

Лекція 1.

ПОРУШЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ВУГЛЕДОБУВНИХ РАЙОНІВ

1.1 Основні поняття

Підземна розробка родовищ корисних копалин (шахтна) – це видобуток корисних копалин в надрах Землі без порушення земної поверхні шляхом проведення системи підземних гірничих виробок.

Основні райони підземного видобутку вугілля в Україні – Донецький та Львівсько-Волинський басейни; *залізної руди* – Криворізький; *марганцевої руди* – Нікопольське і Великотокмацьке родовища; *кухонної солі* – Артемівськ. Всього налічується близько 200 основних систем і їх варіантів підземної розробки родовищ корисних копалин. Строки служби підземних підприємств обчислюються десятками років (ш. "Кочегарка" – 1867-1997). При таких тривалих строках експлуатації незважаючи на підземний спосіб роботи, виїмка вугілля суттєво впливає на порушення природного ландшафту. Ці порушення можна розділити на наступні 5 типів:

- 1) *зрушення земної поверхні;*
- 2) *підтоплення територій і підробка водних об'єктів з проривом води в підземні гірничі виробки;*
- 3) *відвали гірських порід (терикони);*
- 4) *водовідлив і забруднення поверхневих водоймищ;*
- 5) *проблеми закриття нерентабельних шахт.*

Геолого-промислові райони вугільного басейну України обґрунтовані тектонічною структурою, марочним складом вугілля, географічними і історичними особливостями.

Типізація вугільних пластів виглядає таким чином:

по потужності:

- *вельми тонкі - до 0,7 м;*

- тонкі - 0,71-1,2 м;
- середньої потужності - 1,21-3,5 м;
- потужні - понад 3,5 м.

по куту падіння:

- пологі - до 18°
- похилі - $19-35^{\circ}$
- крутопохилі - $36-55^{\circ}$
- круті - $56-90^{\circ}$.

по марках вугілля:

Д – довгополум'яні; Г – газові; ГЖ – газові, жирні; Ж – жирні;

КЖ – коксівні жирні; К – коксівні; ОС – пісні спікаючі;

СС – слабоспікаючі; Т – пісні; А – антрацит.

Схема районування Українського Донбасу приведена на рис 1.1.

1 - *Петриківський район* характеризується заляганням з пологим падінням під кутом $1-4^{\circ}$. Потужність пластів в центральній частині досягає 2-3 м, інші - до 0,9 м. Вугілля буре лише в східній частині переходить до довгополум'яних.



Рис. 1-1. Схема районування Українського Донбасу

2 - *Новомосковський район* характеризується полого-хвилястим многоклінальним заляганням з кутами падіння $2-5^{\circ}$. Потужність пластів в

східній частині від 0,7-0,8 м до 1,6 м, інші - 0,45-0,6 м. Вугілля довгополум'яне, газове.

3 - *Петропавлівський район* характеризується заляганням з пологим падінням під кутом $3-5^{\circ}$. Потужність 25 пластів від 0,7-0,8 м до 1,4 м. Вугілля відноситься в основному до газових, тільки деякі - до жирних.

4 - *Південно-донбасівський район* характеризується пологим заляганням ($4-10^{\circ}$). Потужність пластів 0,7-0,9 м. Вугілля мазкий Же, КЖ, К і ОС.

5 - *Красноармійський район* характеризується пологим заляганням пластів ($8-12^{\circ}$). З 32 пластів 13 мають потужність 0,7-1,6 м, інші - 0,45-0,65 м. Вугілля газове і лише в південній його частині - довгополум'яні.

6 - *Донецько-Макіївський район* характеризується пологим заляганням пластів: Макіївська мульда - $3-7^{\circ}$, Бутовській купол - $4-7^{\circ}$, Раснянська синкліналь - $7-10^{\circ}$. Потужність пластів 0,65-1,5 м. Вугілля мазкий Ж, КЖ, Д і ОС.

7 - *Торезо-Снемняїський район* характеризується пологим заляганням на південному ($5-12^{\circ}$) і північному ($10-30^{\circ}$) крилах складки. Потужність вугільних пластів 0,5-1,45 м. Вугілля мазкий Т і ОС.

8 - *Центральний район* характеризується прямолінійним заляганням пластів під кутом $52-65^{\circ}$ на крилах антикліналі, на південному сході з падінням $55-65^{\circ}$, на північному заході - $50-70^{\circ}$. Всього в районі налічується 52 пласти робочої потужності, з яких 26 потужністю 0,5-2,1 м витримані на значному протязі. Вугілля змінюється від газових до пісних, переважають марки Ж, К, Д, ОС, що виділяє район в число основних районів з вугіллям, що коксується.

9 - *Лісичанській район* характеризується заляганням пластів під різними кутами - від крутих до пологих. Переважає похиле падіння. Всього відомо 22 робочих пластів, 12 з них витриманої потужності. Вугілля відноситься до марок Д, на південному сході в межах Матроського куполу переходять в газові (Г), придатні для напівкоксування.

10 - *Алмазно-Марьевський район* характеризується на північному крилі синкліналей крутим заляганням пластів (50-60⁰), на південному - пологим (10-15⁰). Марочний склад вугілля району змінюється з півночі на південь від марок Г, Ж, КЖ, Д, ОС до марки Т.

11 - *Селезнівський район* характеризується крутим (60-80⁰) заляганням вугільних пластів на північному крилі і пологим (10-20⁰) на півдні.

1.2 Шахта, шахтне поле. Розподіл шахтного поля на основні частини

1.2.1 Загальні відомості. Шахта

В процесі підземної розробки родовищ корисних копалин виділяють 3 стадії: *розкриття, підготовка, очисна виїмка*. Розкриття родовища корисних копалин виконується шляхом проведення основних гірничих виробок. *Основні гірничі виробки - це шахтні стволи, квершлаги, штольні, штреки, уклони, бремсберги, орти*, якими розкрита частина родовища, розподіляється на горизонти, блоки, панелі, камери, стовпи; також до основних виробок відносяться свердловини різного призначення.

Шахтою називається гірничопромислове підприємство (виробнича одиниця), що здійснює видобуток корисних копалин підземним способом і відвантаження його безпосередньо споживачам або на центральну збагачувальну фабрику. У поняття "шахта" включаються наземні споруди і сукупність гірських вироблень, призначені для розробки родовища в межах шахтного поля.

Шахти залежно від кількості метану, що виділяється на 1т середньодобового видобутку (відносна метанонасиченість діляться на п'ять категорій. Категорії шахт по метану приведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Поділ шахт на категорії

Категорія шахт по метану	Відносна метанонасиченість м ³ /т
I	До 5
II	Від 5 до 10
III	Від 10 до 15
Зверх категорні	15 і більше;
Небезпечні по несподіваних викидах	Шахти, що розробляють пласти, небезпечні по викидах вугілля і газу, по викидах породи

1.2.2. Шахтне поле

Шахтне поле - це родовище або його частина, що відводиться шахті для розробки. При розробці похилих і крутих вугільних пластів розрізняють межу шахтного поля по падінню (нижня межа), по повстанню (верхня межа) і по простяганню. Межі по падінню і повстанню співпадають з поверховими відкатувальними і вентиляційними штреками, а межі по простяганню діляться вертикальними площинами, проведеними навкхест простягання пласта (рис. 1.2).



Рис. 1.2 – Шахтне поле

У маркшейдерських планах шахтні поля зображаються при пологому і похилому заляганні пластів як проекції на горизонтальну площину, а при крутому падінні тільки на вертикальну площину. Робиться також розріз шахтного поля *навкхест простягання* порід, при цьому пласти вугілля

наносяться з дотриманням їх істинного кута падіння. На маркшейдерських планах наносять і ізогіпси, які є лініями перетину підосви або кривлі пласта з горизонтальними площинами на однаковій відстані один від одного. У Донецькому басейні ізогіпси проводять через 10, 50, 100 м. Ізогіпси підосви пласта зумовлюють напрям проведення пластових штреків. Нижні і верхні технічні межі шахтних полів звичайно проводять по ізогіпсах.

Для шахт, розробляючих крутопохилі і круті пласти, виробнича потужність шахти обмежується нормативним терміном служби горизонту (не менше 10 років), а також одночасною розробкою не більш 70-75% всіх пластів.

1.2.3 Розподіл шахтного поля на основні частини.

Для забезпечення розробки шахтного поля тільки однією або декількома частинами його ділять вертикальними, горизонтальними і похилими площинами.

Вертикальна площина розділяє шахтне поле на дві частини - крила.

Крилом шахтного поля називається його частина, обмежена по падінню і повстанню нижньою і верхньою межами шахтного поля з одного боку, а з другого боку - вертикальною площиною і бічною межею шахтного поля.

Двокрила розробка шахтного поля дозволяє інтенсивніше виробляти запаси вугілля.

Горизонтальна площина - площина, яка обмежує по падінню і повстанню шахтне поле (на рівні нижньої до верхньої меж шахтного поля).

Виємочний горизонт - частина шахтного поля, відпрацьовувана на один відкатувальний колостволовий двір; горизонт обмежений по простяганню бічними межами шахтного поля, по падінню і повстанню - нижньою і верхньою межами шахтного поля.

Шахтне поле вертикальними площинами, проведеними *навхрест простягання*, може бути розділено на самостійно провітрювані блоки завдовжки 4-6 км і 1-3 км - по падінню.

Блок - частина шахтного поля, розкрита з поверхні стовбурами, використовуваними як для провітрювання, так і для спуску - підйому людей, транспортування вантажів.

Частина висомочного поля може бути розділена на поверхи.

Поверх - частина шахтного поля, обмежена по падінню відкатувальним і вентиляційним штреками, по простяганню -межами шахтного поля.

Похила висота поверху по падінню при розробці похилих пластів повинна складати 350-400 м, а при розробці крутопохилих пластів - 145-155 м, крутих пластів 125-135м.

При розробці крутих пластів поверх може бути роздільний на два підповерхи, об'єднуваними вуглеспускними скатами, хоча в більшості випадків круті пласти розробляються лавами - поверхами тобто на всю висоту поверху.

При розділенні шахтного поля *похилими площостями*^ паралельними площині нашарування, свита пластів розбивається на групи.

Група пластів - частина свити в межах шахтного поля. розробка якої ведеться на одне горизонтальне відкатувальне вироблення.

1.3. Розкриття крутих і похилих пластів

1.3.1. Класифікація схем, і, способів розкриття

Розкриття родовища або шахтного поля - проведення комплексу розкриваючих вироблень, які відкривають доступ з поверхні до корисних копалин і забезпечують можливість проведення підготовчих вироблень.

Існують поняття "схеми розкриття" і "способи розкриття".

Схема розкриття - просторове розташування мережі розкриваючих вироблень (стволи, штольні і ін.) щодо шахтного поля.

Спосіб розкриття - проведення системи розкриваючих вироблень в шахтному полі щодо залягання пластів і їх функціональне призначення.

Чинники, що визначають вибір схеми і способі розкриття шахтного поля або його частини:

- число пластів, що розкриваються; кут падіння пластів;
- властивості бічних порід;
- відстань між пластами;
- потужність наносів;
- наявність пливунів, водоносних порід;
- порушеність родовища;
- глибина розробки;
- газоносність пластів;
- рельєф місцевості;
- виробнича потужність шахти;
- розмір шахтного поля;
- термін служби шахти;
- рівень гірничодобувної техніки;
- підготовка шахтного поля, системи розробки;
- схеми вентиляції.

Для розкриття шахтного поля існують головні і допоміжні гірські вироблення.

Головні розкриваючі виробки - виробки, які проводять з денної поверхні (вертикальні і похилі стовбури, горизонтальні штольні)

Допоміжні розкриваючі виробки - виробки, що не мають безпосереднього виходу на денну поверхню, службовці для розкриття пласта або свити пластів від головної розкриваючої виробки (квершлагги, скати, гезенки і ін).

Вертикальні стволи можуть перетинати вугільні пласти або розташовуватися у висячому або лежачому боці пластів.

Похилі стволи., як правило, проводять по пласту в породах лежачого боку, рідкісно - під кутом і нашаруванню.

Горизонтальні штольні, в районі з сильно перетнутою місцевістю проводять по-пласту або під кутом до нього в породах лежачого або висячого боку.

Мережа гірських виробок від окоlostвольного двору до першого перетину з розкриваними пластами утворюють сукупність допоміжних розкриваючих виробок.

1.3.2. Розкриття крутих і похилих пластів

Круті пласти розкриваються вертикальними стволами, поверховими квершлагами, а на шахтах малої потужності - похилими стволами, штольнями.

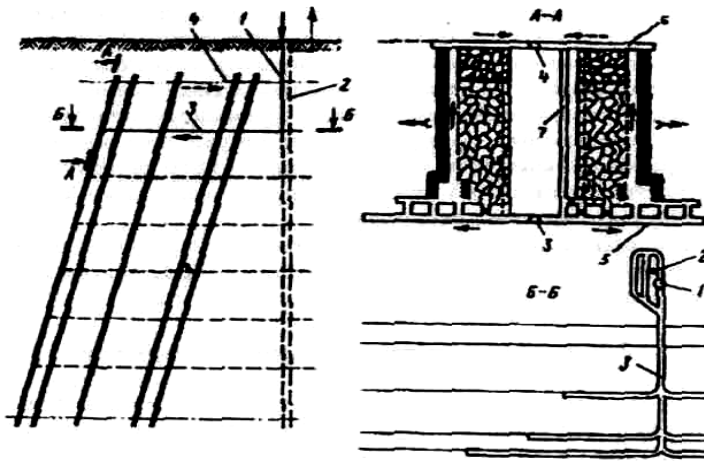
У практиці вельми рідко зустрічаються випадки, коли залягає один крутий пласт, тому розглядається розкриття свити пластів.

Вертикальну висоту поверху при крутому падінні звичайно приймають при розробці тонких і середній потужності пластів 120-130 м, при розробці могутніх пластів - 80-100 м. Чим більше висота поверху, тим менше число поверхів, тим менше квершлагів, окоlostвольних дворів і відкатувальних штреків. тим менше витрат на проведення і підтримку гірських вироблень. Проте, при цьому важко управління гірським тиском, ускладнюється провітрювання очисних вироблень, важко пересуванню людей по лаві.

Як правило, круті пласти відпрацьовуються в низхідному порядку.

Крутопохилі і круті пласти розкриваються звичайно вертикальними стволами і поверховими квершлагами, причому, стволи розташовуються в лежачому боку свити пластів, оскільки, при такому розташуванні стволів відсутні втрати корисних копалин в запобіжних ціликах, стволи не підпадають під вплив очисних робіт, знижуються витрати на підтримку стовбурів в працездатному стані.

Вертикальні стволи (1) і (2) (рис. 1.3) розташовують в лежачому боку свити пластів і проходять до відкатувального горизонту першого поверху, обладнують два окоlostвольних двори (на відкатувальному і вентиляційному горизонтах).



1 - головний ствол; 2 - допоміжний, ствол; 3 - поверховий відкатувальний квершлаг; 4 - поверховий вентиляційний квершлаг

Рис. 1.3 – Розкриття свити крутих пластів вертикальними стволами і поверховими квершлагами:

Від стволів проводять поверхові квершлагги (відкатувальний - (3), вентиляційний - (4)) до перетину їх з крайніми пластами свити. Від місця перетину по кожному пласту в обидві сторони проводять поверхові штреки (відкатувальний - (5), вентиляційний - (6)). Залишаючи цілик вугілля 10-20 м над квершлагом по обидві сторони, проводять розрізні печі (7) і починають очисні роботи до меж шахтного поля. Залишення цілика вугілля над квершлагом забезпечує його стійкий стан і оберігає вентиляційний квершлаг від подроби.

В процесі відробітку першого горизонту ведуться роботи по поглибленню стволів і підготовці наступного робочого горизонту.

У разі розробки великого числа крутих пластів, як правило, розкриття виконується двома стволами - центрально-здвосними (рис 1.4). Головний ствол оборудується одним або двома скіповими підйомними судинами і служить для видачі витікаючого струменя повітря.

Другий ствол - звично кліттю і призначений для допоміжних цілей.

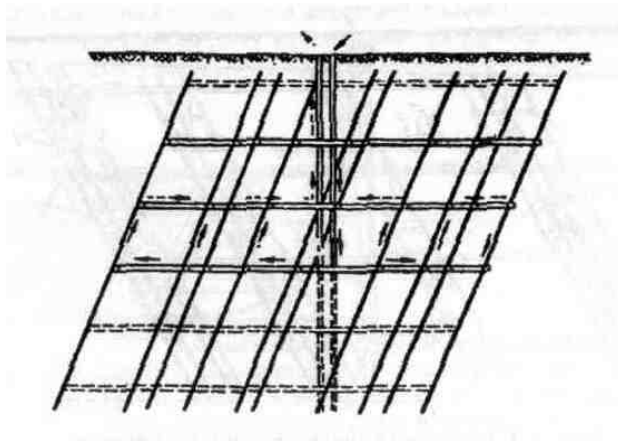


Рис.1.4 – Розкриття свити крутих пластів двома вертикальними центрально-здвоєними стволами

З метою зменшення тривалості одночасної роботи двох горизонтів вугілля, що здобувається, на нижній горизонт доставляється через гезенки, скати безпосередньо в бункер скіпового ствола.

В процесі експлуатації шахти виконується поглиблення вертикальних стволів для відробітку нижніх горизонтів.

1.4 Вплив гірничого виробництва на ландшафт

Гірничі підприємства, як правило, є основою для створення великих промислових комплексів і підприємств різних галузей промисловості зі складною інфраструктурою.

У зв'язку з цим навантаження на оточуюче середовище збільшується. Так, наприклад, Криворізький залізорудний басейн являє собою сильно трансформовану екологічну систему, яка включає лише окремі елементи ландшафту, до якого не доторкнулася рука людини.

Природні екосистеми здатні на самовідновлення, якщо трансформовано не більше 10% їх площі. Більшість природних ландшафтів належить до біокосних систем, в яких живі організми та неорганічна матерія тісно пов'язані собою та взаємообумовлені. За рівнем організації матерії виділяють ряд біокосних систем.

До нижчого – “до ландшафтного рівня” – належать біокосні природні тіла – підсистеми ландшафту: ґрунт, кора вивітрювання, континентальні накопичення, поверхневі та ґрунтові води, приземна атмосфера.

Взаємодія цих тіл утворює нову якість, нову систему – ландшафт. Ландшафт – це велика і складна нерівноважна динамічна система земної поверхні, в якій відбувається взаємодія та взаємопроникнення елементів літо-гідро- та атмосфери. До ландшафтного рівня організації належать: “елементарний ландшафт” та “геохімічний ландшафт”. До більш високого – “надландшафтного рівня організації” належить біосфера Землі в цілому.

Залежно від масштабу та інтенсивності антропогенного впливу виділяють такі типи змін ландшафтів:

- глобальні, в яких відбувається зміна природного середовища на значних територіях зі зміною якості атмосфери та вод Світового океану;
- зональні, в яких внаслідок тривалого (в історичному розумінні) антропогенного впливу змінюються ландшафтні зони;
- регіональні, в яких інтенсивного впливу зазнають природно-географічні, господарсько-економічні та соціально-демографічні комплекси в межах адміністративного поділу території, і які характеризуються загальними особливостями антропогенного впливу на оточуюче середовище;
- локальні, в яких ландшафтні зміни відбуваються на відносно невеликих територіях.

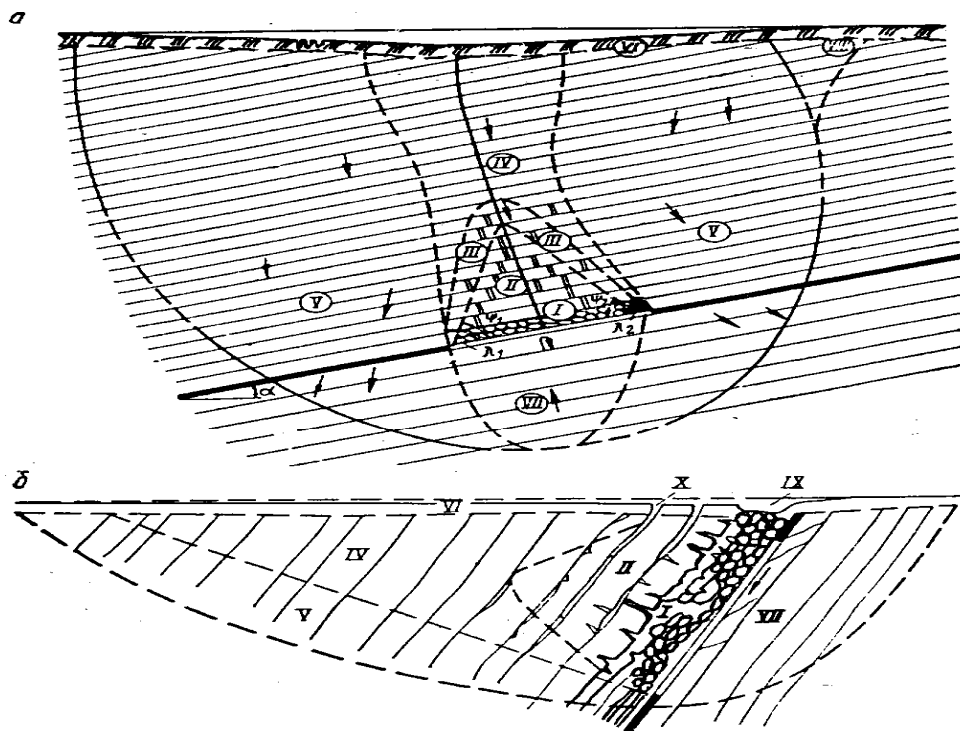
Гірничовидобувна та гірничопереробна промисловість сприяє утворенню техногенних ландшафтів з контрастними формами рельєфу. Зміни природних ландшафтів мають в основному локальні, а в таких великих гірничопромислових регіонах, як Донбас, Кривбас зміни набули регіонального характеру.

Лекція 2

ЗРУШЕННЯ І ДЕФОРМАЦІЇ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ ПІДЗЕМНИХ ГІРНИЧИХ РОБОТАХ

2.1 Механізм процесу зрушень земної поверхні

Ведення гірничих робіт викликає утворення в надрах землі пустот. Породи, оточуючі ці пустоти під дією сили ваги починають рухатися, обумовлюючи розвиток процесу зрушення (рис.2.1) [3].



а) полого падіння; б) круте падіння

Рисунок 1.1 -- Загальна схема процесу зрушення масиву порід

В залежності від фізико - механічних якостей гірських порід, системи розробки, умов залягання корисної копалини і інших факторів зрушення гірських порід може відбуватися в формі обвалення, тобто безладного падіння породи у вигляді шматків і брил різних розмірів (початкова стадія – зона I), прогину, нашарування товщі гірських порід в сторону виробленого простору з утворенням розшарувань, тріщин, розломів і ущільнення (зона II – повних зрушень, проміжна стадія), прогину порід з утворенням тріщин і

розшарувань (зона III), плавного прогину порід без утворення тріщин і розшарувань (зона IV), здимання і підняття порід підшви в сторону виробленого простору (зона розвантаження VП), стискання і стоншування порід під дією сили ваги шарів, що прогинаються в зонах II, III, IV (зона опорного тиску Y), підняття товщі гірських порід, які прилягають до земної поверхні (зона VП), і прогину прилеглих порід до наносів і наносів з утворенням западини (мульди зрушення) на поверхні землі (зона VI), воронки і терас (зона X).

Переміщення шаруватих гірських порід в покрівлі очисного простору (при значній глибині розробки і площі пустот) починається з прогину порід, розшарування напластувань і появи зон підвищених деформацій розтягнення і стискання. Коли деформації досягають граничних значень, напластування обрушуються, заповнюючи вироблений простір, і становляться опорою для порід, що знаходяться вище порід, які прогинаються. Зона обрушення розповсюджується угору по нормалі до нашарувань на 3-5 кратну потужність вийнятого пласта. При малій потужності пласта, що виймається, здимаючих породах підшви, повного або часткового закладання виробленого простору зона обрушення може не виникнути внаслідок незначного прогину порід і малих величин деформацій розтягання (стискання).

Прогин порід і розшарування напластувань в зоні II приводить до утворення зон підвищених деформацій розтягання (стискання), появи наскрізних тріщин розривів. Під дією ваги порід, що лежать вище, прогнута товща порід зони II ущільнюється, утворюючи зону повних зрушень, розміри якої можна визначити, якщо знати кути ψ_1 , ψ_2 . Над зоною II знаходиться зона III, яка характеризується найбільшими прогинами порідних пластів товщі з можливим утворенням розкритих тріщин і порожнин по напластуваннях.

Зони II і III розповсюджуються угору від покрівлі пласта приблизно на (35- 40) *m* і можуть бути оконтурені кутами λ_1, λ_2 (величини кутів $\Psi_1, \Psi_2, \lambda_1, \lambda_2$ наведені в спеціальній літературі по гірничому тиску).

Вище зони III породи прогинаються усім масивом без помітного розшарування і утворення тріщин, складаючи зону плавного прогину. Над зоною повних зрушень II зона IV має мінімальні розміри, ближче до поверхні землі вона збільшується. З сторони підняття і падіння пласта до розглядуваних раніше зон примикає зона опорного тиску. Вона створюється в товщі гірських порід внаслідок їх зависання над виробленим простором. В зоні опорного тиску відбувається плавний прогин шарів внаслідок стиснення останніх. Максимальні стиснення спостерігаються біля меж очисної виробки і на контактах з зоною IV. Розміри зони опорного тиску залежать від багатьох факторів, в тому числі від структурної будови, фізико - механічних якостей порід, глибини розробки, розмірів площі очисних робіт.

Процес зрушення товщі гірських порід закінчується зрушенням наносів і утворенням на поверхні землі мульди зрушення, тобто западини. Зрушення наносів, як і корінних порід, може відбуватися в формі обрушення, прогину по вертикалі в сполученні з горизонтальним зрушенням їх корінними породами в бік підняття пластів.

Обрушення наносів і земної поверхні відбувається при малій глибині розробки, яка дорівнює 10- 15 кратній потужності пласта. В цьому випадку на поверхні утворюються провали, воронки, уступи, тріщини. Прогин наносів в вертикальному напрямку відбувається при горизонтальному і пологому заляганні докорінних порід, коли зона обрушень не досягає поверхні землі. Прогин наносів по вертикалі в сполученні з горизонтальним зрушенням їх корінними породами в бік підняття шарів відбувається при заляганні корінних порід під кутом більше 10^0 .

Зрушення і деформація гірських порід, а також земної поверхні викликають значні утруднення при розробці родовищ і будівництві будинків і споруд в районах гірничих розробок.

2.2 Мульда зрушень і її елементи

При виїмці частини пласта $abgv$ на значній глибині (рис. 2.2) процес зрушення гірських порід досягає поверхні землі, викликаючи її деформацію. Частина земної поверхні (АГБВ), що зазнала впливу цих деформацій (зрушень), і називається мульдою зрушення.

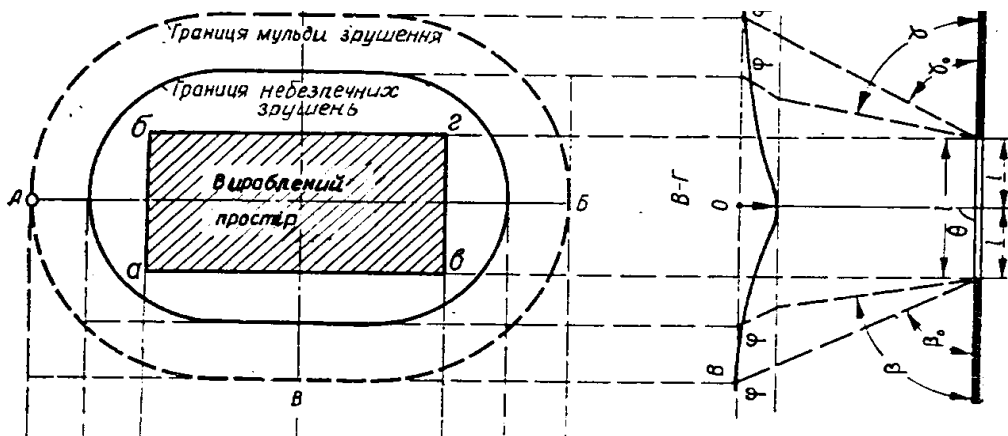


Рис. 2.2 – Мульда зрушень і її елементи

Процес зрушення гірських порід і земної поверхні характеризується наступними параметрами (або елементами): розмірами і формою мульди зрушення; величиною кутів – граничних, зрушення, розривів і інших; величиною зрушення і деформацій в мульді; загальною тривалістю процесу зрушення і його окремих стадій і швидкістю осідань. В мульді зрушення розрізняють зони: а) обрушення – частини мульди, де на земній поверхні відбувається утворення воронки, провалів, терас і тріщин; за межу цієї зони умовно приймають контур, обмежений тріщинами шириною не менше 25см; б) тріщин – де відбувається розрив суцільності земної поверхні і утворюються тріщини; за її зовнішню межу приймають контур крайніх, добре розпізнаваних тріщин; в) плавних зрушень – де земна поверхня зазнала деформацій без розриву суцільності; г) небезпечних зрушень, де виникають деформації, небезпечні для будинків, споруд і природних об'єктів.

Форма, розміри мульди зрушення, а також її розташування відносно виробленого простору залежать від потужності покладу (пласта), його кута падіння, розмірів виробленого простору і глибини залягання. Площа проекції на горизонтальну площину мульди зрушення завжди більше такої ж проекції виробленого простору. При горизонтальному заляганні пластів (покладів) на значній глибині границі мульди в плані розміщуються симетрично по відношенню до виробленого простору.

Мульда має плавні краї. Точка максимального осідання земної поверхні O (рис. 2.2) знаходиться над центром виробки.

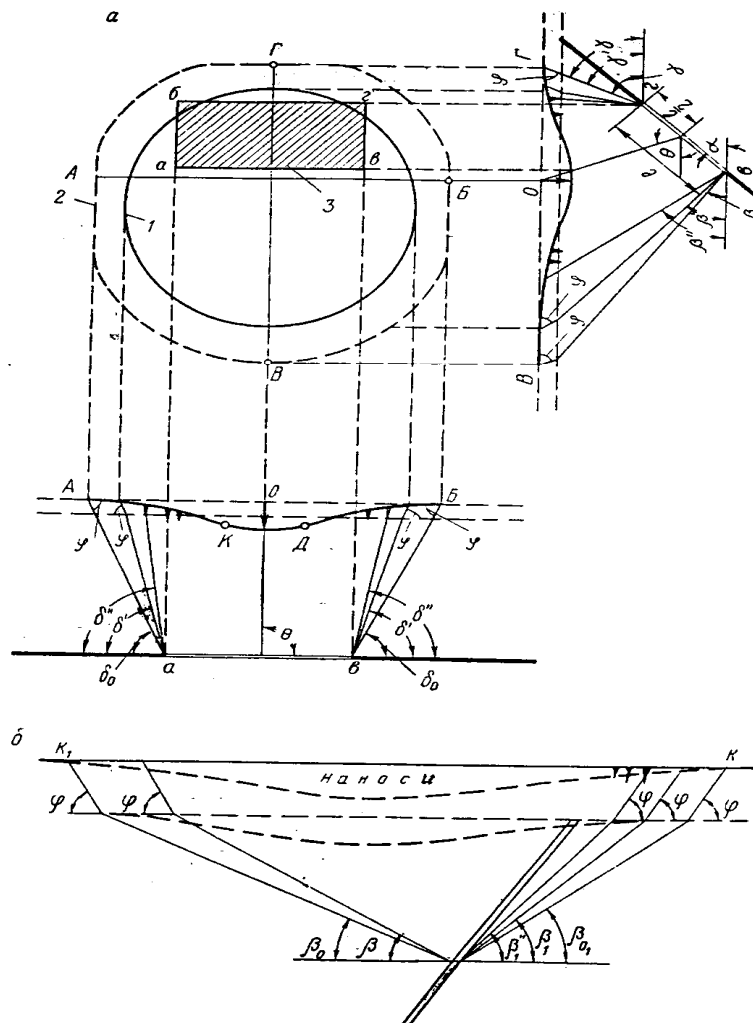
В мульді зрушення виділяють два головних перерізи, що проходять через точку максимального осідання по простяганню AB і падінню $BГ$ покладу (пласта). В цих перерізах розміри мульди зрушення і її зон визначаються за допомогою кутів: граничних, розривів, зрушення, а також кутів зрушення в наносах ϕ .

В плавній мульді зрушення розрізняють її краї AE і $ДБ$ і дно ED . Замітимо, що для споруд, які знаходяться в мульді зрушення, найбільш небезпечними являються її краї. При розробці пластових родовищ мульда зрушення може мати як плоске, так і угнуте дно. Якщо розміри виробленого простору на розрізах по падінню або по простяганню перевищують глибину розробки, то мульда зрушення на відповідному розрізі звичайно має плоске дно. Такий випадок підробки прийнято називати повною підробкою.

При розробці похилих і крутих пластів (рис.1.4) границі мульди зрушення збільшуються в бік падіння пласта. В цьому випадку проекція мульди зрушення на горизонтальну площину розташовується асиметрично по відношенню до проекції виробленого простору на ту ж площину.

Кути граничні, зрушення, розривів і повної підробки. Розміри мульди зрушення визначаються за допомогою граничних кутів $\beta_0, \beta_{01}, \nu_0, \delta_0$ (рис. 2.2 і 2.3), якими являються зовнішні (відносно виробленого простору) кути на вертикальних розрізах по головних перерізах мульди зрушення між горизонтальними прямими і прямими, що з'єднують границі виробленого

простору з так званими граничними точками зрушень мульди зрушення, тобто з точками, в яких величини осідань не перевищують 15 мм, розтягнень і похилів $-0,5 \cdot 10^{-3}$.



а) виймка похилого пласта; б) виймка кругого пласта;
1 – межа небезпечних зрушень; 2 – межа мульди зрушень; 3 – вироблений простір

Рис. 2.3 – Мультда зрушень і її розрізи

Граничні кути $\beta_0, \beta_{01}, \gamma_0$ відкладаються в площині розрізу по падінню, а δ_0 – в площині розрізу по простяганню покладу (пласта). Кут β_0 відкладають біля нижньої межі виробленого простору в породах покрівлі, кут β_{01} – біля нижньої межі, але в породах підшви при крутому падінні, кут γ_0 – біля верхньої межі виробленого простору.

В мульді зрушення прийнято виділяти ту її частину, яка небезпечна для будинків і споруд. Небезпечну частину мульди зрушення виділяють за допомогою кутів зрушення β , β_1 , γ і δ . Кути зрушення β , β_1 , γ і δ – зовнішні відносно виробленого простору кути, утворені лініями горизонту і лініями, що з'єднують границі виробки з точками мульди зрушення, за межами яких величини деформацій в мульді зрушення не досягають небезпечних для відповідальних будинків. Небезпечними деформаціями прийнято вважати: нахили $4 \cdot 10^{-3}$, розтягання (стиснення) $2 \cdot 10^{-3}$, кривизну $0,2 \cdot 10^{-3}$ 1/м. Кути зрушення відлічують від лінії горизонту з боку цілика в бік виробленого простору і відкладають: β – з сторони падіння в висячому боку, β_1 – з сторони падіння в лежачому боку в умовах крутого падіння, γ – з боку повстання і δ – по простяганню пласта. В багатьох випадках в центральній частині мульди зрушення утворюються тріщини і провали. Частина мульди зрушення, що зазнає розривних деформацій, називається зоною обрушення. Межі зони обрушення визначаються кутами розривів – β'' , β''_1 , γ'' і δ'' , для визначення яких в площині головних перерізів мульди проводяться прямі, які з'єднують межі виробленого простору з зовнішніми крайніми тріщинами. Кути розриву будують біля меж виробок аналогічно кутам зрушення. Крім вказаних трьох видів кутів (граничні, зрушення, розривів), для визначення характерних точок головних перерізів мульди зрушення користуються іще кутами θ і Ψ_1 , Ψ_2 і Ψ_3 .

Кут θ визначає на розрізах точку O мульди зрушення, яка має найбільше осідання. Кути Ψ_1 , Ψ_2 і Ψ_3 називаються кутами повних зрушень і служать для виділення плоскої частини мульди зрушення ED (рис. 2.3). Кут θ відкладають із середини очисної виробки від лінії горизонту з боку падіння пласта, кути Ψ_1 , Ψ_2 і Ψ_3 – від площини пласта.

Величини кутів зрушення і розривів залежать головним чином від кута нахилу покладу (пласта) і фізико – механічних якостей гірських порід.

2.3 Основні фактори процесу зрушень і деформацій

Процес зрушення гірських порід і земної поверхні залежить від наступних основних факторів: фізико – механічних якостей гірських порід; геологічних і гідрологічних умов залягання родовищ; наявності скидань, тріщин, площин шаруватості, кліважу, тектонічних порушень; кута падіння порід і покладу; потужності покладу; глибини розробки; системи розробки; швидкості посування гірничих робіт; зрушеності порід раніше проведеними гірничими роботами; рельєфу земної поверхні; розмірів очисної виробки.

Фізико – механічні якості гірських порід визначають форму виявлення процесу зрушення. Із механічних якостей гірських порід на процесі зрушення відбивається їх опір стисканню, розтяганню, зрізу і згину. Встановлено, що міцні породи – граніти, кварцити, порфірити, пісковики, вапняки і інші – володіють найбільшим опором стисканню і згину. Під впливом гірничих розробок ці породи звичайно обрушуються.

Пластичні породи - глини, глинисті і піщані сланці – піддаються деформаціям без розриву суцільності, внаслідок чого процес зрушення відбувається в вигляді плавного прогину. Сипкі породи – піски – сприяють розвитку процесу течії, а отже, утворенню провалів воронок. Механічні якості гірських порід суттєво відбиваються на величині кутів зрушення і розривів. Чим міцніше породи, тим більше за абсолютним значенням кути зрушення і розривів.

Геологічна будова товщі (літологічний склад, послідовність і потужність нашарувань) і обводненість її в значній мірі обумовлюють основні сторони процесу зрушення. Наявність в геологічній будові товщі родовища нашарувань із міцних порід сприяє розвитку процесу обрушення, нашарування із пластичних порід – розвитку згину. Потужні нашарування міцних порід затримують розвиток процесу зрушення. Обводненість сприяє зміні фізико – механічних якостей гірських порід, зокрема збільшенню пластичності, явищу текучості, особливо в наносах, і здиманню.

Тектонічні порушення, тріщинуватість часто являються направляючими площинами зрушення порід. уздовж цих площин породи ослабляються і переміщуються, а це іноді приводить до викривлення дійсних величин кутів зрушення. Наявність тріщинуватості порід, площин спайності, кліважу не дає підстав розглядувати товщу гірських порід як суцільне однорідне пружне середовище.

Вплив кута падіння порід і покладу відбивається на багатьох параметрах процесу зрушення гірських порід і земної поверхні. Від кута падіння покладу залежить величина кутів граничних, зрушення, розривів. При пологому заляганні порід звичайно переважає прогин їх, при крутому – обрушення з зсувом по нашаруванню. В першому випадку на поверхні землі в мульді зрушення розвиваються більші за величиною осідання і менші горизонтальні переміщення, в другому випадку горизонтальні зрушення в 1,5 – 2 рази перевищують вертикальні осідання.

Потужність покладу являється одним із головних факторів, що впливають на процес зрушення. Чим більше потужність покладу, що виймається, тим інтенсивніше розвивається процес зрушення гірських порід, тим більше перевищує процес обрушення. Величина деформацій в мульді зрушення знаходиться в прямій залежності від потужності покладу, що виймається.

Глибина розробки. З збільшенням глибини розробки конфігурація мульди зрушення становиться настільки плавною, що виявити її на поверхні можна тільки інструментально. При інших рівних умовах з збільшенням глибини розробки величина деформацій швидко зменшується, а тривалість процесу зрушення зростає.

Система розробки складається, як відомо, з прийнятого способу підготовки родовища до видобутку, розмірів очисної виїмки і ціликів, що залишаються, способу управління покрівлею. Всі ці елементи системи розробки суттєво відбиваються на розвитку процесу зрушення.

Суцільна система розробки в сполученні з великими розмірами очисної виїмки сприяє проявленню зрушення порід у вигляді плавного прогину. Стовпова система розробки сприяє розвитку процесу обрушення. При цьому осідання поверхні часто відбувається нерівномірно і супроводжується тріщинами. Камерна система при значних розмірах міжкамерних ціликів може затримати розвиток процесу зрушення. При незначних розмірах міжкамерні цілики руйнуються, що приводить до розвитку процесу обрушення з утворенням воронкоподібних провалів.

Швидкість посування очисних забоїв. Замічено, що рівномірне посування забоїв сприяє рівномірному осіданню поверхні, і навпаки. При зупинках забою плавність процесу зрушення порід іноді порушується до такого ступеня, що породи розламуються над забоєм і тріщини, які утворюються, доходять до поверхні землі. Рівномірне швидке посування очисних забоїв сприяє плавному прогину підроблених ділянок поверхні і швидкому посуванню краю мульди зрушення під підроблюваними об'єктами, якщо останні попадають на дно мульди.

Зрушеність товщі порід раніше проведеними гірничими роботами суттєво відображується на ході процесу зрушення при повторних її підробках. В цих випадках процес зрушення активізується, тобто параметри, які характеризують процес зрушення, відрізняються від параметрів при первинній підробці. Так, величина осідання виявляється більшою, кут зрушення – меншим за абсолютним значенням, деформації в мульді зрушення розвиваються декілька більше.

Вплив рельєфу поверхні на процес зрушення гірських порід відбивається при розробці крутих схилів, особливо гір і пагорбів. В цих випадках на крутих схилах виникають так звані заколи, тобто різко виражені глибокі тріщини. Заколи відокремлюють нижню частину схилу від верхньої, причому нижня частина може одержати значні зміщення.

Всі перелічені вище фактори, в якійсь мірі впливаючи на розвиток процесу зрушення гірських порід і утворення мульди зрушення, одночасно

впливають на об'єкти, що попали в зону зрушення. Слід при цьому виділяти фактори сприятливі і несприятливі для результатів підробки об'єктів.

2.4 Інженерно-екологічні і соціально-економічні наслідки процесу зрушень і деформацій земної поверхні

Зрушення і деформації земної поверхні викликають в населених місцевостях різні пошкодження підроблених споруд і інших об'єктів і характер пошкоджень залежить від виду об'єктів. Це можуть бути житлові будинки, промислові будівлі, транспортні споруди, лінії водопроводу і інших комунікацій або ж ділянки земної поверхні, що використовуються сільським господарством. *Будинки* більше всього терплять від нахилів, кривизни і горизонтальних деформацій земної поверхні.

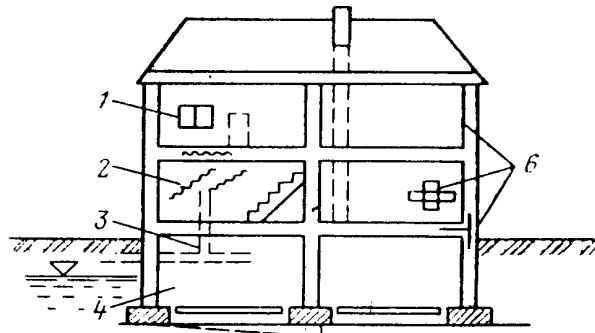
Для транспортних споруд і мереж каналізації небезпечними являються осідання земної поверхні і деформації розтягання і стиснення ґрунту, які змінюють уклон траси і викликають поздовжні і поперечні деформації рейкової колії, дорожніх покриттів і трубопроводів, що може призвести до їх руйнування. Для напірних підземних трубопроводів небезпечні тільки горизонтальні деформації поздовжнього напрямку. Осідання поверхні може бути єдиною причиною збитків, завданих полям, лукам, дренажним системам, каналам і іншим водостокам [2].

Пошкодження житлових будинків і їх обладнання. При рівномірному осіданні основи будинків може і не зазнавати статичних навантажень, але це ще не значить, що нема збитків від підробки, тому що змінюється уклон підхідних комунікацій і пошкоджується вимощення. Крім того, при піднятті рівня ґрунтових вод можуть бути затоплені підвальні приміщення, якщо не передбачена їх гідроізоляція, що призведе до витрати коштів на відкачування води, збитків від вогкості і до зниження купівельної вартості будинку (до 10%).

Якщо осідання основи відбувається з нахилом, то зусилля від власної ваги і інших навантажень вже не будуть прямовисними і центральними; це може призвести до взаємного зміщення несучих елементів і при великих нахилах і висоті будинків – до суттєвого зниження стійкості. Такого роду дефекти становляться помітні при нахилах більше 2 мм/м, при цьому вартість будинку знижується на 1% [2] (рис.2.4). Структурне ослаблення може зменшити довговічність і знизити цінність несучих конструкцій. Збитки, нанесені не несучим елементам, можуть бути ліквідовані при ремонті будинку. Доля структурних послаблень в загальному зниженні строку служби будинку визначається в залежності від нахилу.

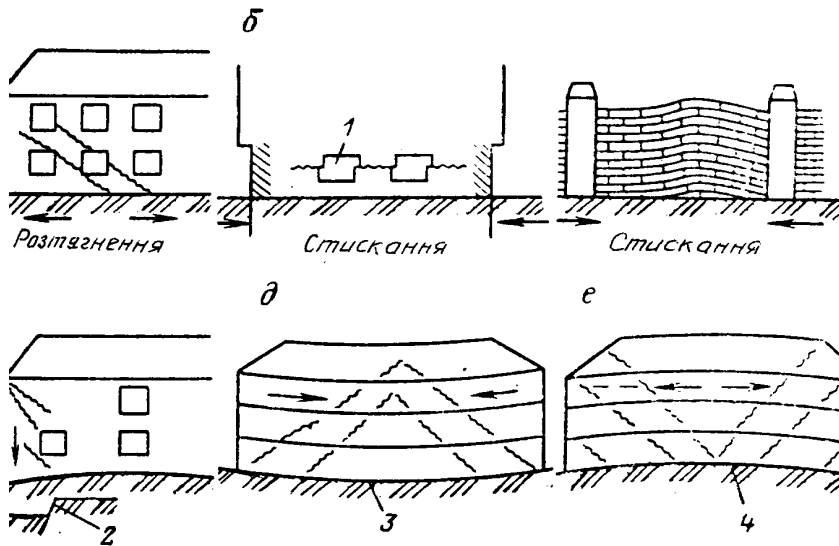
Пошкодження промислових будівель і їх обладнання. Збитки, що наносяться гірничими розробками промисловим будинкам і спорудам, відрізняються від збитків, що спричиняються звичайним будинкам, тим, що проведення необхідного ремонту або здійснення захисних заходів часто зв'язано з необхідністю тимчасового скорочення випуску продукції або навіть повної зупинки роботи промислового підприємства, внаслідок чого суттєво зростають витрати, які повинно нести гірниче підприємство, яке спричинило ці збитки. Крім того, в порівнянні з косметичним ремонтом житлових і громадських будинків, ремонт промислових підприємств дорожче і потребує більшого часу, тому що для того, щоб уникнути великих втрат продуктивності підприємства, часто приходиться проводити ремонтні роботи, не зупиняючи його діяльності.

Особливо важкі наслідки підробки для промислових підприємств, обладнаних котлами, печами і іншими топковими обладнаннями. До них відносяться перш за все коксові заводи, металургійні печі, хлібопекарські печі і тунельні печі для обпалювання цегли [2]. “Гарячий ремонт” таких печей без зупинки їх нормальної роботи можливий лише в дуже рідких випадках, так що вимушена перерва в випуску продукції означає для власника гірничого підприємства додаткові збитки, які потребують компенсації.



1 – заклинювання рам; 2 – тріщини стін і перекрить; 3 – тріщини сходів, обладнання і димарів; 4 – проникнення води; 5 – наклони основи; 6 – структурні послаблення несучих конструкцій

Рисунок 1.6 – Деформації елементів житлового будинку



1 – віконні отвори підвалу; 2 – уступ в основі; 3 і 4 – кривизна увігнутості і випуклості

Рис. 2.4 – Підробка житлових будинків

Лекція 3

РОЗРАХУНОК ЗРУШЕНЬ І ДЕФОРМАЦІЙ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ

3.1 Передумови розрахунку

Процес зрушення гірських порід і земної поверхні вивчався в основному за даними інструментальних спостережень шляхом добору й аналізу фактичного матеріалу. Необхідність загальної теорії процесу і розрахункових формул для визначення елементів зрушення особливо гостро відчувається при проектуванні будівництва будинків і споруд на підроблених територіях. Будівельники-проектувальники жадають від маркшейдерів зведення про можливі деформації поверхні при проведенні гірничих робіт, що дозволило б їм розрахувати конструкції фундаментів і споруд у цілому, здатних протистояти руйнівним впливам рухомої основи.

Розрізняють емпіричні методи розрахунку, аналітичні, засновані на теоретичних методах – стохастичних, пружних і пластичних. У Великобританії, Польщі, Угорщині, ФРН і країнах колишнього СРСР застосовуються емпіричні методи типових кривих, що розрізняються насамперед рівняннями профілю мульди зрушення і поруч інших параметрів.

3.2 Розрахунок очікуваних зрушень і деформацій земної поверхні від однієї очисної виробки

Розглянемо розрахунок зрушень і деформацій для головних перетинів мульди зрушення, приведених у «Правилах підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом» 2004 р. стосовно до умов Донецького вугільного басейну (Додаток А) [1]. Ідея методу була запропонована проф. С.Г. Авершиним, конкретизована – проф. Д.А. Казаковським, детальний метод був розроблений у ВНДМІ к.т.н. С.П. Колбенковим, А.Н. Медянцевим, И.А. Петуховим і ін.

Максимальне осідання земної поверхні обчислюється за формулою:

$$\eta_m = q_0 \cdot m \cdot \cos \alpha \cdot N_1 \cdot N_2, \quad (3.1)$$

де q_0 – відносна величина максимального осідання, визначається по табл. А.1 [1], для умов Горлівки і Донецька $q_0 = 0,8$;

m – потужність пласта, що виймається, м;

α – кут падіння пласта;

N_1, N_2 - умовні коефіцієнти, що характеризують ступінь підробленості земної поверхні відповідно вхрест простягання та за простяганням, безрозмірні величини.

Коефіцієнти N_1 і N_2 визначають за формулами:

$$N_1 = \sqrt{0,9 \left(\frac{D_1}{H} + \Delta D_{\text{п}} + \Delta D_{\text{в}} \right)} \quad (\text{A.16})$$

$$N_2 = \sqrt{0,9 \left(\frac{D_2}{H} + \Delta D_{\text{пр}} + \Delta D_{\text{опр}} \right)} \quad (\text{A.17})$$

де $\Delta D_{\text{п}}$ - поправка до відносної довжини лави за рахунок цілика зі сторони падіння;

$\Delta D_{\text{в}}$ - поправка до відносної довжини лави за рахунок цілика зі сторони підйому;

$\Delta D_{\text{пр}}$ - поправка до відносної довжини лави за рахунок цілика зі сторони простягання;

$\Delta D_{\text{опр}}$ - поправка до відносної довжини лави за рахунок цілика зі сторони протилежної простяганню.

У разі значень коефіцієнтів N_1 чи N_2 при обчисленнях за формулами (А.16), (А.17) більше ніж 1,0 їх треба приймати рівними 1,0. У разі значень N_1 і N_2 при обчисленнях за зазначеними формулами менше ніж 0,20 їх приймають 0,20.

Для умов Донецького басейну поправки до відносної довжини лави необхідно визначати відповідно до таблиці А.2 з урахуванням розміру цілика

(/) поблизу відповідної границі, середньої глибини лави (H), марки вугілля та потужності наносів.

Таблиця А.2- Значення поправок ΔD для Донбасу

ℓ H	$H, м$					
	100	200	400	600	800	1000
Райони залягання антрацитів						
0	0,14	0,10	0,07	0,06	0,05	0,04
0,1	0,08	0,06	0,04	0,03	0,03	0,02
0,2	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
0,3	-0,04	-0,03	-0,02	-0,02	-0,02	-0,01
0,4	-0,10	-0,08	-0,05	-0,04	-0,04	-0,03
0,5	-0,16	-0,13	-0,07	-0,07	-0,06	-0,05
0,6 і більше	-0,22	-0,18	-0,10	-0,09	-0,08	-0,07
Інші райони						
0	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02
0,1	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
0,2	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01
0,3	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0
0,4	0	0	0	0	0	0
0,5	-0,04	-0,04	-0,02	-0,02	-0,01	0
0,6	-0,07	-0,07	-0,05	-0,04	-0,03	-0,01
0,7	-0,10	-0,10	-0,08	-0,06	-0,04	-0,02
0,8 і більше	-0,12	-0,12	-0,10	-0,08	-0,06	-0,04

А.2. 6.2 Обчислення зрушень і деформацій у будь-якій точці мульди зрушення треба виконувати за формулами відповідно до таблиці А.3. Розташування координатних осей при розрахунку очікуваних зрушень і деформацій показано на рисунку А.4. Вісь X збігається з напрямком простягання пластів, а вісь Y спрямована в сторону підйому. При обчисленні зрушень і деформацій у довільному напрямку кут λ треба відлічувати від осі X (простягання) до заданого напрямку проти ходу стрілки годинника.

Таблиця А.3 - Формули для розрахунку очікуваних зрушень

Параметр	Напрямок	Позначення	Формула
Осідання	-	η	$\eta = \eta_m S(z_x) S(z_y)$
Нахили	за простяганням	I_x	$i_x = \frac{\eta_m}{L_3} S'(z_x) S(z_y)$
	вхрест простягання	I_y	$i_y = \frac{\eta_m}{L_{1(2)}} S'(z_y) S(z_x)$
	довільне	i_λ	$i_\lambda = i_x \cos \lambda + i_y \sin \lambda$
Кривизна	за простяганням	K_x	$K_x = \frac{\eta_m}{L_3^2} S''(z_x) S(z_y)$
	вхрест простягання	K_y	$K_y = \frac{\eta_m}{L_{1(2)}^2} S''(z_y) S(z_x)$
	довільне	K_λ	$K_\lambda = K_x \cos^2 \lambda + K_y \sin^2 \lambda + J \sin 2\lambda$
Скручування	-	J	$J = \frac{i_x S'(z_y)}{L_{1(2)}}$
Горизонтальні зрушення	за простяганням	ξ_x	$\xi_x = 0,5 a_0 \eta_m S'(z_x) S(z_y)$
	вхрест простягання	ξ_y	$\xi_y = 0,5 a_0 \eta_m F'(z_y) S(z_x)$
	довільне	ξ_λ	$\xi_\lambda = \xi_x \cos \lambda + \xi_y \sin \lambda$
Горизонтальні деформації	за простяганням	ε_x	$\varepsilon_x = 0,5 a_0 \frac{\eta_m}{L_3} S''(z_x) S(z_y)$
	вхрест простягання	ε_y	$\varepsilon_y = 0,5 a_0 \frac{\eta_m}{L_{1(2)}} F''(z_y) S(z_x)$
	довільне	ε_λ	$\varepsilon_\lambda = \varepsilon_x \cos^2 \lambda + \varepsilon_y \sin^2 \lambda + 0,5 \Delta \sin 2\lambda$

А.2.6.3 Значення функцій $S(z)$, $S'(z)$, $S''(z)$ наведені в таблицях А.4 - А.6 окремо для Донецького та Львівсько-Волинського басейнів. При обчисленнях в умовах Дніпровського буровугільного басейну значення функцій треба приймати тими ж, як і для Донецького басейну.

При виборі значень функцій величини коефіцієнтів N_1 і N_2 округлюють до найближчих значень, наведених у таблицях.

Значення функцій $F(z)$ та $F'(z)$ визначають за формулами:

$$F(z) = S'(z) + 2BS(z); \quad (\text{A.19})$$

$$F'(z) = S''(z) + 2BS'(z). \quad (\text{A.20})$$

Коефіцієнт B , що входить у ці формули, визначають за формулою:

$$B = \frac{1}{a_0} \left(\operatorname{tg} \alpha - \frac{h + h_m}{H} \right) \geq 0, \quad (\text{A.21})$$

де a_0 — відносна величина максимального горизонтального зрушення;

α - кут падіння пласта, градус;

h - потужність наносів, м;

h_m - потужність горизонтально залягаючих ($\alpha \leq 5^\circ$) мезозойських відкладів, м;

H - середня глибина розробки, м.

Для умов Львівсько-Волинського басейну і Дніпровського буровугільного басейну коефіцієнт B треба приймати рівним 0.

При обчисленнях за формулами таблиці А.3 та формулами (А. 19), (А.20) знаки функції розподілу необхідно приймати відповідно до рисунку А.4 та таких пояснень. Значення $S'(z_x)$ приймають від'ємними на ділянках, де $x > 0$, та додатними, де $x < 0$, за умови, що початок координат розташований у точці максимального осідання. Значення функцій $S''(z_y)$ приймають від'ємними в напівмульдї за підйомом ($y > 0$) та додатними в напівмульдї за падінням ($y < 0$).

А.2.6.4 Величини зрушень і деформацій в точках мульди зрушення можуть бути додатними та від'ємними.

При розрахунку зрушень і деформацій в головних чи паралельних ним перерізах мульди знаки їх треба визначати відповідно до таблиці А.7.

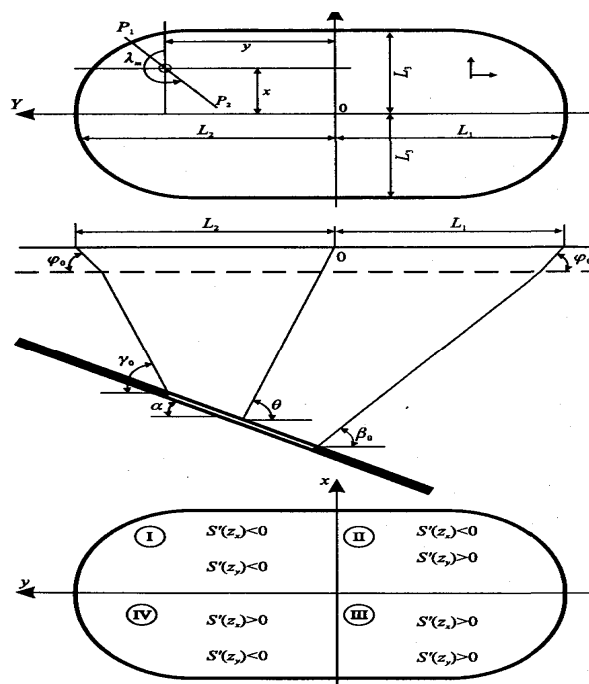


Рис. 3.1 – Схема координат при розрахунку деформацій

Напрямком простягання пласта треба вважати напрямок, відносно якого лінія падіння розташовується праворуч.

Додатні величини (крім осідань) та підйом при будівництві графіків зрушень і деформацій треба відкладати вгору від вихідної горизонтальної лінії.

Від'ємні величини та осідання необхідно відкладати униз від вихідної горизонтальної лінії.

Таблиця А.4— Значення функцій $S(z)$ (Донецький басейн)

z	$N \geq 1$	$N = 0,9$	$N = 0,8$	$N \leq 0,7$
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 А.5 -Значення функції $S'(z)$ (Донецький басейн)

z	$N \geq 1$	$N = 0,9$	$N = 0,8$	$N \leq 0,7$
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 А.6- Значення фнкції $S''(z)$

z	$N \geq 1$	$N = 0,9$	$N = 0,8$	$N \leq 0,7$
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

Викладена методика відноситься до визначення очікуваних зрушень і деформацій земної поверхні, тобто при наявності в гірничому підприємстві календарних планів розвитку гірничих робіт.

При відсутності таких планів виконується прогноз так званих ймовірних величин зрушень і деформацій.

При цьому проектна відмітка гірничих робіт на далеку перспективу (50-100 років) прийнята в Донбасі *мінус 1500 м*. Розрахунок деформацій необхідно виконувати по етажно, прийнявши фактичну висоту поверху по останніх роботах на даній шахті (у Горлівці це 110 м для більшості шахт).

3.3 Автоматизований спосіб розрахунку деформацій

В умовах крутого падіння пластів, коли одночасно відробляється до 20 пластів вугілля, розрахунок стає громіздким і вимагає великих трудовитрат проектувальників.

Тому для полегшення і прискорення розрахунку розроблені спеціальні номограми (п. 6.2 і рис. 17 [1]) і програма автоматизованого розрахунку на ЕОМ VBA “Подработка”, яка розроблена на кафедрі екології та безпеки життєдіяльності (автор – студент У курсу Фасей К.С.).

Таблиця А.7 — Знаки зрушень і деформацій

Знак додатний	Знак від'ємний
1. Осідання	1. Підйом
2. Горизонтальні зрушення в сторону підйому та в сторону простягання пласта	2. Горизонтальні зрушення в сторону падіння та в сторону протилежну простягання пласта
3. Нахили в сторону підйому та в сторону простягання пласта	3. Нахили в сторону падіння та в сторону протилежну простягання пласта
4. Кривизна та радіус кривизни опуклості кривої осідання	4. Кривизна і радіус кривизни угнутості кривої осідання
5. Розтяг	5. Стиск

Для користування програмою особливих знань програмування не потрібно. Достатньо навичок роботи з Microsoft Excel на рівні користувача (цей рівень дає стандартна шкільна або ВУЗівська програма). Щоб почати роботу з програмою треба відкрити файл «Подработка.xls». Якщо з'явиться запит про макроси, то натиснути кнопку «Не отключать макросы» (Це стандартний засіб запобігання зараження вірусами, які можуть міститися в макросах. У даній програмі вірусів немає, а без макросів вона працювати не буде). На листі “Розрахунок” (див. рис. 3.2) у відповідні чарунки (1) вводяться гірничо-геологічні параметри та характеристика будівлі. Програма надає можливість розрахунку деформацій земної поверхні внаслідок гірничих робіт від будь-якої кількості лав одного пласта (кількість лав

змінюється в межах від 1 до ∞). Розрахунок проводиться для необмеженої кількості точок однієї споруди (кількість точок може задаватися в межах від 2 до ∞). У випадку, коли задається 2 точки, їх координатами вважаються координати початку і кінця будівлі. Якщо задається кількість точок більша 2, то перша і остання точки мають координати початку і кінця будівлі, а всі інші розташовуються між ними на рівній відстані одна від одної.

Після введення усіх даних треба натиснути кнопку “Почати розрахунок”. Внаслідок цього відкриється лист “Розрахунок” (рис. 3.3) на якому містяться вихідні дані та сумарні результати розрахунку: результати для кожної точки будівлі сумарно від усіх лав даного пласта Щоб побачити вплив кожної лави на кожну точку окремо треба натиснути кнопку “Більше >”. З’явиться лист “Більше”. Щоб повернутися на лист “Розрахунок” треба натиснути кнопку “Повернутися”. Розпечатати отримані дані можна за допомогою засобів Microsoft Excel. Якщо треба зберігати електронну версію розрахунку тривалий час, то доцільно зберегти файл з отриманими результатами під іншим ім’ям.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1											
2		Вихідні дані									
3		1 Гірниче-геологічні параметри									
4		1.1 Потужність пласта, м				1,9					
5		1.2 Кут падіння, °				8					
6		1.3 Потужність наносів, м				23					
7		1.4 Довжина лави, м:									
8		1.4.1 вхрест				200					
9		1.4.2 по простиранню				925					
10		1.5 Швидкість порушення вибою, м/міс				60					
11		1.6 Глибина відкаточного штреку, м				-19					
12		1.7 S1, м				135					
13		1.8 Zn, м				205					
14		1.9 Кількість лав				3					
15											
16		2 Характеристика громадських будівель									
17		2.1 Довжина будинку, м						40			
18		2.2 Кількість точок будівлі						3			

Рис. 3.2 – Вихідні дані

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

№	Параметр	Значення					
2	Вихідні дані						
3	1 Причино-геологічні параметри						
5	1.1 Потужність пласта, м	1.9					
5	1.2 Кут падіння, °	8					
6	1.3 Потужність наносів, м	23					
7	1.4 Довжина лави, м:						
8	вхрест	200					
9	по простиранню	925					
10	1.5 Швидкість порушення вибою	60					
11	1.6 Глибина відкаточного штреку, м	-19					
12	1.7 S ₁ , м	135					
13	1.8 Z ₀ , м	205					
14	1.9 Кількість лав	3					
16	2 Характеристика громадських будівель						
17	2.1 Довжина будинку, м	40					
18	2.2 Кількість точок будівлі	3					
20	3 Результати розрахунку						
21	Величини очікуваних деформацій від усіх лав для точок будівлі (сумарно)						
22	№ точки будівлі	Осідання					
23		Нахили					
24		Кривизна					
24		Радіус кривизни					
25		Горизонтальні					
26		Горизонтальні					
24	1	1,322441	-0,000733	-0,000114	25661,28	-0,024253	-0,00327
25	2	1,320496	0,001146	-9,66E-05	8014,7092	0,027059	-0,00261
26	3	1,265598	0,002766	-9,26E-05	4010,2788	0,067972	-0,00235

Рис. 3.3 – Лист “Розрахунок”

Програма розрахунку придатна для будь-яких гірничо-геологічних умов Донбасу, в тому числі і для крутого падіння в шахтах м. Горлівки.

Наведена програма розроблена для навчальних цілей. Проте може використовуватися для виконання розрахунків, що багаторазово повторюються, при більш складних обчисленнях, зокрема, при дипломному проектуванні.

Лекція 4

МОНІТОРІНГ ПРОЦЕСУ ЗРУШЕНЬ І ДЕФОРМАЦІЙ

4.1 Інструментальні спостереження на місцевості

Основними методами дослідження процесу зрушень гірських порід і земної поверхні являються:

- 1) спостереження на місцевості за зрушенням гірських масивів;
- 2) спостереження на місцевості за зрушенням земної поверхні;
- 3) лабораторні дослідження процесу зрушень гірських порід і земної поверхні на фізичних моделях;
- 4) аналітичні дослідження процесу зрушень гірських порід і земної поверхні на математичних моделях.

Спостереження на місцевості за зрушенням гірських порід і земної поверхні вперше в СРСР були розпочаті в Донбасі з 30-х років [3,4,5,6,7,8].

Великий вклад в організацію спостережень і розвиток науки про зрушення гірських порід і земної поверхні внесли проф. І.М.Бахурін, під керівництвом якого в 1929 р. було засноване Центральне науково-дослідне маркшейдерське бюро (ЦНДМБ), перейменоване в 1945 р. в Всесоюзний науково-дослідний маркшейдерський інститут (ВНДМІ) [9], а також професори С.Г.Авершин і Д.А.Казаковський. Норми охорони об'єктів на вугільних родовищах регламентуються Правилами охорони споруд і природних об'єктів [10], розробленими ВНДМІ.

Важливим елементом теорії процесу зрушень являється характер деформування окремих пластів в товщі порід і біля земної поверхні (характер деформування наносів).

Основою розвитку сучасних методів прогнозу зрушень і деформацій земної поверхні під впливом підземних гірничих розробок являються дані, одержані за допомогою спостережень на місцевості.

Спостереження за зрушенням гірських порід і земної поверхні проводять на так званих спостережних станціях. *Спостережною станцією називається система спостережних пунктів (реперів), які закладаються в вигляді профільних ліній на земній поверхні або в товщі гірських порід.* При проведенні спостережень на земній поверхні в залежності від вирішуваних задач розрізняють типові і спеціальні спостережні станції. *Типові спостережні станції* призначені для визначення основних параметрів процесу зрушень при розробці окремих пластів і свит. *Спеціальні спостережні станції* служать для вивчення характеру зрушень і деформацій при утворенні прямих і зворотних уступів (Центральний район Донбасу), при підробці зміщувачів тектонічних зрушень при розробках свит пластів, для встановлення взаємозв'язку деформацій ґрунту (основи) і споруди, для визначення впливу гірничих розробок на зміну фільтраційних властивостей гірських порід, визначення ефективної потужності пластів при закладці виробленого простору для визначення взаємодії зрушень і деформацій товщі порід з підробними гірничими виробками (наприклад, з вертикальними шахтними стволами).

По строках служби розрізняють:

1) *довгострокові* спостережні станції, призначені для визначення параметрів процесу зрушень в умовах розробки свит пластів на одному або кількох горизонтах. Строк служби довгострокової спостережної станції більше трьох років.

2) *рядові* спостережні станції для визначення основних параметрів процесу зрушень при веденні гірничих робіт, як правило, в одному-двох пластах на одному горизонті. Строк служби рядових спостережних станцій менше трьох років.

Закладка спостережних станцій і спостереження за зрушеннями земної поверхні проводяться згідно з заздалегідь складеним проектом.

Проект спостережної станції включає графічну частину і пояснювальну записку. Графічна частина складається з плану поверхні

M1:500—1:5000 в горизонталях, на якому відображені пройдені і проектні гірничі виробки, намічені до підробки об'єкти, виходи на поверхню тектонічних порушень і профільні лінії спостережної станції. При розробці свит крутих пластів плани гірничих робіт прикладаються по кожному пласту окремо. Графічна частина обов'язково містить геологічні розрізи профільних ліній з положенням пройдених раніше і намічених до розробки виробок, потужності пластів, що виймаються, наявність монолітних і слабких порід в масиві, геологічні порушення. Графічна частина також включає рекомендовані конструкції робочих, опорних і вихідних реперів.

В пояснювальній записці до проекту спостережної станції дають коротку гірничотехнічну і геологічну характеристику ділянки, обґрунтовують конструкцію реперів, відстань між ними, довжини профільних ліній, їх положення на місцевості. Приводиться обґрунтування методики спостережень, виходячи з необхідної точності визначення положення реперів в вертикальній і горизонтальній площинах, точності визначення деформацій земної поверхні, встановлюється періодичність спостережень.

Конструкція типової спостережної станції призначається в залежності від поставлених задач і гірничо-геологічних обставин. Як правило, спостережна станція має одну-дві профільні лінії реперів, розміщених навхрест простягання, і однієї профільної лінії по простягання пласта. Довжини профільних ліній рядових і довгострокових спостережних станцій встановлюють згідно з вимогами п. 3.7-3.10 Інструкції по спостереженнях... [11] і Методичними вказівками по спостереженню... [12] ВНДМІ. План спостережної станції і характерні розрізи для умов Центрального Донбасу приведені на рис. 4.1.

Біля кінців робочих ділянок профільних ліній закладають по 2-4 опорних репери з інтервалами 30-50 м, на кінцях дуже важливої довгострокової спостережної станції каналу "Сіверський Донець-Донбас" довжиною 4,7 км закладено по 8 і більше опорних реперів.

Відстані між робочими реперами профільних ліній вибирають в залежності від поставлених задач і глибини гірничих робіт, вони можуть бути від 5 м при глибинах розробки до 100 м, 10 м при глибинах розробок до 300 м і 20 м при глибинах розробок $H \geq 300$ м.

Для визначення координат опорних і робочих реперів спостережних станцій використовують вихідні репери, в якості яких можуть служити пункти державної геодезичної мережі або непідроблені пункти міської полігонометрії.

Основними вимогами до конструкцій реперів являються їх незалежність від сезонного промерзання і здимань ґрунтів, простота конструкції, зручність при роботі.

В якості таких реперів частіше використовують металеві стержні, відрізки рейок, верх яких обточують в вигляді півсфери, а в центрі свердлять отвір діаметром 1-2 мм і глибиною 5-10 мм. По принципу закладки і закріплення реперів виділяють два основних типи : бетонований і забивний (рис.4.2).

Бетоновані репери встановлюються в свердловини діаметром 100-200 мм, бетонована частина при цьому повинна розміщуватися на 500-700 мм нижче глибини промерзання ґрунту, яка практично завжди відома для кожного населеного пункту.

Забивні репери закладаються з допомогою спеціальної насадки для захисту головки з керном або свердловиною на глибину 1,5-1,7 м. Головки реперів, залежно від оточуючої ситуації можуть бути на поверхні ґрунту (наприклад на тротуарі), або заглибленими на 300-400 мм від земної поверхні.

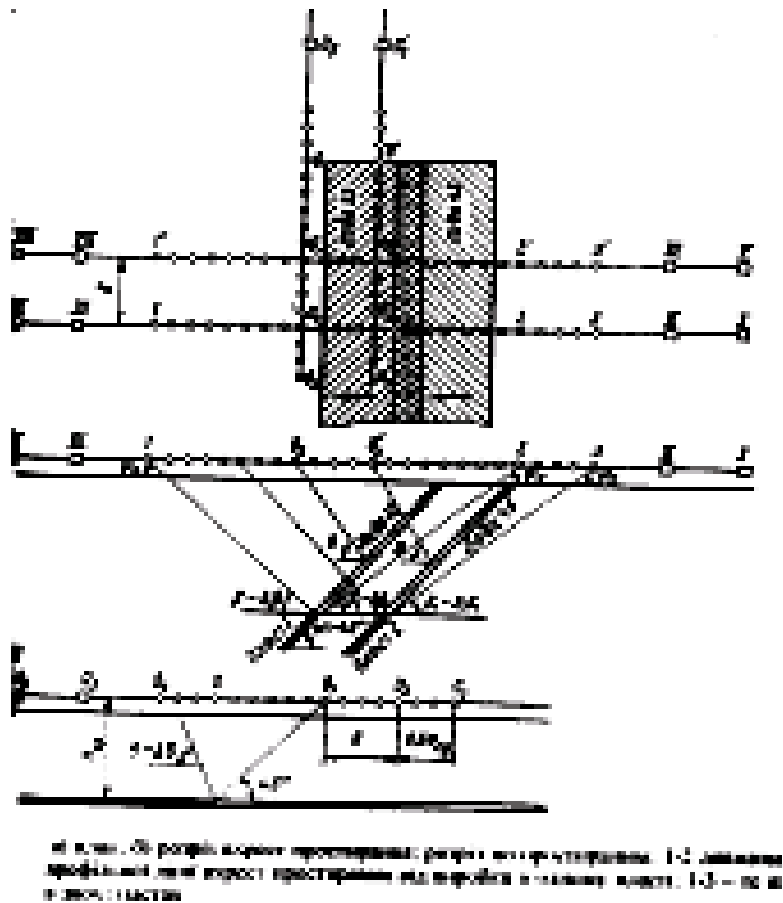
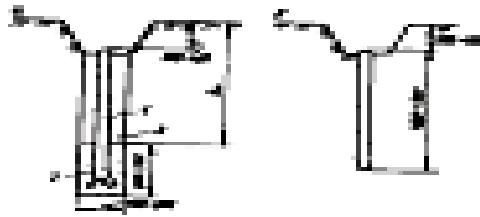


Рис. 4.1 – Типова спостережна станція на крутому падінні

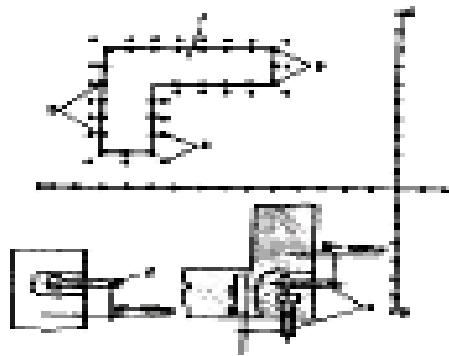
Репери такого типу довше зберігаються але перед кожним спостереженням потребують відкопування.

При особливих гірничо-геологічних умовах (наприклад, при складному і порушеному заляганні порід), або коли необхідно одержати дані спостережень для вирішення будь-яких спеціальних задач, закладаються спеціальні спостережні станції.



1 – марка, висота ст. реперів, 2 – висотами, 3 – стіни

Рисунок 4.2 – Конструкція ґрунтових реперів



1 – Об'єктові, 2 – стіни будинку, 3 – ґрунтові реперів, 4 – стіни реперів, 5, 6 – ББ-профілі в стіні ґрунтових реперів

Рисунок 4.3 – Спеціальна спостережна станція (спостереження за деформаціями будинку)

Рис. 4.2 – Конструкція ґрунтових реперів

Рис. 4.3 – Спеціальна спостережна станція

Спеціальні спостережні станції для спостережень за деформаціями окремих будинків і споруд складаються із системи стінних і ґрунтових реперів. Стінні реperi закладаються по всьому периметру будинку через рівні відстані, відповідними відстаням між ґрунтовими реперами. Звичайно відстані між стінними реперами приймають рівними 6 – 12 м. На кожній стороні безкаркасного будинку повинно бути не менше трьох реперів, причому закладаються вони в колони. Якщо будинок розподілено деформаційними швами на окремі відсіки, то стінні реperi розташовуються попарно по обидві сторони від деформаційного шва. Конструкція стінних реперів повинна бути надійною і забезпечувати зручність спостережень. Напроти кожного стінного репера на відстані 1,5 – 2,0 м закладаються ґрунтові реperi (рис. 4.3). На ділянках будинку, що має посилення конструкції (на ділянках очікуваного деформування, наприклад на виходах

зміщувачів порушень, слабких контактів і т.д.), відстані між реперами можуть бути зменшені. Для вимірювання ширини тріщин встановлюються маяки із гіпсу. Крім того, вимірювання може бути виконано методами фотофіксації.

При підробці залізниць проводяться спостереження за осіданням залізничного полотна; визначаються горизонтальні деформації колії; контролюються величини стикових зазорів.

Для вимірювання деформацій підземних сталевих трубопроводів в спеціальних колодязях використовують пластинки із металу, які закріплюють по обидві сторони від стикових з'єднань. Вимірювання виконують компарованими месурами (індикаторами годинникового типу) з точністю відліку 0,01 мм.

Результати спостережень за деформаціями сталевих трубопроводів можуть використовуватися для визначення напружень в стінках трубопроводу за формулою

$$E = \left(\frac{\Delta l}{l} \pm \alpha_l \Delta t \right), \quad (4.1)$$

де Δl – виміряна зміна відстані між пластинками на трубі;

l – довжина бази;

α_l – коефіцієнт лінійного розширення сталі, який дорівнює $1,2 \cdot 10^{-5}$;

Δt - зміна температури труби в порівнянні з початковим спостереженням.

Спостереження на секційних трубопроводах заключається в вимірюванні посувань стикових з'єднань і перевірці компенсаційної здатності стиків.

Спостереження за самотічними трубопроводами зводяться до визначення їх уклонів.