

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
"ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ"

Кафедра геотехнічної інженерії

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи, виконання практичних робіт та індивідуального
завдання з дисципліни

**«Зрушення гірських порід і земної поверхні при розробці родовищ
підземним способом»**

для студентів денної та заочної форм навчання за спеціальністю

184 Гірництво

Покровськ 2022

УДК 622.2:528(072)
М 54

Методичні вказівки до самостійної роботи, виконання практичних робіт та індивідуального завдання з дисципліни «Зрушення гірських порід і земної поверхні при розробці родовищ підземним способом» для студентів денної та заочної форм навчання за спеціальністю 184 Гірництво / Б.О. Кодунов – Покровськ: ДонНТУ, 2022. – 49 с.

У методичних вказівках приведено програму курсу, питання для самоконтролю, зміст практичних робіт та індивідуального завдання, представлені рекомендації щодо послідовності виконання та оформлення робіт, наведені варіанти завдань, теоретичні та довідкові матеріали для їх виконання

Укладач:

Кодунов Б.О., доц., канд. техн. наук, доцент кафедри ГТІ ДВНЗ ДонНТУ

Рецензент: Альохін В. І., доц. , д.г.н., доцент каф. ГТІ ДонНТУ

Відповідальний за випуск: Каменець В. І., доц., канд. техн. наук., зав. каф. ГТІ ДонНТУ

Затверджено навчально-методичним відділом ДонНТУ,
протокол № 7 від 22.02.2022 р.

Розглянуто на засіданні кафедри геотехнічної інженерії
протокол № 1 від 28.01. 2022 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ.....	6
ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ.....	8
ПРАКТИЧНІ РОБОТИ.....	10
Загальні вказівки до виконання практичних робіт.....	10
Практична робота 1.....	10
Практична робота 2.....	17
Практична робота 3.....	22
Практична робота 4.....	27
Практична робота 5.....	30
ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ.....	39
Загальні вказівки до виконання індивідуального завдання.....	39
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	49

ВСТУП

Курс "Зрушення гірських порід і земної поверхні при розробці родовищ підземним способом" ставить перед собою мету сформувати у майбутніх фахівців теоретичні знання про геомеханічні процеси, пов'язані з переміщенням і деформаціями гірського масиву та земної поверхні під впливом підземної розробки корисних копалин, отримати практичні навички з розрахунку та прогнозування зрушень і деформацій, що очікуються, а також визначенню та розробці необхідних заходів для охорони об'єктів від негативного впливу процесу зрушення.

Основним завданням навчальної дисципліни є надання студентам знань про методи визначення параметрів процесу зрушення гірських порід та земної поверхні, виконання прогнозу зрушень та деформацій, уміння виконувати побудову запобіжних ціликів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- характерні зони в області зрушення вміщуючих порід при очисній виїмці вугільного пласта;
- кутові параметри процесу зрушень земної поверхні;
- види зрушень і деформацій земної поверхні в мульді зрушень;
- стадії процесу зрушення земної поверхні під впливом очисної виробки;
- методи вивчення процесу зрушення гірського масиву й земної поверхні;
- заходи охорони підроблюваних об'єктів;
- методику побудови запобіжних ціликів;

уміти:

- виконувати прогноз очікуваних зрушень і деформацій земної поверхні;
- виконувати розрахунки очікуваних зрушень і деформацій земної поверхні в півмульдах головних перетинів;
- виконувати розрахунок очікуваних зрушень і деформацій земної поверхні в будь-якій точці мульди зрушення;

- виконувати побудову наочних графіків зрушень і деформацій земної поверхні;
- визначати вірогідні зрушення й деформації земної поверхні;
- визначати розрахункові показники деформацій земної поверхні для підроблюваних будівель і споруд;
- визначати припустимі показники деформацій земної поверхні для підроблюваних будівель і споруд;
- визначати заходи захисту підроблюваних будівель і споруд від шкідливого впливу гірничих виробок;
- виконувати побудову запобіжних ціликів для підроблюваних об'єктів.

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1 Загальні відомості про процес зрушення гірських порід і земної поверхні. Зміст та значення проблеми. Форма, характер і схема зрушення гірських порід і земної поверхні під впливом очисних виробок. Зони, що виникають у підробленій товщі внаслідок процесу зрушення. Вплив процесу зрушення на оточуюче середовище.

Література: [2, стор. 562 - 567]

2 Основні поняття та параметри, що характеризують процес зрушення. Основні поняття, терміни і визначення. Мульда зрушення. Осідання земної поверхні. Повна підробка земної поверхні. Неповна підробка земної поверхні. Кутові параметри процесу зрушення. Зрушення та деформації. Горизонтальні зрушення земної поверхні. Деформації розтягу та стиску. Ухил земної поверхні. Кривизна земної поверхні.

Література: [1, стор. 2—6; 2, стор. 567 - 577]

3 Фактори, що впливають на розвиток процесу зрушення гірських порід. Обводненість товщі. Тектонічні порушення. Кут падіння пласта. Потужність пласта. Система розробки. Швидкість посування очисних вибоїв. Порушення товщі порід. Потужність наносів. Загальний термін та періоди процесу зрушення.

Література: [1, стор. 16—19; 2, стор. 577 - 580]

4 Спостереження за зрушенням земної поверхні і деформаціями об'єктів, що підробляються. Типові та спеціальні спостережні станції. Обробка результатів вимірів на спостережних станціях.

Література: [2, стор. 580 - 600]

5 Розрахунок елементів зрушення земної поверхні при розробці вугільних родовищ. Визначення величини максимального осідання. Розрахунок очікуваних величин зрушення і деформацій в точках мульди зрушення. Визначення максимальних значень зрушень та деформацій в

головних перерізах мульди зрушення. Розрахунок вірогідних величин зрушень і деформацій.

Література: [1, стор. 72—97; 2, стор. 600 - 611]

6 Зрушення гірських порід і земної поверхні при розробці рудних родовищ. Особливості процесу зрушення на рудних родовищах. Умови стійкого стану та обвалення гірських порід і земної поверхні. Кути зрушення та розривів.

Література: [2, стор. 642 - 652]

7 Визначення показників деформацій земної поверхні. Визначення розрахункових та припустимих показників деформацій земної поверхні для підробляємих будівель та споруд: житлові і громадські будівлі, виробничі будівлі, інженерні споруди і комунікації, залізниці, технологічне обладнання.

Література: [1, стор. 24—38; 2, стор. 611 - 623]

8 Безпечна підробка будівель, споруд та природних об'єктів. Загальні правила підробки об'єктів на земній поверхні. Безпечна глибина розробки. Заходи охорони будівель, споруд і природних об'єктів, що підробляються. Управління зрушенням і деформаціями гірських порід і земної поверхні.

Література: [1, стор. 38—53]

9 Побудова запобіжних ціликів. Побудова запобіжного цілика способом вертикальних розрізів для охорони житлового будинку. Побудова запобіжних ціликів способом перпендикулярів. Побудова запобіжного цілика під лінію залізниці.

Література: [1, стор. 53—71; 2, стор. 623 - 642]

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Що таке область зрушення ?
2. Які зони зрушення ви знаєте ?
3. В якій зоні зрушення відбувається вертикальний стиск гірських порід ?
4. В яких зонах відбувається вертикальний розтяг ?
5. Як впливає процес зрушення на оточуюче середовище ?
6. Назвіть зрушення та деформації гірських порід та земної поверхні.
7. Нахил земної поверхні належить до деформацій чи зрушень ?
8. Як визначають границі мульди зрушення ?
9. Що таке кути зрушення ?
10. Яким кутом визначається положення точки максимального осідання ?
11. Що означає термін повна підробка ?
12. Як впливає потужність пласта на процес зрушення ?
13. Як змінюються зрушення та деформації із збільшенням глибини розробки ?
14. Як впливає площа виробленого простору на процес зрушення ?
15. Що відбувається при повторній підробці породної товщі та земної поверхні ?
16. На які періоди поділяють загальний термін процесу зрушення ?
17. Які фактори впливають на розвиток процесу зрушення ?
18. Як вивчають процес зрушення ?
19. Опишіть склад та розміщення типової спостережної станції за зрушенням земної поверхні.
20. Які виміри проводять на спостережних станціях ?
21. У чому полягає камеральна обробка вимірів, одержаних на спостережній станції ?
22. Опишіть методику визначення горизонтальних деформацій та побудови відповідного графіку за результатами натурних спостережень.
23. Як розраховують очікувані зрушення та деформації земної поверхні ?

24. Чим відрізняються очікувані зрушення та деформації від вірогідних ?
25. Що таке напівмульда зрушення ?
26. Якій точці на графіку осідань відповідають нульові деформації розтягу – стиску, максимальні нахили, мінімальна кривизна ?
27. Опишіть особливості процесу зрушення при розробці рудних родовищ.
28. Як визначають розрахункові показники деформацій для об'єктів на земній поверхні, що підроблюються ?
29. Як визначають припустимі показники деформацій ?
30. В який термін необхідно повідомити власника об'єкту на земній поверхні, що буде підроблятися ?
31. Склад проекту підробки.
32. Що таке безпечна глибина розробки ?
33. В якому випадку застосовують заходи охорони об'єктів від підробки ?
34. Назвіть гірничі заходи охорони об'єктів від підробки.
35. Назвіть конструктивні заходи охорони об'єктів від підробки.
36. У якому випадку в якості охорони об'єктів від підробки застосовують залишення запобіжних ціликів ?
37. Опишіть послідовність побудови запобіжного цілика під будівлю способом вертикальних розрізів.
38. Опишіть послідовність побудови цілика під залізницю способом перпендикулярів.

ПРАКТИЧНІ РОБОТИ

Загальні вказівки до виконання практичних робіт

Практичні роботи виконуються згідно вихідних даних, наведених у методичних вказівках до кожної роботи. Номер варіанту відповідає порядковому номеру студента у журналі групи.

Практичні роботи можуть виконуватись у зошиті з рукописним викладом або на комп'ютері з роздруківкою на форматних листах А4. Обов'язковою умовою є приведення необхідних для розрахунків формул з розшифруванням всіх вхідних та вихідних величин. Також приводяться необхідні рисунки.

Після виконання практичні роботи захищають перед викладачем.

Практична робота 1

***Тема роботи* – ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРІВ МУЛЬДИ ЗРУШЕННЯ.**

Мета роботи – навчити студента визначати розміри мульты зрушення графічним та аналітичним методами.

Основні теоретичні положення.

Під впливом підземної розробки на земній поверхні утворюється мульты зрушення. Її загальні розміри та розміщення в ній характерних зон визначаються кутовими параметрами зрушення, до яких належать граничні кути, кути зрушення, кути розривів, кути повних зрушень, кут максимального осідання (рис. 1.1, 1.2).

Граничні кути – це зовнішні відносно відробленого простору кути, утворені на вертикальних розрізах за головними перерізами мульты зрушення горизонтальними лініями і лініями, які з'єднують край виробки з межею зони впливу (мульты зрушення) підземної виробки на земній поверхні. За межу мульты зрушення приймають лінію, що з'єднує точки земної поверхні, у яких

спостерігаються наступні значення деформацій: горизонтальних деформацій розтягу $\varepsilon = 0,5 \times 10^{-3}$ (0,5 мм/м), нахилу $i = 0,5 \times 10^{-3}$ (0,5 мм/м).

Розрізняють граничні кути в наносах ϕ_0 та корінних породах (біля країв виробки):

- біля нижньої границі – β_0 ;
- біля верхньої границі – γ_0 ;
- за простяганням δ_0 ;
- у мезозойських (крейдяних) відкладеннях граничні кути відповідно позначають $\delta_{0м}$.

Кути зрушення – це зовнішні відносно відроблюваного простору кути, що утворені на вертикальних розрізах за головними перерізами мульди зрушення при повній підробці горизонтальними лініями, та лініями, що з'єднують краї виробки з границею зони небезпечного впливу на земній поверхні.

При визначенні межі зони небезпечного впливу використовуються величини критичних деформацій земної поверхні: горизонтального розтягу $\varepsilon = 2 \times 10^{-3}$ (2 мм/м), нахилу $i = 4 \times 10^{-3}$ (4 мм/м), кривизни $k = 0,2 \times 10^{-3}$ 1/м.

Розрізняють кути зрушення в наносах ϕ в корінних породах: β , γ , δ , і в мезозойських відкладеннях: δ_m .

Кути розривів – це зовнішні відносно відробленого простору кути, що утворені на вертикальних розрізах по головних перерізах мульди зрушення горизонтальними лініями та лініями, які з'єднують край виробки з найближчою до межі мульди зрушення тріщиною і визначають границі зони тріщин.

Кути розривів позначають β'' , γ'' , δ'' .

На рисунках 1.1, 1.2 показані границі зон впливу гірничої виробки, що визначаються граничними кутами, кутами зрушення, кутами розривів:

- A_1 – загальна зона впливу гірничої виробки (мульда зрушення);
- A_2 – зона небезпечного впливу;
- Б – зона тріщин.

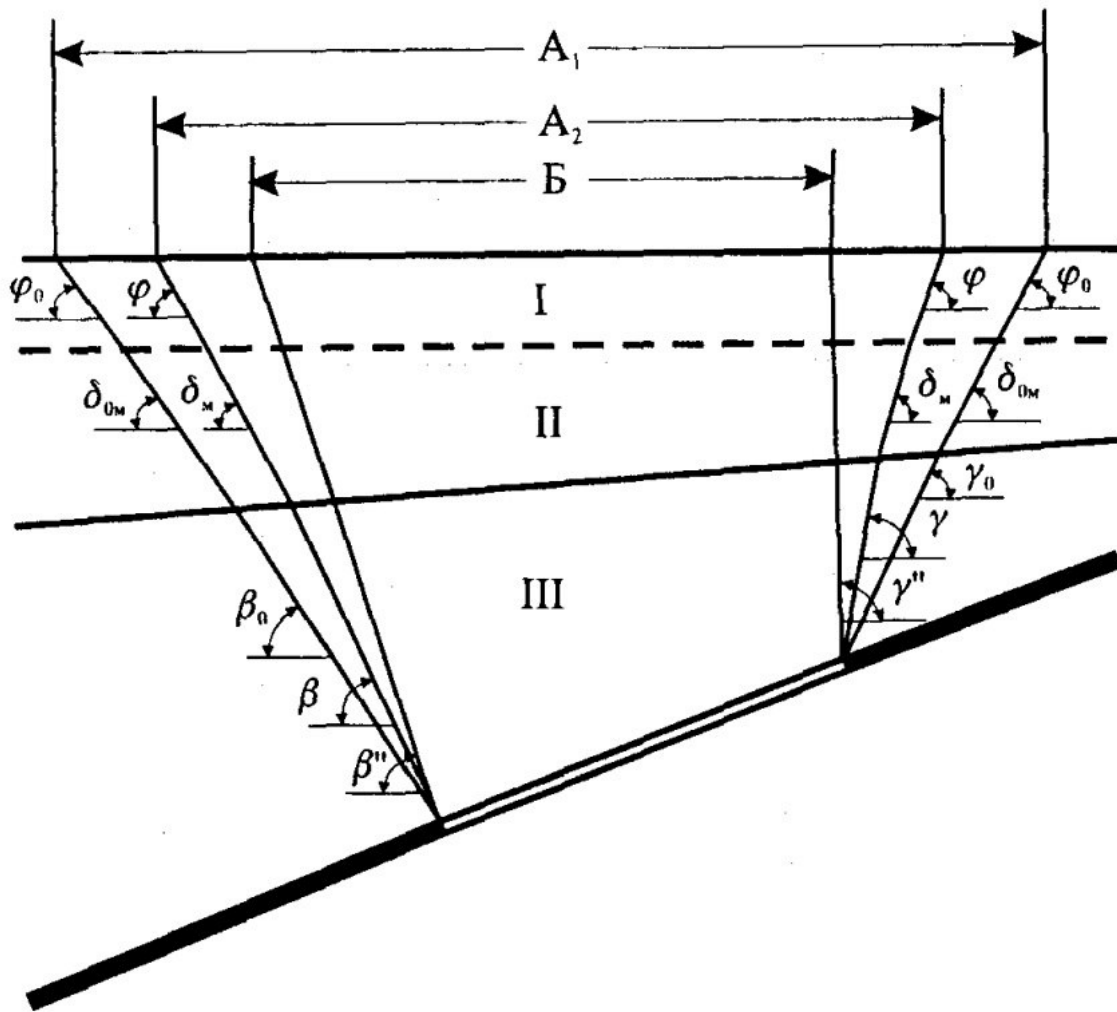


Рисунок 1.1 – Зони впливу гірничої виробки на вертикальному розрізі навхрест простягання пласта: I – наноси; II – мезозойські відкладення; III – корінні породи; A_1 – загальна зона впливу гірничої виробки (мульда зрушення); A_2 – зона небезпечного впливу; Б – зона тріщин

Значення кутових параметрів зрушення, які використовуються для передрахунку зрушень і деформацій земної поверхні приведені у "Правилах підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом" [1, стор. 10 – 11].

Кути в наносах враховують при потужності наносів 5 м та більше.

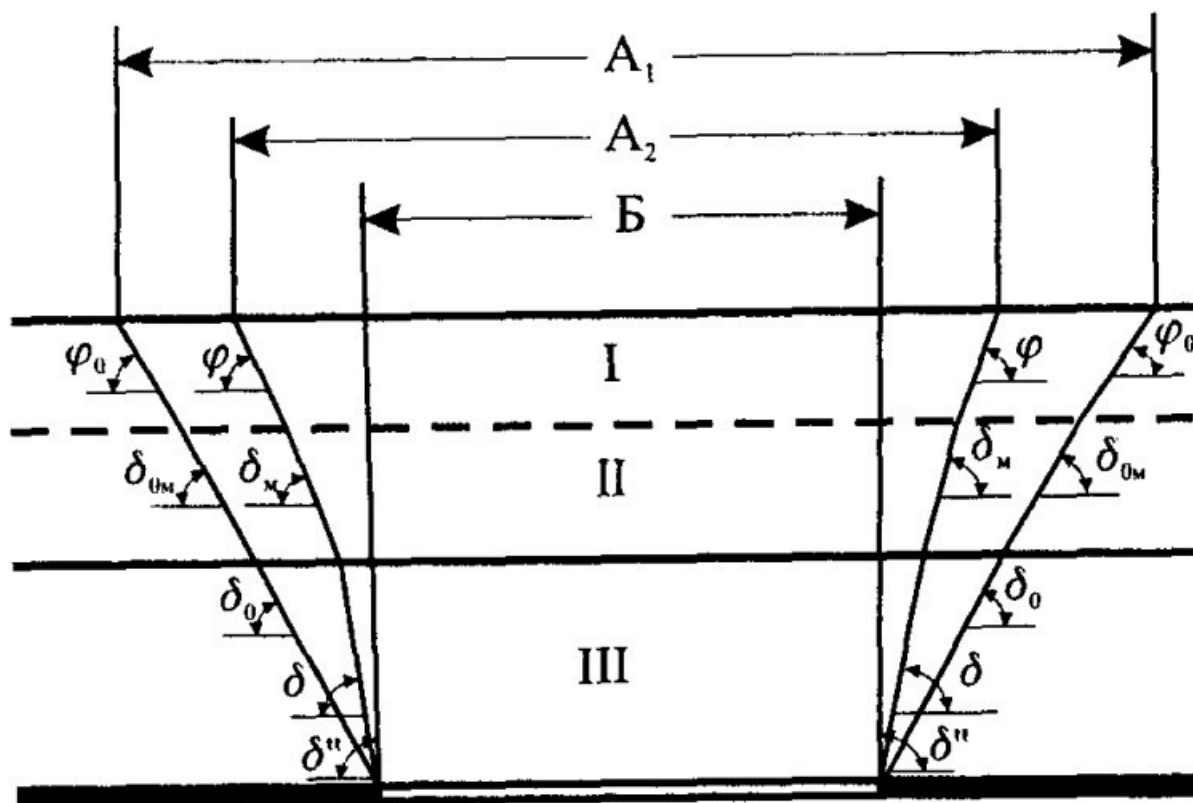


Рисунок 1.2 – Зони впливу гірничої виробки на вертикальному розрізі за простяганням пласта:

Для виконання передрахунку зрушень та деформацій необхідно визначити розміри мульди зрушення. Для цього використовують граничні кути, кути повних зрушень та кут максимального осідання.

Кути повних зрушень – це внутрішні відносно відробленого простору кути, що утворені на вертикальних розрізах за головними перерізами мульди зрушення площиною пласта і лініями, які з'єднують краї виробки з межами плоского дна мульди зрушення.

Розрізняють кути повних зрушень:

- біля нижнього краю виробки ψ_1 ;
- біля верхнього краю виробки ψ_2 ;
- біля границь виробки за простяганням ψ_3 .

Кут максимального осідання визначає точку максимального осідання у мульді зрушення, через яку проходять головні перерізи мульди зрушення.

Кут максимального осідання Θ – це кут з боку падіння пласта, утворений на вертикальному розрізі в головному перетині мульди навхрест простягання пласта горизонтальною лінією та лінією, що з'єднує середину гірничої виробки з точкою максимального осідання при неповній підробці земної поверхні (рис. 1.3).

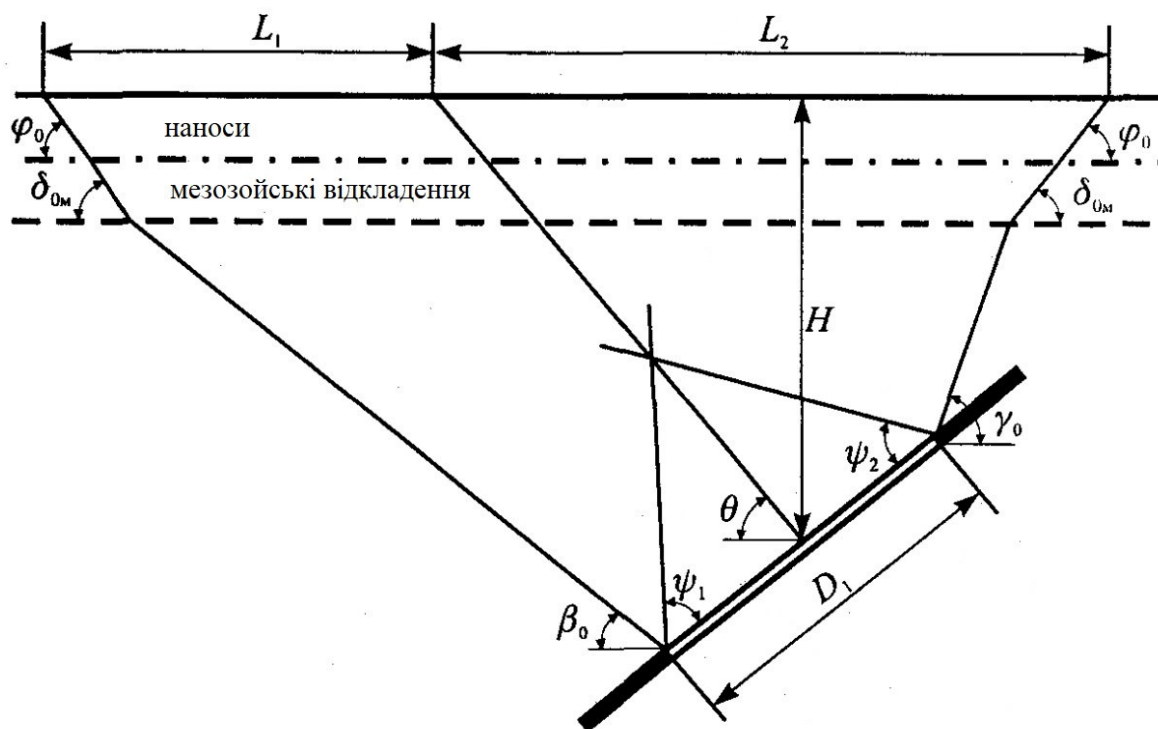


Рисунок 1.3 – Схема визначення розмірів мульди зрушення на вертикальному розрізі навхрест простягання пласта

Для побудови розрізів та визначення розмірів мульди зрушення крім кутових параметрів використовують значення глибини розробки – глибини залягання пласта H (відстані від середини гірничої виробки до земної поверхні) та розмірів виробки за падінням D_1 і за простяганням D_2 (рис. 1.3, 1.4).

Результатом побудови є розміри напівмульт: від точки максимального осідання до границі мульди у напрямку падіння – L_1 ; від точки максимального осідання до границі мульди у напрямку повстання – L_2 ; від точки максимального осідання до границь мульди у напрямку простягання – L_3 .

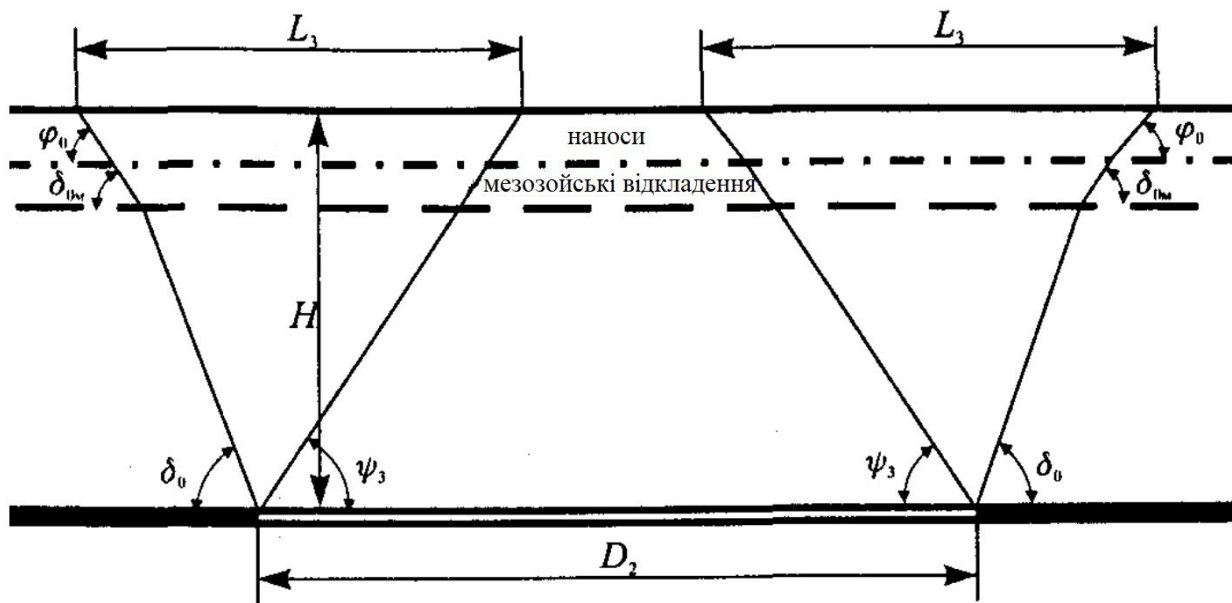


Рисунок 1.4 – Схема визначення розмірів мульди зрушення на вертикальному розрізі за простяганням пласта

Розміри напівмульд L_1 , L_2 , L_3 визначаються графічно, або за наступними формулами.

При неповній підробці навхрест простягання та за простяганням:

$$L_1 = (H + \frac{D_1}{2} \sin \alpha - h - h_m) \cdot \operatorname{ctg} \beta_0 + \frac{D_1}{2} \cos \alpha + h_m \operatorname{ctg} \delta_{0,m} + h \operatorname{ctg} \varphi_0 - H \operatorname{ctg} \theta \quad (1.1)$$

$$L_2 = (H - \frac{D_1}{2} \sin \alpha - h - h_m) \cdot \operatorname{ctg} \gamma_0 + \frac{D_1}{2} \cos \alpha + h_m \operatorname{ctg} \delta_{0,m} + h \operatorname{ctg} \varphi_0 - H \operatorname{ctg} \theta \quad (1.2)$$

$$L_3 = \frac{D_2}{2} + (H - h - h_m) \cdot \operatorname{ctg} \delta_0 + h_m \operatorname{ctg} \delta_{0,m} + h \operatorname{ctg} \varphi_0 \quad (1.3)$$

При повній підробці за простяганням:

$$L_3 = (H - h - h_m) \cdot \operatorname{ctg} \delta_0 + h_m \operatorname{ctg} \delta_{0,m} + h \operatorname{ctg} \varphi_0 + H \operatorname{ctg} \psi_3, \quad (1.4)$$

де α – кут падіння пласта; h , h_m – відповідно потужність наносів та мезозойських відкладень.

Вихідні дані.

При розробці одиночного пологопадаючого вугільного пласта лавою підроблюється ділянка земної поверхні.

Для передрахунку зрушень і деформацій земної поверхні необхідно визначити розміри мульди зрушення.

Гірничо-геологічні та гірничотехнічні умови відробки пласта (в залежності від номеру варіанта **n**) наступні.

Кут падіння пласта $\alpha = 10^\circ + n^\circ$.

Довжина лави за падінням $D_1 = 200$ м.

Довжина лави за простяганням $D_2 = (400 + n)$ м.

Глибина залягання пласта $H = (200 + 2 \cdot n)$ м.

Потужність наносів $h = 30$ м.

Потужність мезозойських відкладень $h_m = 40$ м.

Граничні кути $\varphi_0 = 55^\circ$; $\beta_0 = 70^\circ - 0,8\alpha$; $\gamma_0 = 70^\circ$; $\delta_0 = 70^\circ$; $\delta_{0m} = 65^\circ$.

Кути повних зрушень $\psi_1 = 55^\circ$; $\psi_2 = 55^\circ + 0,3\alpha$; $\psi_3 = 55^\circ$.

Кут максимального осідання $\Theta = 90^\circ - 0,8\alpha$.

Необхідно визначити розміри мульди зрушення графічним та аналітичним методами.

Методика виконання роботи.

Для графічного визначення розмірів напівмультд необхідно побудувати вертикальні розрізи. Масштаби побудови рекомендується прийняти 1:2000.

Порядок виконання роботи наступний.

1. Підготувати вихідні дані згідно варіанта: α , D_2 , H , β_0 , ψ_2 , Θ .

2. Побудувати розрізи навхрест простягання та за простяганням пласта, використовуючи в якості зразків рисунки 1.3 та 1.4. Виміряти довжини напівмультд L_1 , L_2 та L_3 .

3. Для контролю обчислити довжини напівмультд за формулами (1.1), (1.2), (1.4). Порівняти результати графічного та аналітичного визначення довжин. Відхилення повинно складати не більше 1 – 3 м.

Література: [1, стор. 2—6; 2, стор. 567 - 577].

Практична робота 2

Тема роботи – РОЗРАХУНОК ОЧІКУВАНИХ ЗРУШЕНЬ І ДЕФОРМАЦІЙ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ ВІД ОДИНОЧНОЇ ОЧИСНОЇ ВИРОБКИ.

Мета роботи - навчити студента технічно грамотно проводити розрахунок очікуваних зрушень і деформацій земної поверхні.

Основні теоретичні положення.

Для передрахунку зрушень і деформацій земної поверхні в нашій країні використовується офіційна методика [1], згідно якій осідання в будь-якій точці мульди визначаються за формулою

$$\eta_{x,y} = \eta_m S_{(Zx)} S_{(Zy)}; \quad (2.1)$$

де $\eta_{x,y}$ – осідання в точці с абсцисою x (напрямок за простяганням) та ординатою y (напрямок навхрест простягання), початок координат в точці максимального осідання (рис. 2.1);

η_m - максимальне осідання земної поверхні, що визначається за формулою

$$\eta_m = q_0 m \cos \alpha N_1 N_2; \quad (2.2)$$

де q_0 – відносна величина максимального осідання, для умов Донбасу (окрім районів залягання антрацитів) приймається рівній 0,8;

m – потужність пласта, що виймається, м;

α – кут падіння пласта;

N_1, N_2 – коефіцієнти підробленості земної поверхні, що визначаються за формулами:

$$N_1 = \sqrt{0,9 \cdot \left(\frac{D_1}{H} + \Delta D_{\Pi} + \Delta D_B \right)} ; \quad (2.3)$$

$$N_2 = \sqrt{0,9 \cdot \left(\frac{D_2}{H} + \Delta D_{\Pi\Pi} + \Delta D_{\text{ОПР}} \right)} ; \quad (2.4)$$

де D_1, D_2 – довжина лави за падінням та простяганням пласта;

H – середня глибина розробки у лаві;

$\Delta D_{\Pi}, \Delta D_B, \Delta D_{\Pi\Pi}, \Delta D_{\text{ОПР}}$ – відповідно поправки до відносної довжини лави за рахунок цілика з боку падіння, повстання, простягання та з боку, протилежного простягання, визначаються за [1].

$S_{(Zx)}, S_{(Zy)}$ – табульовані функції осідань для значень N_1, N_2 , визначаються за [1], табл. 2.2.

Нахили у напрямку простягання визначаються за формулою

$$i_x = \frac{\eta_m}{L_3} S'_{(Zx)} S_{(Zy)} ; \quad (2.5)$$

де L_3 – довжина півмудли зрушення за простяганням;

$S'_{(Zx)}$ - функція, що визначається за [1], табл. 2.3.

Кривизна у напрямку простягання визначаються за формулою

$$K_x = \frac{\eta_m}{L_3^2} S''_{(Zx)} S_{(Zy)} ; \quad (2.6)$$

де $S''_{(Zx)}$ - функція, що визначається за [1], табл. 2.4.

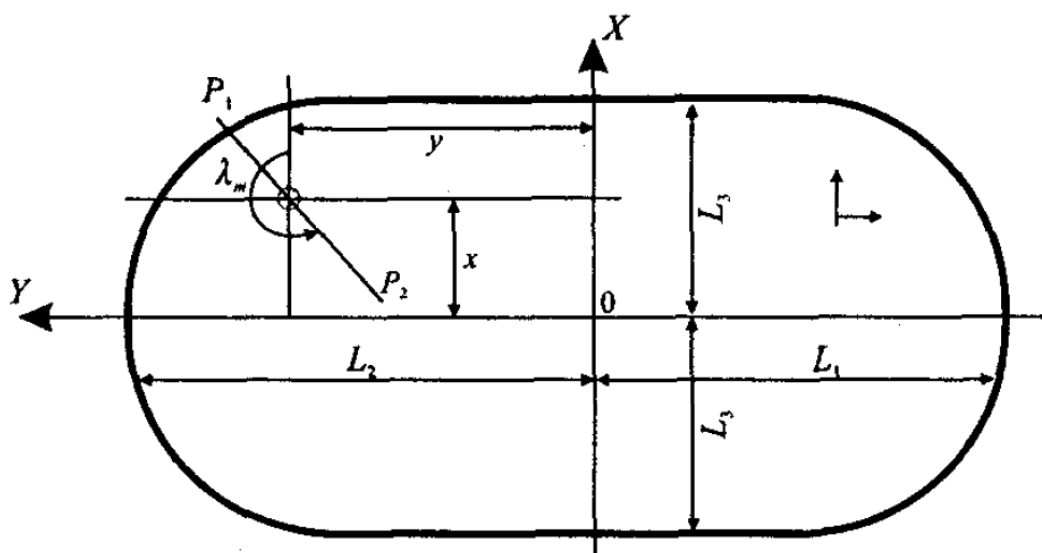


Рис. 2.1. Схема до визначення координат точок у мульдї зрушення

Схема визначення розмірів мульди зрушення при повній підробці (утворенні плоского дна) зображена на рис. 2.2.

При відсутності наносів та мезозойських відкладень довжина півмульди визначається за формулою

$$L_3 = H(\operatorname{ctg} \delta_0 + \operatorname{ctg} \psi_3), \quad (2.7)$$

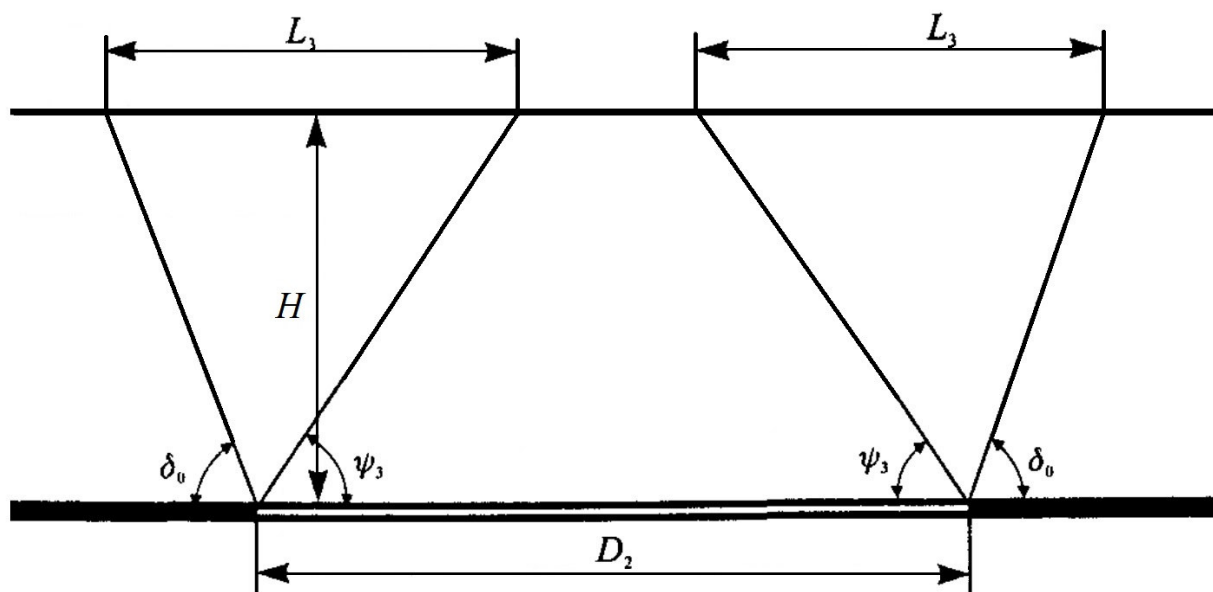


Рис. 2.2. Схема до визначення розмірів мульди зрушення при відсутності наносів і мезозойських відкладень

Вихідні дані.

При розробці одиночного пологопадаючого вугільного пласта лавою підроблюється ділянка земної поверхні.

Гірничо-геологічні та гірничотехнічні умови відробки пласта наступні:

- виймальна потужність пласта $m = 2$ м;
- кут падіння пласта $\alpha = 0^0$;
- розмір виробленого простору за падінням $D_1 = 400$ м, за простяганням - $D_2 = 360$ м;
- глибина гірничих робіт H змінюється від 100 до 280 м за варіантами;
- граничний кут за простяганням пласта $\delta_0 = 70^0$;
- кути повних зрушень за простяганням пласта $\psi_3 = 55^0$.

Мезозойські відкладення та наноси відсутні.

Необхідно згідно наданого варіанту виконати розрахунки очікуваних зрушень і деформацій земної поверхні та побудувати графіки осідань, нахилів і кривизни земної поверхні у головному перетині мульди зрушень за простяганням пласта.

Таблиця 2.1 – Варіанти завдань

Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3	Вар. 4	Вар. 5	Вар. 6	Вар. 7	Вар. 8	Вар. 9	Вар.10
Глибина розробки, м									
100	120	140	160	180	200	220	240	260	280

Методика виконання роботи.

1. Розраховують коефіцієнти підробленості земної поверхні N_1 , N_2 за формулами (2.3), (2.4). Поправки до відносної довжини лави за рахунок цілика $\Delta D_{П}$, $\Delta D_{В}$, $\Delta D_{ПР}$, $\Delta D_{ОПР}$, враховуючи умови відробки (відношення розмірів цілика до глибини розробки більше 0,8 та глибина розробки 100 – 280 м) згідно [1] приймають рівними – (мінус) 0,12 кожному.

2. Розраховують максимальне осідання η_m за формулою (2.2).

3. Розраховують осідання η_x у 11 точках головного перерізу мульди зрушення за простяганням користуючись таблицею 2.2 за формулою (2.1), враховуючи, що $y = 0$; $S_{(zy)} = 1$.

4. Визначають довжину півмульди зрушення за простяганням L_3 графічно на розрізі, та за формулою (2.7).

5. Розраховують нахили i_x у 11 точках головного перерізу мульди зрушення за простяганням користуючись таблицею 2.3 за формулою (2.5), враховуючи, що $S_{(Zy)} = 1$.

6. Розраховують кривизну K_x у 11 точках головного перерізу мульди зрушення за простяганням користуючись таблицею 2.4 за формулою (2.6), враховуючи, що $S_{(Zy)} = 1$.

7. Будують графіки, осідань, нахилів та кривизни, поділяючи півмульду за простяганням L_3 на десять рівних частин.

Таблиця 2.2 – Значення функції $S_{(Zx)}$, $S_{(Zy)}$

Z	$N \geq 1$	$N = 0,9$	$N = 0,8$	$N \leq 0,7$
Донецький басейн				
0	1,00	1,00	1,00	1,00
0,1	0,99	0,98	0,97	0,96
0,2	0,95	0,90	0,85	0,83
0,3	0,86	0,77	0,69	0,65
0,4	0,71	0,58	0,48	0,46
0,5	0,50	0,39	0,31	0,29
0,6	0,29	0,22	0,17	0,16
0,7	0,14	0,10	0,08	0,08
0,8	0,05	0,04	0,03	0,03
0,9	0,01	0,01	0,01	0,01
1,0	0	0	0	0

Таблиця 2.3 – Значення функції $S^l_{(Zx)}$

Z	$N \geq 1$	$N = 0,9$	$N = 0,8$	$N \leq 0,7$
Донецький басейн				
0	0	0	0	0
0,1	0,19	0,47	0,73	0,91
0,2	0,56	1,02	1,36	1,59
0,3	1,20	1,61	1,83	1,90
0,4	1,89	1,98	1,91	1,85
0,5	2,20	1,92	1,67	1,49
0,6	1,89	1,46	1,20	1,04
0,7	1,20	0,87	0,71	0,62
0,8	0,56	0,42	0,35	0,32
0,9	0,19	0,15	0,13	0,12
1,0	0	0	0	0

Таблиця 2.4 – Значення функції $S''_{(Zx)}$

Z	$N \geq 1$	$N = 0,9$	$N = 0,8$	$N \leq 0,7$
Донецький басейн				
0	0	-4,3	-7,4	-9,4
0,1	-2,1	-5,0	-7,0	-8,2
0,2	-5,1	-6,1	-5,6	-5,2
0,3	-7,3	-5,3	-3,0	-1,8
0,4	-5,7	-1,8	0,7	2,3
0,5	0	2,9	3,9	4,3
0,6	5,7	5,7	5,1	4,6
0,7	7,3	5,6	4,4	3,7
0,8	5,1	3,7	2,8	2,3
0,9	2,1	1,5	1,2	1,1
1,0	0	0	0	0

Література: [1, стор. 72—97; 2, стор. 600 - 611].

Практична робота 3

Тема роботи – ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ПОКАЗНИКІВ ДЕФОРМАЦІЙ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ ДЛЯ ПІДРОБЛЮВАНИХ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД.

Мета роботи - навчити студента визначати розрахункові показники деформацій земної поверхні для об'єктів земної поверхні, які підробляються гірничими роботами.

Основні теоретичні положення.

Можливість підробки й заходи охорони підроблюваних об'єктів багато в чому залежать від співвідношення розрахункових і припустимих показників деформацій земної поверхні.

Під розрахунковими показниками деформацій розуміють деформаційні впливи на будівлі й спорудження, обумовлені з урахуванням розрахункових деформацій земної поверхні, виду підроблюваних об'єктів і особливостей взаємодії деформацій земної поверхні з основою підроблюваного об'єкта.

Так, характер взаємодії деформацій земної поверхні із трубопроводом, залежить від міцнісних характеристик останнього й способу укладання його в ґрунт (у пісок, у щільну глину й т.п.). Різний характер взаємодії деформацій земної поверхні зі стрічковими фундаментами безкаркасних будівель і стовпчастими фундаментами каркасних будівель.

Припустимі розрахункові показники визначаються по одному або декільком найнебезпечнішим для підроблюваного об'єкта видам деформацій.

Так для підземних (покладених у ґрунт) трубопроводів показники визначаються по горизонтальних деформаціях ϵ , а для залізниць – по горизонтальних деформаціях ϵ , нахилам i , кривизні K й швидкості осідань земної поверхні V .

У загальному випадку якщо розрахункові показники менше припустимих, то підробка можлива без введення додаткових конструктивних заходів охорони. А якщо ні, то підробка можлива при застосуванні гірничих заходів охорони, що знижують розрахункові показники деформацій земної поверхні до рівня припустимих, або при введенні спеціальних (конструктивних) заходів захисту, що підвищують припустимі показники до рівня розрахункових показників деформацій земної поверхні під підроблюваним об'єктом.

Гірниче підприємство може робити вилучення вугілля під будівлями й спорудженнями, побудованими із заходами захисту від впливу гірничих виробок, якщо гірничо-геологічні умови (потужності, глибина, кути падіння, кількість пластів) не змінилося в порівнянні з тими, які були прийняті при розробці заходів охорони в проекті будівництва об'єкта.

Деформації підроблюваних трубопроводів, будівель і споруджень, інших об'єктів, не повністю повторюють деформації земної поверхні. Різниця залежить від форми й міцнісних характеристик об'єкта (фундаментів) і характеристик основи (ґрунту), на якому (або в якому) розташований об'єкт, тобто від взаємодії підроблюваного об'єкта з деформаціями земної поверхні. Останнє враховується розрахунковими показниками деформацій.

При розв'язанні задач підробки розрахункові показники деформацій визначаються по одному або декільком найнебезпечнішим для об'єкта видам деформацій. Методика визначення розрахункових показників деформацій для різних типів підроблюваних об'єктів викладена в «Правилах підробки...» [1, стор. 19-23].

Вихідні дані.

При розробці одиночного пологопадаючого вугільного пласта одиночною лавою підроблюється ділянка земної поверхні, на якій знаходиться будівля школи.

Характеристика будівлі школи приведена у таблиці 3.1.

Необхідно визначити розрахункові показники деформацій для будівлі школи, використовуючи дані таблиці 3.1.

Методика виконання роботи.

Школа відноситься до типу безкаркасних цивільних і суспільних будівель [1, стор. 19]. Для них найнебезпечнішими є горизонтальні деформації ε і деформації кривизни K . Спільний вплив їх прийнято характеризувати розрахунковим показником сумарних деформацій Δl_p , мм.

Визначення розрахункового показника виконують роздільно по довгій і короткій сторонам у наступній послідовності:

1. Обчислюють показник сумарних деформацій за формулою

$$\Delta l_s = l \sqrt{m_\varepsilon^2 \varepsilon_s^2 + m_K^2 K_s^2 H^2},$$

де l - довжина (ширина) будівлі (відсіку), мм;

m_ε, m_K - коефіцієнти умов роботи, прийняті по «Правилах підробки...» [1, стор. 20];

Таблиця 3.1 – Характеристика будівлі

Параметри	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3	Вар. 4	Вар. 5	Вар. 6	Вар. 7	Вар. 8	Вар. 9	Вар. 10
Кількість поверхів	3	2	4	3	2	4	3	4	2	3
Форма будівлі	П-подібна	Г-подібна	Т-подібна	П-подібна	Г-подібна	Т-подібна	П-подібна	Г-подібна	П-подібна	Г-подібна
Розміри в плані, м	70x40x18	60x40x18	40x40x18	70x40x18	60x40x18	40x40x18	70x40x18	40x40x18	70x40x18	60x40x18
Наявність осадочних швів, що розділяють будівлю на відсіки	Відсутні	Відсутні	Відсутні	Відсутні	Відсутні	Відсутні	Відсутні	Відсутні	Відсутні	Відсутні
Висота будівлі від основи фундаменту до верху карнизу, м	11, 2	7,5	15,5	11, 2	7,5	15,5	11, 2	15,5	7,5	11, 2
Ґрунт у основі фундаменту	Суглинки	Піски	Ґлини	Суглинки	Піски	Ґлини	Суглинки	Піски	Ґлини	Суглинки
Матеріал і товщина стін	Цегла 510 мм	Цегла 280 мм	Цегла 510 мм	Цегла 510 мм	Цегла 280 мм	Цегла 510 мм	Цегла 510 мм	Цегла 510 мм	Цегла 280 мм	Цегла 510 мм
Розряд будівлі	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Ступінь деформацій будівлі	I	II	III	II	III	I	III	II	I	III
Розрахункова максимальна горизонтальна деформація $\epsilon_s, 10^{-3}$	3,6	2,8	2,2	1,8	1,6	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8
Кривизна $K_s, 10^{-3}$	0,06	0,05	0,04	0,03	0,026	0,022	0,019	0,018	0,018	0,017

ε_S - максимальні по абсолютній величині розрахункові горизонтальні деформації від однієї n-ї гірничої виробки або сумарних на різних стадіях відпрацювання лав;

K_S - максимальна розрахункова кривизна від однієї n-ї гірничої виробки або сумарних на різних стадіях відпрацювання лав, що враховуються при визначенні ε_S ;

H – висота будівлі від підосви фундаменту до верху карниза, м.

2. Обчислюють розрахунковий показник сумарних деформацій

$$\Delta l_p = \Delta l_s \cdot \mu_n,$$

де μ_n - коефіцієнт пристосування будівлі до деформаційних впливів від підробки, що залежить від параметра α , який розраховується за формулою

$$\alpha = \frac{\Delta l_s}{\max(\Delta l_1, \Delta l_2, \dots, \Delta l_n, \dots, \Delta l_N)},$$

де Δl_n – показник сумарних деформацій від впливу однієї n – ї гірничої виробки, який визначається за формулою

$$\Delta l_n = l \sqrt{m_\varepsilon^2 \varepsilon_n^2 + m_K^2 K_n^2 H^2}$$

де ε_n - розрахункові горизонтальні деформації від однієї n-ї гірничої виробки;

K_n - розрахункова кривизна від однієї n-ї гірничої виробки.

При значеннях $\alpha = 1,0; 1,5; 2,0$ або більше коефіцієнт μ_n відповідно дорівнює $1,0; 0,9; 0,8$, а при проміжних значеннях - обчислюється за допомогою інтерполяції.

Якщо значення ε_n, K_n невідомі, приймають $\varepsilon_n = \varepsilon_s, K_n = K_s$, а $\mu_n = 1,0$.

Коефіцієнти умов роботи для будівлі m_ε, m_K визначають з таблиці 3.2 [1].

Таблиця 3.2 – Коефіцієнти умов роботи для будівель і споруд

Види деформацій	Позначення коефіцієнта	Значення коефіцієнта при довжині (ширині) будівлі, споруди (відсіку), м		
		$l < 15$	$15 \leq l \leq 30$	$l > 30$
Горизонтальні	m_{ε}	1,0	0,8	0,7
Нахили	m_i	1,0	0,8	0,7
Кривизна	m_K	1,0	0,7	0,5

Література: [1, стор. 24—38; 2, стор. 611 - 623].

Практична робота 4

Тема роботи – ВИЗНАЧЕННЯ ПРИПУСТИМИХ ПОКАЗНИКІВ ДЕФОРМАЦІЙ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ ДЛЯ ПІДРОБЛЮВАНИХ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Мета роботи - навчити студента розраховувати припустимі показники деформацій земної поверхні для об'єктів земної поверхні та визначати необхідність застосування заходів охорони.

Основні теоретичні положення.

Можливість підробки й заходи охорони підроблюваних об'єктів багато в чому залежать від співвідношення розрахункових і припустимих показників деформацій земної поверхні.

Під припустимими показниками деформацій розуміють деформаційні впливи на будівлі й спорудження, при яких умови експлуатації не будуть порушені або для їхнього забезпечення досить застосування ремонтних робіт.

Припустимі показники деформацій визначають по одному або декільком видам деформацій земної поверхні, найнебезпечнішим для підроблюваного об'єкта. Числові значення припустимих деформацій

залежать від:

- характеру підроблюваного об'єкта (будівля, інженерна споруда, технологічне встаткування, трубопровід і т.п.);
- умов експлуатації об'єкта й можливих наслідків ушкоджень; взаємодії об'єкта із ґрунтовою основою його;
- технічного стану об'єкта на момент підробки.

«Правилами підробки...» [1] установлені нормативні значення показників для різних типів об'єктів і аналітичні залежності для розрахунку припустимих значень їх з урахуванням особливостей і технічного стану конкретного об'єкта на початок підробки.

Методики визначення припустимих показників деформацій для різного типу об'єктів наведені в «Правилах підробки...» [1, стор. 24-37].

Вихідні дані.

При розробці одиночного пологопадаючого вугільного пласта одиночною лавою підроблюється ділянка земної поверхні, на якій знаходиться будівля школи.

Характеристика будівлі школи приведена у таблиці 3.1 (практична робота 3).

Необхідно визначити припустимі показники деформацій для будівлі школи, використовуючи дані таблиці 3.1, порівняти їх з отриманими при виконанні практичної роботи 3 значеннями розрахункових показників деформацій і зробити висновок про необхідність застосування заходів охорони від підробки об'єкту.

Методика виконання роботи.

Школа відноситься до типу безкаркасних цивільних і суспільних будівель [1, стор. 19]. Для них найнебезпечнішими є горизонтальні деформації ε і деформації кривизни K . Спільний вплив їх прийнято характеризувати розрахунковим показником сумарних деформацій Δl_p , мм.

Припустимий показник сумарних деформацій $[\Delta l]_д$, мм визначається за формулою

$$[\Delta l]_д = [\Delta l]_н k_Г k_С k_П k_Ф k_Р,$$

де $[\Delta l]_н$ - нормативний припустимий показник сумарних деформацій, визначений по табл. 4.1;

$k_Г$ - коефіцієнт основи, визначений по табл. 4.2;

$k_С$ - коефіцієнт конструкції зовнішніх несучих стін, визначений по табл. 4.3;

$k_П$ - коефіцієнт конструкції перекриттів: якщо перекриття всіх поверхів збірні або монолітні залізобетонні, то $k_П = 1,2$; якщо перекриття дерев'яні або інші, то $k_П = 1,0$; якщо частина перекриттів залізобетонні, а частина дерев'яні або інші, то $k_П$ визначають інтерполяцією;

$k_Ф$ - коефіцієнт форми будівлі в плані: для прямокутної форми $k_Ф = 1,0$; для будівель П- подібної, Г-подібної й Т-подібної форми й т.п. $k_Ф = 0,8$;

$k_Р$ - коефіцієнт залишкового деформаційного ресурсу будівлі, визначений по табл. 4.4.

Після визначення припустимого показника деформацій $[\Delta l]_д$ його порівнюють з розрахунковим показником деформацій Δl_p .

Якщо $\Delta l_p \leq [\Delta l]_д$, підробка об'єкту можлива без застосування заходів охорони.

Таблиця 4.1 – Нормативні припустимі показники сумарних деформацій

Розряд будівлі	Призначення будівлі	Етажність	$[\Delta l]_н$
2	Дитячі дошкільні заклади, школи, пологові будинки, лікарні, поліклініки, театри, палаци культури	1-3	85
		4-5	110

Таблиця 4.2 – Коефіцієнт основи

Найменування ґрунтів основи будівлі	k_f
Ґрунти з високою несучою здібністю (скальні, крупнообламкові, щільні глини)	0,9
Піски, супісі, суглинки, глини	1,0
Ґрунти з низькою несучою здібністю (пластичні глини, рихлі піски)	1,2

Таблиця 4.3 – Коефіцієнт конструкції зовнішніх несучих стін

Матеріал зовнішніх стін	Товщина зовнішніх стін, мм	k_c
Цегляна кладка	380	1,0
	510	1,2

Таблиця 4.4 – Коефіцієнт залишкового деформаційного ресурсу будівлі

Значення k_p при ступені деформацій будівлі						
I	II	III	IV	V	VI	VII
1	0,75	0,60	0,45	0,30	0,20	0,10

Література: [1, стор. 24—38; 2, стор. 611 - 623].

Практична робота 5

Тема роботи – ПОБУДОВА ЗАПОБІЖНИХ ЦІЛИКІВ.

Мета роботи - навчити студента технічно грамотно проводити розрахунок і побудову запобіжного цілика методом вертикальних розрізів.

Основні теоретичні положення.

Визначення умов безпечної підробки будівель та споруд і вибір заходів охорони для них ґрунтовані на порівнянні розрахункових деформацій земної поверхні з допустимими та граничними деформаціями (показниками сумарних деформацій) для об'єктів [1].

Допустимими деформаціями земної поверхні прийнято вважати деформації, які спроможні визвати в спорудах порушення, при яких після

поточних ремонтних і налагоджувальних робіт вони зможуть експлуатуватися за своїм прямим призначенням.

У кожного об'єкта, в залежності від його призначення та геометричних параметрів, виділені найбільш впливові деформації для порівняння їх з допустимими (наприклад, для високих об'єктів – нахили та кривизна, для довгих – горизонтальні деформації).

Для визначення умов безпечної підробки споруди окремим пластом використовують безпечну глибину розробки, нижче якої гірничі роботи не викликають у спорудах деформацій вище допустимих.

Якщо гірничі роботи ведуться нижче безпечної глибини розробки H_6 (безпечною глибиною розробки називається така глибина, нижче за яку гірничі роботи не викликають в спорудах деформацій, що перевищують допустимі), то гірничі роботи можуть проводитися без застосування заходів охорони споруд (рис. 5.1).

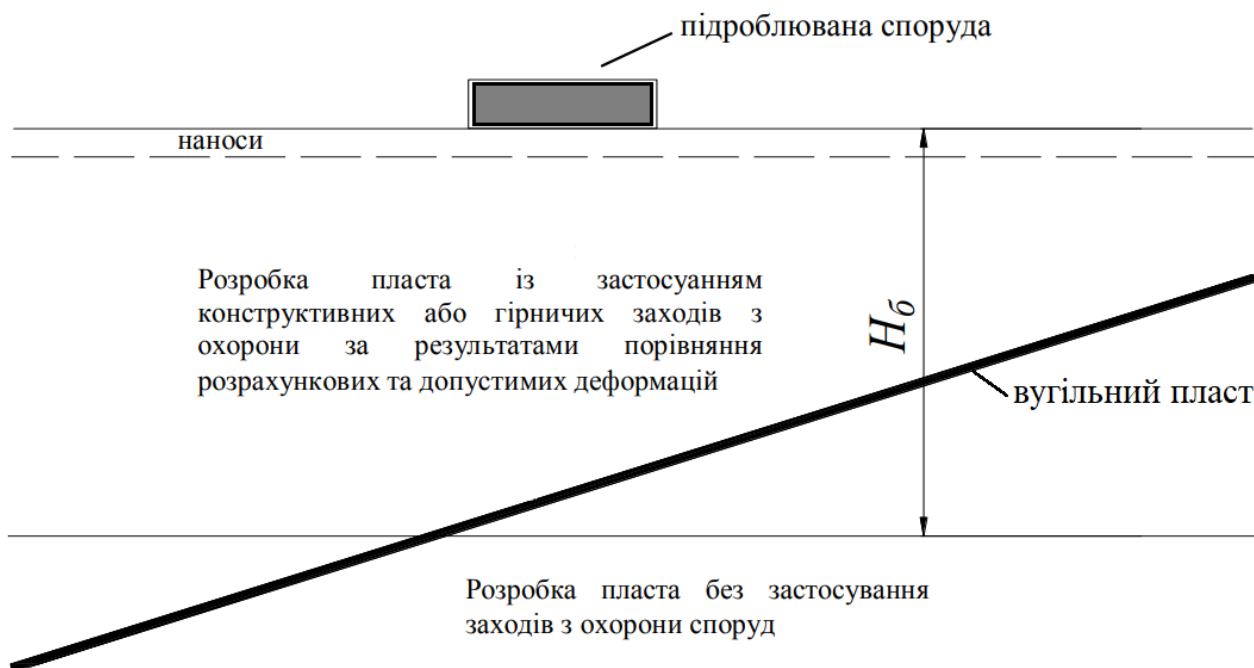


Рисунок 5.1 – Використання безпечної глибини при визначенні умов безпечної підробки споруди

Існують наступні заходи з охорони споруд та об'єктів від підробки гірничими роботами:

а) гірничі заходи охорони;

б) конструктивні заходи охорони;

в) тимчасова зміна характеру експлуатації підроблюваного об'єкта на період виникнення небезпечних деформацій;

г) залишення охоронних ціликів.

Залишення охоронних ціликів передбачене у випадках, коли інші заходи з охорони неефективні (не можуть гарантувати нормальну експлуатацію об'єкта) або є економічно недоцільними.

Питання про залишення під об'єктом (цивільні будівлі та споруди, промислові об'єкти) охоронного цілика вирішують на основі техніко-економічних розрахунків. Виключенням є вертикальні шахтні стволи разом з копрами та будівлями підіймальних машин, які у всіх випадках обов'язково охороняють охоронними ціликами без урахування безпечних глибин розробки.

Відомі наступні способи побудови охоронних ціликів:

– спосіб вертикальних розрізів;

– спосіб перпендикулярів;

– спосіб проекцій з числовими відмітками.

Останній спосіб не отримав поширення, оскільки має ряд істотних недоліків. На практиці цей спосіб зараз практично не застосовують.

Межі охоронних ціликів будують відносно меж охоронної площі, у яку входить сам об'єкт (охоронний контур), та берма (розмір, на який збільшується контур з розташованим об'єктом).

Відповідно до Правил підробки [1] величину берми для вертикальних шахтних стволів приймають рівною 20 м. Для усіх інших об'єктів ширину берми визначають у залежності від допустимих деформацій.

Для споруд та об'єктів обмежених розмірів побудову найбільш зручно виконувати способом вертикальних розрізів. Це можуть бути такі об'єкти, як

окремі цивільні та промислові будівлі, групи будівель, вертикальні шахтні стволи разом з надшахтними будівлями тощо.

Для витягнутих об'єктів зручно користуватися при побудовах способом перпендикулярів. Витягнутими вважаються ті об'єкти, у яких відношення довгої сторони до короткої дорівнює або більше 5 (наприклад, залізниці, трубопроводи, канали) окремі будівлі, споруди тощо.

Спосіб вертикальних розрізів. Межі охоронної площі будівлі визначають за умови, що значення кутових параметрів процесу зрушення визначені у напрямках простягання та падіння пласта. Якщо об'єкт, що охороняється, розташований під кутом до лінії простягання, на плані через його кутові точки проводять лінії, що паралельні напрямкам простягання та падіння вугільного пласта до взаємного їх перетину. Потім в отриманому прямокутнику в усі боки відкладають ширину берми (рис. 5.2) з урахуванням допустимих деформацій [1]. Таким чином визначають розміри охоронної площі ABCD.

Після цього переносять сторони AB, BC, CD та AD охоронної площі на вертикальні розрізи (за падінням та за простяганням пласта), з точок A, B, C, D на розрізах проводять лінії під відповідними кутами зрушення до перетину з площиною пласта. На розрізах у відповідності з вимогами Правил підробки [1] знаходять розміри охоронних ціликів, які у подальшому переносять на план.

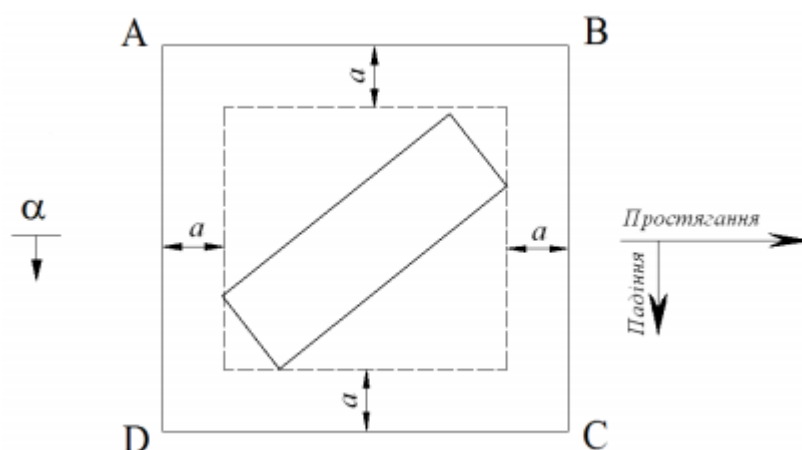


Рисунок 5.2 – Визначення охоронної площі на плані для побудови охоронного цілика під окрему будівлю: a – розмір берми; ABCD – охоронна площа

Числові значення кутових параметрів процесу зрушення у залежності від вугільних басейнів наведені у Правилах підробки [1].

Вихідні дані. Студенту пропонується побудувати для умов Донбасу запобіжний цілик під чотирьохповерхову будівлю технікуму.

Масштаб побудови прийняти рівним 1:2000 або 1:5000. Будівля технікуму має Г-подібну форму розмірами 60×40×20 м; розташована діагонально до простягання пласта. Під будівлею залягає одиночний пласт вугілля марки Г. Товща порід не підроблена, мезозойське відкладення відсутнє. Потужність наносів h , глибина залягання пласта під центром будівлі H , кут падіння пласта α , потужність пласта m приведена в таблиці 5.1. Для будівлі встановлені допустимі горизонтальні деформації $[E\delta] = 2.6 \cdot 10^{-3}$.

Таблиця 5.1- Вихідні дані для побудови запобіжного цілика

Номер варіанту	Потужність наносів h , м	Глибина пласта під будівлею H , м	Кут падіння пласта α , град	Потужність пласта m , м
1	2	3	4	5
1	15	300	10	0.85
2	20	200	34	0.95
3	25	290	12	0.87
4	30	260	18	0.79
5	15	290	24	0.99
6	20	270	15	0.78
7	25	210	37	0.95
8	30	290	13	0.84
9	25	270	19	0.87
10	15	260	26	0.94
11	20	220	20	0.67
12	25	240	27	0.96
13	30	280	14	0.86
14	15	250	21	0.76
15	20	270	25	0.98
16	25	280	28	1.10
17	30	210	15	0.69
18	15	230	22	0.71

19	20	240	30	0.91
20	25	270	29	1.02
21	30	280	16	0.83
22	15	215	35	0.87
23	20	230	31	1.07
24	25	290	17	0.88
25	30	270	23	0.91
26	50	290	24	0.80
27	20	210	30	0.75
28	25	280	25	0.85
29	30	250	14	0.78
30	35	240	33	0.98

Методика виконання роботи.

При підробці цивільних будівель одиночним пластом безпечна глибина розробки H_6 визначається за формулою:

$$H_6 = k_E \cdot m / [E\delta]$$

де m - потужність пласта, що виймається, м,

$[E\delta]$ - допустимі горизонтальні деформації;

k_E - коефіцієнт, що залежить від кута падіння пласта, вибирається з таблиці 5.2 згідно α .

Таблиця 5.2

α	0°	10°	20°	30°	40° та більше
K_E	1,0	1,0	1,0	0,8	0,7

У всіх варіантах, приведених в таблиці 5.1, глибина залягання пласта під центром будівлі менше безпечної глибини розробки. Тому виймання вугілля під будівлею технікуму може проводитись тільки при застосуванні гірничих і конструктивних заходів захисту будівлі.

Застосування конструктивних заходів спричинило б тимчасове припинення експлуатації технікуму, що в даних конкретних умовах

неприйнятно. Гірничі заходи охорони одиночної будівлі (закладення виробленого простору, зменшення розміру лави і т.п.) виявилися економічно недоцільними. Тому по пласту під будівлею технікуму залишають запобіжний цілик.

Порядок побудови цілика.

1. У лівому нижньому куті креслення вимальовують в прийнятому масштабі план будівлі, орієнтуючи його так, щоб лінія падіння пласта була паралельна нижньому краю листа (рисунок 5.1). Будують контур об'єкта, що охороняється, для чого його вписують в прямокутник, сторони якого паралельні лініям простягання і падіння пласта.

Для підвищення надійності цілика контур, що охороняється, збільшують на ширину берми, яка визначається по $[E\delta]$. Для $[E\delta] = 2.6 \cdot 10^{-3}$ ширина берми дорівнює 15 м.

2. Над планом за даними, взятими по варіанту, будують вертикальні геологічні розрізи I-I (навхрест простягання) і II-II (за простяганням). На розрізі I-I від поверхні землі вниз по вертикалі відкладають значення H_0 і проводять горизонт безпечної глибини.

3. Визначають кути зрушення.

Для Донбасу, крім районів залягання вугілля марок *ПА* і *А*, встановлені наступні значення кутів зрушення: $\varphi=60^\circ$, $\gamma=\delta=80^\circ$, $\beta=80^\circ - 0.8\alpha$. (не менше за 30°).

4. На розрізі I-I з точок *А* (*В*) і *Д* (*С*) проводять лінії під кутом φ (до контакту наносів з корінними породами, далі продовжують їх в корінних породах під кутами зрушення γ і β до перетину з пластом і отримують відповідно точки 1(4), 2(3) на нижній та верхній межах ціликів.

5. Визначають межі запобіжних ціликів по простягання пласта. Для чого на розрізі II-II з точок *В*(*С*) і *А*(*Д*) проводять лінії в межах наносів під кутом φ і далі в корінних породах під кутом зрушення δ . На перетині цих ліній з проекцією верхнього кордону ціликів отримують точки 2" і 3", що визначають верхню межу цілика по простягання. Для отримання нижньої межі цілика

проводять наступну побудову: лінії, проведені під кутом δ , продовжують до горизонту, розташованого нижче за контакт корінних порід з наносами на відстані, що визначається за формулою

$$H_{\Gamma} = A_{\Gamma} \cdot H_{\gamma} = H_{\gamma} \sqrt{\frac{tg\gamma - tg\alpha}{tg\gamma + tg\alpha}},$$

де H_{γ} – відстань від контакту корінних порід з наносами до нижньої межі цілика на розрізі вхрест простягання.

Підставляючи в формулу всі значення, визначають величину H_{Γ} і точки 5" і 6". Від цих точок під кутом 90° проводять лінії до перетину з проекцією нижньої межі цілика (точки 1" і 4").

6. Межі запобіжних ціликів, отримані на вертикальних розрізах I-I і II-II, переносять на план і отримують контур цілика 1, 5, 2, 3, 6, 4.

7. У нижньому правому куті креслення виписують дані для підрахунку запасів вугілля в цілику, а також значення координат X , Y кутових точок цілика. Позитивний напрям осі X студент вибирає самостійно. Розміри сітки координат повинні бути 100×100 мм незалежно від масштабу побудови. При побудові цілика в масштабі 1:2000 оцифровка сітки координат повинна бути кратна 200 м, а при М 1:5000 - 500 м.

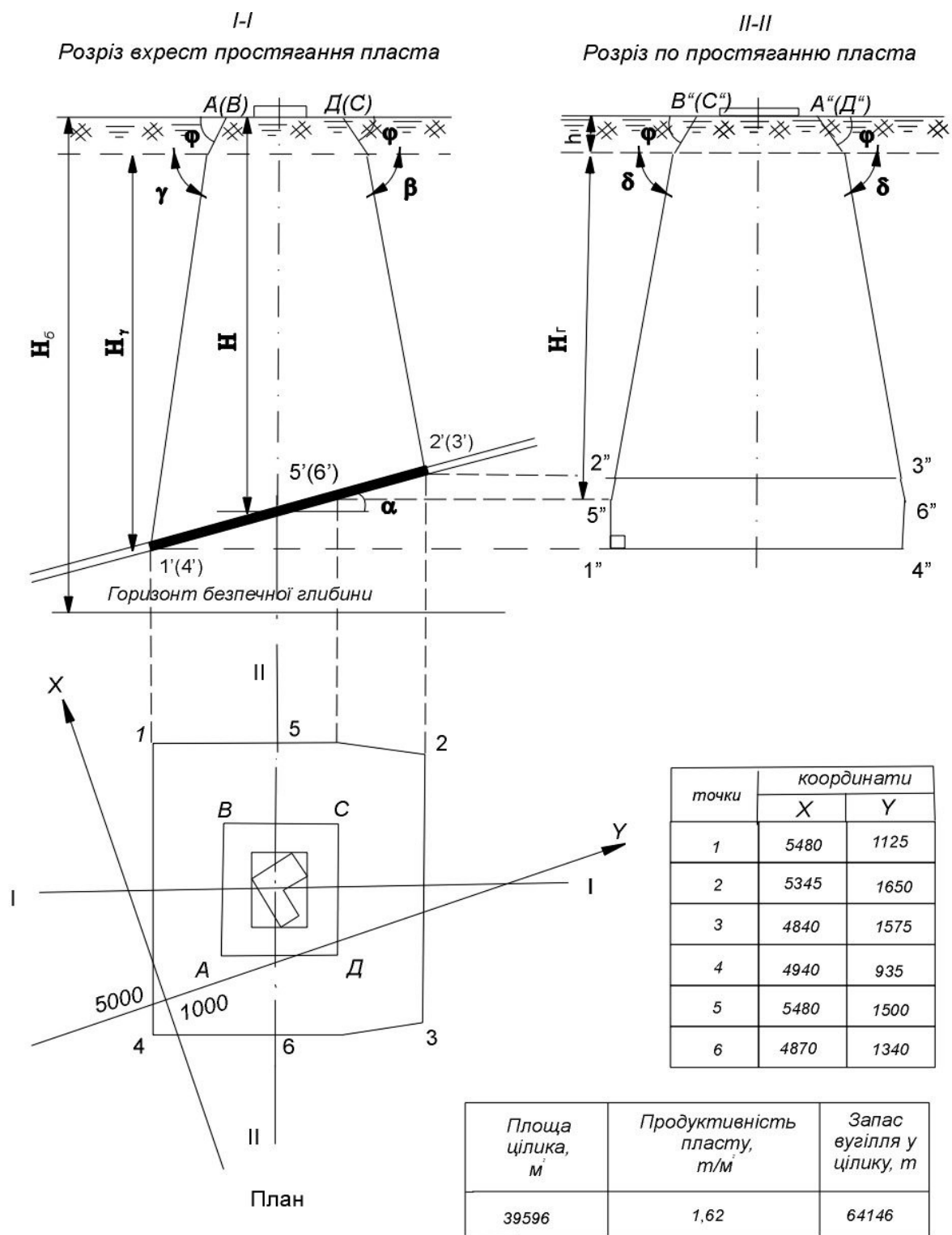


Рисунок 5.1. – Побудова запобіжного цілика

Література: [1, стор. 38—71; 2, стор. 623 - 642]

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

Вказівки до виконання індивідуального завдання

Індивідуальне завдання виконується згідно вихідних даних, наведених у методичних вказівках. Номер варіанту відповідає порядковому номеру студента у журналі групи. Після виконання завдання оформляють на аркушах формату А4 і захищають перед викладачем.

Тема роботи – КАМЕРАЛЬНА ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА ЗРУШЕННЯМИ І ДЕФОРМАЦІЯМИ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ НА ПРОФІЛЬНІЙ ЛІНІЇ.

Мета роботи - навчити студента обчислювати зрушення і деформації земної поверхні за результатами маркшейдерських спостережень на профільній лінії, а також будувати відповідні графіки.

Основні теоретичні положення.

Головним методом вивчення процесу зрушення гірських порід і земної поверхні є маркшейдерські інструментальні спостереження.

Натурні маркшейдерські інструментальні спостереження проводять на спостережних станціях, які представляють собою систему реперів, закладених на земній поверхні (у ґрунті і спорудах), в товщі гірських порід і в гірничих виробках (рис. 6.1).

Місця закладки реперів спостережної станції і методика проведення інструментальних спостережень вибирають у залежності від мети досліджень і завдань, які при цьому вирішуються.

Дані натурних інструментальних спостережень дозволяють отримати детальну достовірну характеристику процесу зрушення та його окремих параметрів у конкретних гірничо-геологічних умовах. Це є головним достоїнством методу.

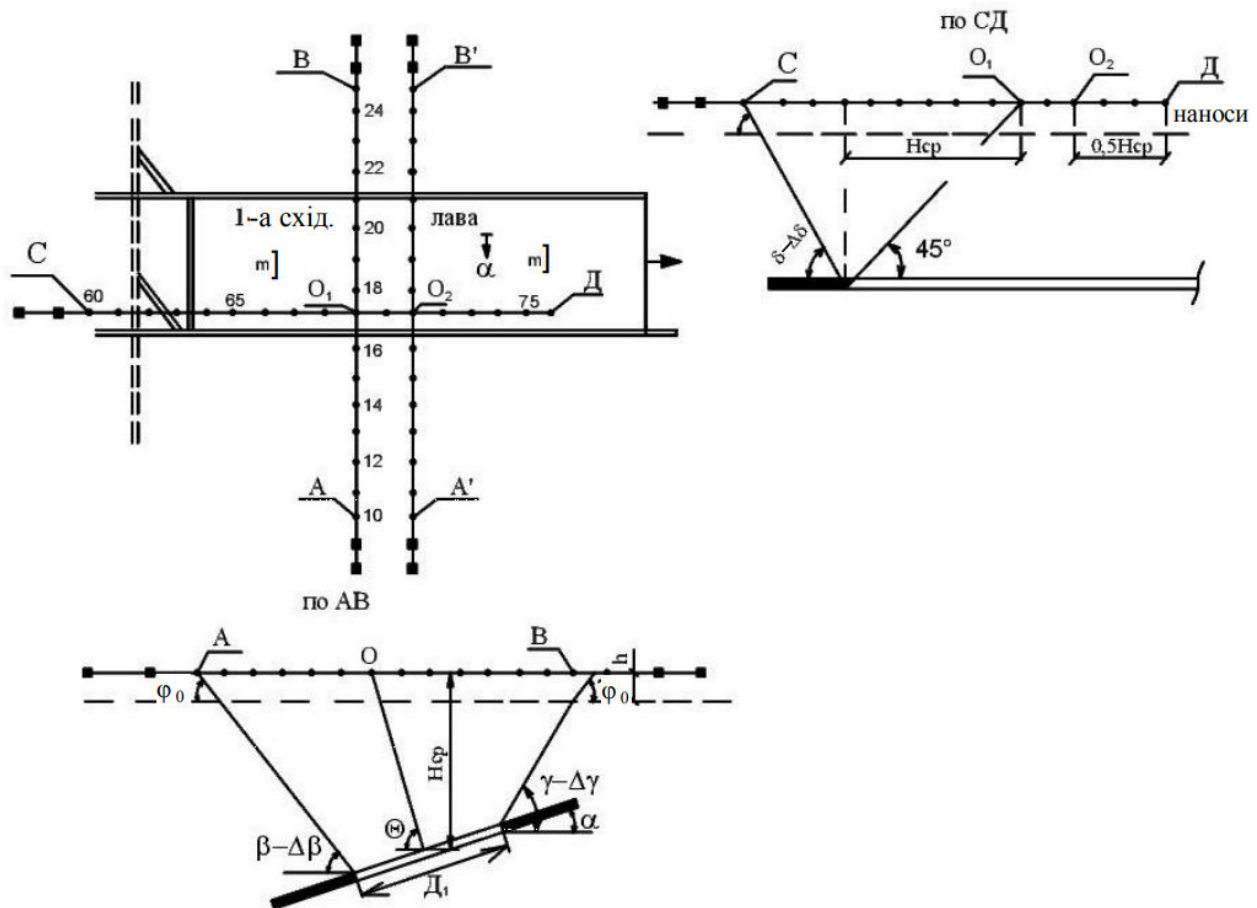


Рисунок 6.1 – Типова спостережна станція: АВ, CD – зони робочих реперів; —●— – робочі репери; ■ – опорні репери; β , γ , δ – кути зрушення; φ_0 – граничний кут; Θ – кут максимальних осідань; H_{cp} , h – середня глибина лави й потужність наносів; D_1 , m – довжина лави й потужність пласта; $\Delta\beta$, $\Delta\gamma$, $\Delta\delta$ – кутові виправлення; О – точка максимального осідання.

Маркшейдерські інструментальні спостереження на станції виконуються окремими серіями. Розрізняють первинні, періодичні (проміжні) і заключну серії спостережень.

Первинні спостереження призначені для визначення початкового (до підробки) просторового положення реперів.

Частота періодичних спостережень залежить від призначення станції й інтенсивності зрушень.

Заклучна серія спостережень виконується тоді, коли сумарні осідання за

останні 6 місяців не перевищують максимальні і становлять не більше 30 мм. Це вважається закінченням процесу зрушення.

Кожна серія спостережень складається з виміру довжин інтервалів між сусідніми реперами ліній і нівелювання реперів.

Після проведення робіт з планової та висотної прив'язки станції виконують первинне інструментальне спостереження, яке включає повну серію спостережень: нівелювання усіх реперів спостережної станції і вимірювання усіх відстаней між реперами за профільними лініями.

Нівелювання реперів за профільними лініями виконують двічі – у прямому і зворотному напрямках. Нівелірні ходи повинні бути замкненими, або прокладеними двічі з припустимою нев'язкою

$$\Delta h = 15 \text{ мм} \sqrt{L}, \quad (6.1)$$

де L – довжина нівелірного ходу, км.

За остаточну відмітку репера станції приймають середнє значення із двох ходів.

Для нівелювання використовують нівеліри типу НЗ, відстань від нівеліра до зв'язуючих реперів не повинна перевищувати 70 м, а різниця плечей між зв'язуючими реперами ± 2 м.

Вимірювання відстаней між реперами виконують світлодалекомірами або сталевими компарованими 30...50-метровими рулетками.

Розбіжність горизонтальних відстаней між крайніми реперами профільних ліній у прямому і зворотному ходах допускається до 1:10000 довжини профільної лінії. За остаточні значення вимірювання довжин приймають довжини, що отримані як середнє з двох незалежних серій спостережень.

Терміни проведення спостережень встановлюють у залежності від вирішуваних завдань. У випадку отримання лише кінцевих параметрів

зрушення та характеру розподілу їх у мульдї зрушення достатньо провести, окрім початкового, ще два спостереження.

Якщо необхідно отримати дані про розвиток процесу зрушення, то окрім початкової та кінцевої серій спостережень, додатково проводять не менше чотирьох проміжних серій спостережень.

Одночасно із інструментальними спостереженнями необхідно поповнювати плани гірничих виробок на дату кожного спостереження. На план наносять усі виробки, які можуть впливати на реperi спостережної станції, залишені цілики, розташування старих виробок, уточнюють кут падіння і виймальну потужність пласта, наводять дані про якість закладки реперів.

Після закінчення процесу зрушення проводять заключні спостереження, які включають і повторну прив'язку опорних реперів профільних ліній до вихідних реперів (з метою перевірки їх непорушності протягом усього періоду спостережень).

При зрушенні змінюється початкове положення точок у мульдї зрушення (рис. 6.2).

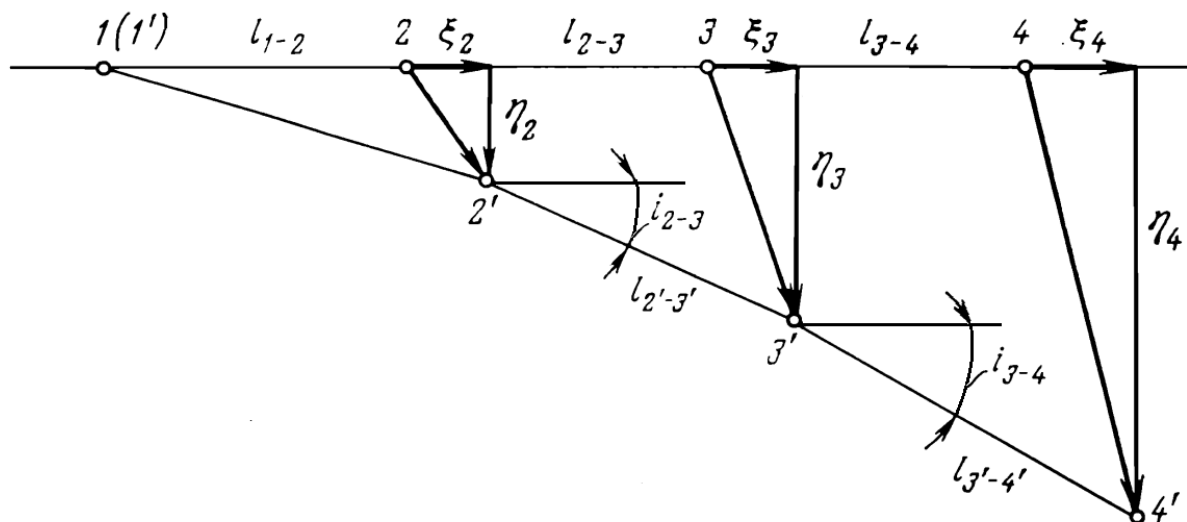


Рисунок 6.2 – Схема виникнення зрушень і деформацій у мульдї зрушення:

η , i , ξ – осідання, нахили, горизонтальні зрушення; 1, 2, 3, 4; 1', 2', 3', 4' – положення точок до і після зрушення; l_{i-i+1} ; $l_{i'-i'+1}$ – довжини інтервалів до і після підробки

Аналітична обробка умовно може бути поділена на два етапи:

- первинна математична обробка матеріалів польових спостережень;
- остаточна математична обробка результатів вимірювань.

Обробка вимірів починається з обчислення висотних відміток реперів та горизонтальних прокладень інтервалів між реперами. У вимірюванні рулеткою відстані вводять поправки: за температуру, компарування, прогин, нахил.

За висотними відмітками реперів та горизонтальним положенням інтервалів обчислюють зрушення і деформації земної поверхні за формулами:

$$\eta_n = Z_{n0} - Z_{nk}; \quad i_n = \frac{\eta_{n+1} - \eta_n}{l_{n0}}; \quad \xi_n = L_{nk} - L_{n0}; \quad (6.2)$$

$$\varepsilon_n = \frac{l_{nk} - l_{n0}}{l_{n0}}; \quad K_n = \frac{i_n - i_{n-1}}{0.5 \cdot (l_{n-1} + l_{n0})}; \quad R_n = \frac{1}{K_n};$$

де η , i , K , R , ε , ξ - осідання, нахили, кривизна, радіус кривизни, горизонтальні деформації, горизонтальні зрушення;

Z - висотні відмітки реперів;

l_n - довжини інтервалів;

$L_n = \sum_{i=1}^{n+1} l_i$ - відстань від репера, що розраховується до початкового (опорного) репера лінії;

n - порядковий номер репера або інтервалу (при нумерації в бік повстання або простягання пласту);

0 - номер попередньої або початкової серії спостережень;

k – номер оброблюваної (кінцевої) серії спостережень.

Вихідні дані.

При розробці одиночного пологопадаючого вугільного пласта лавою підроблюється ділянка земної поверхні. Для встановлення характеру розподілу зрушень і деформацій земної поверхні була закладена спостережна станція, що

складається з однієї профільної лінії, що розташована за простяганням пласта (рис. 4.3). Довжина профільної лінії у зоні впливу гірничих робіт складає 600 м (репери А, 1, 2, 3...27, 28, 29, В). Відстань між реперами 20 м.

Гірничо-геологічні та гірничотехнічні умови відробки пласта наступні. Кут падіння пласта 0^0 . Потужність пласта 2 м. Мезозойські відкладення та наноси відсутні. Глибина розробки змінюється по варіантах від 100 до 280 м. Спосіб керування покрівлею – повне обвалення. Розміри лави за простяганням 360 м, у перпендикулярному напрямку – 400 м. Профільна лінія розташована над серединою виробленого простору. Відстань від крайніх реперів (А і В) до границь лави по 120 м. У перпендикулярному напрямку – по 200 м.

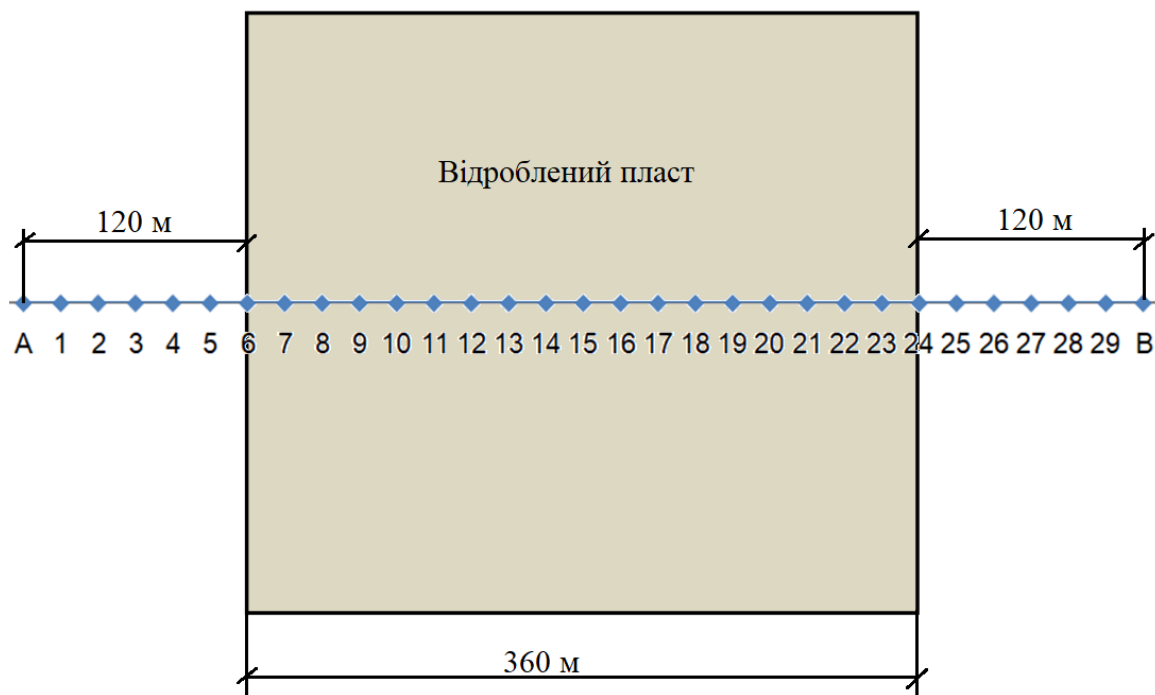


Рисунок 6.3 – План спостережної станції

На станції проведені дві серії інструментальних спостережень, які складаються з виміру довжин інтервалів між сусідніми реперами і нівелювання реперів.

За даними двох польових інструментальних вимірів обчислені висотні відмітки реперів і осідання, які приведені по варіантах у табл. 6.1.

Необхідно згідно варіанту побудувати геологічний розріз та визначити

граничні кути, кути зрушень та кути повної підробки.

Крім того, необхідно побудувати графік осідань, розрахувати нахили, кривизну земної поверхні у мульдї зрушень і також побудувати їх графіки.

Виконати порівняння зрушень та деформацій, а також кутових параметрів з даними, отриманими у практичній роботі 2.

Таблиця 6.1 – Результати спостережень на профільній лінії

№ т	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3	Вар. 4	Вар. 5	Вар. 6	Вар. 7	Вар. 8	Вар. 9	Вар. 10
	Глибина розробки, м									
	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280
	Осідання, мм									
A	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4
1	0	0	0	0	1	3	6	11	17	23
2	0	0	3	9	16	26	37	48	59	71
3	7	20	36	53	72	89	107	123	139	154
4	72	104	133	160	184	207	227	245	262	277
5	248	286	318	345	368	388	406	417	436	438
6	494	520	541	558	572	583	594	599	610	613
7	801	801	801	801	801	800	800	800	800	800
8	1117	1096	1075	1059	1045	1033	1022	1013	1005	998
9	1374	1335	1303	1276	1252	1233	1215	1199	1185	1172
10	1522	1490	1461	1434	1410	1387	1367	1349	1332	1316
11	1572	1560	1544	1526	1514	1496	1484	1462	1450	1430
12	1600	1600	1597	1592	1584	1574	1564	1552	1541	1529
13	1600	1600	1600	1600	1599	1597	1594	1589	1583	1577
14	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1598	1596
15	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600
16	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1598	1596
17	1600	1600	1600	1600	1599	1597	1594	1589	1583	1577
18	1600	1600	1597	1592	1584	1574	1564	1552	1541	1529
19	1593	1581	1565	1547	1529	1511	1494	1477	1462	1447
20	1542	1510	1481	1454	1430	1407	1387	1369	1352	1336
21	1374	1335	1303	1276	1252	1233	1215	1199	1185	1172
22	1096	1070	1049	1033	1020	1008	1007	1000	990	983
23	801	801	801	801	801	800	800	800	800	800
24	484	510	531	548	562	573	584	593	600	608
25	238	276	308	335	358	378	396	412	426	438
26	73	105	134	161	185	208	228	246	263	278
27	7	20	36	53	72	89	107	123	139	154
28	0	0	3	9	16	26	37	48	59	71
29	0	0	0	0	1	3	6	11	17	23
B	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4

Методика виконання роботи.

Обробка результатів маркшейдерських інструментальних спостережень виконується за формулами (6.2).

При побудові графіків зрушень і деформацій спочатку будують вертикальний розріз по профільній лінії, на який наносять репери, а потім приступають до побудови графіків.

Приклади побудови графіків приведено на рисунках 6.4 – 6.7.

Горизонтальний масштаб графіків повинен відповідати масштабові вертикального розрізу. Вертикальний масштаб обирається для кожного графіка окремо з урахуванням наочності зображення.

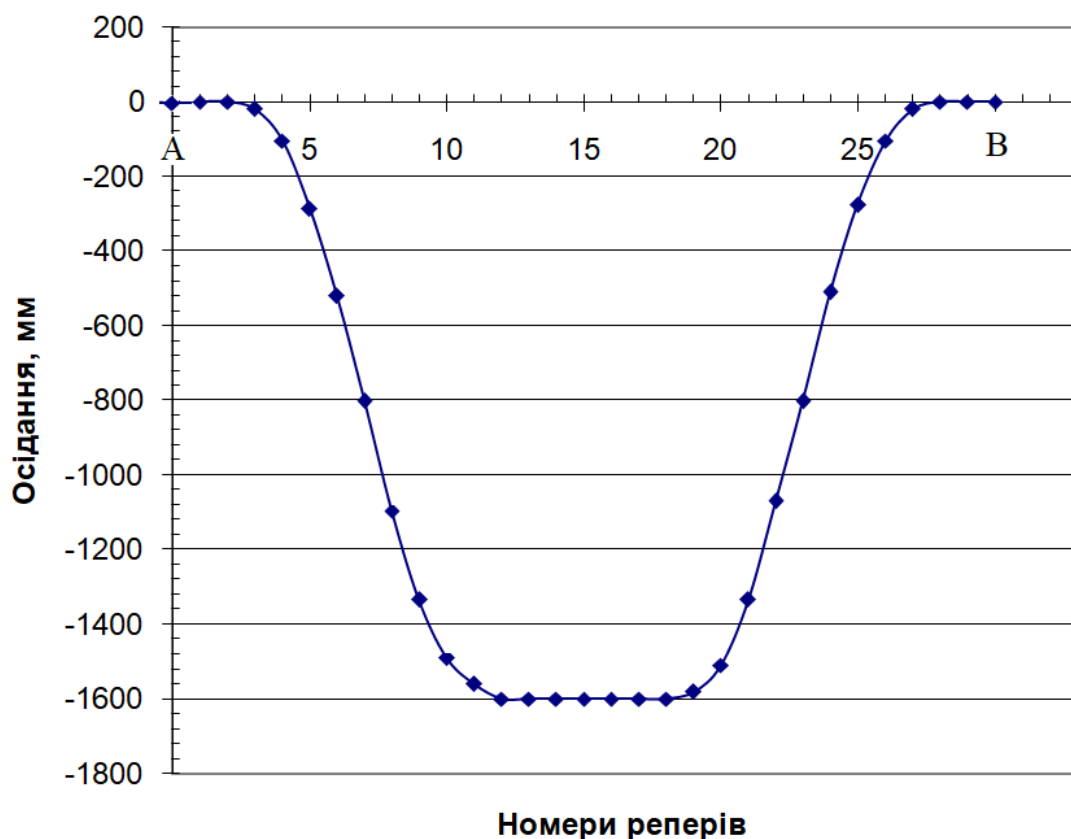


Рисунок 6.4 – Графік осідань

Позитивні зрушення і деформації відкладають наверх, а негативні - униз від лінії нульових значень. Виключення складають осідання, які вважають позитивними, але відкладаються вниз. При побудові графіків нахилів їх значення відкладаються з середини інтервалів, оскільки це середні значення деформацій на інтервалі.

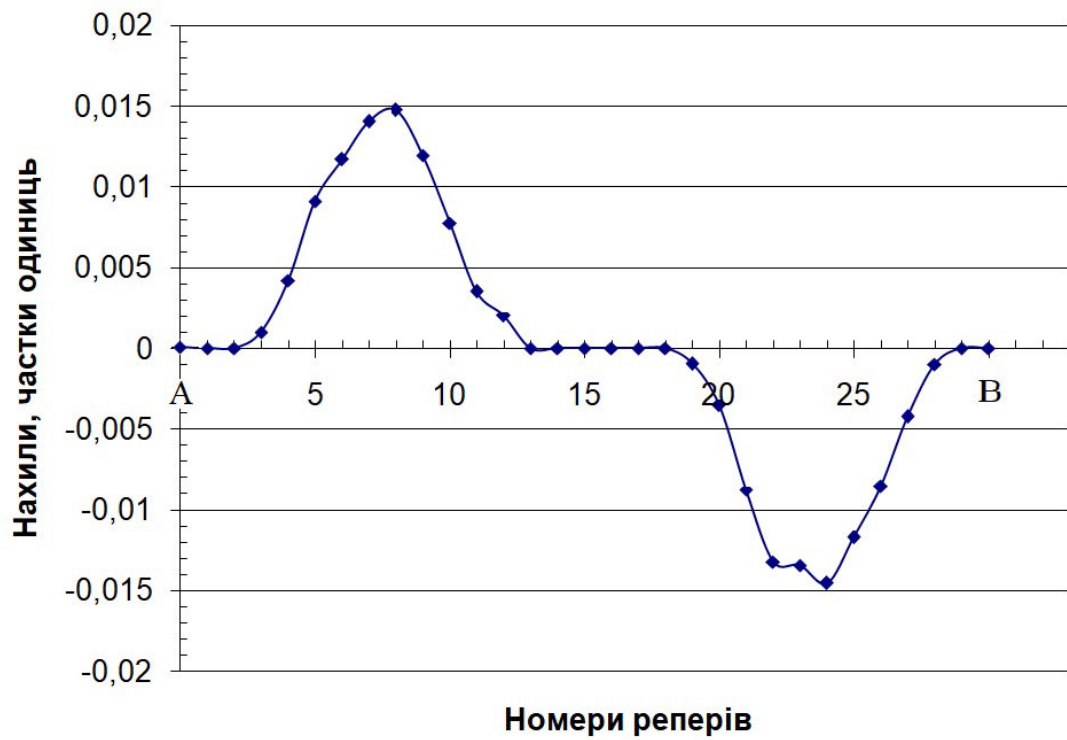


Рисунок 6.5 – Графік нахилів

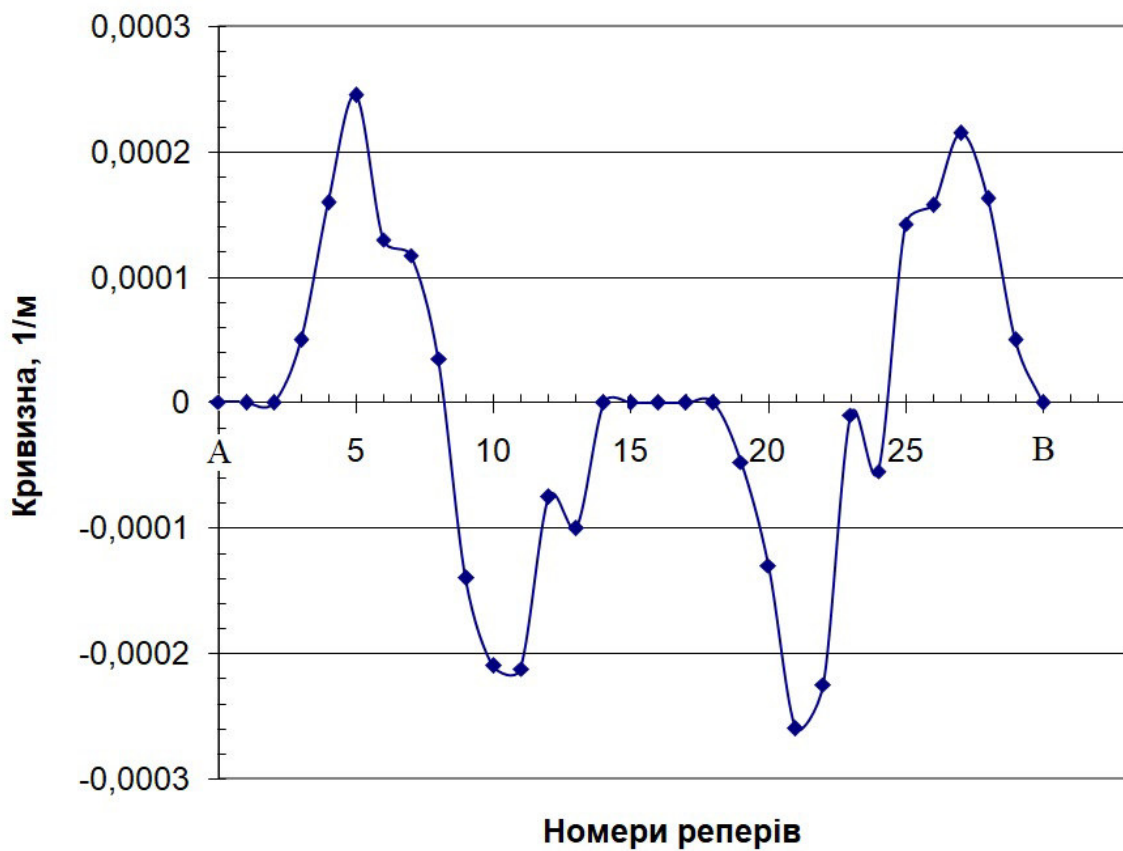


Рисунок 6.6 – Графік кривизни

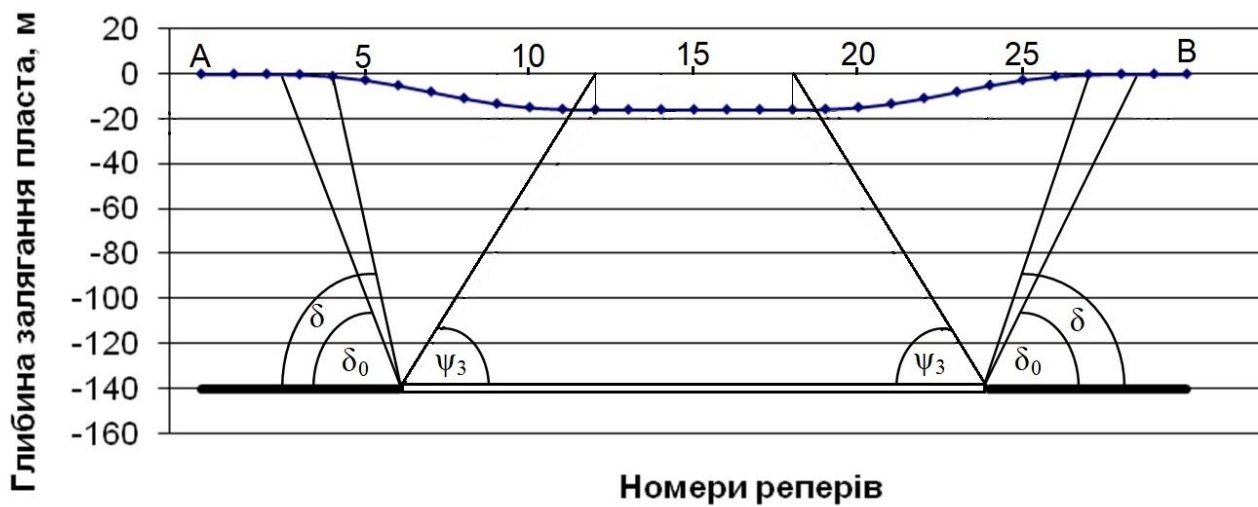


Рисунок 6.7 – Визначення кутових параметрів процесу зрушення:

δ_0 – граничні кути; δ – кути зрушення; ψ_3 – кути повних зрушень

Граничні кути визначають, з'єднавши границі лави з точками на земній поверхні із значеннями осідань 15 мм або нахилів $0,5 \cdot 10^{-3}$.

Кути зрушень визначають, з'єднавши границі лави з точками на земній поверхні із значеннями нахилів $4,0 \cdot 10^{-3}$.

Кути повних зрушень визначаються при з'єднанні границь лави з початком плоского дна мульди.

Література: [2, стор. 580 - 600].

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Базова

1. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом. ГСТУ 101.00159226.001-2003. – МінПаливЕнерго України, К. 2004. – 128 с.
2. Маркшейдерська справа / Скл.: Д. Н. Оглоблін, Г. І. Герасименко, О. Г. Акімов і ін. - М.: Надра, 1981. – 704 с.
3. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород, земной поверхности и подрабатываемыми сооружениями на угольных и сланцевых месторождениях / ВНИМИ: Утв. приказом Министерства угольной промышленности СССР 30.12.1987. – М.: Недра, 1989. – 96 с.

Допоміжна

1. Зрушення земної поверхні при підземних розробках вугільних родовищ: Навч. посібник / Г.О. Антипенко, Г.Ф. Гаврюк, О.С. Кучин, В.О. Назаренко. – Дніпропетровськ: Національна гірнича академія України, 2002. – 140 с.
2. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях / ВНИМИ: Утв. приказом Министерства угольной промышленности СССР 29.12.1979. – М.: Недра, 1981. – 288 с.