в опасную зону переходят в процесс выброса угля и газа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям / Стандарт Минуглепрома Украины. – К.: Минуглепром Украины, 2005. – 222 с.
2. Николин В.И., Балинченко И.И., Симонов А.А. Борьба с выбросами угля и газа в шахтах. – М.: Недра, 1981. – 300 с.
3. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. Пер.с англ. Под ред. Победри Б.Е. – М. Мир, 1975. – 542.
4. Абрамов Ф.А. Рудничная аэрогазодинамика. – М.: Недра, 1972. – 274 с.
5. Булат А.Ф., Круковская В.В. Компьютерное моделирование фильтрации метана в подработанном горном массиве в трехмерной постановке. // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / НАН Украины ИГТМ. – Днепропетровск. – 2005. – № 57. – С. 3-12.
6. Баклашов И.В., Картозия Б.А. Механика подземных сооружений и конструкций крепей. – М.: Недра, 1984. – 415 с.
7. Надаи А. Пластичность и разрушение твердых тел. – М.: Мир, 1969. – Т. 1. – 648 с.
8. Круковская В.В. Решение объемной задачи нестационарной фильтрации метана из угольного пласта в выработку методом конечных элементов. // Геотехническая механика: Сб. научн. тр./НАН Украины ИГТМ. – Днепропетровск, 2007. - № 69. – С. 240-248.

УДК 622.1:622.834

Канд. техн. наук, доц.. О.С. Кучин,
канд. техн. наук, доц.. Г.В. Бруй, НГУ,
інж. І.Є. Балафін

ЗРУШЕННЯ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ І ГІРСЬКОГО МАСИВУ В ПЛОСКОМУ ДНІ МУЛЬДИ ЗРУШЕННЯ

Проанализированы результаты маркшейдерских инструментальных наблюдений за сдвижением земной поверхности. Выявлено наличие постоянных горизонтальных сдвижений земной поверхности в плоском дне мульды сдвижения, направленных в сторону остановки очистного забоя. Выдвинуты предположения о том, что перемещения земной поверхности и массива горных пород являются следствием движения забоя очистной выработки.

DISPLACEMENT OF THE SURFACE AND HILLS IN FLAT BOTTOM OF A SUBSIDENCE TROUGH

Results of surveying tool supervision for displacement a surface are analysed. Presence of constant horizontal displacements of a subsidence trough, directed aside stops of stope is revealed. The assumption that moving of a surface and a rock is consequence of movement of working face of a coal face is offered.

Унаслідок підземної виїмки запасів корисної копалини на пластових і рудних родовищах у гірському масиві і на земній поверхні мають місце деформаційні процеси, що впливають на природні, промислові і житлові об'єкти.

Питання прогнозування цього впливу розглядаються протягом десятків років і представляють значний науковий і економічний інтерес. Здавалося б, кількість проведених експериментальних спостережень за зрушенням гірського масиву і земної поверхні в різних гірничодобувних районах, їхній аналіз і наукове обґрунтування дозволять прогнозувати процес зрушення з досить високою точністю. Однак розмаїтість геологічних умов, зміна технології і темпів розвитку фронту гірничих робіт привело до зміни техногенного впливу підземних розробок на земну поверхню.

Вивченню закономірностей зрушення гірського масиву підлягають три основних предмети досліджень: очисна гірничавиробка і приконтурний масив, гірський масив, земна поверхня і об'єкти, що підробляються. Кожне з цих напрямків окремо досить добре вивчено на основі експериментальних і теоретичних досліджень. Маються різні методики прогнозування зрушень і деформацій земної поверхні, моделі зрушення породного масиву. Досить вивчені процеси, що відбуваються над очисною виробкою. При цьому найбільшу кількість експериментальних спостережень виконано для умов земної поверхні. Це обумовлено доступністю об'єкта досліджень і порівняно невеликою трудомісткістю спостережень. Вивчення процесу зрушення в гірському масиві носить більш теоретичний характер із застосуванням різних гіпотез і моделей. Однак спільно процес зрушення над очисною виробкою, у масиві гірських порід і на земній поверхні розглядався досить узагальнено. Деякими дослідниками були зроблені спроби прогнозування зрушень усього масиву гірських порід, але їхня вірогідність не була доведена і подальшого поширення вони не одержали. Складність прогнозування зрушень і деформацій шаруватого масиву гірських порід обумовлена складністю його побудови, відсутністю точних відомостей щодо фізико-механічних властивостей вміщуючих порід, і в деяких випадках недостатньою геологічною вивченістю.

В даний час в основу вивчення і прогнозування зрушень і деформацій земної поверхні покладені результати багаторічних маркшейдерських інструментальних спостережень на земній поверхні, співставлені з геометричними параметрами очисної виробки на горизонті гірничих робіт [1]. Ще одним напрямком, що швидко розвивається в зв'язку з застосуванням комп'ютерної техніки, стало моделювання процесу зрушення на підставі методів кінцевих і граничних елементів. В основі цих методів лежить прийнята геомеханічна модель масиву у виді пружного, пружного-пластичного, однорідного або неоднорідного середовища. Вірогідність прийнятих у моделюванні граничних умов і загальної концепції побудови моделі може бути підтверджена тільки на основі порівняння результатів моделювання з експериментальними даними. Найчастіше модель і прийняті граничні умови, що мають достатню збіжність з результатами натурних спостережень у конкретних гірничо-геологічних умовах, не підходять для інших. На думку ряду дослідників [2] застосування даних методів, що підходять для суцільного середовища, не зовсім коректно використовувати для шаруватого породного масиву. Однак перевагою методів моделювання є єдність і цілісність розглянутого процесу як у масиві гір-

ських порід, так і на земній поверхні.

Таким чином, не дивлячись на безліч методик прогнозування зрушень і деформацій земної поверхні, запропонованих вітчизняними і закордонними вченими, на даний момент немає універсальної, щоб описувала процес зрушення гірського масиву і земної поверхні сукупно і могла б застосовуватися в різних гірничо-геологічних умовах. На основі наведеного аналізу стану вивченості процесу зрушення гірського масиву і земної поверхні можна затверджувати, що цей напрямок досліджений не повною мірою і є актуальним у сфері охорони поверхневих і підземних об'єктів від впливу гірничих розробок.

Прогнозування зрушень і деформацій земної поверхні здійснюється на основі діючої нормативної методики [1]. Ця методика є узагальненням досліджень попередніх років. Вона припускає відсутність зрушень і деформацій у плоскому дні мульди зрушення. Результати маркшейдерських натурних спостережень за зрушенням земної поверхні в Західному Донбасі свідчать про наявність переміщень реперів у плоскому дні мульди, що суперечить існуючим закономірностям розподілу зрушень і деформацій у зоні впливу підземних розробок (рис. 1).

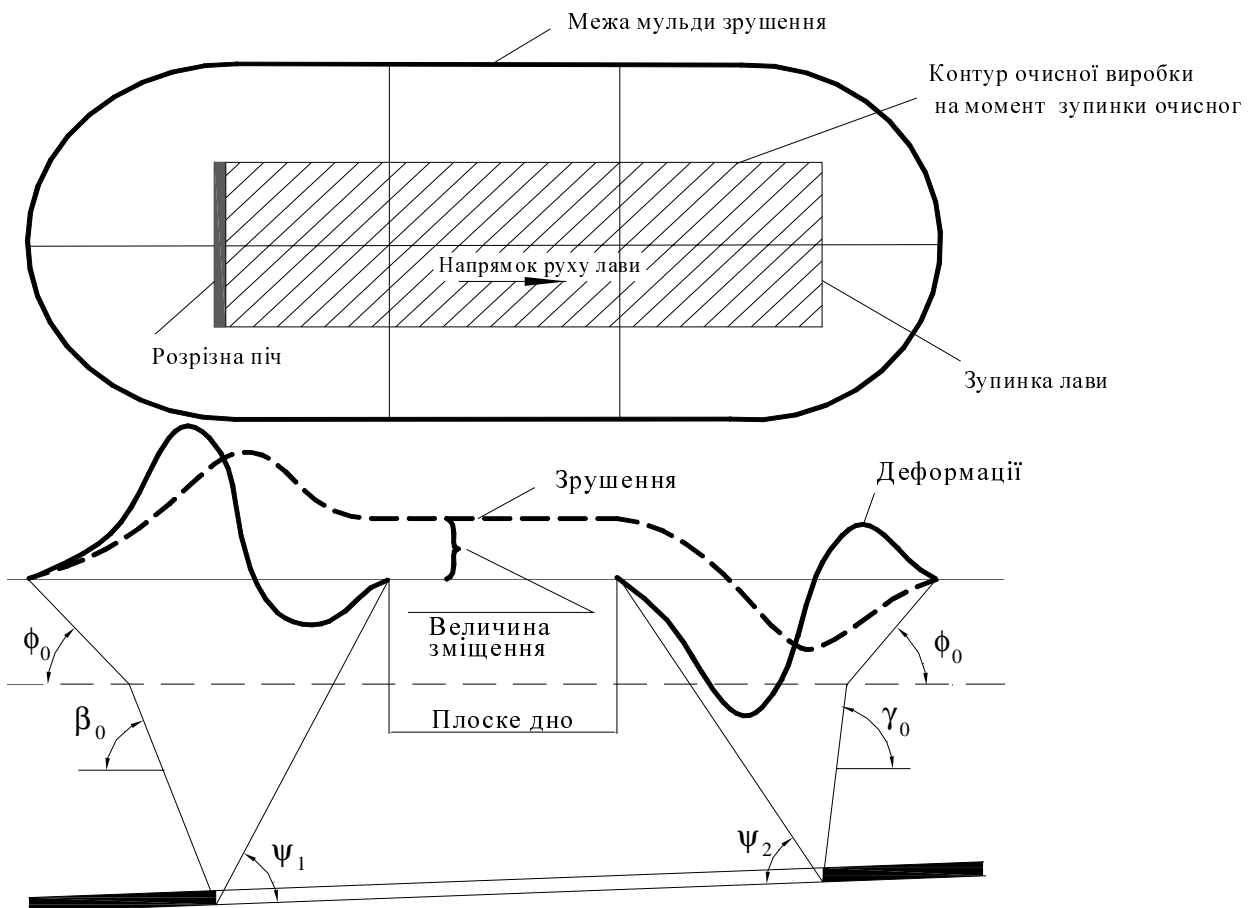


Рис. 1 - Зсування ділянки земної поверхні в плоскому дні мульди зрушення

Дослідження показали, що в умовах Західного Донбасу максимальні горизонтальні зрушення з боку розрізної печі, у плоскому дні мульди зрушення і

над лінією зупинки очисного вибою мають у середньому чисельне співвідношення 2,2:1,3:1. Отже, переміщення точок земної поверхні в плоскому дні мульди зрушення в напрямку відробки лави в 1,3 рази більше, ніж у зворотному напрямку над лінією зупинки очисного вибою. Наприклад, величина горизонтальних зрушень у плоскому дні мульди по станції №13 (рис. 2), закладеної на шахті «Степова» на глибині 130 м, склало 250 мм при зафіксованому максимальному осіданні 890 мм. По станції №9, закладеної на глибині 260 м на шахті «Ювілейна» величина зсунення склала 180 мм при максимальному осіданні 700 мм. Аналогічні результати спостерігаються ще на шести спостережних станціях. Настільки значні величини горизонтальних зрушень не можуть бути наслідком помилок інструментальних спостережень.

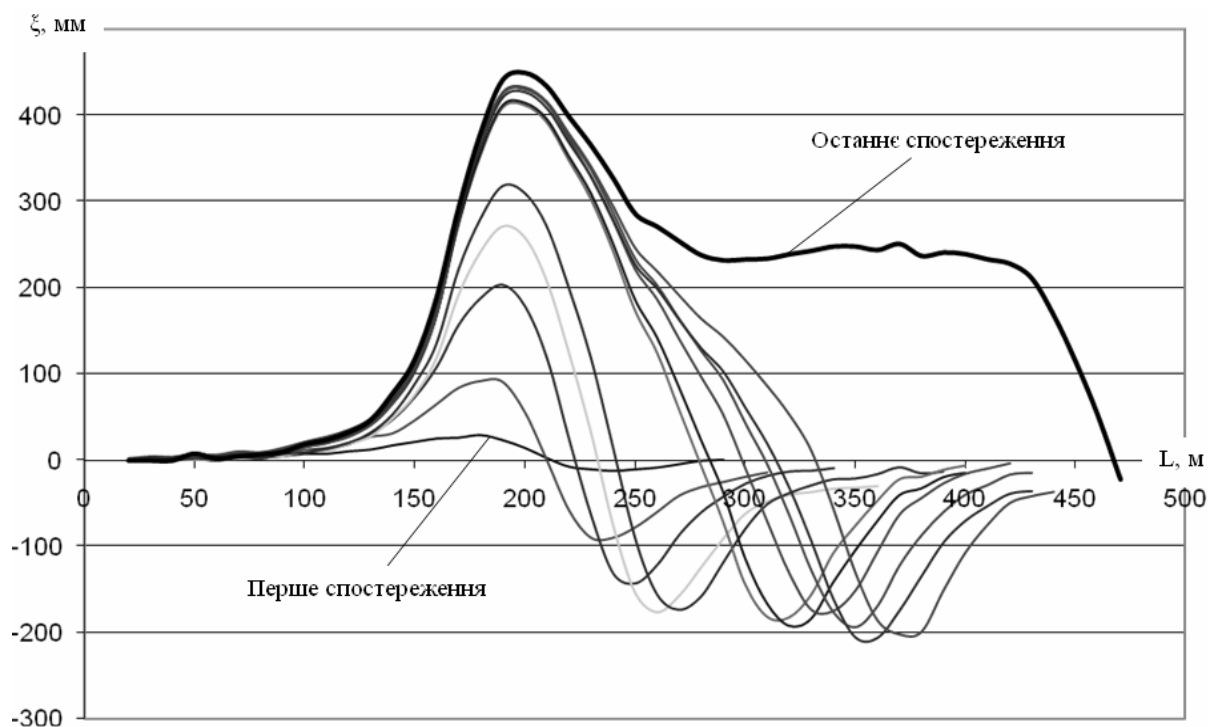


Рис. 2 - Графік горизонтальних зрушень по станції №13

Грунтовий шар на земній поверхні є пластичним середовищем. Таким чином, наявність переміщень у плоскому дні мульди зрушення є причиною накопичення додаткових розтягань у напівмульдї над розрізною піччю. Частина цієї напівмульдї, що примикає до плоского дна, представлена стисненнями земної поверхні. Їхнє максимальне значення, унаслідок симетричності кривої деформацій, дорівнює величині максимальних розтягань [1]. Однак, як показує аналіз результатів спостережень, співвідношення максимальних розтягань до стиснень у напівмульдї над розрізною піччю складає 2.2:1. Інша картина спостерігається над лінією зупинки очисного вибою. У цій зоні за рахунок додаткового переміщення земної поверхні з боку плоского дна з'являються додаткові стиснення. Співвідношення максимальних стиснень і розтягань у напівмульдї над лінією зупинки очисного вибою складає 1.9:1.

Ділянка земної поверхні в головному перетині, паралельному рухові очисного вибою, після відробки лави переходить у стан рівноваги. Умова рівноваги припускає рівність протилежних за принципом впливу величин. У нашому випадку такими величинами є горизонтальні деформації земної поверхні. Сума позитивних і негативних деформацій нескінченно малих інтервалів у головному перетині мурли зрушення повинна дорівнювати нулю. Іншими словами, площі розтягань і стиснень на графіках типових кривих з урахуванням максимальних відносних горизонтальних зрушень повинні бути рівні. У результаті порівняння графіків зрушень і деформацій (рис. 3), приведених до одиничного виду, установлено, що ці площі розтягань і стиснень кількісно рівні.

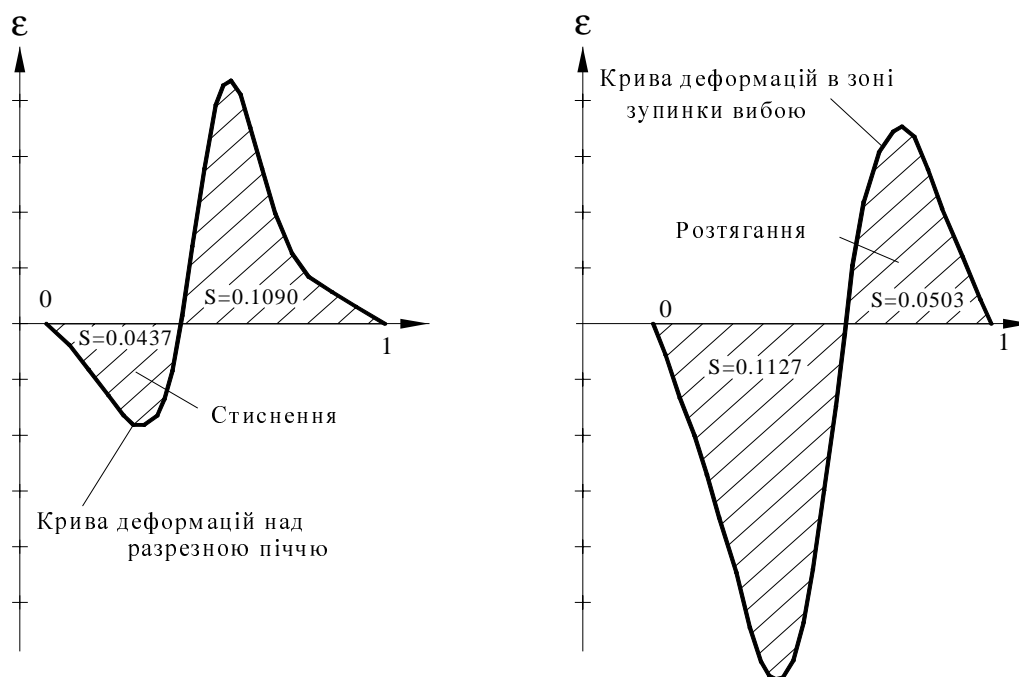


Рис. 3 - Співвідношення площ розтягань і стиснень

Таким чином, наслідком переміщення ділянки земної поверхні є зміна величин і розподілу горизонтальних деформацій у напівмурдах з боку розрізної печі і зупинки очисного вибою.

Земна поверхня є невід'ємною частиною масиву гірських порід. Переміщення ділянки земної поверхні – результат переміщення гірського шаруватого масиву. Дослідженнями встановлено, що величина зсунення не залежить від напрямку відробки лави щодо елементів залягання пласта. Її величина у всіх випадках збігається з вектором руху очисного вибою. З цього можна зробити висновок, що розглянуте явище є наслідком геомеханічних процесів, що відбуваються над очисною виробкою у результаті її послідовної відробки з заданим кроком посадки основної покрівлі.

Переміщення гірського масиву при відробці очисної виробки є рухом великих об'ємів і мас. При переміщенні деякого об'єму з однієї точки в іншу об'єм первісного місця розташування зміниться в меншу сторону. Таким чи-

ном, можна припустити, що при переміщенні масиву слідом за очисним вибоєм, що рухається, максимальні осідання над розрізною піччю повинні бути більші, ніж над лінією зупинки очисного вибою. Як доказ даного припущення можна розглянути результати спостережень за вертикальним зрушенням реперів на спостережній станції №9, закладеної над очисними роботами шахти «Ювілейна» у Західному Донбасі на глибині 170-260м. Відробка очисного стовпа проводилося за повстанням пласта. Довжина стовпа в результаті складала 960 м. Профільна лінія №1 складається з 121 репера, закладених на відстані 10 м друг від друга. За обома напрямками виконується умова повної підробки земної поверхні. План спостережної станції представлений на рис. 4.

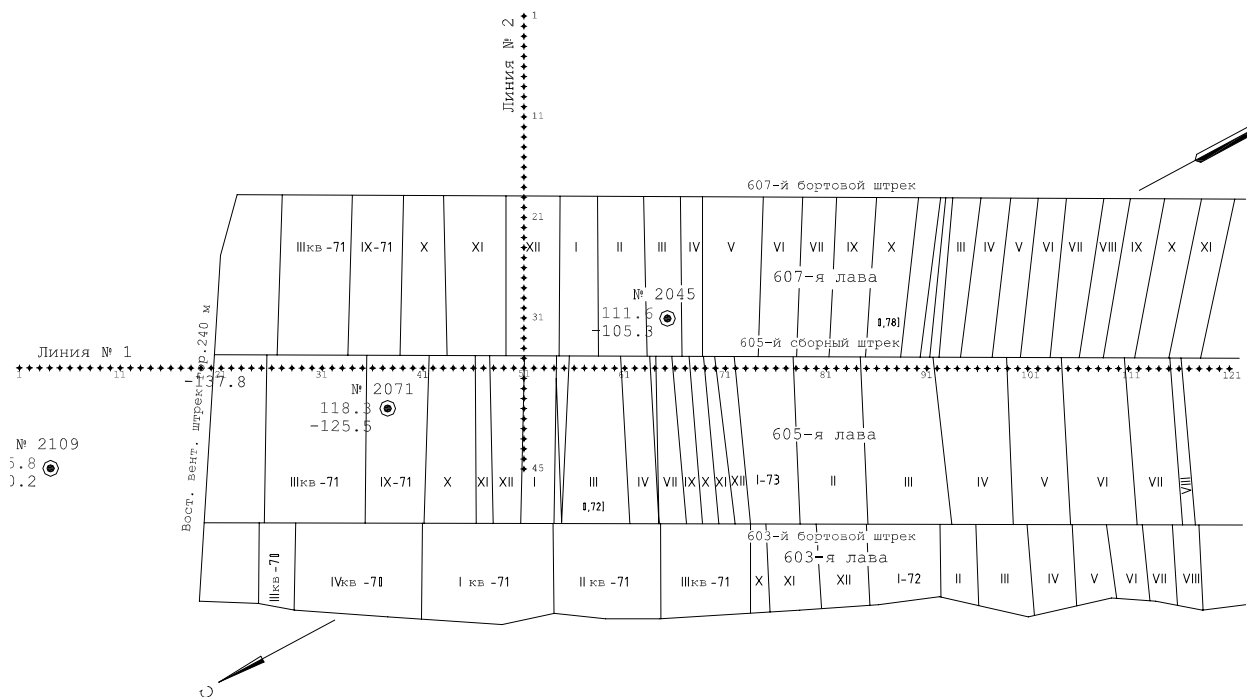


Рис. 4 - План спостережної станції №9

Підробка спостережної станції здійснювалась двома спареними лавами. Обидві профільні лінії розташовані в головних перетинах мульди зрушення, утвореної в результаті виїмки запасів у обох очисних виробках. Розподіл величин вертикальних зрушень представлений на рис. 5.

Як показує графік розподілу осідань, у напрямку повстання пласта величина максимального осідання в плоскому дні мульди зрушення зменшується, що суперечить існуючим уявленням про зрушення земної поверхні. При цьому горизонтальні зрушення точок плоского дна склали близько 190 мм у напрямку руху очисного вибою. Аналіз експериментальних даних показує, що земна поверхня перемістилася в напрямку, що збігається з напрямком відробки очисної виробки. У результаті такого переміщення осідання з боку розрізної печі виявилось на 180 мм більше, ніж з боку зупинки очисного вибою. Максимальне осідання, зафіксоване з боку відходу лави від розрізної печі, склало 690 мм, а розрахункова очікувана величина – 630 мм. Потужність

пласта, що виймається, по обох лавах дорівнювала 0.75 м та в ході відробки лави не змінювалася по довжині стовпа.

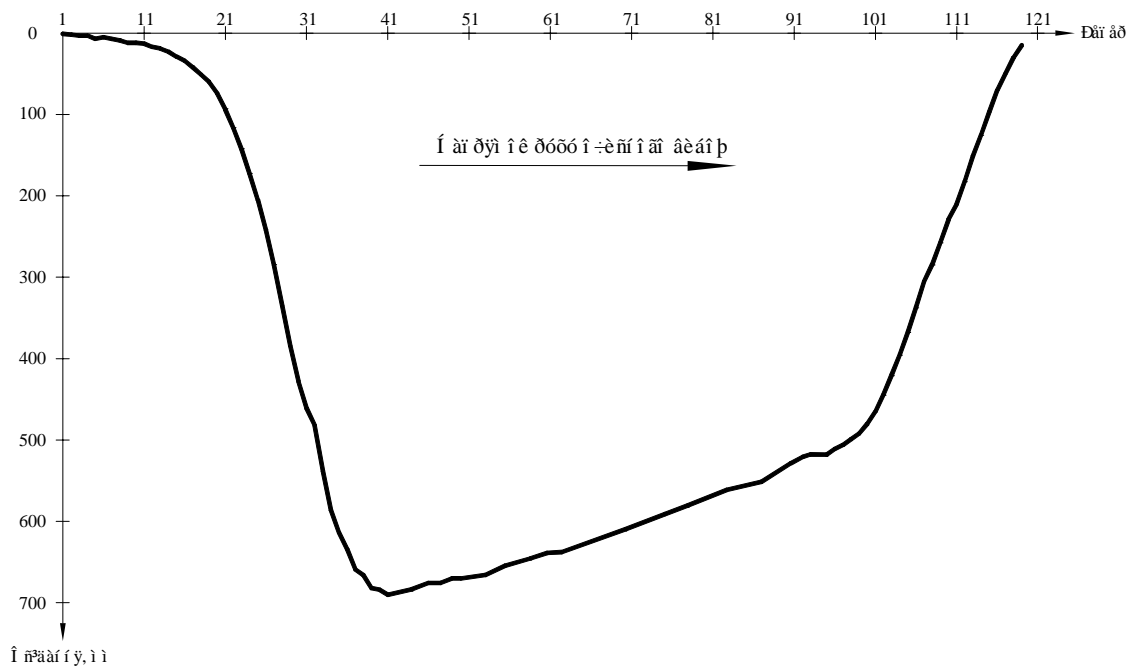


Рис. 5 - Розподіл фактичних осідань по профільній лінії №1

Встановлення кількісного співвідношення величин і розподілу горизонтальних деформацій в мульді зрушення на шахтах Західного Донбасу дозволяє прогнозувати їхній вплив на поверхневі об'єкти. Однак для розуміння сутності процесу зрушення гірського масиву в напрямку відробки лави необхідно провести додаткові експериментальні і теоретичні дослідження. Надалі необхідно пов'язати процеси, що відбуваються в масиві над очисною виробкою при покроковому обваленні покрівлі, із проявами горизонтальних зрушень у плоскому дні мульди зрушення на земній поверхні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом / Отраслевой стандарт. – К.: Мінпаливенерго України, 2004. – 127 с.
2. Савостьянов А.В., Клочков В.Г. Управление состоянием массива горных пород. – К.: УМК ВО, 1992. – 274с.
3. Бруй А.В., Кучин А.С. Сдвигание земной поверхности при последовательной отработке смежных столбов // Науковий вісник НГУ. Дніпропетровськ. №2, 2008. – С. 61-65.