

## 7 ГЕОДЕЗИЧНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ЗМІЩЕННЯМИ І ДЕФОРМАЦІЯМИ СПОРУД

### 7.1 Загальні відомості про деформації інженерних споруд

Внаслідок конструктивних особливостей, природних умов і діяльності людини споруди в цілому і їхні окремі елементи отримують різного виду деформації. У загальному випадку під терміном деформація розуміють змінення форми об'єкта спостережень. У геодезичній же практиці прийнято розглядати деформацію як зміну положень об'єкта відносно якого-небудь первісного. Спостереження за зсувами, осіданнями і деформаціями споруди мають велике значення для визначення міцності і стійкості споруди, для своєчасного запобігання їх руйнуванню або своєчасного сигналу про настання аварійного стану. Спостереження ведуть з початку будівництва шляхом високоточних і систематичних геодезичних вимірювань. При рівномірному стисканні ґрунтів під дією ваги споруди відбувається осідання споруди, яке з часом зменшується і припиняється. Якщо ґрунти осідають нерівномірно, то залежно від їх характеру і виду можуть відбуватися крени, прогини, перекоси, кручення і розрив споруд. Зміни в просторовому положенні споруди називаються деформаціями, в горизонтальній площині – зсувами, у вертикальній – осіданнями.

*Мета* геодезичних спостережень за деформаціями будівель і споруд – отримати дані, які характеризують абсолютні величини осідань і зміщень, а також встановити показники їх зміни в часі.

Спостереження за деформаціями споруд являють собою комплекс вимірювальних і описових заходів із виявлення величин деформацій і причин їхнього виникнення. Для складних і відповідальних споруд спостереження починають одночасно із проектуванням. На площині майбутнього будівництва вивчають вплив природних факторів й у цей же період створюють систему опорних знаків для того, щоб заздалегідь визначити ступінь їхньої стійкості. Спостереження безпосередньо за спорудою починають із моменту початку її зведення й продовжують протягом усього будівельного періоду. Для більшості великих споруд спостереження проводяться й у період їхньої експлуатації. Залежно від характеру споруди, природних умов і т. д. спостереження можуть бути закінчені при припиненні деформацій, а можуть тривати й весь період експлуатації.

Для спостережень використовується вимірювальна мережа, яка складається з таких геодезичних знаків:

*репер* – геодезичний знак, який закріплює пункт нівелірної мережі (висотне положення цього знака є практично незмінним під час спостережень за деформаціями споруд);

**марка** – жорстко закріплений на конструкції будівлі знак, який змінює своє висотне та планове положення внаслідок деформацій споруди (приклад стінної марки зображенено на рисунку 7.1);

**опорний знак** – практично нерухомий в горизонтальній площині знак, відносно якого визначаються зсуви та крени споруд.

Репери можуть бути глибинними або ґрунтовими. Глибинний – фундаментальний геодезичний знак, який закладається в ущільнені ґрунти (рис. 7.2). Ґрунтовий – знак, що закладається нижче глибини промерзання ґрунту (рис. 7.3). Всі геодезичні знаки, встановлені на споруді та навколо неї, створюють оглядову та опорну мережі, які пов’язані між собою геодезичними вимірюваннями.

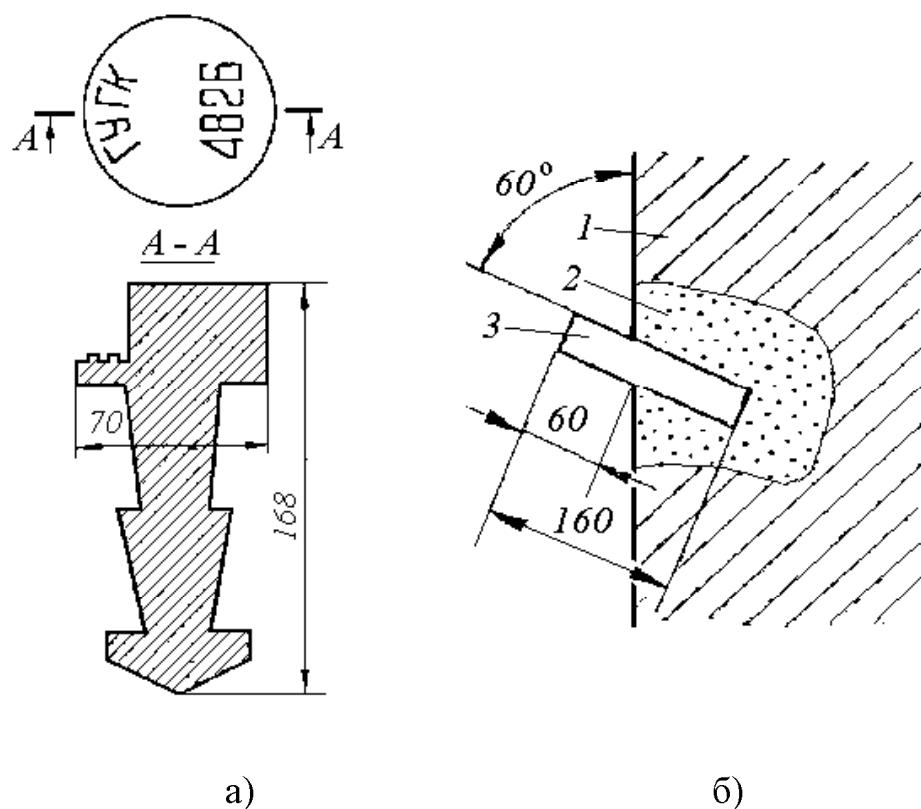


Рисунок 7.1 – Стінна марка: а) звичайна; б) спрощена, 1 – стіна; 2 – цементний розчин; 3 – сталевий кутик  $30 \times 30 \times 5$  мм

Склад геодезичних робіт при вимірюванні зсувів, осідань і деформацій такий:

1. Розроблення методів і визначення періодів вимірювання зсувів, осідань і деформацій;
2. Розроблення схеми, методів і програми застосування планових і висотних опорних мереж;
3. Розроблення конструкцій геодезичних знаків;

4. Розроблення періодів і методів перевірки положення знаків опорної мережі;
5. Закладання знаків;
6. Вимірювання для створення опорної мережі (тріангуляція, полігонометрія, геометричне нівелювання);
7. Вимірювання величини горизонтальних і вертикальних зміщень, величин крену і переносу споруди, тріщини і виміри їх розмірів.

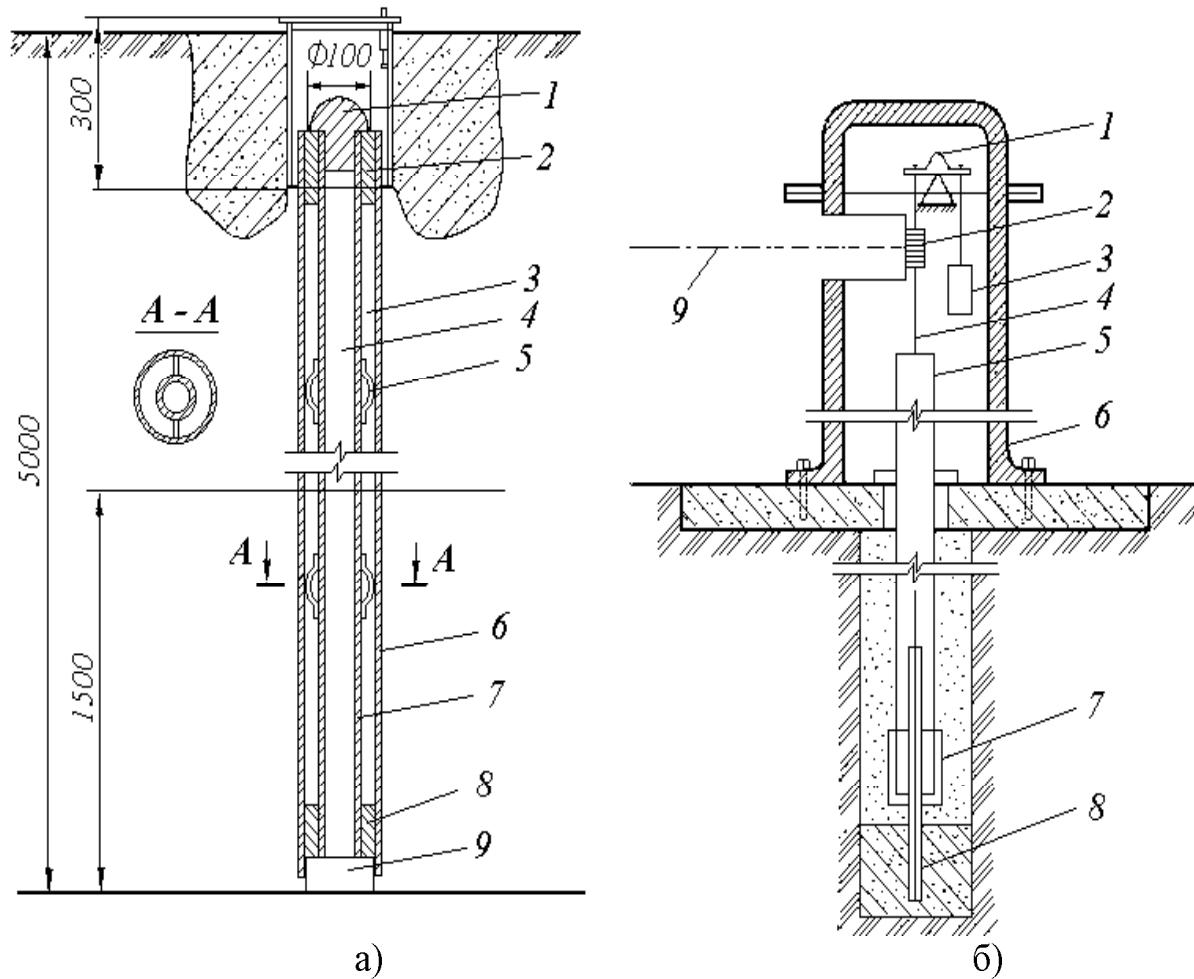


Рисунок 7.2 – Глибинний репер: а) трубчастий репер, що закладається бурінням: 1 – запресована бронзова головка з хрестовиною; 2, 8 – сальники; 3 – мазут; 4 – цемент; 5 – наварний ліхтар зі сталі; 6 – труба ( $\varnothing 150$  мм); 7 – труба ( $\varnothing 60$  мм); 9 – піддон металевий; б) репер з гнучкою реперною штангою: 1 – важіль; 2 – шкаловая марка; 3 – вантаж; 4 – інварний дріт; 5 – захисна труба; 6 – труба-люк; 7 – сальник; 8 – шток; 9 – горизонт приладу

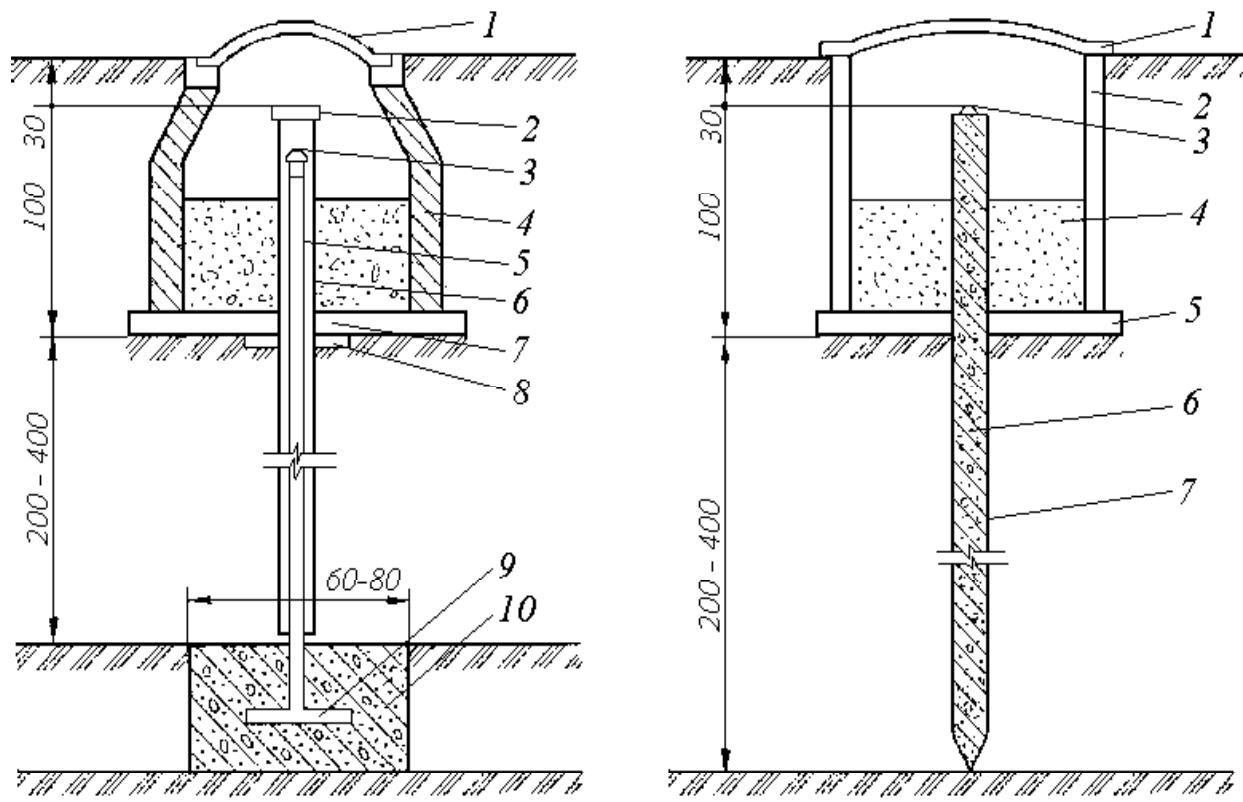


Рисунок 7.3 – Грунтовий репер: а) трубчастий на бетонному фундаменті: 1 – люк; 2 – кришка; 3 – реперна головка ( $\varnothing$  2–4 см); 4 – цегляний або бетонний збірний колодязь; 5 – реперна труба ( $\varnothing$  7–8 см); 6 – захисна труба ( $\varnothing$  12–15 см); 7 – бетонна підготовка; 8 – хомут для утримання захисної трубы; 9 – анкерний лист; 10 – бетонна подушка; 11 – шлак; б) пальовий: 1 – люк; 2 – цегляний або бетонний збірний колодязь; 3 – реперна головка ( $\varnothing$  2–4 см); 4 – шлак; 5 – бетонна підготовка при встановленні в котлован; 6 – паля; 7 – бітум

Крім геодезичних робіт при вимірюванні зсувів, осідань і деформацій споруд виконуються такі роботи:

- дослідження фізико-механічних властивостей ґрунтів як основ споруди;
- дослідження режимів ґрунтових вод;
- дослідження напруги під фундаментом;
- спостереження за зміною температури.

На кожному етапі зведення або експлуатації споруди спостереження за його деформаціями виконують через певні проміжки часу. Такі спостереження, проведені за календарним планом, називаються *систематичними*.

У випадку появи фактора, що призводить до різкого змінення звичайного ходу деформації (зміна навантаження на фундамент,

температури навколошнього середовища або самої споруди, рівня ґрунтових вод, землетрус та ін.), виконують *термінові* спостереження. Паралельно з вимірюванням деформацій для виявлення причин виникнення організують спеціальні спостереження за зміною стану й температури ґрунтів і підземних вод, температурою споруди, за зміною метеоумов і т. п. Ведеться облік зміни будівельного навантаження й навантаження від установленого устаткування.

## 7.2 Методи спостереження за осіданням споруди

Для вимірювання величини осідання, тобто зміщення споруди у вертикальному напрямку застосовують методи: *фотограмметричний*, *гідростатичний*, *мікронівелювання*, *геометричного і тригонометричного нівелювання*.

Найбільш універсальним способом спостереження за осіданням є періодичне високоточне *геометричне нівелювання* геодезичних марок 1, 2, 3 ... 20 (рис. 7.4). Для спостереження в тіло споруди, починаючи з фундамента, закладають осадочні марки і репери. У фундаменти закладають марки з напівсферичною головкою. Ці марки встановлюють вздовж осі фундаментів, що дає змогу виявити прогини і перекоси в різних напрямках.

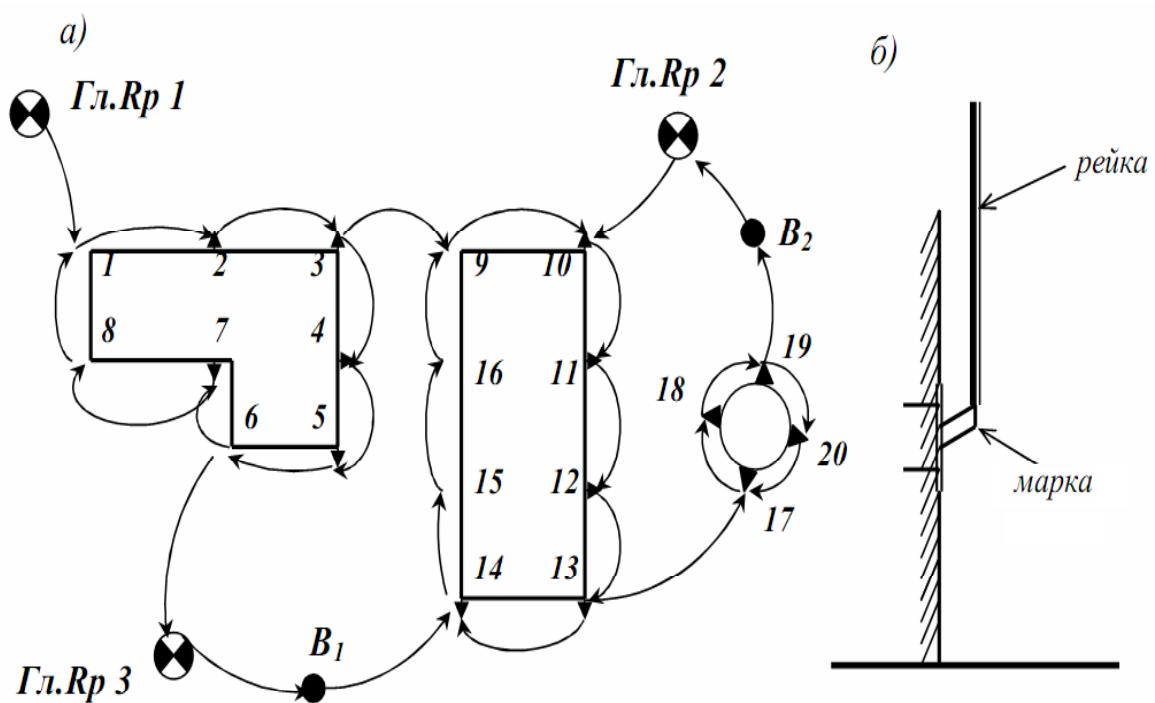


Рисунок 7.4 – Схема розташування марок, нівелірних ходів для спостережень за осіданнями споруд спосім геометричного нівелювання (а), конструкція марки в стіні будівлі (б)

Як висотна основа, відносно якої визначається осідання марок на споруді, слугує мережа фундаментальних глибинних реперів, які визначають сфери можливих осідань грантів. Їх, як правило, закладають завчасно на глибину, більшу за глибину промерзання грантів в даному районі. Кількість реперів повинна бути не менше 3 – 4 (гл. Rp 1, 2, 3 рис. 7.4), щоб шляхом періодичних спостережень встановити їх на весь період вимірювання деформацій. Спостереження за осіданнями виконують циклами один раз на квартал, один раз на півроку, один раз на рік і т. д., до стабілізації осідань, тобто коли їх швидкість буде становити 1 – 2 мм на рік.

Способом геометричного нівелювання можна визначати різниці висот точок, розташованих на відстані 5 – 10 м, з похибкою 0,05 – 0,1 мм, а на кілька сотень метрів – з похибкою до 0,5 мм.

Залежно від необхідної точності визначення осідань застосовуються різні класи нівелювання. Так, наприклад, при визначенні осідань бетонних гребель гідрозвузлів застосовують I та II класи, які характеризуються середньою квадратичною похибкою визначення перевищення на одну станцію відповідно 0,3 та 0,4 мм. При визначенні осідань промислових і цивільних будівель найчастіше застосовують II та III класи, для яких середньоквадратичні похибки визначень перевищення на станції відповідно дорівнюють 4 та 0,9 мм.

Відмітки деформаційних точок у циклі вимірювань визначають відносно вихідного опорного репера. Відмітку вихідного репера найчастіше приймають умовно, наприклад 100,000 м, але вона стала на весь період спостережень. Для передачі відмітки від вихідного на всі деформаційні репери, розробляють спеціальну схему (рис. 7.4). При виконанні вимірювань залежно від класу нівелювання застосовують спеціальну методику й відповідні прилади. Так, при вимірах високої точності використовують ретельно вивірені високоточні нівеліри типу Н-05, штрихові інварні або спеціальні малогабаритні рейки. Нівелір встановлюють чітко по середині між спостережуваними точками, відліки беруть по основній і додатковій шкалах рейок. Нівелювання виконують при двох горизонтах приладу, у прямому й зворотному напрямках. Довжина візорного променя допускається до 25 м, його висота над поверхнею землі або підлоги – не менше 0,5 м. Нівелювання виконується тільки при цілком сприятливих умовах видимості й при досить виразних, спокійних зображеннях штрихів рейок. Дотримуються й інших запобіжних заходів, що забезпечують високу точність робіт. За отриманими результатами спостережень кожного циклу визначають позначки марок, абсолютне осідання  $S_i$ , мм, швидкість осідання  $v$ , мм/рік, будують графіки осідань (рис. 7.5).

$$S_i = H_i - H_{i-1}, \quad (7.1)$$

де  $S_i$  – абсолютне осідання споруди, мм;

$H_i, H_{i-1}$  – позначки марки в наступному і попередньому циклах, м.

$$\nu = \frac{S_{cp}}{T}, \quad (7.2)$$

де  $\nu$  – швидкість осідання споруди, мм/рік;

$S_{cp}$  – середнє осідання споруди за період спостереження  $T$ .

Якщо значення  $\nu$  знаходиться в межах 1 – 2 мм/рік, вважають що положення споруди стабільне.

*Осідання, мм*

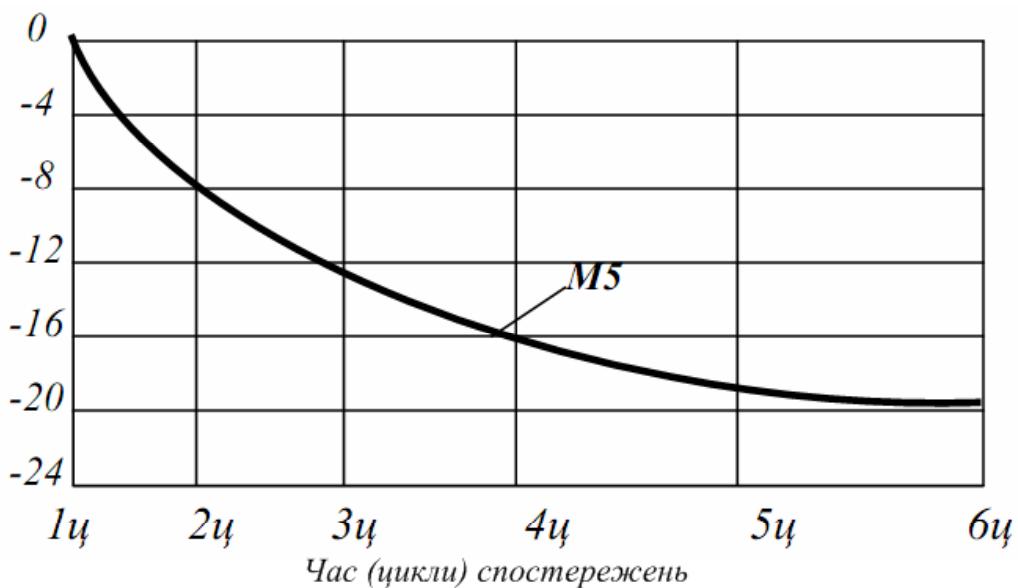


Рисунок 7.5 – Графік осідання марки М5

**Спосіб тригонометричного нівелювання** дозволяє визначати осідання точок, розташованих на істотно різних висотах, у важкодоступних місцях. Такі випадки виникають при спостереженнях за високими будинками, вежами, греблями, при проведенні вимірювань через перешкоди. Найбільш висока точність, близько 0,1 мм, забезпечується при коротких (до 100 м) променях візуування із застосуванням високоточних теодолітів типу ЗТ2 і спеціальної методики вимірювань, що дозволяє вимірювати зенітні відстані з похибкою 5''. Крім того, методика передбачає однотипне у всіх циклах установлення теодоліта і його ретельне дослідження, строгу вертикальність рейок, вибір часу й умов спостережень для зменшення впливу вертикальної рефракції, а також ряд інших заходів, спрямованих на ослаблення дій різних джерел похибок. Відстані до обумовлених точок повинні вимірюватися з похибкою 3 – 5 мм.

**Спосіб мікронівелювання** застосовують при спостереженнях за взаємним висотним положенням близько розташованих точок на відстані

1 – 1,5 м. Такі завдання виникають при вивченні осідань і нахилів окремих конструкцій: фундаментів, балок, ферм, технологічного устаткування. Вимірювання виконують за допомогою мікронівеліра.

**Гідронівелювання** забезпечує таку ж точність, як і геометричне нівелювання, але дозволяє створювати стаціонарні автоматизовані системи з дистанційним зніманням інформації. При використанні гідростатичного нівелювання застосовують різні системи, конструкція яких залежить від умов проведення робіт, необхідної точності та від способу вимірювання положення рівня рідини відносно відлікових штрихів вимірювальних посудин. Найпростіша система, що використовується на гідротехнічних спорудах, складається з відрізків металевих труб, покладених на стрижнях, що закладені у стіну. Відрізки труб з'єднуються між собою шлангами. Над трубою в точках, між якими систематично визначаються перевищення, у стіну вставляються марки з посадковими втулками для переносного вимірника. При вимірюваннях вимірник встановлюється у втулку марки. Обертанням мікрометреного гвинта вимірника досягається контакт вістря штоку з рідиною, про що свідчить загоряння сигнальної лампочки. У цей момент береться відлік на барабані мікрометра. При прив'язуванні гідростатичної системи до опорної нівелірної мережі на марку замість вимірника встановлюється нівелірна рейка. Існують автоматизовані системи гідростатичного нівелювання, у яких зміна положення рівня рідини в посудинах визначається автоматично за допомогою електричних або оптико-електронних датчиків.

**Фотограмметричний спосіб** передбачає застосування фототеодоліта для фотознімання об'єкта. Визначення деформацій взагалі й зокрема осідань цим способом полягає у вимірюванні різниці координат точок споруди, що знайдені на фотознімках початкового (або попереднього) циклу та фотознімках деформаційного (або наступного) циклу. Деформації визначаються в одній вертикальній площині, тобто в площині, паралельній площині фотознімка. При фотограмметричному способі фотографування виконують із однієї точки при незмінному положенні фотокамери в циклах. Для обчислення деформацій, крім вимірювань координат або паралаксів, на знімках необхідно знати відстань фотокамери від об'єкта та фокусну відстань об'єктива фотокамери.

### 7.3 Горизонтальні зміщення споруд та способи їх визначення

Послідовність виконання геодезичних робіт із визначення горизонтальних зміщень:

- розроблення програми спостереження з зазначенням методів спостереження і необхідних для нього приладів;

- розміщення опорних і контрольних пунктів спостереження;
- організація спостережень і оброблення отриманих результатів.

Опорні пункти спостереження вимірюють і закріплюють поза зоною можливих зміщень грантів. Перед кожним циклом спостереження перевіряють їх.

Для вимірювань величин зсуву споруди в горизонтальному напрямку застосовують методи:

- створних спостережень;
- тріангуляційний;
- фотограмметричний.

**Створний метод** (повного створу, напівстворів, четвертних створів, послідовних та частих створів, рухливої марки, малих кутів) широко застосовують для дослідження деформацій споруд прямолінійної форми, коли величину зсуву достатньо знати по одному напрямку (рис. 7.6). При цьому координатну систему вибирають так, щоб з напрямком зсувів збігалася вісь ординат, а з напрямком створу – вісь абсцис. Величини зсувів знаходять за різницею значень ординат (нестворностей), визначених у двох циклах.

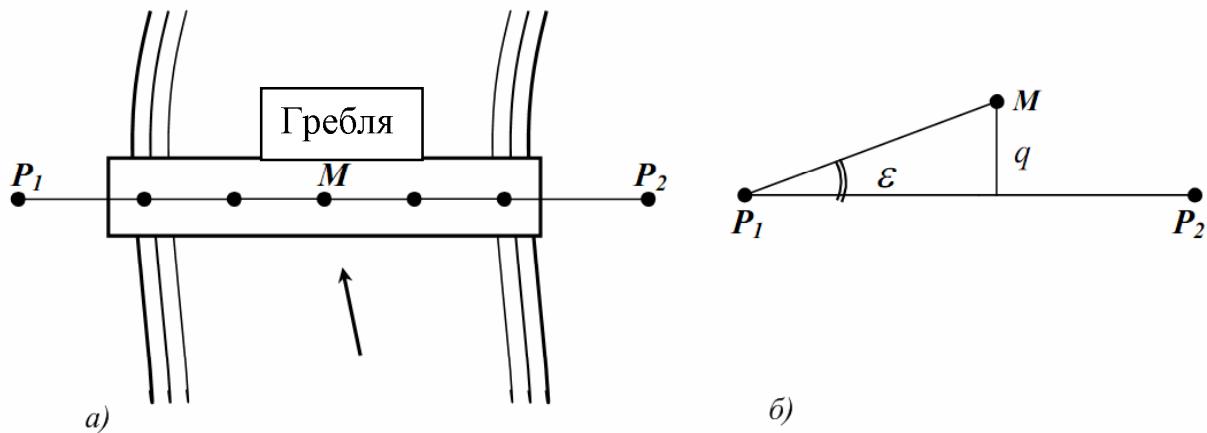


Рисунок 7.6 – Визначення горизонтального зміщення споруди створним методом: а) спосіб рухливої марки; б) спосіб малих кутів

Суть способу рухливої марки: візорну вісь інструмента направляють у напрямку створу  $P_1-M-P_2$ . Величина зсуву марки зі створом визначається шляхом зміни створних кутів високоточних теодолітів або за допомогою відлікового приладдя на марці.

При вимірюванні малого кута (рис. 7.6, б) горизонтальне зміщення  $q$  визначається за формулою:

$$q = d \frac{\varepsilon''}{\rho''}, \quad (7.3)$$

де  $d$  – відстань від геодезичного пункту до марки, м;

$\rho'' = 206265''$  – число секунд в радіанах;

$\varepsilon''$  – створний кут, виміряний з точністю до  $\pm 1''$ .

В способі послідовних створів (рис. 7.7, а) передбачено визначення нестворностей  $\Delta_1 = q_1$  точки 1 від створу  $P_1P_2$ , 1-2,  $\Delta_2$  точки 2 від створу  $1P_2$ ,  $\Delta_3$  точки 3 від створу  $2P_2$  і т. д. В цьому випадку нестворність  $q_i$  будь-якої  $i$ -ї точки відносно загального створу  $P_1P_2$  та відомої відстані  $S$  може бути визначена за формулою:

$$q_i = q_{i-1} \frac{S_{i-P_2}}{S_{(i-1)-P_2}} + \Delta_i. \quad (7.4)$$

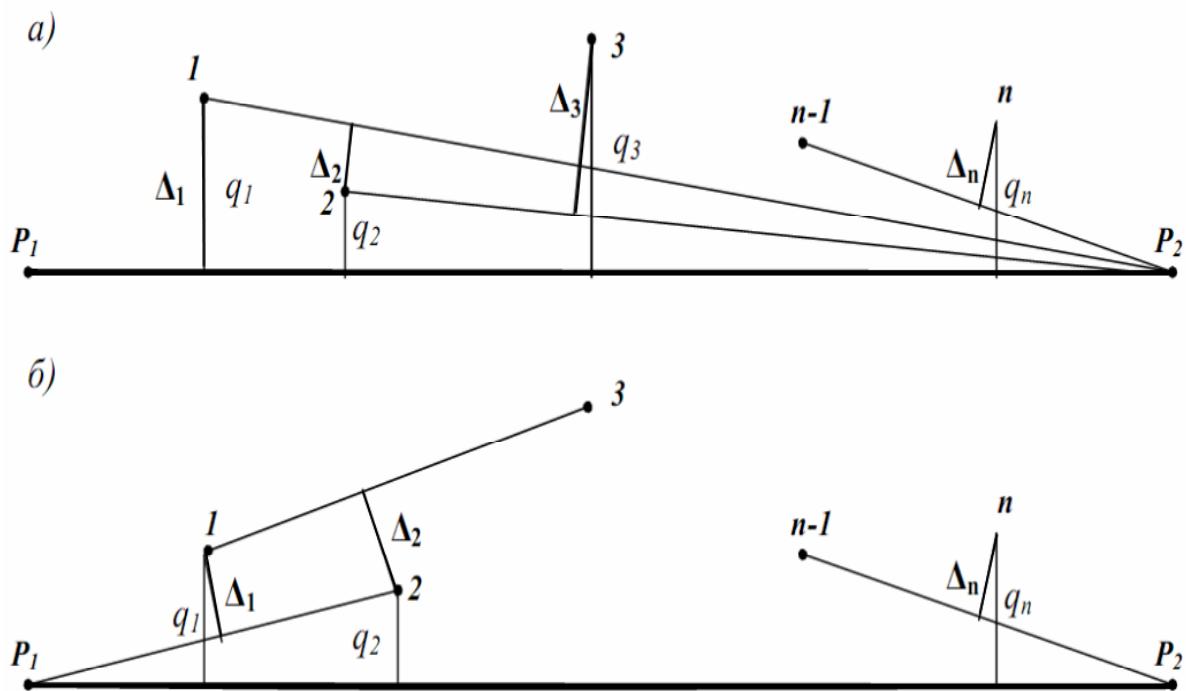


Рисунок 7.7 – Визначення горизонтального зміщення споруд способом послідовних (а) та окремих (б) створів

В способі окремих створів (рис. 7.7, б) нестворність  $\Delta_1$  точки 1 визначається від створу 1-2,  $\Delta_2$  точки 2 від створу 1-3,  $\Delta_3$  точки 3 від створу 2-4 і т. д. В цьому випадку нестворність  $q_i$  будь-якої  $i$ -ї точки відносно загального створу  $P_1P_2$  може бути визначена за формулою:

$$q_i = q_{i-1} \frac{S_{i-(i+1)}}{S_{(i-1)-(i+1)}} + q_{i-1} \frac{S_{(i-1)-i}}{S_{(i-1)-(i+1)}} + \Delta_i. \quad (7.5)$$

**Метод тріангуляції** застосовується при неможливості створення прямолінійних створів (рис. 7.8).

Суть способу: з тригонометричних пунктів А, В, С за допомогою засічок періодично визначають координати пунктів 1, 2, 3 на споруді. Шляхом порівняння координат визначають лінійні зміщення точок споруди. Горизонтальні кути вимірюють з точністю  $\pm 0,5 - 0,7''$ . Горизонтальні зміщення отримують визначенням різниці координат в  $i$ -му та початковому циклах. Метод тріангуляції складний і потребує значного об'єму обчислень.

При визначенні деформації великих гідротехнічних споруд застосовують *комбінований спосіб створних спостережень*. Спостереження за зміщенням точок виконують створом, а стійкість опорних точок, із яких виконуються створні спостереження, контролюється тригонометричним способом із пунктів тригонометричної мережі.

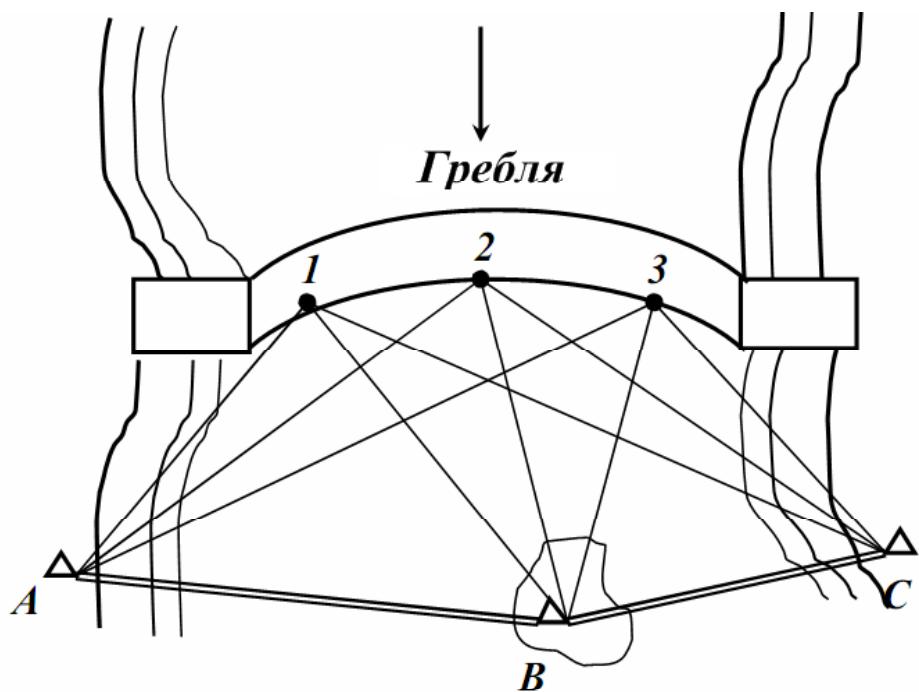


Рисунок 7.8 – Визначення горизонтального зміщення споруди методом триангуляції А, В, С – опорна мережа; 1, 2, 3 – марки.

#### 7.4 Вимірювання кренів споруд

**Крени** – види деформації, властиві спорудам баштового типу. Поява крену може бути викликана як нерівномірністю осідання споруди, так і вигином і нахилом верхньої її частини через однобічне температурне нагрівання та вітрового тиску. У зв'язку із цим повну інформацію про крени й вигини можна одержати лише за результатами спільніх спостережень за положенням фундаменту та корпуса баштової споруди.

Вимірювання кренів та осідань споруди мають виконуватись відповідно до технічного завдання, яке розробляє проектна організація, що запроектувала споруду. У технічному завданні регламентують: допустиму точність визначення кренів та осідань, схему розміщення візорних та осадкових марок, періодичність та строки спостережень, вимоги до побудови геодезичної планової та висотної мережі. На основі технічного завдання геодезична служба спостереження за кренами та осіданнями розробляє проект виконавчих геодезичних робіт, який складається з такого:

- розрахунок необхідної точності геодезичних вимірювань, що виконують в кожному циклі спостережень за кренами та осіданнями споруд;
- вибір та обґрунтування планово-висотної геодезичної мережі, а також схему її побудови з позначенням усіх реперів, знаків та центрів опорних пунктів;
- конструкції осадкових та візорних марок та спосіб їх закріплення;
- вибір та обґрунтування методів і приладів для визначення кренів та осідань споруди;
- методика геодезичних вимірювань, що відповідає вибраному методу;
- перелік необхідного обладнання та приладів;
- календарний план виконання робіт;
- обробка результатів вимірювань;
- розрахунок кількості виконавців;
- кошторис на виконання робіт.

При складанні проекту необхідно максимально використовувати всі геодезичні та топографічні матеріали, що знаходяться на території будівельного майданчика.

Залежно від виду й висоти споруди, технічних вимог та умов спостережень для визначення крену застосовують різні способи: координат, горизонтальних кутів, малих кутів, вертикального проектування, зенітних відстаней, високоточного нівелювання осадкових марок, напрямку з одного опорного пункту, стереофотограметрії.

В сучасній практиці найбільше розповсюдження мають перших чотири способи як найбільш доступні та достатньо точні і надійні при визначенні кренів споруд. Ці способи однакові за складом вимірювань та базуються на принципі вимірювання та проектування напрямків “пункт спостереження – центр верхнього або нижнього пояса споруди”, утворюють пряму кутову засічку. Найбільш універсальним є спосіб координат.

Для визначення кренів способом координат необхідно знати координати пунктів спостережень в прийнятій системі координат. Останні визначаються шляхом включення пунктів спостережень в геодезичну

мережу, що створюється навколо споруди відомими методами геодезії, пункти якої пов'язані між собою вимірюними напрямками та лініями.

Взаємне положення пунктів спостережень та споруди має задовільняти такі вимоги: розташування в місцях, що забезпечують стабільність їх положення та максимальне збереження, видимість не менше, ніж  $\frac{3}{4}$  висоти споруди, найбільш зручну геометричну форму засічки, відстань близько 2 – 3 висот від споруди. Найзручнішою формою засічки є та, при якій кут засічки прямий. Під час експлуатації періодичність спостережень за кренами та осіданнями визначається залежно від швидкості стабілізації осідання грантів основи, інженерно-геологічних умов та стану споруди. У цей період проводиться не менше трьох циклів на рік.

Під час знаходження величин кренів споруди способом координат визначають в кожному циклі спостережень прямою кутовою засічкою одночасно з трьох – чотирьох пунктів координати верхнього, а в початковому циклі і центра нижнього перерізу, в прийнятій системі координат.

Для прикладу наведемо використання способу координат для визначення крену споруди з трикутною основою (рис. 7.9).

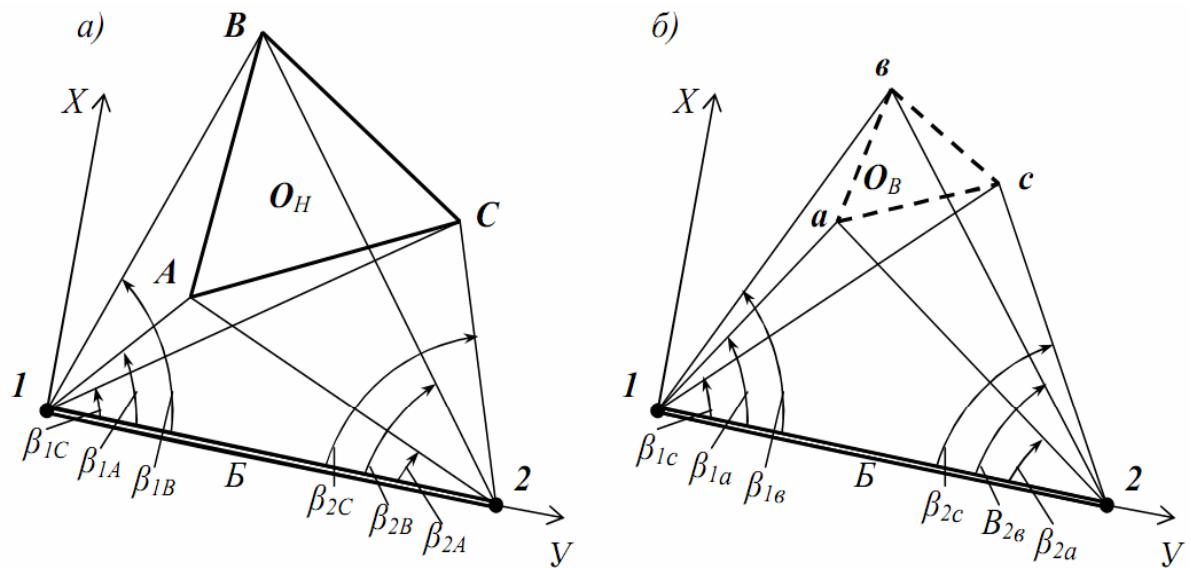


Рисунок 7.9 – Схеми до визначення координат *a)* нижніх та *б)* верхніх точок споруди трикутної форми

Спочатку визначають вершини координат верхнього та нижнього трикутників, та знаходять координати їх ортоцентрів. За координатами ортоцентрів шляхом вирішення оберненої геодезичної задачі отримують всю необхідну інформацію. Поруч зі спорудою розбивають базис 1 – 2 з відомою довжиною Б. Теодолітні станції 1 та 2 розташовують довільно, на відстані від споруди не менше півтори – дві висоти так, щоб з них було видно нижні ABC та верхні abc точки, а кути знаходились в межах  $30^\circ$  –  $120^\circ$ . З точок 1 та 2 теодолітом вимірюють горизонтальні кути  $\beta_{1C}$ ,  $\beta_{1A}$ ,

$\beta_{1B}$  та  $\beta_{2C}$ ,  $\beta_{2A}$ ,  $\beta_{2B}$  на нижні точки  $ABC$ , а також  $\beta_{1c}$ ,  $\beta_{1a}$ ,  $\beta_{1e}$ , та  $\beta_{2c}$ ,  $\beta_{2a}$ ,  $\beta_{2e}$ , на верхні точки споруди  $abc$ . Далі розрахунки проводять в умовно вибраній системі координат, в якій вісь  $X$  є перпендикулярною до базису 1 – 2, вісь  $Y$  збігається з напрямком базису, початок координат в точці 1 має координати  $(0; 0)$ , а точка 2  $(0; B)$ . Тоді координати вершин споруди з основою трикутної форми можна визначити за формулами:

$$X_A = \frac{E \sin \beta_{2A} \sin \beta_{1A}}{\sin(\beta_{1A} + \beta_{2A})}, X_B = \frac{E \sin \beta_{2B} \sin \beta_{1B}}{\sin(\beta_{1B} + \beta_{2B})}, X_C = \frac{E \sin \beta_{2C} \sin \beta_{1C}}{\sin(\beta_{1C} + \beta_{2C})}, \quad (7.6)$$

$$Y_A = \frac{E \sin \beta_{2A} \cos \beta_{1A}}{\sin(\beta_{1A} + \beta_{2A})}, Y_B = \frac{E \sin \beta_{2B} \cos \beta_{1B}}{\sin(\beta_{1B} + \beta_{2B})}, Y_C = \frac{E \sin \beta_{2C} \cos \beta_{1C}}{\sin(\beta_{1C} + \beta_{2C})}, \quad (7.7)$$

$$X_a = \frac{E \sin \beta_{2a} \sin \beta_{1a}}{\sin(\beta_{1a} + \beta_{2a})}, X_e = \frac{E \sin \beta_{2e} \sin \beta_{1e}}{\sin(\beta_{1e} + \beta_{2e})}, X_c = \frac{E \sin \beta_{2c} \sin \beta_{1c}}{\sin(\beta_{1c} + \beta_{2c})}, \quad (7.8)$$

$$Y_a = \frac{E \sin \beta_{2a} \cos \beta_{1a}}{\sin(\beta_{1a} + \beta_{2a})}, Y_e = \frac{E \sin \beta_{2e} \cos \beta_{1e}}{\sin(\beta_{1e} + \beta_{2e})}, Y_c = \frac{E \sin \beta_{2c} \cos \beta_{1c}}{\sin(\beta_{1c} + \beta_{2c})}. \quad (7.9)$$

В рівносторонніх трикутниках  $ABC$  та  $abc$  координати ортоцентрів  $O_H$  та  $O_B$  знаходять за формулами:

$$X_{O_H} = \frac{X_A + X_B + X_C}{3}, \quad Y_{O_H} = \frac{Y_A + Y_B + Y_C}{3}, \quad (7.10)$$

$$X_{O_B} = \frac{X_a + X_e + X_c}{3}, \quad Y_{O_B} = \frac{Y_a + Y_e + Y_c}{3}. \quad (7.11)$$

За координатами ортоцентрів  $O_H$ ,  $O_B$  та вершин  $ABC$ ,  $abc$  шляхом розв'язання обернених геодезичних задач знаходять значення крену  $K$  та його напрям  $\operatorname{tg}\alpha$ .

$$\operatorname{tg}\alpha = (Y_{O_B} - Y_{O_H}) / (Y_{O_B} - Y_{O_H}), \quad (7.12)$$

$$K = \sqrt{(X_{O_B} - X_{O_H})^2 + (Y_{O_B} - Y_{O_H})^2}. \quad (7.13)$$

Суть способу горизонтальних кутів – в знаходженні складових абсолютноного крену та його величини в першому циклі, приростів крену в наступних циклах за результатами вимірювань горизонтальних напрямків на центри верхнього середнього та нижнього середнього перерізів в першому циклі, а також центр тільки верхнього середнього перерізу в наступних циклах (напрями створюють пряму кутову засічку). Спосіб горизонтальних кутів (напрямків) передбачає спостереження верхньої

точки  $B$  споруди з двох закріплених на місцевості геодезичних пунктів 1 та 2 в двох взаємоперпендикулярних напрямках (рис. 7.10). В першому циклі вимірюють горизонтальні кути  $\beta_1$  та  $\beta_2$  на точку  $B$ , в другому циклі знову вимірюють горизонтальні кути  $\beta'_1$  та  $\beta'_2$  і знаходять різниці  $\Delta\beta = \beta'_1 - \beta_1$  та  $\Delta\beta = \beta'_2 - \beta_2$ , обчислюють приrostи крену та його повну величину  $K$  за формулами (7.14):

$$q_1 = \frac{\Delta\beta'' L_1}{\rho''}, \quad q_2 = \frac{\Delta\beta'' L_2}{\rho''}, \quad K = \sqrt{q_1^2 + q_2^2}, \quad (7.14)$$

де  $L_1$  та  $L_2$  – горизонтальні прокладання від опорних точок до точки спостереження  $B$ , які можуть бути визначені графічно з плану, виміряні на місцевості, визначені прямою кутовою засічкою з опорних пунктів або визначені розв'язуванням прямої геодезичної задачі, м.

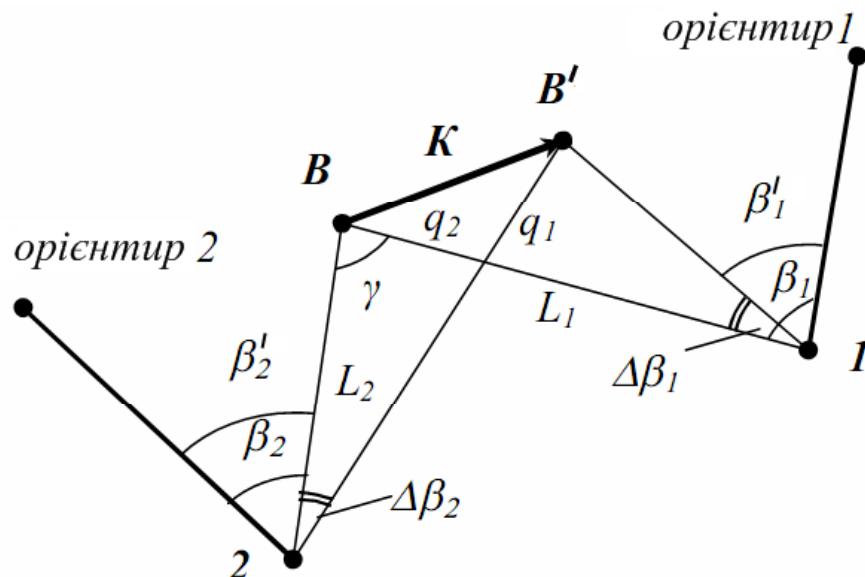


Рисунок 7.10 – Схема до визначення кренів способом горизонтальних кутів

Якщо кут засічки відрізняється від  $90^\circ$ , то значення крену необхідно визначати за формулою 7.15:

$$K = \frac{1}{\sin \gamma} \sqrt{q_1^2 + q_2^2 - 2q_1 q_2 \cos \gamma}. \quad (7.15)$$

В основі способу *малих кутів* знаходяться вимірювання на кожному з 3 – 4 пунктів спостережень, малого горизонтального кута між напрямками на центр свого (для даного пункту) найбільш низького пояса та центр верхнього пояса. Розглянемо спосіб малих кутів на прикладі башти трикутної форми (рис. 7.11). З точок 1, 2, 3, які розташовані від башти на

відстані  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ , визначено малі горизонтальні кути  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$ , що характеризують лінійні суміщення  $q_1$ ,  $q_2$ ,  $q_3$  верхніх точок з осей споруди, які можна визначити за формулою 7.16:

$$q_i = \frac{S_i}{\rho''} \beta_i''. \quad (7.16)$$

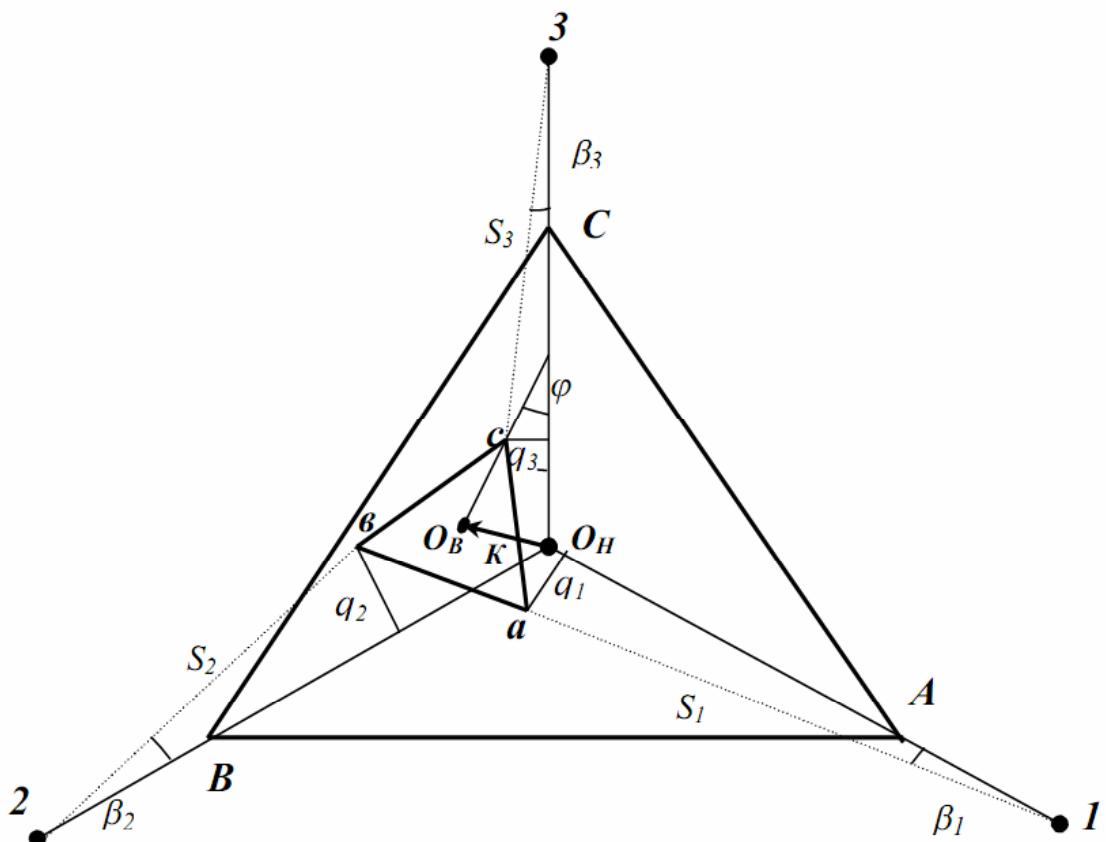


Рисунок 7.11 – Схема до визначення кренів споруд способом малих кутів

Точність визначення суміщень  $q_1$ ,  $q_2$ ,  $q_3$  за формулою 7.16 може бути оцінена таким чином:

$$m_q = \frac{\sqrt{S^2 m_\beta^2 + \beta^2 m_s^2}}{\rho}, \quad (7.17)$$

де  $m_\beta$ ,  $m_s$  – середньоквадратичні похибки визначення відстаней  $S$  та кутів  $\beta$ .

Спосіб вертикального проектування використовується для спостережень за нахилом невисоких споруд при умові достатньої видимості та доступу до їх нижніх частин. Спосіб є зручним для

визначення вертикальності споруди та в процесі будівництва. У способі *вертикального проектування* із двох станцій 1 та 2 (рис. 7.12), розташованих на взаємно перпендикулярних осях споруди та на відстані від неї в півтори-дві висоти, за допомогою теодоліта проектиують верхню точку на деяку площину у фундаменті споруди (цоколь, рейку, палетку та ін.).

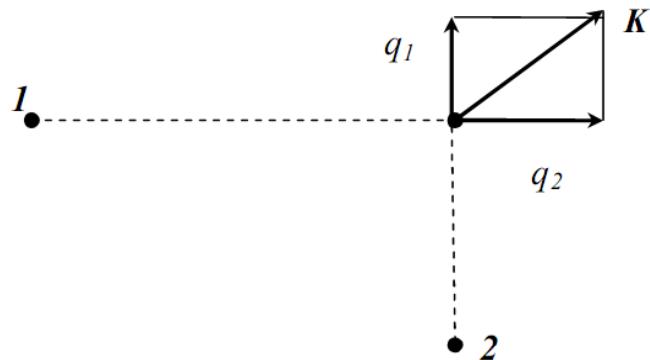


Рисунок 7.12 – Визначення кренів споруд способом вертикального проектування

Величину повного крену знаходять за формулою 7.18:

$$K = \sqrt{q_1^2 + q_2^2}, \quad (7.18)$$

де  $q_1, q_2$  – вектори крену з пунктів 1 та 2, які визначені за формулою:

$$q = q' \left( 1 + \frac{l}{L} \right) \quad , \quad (7.19)$$

де  $q'$  – відлік по рейці, мм,

$L$  – відстань від теодоліта до рейки, м,

$l$  – відстань від рейок до точок візуування (рис. 7.12), м.

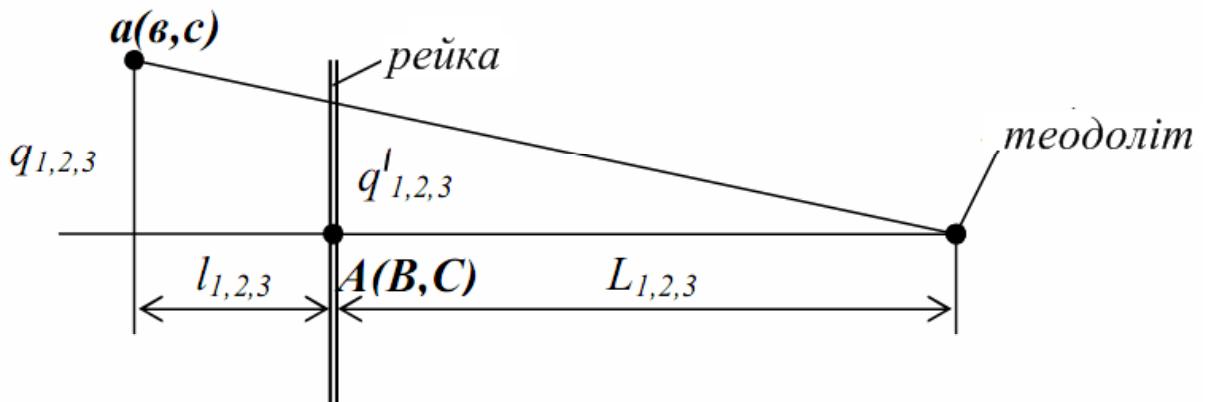


Рисунок 7.13 – Визначення векторів крену способом вертикального проектування

У способі зенітних відстаней при визначенні крену труби на продовженні двох взаємоперпендикулярних діаметрів вибраного цокольного діаметра необхідно змонтувати чотири кронштейни з пристроями для примусового центрування з таким розрахунком, щоб осі обертання теодолітів, знаходилися на однакових відстанях від поверхні споруди. Для спостережень цим способом споруд з квадратним або прямокутним перерізом встановлення марок та кронштейнів необхідно виконувати відповідно на діагоналях та по центру сторін верхнього та цокольного перерізу. З кожного кронштейна визначають малу зенітну відстань напряму на марку.

Спосіб високоточного нівелювання заснований на високоточному геометричному або гідростатичному нівелюванні марок осідання. Принцип розташування марок такий самий, як і у способі зенітних відстаней. В кожному циклі спостережень виконують високоточне нівелювання марок осідання. Для того, щоб зменшити вплив систематичних похибок на результати вимірювань, геометричне нівелювання виконують кожен раз за тією ж самою схемою ходу, що ґрунтуються не менше ніж на 3 реперах, які закладені поза зоною осідання спеціально для вимірювання осідань. Цим способом можна визначати тільки приріст або крен між двома циклами спостережень, а не його фактичне значення, що складається з величини крену до початкового циклу спостережень та наступних результатів спостережень, тому цей спосіб рекомендовано як контрольний.

Спосіб напрямку з одного пункту дозволяє визначати суміщення центра верхнього перерізу, тобто складові крену, за осями умовної системи координат, початок якої збігається з центром нижнього цокольного перерізу, а вісь ординат суміщена з напрямком “пункт спостережень – центр цокольного перерізу”, тобто точки 0 – 1 (рис. 7.14).

Можливість сучасних електронних тахеометрів видавати на екран дисплея просторові координати точок спостереження дозволяє реалізувати цей спосіб. З точки 1 визначають умовні координати  $X$  та  $Y_4$  точки 4 в системі координат  $XO_HY$ . Обчислюють  $\Delta Y = Y_4 - Y_{4np}$  та за значеннями  $\Delta X$  та  $\Delta Y$  знаходить крен  $K$  та його напрям.

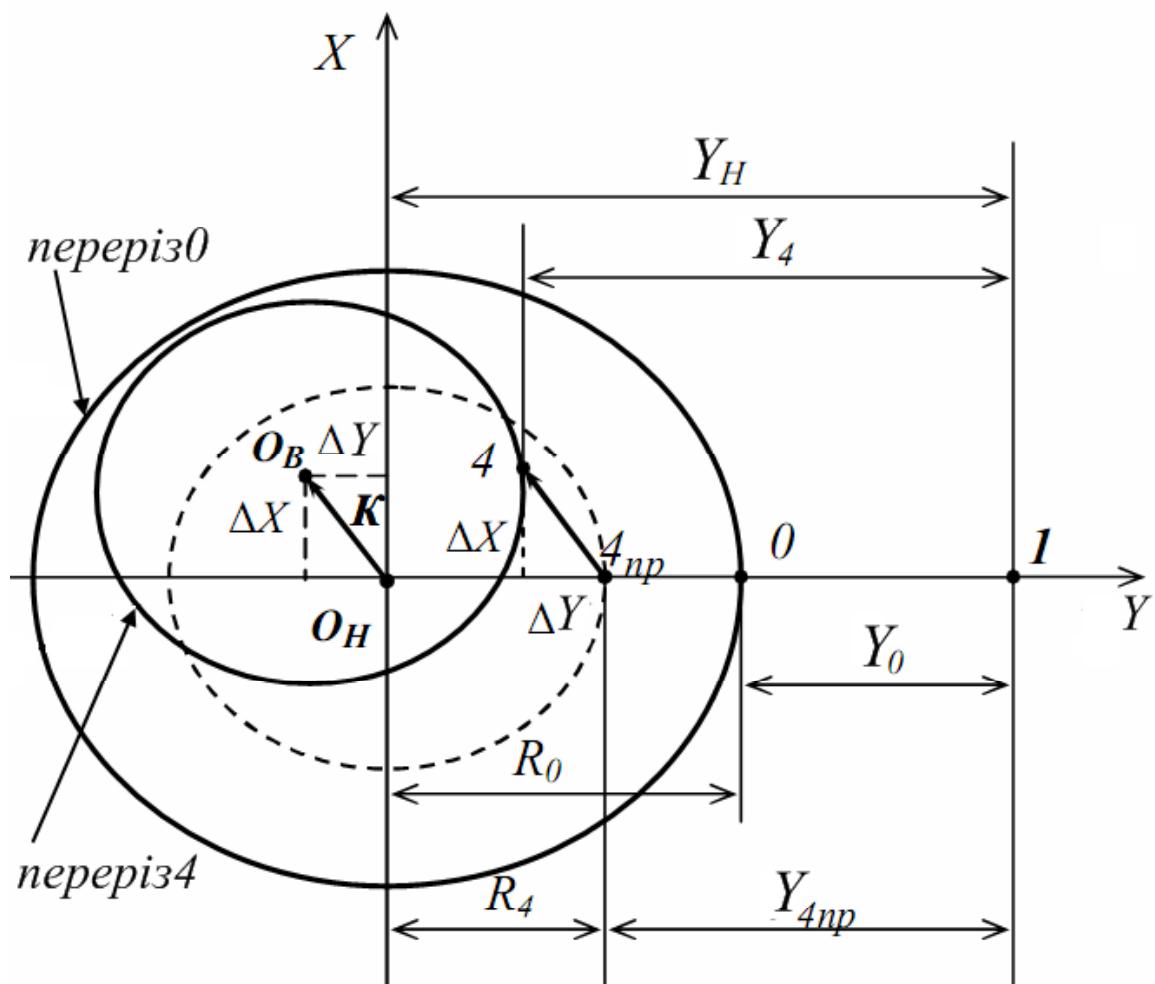


Рисунок 7.14 – Спосіб напрямку з одного пункту

Вимірювання деформацій методом *фотограмметрії* полягає в визначенні різниці координат точок споруди, що знайдені по фотокартках нульового циклу та фотокартках наступних циклів. В цьому методі спостережень на споруду встановлюють марки, а потім фотографують через певний проміжок часу, при цьому місцеположення та орієнтування камери залишають незмінними. Це необхідно для забезпечення постійного положення фотознімків у просторі під час знімання. Таке положення визначається елементами внутрішнього та зовнішнього орієнтування. Елементи внутрішнього орієнтування (фокусна відстань  $f$  фотокамери та координати  $x_0, z_0$  головної точки  $O$  знімка) визначають положення задньої вузлової точки об'єктива відносно фотознімка. Елементи зовнішнього орієнтування (лінійні:  $X_s, Y_s, Z_s$  – координати центра об'єктива в прийнятій системі координат  $XYZ$ ; кутові: кути повороту фотознімку навколо осей  $X, Y$  та  $Z$ ) визначають положення фотознімка відносно прийнятої системи координат. Для фото топографічного знімання споруд використовують фототеодоліти, вимірювальні та стереофотограмметричні камери. Фототеодоліт отримано з'єднанням теодоліта з фотокамерою. Теодоліт необхідний для визначення положення оптичної осі фотокамери у просторі та правильного встановлення площини знімка у момент знімання.

Фототеодоліти класифікуються за форматом кадра ( $6 \times 9$ ,  $10 \times 15$ ,  $13 \times 18$ ,  $18 \times 24$  і т. д.), за кутом поля зору, фокусною відстанню та іншими параметрами. Розрізняють *фотограмметричний* (від грецького photos – світло, gramma – запис, metro – вимірюю) та *стереофотограмметричний* методи визначення деформацій. Перший метод призначено для визначення деформацій в одній площині, другий – у будь-якому напрямку. При стереофотограмметричному способі визначення деформацій об'єкт спостереження фотографується з двох станцій (базис В) в результаті чого отримують пару перемежованих знімків.

### **Контрольні запитання для самоперевірки знань**

1. З якою метою виконують геодезичні спостереження за зміщеннями та деформаціями будинків і споруд?
2. Назвіть основні види деформацій будинків і споруд, що є предметом (об'єктом) геодезичних спостережень.
3. Які основні причини появи деформацій споруд?
4. Які способи і прилади використовують для вимірювання горизонтальних зміщень (зсувів) елементів конструкцій будинків?
5. Що слугує висотною основою при геодезичних спостереженнях за осіданнями споруд, як вона використовується?
6. Що таке крени споруди?
7. Які відомі способи визначення кренів споруди?
8. Для чого потрібні різні геодезичні знаки?

## 8 ВИКОНАВЧІ ГЕОДЕЗИЧНІ ЗЙОМКИ

### 8.1 Призначення та методи проведення виконавчих зйомок

**Виконавчі зйомки** – зйомки будівель, які зводяться або вже зведені, в процесі яких фіксують всі відхилення від проекту і визначають фактичне положення в плані та по висоті наземної і підземної частини споруди.

Місця, точки, параметри, методи, порядок проведення та обсяг зйомок встановлюють згідно з проектною документацією або проектом виконання робіт.

Виконавчі геодезичні зйомки виконуються організаціями, що здійснюють будівельно-монтажні роботи. При зведенні особливо складних об'єктів зйомки можуть виконуватися із залученням спеціалізованих організацій.

**Плановим геодезичним контролем** перевіряється фактичне положення поздовжніх і поперечних осей або граней конструкцій відносно розбивочних осей або ліній, їм паралельних.

**Висотним геодезичним контролем** перевіряється стан опорних площин конструкцій будівлі або споруди по висоті.

**Геодезичним контролем за вертикальністю** перевіряється стан монтованих (змонтованих) конструкцій відносно вертикальної або похилої площини.

Кінцевим результатом виконання виконавчих зйомок повинна бути інформація про якість будівельно-монтажних робіт, після аналізу якої можуть бути розроблені заходи для оцінення та регулювання правильності роботи і точності технологічних процесів.

Для будівництва будівель і споруд виконавчі зйомки мають особливе значення, тому що крім виявлення відхилень від проектних рішень вони дозволяють регулювати технологічний процес будівництва, коректуючи його під час виконання будівельно-монтажних робіт.

Виконавчі зйомки виконуються тими ж способами, що і звичайні топографічні. Тобто планове положення точки визначається способом створу, прямокутних і полярних координат, лінійної і кутової засічки. А висотне положення – способом нівелювання. При цьому, як правило, зйомка ситуації та рельєфу ведеться окремо.

Виконавчі зйомки входять до складу технологічного процесу будівництва, тому черговість і спосіб їхнього виконання, технічні засоби й необхідна точність вимірювань залежать від етапів будівельно-монтажного виробництва.

**Виконавчій зйомці підлягають** частини будівель і конструктивні елементи, від точності положення яких залежить точність виконання робіт на наступних етапах, а також міцність і стійкість будинку в цілому. Ці вимоги і визначають поетапний вибір параметрів виконавчої зйомки.

Виконавчій зйомці при зведенні будівель і споруд підлягають: зазори між елементами, довжини обпирання елементів, що монтуються, на раніше укладені, неврегульованість стикованих елементів, розбіжності поверхонь елементів і невертикальності прямовисно монтованих елементів або їх відхилення від проектних нахилів.

Як вихідні геодезичні основи для виконавчої зйомки беруться знаки геодезичної розмічувальної основи для будівництва, знаки закріплення осей, монтажні риски на конструкціях. До початку зйомки перевіряють незмінність знаків вихідної геодезичної основи.

Зазори (відстані між елементами, довжини майданчиків обпирання монтованих елементів, неспівосність елементів або розбіжності поверхонь, невертикальність, а також правильність положення закладних деталей слід перевіряти безпосереднім вимірюванням відстаней між осями або гранями.

**Необхідна точність** геодезичних контрольних вимірювань залежить від допусків на виконання будівельно-монтажних робіт.

Середня квадратична похибка геодезичного контролю  $m$  і допустиме відхилення контролюваного параметра  $\delta$  знаходяться в такій залежності

$$m \leq 0,2\delta. \quad (8.1)$$

Контроль відповідності фактичних геометричних параметрів конструкцій здійснюється переважно вибірковим методом з наступною обробкою результатів вимірювань методами математичної статистики.

Суцільний контроль виконують при обмежених обсягах вимірювань, при впровадженні нових технологій контролю і при вирішенні нестандартних інженерних задач.

До початку робіт з контролю точності повинен бути уточнений перелік контролюваних параметрів, застосуваний метод контролю, план контролю, графік і порядок його проведення, вимірювальні прилади, інструменти, схеми вимірювань. Ці питання, як правило, відображаються в проекті виконання геодезичних робіт (ПВГР).

При контролі точності геодезичних побудов: осей, позначок, орієнтирів вибірку утворюють, як правило, з результатів вимірювань, кількість яких  $n = 5 \div 10$ . Контроль точності виготовлення виробів, що постачаються на монтаж, здійснюють вибірками малого обсягу  $n \geq 40$  одиниць. При контролі точності монтажу перевагу слід віддавати представницькій вибірці  $n \geq 240$ .

**За результатами виконавчих зйомок за необхідності може виконуватися оцінювання точності.** Як характеристику точності застосовують середнє арифметичне  $\bar{\delta}$  і квадратичне відхилення  $S$  малої або об'єднаної вибірки, а при обмеженій кількості наміряних відхилень – їх розмах  $R$ .

$$\bar{\delta} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_i}{n}, \quad (8.2)$$

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n \delta_i^2 / n - \bar{\delta}_n^2}; \quad (8.3)$$

$$R = \delta_{\max} - \delta_{\min}. \quad (8.4)$$

де  $\delta_{\max}$ ,  $\delta_{\min}$  – вимірюні відхилення;

$n$  – число вимірюваних відхилень.

При розподілі дійсних відхилень, близьких до нормальніх, і визначення характеристик точності  $S$  допускається їх порівняння з допуском  $\Delta$  за таким критерієм:

$$\Delta \geq 2tS, \quad (8.5)$$

де  $t$  – коефіцієнт, що береться залежно від значення приймального рівня дефектності  $q$ .

При  $q = 0,25\%$   $t = 3$  і при  $q = 0,65\%$   $t = 2,7$ . У всіх інших випадках вимірюні відхилення порівнюють з допусками, передбаченими в будівельних нормах і правилах.

Виконавчі зйомки елементів конструкцій повинні виконуватися з точністю, що обчислюється за формулою (8.1).

Сучасна технологія будівництва передбачає виконання так званих **поточних** виконавчих зйомок після кожної завершеної стадії будівництва. При зведенні багатоповерхового будинку виконуються виконавчі зйомки підготовленого котловану. Після спорудження фундаменту (завершення нульового циклу робіт) проводиться виконавча зйомка фундаментів і далі після зведення кожного поверху.

В результаті цього складають **виконавчу схему** (виконавчий креслінок) на якій (часто в довільному масштабі) зображають фактично зведену частину споруди з наведенням цифрової інформації зйомки. Виконавчу схему використовують для усунення в наступних стадіях будівництва тих відхилень від проекту, які були на попередній стадії.

Для складання виконавчих схем використовують робочі креслення проектів. У складі проектів повинні випускатися додаткові аркуші (плани поверхів, комунікацій, профілі і т. п.), на які наносяться дані виконавчої зйомки.

**При виконавчій зйомці земляних споруд** підлягають зйомці в плані: бровки котлованів, траншей, межі планувальних площин оформлення. Верхня і нижня бровки знімаються при глибині виїмок або висоті насипів понад 3 м. В інших випадках допускається знімати тільки нижню бровку.

Зйомці по висоті підлягають контури котлованів, перепади (зміни) відміток основ під фундаменти, труби і т. п.

Приклад графічного оформлення результатів зйомки котловану наведено на рис. 8.1.

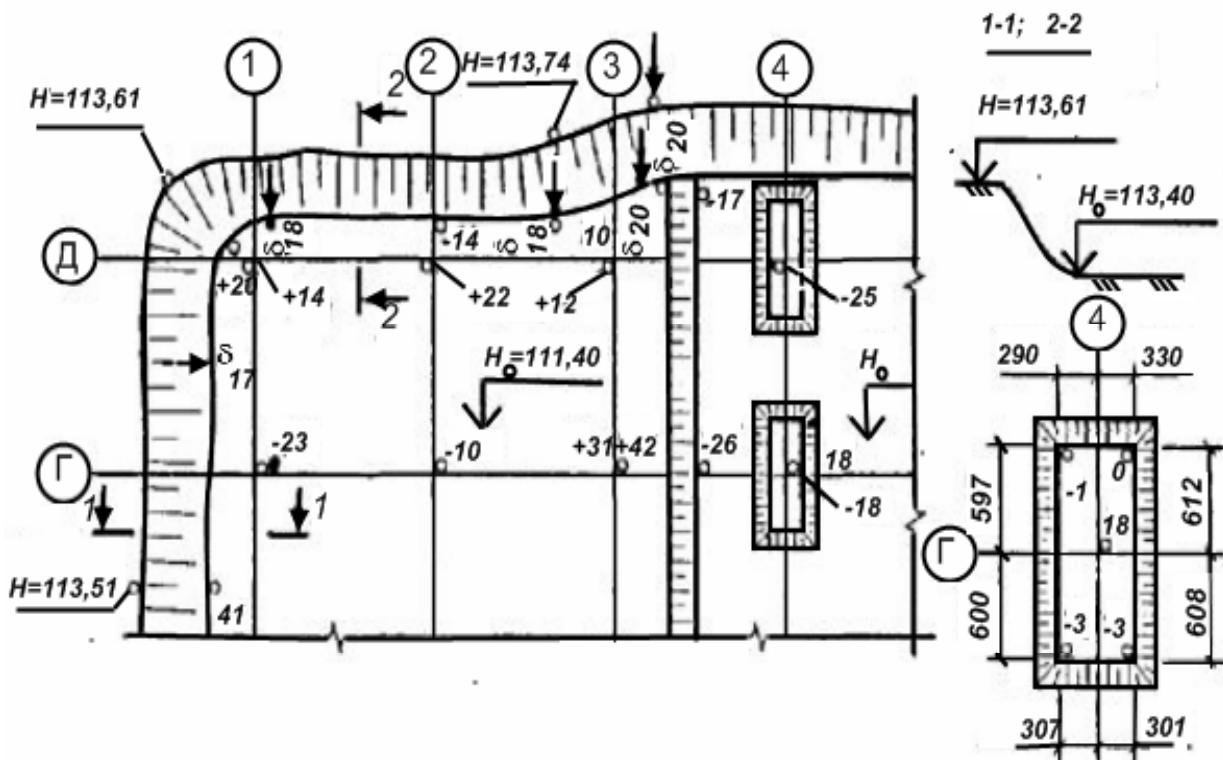


Рисунок 8.1 – Оформлення результатів зйомки котловану

Місця виконавчої зйомки котловану і приклади запису результатів на рис. 8.1: розміри (крім позначок) наведено в міліметрах; -18, -26 – відхилення позначки дна котловану від проектної;  $\delta 17$ ,  $\delta 20$  – відхилення верхньої і нижньої брівок від проектного положення.

**Відхилення розмірів земляної споруди від проектних порівнюють з величинами допусків, які наведені в нормативах.**

При виконавчій зйомці основ для фундаментів:

- на першому етапі визначаються розміри (габарити) основ і прив'язки до осі, позначки основ до їх зачищення або заливання;
- на другому етапі визначають ті ж геометричні параметри після доведення їх до проектних значень.

Так, наприклад, для технологічного обладнання фундаменти влаштовуються з відміткою на 50 – 60 мм нижче проектної позначки опорної поверхні обладнання. Тому виконавчу зйомку первого етапу здійснюють до заливання, а другого – після заливання основи бетоном (розчином). Приклади графічного оформлення результатів зйомок збірних фундаментів наведено на рис. 8.2 і 8.3.

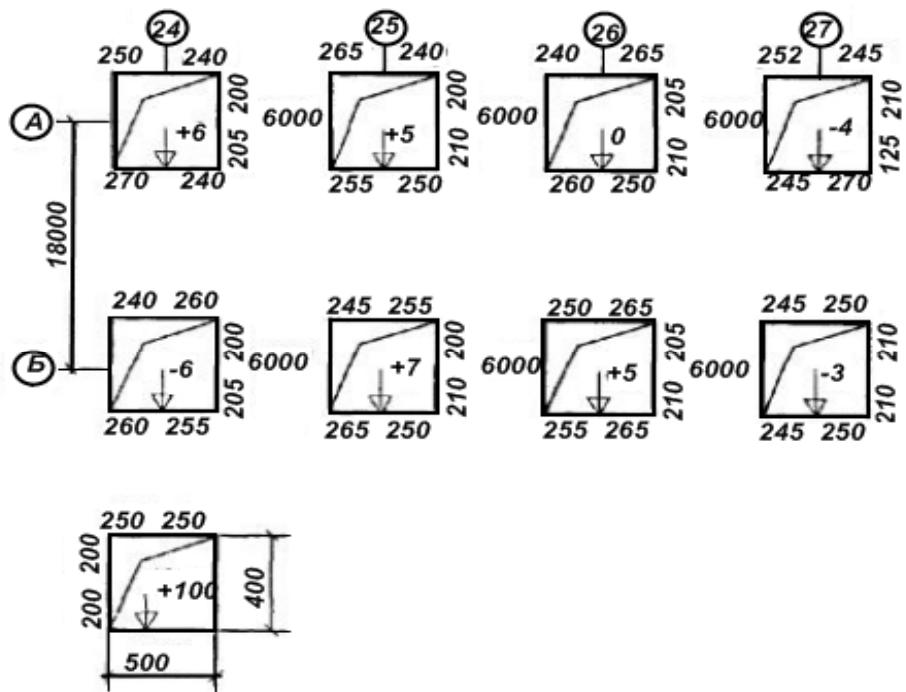


Рисунок 8.2 – Виконавча схема планово-висотного положення стаканів фундаментів під залізобетонні колони

Проектні розміри на рисунку 8.2 наведено в міліметрах: (+) завищені, (-) заниженні від проектної позначки дна стаканів.

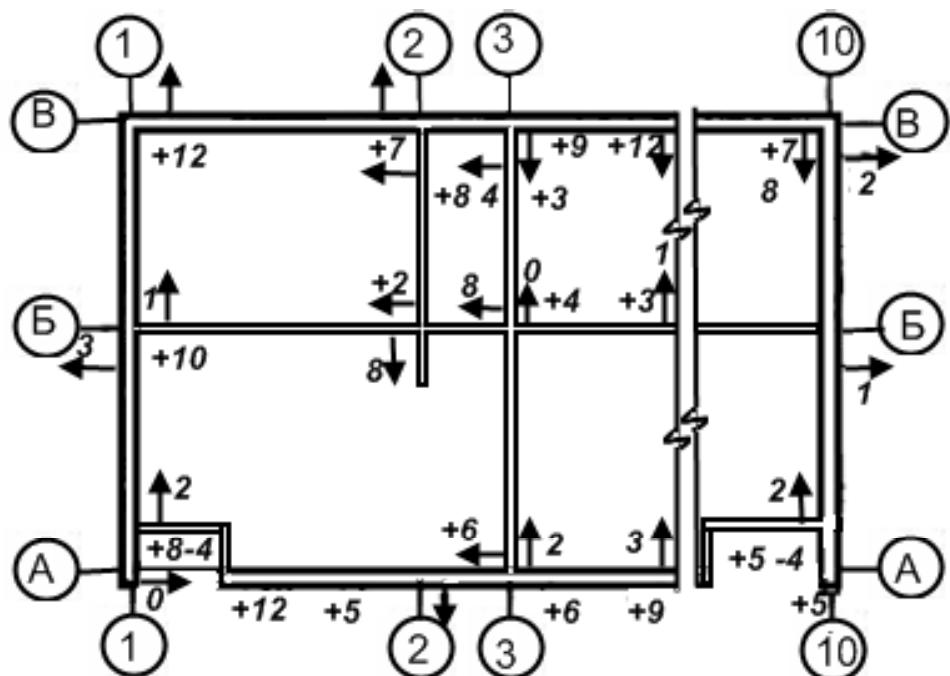


Рисунок 8.3 – Виконавча схема положення блоків підвальної частини будинку. Стрілками показані переміщення блоків з осей; цифрами зі знаком (+) та (-) позначені відхилення від проектної позначки в міліметрах

При **влаштуванні пальових фундаментів** і однорядному розташуванні паль зйомці підлягають всі палі з вимірюванням їх відхилень відносно їх поздовжньої осі, а крайні – відносно поздовжніх і поперечних осей.

При дво- і трирядному розташуванні паль зйомці підлягають крайні палі з вимірюванням їх відхилень відносно поздовжніх осей, а палі, розташовані на початку і кінці рядів, – відносно поздовжніх і поперечних осей.

При суцільному пальовому полі зйомці підлягають крайні палі відносно осей контуру масиву поля, а палі розташовані по кутах – відносно поздовжніх і поперечних паль.

Зйомці відносно поздовжніх і поперечних осей підлягають круглі палі діаметром більше 0,5 м, буронабивні палі і палі-оболонки, занурювані через кондуктори при будівництві мостів. Відхилення палі від їх проектного положення визначають з точністю до сантиметрів. Вимірюння відхилення порівнюють з вимогами до точності забивання (занурення) паль, регламентованими нормативними документами.

Приклад графічного оформлення результатів зйомок пальового поля наведено на рис. 8.4.

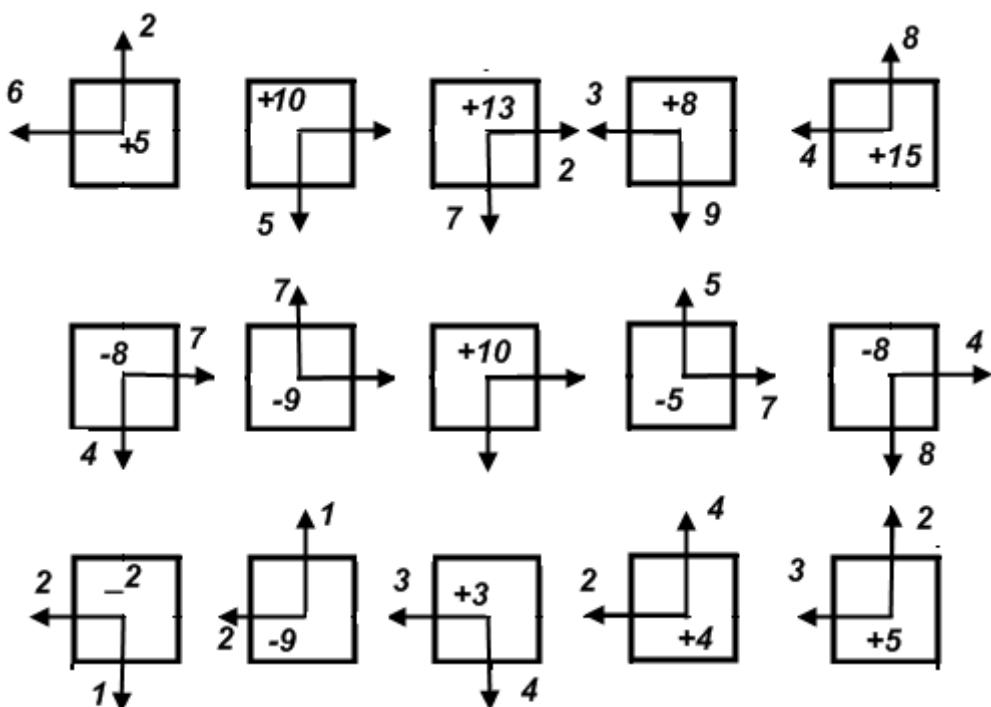


Рисунок 8.4 – Виконавча схема пальового поля. Стрілками показані зміщення центрів паль від проектного положення, цифра позначає їх величину в міліметрах, а цифра зі знаком (-) – відхилення оголовка палі від проектної позначки

**При виконавчій зйомці опалубки і підтримувальних риштувань** знімають і на схемах показують відхилення:

- у відстанях між опорами згинальних елементів, зв'язками вертикальних підтримувальних конструкцій на 1 м довжини і на весь прогін з інтервалом через 1 м;
- відстаней від вертикалі або проектного нахилу площин опалубки і ліній їх перетинів на 1 м і на всю висоту конструкцій з інтервалом не рідше, ніж через 1 м;
- осей опалубки фундаментів, стін, колон, балок, прогонів, арок;
- у положенні стійок домкратних рам і осей домкратів від вертикалі;
- осей опалубки, що переставляється або переміщується відносно осей споруди;
- внутрішніх розмірів опалубки балок, колон, стін від проектних розмірів.

**При виконавчій зйомці монолітних залізобетонних конструкцій** знімають і на схемах показують відхилення площин і ліній їх перетину від вертикалі або від проектного нахилу конструкцій фундаментів, стін, колон, горизонтальних площин. Зйомку виконують на всю висоту або площину ділянки. Інтервал між точками зйомки обмежують одним метром, якщо інші вимоги не передбачені проектом.

В монолітних житлових будинках, що зводяться методом ковзної опалубки, знімають і на схемах показують: у плані – місця перерізу стін, по висоті – позначки прорізів штраб, отворів і підлог. Відхилення габаритів і відміток від проектних значень порівнюють з величинами регламентованих допусків.

**При виконавчій зйомці збірних елементів** знімають і на схемах показують відхилення відносно розмічувальних осей, проектних позначок осей фундаментних блоків, а також осей або граней збірних елементів.

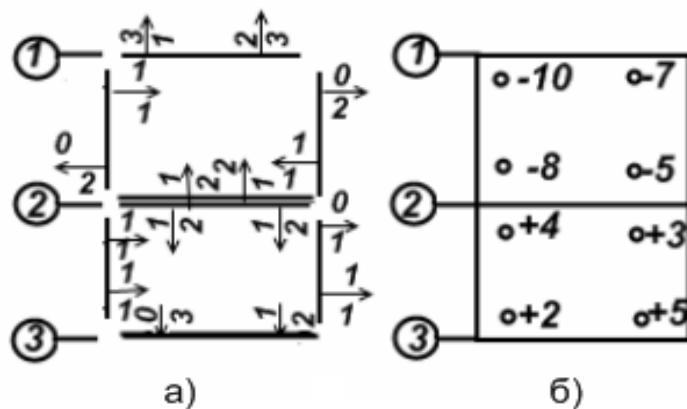


Рисунок 8.5 – Виконавча схема планово-висотного положення конструкцій цокольного поверху: а – напрямок та величина зміщення панелі від проектного положення (над рискою – верх панелі, під рискою – низ); б – точки нівелювання перекриття над підвалом та їх відхилення (в міліметрах)

**В об'ємно-блочних будівлях виконавчу зйомку слід виконувати:** у плані – поздовжніх граней блоків (при лінійному обпиренні), кутів (при обпиренні блоків по кутах); по висоті – опорних майданчиків несучих стін.

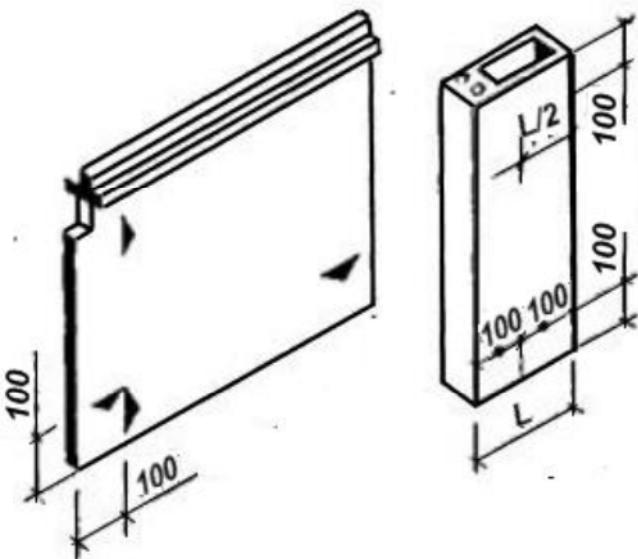


Рисунок 8.6 – Місця зйомки елементів конструкцій будівлі

**У виробничих та промислових будівлях і спорудах,** окрім зйомки будівельних конструкцій, виконавчій зйомці додатково підлягає положення різного роду опорних та анкерних пристосувань, закладних деталей під установлення технологічного обладнання. Положення цих елементів в плані визначають відносно монтажних (технологічних) осей, по висоті – відносно будівельних реперів майданчика або цеху. Особливе місце займає виконавча зйомка підкранових шляхів вантажопід'ємних механізмів. Цю зйомку виконують як в процесі будівництва, так і періодично в період експлуатації. Зйомка підкранових шляхів включає визначення відстані між осями рейок та прямолінійність рейок, а також різниці відміток між головками двох рейок та одної рейки.

Виконавчу зйомку технологічного обладнання виконують після його встановлення. Зйомку проводять геодезичними методами зі знаків, що закріплюють основні (або технологічні) осі. Контроль положення обладнання відносно технологічних осей проводять по маркувальних або спеціальних знаках на обладнанні, що визначають його геометричні осі.

Результати контрольних вимірювань відображають на схемах виконавчої документації.

При виконавчій зйомці **кам'яних конструкцій** знімають і на схемах показують відхилення:

- за розмірами (товщиною) конструкцій, опорних поверхонь, шириною простінків, прорізів, вертикальних осей віконних і інших прорізів, штраб;

- від осей кутів кладки в нижньому перерізі, від вертикалі в межах кожного поверху і на всі приміщення за його висоті більше двох поверхів;
- рядів кладки від горизонталі не рідше, ніж через 1 м довжини.

У цегляних будинках виконавча зйомка виконується на плані в місцях перерізу капітальних стін; по висоті – майданчиків обпирання перекриттів на стіни.

Виконавчу зйомку **металевих конструкцій** (крім металевих каркасів і кожухів печей та труб) виконують переважно в два етапи. На першому етапі знімають і на схемах показують відхилення в позначках та зсув опорних місць фундаментів, закладних деталей, анкерних болтів, а в необхідних випадках, спеціально передбачених у проектах, – габаритів конструкцій після укрупнювання складання. У деяких видах виробничих будівель і споруд колони та інші опори, ферми, ригелі, пролітні будови, підкранові балки сталеві настили, башти і баштові споруди, труби, бункери, кожухи різних пристрій, копри, тяги, пояси, траверси і т. п. знімаються двічі (до і після проведення виробничих або приймальних випробувань). Виконавча зйомка другого етапу проводиться після закінчення всіх випробувань незалежно від їх числа. Місця зйомки, форма відображення результатів зйомки, точність вимірювань встановлюються проектною документацією.

При виконавчій зйомці **дерев'яних конструкцій** знімають і на схемах показують відхилення в розмірах несучих конструкцій: по довжині, висоті, у відстанях між осями; відхилення в зсувах вертикалі, центрів опорних вузлів від центрів опорних майданчиків, в глибині вибурок, розмірах поперечних зсувів.

**Виконавчу зйомку фундаментів, що встановлюються під монтаж обладнання і трубопроводів,** виконують в два етапи. На першому етапі виконують висотну зйомку до підливання розчину, приварювання (укладання) прокладок фундаментів. За результатами зйомки первого етапу визначають висоту стяжки. Висотну виконавчу зйомку фундаментів, закладних деталей, підкладок і анкерних болтів, встановлених під монтаж технологічного устаткування, виконують з точністю до міліметрів, якщо інші вимоги не регламентовані проектною документацією. Висотну зйомку виконують геометричним нівелюванням від реперів, розміщених поза зоною можливих осідань ґрунтів, опорних контурів будівельних конструкцій та встановленого на них обладнання. Виконавча зйомка в плані фундаментів, що зводяться під монтаж обладнання і трубопроводів, виконується від осей або ліній, їм паралельних.

## **8.2 Виконавча зйомка підземних інженерних комунікацій**

Зйомка підземних комунікацій виконується з метою складання спеціалізованих планів, що відображають підземний стан даної території. Ці плани необхідні для технічної інвентаризації комунікацій при їхній експлуатації, а також для рішення проектних завдань при будівництві й реконструкції споруд.

Зйомка підземних комунікацій залежно від призначення створюваних планів, характеру знімання території і щільності розміщення мереж може виконуватися в масштабах 1:5000 – 1:500, а в окремих випадках, для складних місць промислових майданчиків – 1:200. На промислових і міських територіях найчастіше підземні мережі знімають у масштабі 1:500. Плани більш дрібних масштабів є документами облікового (довідкового) характеру.

Вимоги до точності планової зйомки всіх видів комунікацій приблизно однакові. На забудованих територіях середня квадратична помилка в положенні окремих ліній між собою й відносно контуру споруд становить 0,10 – 0,15 м. На незабудованих територіях з рідкою мережею комунікацій ця помилка може доходити до 0,5 м. Точність висотної зйомки комунікацій залежить від вимог до дотримання проектних позначок й уклонів. Для самопливних трубопроводів помилку в позначках лотків сусідніх колодязів допускають не більше 5 – 10 мм, а відхилення від проектних уклонів – до 10 – 20% від величини самого уклону.

Процес зйомки підземних комунікацій можна умовно розділити на два етапи: підготовчий і безпосередньо знімальний. У підготовчий період виконують рекогносцирування мереж на місцевості, збирають дані про число прокладань, колодязів, про розміри діаметрів і матеріал труб, тиск в газовій мережі, напругу в кабельних мережах й інші інженерні відомості, які повинні бути відображені на плані підземних комунікацій. У цей же період на ділянці зйомки створюють планово-висотне геодезичне обґрунтування, якщо воно відсутнє або недостатнє по частоті розташування наявних пунктів.

Безпосередньо зйомку підземної комунікації виконують після знаходження (визначення місця розташування) всіх її елементів на місцевості. Найпростіший випадок – коли виконується виконавча зйомка прокладеної підземної комунікації в не засипаній траншеї, тобто відразу ж після закінчення.

Для вже експлуатованих мереж при відсутності виконавчої документації застосовують метод шурфування, тобто риють глибокі поперечні траншеї (шурфи) на такій відстані одна від одної, щоб можна було з достатньою ймовірністю виявити й визначити положення всіх необхідних комунікацій. Останнім часом для виявлення місця розташування підземних комунікацій застосовують спеціальні прилади –

трубокабелешукачі (трасошукачі, кабелешукачі, шукачі трубопроводів) (рис. 8.7).

Найбільш складні моделі трасошукачів підключаються до портативного комп'ютера і дозволяють за допомогою спеціального програмного забезпечення отримувати повну інформацію про просторове положення підземних і підводних комунікацій на обстежуваній території.

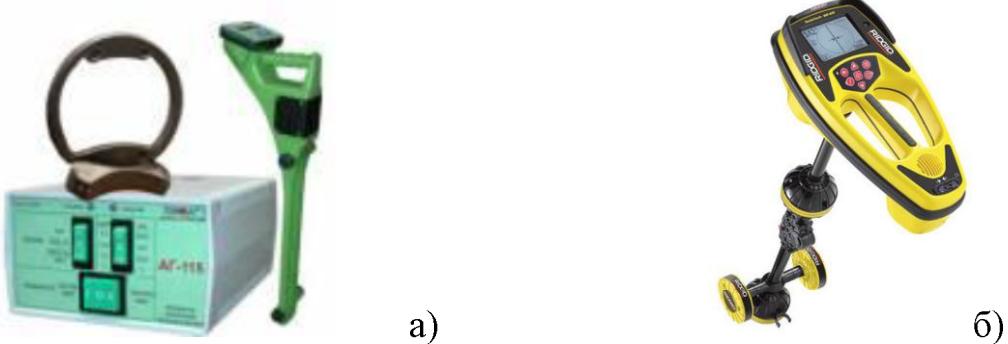


Рисунок 8.7 – Трасошукачі: а) «Успех АГ-308М» ; б) SR-60

Трубокабелешукачі використовуються для визначення планового положення комунікацій, глибину залягання трубопроводів, місця пошкодження кабельних ліній, обстеження ділянок місцевості перед проведенням земляних робіт, проведення робіт з пошуку прихованого прокладання, моніторингу стану магістральних трубопроводів.

Пошук підземних комунікацій передбачає виявлення їхнього місця розташування в період експлуатації, тобто коли комунікації сковані й на поверхні землі існують лише оглядові й регулювальні споруди.

Принцип дії приладів пошуку підземних комунікацій заснований на законі електромагнітної індукції й полягає у виявленні змінного магнітного поля, що існує навколо струмонасучих кабелів, або штучно створюваного навколо металевих трубопроводів, що відшуковують.

Прилади пошуку побудовані за тим самим принципом й розрізняються лише схемами й технічними характеристиками. Вони складаються із двох окремих блоків: передавального I і приймального II (рис. 8.8). Передавальний блок складається з генератора звукової частоти Г і джерела електроживлення Б<sub>1</sub>. Приймальний блок містить підсилювач У с електроживленням Б<sub>2</sub>, феритову антenu А й відтворювальний пристрій ВУ (головні телефони, мікроамперметр або те й інше).

Трубокабелешукачі за своїми електротехнічними характеристиками розділяють на три класи: до I відносяться прилади з потужністю генератора більше 20 Вт (наприклад, ТПК-1), до II – від 2 до 20 Вт (ИПК-2М, ИТ-4, ИТ-5) і до III – менше 2 Вт (ИП-7-ПСИ, ИПКТ-69).

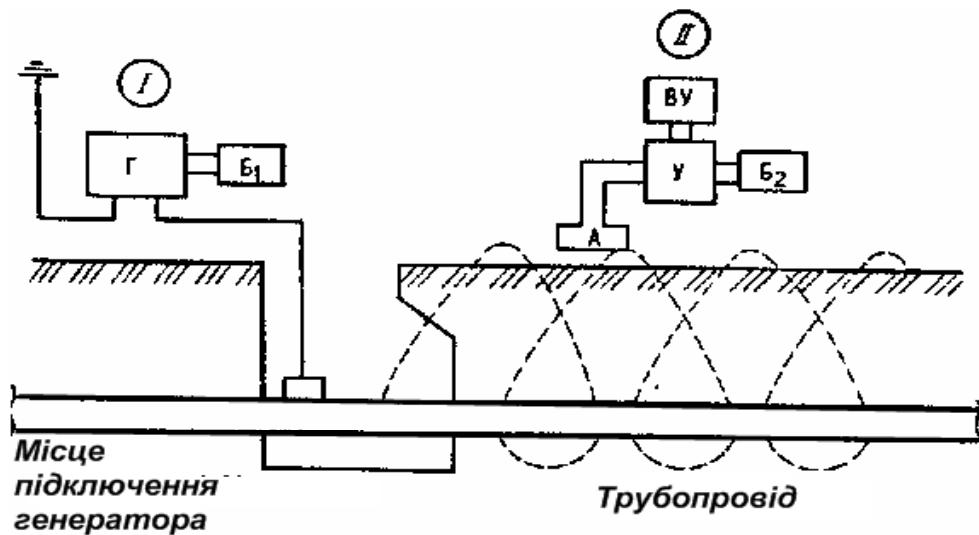


Рисунок 8.8 – Принципова схема будови приладу пошуку підземних комунікацій

Визначення положення підземної комунікації за допомогою приладів пошуку може бути виконано контактним і безконтактним способами.

Контактний спосіб є найбільш точним. У цьому способі генератор у зручному місці підключається безпосередньо до шуканої комунікації. На відстані 8 – 10 м у напрямку, перпендикулярному комунікації, генератор заземлюють. Після відповідного настроювання генератора й включення приймального пристрою починають пошук. Для визначення напрямку траси антenu розвертують у горизонтальній площині до одержання мінімального сигналу (найменшої гучності звучання), тоді напрямок осі антени вкаже на напрямок траси.

Місце розташування комунікації визначають на двох режимах: за «максимумом» й «мінімумом» сигналу. У режимі «максимум» вісь антени розташовують перпендикулярно до передбачуваної осі комунікації (рис. 8.9, а) і плавно переміщають її вправо й уліво в поперечному до траси напрямку до найбільшої гучності звучання сигналу. Це й буде проекція осі комунікації на поверхню. Ширина зони звучання сигналу може бути до 1 м і більше. Положення проекції комунікації уточнюють на режимі «мінімум». Для цього, розташувавши антenu вертикально (рис. 8.9, б), переміщають її як і раніше, домагаючись найменшого звучання сигналу.

Глибину закладення комунікації визначають, зафіксувавши на місцевості уточнене положення її осі. Для визначення глибини закладення вісь антени розташовують під кутом  $45^\circ$  до поверхні землі і переміщають (рис. 8.9) її перпендикулярно до напрямку комунікації до мінімальної чутності сигналу. Відстань від цієї точки до осі й буде дорівнює глибині залягання комунікації. Визначення повторюють у протилежну від осі сторону й беруть середнє із двох значень отриманих відстаней.

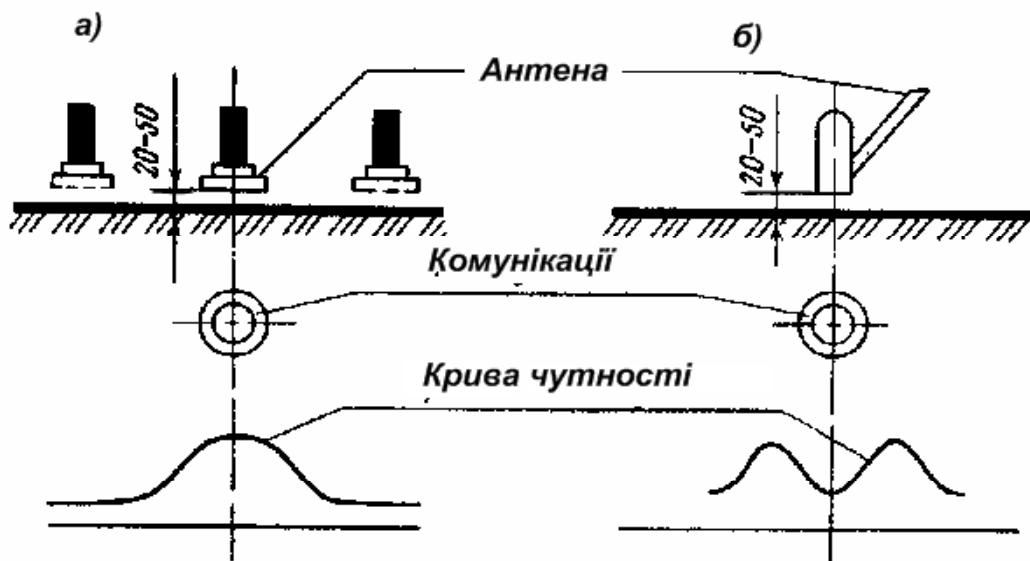


Рисунок 8.9 – Схеми визначення планового місця розташування підземних комунікацій за допомогою приладу пошуку

Безконтактний спосіб застосовують, коли підключення генератора до трубопроводів і кабелів неможливо або небажано. У цьому способі працюючий генератор заземлюється у двох або більше точках, створюючи тим самим навколо комунікації електромагнітне поле. Для пошуку комунікації використовується «відбита величина» цього поля. Методика пошуку аналогічна контактному способу.

Точність індуктивного методу пошуку підземних комунікацій залежить від роздільної здатності застосованого приладу, установлення антени прийомного пристрою в задане положення, впливів зовнішніх перешкод. Установлено, що в зоні впевненого прослуховування сигналів середні квадратичні помилки визначення положення підземної комунікації (у см) характеризуються величиною  $m$ : у плані –  $m_m = 7,5h$ , по висоті  $m_h = 13h$ , де  $h$  – глибина залягання комунікацій, м.

При зйомці на забудованій території планове положення всіх видів підземних мереж визначають від пунктів геодезичних мереж і від постійних точок капітальної забудови, на незабудованій території – від пунктів геодезичних мереж. Горизонтальну зйомку від пунктів геодезичних мереж виконують відомими способами: лінійних, кутових і створних засічок, полярним, перпендикулярів й ін.; від точок капітальної забудови – лінійними засічками, способами перпендикулярів і створів.

Лінійні засічки виконують не менше, ніж від трьох точок, довжина їх не повинна перевищувати довжини мірного приладу, кути засічок повинні бути не менше  $30^\circ$  і не більше  $120^\circ$ .

Довжина перпендикулярів не повинна бути більше 4 м, при застосуванні екера – 20 м.

При полярному способі кути вимірюються теодолітом при одному положенні вертикального кола, довжина полярного напрямку не повинна

перевищувати 30 м.

При всіх способах зйомки точок підземної комунікації обов'язково виконують контрольні вимірювання відстаней між ними.

При зйомці колодязів і камер виконують вимірювання внутрішніх і зовнішніх габаритів, окремих конструктивних елементів, розташування труб із прив'язкою до стрімкої лінії, що проходить через центр кришки колодязя.

Висотне положення підземних мереж і споруд визначають в основному технічним нівелюванням. Нівелюють люки всіх колодязів, лотки каналізаційних, водостічних і дренажних каналів, верх труб і підлогу каналів теплофікації, телефонної та електричної мереж, у безколодязьних прокладаннях – кути повороту траси й точки зламу профілю.

Після обробки польових матеріалів результатів зйомки підземних комунікацій інженерні характеристики відображаються на топографічному плані відповідного масштабу. Додатково складаються поздовжні профілі.

Основою для складання виконавчих креслень побудованих комунікацій служать копії погодженого проекту в масштабі 1:500 або плани цього ж масштабу, складені за результатами зйомки смуги траси не менше 20 м в обидві сторони від її осі.

### **8.3 Виконавча геодезична документація**

Перелік виконавчої геодезичної документації (ВГД) на будівельному об'єкті встановлюється відповідно до вимог стандартів та іншої нормативно-технічної документації. В особливих випадках, на вимоги державного архітектурно-будівельного, технічного, авторського надзорів може уточнюватися перелік ВГД. Уточнення ВГД відбувається, в основному, за рахунок її збільшення або деталізації.

ВГД створюється, головним чином, у вигляді:

- виконавчого генерального плану;
- виконавчих схем (креслень) по елементах будівництва, типах інженерних комунікацій;
- каталогів координат геодезичних пунктів і позначок реперів;
- альбомів обмірних креслень.

**Виконавчий генплан** складають на основі проектного генплану (М 1:1000; М 1:5000). Він складається для всього об'єкта, а виконавчі схеми – для окремих елементів. На виконавчому генплані показують фактично зведений об'єкт, включаючи надzemні і підземні частини об'єкта. Якщо ситуація складна, то існуючі і побудовані елементи об'єкта наносять різним кольором, надzemну і підземну частину наносять також різним кольором. Підземні комунікації (водогінні, газові мережі, електричні мережі та ін.) зображають на окремих схемах. На генплані показують також і благоустрій території.

Виконавчий генплан слугує основним документом при експлуатації об'єкта. На ньому треба наносити всі зміни, яких зазнає об'єкт в процесі ремонту, реконструкції, добудов, перебудов.

До складу виконавчої документації входять такі **виконавчі схеми**:

1. Розмічування і закріплення осей;
2. Перенесення основних осей будівель на дно котловану;
3. Детальне розмічування і закріплення осей;
4. Розмічування контуру котловану;
5. Планово-висотна зйомка котловану;
6. Планово-висотне нанесення осей;
7. Планово-висотне положення монолітного ростверку;
8. Планово-висотна зйомка збірного фундаменту;
9. Планово-висотна зйомка стаканів фундаментів;
10. Планово-висотна зйомка стінових панелей підземної частини;
11. Нівелювання перекриття підземної частини;
12. Зйомка стінових панелей  $n$ -го поверху в плані і по вертикалі;
13. Нівелювання перекриття і сходових клітинок  $n$ -го поверху;
14. Планове і висотне положення  $n$ -го поверху;
15. Зйомка ліфтової шахти.

**Виконавчі схеми (креслення)** виконуються з нанесенням на них геометричних параметрів напрямків і величин відхилень від проектних положень установлених (змонтованих) будівельних конструкцій. Пояснювальні записки або інша інформація (діаметр арматури труб, марки електродів, прізвища зварювальників тощо) указуються тільки за додаткових вимог. Основою ВГД є робочі креслення проектної документації. Проектні розміри (габарити) супроводжуються буквою |П|, дійсні (змінені в натурі) – буквою |Д| (рис. 8.10). Букви розміщуються в прямих дужках. Якщо необхідно вказати розміри, то в чисельнику пишеться проектний, у знаменнику – дійсні розміри.

Дійсні відхилення від проектних позначок для ґрунтових поверхонь показуються числовим значенням з точністю до сантиметрів і до міліметрів – для інших елементів. Перед величиною відхилень ставлять знак «+» у випадку зниження поверхонь від проектної позначки.

Уклони поверхонь показуються стрілками, над якими вказується їхня величина в промілях (%) – тобто в сотих частках від відхилення від одиниці, а під стрілками – відстань.

Для будівельних елементів (колон, паль і т. д.), фактичні осі або грані, які доступні вимірюванням, точність положення в плані характеризується дійсними відхиленнями осей або граней елементів від розмічувальних. Дійсні відхилення осей або граней від розмічувальних осей показуються стрілками, спрямованими убік відхилення й розташованими поруч числами – значеннями відхилень у міліметрах.

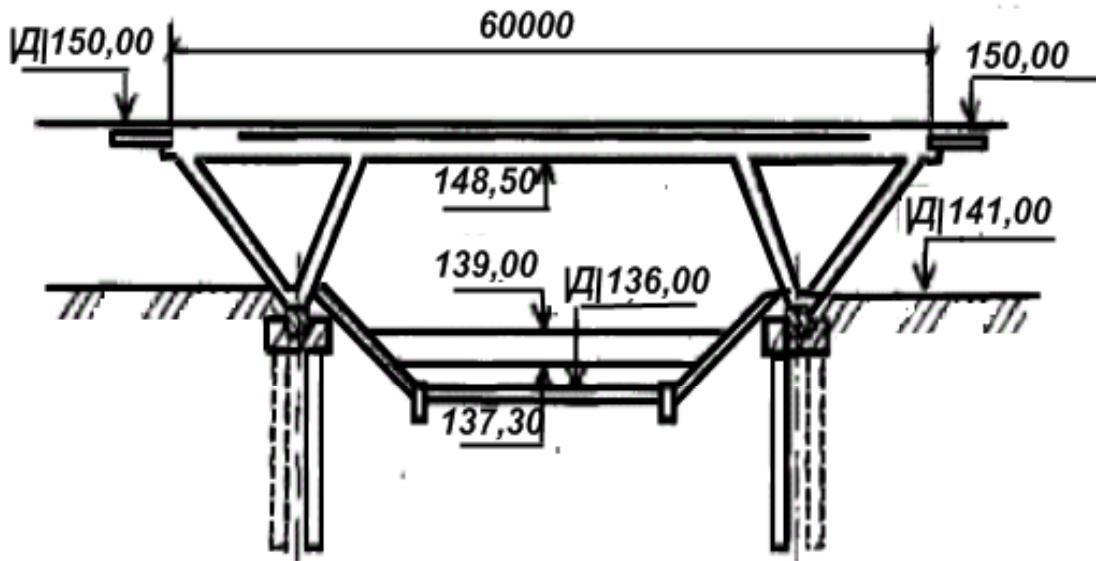


Рисунок 8.10 – Позначення дійсних | Д | та проектних | П | позначок на фасаді поздовжнього профілю мостового переходу

Дійсні відхилення поверхонь елементів від вертикалі показують стрілками, спрямованими убік відхилень і розташованими поруч умовними позначками невертикальності й чисельних значень відхилень.

На виконавчих схемах можуть записуватись різні примітки, узгодження допущених (обмірюваних) відхилень із авторським наглядом, а, за необхідності, також роз'яснення до умовних знаків.

На виконавчих кресленнях повинні бути вказані: найменування і телефони організації, що виконувала виконавчу зйомку; адреса ділянки виконання робіт; найменування організації, що випустила проект, номер та дата випуску; номер і дата видачі ордера на право проведення робіт; номер і дата узгодження проекту; номер замовлення і дата проведення контрольної геодезичної зйомки або підтвердження замовником правильності складання та відповідності виконавчого креслення натури.

Якщо прокладання підземних споруд виконано з відхиленнями від проекту, то на виконавчих кресленнях повинно бути вказано, ким і коли ці відхилення дозволені. Виконавчий рисунок має бути підписаний представниками організації, його склала, – головним інженером будівельного управління, старшим виконавцем робіт, геодезистом будівельного управління, укладачами креслення. Виконавче креслення входить до складу обов'язкової виконавчої документації, що надається будівельною організацією при здаванні в експлуатацію закінчених будівництвом інженерних об'єктів.

## **Контрольні запитання для самоперевірки знань**

1. Призначення виконавчої геодезичної зйомки.
2. Методика проведення виконавчої зйомки земляних споруд.
3. Методика проведення виконавчої зйомки при влаштуванні фундаментів.
4. Методика проведення виконавчої зйомки опалубки і підтримуючих лісів.
5. Методика проведення виконавчої зйомки збірних елементів.
6. Методика проведення виконавчої зйомки монолітних залізобетонних конструкцій.
7. Методика проведення виконавчої зйомки фундаментів, що встановлюються під монтаж обладнання і трубопроводів.
8. Склад та зміст виконавчої документації.
9. Зміст виконавчого генплану.
10. Склад та зміст виконавчих схем (креслень).