

18.3. Практичне застосування параметрів зрушення земної поверхні

Граничні кути використовують при визначенні розмірів мульди зрушення земної поверхні та при побудові охоронних ціликів під вертикальні шахтні стволи.

Кути зрушення використовують при визначенні розмірів зони тріщин та розривів, при побудові охоронних ціликів під будівлі, споруди і природні об'єкти.

Кути розривів використовують при визначенні розмірів зони тріщин та розривів, при побудові охоронних ціликів під водні об'єкти, лісонасадження.

Кути повних зрушень використовують при визначенні довжин напівмульд при повній підробці земної поверхні та при визначенні розмірів плоского дна.

Кути максимального осідання використовують при визначенні довжин напівмульд при неповній підробці земної поверхні.

Параметри, що отримані за результатами натурних інструментальних маркшейдерських вимірювань на спостережних станціях, відіграють важливу роль, оскільки є найбільш вірогідними даними при складанні загальної характеристики процесу зрушення земної поверхні у реальних умовах. При цьому на спостережних станціях отримують такі параметри зрушення земної поверхні:

- відносне максимальне осідання q_0 ;
- відносне максимальне горизонтальне зрушення a_0 ;
- максимальний нахил i_0 ;
- максимальна кривизна k_0 ;
- максимальна горизонтальна деформація ε_0 ;
- максимальне горизонтальне зрушення ξ_0 ;
- швидкість осідання земної поверхні V_0 ;
- кути зрушення $\varphi, \beta, \beta_1, \gamma, \delta$;
- граничні кути $\varphi_0, \beta_0, \beta_{01}, \gamma_0, \delta_0$;
- кути розривів $\beta'', \gamma'', \delta'', \beta_1''$;
- кути повних зрушень ψ_1, ψ_2, ψ_3 ;
- кути максимального осідання θ ;
- загальна тривалість процесу зрушення T та періоду небезпечних деформацій t .

Перелічені параметри процесу зрушення використовують для удосконалення методик розрахунку і прогнозування зрушень і деформацій земної поверхні, при розробці ефективних заходів з охорони споруд, будівель і природних об'єктів на підроблюваних територіях.

Основним маркшейдерським документом, що регламентує питання охорони підроблюваних об'єктів, прогнозування величин зрушень і деформацій земної поверхні, будівель і споруд під впливом підземної розробки вугільних родовищ є Правила підробки [7].

Вони базуються на величезній кількості маркшейдерських інструментальних спостережень за зрушенням земної поверхні, досвіді

проведення очисних робіт в різноманітних гірничо-геологічних умовах із використанням різних технологій під різноманітними спорудами і об'єктами.

18.4. Методи вивчення процесу зрушення гірських порід і земної поверхні

Зрушення гірських порід і земної поверхні вивчається практично на усіх родовищах корисних копалин. При цьому використовуються різні *методи вивчення* цього складного техногенного явища, а саме

1. *Натурні маркшейдерські інструментальні спостереження.*
2. *Лабораторні дослідження.*
3. *Теоретичні дослідження.*

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. 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.

Недоліками методу натурних інструментальних спостережень є важкість і складність вивчення окремих питань, пов'язаних із інтерпретацією результатів спостережень, ув'язкою їх із геомеханічними процесами у підроблюваному масиві; обмеженість використання результатів досліджень конкретними умовами їх отримання; трудомісткість, громіздкість і значна тривалість спостережень (до декількох років і більше на одній спостережній станції).

Лабораторні дослідження полягають у моделюванні очисної виробки, товщі гірських порід і процесу їх зрушення. Для створення моделей використовують гіпсо-піщано-глиняні суміші з різними добавками. Властивості сумішей вибирають еквівалентно масштабу моделі, тому саме моделювання називають *моделюванням з еквівалентних матеріалів*.

Зрушення точок „підроблених” порід моделі фіксують за допомогою спеціальних високоточних приладів і пристроїв. У результаті отримують загальну якісну картину зрушення усієї товщі, вектори зрушення окремих точок та їх відносні величини.

Достоїнства моделювання з еквівалентних матеріалів – це значно менша тривалість і трудомісткість у порівнянні із проведенням натурних інструментальних маркшейдерських спостережень; наочність отриманих результатів (якісні показники), можливість широкого, практично безмежного, варіювання гірничо-геологічними параметрами та умовами.

Недоліками є складність у підборі матеріалів моделі і, як наслідок, відсутність подібності моделі й природи; недостатня точність отриманих результатів (кількісних показників).

Теоретичні дослідження мають на меті розробку теорії зрушення

гірських порід, яка була б заснована на фізико-механічних властивостях реального масиву з урахуванням усіх гірничо-геологічних факторів. Ці дослідження проводять за двома напрямками:

- отримання аналітичних залежностей між гірничо-геологічними умовами і числовими величинами зрушень і деформацій;
- розробка методик розрахунків зрушень і деформацій земної поверхні на основі встановлених залежностей і закономірностей.

18.5. Методика інструментальних спостережень на станції. Прилади і інструменти

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. Слід зауважити, що первинне нівелювання реперів за профільними лініями виконують двічі – у прямому і зворотному напрямках. Нівелірні ходи повинні бути замкненими, з допустимою нев'язкою $\Delta h = \pm 15 \text{ мм} \sqrt{L}$, 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 з динамометром, який забезпечує постійний натяг стрічки 10 кг. Під час вимірювань визначають і фіксують температуру повітря з точністю до 1 градуса.

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.

Нормативні документи вимагають по можливості у стислі терміни проводити вимірювання на станції – до 5 днів.

Такі високі вимоги до результатів первинного інструментального спостереження зумовлені тим, що у подальшому вони використовуються як вихідні дані для отримання повної характеристики процесу зрушення земної поверхні (кутові параметри, величини зрушень і деформацій і т.і.) на спостережній станції.

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.

Для вивчення процесу зрушення у часі (отримання динамічних параметрів зрушення) можуть призначатися частотні спостереження на станції. При цьому частота спостережень залежить від гірничо-геологічних умов підробки спостережної станції і складає від 1...2 до 10...15 днів.

У процесі підробки спостережної станції при проведенні чергового спостереження маркшейдер уважно обстежує підроблювану ділянку, фіксує та знімає тріщини, які утворились на земній поверхні під впливом гірничих робіт, вказує час їх появи та величину розкриття.

Одночасно із інструментальними спостереженнями необхідно поповнювати плани гірничих виробок на дату кожного спостереження. На план наносять усі виробки, які можуть впливати на репери спостережної станції, залишені цілики, розташування старих виробок, уточнюють кут падіння і вийману 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).

Результати інструментальних вимірювань на спостережній станції записують у спеціальні польові журнали. Після закінченні кожної серії вимірювань матеріали спостережень повинні бути аналітично і графічно оброблені.

Аналітична обробка умовно може бути поділена на два етапи:

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

Первинна математична обробка матеріалів польових спостережень включає перевірку польових журналів, обчислення висотних відміток всіх реперів спостережної станції, камеральна обробка горизонтальних відстаней (із введенням усіх поправок) між реперами профільних ліній і координат X і Y опорних реперів (у початковій серії спостережень).

Обчислення перевишень між реперами і висотних відміток реперів виконують безпосередньо у польових журналах нівелювання. Зрівнювання нівелірних ходів виконують у спеціальному журналі методом наближень або методом полігонів.

Висотні відмітки реперів після обробки кожної серії спостережень виписують у відомість осідань реперів.

Горизонтальні відстані d між реперами профільних ліній обчислюють у спеціальному журналі з урахуванням відповідних поправок.

§ 19. Визначення умов безпечної підробки будівель та споруд

Визначення умов безпечної підробки будівель та споруд і вибір мір охорони для них оснований на порівнянні розрахункових деформацій земної поверхні з допустимими та граничними деформаціями (показниками сумарних деформацій) для об'єктів [7].

Допустимими деформаціями земної поверхні прийнято вважати деформації, які спроможні визвати в спорудах порушення, при яких після поточних ремонтних і налаштовувальних 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. На горизонтах, що розташовані нижче безпечної глибини, роботи можуть проводитись без застосування мір охорони. У залежності від того, які деформації для споруди є найбільш небезпечними, безпечну глибину розраховують за наступними формулами:

– якщо у якості допустимих прийняті горизонтальні деформації

$$H_0 = \frac{m}{k_c} [\varepsilon_d],$$

– якщо у якості допустимих прийняті нахили

$$H_0 = \frac{m}{k_i} [i_d],$$

де m – потужність пласта, $[\varepsilon_d]$, $[i_d]$ – показники допустимих горизонтальних деформацій та нахилів, k_c , k_i – коефіцієнти, які визначають у залежності від району ведення гірничих робіт та кута падіння пласта.

Для підроблюваних цивільних будівель найбільш небезпечними є горизонтальні деформації земної поверхні.

При проведенні гірничих робіт вище безпечної глибини слід визначати розрахункові деформації та шляхом порівняння їх із допустимими визначати варіанти сумісного чи роздільного застосування гірничих чи конструктивних мір охорони. При підробці споруди декількома пластами визначення умов безпечної розробки за допомогою безпечної глибини може виконуватись тільки для пласта, який розробляється першим. При підробці споруди іншим та наступним пластами безпечні умови підробки визначають порівнянням допустимих деформацій (показника сумарних деформацій) з розрахунковими або вірогідними залежно від наявності плану відпрацювання пласта [7].

Для визначення умов безпечної підробки споруди слід розрахувати безпечну глибину розробки H_0 та проаналізувати, на яких ділянках пласта можна вести роботи без застосування мір охорони, а де їх вживання буде обов'язковим (рис. 38).

Таким чином, можна навести послідовну схему визначення мір охорони для споруд, що підлягають підробці (рис. 39).



Рис. 38. Використання безпечної глибини при визначенні умов безпечної підробки споруди



Рис. 39. Схема до визначення мір охорони споруд, що підроблюються

19.1. Заходи з охорони споруд та об'єктів при підробках

Існують наступні заходи з охорони споруд та об'єктів:

- 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.

До гірничих заходів з охорони відносять такі:

- використання закладки виробленого простору породою або спеціальною закладальною сумішшю;
- часткова виїмка вугілля за площею (рис. 40,а) чи потужністю;

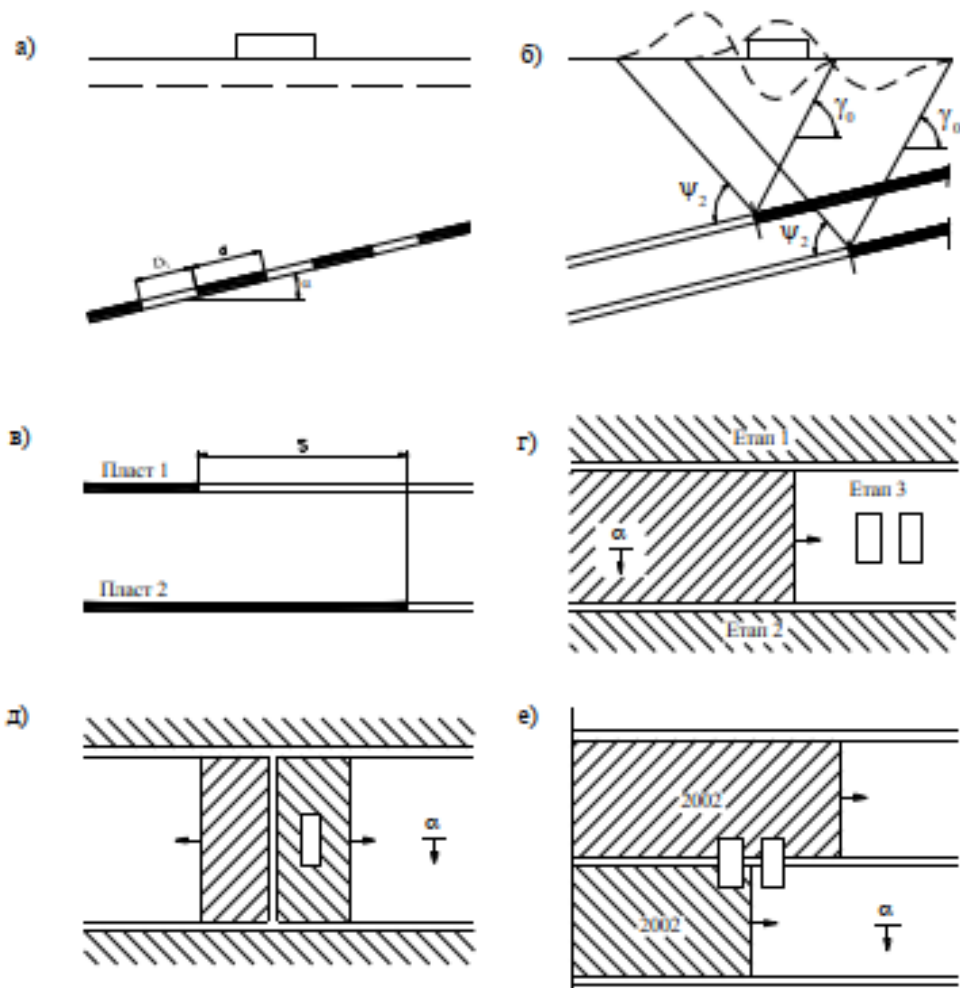


Рис. 40. Ілюстрація до гірничих заходів охорони споруд

- виїмка, яка виключає сумування деформацій (гармонічна відробка свит пластів) (рис. 40,б);

- розробка вугільних пластів з розривом у часі більше загальної тривалості процесу зрушення від одного пласта (рис. 40,є);
- відробка вугільного пласта у декілька етапів (рис. 40,з);
- відробка вугільного пласта вибоями, що розходяться (рис. 40,д);
- відробка вугільного пласта суміжними вибоями, які рухаються з заданим випередженням (рис. 40,е);
- розташування гірничих виробок, при якому об'єкт, що охороняється, буде попадати в плоске дно мульди зрушення.

Ефективність вищевказаних гірничих заходів з охорони різна і залежить насамперед від гірничо-геологічних умов підробки об'єктів. Так, наприклад, використання такої міри, як закладка виробленого простору породою та спеціальною закладальною сумішшю значно зменшує величини зрушень і деформацій земної поверхні.

Вибір заходів охорони споруд та об'єктів при розробках вугільних пластів регламентується Правилами підробки [7]. При цьому гірничі заходи з охорони застосовують для зменшення деформацій земної поверхні. У складеному проекті виконують розрахунок очікуваних деформацій, знаходять коефіцієнт зменшення деформацій, який дорівнює відношенню величин допустимих деформацій для об'єкта до максимальних. Після цього вибирають раціональний спосіб вилучення вугілля в зоні впливу на охоронний об'єкт.

До конструктивних заходів з охорони відносять наступні:

- розділення будівель деформаційними швами на окремі відсіки;
- підсилення підроблюваного об'єкта металевими тязами та залізобетонними поясами;
- випрямлення наземної частини будівлі за допомогою домкратів;
- збільшення кількості опор міжповерхових перекриттів;
- обладнання трубопроводів компенсаторами;
- підсіпка залізничного полотна та ін.

Використання третього способу заходів з охорони – тимчасової зміни характеру експлуатації об'єкта можливо у випадках, коли заздалегідь плануються ремонтні роботи, що передбачають тимчасове припинення експлуатації об'єкта або часткове обмеження деяких елементів роботи, наприклад, обмеження швидкості руху поїздів тощо.

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

19.2. Основні правила побудови охоронних ціликів

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 проєкцій 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 [7] 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 та межі окремої будівлі визначають таким чином. На плані навколо об'єкта, що охороняється, через кутові точки проводять лінії, які паралельні напрямкам простягання та падіння вугільного пласта до взаємного їх перетину. Потім в отриманому прямокутнику в усі боки відкладають ширину берми (рис. 41) з урахуванням допустимих деформацій [7]. 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 [7] знаходять розміри охоронних ціликів, які у подальшому переносять на план.

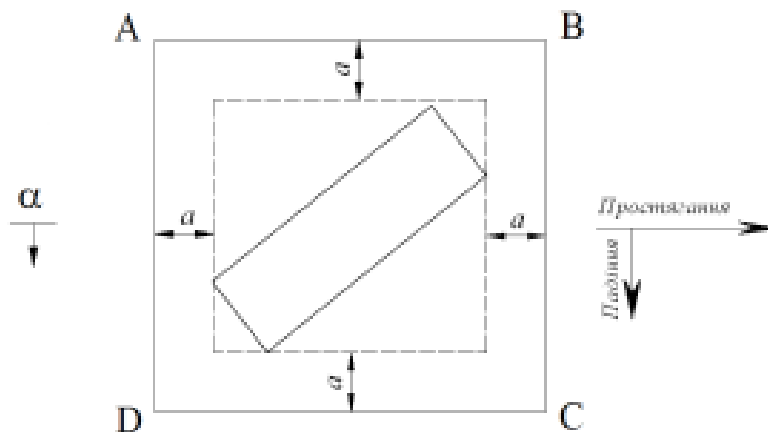


Рис. 41. Визначення охоронної площі на плані для побудови охоронного цілика під окрему будівлю: a – розмір берми, $ABCD$ – охоронна площа

Розміри охоронних ціликів під вертикальні шахтні стволи визначають за граничними кутами та кутами зрушення у відповідності з методикою [7].

Межі охоронних ціликів під лісові насадження, породні відвали, що не вигоріли, та кладовища будують по кутах розрізів.

Числові значення кутових параметрів процесу зрушення у залежності від вугільних басейнів наведені у Правилах підробки [7].

Спосіб перпендикулярів застосовують при побудові охоронних ціликів під витягнуті об'єкти великої протяжності у випадках, коли вісь об'єкта розташована діагонально по відношенню до простягання та падіння пласта.

Для побудови охоронного цілика таким способом необхідно визначити значення кутів β' та γ' за формулами Правил підробки [7].

За формулами Правил підробки [7] визначають довжини перпендикулярів q та l , які відкладають у характерних точках перпендикулярно до охоронної площі. При цьому q – довжина перпендикуляра у бік підняття пласта, а l – довжина перпендикуляра у бік падіння пласта.

Примітка. Характерними точками витягнутих об'єктів при побудові охоронних ціликів є:

- початкові та кінцеві точки прямолінійної ділянки;
- початкові та кінцеві точки на ділянці заокруглення (якщо точка має місце);
- точки, розташовані на середині заокруглення.

Після побудови охоронного цілика визначають запаси вугілля по пласту у цілику, які у подальшому відносять до загальношахтних втрат.

19.3. Побудова цілика для охорони цивільної будівлі

Для будинків і споруд границю охоронної площі визначають на плані наступним чином: навколо об'єкту, що охороняється, через його кутові точки будують прямокутник, сторони якого орієнтують за простяганням і укрест простягання пласта (рис. 42). Паралельно сторонам прямокутника на відстані, що дорівнює бермі, проводять лінії до їхнього взаємного перетину. Територія, що обмежується відбудованими лініями, є охоронною площею.

Межі охоронного цілика для будинків і споруд визначають за допомогою кутів зрушення.

Якщо нижня межа цілика, що побудована по куту зрушення γ , розташована нижче горизонту безпечної глибини, то за нижню межу цілика приймають горизонт безпечної глибини. Послідовність побудови охоронного цілика можна розглянути на конкретному прикладі.

Завдання. Побудувати охоронний цілик під житловим 5-поверховим будинком в умовах однієї із шахт Центрального Донбасу.

Порядок виконання роботи.

1. Визначають кути зрушення β , γ , δ і φ для умов розробки пласта l_7 за Правилами підробки [7].
2. Визначають ширину берми відповідно до Правил підробки [7] і будують на плані будівлі контур охоронної площі.

3. Будують вертикальні розрізи за напрямками простягання і вкрест простягання пласта.
4. Будують на розрізах за кутами зрушення лінії, які обмежують контури охоронного цілика в масиві.
5. Визначають контури охоронного цілика в площині пласта на розрізах з урахуванням безпечної глибини H_{δ} і особливостей побудови цілика нижче горизонту H_r [7]), де H_r – горизонт, до якого побудову цілика на розрізі за простяганням виконують за кутами зрушення δ , а далі – по вертикалі, до перетину із проекцією нижньої границі цілика.
6. Переносять границі охоронного цілика з вертикальних розрізів на план.

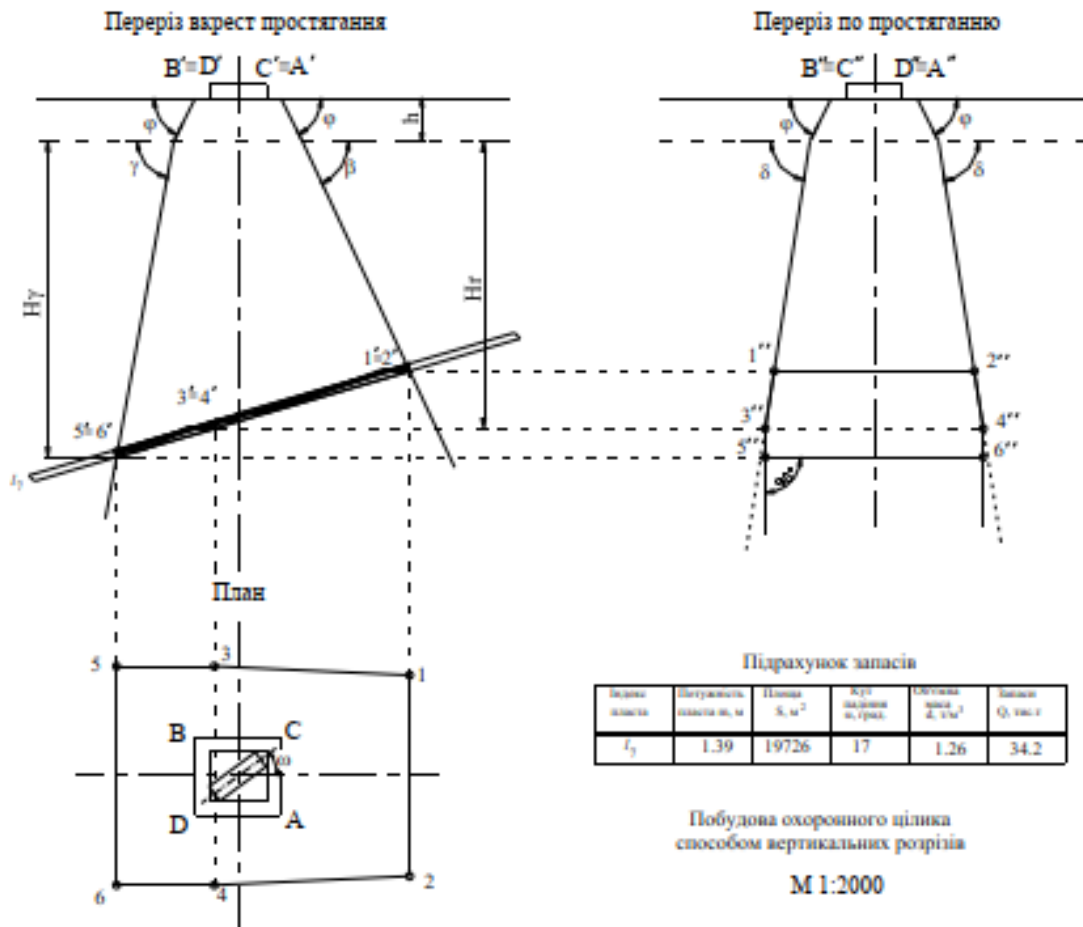


Рис. 42. Приклад побудови охоронного цілика для охорони окремої будівлі

§20. Зрушення гірських порід при відкритому способі розробки родовищ

При відкритому способі розробки родовищ процес зрушення гірських порід проявляється інакше, ніж при підземному. Найявніший відкритої поверхні

відкосу борту або уступу кар'єру створює сприятливі умови для безперешкодливого зрушення порід у бік виробленого простору, яке нерідко проявляється в вигляді різноманітних видів порушення стійкості уступів, бортів та відвалів.

Глибина багатьох кар'єрів у теперішній час вже досягла декілька сотень метрів. Висота відвалів розкривних порід іноді досягає 200 м і більше.

У зв'язку з цим питання стійкості відкосів бортів і відвалів відносяться до числа найбільш актуальних для відкритих розробок, так як з ними пов'язано проведення заходів по забезпеченню безпеки проведення гірничих робіт і підвищення техніко-економічних показників гірничого підприємства. Зокрема збільшення загального кута нахилу борта всього лише на 1° при глибині кар'єру 300 м призведе до скорочення об'єму розкриття на 3 млн.м³ на кожний кілометр простягання борта.

Розрахунок кута відкосу борту, який забезпечує його стійкість при проектуванні кар'єрів, базується на приблизних фактичних вихідних даних.

В процесі експлуатації родовища уточнюються багаточисленні фактори, які впливають на стійкість відкосів.

Для попередження можливих порушень стійкості відкосів маркшейдери проводять систематичні інструментальні спостереження. Це дає змогу встановити причини і характер порушення стійкості відкосів.

На карерах розрізняють такі основні види порушення стійкості уступів, бортів і відвалів.

Осипи – це скочування окремих кусків і брил до підніжжя відкосу. Вони характерні для всіх видів гірничих порід, порушують приповерхневу частину крутих відкосів і формуються на протязі декількох років під впливом ослаблення і вивітрювання порід на поверхні відкосу.

Обрушення – (обвалення) зачіпляють значну частину масиву гірничих порід і виникають при кутах відкосів бортів і відвалів, що перевищують $25...35^\circ$ і при нахилу ослаблення шарів і диз'юнктивних порушень у бік виїмки під кутом більше $25...35^\circ$. Активна стадія обрушень протікає фактично миттєво, тому вони дуже небезпечні для людей і механізмів, які працюють на нижчележачих уступах.

Зсуви – це повільне зміщення породних мас по похилій поверхні. Вони є найбільш розповсюдженим видом порушення стійкості бортів і відвалів. Зсуви виникають з багатьох причин, наприклад, при підтіканні ґрунтових вод до відкосу, при наявності шарів пластичних глин і напірних вод, при обводненому підґрунті і слабких породах у відвалах, при невідповідності кута відкосу і його висоти тощо. Активна стадія зсувів протікає протягом значного часу (від декількох годин до декількох місяців), залучаючи до руху від сотень до мільйонів кубічних метрів породної маси.

Осідання (просадки) – це вертикальне опускання верхніх ділянок розпушених породних мас без утворення суцільної поверхні ковзання. Вони виникають в результаті ущільнення відвальних порід, їх зволоження атмосферними опадами і консолідації.

Просадки – це найбільш безпечний вид порушення стійкості відкосів.

Опливини – характеризують переміщення у вигляді потоку насичених водою до текучого стану піщано-глиняних порід порушеної структури (пилуватих пісків і глин). Вони охоплюють значні об'єми порід, розвиваються інтенсивно, часто набуваючи катастрофічного характеру.

Таким чином, основними факторами, що сприяють розвитку деформацій відкосів на кар'єрах, є наступні:

1) наявність поверхонь послаблення – тектонічних порушень, слабких контактів між шарами тощо;

2) обводнення порід і слабе їх дренажування;

3) інтенсивна тріщинуватість масиву;

4) наявність прошарків зволжених глиняних порід.

Основними причинами розвитку деформації відкосів є:

1) невідповідність кутів, окреслення і висот відкосів даним геологічним умовам, тобто невірний розрахунок кута відкосу;

2) відсутність або неефективність дренажу;

3) неправильне проведення гірничих робіт (масові вибухи поблизу борту кар'єру і черговість відробки ділянок).

Методи розрахунку параметрів уступів засновані на використанні характеристики міцності порід, їх опірності зсуву (кут внутрішнього тертя і сила шеплення). Ці характеристики визначають лабораторним шляхом на зразках порід, які складають досліджувану товщу.

Інструментальні маркшейдерські спостереження за зрушенням відкосів дозволяють визначити ранню стадію виникнення зсувів і прийняти відповідні заходи. Визначають кількісні показники розвитку деформацій на окремих ділянках, встановити характер зсувового процесу і показники опору на зсув для усього масиву гірських порід.