

**ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛУ ВЕРТИКАЛЬНИХ ДЕФОРМАЦІЙ
В ПОРОДАХ ПІДОШВИ ПРИГРАНИЧНОЇ ЗОНИ КРАЙОВИХ ЧАСТИН
ВУГІЛЬНОГО ПЛАСТА, ЩО РОЗРОБЛЯЄТЬСЯ**

Виконана оцінка параметрів НДС породного масиву приграничної зони крайової частини вугільного пласта, що розробляється, і встановлені закономірності їх еволюції в результаті порівняльного аналізу прогнозних розрахунків і даних інструментальних маркшейдерських наглядів.

Постановка проблеми. Проектування гірничих виробок на підставі накопиченого досвіду їх проведення в умовах однієї шахти часто є неминуче, але нерідко призводить до інженерних помилок через мінливість умов залягання і високу анізотропію деформаційних властивостей порід. Як наслідок, це призводить або до додаткових матеріальних витрат на подальший ремонт і відновлення виробок при недооцінці гірничо-геологічних умов і напружено-деформованого стану (НДС) породного масиву, що перетинається гірничими виробками, або ж до не виправдано завищених витрат – при отриманні завищених прогнозних даних у відповідності до існуючих методик. Тому важливою інформацією для технічної служби шахти є достовірні відомості про стан вміщуючих порід і дані про параметри зон ПГД.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Геомеханічна ситуація в породному масиві виникає в результаті впливу багатьох мінливих факторів, тому проблема отримання прогнозних даних про очікувані напруги і деформації залишається актуальною і важковирішуваною. Отримання достовірних прогнозних даних про параметри НДС, що перетинаються гірничими виробками, породного масиву приграничних зон крайових частин та ціликів, а також їх еволюції в будь-якій його точці є гостро назрілою проблемою, яка може бути успішно вирішена за умови створення системи геомеханічного моніторингу (СГМ) – інформаційної системи безперервного контролю, діагностики і прогнозу геомеханічного стану породного масиву [1, 2]. Подібні системи також призначені для обґрунтування технічних і технологічних рішень вибору рекомендацій щодо керування гірським тиском, оцінки ефективності прийнятих рішень, і, що особливо важливо, для оперативного відстеження змін геомеханічного стану породного масиву під час виробничого циклу і своєчасного виявлення критичних ситуацій, що передують катастрофічним проявам гірського тиску. Будь-яка модель у своїй основі має елементи ідеалізованого представлення закону розподілу напруг і деформацій в даному породному масиві. Тому їх достовірність перевіряють при зіставленні з іншими методами.

Результати натурних експериментальних маркшейдерських вимірювань найбільш точно відображають величину і характер геомеханічних процесів, які відбуваються в приграничному масиві.

Питання оцінки еволюції очікуваних вертикальних деформацій і напруг в породному масиві приграничної зони крайових частин, при його перетині гірничими виробками, є актуальним, у зв'язку з відсутністю в діючих нормативних документах положень, що регламентують розташування, охорону і підтримку даних виробок.

Метою даної роботи є встановлення закономірностей розподілу очікуваних вертикальних деформацій в породах підшви пласта C_8^H приграничної зони крайової частини масиву, використовуючи методику графоаналітичного аналізу. Достовірність прогнозних величин встановлюється при зіставленні з натурними маркшейдерськими спостереженнями за деформаціями Східного магістрального вентиляційного штреку (СМВШ) гор. 420 м шахти «Західно-Донбаської» ВАТ «Павлоградвугілля» (рис. 1).

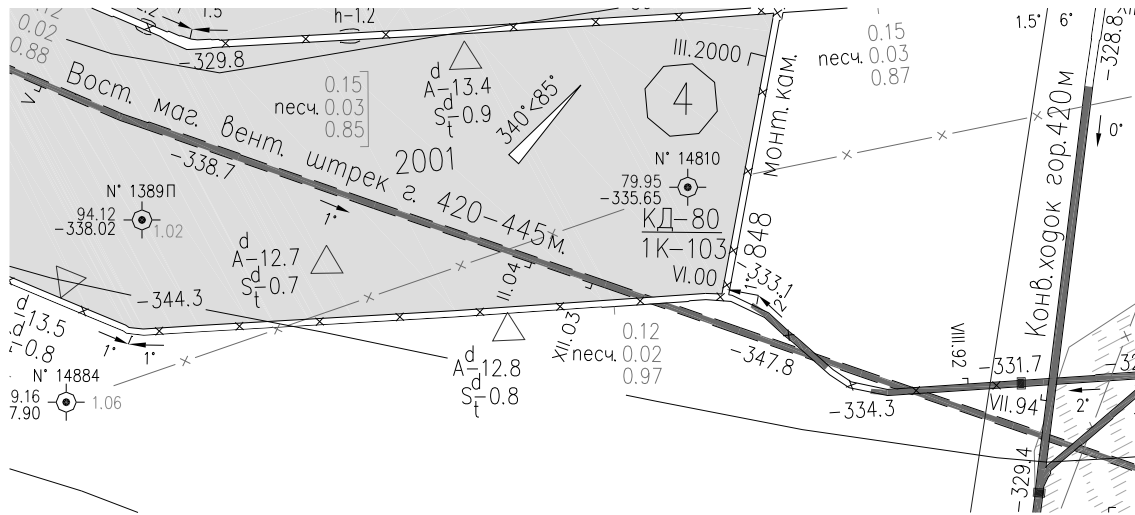


Рис. 1. Викопіювання з плану гірничих робіт пласта C₈^h

Викладення основного матеріалу. Даний штрек проведений для забезпечення відпрацювання запасів блока № 3 і здійснюватиме функції провітрювання і доставки матеріалів і людей.

Штрек був проведений на спряженні № 1 гор. 445 м., перетнувши по діагоналі приграничну напружено-деформовану зону на пікеті 47, і потім вийшов в раніше відпрацьований простір 848-й лави пласта C₈^h з метою його охорони. Загальна протяжність виробки 3 км. Відстань від покрівлі СМВШ до підшови пласта C₈^h складає 6 м. На пікеті 66 СМВШ входить на підшову відпрацьованого пласта C₈^h.

Виробка до спряження кріпиться металевим арковим кріпленням КШПУ-М 14,4 з кроком кріплення 0,5 м. Борти і покрівля закриті з/б затяжкою. Спряження кріпиться металевим арковим кріпленням КШПУ-М 17,7 з кроком кріплення 0,5 м. Борти і покрівля перетягуються з/б затяжкою 0,5 м. Після спряження виробку кріплять металевим арковим кріпленням КШПУ-М 15,1 з кроком 0,5 м. Борти і покрівля перетягуються з/б затяжкою. По штреку настелена рейкова колія Р-24 з колією – 900 мм.

Продуктивні відклади в межах поля шахти “Західно-Донбаська” представлені перешаруванням аргілітів, алевролітів, пісковиків, пластів і пропластків вугілля.

Розрахунок очікуваних величин вертикальних деформацій виконаний за методикою графоаналітичного аналізу розподілу деформацій в зоні опорного тиску, запропонованою в [3], яка оснований на чинних нормативних документах [4, 5]. Зважаючи на діагональне розташування СМВШ щодо межі очисних робіт, розрахунок величин здійснювався у двох напрямках – вхрест і по простяганню пласта (рис. 2), з подальшою їх інтерполяцією для лінії штреку.

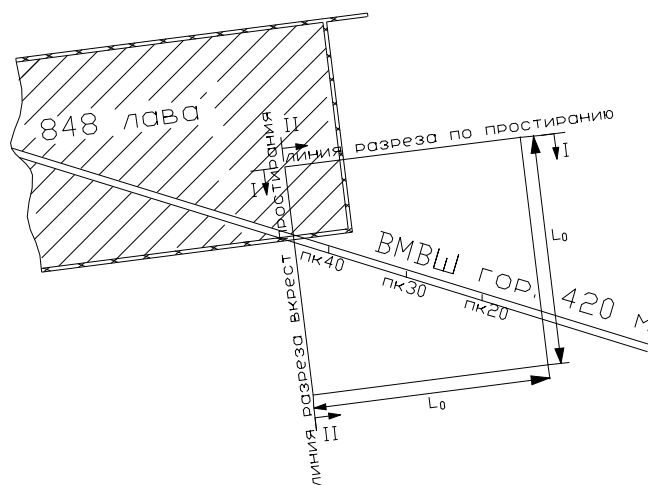


Рис. 2. Схема розташування гірничих виробок і ліній розрахунку очікуваних вертикальних деформацій

Оцінка деформацій в зоні опорного тиску здійснювалась на основі визначення вертикальної складової вектора зрушення. Схема визначення вертикальних деформацій на розрізі по простяганню наведена на рис. 3.

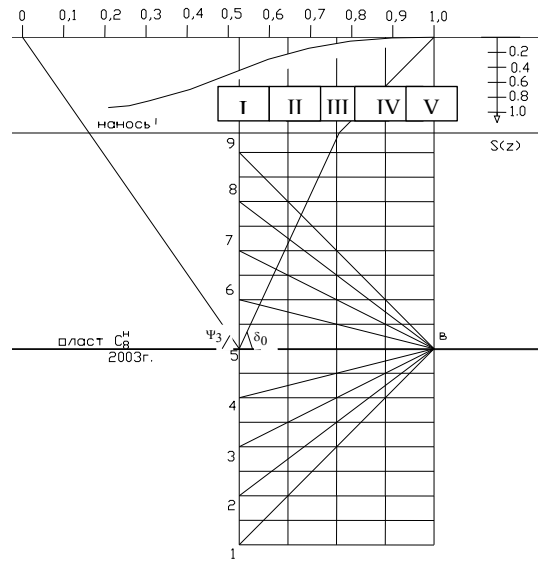


Рис. 3. Схема розрахунку вертикальних деформацій у зоні опорного тиску

На розрізі по простяганню від межі очисної виробки у бік цілика відкладаємо відрізок 5-в, що рівний розміру зони опорного тиску L_0 в площині вугільного пласта по простяганню і визначається, відповідно до [5], з виразу:

$$L_0 = H \cdot \text{ctg} \delta_0, \tag{1}$$

де H – глибина залягання пласта, що розробляється;

δ_0 – граничний кут в корінних породах для умов Західного Донбасу.

При значній потужності наносів для умов шахти «Західно-Донбаська» формула (1) має вигляд:

$$L_0 = H_k \cdot \text{ctg} \delta_0 + H_n \cdot \text{ctg} \varphi_0 \tag{2}$$

де H_k – потужність корінних порід до пласта C_8^H ;

δ_0 – граничний кут в корінних породах для умов Західного Донбасу;

φ_0 – граничний кут в наносах для умов Західного Донбасу;

H_n – потужність наносів.

Розповсюдження зони опорного тиску в покрівлі і підшві пласта приймають рівною розміру зони опорного тиску L_0 , яку визначають за формулою (2), що для випадку, який розглядається, складає 261,8 м.

Відрізок 5-в ділиться на чотири рівні частини. Через точки поділу проводять вертикальні лінії I, II, III, IV і V. На вертикальній лінії, що проходить через межу очисних робіт (точка 5), у бік покрівлі і підшви пласта відкладають відрізки, рівні L_0 (точки 1 і 9). Відрізок 1–9 ділиться на вісім рівних частин, а точки поділу з'єднуються з точкою В прямими лініями.

Осідання в зоні опорного тиску визначаються для вузлових точок – точок перетину вертикальних (I, II, III, IV, V) і похилих (1-в, 2-в, ..., 9-в) ліній. Величини осідань η (мм) у вузлових точках обчислюють за формулою:

$$\eta = \eta_0 \cdot S(z), \tag{3}$$

де η_0 – максимальне осідання при повній підробці земної поверхні виробкою, від якого здійснюється розрахунок;

$S(z)$ – таблична функція розподілу осідань.

У даному випадку підробка пласта C_8^H є неповною, тому замість η_0 визначаємо величину максимального осідання η_m за рекомендаціями діючих Правил підробки [4] за формулою:

$$\eta_m = q_0 \cdot m \cdot \cos \alpha \cdot N_1 \cdot N_2, \tag{4}$$

де q_0 – відносна величина максимального осідання;

m – потужність пласта, що виймається;

α – кут падіння пласта;

N_1, N_2 – умовні коефіцієнти, що характеризують ступінь підробленості земної поверхні, відповідно вхрест простяганню і по простяганню, є безрозмірними величинами.

Відповідно до (4), $\eta_m = 0,385$ м.

Обчислені величини осідань у вузлових точках наведені в табл. 1.

Таблиця 1
Величини осідань у вузлових точках

з	IV	III	II	I
9-в	0,009	0,037	0,102	0,208
8-в	0,009	0,036	0,099	0,203
7-в	0,008	0,034	0,093	0,189
6-в	0,007	0,028	0,077	0,157
5-в	0,005	0,018	0,051	0,104
4-в	0,002	0,009	0,025	0,051
3-в	0,001	0,003	0,009	0,018
2-в	0,000	0,001	0,002	0,005
1-в	0,000	0,000	0,000	0,000

Вертикальні деформації в однорідних породах визначають для середини інтервалів між вузловими точками за формулою:

$$\varepsilon_z = \frac{(\eta_b - \eta_{b-1})}{\Delta H}, \tag{5}$$

де η_b і η_{b-1} – відповідно осідання нижньої і верхньої точок, які розташовані на одній вертикалі (I, II, III, IV, V);

ΔH – відстань по вертикалі між точками.

Обчислені відповідно до (5) величини відносних вертикальних деформацій зведені в табл. 2.

Розрахунок очікуваних вертикальних деформацій вхрест простяганню пласта виконується аналогічно. Їх значення не відрізняються, оскільки кут падіння пласта рівний 2°.

Таблиця 2
Величина прогнозованих відносних вертикальних деформацій у вузлових точках

	IV	III	II	I
e8-9	0,000013	0,000025	0,000045	0,000071
e7-8	0,000038	0,000075	0,000135	0,000212
e6-7	0,000090	0,000174	0,000316	0,000494
e5-6	0,000148	0,000286	0,000519	0,000812
e4-5	0,000148	0,000286	0,000519	0,000812
e3-4	0,000090	0,000174	0,000316	0,000494
e2-3	0,000038	0,000075	0,000135	0,000212
e1-2	0,000013	0,000025	0,000045	0,000071

Використовуючи метод ізоліній, виконана геометризація закономірності розподілу очікуваних значень вертикальних деформацій для точок масиву, які відповідні перерізу, що проходить через трасу діагонально розташованого СМВШ.

Для цього на розрізах по простяганню і вхрест простягання (рис. 2) проведені ізолінії (ізодеформацій), які сполучають точки з однаковими значеннями очікуваних вертикальних деформацій, кратних величині $0,1 \cdot 10^{-3}$, що одержані в результаті інтерполяції між точками з розрахунковими значеннями (табл. 2, рис. 4).

Застосувавши непрямий спосіб побудови ізоліній, що передбачає використання вертикальних розрізів, із зображеннями на них показниками, побудовані ізодеформації на плані для площини СМВШ (рис. 5). Інтерполяція здійснена і в плані і на глибину відповідно до характеру розподілу ізодеформацій на вертикальних розрізах I-I і II-II (рис. 4).

Таким чином, одержуємо загальну картину графічного зображення закономірності розподілу вертикальних деформацій в приграничній зоні крайової частини, укладеної між перетинами (рис. 4).

Таблиця 3

Значення величин очікуваних вертикальних деформацій породного масиву, який вміщує СМВШ, відповідно до пікетів

№ пікету	14	16	18	20	22	24	26	28	30
$\varepsilon_{\text{поз}} \cdot 10^{-3}$	0,015	0,049	0,076	0,126	0,200	0,259	0,305	0,355	0,400
№ пікету	32	34	36	38	40	42	44	46	48
$\varepsilon_{\text{поп}} \cdot 10^{-3}$	0,528	0,585	0,641	0,690	0,744	0,799	0,803	0,809	-

Оцінку достовірності очікуваних вертикальних деформацій штреку виконуємо за допомогою зіставлення їх значень з результатами натурних маркшейдерських спостережень за станом ВМВШ.

Маркшейдерські інструментальні спостереження за станом ВМВШ представлені результатами нівелювання підшви і покрівлі виробки по пікетах в період з 2004 по 2006 рр. За даними спостережень за зміною висоти виробки обчислюємо фактичні вертикальні деформації за формулою:

$$\varepsilon_{\text{факт}} = \frac{\Delta H}{H_{\text{поч}}}, \tag{6}$$

де ΔH – зміна висоти виробки за період з 2004 по 2006 рр.;

$H_{\text{поч}}$ – початкова висота виробки.

Результати обчислення зведені в табл. 4.

Таблиця 4

Обчислення фактичних вертикальних деформацій

№ пікету	14	16	18	20	22	24	26	28	30
$\varepsilon_{\text{факт}} \cdot 10^{-3}$	0,000	-0,000	-0,001	0,000	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000
№ пікету	32	34	36	38	40	42	44	46	48
$\varepsilon_{\text{факт}} \cdot 10^{-3}$	-0,000	-0,001	0,003	-0,011	-0,048	-0,042	-0,020	-0,056	-0,002

Для порівняльного аналізу фактичних і прогнозних величин вертикальних деформацій породного масиву приграничної зони крайової частини пласта C_8^8 , що розробляється та вміщує СМВШ, побудований суміщений графік їх розподілу (рис. 6).

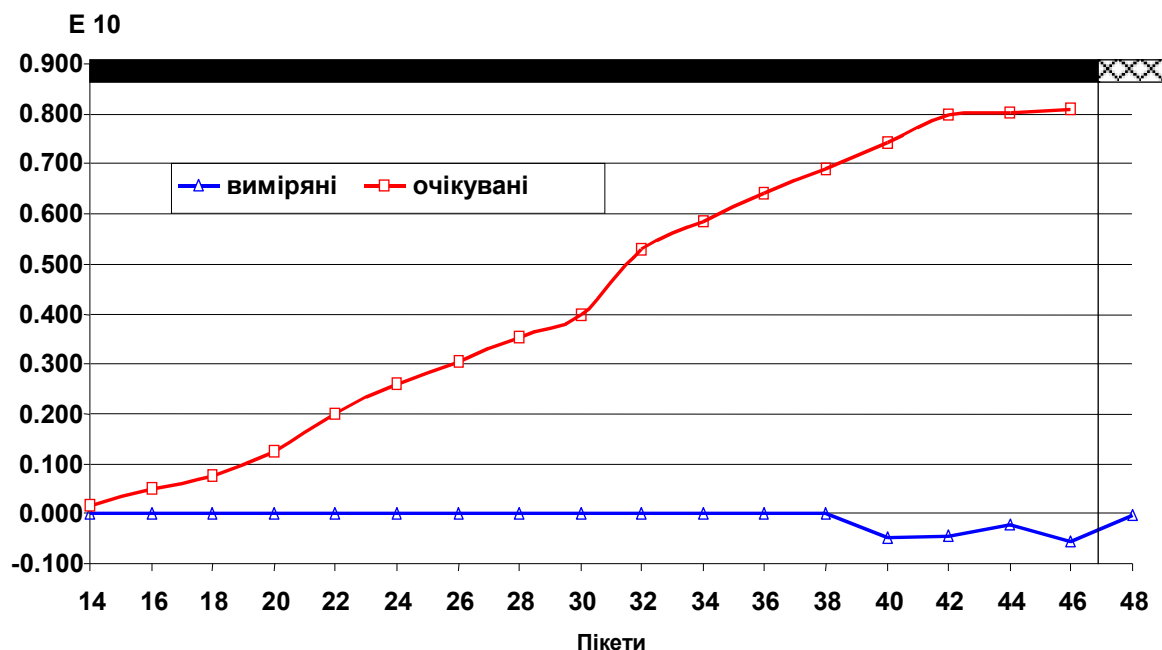


Рис. 6. Суміщений графік розподілу фактичних і прогнозних вертикальних деформацій в породах підшви приграничної зони пласта C_8^8

Висновки. Порівняльний аналіз зіставлення очікуваних вертикальних деформацій з натурними маркшейдерськими спостереженнями (рис. 6) дозволив зробити такі висновки:

- величини прогнозних вертикальних деформацій породного масиву приграничної зони рівномірно збільшуються, при підході до межі відпрацьованого простору при цьому мінімальне значення відповідає ПК 14, а максимальне – ПК 46;
- закономірність розподілу фактичних деформацій в породах підшви приграничної зони підпорядковується хвильовому закону розподілу з наявністю ряду зафіксованих інструментальними спостереженнями екстремумів. Два максимальні значення спостерігались на ПК 40 і ПК 46 та характеризують відносно підвищений напружений стан порід в даній частині масиву. Мінімальне значення відповідає ПК 44 і ПК 48, де напружений стан наближається до природного – геостатичного;
- відстань від межі очисних робіт до першого максимального значення – 10 м і до другого максимального значення – 70 м. Мінімальні значення знаходяться в районі межі очисних робіт і в глибині масиву на відстані від межі – 30 м;
- зона активних деформацій розповсюджується в масив на глибину 90 м, що визначає параметри приграничної зони для даних умов зони, що сформувалася через рік після відпрацювання 848-ї лави;
- аналіз абсолютних відміток реперів спостережної станції показав систематичне збільшення їх значень, починаючи з ПК 38 і до межі 848-ї лави. Підняття профілю виробки відбулося в середньому на 0,218 м (рис. 7).

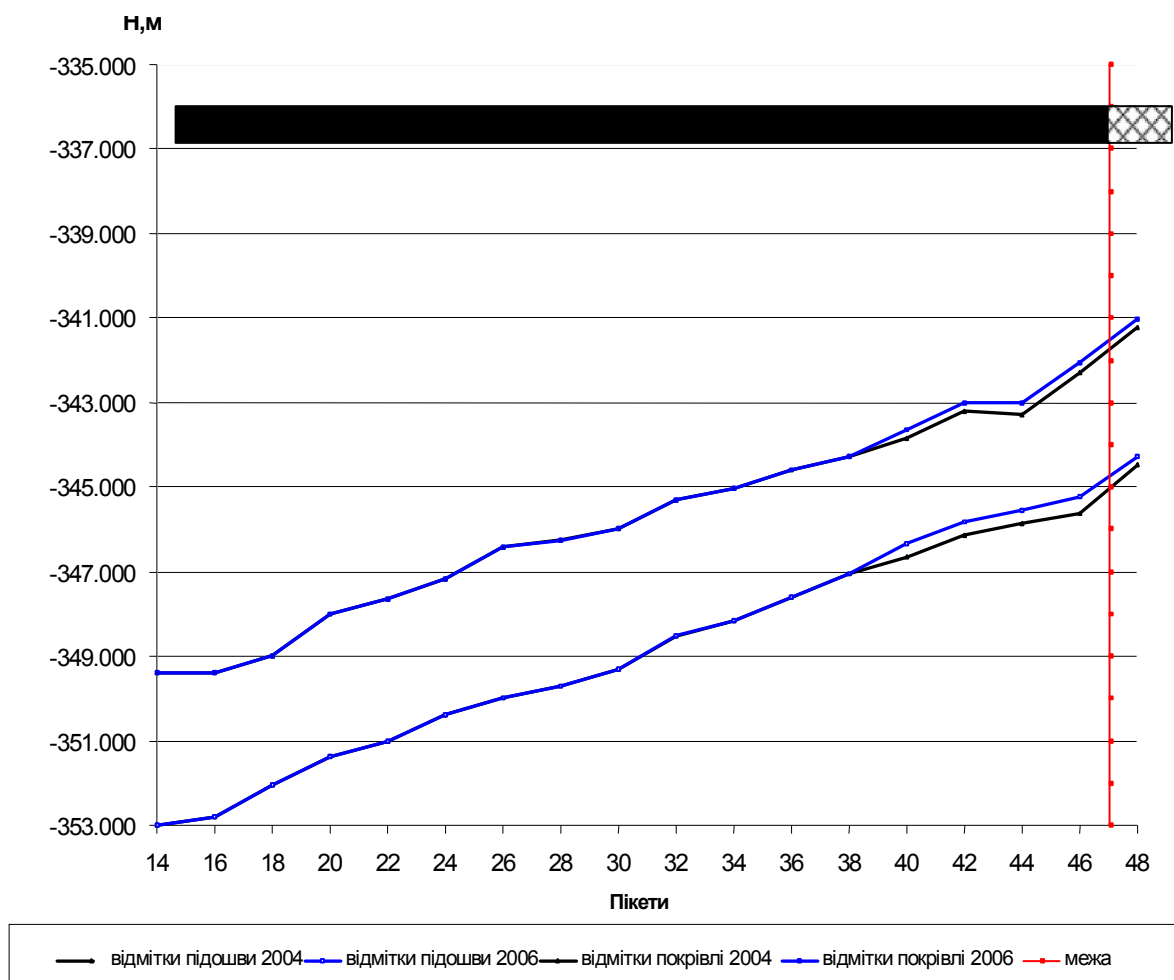


Рис. 7. Зміна профілю ВМВШ

Це положення характерне для НДС порід підшви приграничної зони масиву, що схильні до зсуву у напрямі до його розвантаженої області. Методика розрахунку очікуваних деформацій в породах підшви приграничних зон крайових частин пластів, що розробляються, дає завищені значення і вимагає корегування з урахуванням встановлених закономірностей. Проведення виробки (СМВШ) в породах підшви приграничної зони крайової частини відпрацьованого пласта C_8^H викликало приріст напруг і, як наслідок, додаткові деформації масиву, що перетинається виробкою, та проявилось в активізації їх переміщення.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Шашенко А.Н., Солодянкин А.В.* К вопросу о создании автоматизированной системы геомеханического мониторинга подземных объектов // Научный вестник НГАУ. – 2004. – № 1. – С. 27–28.
2. *Сдвижкова Е.А., Солодянкин А.В., Масленников Е.В., Бабец Д.В.* Анализ теоретических предпосылок для создания системы геомониторинга // Сб. науч.тр. НГУ. – Днепропетровск: РИК НГУ, 2002. – № 15. – Том. 1. – С. 68–74.
3. *Бегичев С.В., Крамарь Н.А.* Геометризация распределения прогнозных вертикальных деформаций в зоне опорного давления // Вісник КТУ. – № 14. – С. 115–121.
4. Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом. – К.: Минтопэнерго Украины, 2004. – 127 с.
5. Руководящий нормативный документ Министерства угольной промышленности Украины: "Расположение, охрана и поддержание горных выработок при отработке угольных пластов на шахтах": Методические указания. КД 12.01.01.201 – 98. Издание официальное. Минуглепром Украины. – К., 1998.

БЄГІЧЕВ Сергій Вікторович – кандидат технічних наук, доцент, докторант кафедри маркшейдерії Національного гірничого університету.

Наукові інтереси:

- маркшейдерія;
- геомеханіка.

Подано 14.05.2006