

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

М. А. Кухар

ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА
І ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ МІСЬКОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
денної та заочної форм навчання
зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2024

Кухар М. А. Геодезичне забезпечення будівництва і експлуатації об'єктів міської інфраструктури : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій / М. А. Кухар ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 96 с.

Автор

канд. техн. наук, доц. М. А. Кухар

Рецензент

С. Г. Нестеренко, кандидат технічних наук, доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)

Рекомендовано кафедрою земельного адміністрування та геоінформаційних систем, протокол № 1 від 28.08.2023

Конспект лекцій складено з метою розкрити основні питання щодо моніторингу земель і природних ресурсів. Він може бути корисним для здобувачів спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій.

© М. А. Кухар, 2024

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Тема 1 Загальні відомості про інженерно-геодезичні вишукування	5
Тема 2 Геодезичні роботи перед початком будівництва.....	11
Тема 3 Роботи з геодезичного супроводу геологічних та гідрологічних вишукувань перед початком будівництва.....	21
Тема 4 Технологічні засади геодезичного забезпечення будівництва інженерних споруд.....	26
Тема 5 Геодезичний супровід будівництва інженерних споруд.....	36
5.1 Переходи через водотоки.....	39
5.2 Зйомка мостового переходу.....	42
5.3 Визначення довжини мостового переходу.....	45
5.4 Висотна основа. Передача висот через водотоки.....	49
Тема 6 Спеціальні геодезичні мережі.....	54
Тема 7 Моніторинг деформацій споруд геодезичними методами.....	69
Тема 8 Моніторинг деформацій спеціалізованих споруд геодезичними методами.....	79
8.1 Особливості інженерно-геодезичних спостережень за деформаціями телевежі Київського телецентру.....	79
8.2 Інженерно-геодезичний моніторинг об'єкта «Укриття» ЧАЕС.....	81
8.3 Інженерно-геодезичний моніторинг мостів.....	87
8.4 Інженерно-геодезичний моніторинг ГЕС.....	89
Висновок.....	97
Список використаних джерел.....	95

ВСТУП

Курс «Геодезичне забезпечення будівництва та експлуатації об'єктів міської інфраструктури» призначений для студентів спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій та спрямований на оволодіння ними фундаментальними та практичними знаннями з інженерно-геодезичного забезпечення будівництва та подальшого моніторингу об'єктів міської інфраструктури.

Кожна тема курсу присвячена важливому етапу геодезичного процесу, починаючи від загальних відомостей про інженерно-геодезичні вишукування та геодезичні роботи перед початком будівництва і закінчуючи спеціальним геодезичним моніторингом деформацій різних об'єктів міської інфраструктури.

Детальний розгляд тем, таких як геодезичне супроводження геологічних та гідрологічних вишукувань, технологічні засади геодезичного забезпечення будівництва інженерних споруд, переходи через водотоки, а також моніторинг деформацій споруд геодезичними методами, розкривають перед студентами широкий спектр важливих аспектів цієї професійної діяльності.

Розглядаються питання моніторингу деформацій споруд та спеціалізованих об'єктів. Зокрема, досліджуються особливості інженерно-геодезичних спостережень за деформаціями важливих об'єктів, таких як телевежа Київського телецентру, об'єкт «Укриття» НАЕС, мости та гідроенергетичні споруди.

Курс надає студентам можливість отримати глибокі знання та практичні навички, які є необхідними для успішної реалізації інженерно-геодезичних проєктів у сфері міської інфраструктури.

ТЕМА 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНІ ВИШУКУВАННЯ

Інженерна (прикладна) геодезія – один із основних напрямів сучасної геодезії. Вона вивчає методи геодезичних робіт, виконуваних при вишукуванні, проєктуванні, будівництві та експлуатації різних будівель і споруд, а також раціональному використанні і охороні природних ресурсів.

У сучасній інженерній геодезії знаходять застосування новітні вимірювальні засоби, використовуються останні досягнення фізики, механіки, електроніки, оптики, обчислювальної техніки.

Основними завданнями інженерної геодезії є:

- *топографо-геодезичні вишукування*, під час яких на об'єкті виконуються роботи зі створення геодезичної мережі, топографічна зйомка, геодезична прив'язка точок геологічної і геофізичної розвідки;

- *інженерно-геодезичне проєктування*, що включає розробку генеральних планів споруд та їх цифрових моделей; геодезичну підготовку проєкту для винесення його в природу, розрахунки з горизонтального і вертикального планування, визначення площ, об'ємів земляних робіт тощо;

- *геодезичні розмічувальні роботи*, що включають створення на об'єкті геодезичної розмічувальної мережі і подальше винесення в природу головних осей споруди та її детальне розмічування;

- *геодезична вивірка конструкцій і технологічного устаткування* при установці їх в проєктне положення;

- *спостереження за деформаціями споруд* для визначення осідання основ і фундаментів, планових зсувів і кренів споруд.

Геодезичне забезпечення будівництва та експлуатації сучасних інженерних споруд пов'язане з необхідністю виконання точних вимірювань для визначення координат і висот геодезичних пунктів, складання топографічних карт і планів, подовжніх профілів трас, а також для спостереження за деформаціями споруд.

Для забезпечення необхідної точності вимірювання виконуються високоточними геодезичними приладами: теодолітами, нівелірами, електронними віддалемірами. Електронними тахеометрами виконують кутові і лінійні вимірювання з одночасним розв'язанням різних інженерно-геодезичних завдань.

При визначенні просторового розташування об'єктів використовується апаратура, що працює за сигналами супутникових навігаційних систем. При виконанні топографічних знімачів місцевості та знімачів інженерного призначення застосовують лазерні сканери. Обробку результатів геодезичних вимірювань виконують на сучасних комп'ютерах з використанням різного програмного забезпечення. До числа таких програмних продуктів належать геоінформаційні системи, що призначені для збору, обробки, систематизації, відображення й аналізу картографічної інформації.

Склад геодезичних робіт, їх точність, використовувані методи і прилади розрізняються залежно від особливостей об'єкта.

У процесі будівництва та в міру завершення окремих його етапів виконують виконавчі зйомки, метою яких є встановлення точності винесення проєкту споруди в натуру, виявлення відхилень, допущених у процесі будівництва, а також визначення фактичних координат і висотних відміток побудованого об'єкту, розмірів його окремих частин.

Геодезичні роботи – вимірювання і знімання – є складовою частиною організаційно-технологічного процесу зведення будівель і споруд. Їх виконують на всіх етапах будівельного виробництва – у процесі вишукувань, проєктування, зведення і експлуатації споруд.

Кожна зведена споруда має відповідати своєму призначенню, бути довговічною і красивою. Повинні витримуватися встановлені терміни зведення споруд за умови мінімуму витрат праці, часу і грошових коштів. Дотриманню цих умов істотно сприяють правильно організовані і ретельно виконані топографо-геодезичні роботи. Сучасний рівень капітального будівництва характеризується новими формами організації праці, суцільною

комп'ютеризацією проектування і високим рівнем механізації будівельно-монтажних робіт, постійним зростанням вимог до якості.

Від виникнення потреби у зведенні будівлі до завершення її будівництва виконуються різноманітні проєктувальні і будівельні роботи.

Усі споруди за призначенням, розмірами і конфігурацією поділяють на:

- локальні (площинні) споруди, будівлі і комплекси;
- лінійні споруди, у яких протяжність істотно перевищує ширину.

Узагальнену схему послідовності робіт зі створення споруди можна подати так:

- 1) визначення економічної доцільності будівництва споруди у визначеному місці;
- 2) проєктування споруди;
- 3) інженерна підготовка території;
- 4) будівельні роботи.

Конкретні схеми проєктування і будівництва спеціальних та лінійних споруд дуже відрізняються, і тому в подальшому при вивченні організації геодезичного забезпечення розглядаються окремо у відповідних процесах.

Геодезичні роботи, як технологічний процес будівельного виробництва, на всіх етапах створення об'єкта будівництва мають свої завдання і свій кінцевий продукт, тому в курсі інженерної геодезії розглядаються:

- топографо-геодезичне забезпечення інженерних вишукувань;
- топографо-геодезичне забезпечення проєктування споруд;
- інженерно-геодезичне забезпечення перенесення проєктів на місцевість;
- геодезичні методи детального розмічування споруд на різних етапах будівництва;
- геодезичні методи вивірки розташування конструкцій у плані, за висотою, за вертикаллю;
- виконавчі знімання зведених конструкцій і будівель;
- геодезичні методи дослідження деформацій будівель і споруд.

Розробці проєкту будівництва будов і споруд передують великий комплекс польових, камеральних і лабораторних робіт, під час яких вивчають умови будівництва та експлуатації майбутньої інженерної споруди – *вишукування*.

Розрізняють вишукування *економічні* і *технічні*.

Економічні вишукування звичайно передують технічним і мають за мету визначення економічної доцільності будівництва споруди у певному визначеному місці.

Під час цих вишукувань збирають і аналізують матеріали, що характеризують умови району передбачуваного будівництва, забезпечують нормальне функціонування проєктованого об'єкту. Перелік матеріалів залежить від типу споруди, що зводиться, і визначається спеціальними інструкціями.

На основі *економічних* вишукувань, враховуючи перспективні державні плани розвитку окремих районів і галузей народного господарства, зацікавлена організація (замовник) видає *завдання на проєктування*.

У завданні визначають:

- район і місце передбачуваного будівництва;
- основні параметри споруди;
- джерела постачання його сировиною, паливом, електроенергією, водою;
- транспортні зв'язки тощо.

Одержавши таке завдання, спеціалізована організація (проєктний інститут) проводить додаткові економічні і технічні вишукування і на основі одержаних матеріалів розробляє поетапно (постадійно) *проєкт споруди*.

Широке застосування має двостадійна система проєктування:

– на першій стадії складають технічний проєкт, створюють попередній генеральний план об'єкту;

– на другій – розробляють робочі креслення, призначені для безпосереднього здійснення будівельних і монтажних робіт, остаточно розробляють і погоджують генеральний план. Також створюють проєкти виконання будівельних робіт (ПВР) і виконання геодезичних робіт (ПВГР).

Технічний проєкт інженерної споруди містить низку документів, якими

керуються при організації і проведенні будівельних робіт:

- проекти транспортних, промислових і сільськогосподарських об'єктів складаються з трьох частин: економічної, технологічної і будівельної;

- проекти цивільних споруд – з двох частин: економічної і будівельної.

В економічній частині проекту дається обґрунтування вибраного варіанту споруди, визначається його проектна потужність і кошторисна вартість будівництва.

У технологічній частині описується технологія виробництва, вид призначеного до використання устаткування, ступінь механізації та автоматизації виробничого процесу.

До будівельної частини входить генеральний план споруди – великомасштабний топографічний план, на якому показують розміщення майбутніх споруд і комунікацій, план вертикального планування, проектні елементи трас лінійних споруд і проект організації будівництва (ПОБ).

Одночасно розробляється будівельний або суміщений *генеральний план (будгенплан)*, на якому окрім постійних споруд зображають тимчасові будівлі і споруди, необхідні на період будівельних робіт, розміщення механізмів, будівельних матеріалів тощо.

Одностадійне проектування, під час якого вирішують питання щодо основних технічних параметрів споруди, про прив'язку до конкретного місця тощо застосовують на нескладних об'єктах, де можна використовувати типові проекти.

Проектні матеріали створюють на основі заздалегідь проведених *комплексних інженерних (технічних) вишукувань*.

Інженерні вишукування поділяють на інженерно-геодезичні, інженерно-геологічні, гідрологічні, кліматичні тощо. Вид технічних вишукувань та їх зміст залежать від стадії проектування.

Найважливіша роль належить *інженерно-геодезичним вишукуванням*. Інженерно-геодезичні вишукування – це перший етап геодезичного забезпечення будівництва. Їх виконують за наперед складеною програмою на

всіх стадіях проектування для отримання даних про топографічні умови району будівництва.

До складу цих вишукувань входять збір та аналіз матеріалів раніше виконаних геодезичних і топографічних робіт на ділянці будівництва, створення нових або згущування наявних геодезичних мереж, проведення великомасштабних топографічних зйомок (або їх оновлення), роботи з трасування і роботи з геодезичного забезпечення інших видів вишукувань – інженерно-геологічних, гідрологічних та гідрогеологічних.

У програмі вишукувань дається обґрунтування необхідних геодезичних і знімальних робіт. У ній наводиться проєкт створення геодезичної основи з розрахунком її точності й описом методики вимірювань і черговості робіт.

Склад і методика інженерно-геодезичних вишукувань зумовлюють стадії складання проєкту.

ТЕМА 2 ГЕОДЕЗИЧНІ РОБОТИ ПЕРЕД ПОЧАТКОМ БУДІВНИЦТВА

Геодезичні роботи перед початком будівництва, або як їх ще називають «геодезія земельної ділянки», відкривають можливість встановлення важливого зв'язку між проєктованим будівельним об'єктом та іншими об'єктами, що розташовані поруч на тій самій території, включаючи під'їзні шляхи. Цей процес не обмежується лише етапом будівництва – навпаки він є важливою частиною всього життєвого циклу будівлі.

Геодезичні роботи, проведені на етапі проєктування та будівництва, визначають точне розташування будинку та його елементів у межах земельної ділянки. Однак значення геодезії не обмежується завершенням будівництва. Навпаки, геодезичні роботи можуть служити як інструмент для систематичної перевірки будівлі на можливі деформації та зміни протягом періоду експлуатації.

Геодезичні дані дозволяють не лише фіксувати початкові координати та розміщення будівлі, але і служать як основа для наступних вимірювань та аналізу стану будівлі у подальшому експлуатаційному періоді. Це особливо важливо для визначення ефективності конструкції та виявлення будь-яких змін у структурі, які можуть виникнути під впливом різних факторів, таких як час, навколишнє середовище або інші зовнішні впливи.

Геодезія земельної ділянки, як невід'ємна частина будівельного процесу, не лише сприяє точному впорядкуванню території, але і стає надійним інструментом для довгострокового моніторингу та управління будівельним об'єктом. Це важливий аспект, який підкреслює значення геодезії на всіх етапах життєвого циклу будівлі.

Геодезія ділянки перед будівництвом є вирішальним етапом, оскільки від цієї процедури залежить успішність усього будівельного проєкту. Досвід показує, що недостатня увага до геодезії може призвести до серйозних проблем у майбутньому, таких як тріщини на фасаді та нестабільність будівлі.

Інженерно-геодезичні вишукування перед початком будівництва є ключовим етапом у підготовці будівельного об'єкта. Ці вишукування включають низку етапів, які важливі для визначення характеристик ділянки та підготовки необхідних даних для подальшого проєктування і будівництва. Розглянемо основні етапи інженерно-геодезичних вишукувань перед будівництвом.

Визначення мети будівельного об'єкта і встановлення основних вимог до його геодезичного забезпечення є критичним етапом у підготовці до будівництва. Цей процес визначає напрямок і точність геодезичних робіт, що необхідні для успішної реалізації проєкту. Нижче подано детальний огляд цього етапу.

Аналіз потреб. Початковим кроком є вивчення потреб та цілей будівельного об'єкта. Це включає в себе ретельний огляд проєктної документації, визначення призначення будівлі або споруди, а також обговорення вимог замовника.

Визначення геодезичних завдань. На основі аналізу потреб визначаються конкретні геодезичні завдання. Здійснюються визначення геодезичних пунктів, контроль за межами ділянки, створення цифрових моделей рельєфу тощо.

Визначення точності та просторового розташування. Визначається необхідна точність геодезичних вимірювань та просторове розташування контрольних пунктів. Це залежить від конкретності та масштабу будівельного проєкту.

Взаємодія з проєктними та інженерними командами. Геодезичні вимоги повинні бути вироблені в тісному співробітництві з проєктними архітекторськими та інженерними групами для врахування всіх аспектів проєкту.

Розробка програми геодезичних робіт. На основі визначених геодезичних завдань формується програма робіт, включаючи план вимірювань, вибір методів та інструментів, а також строкові рамки виконання.

Проведення контрольного обстеження території. Перед початком робіт проводиться контрольне обстеження для ідентифікації можливих факторів, що можуть впливати на точність геодезичних вимірювань.

Формування технічного завдання. Усі зібрані відомості об'єднуються в технічному завданні, яке слугує основою для проведення геодезичних робіт.

Цей етап визначення мети та вимог є важливим елементом успішної реалізації будівельного проєкту, забезпечуючи необхідну точність та надійність геодезичного забезпечення для всієї подальшої будівельної діяльності.

Аналіз попередніх геодезичних та інженерних даних є важливим етапом перед початком будь-яких нових геодезичних вишукувань. Це включає в себе:

Перегляд наявних геодезичних планів. Визначення точності та актуальності наявних геодезичних планів, які можуть бути використані як вихідні дані.

Аналіз інженерних даних. Оцінка раніше здійснених інженерних досліджень для визначення геологічних умов, властивостей ґрунту та будівельних обмежень.

Оцінка точності інструментів і методів. Перевірка точності та надійності використовуваних геодезичних інструментів та методів, які застосовувались на попередніх етапах.

Визначення можливих змін. Пошук можливих змін у місцевих умовах, таких як нові будівельні об'єкти, інфраструктурні роботи чи зміни в рельєфі місцевості.

Врахування попередніх проблем. Виявлення будь-яких проблем чи відхилень, які виникали на попередніх етапах геодезичних робіт, та розробка стратегії їх вирішення.

Аналіз попередніх даних допомагає зберегти час і ресурси, уникнути повторної роботи і забезпечити більш точне та ефективне геодезичне забезпечення будівельного об'єкта.

Встановлення геодезичних пунктів на території будівництва для подальших вимірювань та визначення їхньої точної прив'язки до державної

геодезичної мережі. Етап передбачає розташування та встановлення ключових геодезичних пунктів на території майбутнього будівництва. Він включає такі дії:

Вибір місць для геодезичних пунктів. Визначення оптимальних місць розташування геодезичних пунктів, які забезпечать належну видимість для приладів та максимальну точність вимірювань.

Маркування місць розташування. Зазначення точок для встановлення геодезичних пунктів на майданчику будівництва, з використанням відомих точок або тимчасових маркерів.

Встановлення геодезичних знаків. Встановлення постійних геодезичних маркерів за допомогою спеціальних приладів та приладів з урахуванням глобальної геодезичної мережі.

Вимірювання координат. Використання сучасних геодезичних приладів для вимірювання точних координат геодезичних пунктів та їхньої прив'язки до глобальної мережі.

Реєстрування результатів. Запис отриманих даних та внесення їх до геодезичного журналу для подальшого використання на наступних етапах робіт.

Встановлення геодезичних пунктів є ключовим етапом, оскільки від точності їхньої прив'язки залежить вся подальша точність геодезичних вимірювань та будівельних робіт.

Визначення рельєфу місцевості, розташування природних та штучних об'єктів, гідравлічних споруд, ліній електропередач та інших факторів. Цей етап включає детальне вивчення та вимірювання рельєфу місцевості, а також визначення розташування різних об'єктів, таких як природні та штучні елементи ландшафту, гідравлічні споруди, лінії електропередач та інші фактори.

Терестричне вимірювання рельєфу. Використання геодезичних приладів для вимірювання висотних різниць та формування навігаційної карти рельєфу місцевості.

Гідрографічні дослідження. Визначення розташування річок, озер, ставків та інших водойм на території будівництва, а також аналіз гідродинамічних параметрів.

Визначення ландшафтних особливостей. Дослідження природних форм місцевості, таких як гори, долини, ліси, щоб визначити їх вплив на будівництво.

Вивчення геологічного складу. Оцінка геологічних умов місцевості для визначення особливостей ґрунтів та можливих геологічних ризиків.

Аналіз інженерних мереж. Визначення розташування ліній електропередач, газопроводів, водопроводів, каналізаційних систем та інших інженерних комунікацій на будівельній ділянці.

Інвентаризація штучних споруд. Визначення місцезнаходження та параметрів штучних споруд, таких як мости, дамби, тунелі тощо.

Створення топографічних планів. Формування топографічних планів, що включають в себе всі вищезазначені елементи та інші важливі деталі місцевості.

Аналіз отриманих даних про рельєф та розташування об'єктів є критичним для подальшого планування та конструювання будівельного об'єкта, забезпечуючи зручність та безпеку будівництва.

Визначення геологічної будови ґрунту, вивчення ґрунтових властивостей та водно-геологічного режиму. На цьому етапі проводиться комплексне геологічне дослідження для з'ясування геологічної будови ґрунту, вивчення його фізичних та механічних властивостей, а також аналіз водно-геологічного режиму на будівельній ділянці. Цей етап включає в себе використання спеціального обладнання для проведення буріння свердловин з метою отримання зразків ґрунту. Буріння є необхідним кроком для детального вивчення фізичних та хімічних властивостей ґрунту на будівельній ділянці. Нижче подано основні етапи цього процесу:

Підготовка та обладнання. Заздалегідь обирається місце буріння, і бурильна установка обладнується необхідним інструментарієм.

Виконання буріння. Здійснюється процес буріння свердловини до певної глибини, відповідно до завдань дослідження.

Забір зразків ґрунту. Під час буріння встановлюються інтервали, на яких здійснюється забір зразків ґрунту. Зразки можуть бути взяті за допомогою спеціальних збірних пристроїв або з аналізу відходів буріння.

Фіксація та позначення зразків. Отримані зразки фіксуються, позначаються і систематизуються для подальшого транспортування до лабораторії для детального аналізу.

Вимірювання фізичних властивостей. Лабораторний аналіз зразків включає вимірювання таких параметрів, як міцність, вологість, пористість, гранулометричний склад.

Вивчення хімічних властивостей. Аналіз хімічного складу зразків для визначення вмісту різних хімічних елементів та сполук у ґрунті.

Лабораторні дослідження ґрунту. Аналіз механічних та фізичних властивостей ґрунту, таких як міцність, вологість, пористість, гранулометричний склад тощо.

Формування звіту. Отримані результати лабораторних аналізів використовуються для формування технічного звіту, який буде включати висновки та рекомендації для інженерних рішень.

Буріння свердловин та отримання зразків ґрунту є необхідним етапом геологічного вивчення, який надає важливі дані для визначення придатності ділянки під будівництво та розробки оптимальних інженерних рішень. Геологічні та гідрогеологічні дослідження є ключовим етапом для розуміння умов будівництва та визначення оптимальних інженерних рішень для забезпечення стабільності та довговічності будівельного об'єкта.

Визначення рівня ґрунтових вод, їхнього режиму та властивостей. Один із ключових аспектів інженерно-геодезичних вишукувань перед будівництвом – визначення рівня ґрунтових вод та їхнього режиму. Цей процес є важливим для забезпечення безпеки будівництва та підтримання стабільності ґрунтового середовища.

Розробка та вибір методів вимірювань. Інженерно-геодезичні вишукування включають в себе вибір методів вимірювань, таких як

гідродинамічні випробування, підземні водоміри, або використання спостережень за пучком ґрунтових вод.

Встановлення вимірювальних точок. На території дослідження встановлюються точки вимірювань рівня ґрунтових вод. Це може включати в себе встановлення спеціальних трубок або використання гідростатичних вимірювачів.

Проведення вимірювань. Здійснюються періодичні вимірювання рівня ґрунтових вод на встановлених точках у різні періоди року та при різних умовах, таких як зміни сезонні або зумовлені впливом опадів.

Хімічний аналіз ґрунтових вод. Додатково проводиться хімічний аналіз ґрунтових вод для визначення складу розчинених речовин та його впливу на будівельні матеріали та конструкції.

Аналіз даних та визначення режиму. Отримані дані аналізуються для визначення режиму ґрунтових вод, включаючи їхні коливання, сезонні зміни та взаємодію з іншими факторами.

Формування звіту та рекомендацій. Отримані результати включаються до технічного звіту, де надаються рекомендації для врахування рівня ґрунтових вод у проєктуванні та будівництві.

Визначення рівня ґрунтових вод є критичним кроком у геодезичних вишукуваннях, оскільки це дозволяє інженерам приймати обґрунтовані рішення щодо фундаменту та інших інженерних аспектів будівництва.

Встановлення можливості виникнення проблем із затопленням чи осушенням ділянки. У процесі інженерно-геодезичних вишукувань перед будівництвом важливо враховувати можливості затоплення чи осушення ділянки. Це допомагає попередити та вирішити проблеми, пов'язані з водоспоживанням, утриманням ґрунтових вод та забезпеченням стабільності будівлі.

Вивчення гідрологічних показників. Визначення обсягів опадів та вивчення гідрологічних показників, таких як розподіл та інтенсивність дощів, рівень підйому води під час дощів, та інші гідрологічні характеристики.

Розробка гідрологічної карти. За результатами вивчення гідрологічних умов складається гідрологічна карта, яка відображає основні водні джерела, рівень підтоплення та інші параметри.

Проведення гідротехнічних вимірювань. Інженери-геодезисти проводять гідротехнічні вимірювання для визначення рівня ґрунтових вод, водотоків та можливості осушення ділянки.

Аналіз території на затоплення. Дослідження території на можливість затоплення внаслідок підняття рівня води під час дощів, сніготанення чи інших природних явищ.

Врахування типу ґрунту. Аналіз властивостей ґрунту для визначення його водопроникності та здатності до утримання вологи.

Визначення потенційних проблем. Встановлення можливих проблем, таких як підтоплення, ерозія чи зсуви ґрунту, та розробка стратегій їхнього управління.

Розробка рекомендацій. На основі отриманих даних розробляються рекомендації для управління водними ресурсами та попередження можливих проблем.

Інтеграція знань у проєкт. Інженери враховують отримані дані під час проєктування для оптимізації системи дренажу, водовідведення та забезпечення стійкості будівлі.

За допомогою вищезазначених етапів можливо ефективно врахувати гідрологічні умови на ділянці та визначити стратегії для управління водними ресурсами в інтересах безпеки та стійкості будівлі.

Розбивочні роботи в геодезії мають на меті визначення меж будівельної ділянки, формування її конфігурації та точну прив'язку до геодезичних координат.

Передбудівельні вимірювання. Інженерно-геодезичний процес починається з вимірювань, що враховують конфігурацію майбутньої будівельної ділянки. Це включає в себе визначення рельєфу, наявних об'єктів та інших факторів, що впливають на розташування будівлі.

Визначення меж ділянки. Геодезисти використовують розбивочні інструменти для визначення меж будівельної ділянки відповідно до проєктних планів та документації.

Прив'язка до геодезичних координат. За допомогою визначених геодезичних пунктів та спеціальних приладів геодезисти здійснюють точну прив'язку ділянки до глобальної геодезичної мережі, надаючи їй точні координати.

Контроль та корекція. Важливим етапом є контроль та, за необхідності, корекція вимірювань. Це гарантує високу точність результатів і відповідність розбивочних робіт проєктним вимогам.

Документування та звітність. Усі результати розбивочних робіт документуються і складається звіт, який включає в себе отримані координати, діаграми меж та інші важливі дані.

Реалізація розбивочних робіт дозволяє забезпечити точне та правильне розташування будівельної ділянки відповідно до проєктних вимог та стандартів.

Дистанційне зондування землі є потужним інструментом для отримання детальної та об'єктивної інформації про територію без прямого контакту з нею. Цей підхід дозволяє отримувати дані за допомогою різноманітних сенсорів на платформах, розташованих на поверхні Землі або на низькому орбітальному супутнику. Використання дистанційного зондування для отримання моделі території має декілька ключових аспектів:

Лазерне зондування (LIDAR). Використання лазерних променів для вимірювання відстаней до земної поверхні. Отримання точних висотних даних, що дозволяє створювати тривимірні моделі рельєфу.

Радіохвильове зондування. Вимірювання відбиття радіохвиль від земної поверхні. Використання радіосигналів для визначення характеристик поверхні та її властивостей.

Оптичне зондування. Використання видимого та інфрачервоного випромінювання для створення зображень земної поверхні. Візуалізація різних типів покриття та рослинності.

Супутникові знімки. Отримання високоякісних фотографій території за допомогою супутників. Забезпечення широкого погляду на стан земель, водних ресурсів, території забудови та інші аспекти.

Радарне зондування. Використання радарних хвиль для вимірювання висот та структури поверхні. Дозволяє отримувати дані в умовах поганої видимості та навіть під поверхнею хмар.

Геоінформаційні системи (ГІС). Інтеграція отриманих даних у комплексні геоінформаційні системи для аналізу та візуалізації. Забезпечення зручного доступу до інформації для прийняття рішень у плануванні та геодезичних роботах.

Завдяки застосуванню дистанційного зондування фахівці з геодезії можуть отримати докладну модель території, що допомагає в плануванні будівництва, визначенні точних координат та забезпеченні необхідної інформації для ефективного управління проєктами.

ТЕМА 3 РОБОТИ З ГЕОДЕЗИЧНОГО СУПРОВОДУ ГЕОЛОГІЧНИХ ТА ГІДРОЛОГІЧНИХ ВИШУКУВАНЬ ПЕРЕД ПОЧАТКОМ БУДІВНИЦТВА

Робота з геодезичним супроводом геологічних та гідрологічних вишукувань перед початком будівництва може включати кілька етапів. Ось загальний план робіт, розписаний по пунктах.

Підготовчий етап геодезичного супроводу геологічних та гідрологічних вишукувань.

Збір інформації про геологічні та гідрологічні умови об'єкта будівництва:

- проведення детального аналізу геологічної структури та гідрологічних характеристик об'єкта будівництва;
- отримання інформації про типи ґрунтів, їх механічні властивості, а також наявність водонапорів та водозберігаючих шарів.

Вивчення раніше зібраних геодезичних даних, якщо такі є:

- перегляд та аналіз геодезичних вимірювань, проведених раніше на визначеному об'єкті будівництва або у межах території його розташування;
- оцінка точності та актуальності раніше отриманих геодезичних даних.

Визначення області вишукувань та потенційних точок для геодезичних спостережень:

- встановлення меж ділянки будівництва та областей, які потребують особливого уваги з точки зору геодезичного контролю;
- врахування геологічних та гідрологічних особливостей для визначення ключових точок, які важливо включити в геодезичні спостереження.

Цей етап дозволяє зрозуміти геодезичні та геологічні умови будівельної ділянки, щоб забезпечити ефективне та точне виконання подальших геодезичних робіт під час будівництва.

Вибір контрольних точок для геодезичного супроводу геологічних та гідрологічних вишукувань.

Планування обсягу контрольних точок. Визначення необхідного обсягу геодезичних контрольних точок, що забезпечать повне покриття будівельної ділянки та областей вишукувань.

Вибір стратегічних місць для контрольних точок. Розташування контрольних точок на границях ділянки будівництва, на вибіркових високих точках та в місцях, які важливі для конструкції.

Врахування геологічних та гідрологічних особливостей. Проведення аналізу геологічних та гідрологічних даних для врахування особливостей ґрунтів та водності в місцевості при виборі контрольних точок.

Врахування взаємозв'язків між точками. Дотримання взаємопов'язаності контрольних точок для забезпечення високої точності та стабільності геодезичних вимірювань.

Розташування відомих пунктів. Використання вже відомих геодезичних пунктів як контрольних, якщо такі є безпосередньо поруч, для підвищення точності вимірювань.

Використання сучасних технологій. Використання сучасних геодезичних технологій, таких як GPS, для точного визначення координат контрольних точок.

Встановлення маркерів та ідентифікація точок. Установка стійких маркерів або знаків на контрольних точках для подальшого легкого визначення та ідентифікації.

Перевірка доступності та безпеки місць розташування точок. Перевірка щодо того, чи вибрані місця для контрольних точок є безпечними, легкодоступними та чи не піддаються значним змінам або впливам.

Документування параметрів точок. Запис параметрів кожної контрольної точки, включаючи їх координати, висоту, орієнтацію та будь-які інші важливі характеристики.

Цей етап гарантує, що контрольні точки вибираються з розумінням обсягу робіт та особливостей місцевості, забезпечуючи надійну базу для геодезичного супроводу будівельних робіт.

Проведення геодезичних вимірювань для геодезичного супроводу геологічних та гідрологічних вишукувань:

Встановлення геодезичних відомостей на контрольних точках:

- маркування контрольних точок. Позначення контрольних точок стійкими маркерами або знаками для подальшого використання та ідентифікації;
- вимірювання координат. Використання тригонометричних, тахеометричних або GPS-вимірювань для визначення горизонтальних координат контрольних точок;
- вимірювання висот. Використання нівелірів або GPS для вимірювання вертикальних відстаней та визначення висот контрольних точок.

Проведення тригонометричного, тахеометричного або нівелірного вимірювання для отримання координат та висот на ключових об'єктах:

- визначення ключових об'єктів. Вибір та маркування об'єктів, які важливі для будівництва, гідрології або геології;
- тригонометричні вимірювання. Використання тригонометричних методів для визначення відстаней та кутів між контрольними точками та ключовими об'єктами;
- тахеометричні вимірювання. Застосування тахеометрії для вимірювання горизонтальних та вертикальних кутів, відстаней та висот на об'єктах;
- нівелірні вимірювання. Використання нівелірів для точного вимірювання висот на ключових об'єктах.

Інтеграція результатів вимірювань:

- формування геодезичних координат. Обчислення геодезичних координат (широти, довготи) та висот для кожної контрольної точки та ключового об'єкта;
- створення геодезичних карт. Побудова геодезичних карт, на яких відображені розташування контрольних точок та ключових об'єктів.

Перевірка та корекція даних:

- контроль точності. Перевірка результатів вимірювань на точність та узгодженість.
- корекція даних. Внесення корекцій у вимірювання, якщо виявлені неточності або відхилення.

Аналіз геологічних та гідрологічних даних у контексті геодезичного супроводу будівництва:

- оцінка геологічної інформації. Ретельний огляд геологічних звітів та карт, включаючи інформацію про типи ґрунтів, геологічну структуру, тектонічні особливості тощо;
- оцінка гідрологічної інформації. Аналіз даних про водозабезпечення, рівні ґрунтових вод, гідрологічні властивості території.

Ідентифікація ключових факторів:

- визначення зон ризику. Визначення зон геологічних та гідрологічних ризиків, таких як зсуви, осипи, або можливих проблем із водозабезпеченням;
- визначення ключових об'єктів. Вибір ключових геологічних та гідрологічних об'єктів, які можуть впливати на стабільність будівельної ділянки.

Інтеграція геодезичних даних:

- поєднання загальних даних. Інтеграція геодезичних даних з геологічними та гідрологічними для отримання комплексного зображення.
- визначення місць зв'язку. Визначення точок зв'язку між геодезичними, геологічними та гідрологічними елементами для створення єдиної просторової моделі.

Моделювання умов будівництва:

- створення 3D-моделі. Використання отриманих геодезичних даних та інтеграція їх у 3D-модель для візуалізації умов будівництва;
- моделювання геологічних та гідрологічних змін. Моделювання можливих змін у геологічних та гідрологічних умовах з урахуванням впливу будівництва.

Оцінка впливу на геодезичну систему:

- аналіз деформацій. Визначення можливих деформацій ґрунтів та геодезичних пунктів внаслідок геологічних та гідрологічних процесів;
- прогнозування змін. Прогнозування можливих змін у геодезичних параметрах у разі виникнення геологічних або гідрологічних змін.

Розробка рекомендацій. Створення рекомендацій. Вироблення рекомендацій щодо геодезичного контролю та коригувань для забезпечення стабільності та точності в умовах змін.

Підготовка звіту. Складання звіту, що включає аналіз та рекомендації з урахуванням геодезичних, геологічних та гідрологічних даних. Побудова планів. Виготовлення карт, на яких відображені геодезичні, геологічні та гідрологічні параметри об'єкта будівництва.

Аналіз геодезичних даних у контексті геологічних та гідрологічних умов дозволяє отримати повне зображення умов будівництва, визначити ризики та розробити стратегії контролю для забезпечення стабільності та безпеки будівельних робіт.

Цей план є загальним оглядом того, як може виглядати геодезичний супровід перед початком будівництва на основі геологічних та гідрологічних вишукувань. Конкретні деталі можуть варіюватися залежно від конкретного проєкту та умов роботи.

ТЕМА 4 ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ГЕОДЕЗИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД

Технологічні засади геодезичного забезпечення будівництва інженерних споруд охоплюють використання сучасних методів та технічних засобів для забезпечення точності, ефективності та безпеки будівельних робіт. Основні аспекти цих технологічних засад включають:

1. Розмічувальні геодезичні роботи.
2. Геодезичне забезпечення земельних робіт.
3. Геодезичні роботи при будівництві фундаментів.
4. Геодезичні роботи при зведенні панельних будівель.
5. Геодезичні роботи при зведенні каркасних будівель.
6. Геодезичний контроль зведення висотних будівель.
7. Геодезичний контроль зведення висотних будівель.
8. Геодезичний контроль зведення монолітних будівель.
9. Геодезичні роботи при зведенні вежових споруд.
10. Геодезичні роботи при прокладанні підземних комунікацій.
11. Геодезичні роботи при прокладанні тунелів.
12. Геодезичний контроль будівництва автомобільних робіт.
13. Геодезичний контроль будівництва залізничних доріг.
14. Геодезичний контроль будівництва лінійних споруд.

Розмічувальні геодезичні роботи (рис. 4.1) є першим і важливим етапом будівельного процесу. На цьому етапі проводяться вимірювання та встановлення точних геодезичних пунктів на будівельному майданчику. Геодезичні маркери визначають межі майбутніх споруд, їхні геометричні параметри та орієнтацію в просторі. Це важливо для точного позначення місць будівництва, врахування конфігурації території та планування розташування будівельних елементів. Результати розмічування стають основою для подальших будівельних робіт та забезпечують точність та відповідність проектним вимогам.

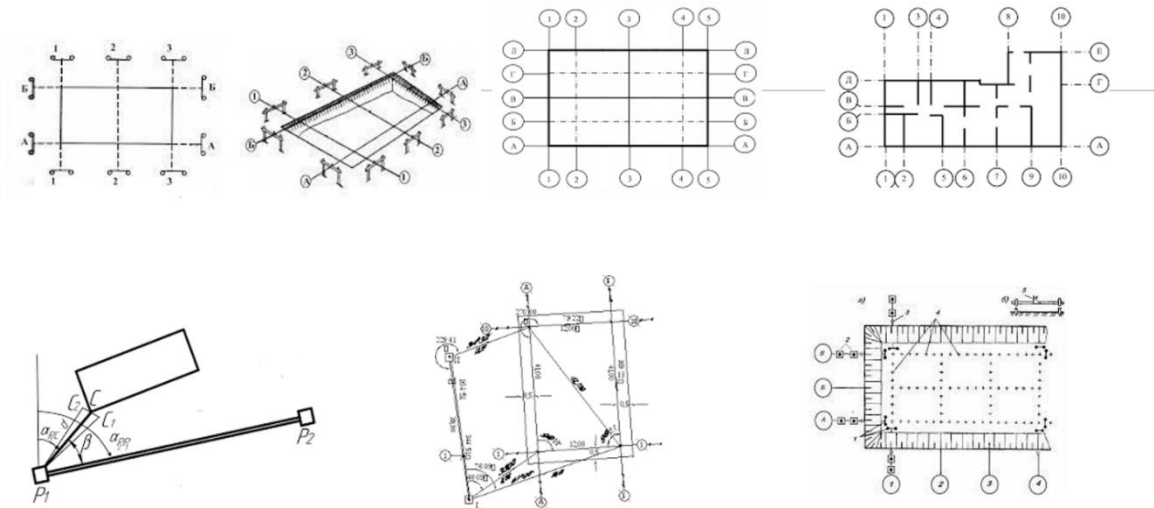


Рисунок 4.1 – Зображення геодезичної розмітки споруд

Геодезичне забезпечення земельних робіт (рис. 4.2) включає комплекс дій, спрямованих на точне визначення рельєфу та геометричних параметрів місцевості, де планується проводити земельні виправні та виробничі роботи. Геодезичні дані використовуються для встановлення точок відліку, вимірювання висот, контролю рельєфу, а також побудови цифрових моделей місцевості. Це дозволяє ефективно планувати та виконувати земельні роботи, враховуючи при цьому особливості території та вимоги проєкту.

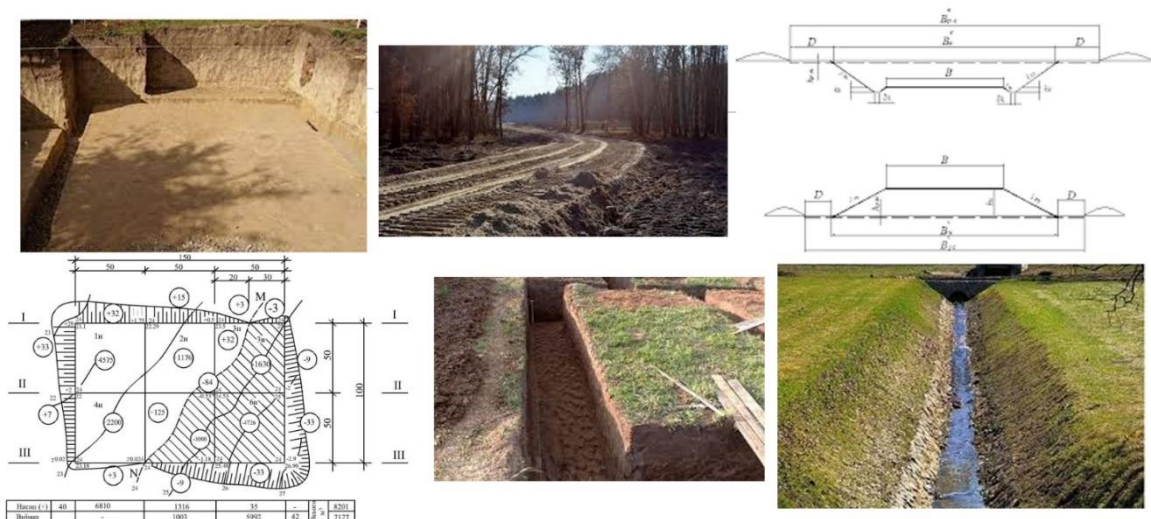


Рисунок 4.2 – Зображення геодезичної розмітки споруд

Геодезичні роботи при будівництві фундаментів (рис. 4.3) включають в себе визначення точного розташування та геометричних параметрів фундаментів будівель. За допомогою геодезичних вимірювань встановлюються координати та висоти ключових точок фундаментів. Це дозволяє забезпечити правильне розміщення та геометричну стабільність фундаментної конструкції. Геодезичний контроль важливий для виконання фундаментальних робіт відповідно до проектних специфікацій та гарантує стійкість будівлі.

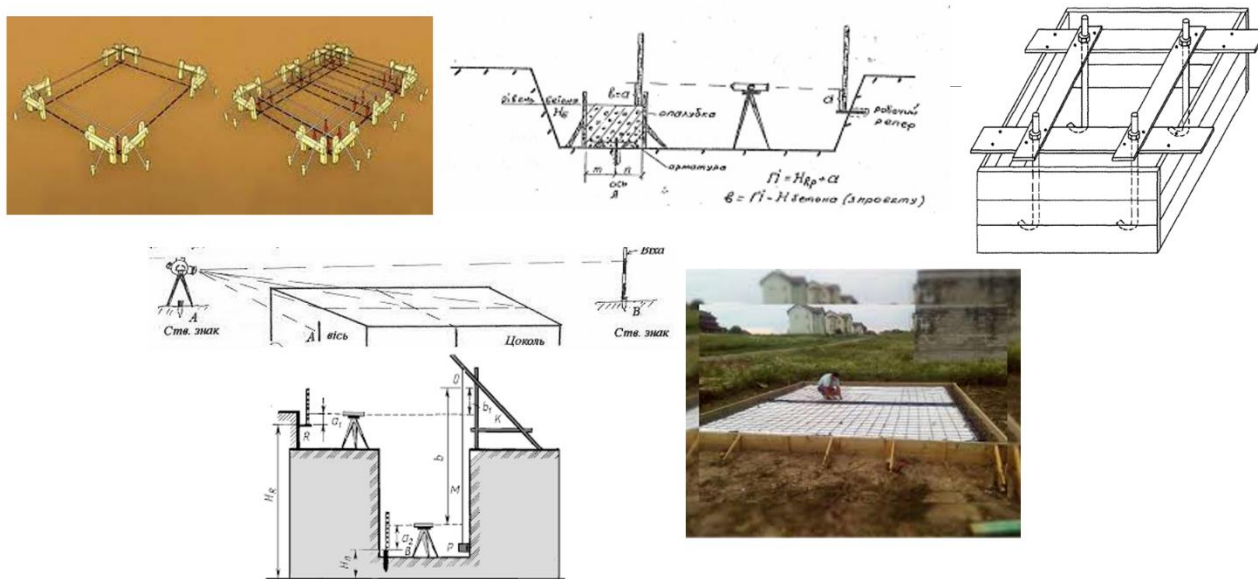


Рисунок 4.3 – Зображення геодезичних робіт при будівництві фундаментів

При зведенні панельних будівель геодезичні роботи (рис. 4.4) включають низку специфічних завдань. Спочатку проводиться розмічування місць розташування панелей, що сприяє оптимальному розташуванню елементів будівлі на будівельній ділянці. Геодезичні дані визначають розміщення кожної панелі з урахуванням їх взаємного зчеплення та правильного позиціонування. Геодезичний контроль важливий для відповідності геометричних параметрів панельного будинку проектним вимогам та забезпечення його стійкості.

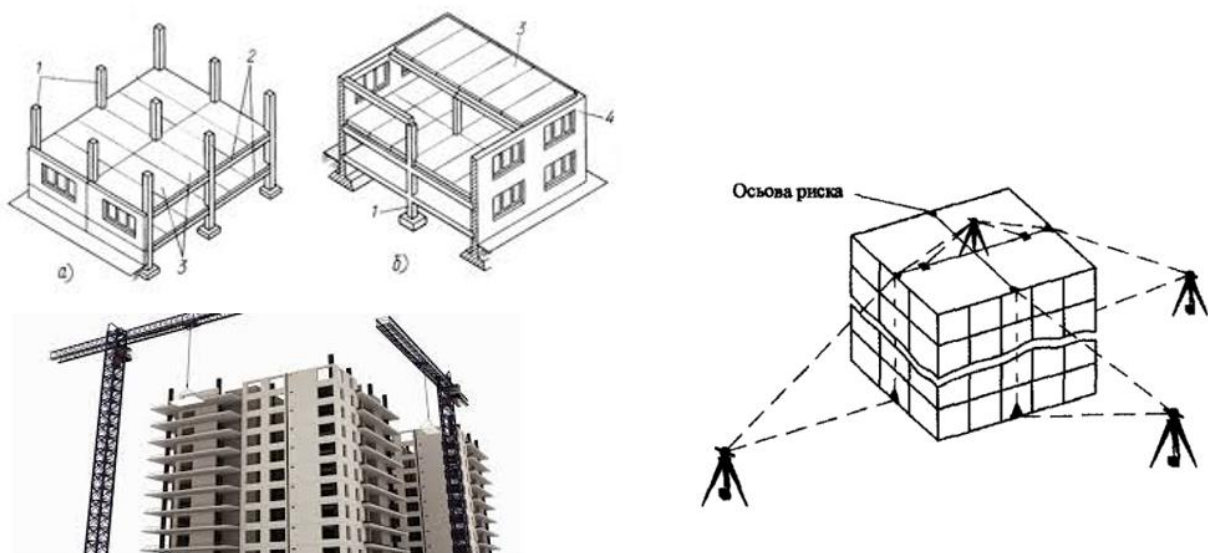


Рисунок 4.4 – Зображення геодезичних робіт при будівництві панельних будівель

При зведенні каркасних будівель геодезичні роботи (рис. 4.5) спрямовані на точне позначення місць розташування стовпів, балок та інших елементів каркасу. Геодезичні дані визначають координати та висоти кожного структурного елемента для забезпечення точності та стабільності будівлі. Крім того, геодезичний контроль важливий для вимірювання відхилень та коригування будівельних елементів під час монтажу.



Рисунок 4.5 – Зображення геодезичних робіт при будівництві каркасних будівель

Геодезичний контроль зведення висотних будівель (рис. 4.6) включає визначення висот та координат ключових точок будівлі на різних етапах будівництва. Вимірювання висот під час різних фаз спорудження гарантує відповідність висотних параметрів проєктним стандартам. Геодезичний контроль забезпечує точність та стабільність високих будівель, дозволяючи враховувати всі зміни та виправлення під час будівництва.

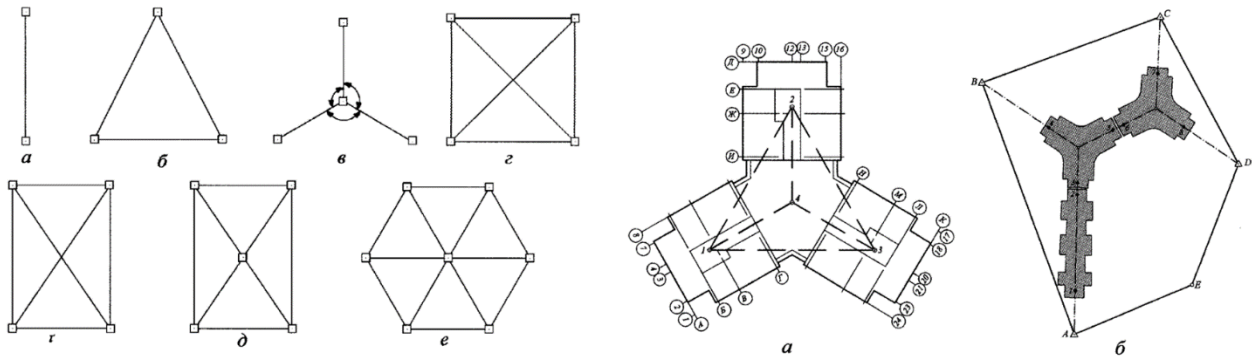


Рисунок 4.6 – Зображення геодезичних робіт при контролі будівництва висотних будівель

Геодезичний контроль зведення висотних будівель (рис. 4.7) є критично важливим етапом у будівельному процесі, особливо для великих та високих споруд. Під час цього етапу проводяться регулярні вимірювання висот ключових точок будівлі, щоб визначити відповідність їхніх координат та висот проєктним параметрам. Геодезичний контроль дозволяє вчасно виявляти та коригувати будь-які відхилення від проєкту, забезпечуючи точність та стабільність високих будівель.

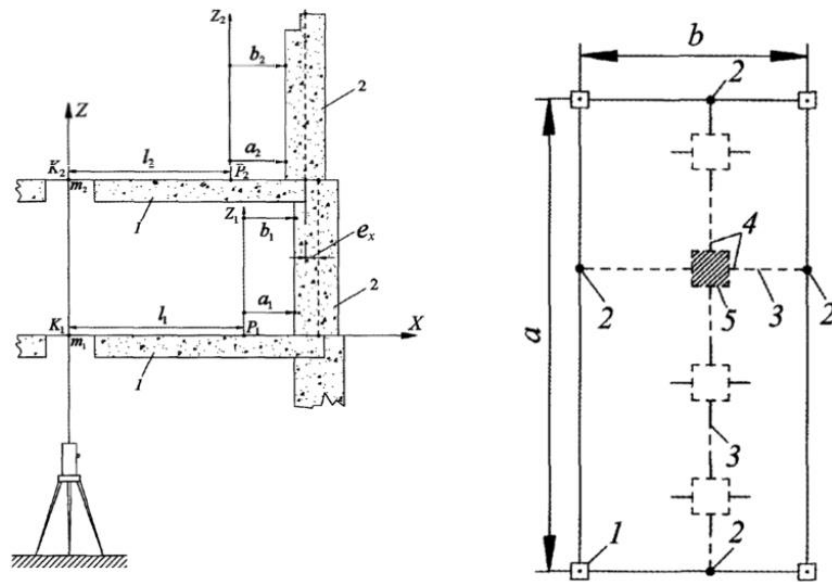


Рисунок 4.7 – Зображення геодезичних робіт при будівництві висотних будівель

При зведенні монолітних будівель геодезичний контроль (рис. 4.8) відіграє важливу роль у забезпеченні правильного розташування та висот монолітних конструкцій. Геодезичні дані використовуються для визначення точних координат та висот ключових елементів будівлі, таких як стіни, колони та перекриття. Геодезичний контроль дозволяє уникнути деформацій та геометричних відхилень, забезпечуючи якість та стійкість монолітних конструкцій.

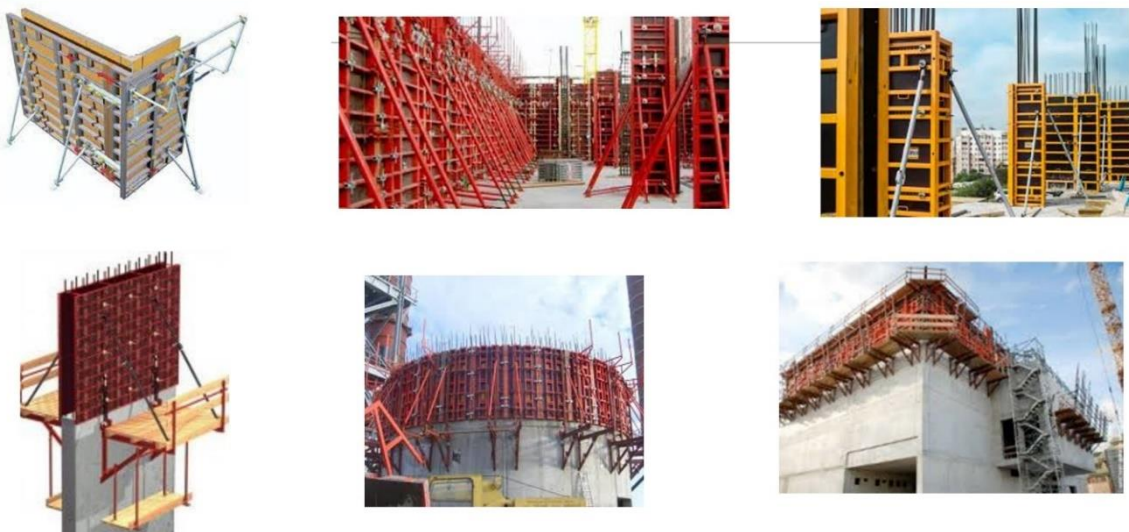


Рисунок 4.8 – Зображення будівництва монолітних будівель

При зведенні вежових споруд геодезичні роботи (рис. 4.9) мають специфічні завдання, пов'язані з визначенням координат, висот та геометричних параметрів вежі. Геодезичні дані використовуються для розміщення фундаменту відповідно до проєктних планів, а також для контролю висот та геометричних характеристик в процесі будівництва. Геодезичний контроль забезпечує точність та стабільність вежі, що є ключовим для безпеки та функціональності споруди.

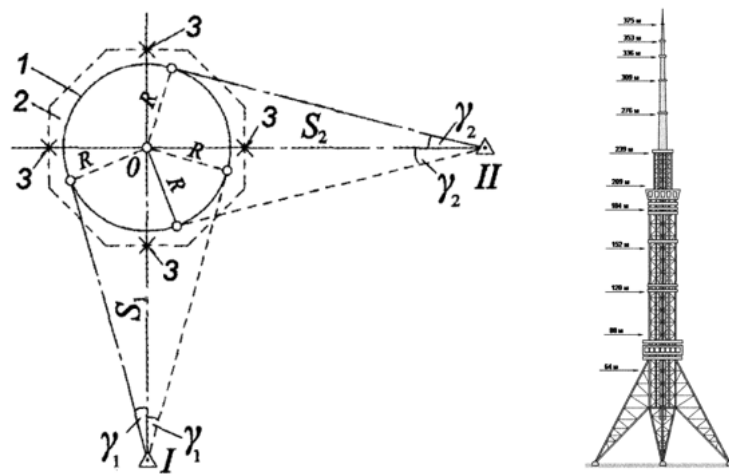


Рисунок 4.9 – Зображення геодезичних робіт при будівництві монолітних будівель

Геодезичні роботи в контексті прокладання підземних комунікацій (рис. 4.10) є необхідним етапом для забезпечення точності та безпеки інженерних мереж. Вони включають в себе визначення географічних координат та глибини тунелів, трубопроводів та кабельних ліній. Геодезичний підхід дозволяє ефективно управляти мережами, уникати перекриття та конфліктів з іншими підземними структурами, а також забезпечує точність у виконанні інфраструктурних робіт.

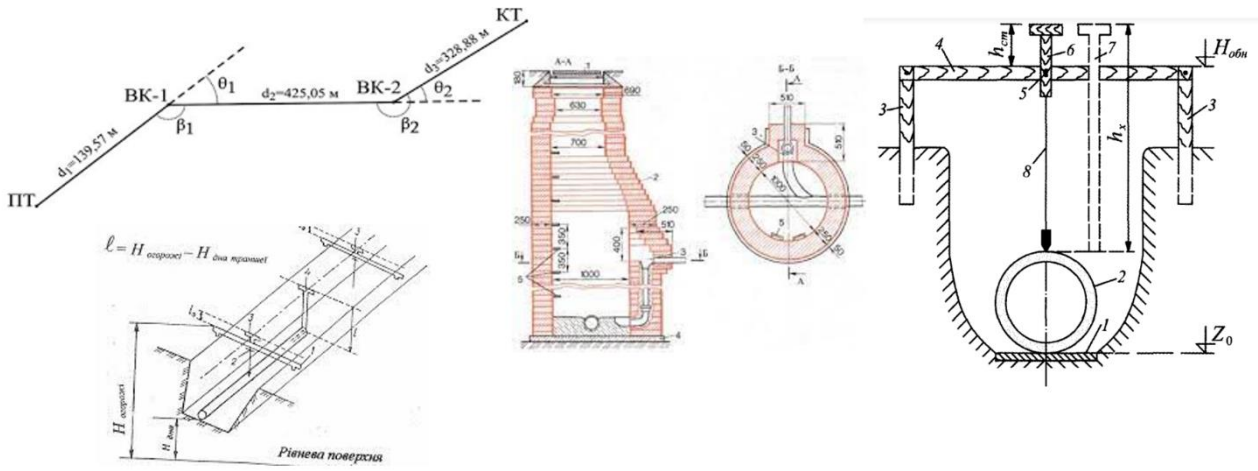


Рисунок 4.10 – Зображення геодезичних робіт при будівництві підземних комунікацій

Геодезичний контроль під час прокладання тунелів (рис. 4.11) включає більш детальне визначення геометричних характеристик тунелю. Це охоплює точне визначення координат входу та виходу, глибини, нахилу та горизонтального профілю. Геодезичні дані важливі для забезпечення не тільки точності будівництва, але й безпеки в експлуатації тунелю, дотримання геометричних стандартів і врахування екологічних аспектів.

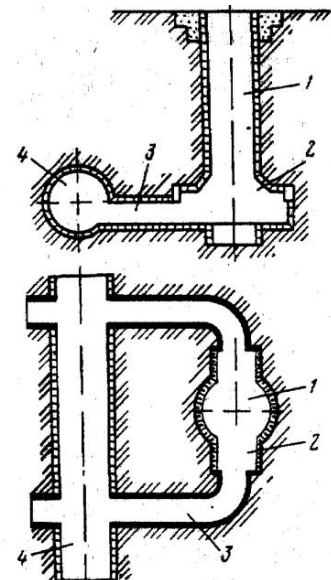


Рисунок 4.11 – Зображення геодезичних робіт при будівництві тунелів

Під час будівництва автомобільних доріг геодезичний контроль (рис. 4.12) є ключовим елементом для досягнення високих стандартів якості та безпеки. Він включає в себе визначення горизонтального профілю дороги, контроль за кривими різання та геометричними параметрами поворотів. Геодезичний підхід дозволяє підтримувати оптимальну геометрію доріг.

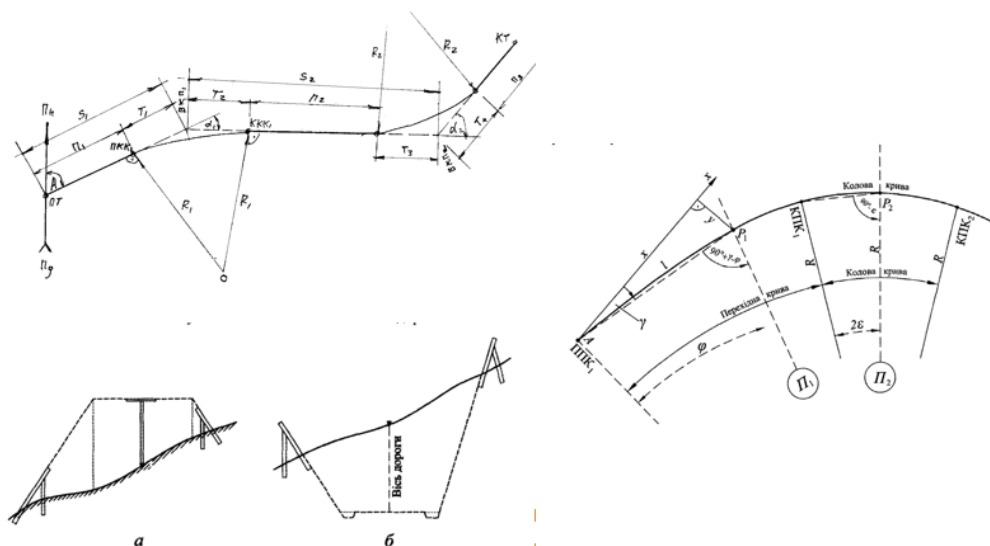


Рисунок 4.12 – Зображення геодезичних робіт при будівництві автомобільних доріг

При будівництві доріг залізниці геодезичні роботи (рис. 4.13) визначають координати, висоту та геометричні параметри рейок, перегонів, станцій та інших елементів інфраструктури. Геодезичні дані необхідні для забезпечення точності розташування рейок, підтримки стійкості та ефективності руху поїздів. Вони також допомагають уникнути колізій та забезпечують безпеку на залізничних маршрутах.

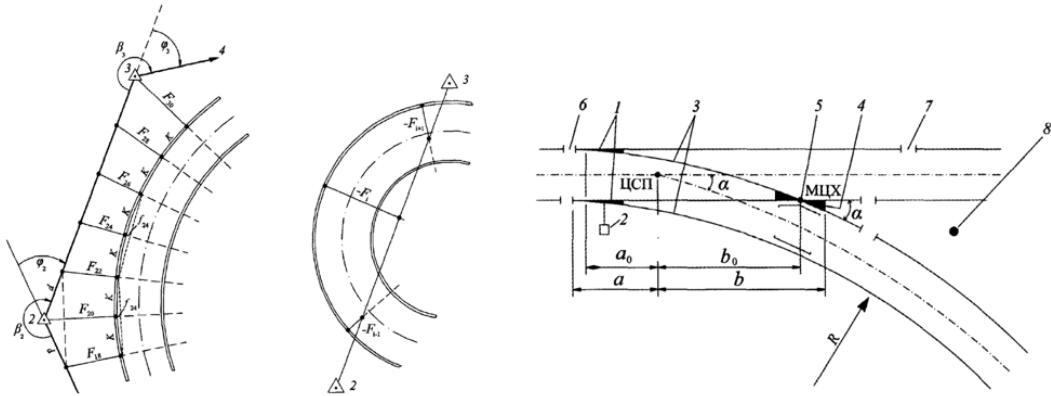


Рисунок 4.13 – Зображення геодезичних робіт при будівництві доріг залізниці

Геодезичний контроль при будівництві лінійних споруд, які включають канали, водогони та газопроводи, охоплює точне визначення геометричних параметрів та положення ліній. Геодезичні дані гарантують точність укладання та високу якість споруд, дозволяють уникнути конфліктів з іншими інженерними системами та забезпечують довговічність інфраструктури.

Геодезичне забезпечення дозволяє враховувати геометричні особливості та параметри будівельних об'єктів, забезпечуючи їхню стійкість, правильне розташування та високу якість. Використання сучасних геодезичних інструментів та технічних засобів дозволяє виконувати роботи швидше та з вищою точністю, що важливо для успішного виконання будь-якого будівельного проєкту.

ТЕМА 5 ГЕОДЕЗИЧНИЙ СУПРОВІД БУДІВНИЦТВА ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД

Мости – це штучні інженерні спорудження, зведені в місцях перетинання доріг (залізних, автомобільних, метро тощо) з водотоками й іншими перешкодами. Міст складається із прогонних споруд, що підтримують проїзну частину, і опор, що передають опорний тиск прогонних будов на ґрунт. Залежно від характеру подоланої перешкоди мости прийнято називати по-різному: міст (через водотік), віадук (через долину, ущелину), шляхопровід (через дорогу) і естакада (через міську або заводську територію). За призначенням мости бувають залізничні, автодорожні, міські, під сполучену їзду (залізнична та автомобільна дороги в одному або різних рівнях), акведуки (для водопостачання міст).

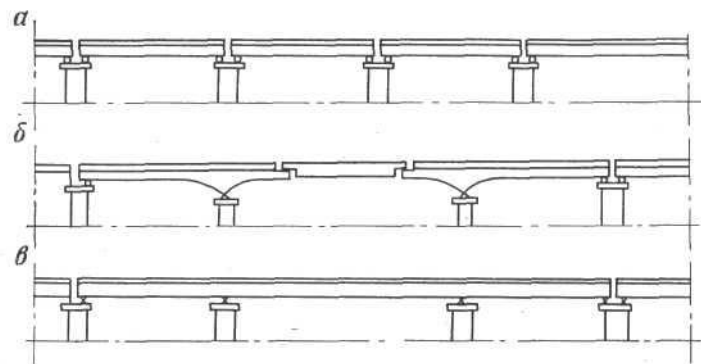


Рисунок 5.1 – Схеми балкових мостів:

а – балково-розрізна; б – балково-консольна; в – балково-нерозрізна

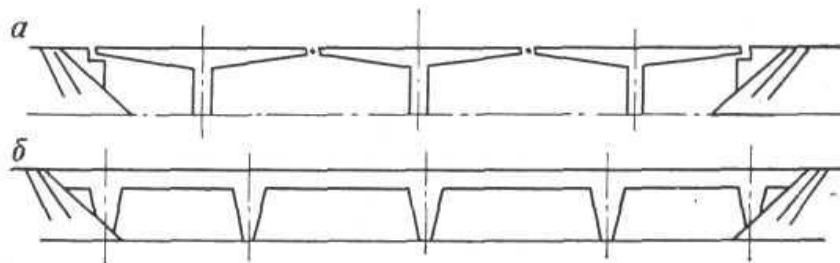


Рисунок 5.2 – Схеми рамкових мостів:

а – рамно-консольна; б – рамно-нерозрізна



Рисунок 5.3 – Схеми аркових мостів:

а – трьохшарнірна арка з їздою по верху; б – арка з зтяжкою з їздою по низу; в – з їздою посередині

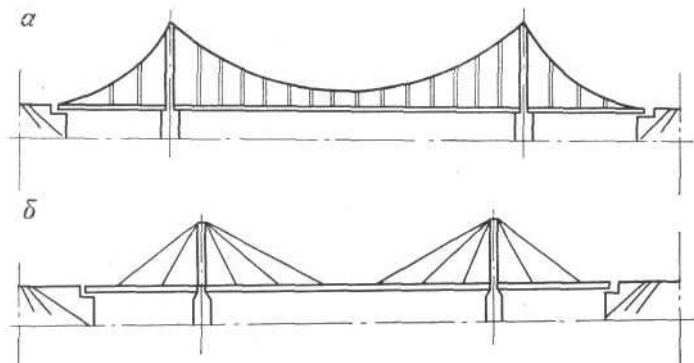


Рисунок 5.4 – Висячі й комбіновані схеми мостів:

а – підвісний; б – вантовий

За матеріалами виготовлення розрізняють дерев'яні, кам'яні, бетонні, залізобетонні й металеві мости. Звичайна назва вказує на матеріал прогонних будов. За схемою конструкції пролітних будов і опор розрізняють балкові, рамні, аркові, висячі й комбіновані системи мостів. У балковій системі (рис. 5.1) прогонні будови становлять суцільну або наскрізну балку, що вільно опирається на опори. При дії вертикального навантаження прогонні будови працюють на вигин і передають опорам вертикальні опорні тиски. У рамних мостах (рис. 5.2) пролітні будови й опори жорстко зв'язані між собою і становлять єдину конструкцію. У результаті на опори, крім вертикальних опорних реакцій, передаються згинальний момент і горизонтальний розпір. В аркових мостах (рис. 5.3) навантаження також викликає вертикальні опорні реакції й розпір. Розпір виключається, якщо кінці арки з'єднані зтягуванням, що з'єднує кінці арки (рис. 5.3, б). Чутливість арок до деформацій знижують

пристроєм шарнірів – по одному в місцях обпирання й одному в середині прогону (рис. 5.3, а). Висячі мости (рис. 5.4, а) складаються із гнучких елементів (тросів або ланцюгів), що становлять несучу частину конструкції, до якої підвішується проїжджа частина – у вигляді ферми або балки твердості. У місці закріплення троса (на підвалині, пілоні) виникають не тільки вертикальні, але й горизонтальні опорні реакції. Вантові мости складаються із гнучких елементів (сталеві канати), що утворюють вантову ферму, до яких підвішується проїжджа частина (рис. 5.4, б).

Залежно від розмірів і складності конструкції, за технологічними і організаційними ознаках будівництва прийнято умовний поділ мостів на чотири групи: *малі* – довжиною до 25 м, які будують тільки за типовими проектами; *середні* – повною довжиною моста до 100 м при величині окремих прольотів у світлі не більше 42 м; *великі* – загальною довжиною понад 100 м і величиною окремих прольотів у світлі більше 42 м; *позакласні* – мости довжиною понад 500 м або із прогонами у світлі більше 120 м.

Значно розрізняються не тільки загальні рішення щодо вибору конструкції моста, але й пристрій його частин. Зокрема, залежно від умов і прийнятої технології, фундаменти опор споруджують у відкритих котлованах, на природній підставі, на палях (залізобетонних, сталевих, дерев'яних), на залізобетонних оболонках, опускних колодязях і кесонах. Найчастіше застосовують палі й оболонки. За способом зведення тіла опори розрізняють монолітні, збірно-монолітні й збірні опори. Технологія будівництва опори залежить не тільки від її конструкції, але й від місця розташування – чи будується опора на березі, на наливних острівцях або на воді.

Розрізняється також і технологія будівництва прогонних споруд. Застосовуються навісне й напівнавісне складання пролітної споруди в прогоні, зборка споруди на стапелі й перевезення її в прогон на плавучих засобах або за допомогою крана, зборка споруди на березі з повздовжнім насуванням її у прогон.

Розмаїтістю конструкцій мостів, умов їхнього зведення, технології будівництва визначаються розходження щодо складу й послідовності геодезичних робіт, тому при складанні проєкту виробництва геодезичних робіт схеми мереж, способів провадження робіт, методики й програми вимірів, геодезичні прилади для кожного етапу будівництва моста вибирають у тісному зв'язку з конкретною технологією будівельних робіт, особливостями вимог до точності, умовами місцевості. Разом з тим у методиці геодезичних робіт із забезпечення будівництва всіх мостів є й загальні завдання, і загальні їх рішення. У наступних пунктах розглянемо як ці загальні рішення, так і особливості робіт на деяких особливо складних спорудах.

5.1 Переходи через водотоки

Склад робіт. Переходом великого водотоку є складна інженерна споруда (рис. 5.5), яка складається з моста (1), що включає опори і прогон; а – розріз по осі; б – план переходу підходів до моста; земляних гребель (2); системи пристроїв регуляції (3), призначені для плавного і безпечного пропуску водного потоку.

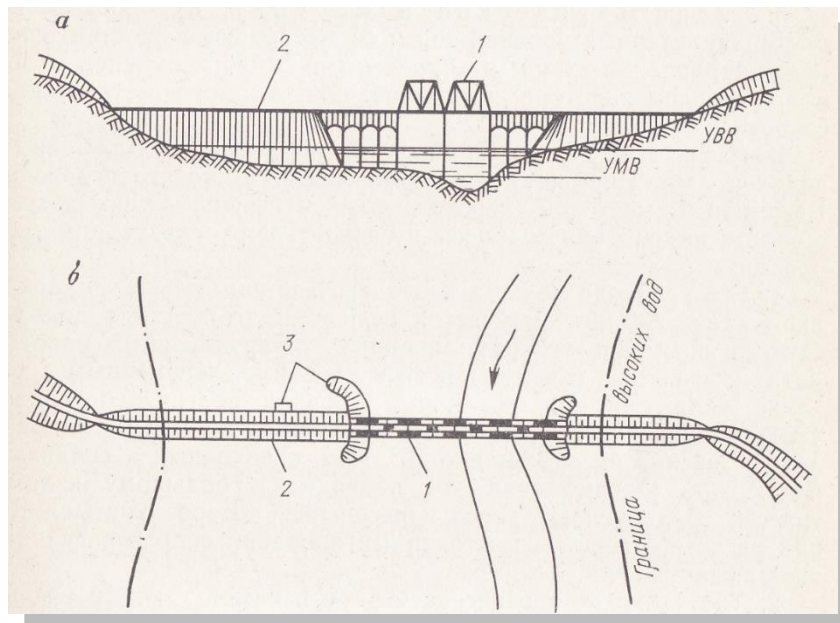


Рисунок 5.5 – Мостовий перехід

Проект мостового переходу розробляється на основі матеріалів комплексних вишукувань, у процесі яких вивчають топографічні і інженерно-геологічні умови району переходу, гідрологічний режим річки.

До складу робіт при дослідженнях великих мостових переходів входять:

1. Топографо-геодезичні роботи: трасування варіантів, вибір місця переходу, закріплення; складання ситуаційного (генерального) плану району переходу, зйомка детального плану з промірами глибин; визначення довжини мостового переходу, прив'язка опор до пікетажу траси; побудова планової розбивочної основи; створення висотної основи, передача висоти через водотік.

2. Інженерно-геологічні вишукування: великомасштабна інженерно-геологічна зйомка району переходу; детальна геологічна розвідка місця переходу, складання геологічного профілю; розвідка кар'єрів будівельних матеріалів.

3. Гідрометричні вимірювання: визначення висот характерних рівнів води; вимірювання швидкостей течії, напрямів струменів; визначення живого перетину, ухилів, витрат водотоку; спостереження на морфометричних створах.

Вибір місця мостового переходу. Найважливішим завданням досліджень є вибір місця мостового переходу. Вибраний мостовий перехід повинен добре ув'язуватися із загальним напрямом траси і задовольняти такі вимоги:

1. Вісь переходу повинна розташовуватися нормально до напрямку течії, причому ділянка річки в місці переходу повинна бути за можливості прямолінійною, з паралельним напрямком течії в головному руслі і на заплаві, незмінним протягом декількох років при різних рівнях води. Бажано, щоб відхилення осі мостового переходу від нормалі до напрямку течії не перевищувало 10° , а на судноплавних і сплавних ріках – 5° . Проте якщо це приводить до великого перелому траси, то допускають косий перетин, який враховується при розрахунку отвору моста, проектуванні опор і регуляційних споруд.

2. Траса повинна перетинати річку у найвужчій і підвищеній частині заплави, на ділянці, де немає рукавів, мілин і за можливості островів, далеко від

перекатів, уникаючи місць з крутими поворотами русла.

3. Місце переходу повинно мати сприятливі геологічні умови, за можливості з неглибоким заляганням корінних порід і пологим рельєфом на берегах. Русло річки повинно бути стійким і не мінятися з часом. Потрібно уникати місць з обвальними і карстовими явищами, з мокрими узгір'ями, а на заплаві – з озерами і старими руслами.

На підставі вивчення матеріалів переходу і досвіду експлуатації мостів, що існують на водотоці, вибирають оптимальний варіант переходу, який закріплюють на обох берегах і на підходах залізобетонними знаками з визначенням пікетажного значення точок кріплення.

Малі переходи. Малі водопропускні споруди можуть бути розміщені при будь-яких сполученнях елементів плану і профілю дороги. Їх також стараються розташувати перпендикулярно до напрямку водотоку, проте при цьому не потрібно сильно викривлювати трасу. Часто буває вигіднішим при перетині малих водотоків влаштувати нове штучне русло, перпендикулярне до траси, або застосувати косе укладання труб уздовж природного тальвега, не викривлюючи дороги. Іноді можна перенести малу водопропускну споруду з низької точки тальвега дещо вище по схилу, де сприятливіші умови для будівництва моста або труби, і до цього місця підвести з обох боків нове русло водотоку, засипавши старе.

Для розрахунку малої водопропускної споруди при проведенні досліджень необхідно встановити: 1) водозбірну площу водотоку (басейн); 2) довжину басейну і середній ухил тальвега або русла; 3) поздовжній ухил русла біля споруди; 4) поперечний профіль водотоку на місці переходу.

Крім того, треба зібрати відомості про заліснення і заболоченість басейну, вбирної здатності ґрунтів тощо.

Водозбірна площа визначається за картами найбільш крупного масштабу, які є на цю територію. По горизонталях наносять вододільну лінію і планіметром вимірюють площу басейну. Наявність матеріалів аерофотозйомки дає можливість визначити водозбірну площу за фотопланами або фотосхемами,

причому вододільна лінія і тальвег намічаються при стереоскопічному розгляді аерофотознімків.

На планах басейнів виділяють безстічні ділянки і намічають головний тальвег, по якому протікає основна маса води. По цьому тальвегу вимірюють довжину басейну від проєктованої водопропускної споруди до вододільної лінії і визначають по горизонталях або нівелюванням на місцевості середній ухил тальвега.

У місціпереходу водотоку перпендикулярно до траси складають докладнийпоперечний профіль і визначають ухил русла вздовж приблизно 200 м вгору і 100 м вниз за течією від місця переходу. Усі роботи в плановому і висотному відношеннях прив'язуються до пікетажу основної траси.

5.2 Зйомка мостового переходу

Для проєктування великого мостового переходу (завдовжки більше 100 м) складають ситуаційний план району переходу і детальний великомасштабний план безпосередньо ділянки будівництва моста.

Ситуаційний план служить основою для розробки генерального плану мостового переходу і його сполучення з трасою, вибору схеми розташування регуляційних споруд, гідрометричних і морфометричних створів, для виконання інженерно-геологічної зйомки. Цей план використовують при складанні проєкту організації будівельних робіт і проєкту виконання геодезичних робіт.

Ситуаційний план знімають у масштабі 1 : 5 000 для середніх річок (із шириною річки в межах до 500 м і 1 : 10 000 – для великих річок), захоплюючи ділянку вгору за течією від осі переходу на півтори ширини розливу річки і вниз по течії на одну ширину розливу. З боків знімають всю заплаву до висоти, що перевищує рівень високих вод на 1–2 м. Зйомка може виконуватися у системі координат мостового переходу, але повинна

забезпечити, як правило, отримання абсолютних висот точок. Основний метод зйомки – тахеометричний.

На ситуаційному плані зображають головним чином контури ситуації і елементи рельєфу, що впливають на напрям і швидкість течії потоку: корінне русло з островами і перекатами; заплаву з протоками, староруслими, озерами, болотами; населені пункти; гідротехнічні і мостові споруди, що є на річці; лісові масиви; найбільш характерні елементи рельєфу з висотами берегів і урізів води. Наносять також елементи спеціального навантаження: постійні і тимчасові водомірні пости, намічені гідрометричні створи, пов'язані з трасою варіанти переходів; межі розливу і напрям перебігу високих вод.

Зйомка району переходу великих річок може виконуватися аерофотограмметричним методом, що дає якнайповніше уявлення про місце переходу, ступінь меандрування річки інтенсивність відкладення наносів і підмивання берегів. Аерофотозйомка в період паводку дозволяє визначити найважливіші гідрологічні характеристики річки при високому рівні води. У гірських районах застосовують наземну стереофотограмметрію.

Геодезичною основою для зйомки широких заплав служать мережі у вигляді низки трикутників, пункти розміщують на різних берегах, а висоти передаються тригонометричним нівелюванням. У заліснених районах застосовують ходи світлодалекомірної або короткобазисної полігонометрії з розташуванням суміжних пунктів на протилежних берегах.

За наявності на район переходу топографічної карти масштабу 1:10 000 або матеріалів колишніх аерофотознімачь ситуаційний план може бути складений у камеральних умовах з необхідними доповненнями і виправленнями в натурі.

Детальний план переходу необхідний для складання робочих креслень мостових споруд і розробки проєкту підходів траси до моста. Масштаб плану приймають 1 : 1 000 з висотою січення рельєфу горизонталями 0,5 м при довжині переходу до 300–500 м і 1 : 2 000 – з висотою січення рельєфу 1 м при більшій довжині. У зйомку включають корінне русло і прилеглу заплаву до

відмітки на 1–2 м вище розрахункового рівня високих вод, а вгору вниз – 1–1,5 величини отвору моста з таким розрахунком, щоб детально зобразити рельєф і ситуацію в місцях де проектують міст, підходи, регуляційні споруди а при близькому розташуванні – будівельні майданчики і бази.

Детальний план є топографічною основою робочого проектування споруд мостового переходу, тому точність зйомки і геодезичного обґрунтування повинна відповідати вимогам масштабу плану. Зйомка виконується в тій же системі координат і висот, які були використані при зйомці ситуаційного плану.

Якщо район переходу був знятий аерометадами, то матеріали аерофотознімання можуть бути використані і для створення детального плану. При наземних методах у відкритій заплаві застосовують мензульну зйомку або тахеометричну, а в закритій – зйомку по поперечниках. У обох випадках основою для зйомки служать теодолітно-нівелірні магістралі, що прокладаються від осі переходу по обох сторонах русла. Кінці магістралей прив'язують до геодезичних пунктів, а за відсутності останніх створюють замкнуті полігони. Якщо обидва береги річки високі або один з них високий, а інший пологий з відкритою заплавою, то можна план переходу скласти методом *наземної стереофотограмметричної зйомки*. Для цього уздовж обох берегів намічають місця станцій, щоб з них зняти без розривів протилежний берег разом із смугою водної поверхні і щоб їх легко було прив'язати в плановому і висотному відношенні до магістралі. При обробці стереопар малювання рельєфу і поперечні профілі добре контролюються за урізом води.

Проміри глибин виконують взимку з льоду, влітку – з човна. У кожній промірній вертикалі визначають: глибину річки, планове положення вертикалі, відмітку рівня води у момент проміру. Глибину річки вимірюють за допомогою рейки (позначки) або річкового ехолота. Планове положення промірних вертикалей визначають засічками з базису, розміщеного на березі і прив'язаного до магістралі.

За наявності на ділянку мостового переходу фотоплану завдання планового визначення промірних вертикалей дещо спрощується, оскільки

відпадає необхідність вимірювання базису і прив'язки точок кріплення поперечників до магістралі. Промірні поперечники («фотогалси») намічають по фотоплану між чітко вираженими контурними точками. На місцевості ці точки закріплюють віхами, у створі яких рухається човен.

Промірні вертикалі засікають приладом, установленим на близькій контурній точці і орієнтованим за якою-небудь іншою контурною точкою.

На широких річках і затоках планове положення промірних вертикалей визначають точними радіогеодезичними системами з установкою в берегових опорних пунктах базисних станцій і на рухомому катері – задавальній станції.

У період промірів глибин ведуть спостереження на тимчасових водомірних постах за коливаннями рівня води. З урахуванням цих коливань визначають висоти урізів води на момент промірних робіт. За результатами промірів обчислюють висоти дна і наносять їх на план.

Промірюючи глибини, необхідно мати на увазі, що водна поверхня річки має деякий поперечний ухил, викликаний обертанням Землі і впливом відцентрової сили на поворотах.

Різде спотворення поперечного профілю водної поверхні викликається бічним вітром і швидкою зміною рівня води в період паводку. Тому при промірних роботах на великих річках рекомендується нівелювати уріз води на обох берегах.

5.3 Визначення довжини мостового переходу

При проєктуванні мостового переходу необхідно знати відстань між двома початковими пунктами переходу, розміщеними на протилежних берегах в незатоплюваних місцях. Ця відстань називається довжиною мостового переходу і використовується для аналітичної прив'язки проєкту мостових споруд до початкових пунктів і пікетажу траси.

Точність вимірювання в натурі довжини L мостового переходу визначається необхідною точністю побудови моста. Як відомо, загальна довжина моста визначається так:

$$L = \sum_1^n l_i + \sum_1^{n-1} p_i + (q_1 + q_2), \quad (5.1)$$

де l_i – розрахункова довжина пролітної будови; p_i – відстань між осями опорних частин суміжних прольотних будов; q – відстань від осей опорних частин до шафових стінок берегових засад; n – кількість прогонів моста.

Розрахуємо необхідну точність вимірювання довжини мостового переходу залежно від необхідної точності дотримання величин l , p і q .

При незалежному порядку відкладення цих величин

$$\delta_L^2 = \sum_1^n \delta_{l_i}^2 + (n-1) \cdot \delta_p^2 + 2\delta_q^2, \quad (5.2)$$

де $\delta_l = l/T$ – допустима помилка розбиття опор і монтажу прогонної будови (для складних за конструкцією мостів згідно зі СНіП приймають $\delta_l = l/10000$ для простих мостів $\delta_l = l/6000$), що допускається; δ_l – позовжня помилка взаємного положення двох суміжних опорних частин. Оскільки опорні частини розбивають від центру мостової опори і помилка установки кожної з них допускається 5 мм, то можна прийняти $\delta_p = 0,5 \cdot \sqrt{2}$ см; δ_q – помилка відкладення відстаней q (5 мм).

Отже,

$$\delta_{L(см)}^2 = \sum_1^m \left(\frac{l_{i(см)}}{T} \right)^2 + (n-1)(0,5\sqrt{2})^2 + 2 \times 0,5^2 \quad (5.3)$$

або

$$\delta_{L(см)} = \sqrt{\sum_1^m \left(\frac{l_{i(см)}}{T} \right)^2 + n/2}. \quad (5.4)$$

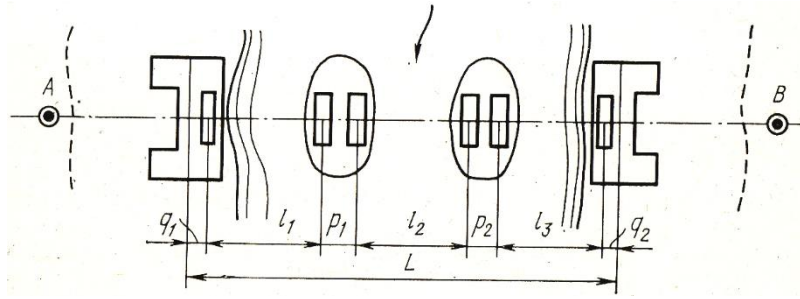


Рисунок 5.6 – Довжина мостового переходу

Для мостів із приблизно рівними довжинами прогонів

$$\delta_{L(cm)} = \sqrt{n\delta_{l(cm)}^2 + n/2}, \quad (5.5)$$

$$\delta_{L(cm)} = \sqrt{n \left[\left(\frac{l_{(cm)}}{T} \right)^2 + 1/2 \right]}, \quad (5.6)$$

Для варіанта при середній довжині прогону $l = 50$ м; $n = 8$ ($L = 400$ м згідно з розв'язком оберненої геодезичної задачі для знаходження довжини лінії 1-2 з карти); $1/T = 1/10\,000$ (міст складний) отримаємо $\delta_L = 2,45$ см і $\delta_L/L = 1/16\,000$.

Найдоцільніше довжину мостового переходу вимірювати при розташуванні моста на суходолі, в зимовий час по льоду або за наявності тимчасового моста довжина переходу може бути виміряна шкаловими стрічками або інварними дротами. Вимірювання по льоду проводять по штативах або по обносках, що вморожують у лід.

При використанні паралактичної полігонометрії базис розташовують за можливості посередині річки (на острові, на льоду), створюючи найбільш точну симетричну ланку (рис. 5.7, а). У цьому випадку довжина лінії $AB = s$ визначається за формулою

$$s = (b/2)(ctg\varphi_1/2 + ctg\varphi_2/2), \quad (5.7)$$

а відносна похибка за формулою

$$\left(\frac{m_s}{s} \right)^2 = \left(\frac{m_b}{b} \right)^2 + \left(\frac{s}{2b\sqrt{2}} \right)^2 \left(\frac{m_\varphi}{\rho} \right)^2. \quad (5.8)$$

На великих річках для вимірювання довжини мостового переходу застосовують складну ланку (рис. 5.7, б). Тут довжина великого базису визначається за допомогою допоміжної ромбічної ланки, в якій безпосередньо вимірюють базис b . Довжина мостового переходу $AB = s$ обчислюється за формулою

$$s = (b/4)(\text{ctg}\varphi_1/2 + \text{ctg}\varphi_2/2)\text{ctg}\varphi/2, \quad (5.9)$$

а відносна похибка

$$\left(\frac{m_s}{s}\right)^2 = \left(\frac{m_b}{b}\right)^2 + \left(\frac{l}{2\sqrt{2}b}\right)^2 \frac{m_\varphi^2}{\rho^2} + \left(\frac{s}{l}\right)^2 \frac{m_\phi^2}{\rho^2}, \quad (5.10)$$

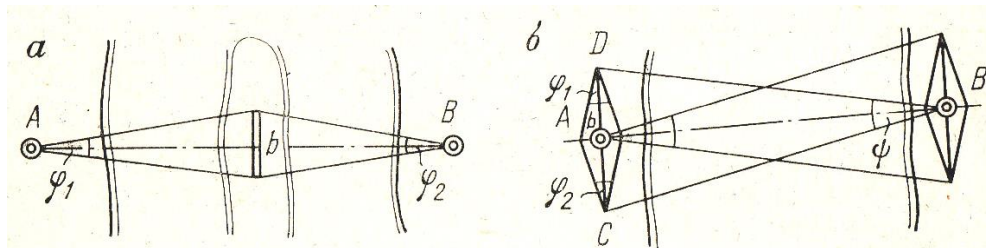


Рисунок 5.7 – Визначення довжини мостового переходу методом короткобазисної полігонометрії:

а – проста ромбічна ланка, б – складна ланка

де m_b – середня квадратична похибка вимірювання базису, m_φ – середня квадратична похибка вимірювання паралактичних кутів φ_1 і φ_2 ; m_ϕ – середня квадратична похибка вимірювання паралактичного кута ϕ .

Для надійнішого визначення довжини мостового переходу такі ланки будують на двох берегах і відстань s отримують двічі, що служить хорошим контролем і підвищує точність роботи. Як базис зазвичай використовують 24- або 48-метрові прогони, вимірювані інварним дротом.

Для прикладу прийmemo, що $m_b/b = 1/100\,000$, $b = 24$ м $s=1200$ м $l= 300$ м $m_\varphi = 1''$, $m_\phi = 1,2''$. За формулою (2.9) знайдемо, що $m_s/s = 1/30\,000$.

Точність визначення відстані з двох берегів підвищиться приблизно в $\sqrt{2}$ разів і складе

$$\frac{m_s}{s}(\text{ср}) = \frac{1}{30000\sqrt{2}} = \frac{1}{42000}, \quad (5.11)$$

що цілком задовольняє вимоги точності визначення довжин мостових переходів.

При побудові мостових геодезичних мереж для розбивочних робіт довжина переходу визначається з обробки цих мереж.

5.4 Висотна основа. Передача висот через водотоки

При будівництві великих мостових переходів, згідно з вимогами СНіП, на кожному березі повинно бути встановлено не менше двох постійних реперів (на середніх і малих мостах поодиночі). Репери розміщують за можливості ближче до головної осі, але поза зоною земляних робіт і в геологічно стійких породах з метою їх збереження на весь період будівництва.

Середня квадратична похибка визначення висот реперів не має перевищувати 3–5 мм, що зазвичай забезпечується прокладанням ходів нівелювання III класу. Для обчислення абсолютних висот ходи прив'язують до пунктів державної нівелірної мережі (бажано, щоб пункти були розміщені на різних берегах річки). При цьому виникає завдання передачі висоти через водну перешкоду. У зимовий час це завдання вирішується нівелюванням по льоду, влітку – методом подвійного нівелювання, тригонометричним або гідростатичним нівелюванням.

Нівелювання по льоду. Для нівелювання у лід вморожують кілки, на яких встановлюють ніжки штатива приладу і рейки. У кілки для рейок забивають цвяхи зі сферичними головками. Оскільки лід зазвичай має переміщення по висоті, то під час нівелювання необхідно спостерігати за станом льоду. Для цього в 75–100 м від кожного берега вморожують у лід рейку і по ній періодично беруть відліки нівеліром, встановленим на березі. Проте лід у різних частинах річки коливається по-різному, особливо значні коливання бувають на середині річки, тому нівелювання по льоду зазвичай не дає задовільних результатів.

Досліди показують, що для точної передачі висот необхідно для установки рейок забивати в дно річки палі, зробивши в льоді лунки. У процесі спостережень стежать, щоб вода в лунках не замерзала, для чого слід обколювати лід навколо палі.

Для виявлення вертикального переміщення самого нівеліра під час роботи відліки по рейках проводять у наступному порядку: задня, передня, задня (тобто відлік по задній рейці повторюють). Нівелювання з використанням палі відчутно ускладнює роботу, особливо на глибоких річках.

Задовільні за точністю і продуктивністю результати можна отримати одночасним нівелюванням по льоду всієї ширини річки декількома спостерігачами з нівелірами. Трасу розбивають на ділянки для кожного нівеліра (по 150–200 м), вморожуючи у лід кілки для штатива і рейок. По сигналу на всіх ділянках річки спостерігачі одночасно беруть відліки на задні, передні і знову задні рейки. Таких прийомів роблять декілька, і за їх розходженням судять про точність результатів нівелювання.

Подвійне геометричне нівелювання. Найбільшого поширення набув метод передачі висот через водну перешкоду подвійним нівелюванням. На обох берегах приблизно на однаковій висоті закладають репери (реп. 1 і реп. 2) у місцях, де візирний промінь проходив би не нижче 2–3 м над водою, і в 10–20 м від них вибирають станції для нівеліра I_1 і I_2 (рис. 5.8). При цьому повинна дотримуватися рівність відстаней:

$$d_3^I = d_{II}^{II}; \quad d_3^{II} = d_{II}^I. \quad (5.11)$$

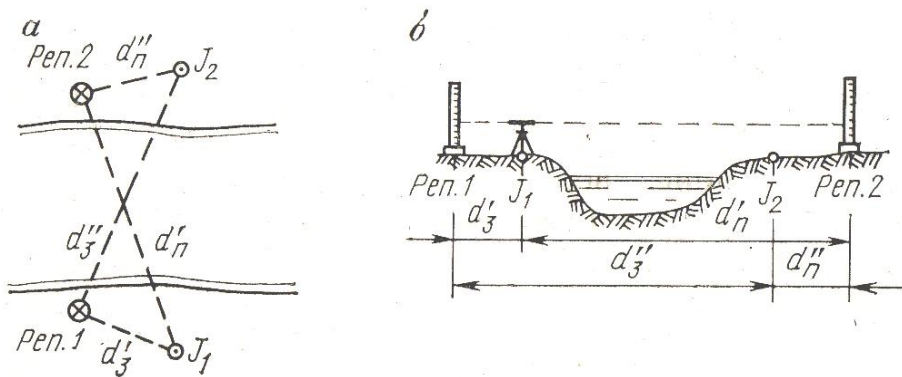


Рисунок 5.8 – Передача висоти через річку:

a – план; *б* – розріз по лінії нівелювання

Встановивши нівелір у точці J_1 , беруть відлік Z_1 по ближній задній рейці, встановленій на реп. 1, і після перефокусування – відлік Π_1 по дальній рейці, встановленій на реп. 2. Потім прилад знімають і обережно, щоб не порушити фокусування труби, перевозять його на інший берег і встановлюють на другій станції J_2 . Не міняючи попереднього фокусування, беруть відлік Z_2 по дальній (задній) рейці і потім відлік Π_2 по ближній (передній) рейці. На цьому закінчується один прийом. Таких прийомів робиться декілька – залежно від ширини річки і необхідної точності визначення перевищення.

Відліки по дальній рейці проводять за допомогою пересувних щитків з потовщеними штрихами (при відстані 500 м штрихи наносять шириною 10 мм, інтервали між ними – 50 мм). При цьому бульбашку рівня приводять у нульовому пункті, і по сигналах спостерігача пересувають щиток до тих пір, поки відповідний штрих не буде точно розміщуватися в бісекторі нівеліра, після чого він відмічає відлік по рейці.

Оскільки в методі подвійного нівелювання різко порушена рівність відстаней до передньої і задньої рейок, то відповідно отримані перевищення будуть сильно спотворені впливом кривизни Землі і рефракції, а також впливом непа візирної осі труби і осі рівня. Головним чином будуть спотворені відліки по дальній рейці. Відліки по ближній рейці у зв'язку з невеликою відстанню до неї спотворюються мало.

Перевищення з першого напівприйому

$$h_1 = Z_1 - \Pi_1 . \quad (5.12)$$

Відліки по рейці Z_1 і Π_1 можна представити у вигляді

$$Z_1 = a_1 + d_3^l \frac{i_1''}{\rho''}, \quad (5.13)$$

$$\Pi_1 = b_1 + d_{II}^l \frac{i_1''}{\rho''} + (k + r_1), \quad (5.14)$$

де a_1 і b_1 – неспотворені відліки по рейці; $d \frac{i''}{\rho''}$ – вплив кута i між віссю рівня і лінією візування труби; $(k + r_1)$ – вплив кривизни Землі і рефракції.

Підставивши значення відліків 3_1 і Π_1 з формул (5.13) і (5.14) в (5.12), отримаємо:

$$h_1 = a_1 - b_1 + (d_3^I - d_{II}^I) \frac{i_1''}{\rho''} - (k - r_1). \quad (5.16)$$

Перевищення з другого напівприйому, коли нівелір перевезений через річку,

$$h_2 = 3_2 - \Pi_2. \quad (5.17)$$

Аналогічно можна представити, що

$$3_2 = a_2 + d_3^{II} \frac{i_2''}{\rho''} + (k + r_2), \quad (5.18)$$

$$\Pi_2 = b_2 + d_{II}^{II} \frac{i_2''}{\rho''}. \quad (5.19)$$

З урахуванням цього,

$$h_2 = a_2 - b_2 + (d_3^{II} - d_{II}^{II}) \frac{i_2''}{\rho''} + (k - r_2). \quad (5.20)$$

Середнє перевищення між реп. 1 і реп. 2 з першого прийому буде

$$h = (h_1 + h_2) / 2. \quad (5.21)$$

Підставивши в рівняння (5.21) значення h_1 і h_2 і взявши до уваги, що при подвійному нівелюванні дотримується рівність відстаней і вплив кривизни Землі k в обох напівприйомах однаковий, отримаємо:

$$h = \frac{(a_1 - b_1) + (a_2 - b_2)}{2} + \frac{1}{2} \left[\frac{d_3^I}{\rho''} (i_1'' - i_2'') + \frac{d_{II}^I}{\rho''} (i_2'' - i_1'') + (r_2 - r_1) \right]. \quad (5.22)$$

З аналізу формули (5.22) видно, що якщо при спостереженнях на першій і другій станціях кут між віссю рівня і візирною віссю не змінювався ($i_1 = i_2$) і якщо вплив рефракції зберігав свою величину і знак ($r_1 = r_2$), то середнє перевищення в прийомі вільне від помилок, викликаних впливом цих чинників,

$$h = \frac{(a_1 - b_1) + (a_2 - b_2)}{2}. \quad (5.23)$$

Вже незначні зміни кута i між півприйомами викликають відчутні систематичні помилки в перевищеннях, наприклад, при зміні кута i на $2''$ і ширині ріки 1 000 м

$$\Delta h_i = 1/2d / \rho''(i_2'' - i_1'') = 5\text{мм}. \quad (5.24)$$

Тому потрібно приймати всі міри перестороги, щоб під впливом температури або поштовхів при перевезенні нівеліра не змінювалась величина кута i . За даними ЦНДГАіК, зміна температури на 1°C спричиняє зміну величини i в середньому на $0,5''$.

Кожний прийом необхідно проводити в можливо короткий час при сприятливих зовнішніх умовах (у похмуру погоду), коли рефракційні впливи на різних берегах приблизно рівні. Крім того, для ослаблення впливу рефракції подвійне нівелювання потрібно проводити одночасно двома нівелірами з протилежних берегів, міняючи потім прилади місцями.

ТЕМА 6 СПЕЦІАЛЬНІ ГЕОДЕЗИЧНІ МЕРЕЖІ

Геодезичні мережі (ГМ) – це система закріплених на місцевості точок земної поверхні, положення яких визначено у загальній для них системі координат і висот. Вони створюються відповідно до площі як для малих, так і для великих територій земної поверхні.

За територіальною ознакою ГМ поділяються на такі:

- глобальну (загальноземну) геодезичну мережу, яка покриває всю земну кулю;

- національні (державні) геодезичні мережі, що створюються в межах території кожної окремої країни в єдиній системі координат і висот, які прийняті у цій країні;

- мережі згущення, що призначені для створення знімальної основи топографічних зйомок;

- місцеві геодезичні мережі, що розвиваються на локальних ділянках, які використовуються для вирішення різних завдань у місцевій системі координат.

За геометричною сутністю розрізняють планові, висотні і просторові геодезичні мережі. У плановій мережі в результаті обробки вимірювань обчислюють координати пунктів на прийнятій поверхні відносності (на поверхні еліпсоїда або на площині); у висотній (нівелірній) мережі отримують висоти пунктів щодо відлікової поверхні, наприклад, поверхні квазігеоїда; у просторових мережах визначається взаємне положення пунктів у тривимірному просторі.

Сучасна глобальна геодезична мережа (ГГМ) створюється методами космічної геодезії з використанням спостережень штучних супутників Землі, тому її називають супутниковою або космічною геодезичною мережею. Положення пунктів у цій мережі обчислюються у геоцентричній системі прямокутних координат XYZ , початок якої поєднаний з центром земного еліпсоїда (центром мас Землі): вісь Z – з віссю обертання, площина X – з

площиною початкового меридіана, а вісь Y відповідно доповнює систему до правої.

ГГМ використовується для вирішення наукових і науково-технічних проблем і завдань вищої геодезії, геодинаміки, астрономії та інших наук, наприклад:

- уточнення фундаментальних геодезичних постійних;
- вивчення фігури і гравітаційного поля Землі;
- визначення рухів полюсів Землі;
- завдання єдиної для всієї Землі системи геоцентричних просторових прямокутних або геодезичних координат;
- визначення положення референц-еліпсоїдів різних країн щодо центру мас Землі;
- вивчення переміщень і деформацій літосферних плит земної кори.

ГГМ постійно безперервно вдосконалюються для досягнення найвищої точності визначення «миттєвого» положення її пунктів у геоцентричній системі координат. Завдяки підвищенню точності ГГМ поступово розширюються можливості вирішення нових наукових проблем і задач геодезії, прикладної космонавтики, геодинаміки, астрономії і багатьох інших наук.

Національні геодезичні мережі поділяються на три види:

1. Державна геодезична мережа (планова).
2. Державна мережа нівелювання (висотна).
3. Державна гравіметрична мережа.

Координати пунктів Державної геодезичної мережі визначаються з найвищою точністю у плановому відношенні на обраній поверхні відносності (на референц-еліпсоїді або площині), а висоти з більш низькою точністю – у гірських районах.

Державна нівелірна мережа призначена для визначення з найвищою точністю висоти кожного пункту щодо поверхні квазігеоїда, а планове положення пунктів цієї мережі на поверхні відносності визначається наближено.

Державна гравіметрична мережа призначена для визначення з найвищою точністю прискорень сили тяжіння на пунктах. Положення пунктів цієї мережі в плановому і висотному відношеннях визначається з необхідною точністю.

Державні геодезичні мережі створюються на території кожної окремої країни та призначені для вирішення таких задач:

- детальне вивчення фігури і гравітаційного поля Землі, її змін у часі (в межах території країни);
- поширення єдиної системи координат і висот на усій території країни;
- картографування території країни в різних масштабах в єдиній системі координат і висот;
- рішення геодезичними методами різного роду наукових і інженерно-технічних завдань народногосподарського значення.

У силу специфічних засобів і методів побудови геодезичних мереж різного виду пункти планової геодезичної мережі зазвичай розташовують на найбільш високих ділянках місцевості; пункти нівелірної мережі – на рівнинних і горбистих ділянках місцевості, в долинах річок тощо.

Державні геодезичні мережі всіх трьох видів будуються окремо, але вони тісно взаємопов'язані між собою і доповнюють одна одну. Окремі пункти можуть бути загальними для всіх трьох видів мереж, що дозволяє більш ефективно вирішувати багато завдань геодезії.

У зв'язку з тим, що державні геодезичні мережі мають важливе наукове і народногосподарське значення, вони надійно закріплюються на місцевості і розраховані на тривалий термін служби, а по точності мають задовольняти вимогам науки, завданням народного господарства країни, причому не тільки найближчого, але і порівняно віддаленого майбутнього.

Історія розвитку геодезії показує, що з часом сучасні вимоги до точності побудови державних геодезичних мереж безперервно зростають. Якщо їх систематично не оновлювати і не вдосконалювати, вони поступово старіють, втрачається частина пунктів, втрачається точність в окремих її частинах, особливо через сучасні рухи земної кори.

Для того щоб державні геодезичні мережі країни завжди були на рівні сучасних вимог, а також вимог найближчого майбутнього, необхідно:

- систематично проводити польове обстеження (огляд) усіх пунктів мережі, проводити реконструкцію або заново визначати втрачені пункти;

- періодично виконувати повторні або додаткові виміри у значній або в тій частині мережі, яка найбільш схильна до деформації через сучасні рухи земної поверхні або внаслідок інших причин;

- повторні або додаткові вимірювання, проводяться для подальшого вдосконалення і підвищення точності державної геодезичної мережі, які виконуються на базі новітніх технологій і методів вимірювань;

- у міру накопичення нової інформації в результаті повторних або додаткових вимірів на значній частині території приблизно через 25–30 років здійснюється повторне врівноваження мережі – як планової, так і висотної – з метою отримання нових, більш точних значень координат і висот, які належать до даної епохи спостережень.

Під час створення сучасних державних геодезичних мереж виконується комплекс основних геодезичних робіт, які містять: проєктування геодезичних мереж; рекогностування пунктів; будівництво геодезичних знаків; закладку підземних центрів і реперів; виконання кутових і лінійних вимірювань; визначення астрономічних широт, довгот і азимутів; виконання нівелірних робіт; вимірювання прискорень сили тяжіння; виконання спостережень штучних супутників Землі (ШСЗ) та математичну обробку результатів вимірювань.

За останні роки досягнуто значних успіхів у підвищенні точності визначення координат пунктів за результатами спостережень ШСЗ, тому вони починають все ширше використовуватися під час створення державних геодезичних мереж високої точності.

Для того щоб державні геодезичні мережі могли слугувати інтересам науки і народного господарства країни протягом тривалого часу, їх необхідно будувати на суворо науковій основі, причому з найвищою точністю, що

досягається в масових вимірах у разі використання новітніх методів і високоточної вимірювальної техніки.

Місцеві геодезичні мережі будуються на локальних ділянках місцевості для вирішення складних наукових та інженерно-технічних завдань, що вимагають визначення взаємного положення точок у плані та за висотою з найвищою точністю на кожен момент часу. У цих випадках створюють спеціальні геодезичні мережі гранично високої точності і виконують у них прецизійні вимірювання повторно через певні інтервали часу. Математичну обробку вимірювань у таких мережах виконують у місцевій системі координат, яка обирається так, щоб редуційні поправки за перехід від вимірних величин до їх проєкцій на місцеву поверхню відносності були якомога меншими. Такі мережі використовують, наприклад, в сейсмоактивних районах для пошуку провісників і подальшого прогнозу великих землетрусів, під час будівництва та експлуатації потужних радіотелескопів, прискорювачів елементарних частинок, гідроелектричних станцій тощо.

Для забезпечення топографічних знімальних пунктів ДГМ не достатньо, тому її згущують пунктами 4-го класу, а в разі необхідності – пунктами 1-го і 2-го розрядів, які належать до мереж згущення. Під час розвитку мережі згущення застосовуються методи: триангуляції, полігонометрії, трилатерації, методи засічок або сучасні методи GPS-спостережень.

Геодезичною основою знімальної геодезичної мережі є пункти:

- ДГМ 1-го, 2-го та 3-го класу;
- ГМ згущення 4-го класу, 1-го, 2-го розряду;
- ГМ спеціального призначення.

Своєю чергою до ГМ спеціального призначення належать:

- геодезичні мережі згущення 4-го класу та 1-го і 2-го розряду, які будуються для забезпечення кадастрової та містобудівної діяльності, створення місцевих систем координат;

– геодезичні мережі для інженерно-геодезичних вишукувань об'єктів будівництва, гірничої справи, формування інженерної та транспортної інфраструктури;

– геодезичні мережі для геодинамічних досліджень на основі геодезичних вимірювань.

Геодезичні мережі спеціального призначення будуються методами супутникових геодезичних спостережень, а також традиційними лінійно-кутовими методами.

У сейсмічно активних і техногенних районах країни на геодинамічних полігонах створюються просторові геодезичні мережі для вивчення сучасних рухів земної кори. Кутові, лінійні, висотні, астрономо-гравіметричні вимірювання та супутникові спостереження у просторових геодезичних мережах проводяться з підвищеною точністю і приводяться до єдиної геодезичної системи для використання їх у процесі вирівнювання Державної геодезичної мережі.

Порядок утворення геодинамічних полігонів, періодичність і точність геодезичних та гравіметричних вимірювань на них регламентуються нормативно-технічною документацією у сфері топографо-геодезичної і картографічної діяльності.

Геодезичні пункти Державної геодезичної мережі є вихідними пунктами для побудови геодезичних мереж спеціального призначення.

Технологія проєктування спеціальних геодезичних мереж передбачає:

1. Визначення мети та завдань проєктування мережі. (Необхідно визначити, які цілі мають бути досягнуті за допомогою локальної геодезичної мережі та які завдання мають бути розв'язані).

2. Визначення потреб у точності та ступені її забезпечення. (Необхідно визначити необхідну точність вимірювань та ступінь її забезпечення).

3. Вибір методів вимірювання та інструментів. (На цьому етапі визначається, які методи вимірювання та інструменти будуть використовуватися для розвитку запроєктованої мережі).

4. Планування мережі. (На цьому етапі визначається, які пункти запроєктованої мережі мають бути виміряні, які методи вимірювання будуть застосовуватися для кожного пункту та які зв'язки між пунктами мають бути встановлені).

5. Виконання вимірювань та обробка отриманих даних. (На цьому етапі виконуються вимірювання згідно з проектом мережі та обробка отриманих даних).

6. Аналіз точності та стійкості мережі. (На цьому етапі оцінюється точність та стійкість мережі).

7. Коригування мережі. (Якщо необхідно, на цьому етапі вносяться корективи до мережі для підвищення її точності та стійкості).

8. Оформлення результатів проектування. (На останньому етапі оформлюються результати проектування мережі у вигляді карт, таблиць, звітів).

У процесі роботи важливо дотримуватись вимог до точності та деталізації мережі, враховувати геометричні особливості території, вибрати оптимальний метод зйомки та розрахунку координат, а також використовувати сучасне обладнання та програмне забезпечення.

Спеціальні геодезичні мережі проектуються на основі технічного завдання на виконання робіт та згідно з технічним проектом, який розробляється у відповідності до «Основних положень» і чинної «Інструкції про побудову державної геодезичної мережі». Складанню технічного проекту передують низка підготовчих робіт:

- вивчення технічного завдання на проектування геодезичної мережі і додаткових вимог, які мають бути виконані під час її створення;
- вивчення району робіт у топографо-геодезичному і картографічному відношеннях;
- детальне вивчення фізико-географічних та економічних умов району робіт;

– вивчення дорожніх умов району і гідрографії, встановлення наявності будівельних матеріалів для побудови знаків, можливості оренди транспортних засобів, найму робочої сили тощо.

Під час вивчення району робіт використовують топографічні і спеціальні карти, різні літературні джерела, звіти про виконані роботи в даному районі. Також проводиться рекогноситування для детального вивчення району робіт та збору необхідної інформації і вивчення об'єкту на місцевості.

Також на стадії проєктування обирається метод створення геодезичної мережі (тріангуляція, полігонометрія, трилатерація, GPS-спостереження), які забезпечують необхідну точність побудови мережі за мінімальних витрат на її створення. Для визначення економічної ефективності того чи іншого методу побудови мережі розробляють відповідний до кожного методу варіант побудови мережі. Складають кошторис затрат, який враховують під час вибору найбільш вигідного в економічному відношенні варіанта геодезичної мережі.

Особлива увага приділяється вибору конструкції центрів і обґрунтуванню глибини їх закладки, встановленню довжини сторін мережі, вибору напрямів для азимутальних визначень і вимірюванню базисних сторін з найвищою точністю.

Для досягнення необхідної точності пункта геодезичної мережі з використанням GPS-спостережень необхідно використовувати якомога більшу кількість GPS-приймачів (не менше п'яти) за якомога меншої різноманітності їхніх типів і типів антен.

Пункти СГМ визначаються з урахуванням економічної доцільності та умов спостережень, методами лінійно-кутових побудов, супутникових геодезичних спостережень або їх комбінаціями.

Для виконання супутникових геодезичних спостережень на геодезичних пунктах першою чергою необхідно орієнтуватись на нормативно-правові аспекти цього процесу.

Для створення та реконструкції СГМ на об'єкті має використовуватись статичний супутниковий метод. Точність визначення векторів базових ліній

залежить від кількості і геометричного розташування супутників, що одночасно спостерігаються з кожного пункту упродовж сеансу спостережень, сприятливого періоду спостережень, залишкових впливів іоносферної і тропосферної рефракції, довжини базових ліній та технічних характеристик супутникових геодезичних приймачів.

Точність результатів супутникових визначень може бути суттєво підвищена за таких умов:

- усунення або ослаблення впливу місцевих перешкод для проходження супутникових сигналів;
- виконання декількох сеансів спостережень, відповідно до програми спостережень;
- визначення декількох базових ліній з одного пункту;
- проведення одночасних постійних спостережень на суміжних пунктах супутникової мережі.

Перед початком супутникових геодезичних спостережень на пункті складається програма та схема погодинних спостережень (рис. 6.1, 6.2).

У програмі супутникових геодезичних спостережень вказуються:

- ідентифікатор;
- графік спостережень;
- відомості виконавця робіт;
- тип приймача;
- час початку та закінчення сесії;
- час повторного встановлення антени зі зміною її висоти;
- час переміщення на наступний пункт тощо.

Перед початком спостережень необхідно обов'язково виконати такі основні перевірки роботи супутникових приймачів:

- контрольне тестування приймача;
- перевірку роботи оптичного центрира;
- перевірку роботи офісного модуля;
- перевірку зсуву фазового центра відносно геометричного центра

антени.

ПРОГРАМА СПОСТЕРЕЖЕНЬ		
“Чернігівський рейд”		
26.04.2006 (I – сесія)		
1	Нова Басань, 1	Плиска (Зонь)
2	Бурімка, 1	Стопхай (Фадеев)
3	Городнище, 3 Бориспіль, 2 (Подивитися) Березань, 3 Дернівка, 2	Плиска
4	Дорогинка, 4	Стопхай (Хмара)
5	Бакаївка, 3	Стопхай
<i>Початок спостережень – 13:00 (26.04.2006)</i>		
<i>Кінець спостережень – 18:00 (26.04.2006)</i>		
26.04.2006 (II – сесія)		
1	Нова Басань, 1	Плиска (Зонь)
2	Бурімка, 1	Стопхай (Фадеев)
3	Грабів, 3 (Дівиця, 2, Лісові Сорочинці, 1)	Плиска
4	Новий Поділ, 2	Стопхай +Хмара Стопхай
<i>Початок спостережень – 21:00 (26.04.2006)</i>		
<i>Кінець спостережень – 5:00 (27.04.2006)</i>		
27.04.2006 (III – сесія)		
1	Нова Басань, 1	Плиска (Зонь)
2	Григорівка, 2	Стопхай (Фадеев)
3	Обичів, 4 Вел. Дівиця, 4	Плиска
4	Августівна, 2	Стопхай
5	Власівка, 1	Стопхай (Хмара)
<i>Початок спостережень – 8:00 (27.04.2006)</i>		
<i>Кінець спостережень – 12:00 (27.04.2006)</i>		
27.04.2006 (III – сесія)		
1	Нова Басань, 1	Плиска (Зонь)
2	Григорівка, 2	Стопхай (Фадеев)
3	Галка, 4, Лісосмушний, 4 Жовтневий, 4	Плиска
4	Далеке, 3	Стопхай
5	Лозове, 2	Стопхай
<i>Початок спостережень – 14:00 (27.04.2006)</i>		
<i>Кінець спостережень – 20:00 (27.04.2006)</i>		
27.04.2006 (IV – сесія)		

Рисунок 6.1 – Зразок першої сторінки програми супутникових геодезичних спостережень

1	Нова Басань, 1	Плиска (Зонь)
2	Григорівка, 2	Стопхай (Фадєєв)
3	Білорічиця, 4	Плиска
4	Діброва, 3	Стопхай
<i>Початок спостережень – 21:00 (27.04.2006)</i>		
<i>Кінець спостережень – 5:00 (28.04.2006)</i>		
28.04.2006 (V – сесія)		
1	Нова Басань, 1	Плиска (Зонь)
2	Григорівка, 2	Стопхай (Фадєєв)
3	Клеці, 4, Шевченко, 4	Плиска
4	Лісогори, 2	Стопхай
5	Зоболоття, 2	Стопхай
<i>Початок спостережень – 8:00 (28.04.2006)</i>		
<i>Кінець спостережень – 15:00 (28.04.2006)</i>		
28.04.2006 (VI – сесія)		
1	Браниця, 2	Плиска (Зонь)
2	Головоньки, 2	Стопхай (Фадєєв)
3	Блудище, 2	Плиска
4	Ур. Червоний, 2	Стопхай
<i>Початок спостережень – 21:00 (28.04.2006)</i>		
<i>Кінець спостережень – 5:00 (29.04.2006)</i>		
29.04.2006 (VII – сесія)		
1	Браниця, 2	Плиска (Зонь)
2	Головоньки, 2	Стопхай (Фадєєв)
3	Мрин, 3 +Селище, 1	Плиска
4	Британь, 4, Чигирі, 4, Кладьки, 4	Стопхай
<i>Початок спостережень – 8:00 (29.04.2006)</i>		
<i>Кінець спостережень – 18:00 (29.04.2006) на Київ</i>		
Автомобіль:		
Нива 2 приймачі:		
1 оператор – Зонь		
2 оператор – Плиска.		
УАЗ 3 приймачі:		
1 оператор – Хмара		
2 оператор – Фадєєв		
3 оператор - Стопхай		

Рисунок 6.2 – Зразок другої сторінки програми супутникових геодезичних спостережень

Супутникові геодезичні спостереження мають розпочинатись, перериватись та закінчуватись у чітко вказаний у програмі спостережень час.

У процесі виконання спостережень на пункті виконавець заповнює на

кожну сесію протокол супутникових геодезичних спостережень (протокол).
Протокол має містити низку відомостей процесу знімань (рис. 6.3, 6.4).

Сторінка 1

Протокол GPS-спостережень

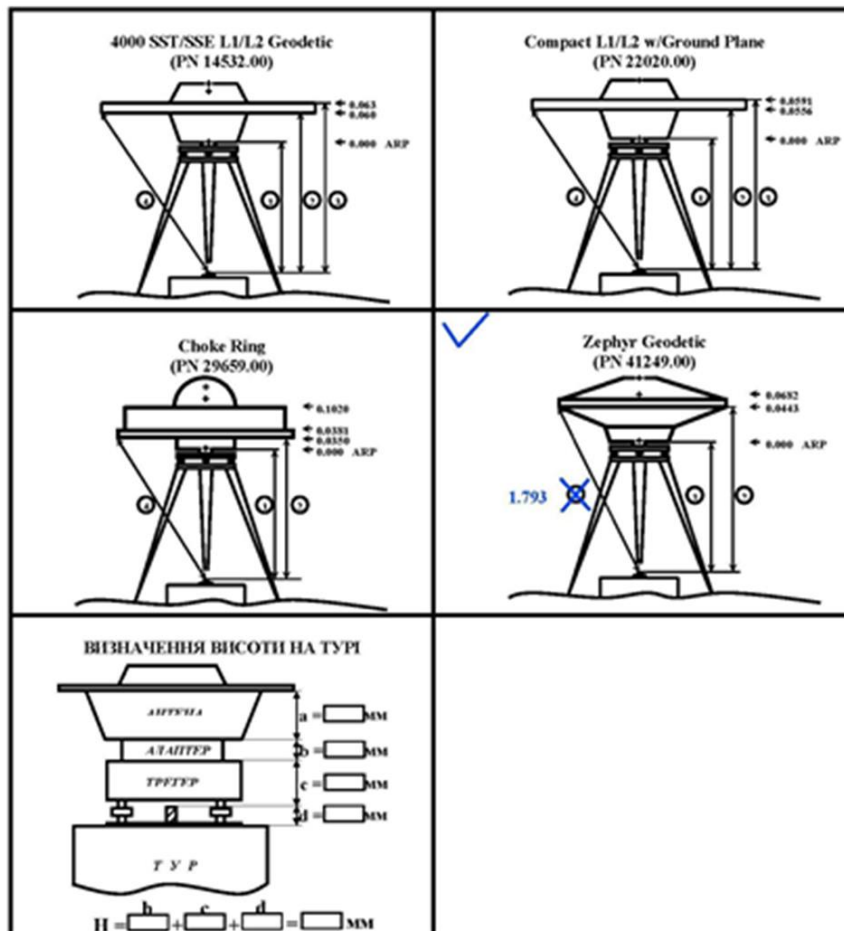
(для кожної сесії заповнюється окремий протокол)

Назва об'єкта <u>НДІ.01.0360 "Геомережа України"</u>			
Установа, яка виконує роботу <u>НДІГК</u>			
Місцезнаходження пункту			
Область <u>Київська</u>	Трапезія 1:100 000 <u>М-36-49</u>		
Повна назва та клас пункту (з каталогу) <u>Блиставиця, 2 клас</u>			
GPS ID пункту (4 символи) <u>BLST</u>	ID пункту з БГД <u>M361320000</u>		
Тип приймача <u>Trimble 5700</u>	Серійний номер приймача <u>0220329295</u>		
Тип антени <u>Zephyr Geodetic</u>	Серійний номер антени <u>12399376</u>		
Інтервал збору даних (у секундах) <u>15</u>	PN номер приймача <u>40406-00</u>		
Версія програмного забезпечення <u>2.24</u>	PN номер антени <u>41249-00 DC 4405</u>		
Антену орієнтована на північ <input checked="" type="checkbox"/>	Довжина антенного кабелю (в метрах) <u>10</u>		
Початок спостережень (GPS-день) <u>032</u>	Кінець спостережень (GPS-день) <u>033</u>		
Початок спостережень (час по UTC) <u>7:32</u>	Кінець спостережень (час по UTC) <u>11:44</u>		
Місцевий час: <u>+2</u> +3	Місцевий час: <u>+2</u> +3		
Якщо були які-небудь збої під час спостережень, опишіть їх <u>збоїв під час спостережень не було</u>			
Огляд пункту (обов'язково описати стан зовнішнього знака та центру)			
Вид центру і його стан <u>тип 2ОП, а задовільному стані</u>			
Вид марки та напис на ній <u>«кругла, металева, "ТРИАНГ ГУГК 54251"»</u>			
Глибина залягання центру (+/-) ¹ <u>-0.35</u> м			
Тип зовнішнього знака ² <u>піраміда</u> h= <u>5.5</u> м			
Наявність обкопування (стан) <u>задовільний</u>			
Пізнавальний стовп (ОП) <input type="checkbox"/> розміри <u>відсутній</u> м			
Охоронний стовп <input checked="" type="checkbox"/> на <u>1.0</u> м від центру			
Опис місцезнаходження пункту <u>в 1.5 км на півд.-зах. від зах. околиці його, в 300 м на схід від перетину лісосмуг, на кургані висотою 4 м</u>			
Назва файлу спостережень <u>92950320.dat, blst0320.07o, blst0330.07o</u>			
Висота антени*			
1) Вертикальна – до ARP _____ м			
2) Вертикальна – до нижньої площини відбивача антени _____ м			
3) Вертикальна – до верхньої площини відбивача антени _____ м			
4) Похила – до нижнього краю відбивача антени <u>1.793</u> м			
номер визначення	до спостережень	під час спостережень	після спостережень
1	1.793		1.793
2	1.793		1.792
3	1.792		1.793
Середнє значення	1.793		1.793
Протокол склав _____		Протокол прийняв _____	
Дата _____ Підпис _____		Дата _____ Підпис _____	
Введення в БГД _____		Опрацювання виконано _____	
Дата _____ Підпис _____		Дата _____ Підпис _____	

¹ У даному випадку "+" – це висота над поверхнею Землі (+0.20), а "-" – нижче рівня Землі (-0.40).

² Вказується тип зовнішнього знака (піраміда, сигнал, тур).

Рисунок 6.3 – Зразок першої сторінки протоколу супутникових геодезичних спостережень



Визначення висоти тимчасового центру

№ станції № рейок	Далекомірні відстані до задньої та передньої рейок	Відліки по рейці		Перевіщення, мм	Середнє перевіщення, мм
		задня	передня		

Рисунок 6.4 – Зразок другої сторінки протоколу супутникових геодезичних спостережень

Протокол містить такі складові:

- дані про виконавця супутникових геодезичних спостережень;
- повну назву пункту та його ідентифікатор;
- тип супутникового приймача та супутникової антени (найліпше IGS-код), а також версію програмного забезпечення приймача;

- повні серійні номери та номери партій супутникового приймача та супутникової антени;
- час увімкнення та вимкнення супутникового приймача;
- висота супутникової антени над маркою центра, тип виміру її висоти (похила чи вертикальна, а також до якої точки антени вона вимірювалася);
- метрологічні дані (якщо мали місце);
- будь-які відхилення, що мали місце під час спостережень (закінчення живлення, збої приймача під час збору даних тощо);
- прізвище, ім'я, по батькові оператора та уповноваженої посадової особи, яка прийняла протокол.

На початку та наприкінці кожного сеансу спостережень за допомогою оптичного центрира антена центрується (перевіряється) над маркою геодезичного пункту, орієнтується на північ та визначається похила висота антени, про що робляться відповідні записи в протоколі. Між сеансами спостережень обов'язково виконується повторне встановлення антени зі зміною її висоти не менше ніж на 0,10 м, крім пунктів із системами примусового центрування.

Під час виконання супутникових геодезичних спостережень поза центром пункту обов'язково визначають елементи центрування графічним або аналітичним методом.

Після закінчення польових робіт із супутникових геодезичних спостережень на пунктах геодезичної та нівелірної мереж об'єкта здаються такі матеріали:

- результати спостережень у внутрішніх форматах GPS-апаратури, що використовувалася під час спостережень;
- протоколи супутникових геодезичних спостережень;
- виконавча схема робіт;
- зведена відомість тривалості супутникових геодезичних спостережень на геодезичних пунктах та нівелірних знаках. До зведеної відомості обов'язково вносяться дані про заплановані та фактичні увімкнення та вимкнення

супутникових геодезичних приймачів під час спостережень, а також причини відхилення від запланованого режиму спостережень;

– графічні схеми (аркуші або журнали, бланки) аналітичного визначення та обчислення елементів центрування антени супутникового приймача.

ТЕМА 7 МОНІТОРИНГ ДЕФОРМАЦІЙ СПОРУД ГЕОДЕЗИЧНИМИ МЕТОДАМИ

Внаслідок конструктивних особливостей, природних умов та людської діяльності споруда в цілому та окремі елементи зазнають різноманітних деформацій.

Загалом термін «деформація» означає зміну форми об'єкта, що спостерігається. У геодезії деформацію зазвичай розглядають як зміну положення об'єкта відносно деякого початкового положення.

Під постійним тиском маси споруди ґрунт в основі її фундаменту поступово стискається, що призводить до зсуву або осідання споруди у вертикальній площині. Окрім тиску під дією власної ваги споруди, осідання споруд може бути спричинене карстовим рельєфом, зсувними процесами, зміною рівня ґрунтових вод, роботою важкої техніки, транспортними потоками, землетрусами та іншими причинами. Фундаментальні зміни в структурі пористих або пухких ґрунтів можуть призвести до швидкої деформації, відомої як просідання.

Нерівномірне «іжакування» ґрунту під фундаментом будівлі або різні навантаження, що прикладаються до ґрунту, призводять до нерівномірного осідання. Це призводить до інших видів деформації конструкції: горизонтального зсуву, зміщення, перекосу і прогину, які можуть проявлятися у вигляді тріщин або навіть розриву.

Зміщення конструкцій у горизонтальній площині спричиняється боковим тиском ґрунту, води або вітру.

Високі конструкції баштового типу (наприклад, димарі, телевізійні вежі) зазнають скручування та вигину через нерівномірний сонячний та вітровий тиск.

Для дослідження деформації в характерному місці на конструкції фіксують точку і визначають зміни її просторового положення протягом

обраного періоду часу. При цьому визначене положення і час використовуються як початкові значення.

Для визначення абсолютного або повного осідання фіксованої точки на конструкції періодично визначають її відмітку для вихідного репера, який розташовується далеко від конструкції і вважається нерухомим. Природно, що різниця між відмітками, отриманими в цих точках, повинна бути обчислена для визначення осідання точки в поточний момент часу відносно точки, в якій починалося спостереження. Аналогічно можна розрахувати величину відселення за час між попереднім періодом і наступним періодом (циклом) спостереження.

Середнє осідання всієї структури або її окремих частин розраховується як середнє арифметичне від суми осідань всіх її n точок, тобто із середньою заселеністю наводяться максимальна і мінімальна точок структури, що свідчить про повноту заселеності об'єкта в цілому.

Неоднорідність осідання можна визначити за різницею між осіданнями в будь-яких двох точках.

Крен або нахил споруди визначається як різниця опадів у двох точках, розташованих на протилежних кінцях споруди або її частини вздовж обраної осі. Нахил по вертикальній осі називається перекиданням, а по горизонтальній осі – перекосом; величина нахилу по відношенню до відстані між двома точками називається відносним нахилом.

Горизонтальне зміщення окремої точки споруди характеризується різницею між її координатами, отриманими в поточному і першому циклі спостережень. Положення осей координат зазвичай збігається з головною віссю конструкції.

Скручування вертикальної осі характерне переважно для споруд баштового типу. Воно визначається як зміна кутового положення радіуса фіксованої точки, проведеної з центру досліджуваного горизонтального перерізу.

Зміна значень деформацій за вибраний інтервал часу характеризується середньою швидкістю деформацій.

Основною метою спостережень є визначення значень деформацій, які свідчать про стабільність конструкції та своєчасне вжиття профілактичних заходів для забезпечення нормальної експлуатації споруди.

Крім того, спостереження дозволяють перевірити правильність проєктних розрахунків і виявити закономірності, за якими можна прогнозувати процес деформування.

Спостереження за деформуванням конструкцій – це серія інструментів вимірювання та опису для визначення величини деформації та причин її виникнення.

Для складних і відповідальних конструкцій спостереження починають одночасно з проектуванням. На передбачуваному майбутньому будівельному майданчику досліджується вплив природних факторів і одночасно створюється система опорних точок, щоб заздалегідь визначити ступінь стійкості споруди.

Спостереження за самою спорудою починаються з моменту її зведення і тривають протягом усього періоду будівництва. Для більшості великих споруд спостереження проводяться і в період експлуатації. Залежно від характеру споруди і природних умов спостереження можуть закінчуватися з припиненням деформацій, а можуть продовжуватися протягом усього періоду експлуатації.

На кожному етапі будівництва або експлуатації споруди спостереження за її деформаціями проводяться через певні проміжки часу. Такі спостереження проводяться за календарним планом і називаються систематичними.

Термінові спостереження проводяться при виникненні факторів, що викликають різкі зміни нормального ходу деформацій (наприклад, зміна навантажень на основи, зміна температури навколишнього середовища або самої споруди, рівня ґрунтових вод, землетруси тощо). Паралельно з вимірюванням деформацій організовуються спеціальні спостереження для виявлення причин деформацій, таких як зміни стану і температури ґрунту і ґрунтових вод, температури самої споруди, зміни погодних умов тощо. Також

фіксуються зміни будівельних навантажень і зміни навантажень, зумовлені встановленим обладнанням.

Для проведення спостережень готуються спеціальні проекти, які зазвичай включають:

- технічні характеристики споруди;
- загальні відомості про конструкцію, природні умови та режим експлуатації;
- схему розташування реперних і деформаційних марок;
- розрахунок необхідної точності вимірювань;
- методи та засоби вимірювань;
- рекомендації щодо методів обробки результатів вимірювань та оцінки стану споруди;
- календарний план (графік) спостережень;
- склад виконавців; обсяги робіт;
- кошторис.

Правильний вибір точності і періодичності впливає на методи і засоби вимірювання, вартість їх виробництва і достовірність отриманих результатів.

Точність і періодичність вимірювань вказуються в технічному завданні або нормативних документах на виконання робіт. В окремих випадках ці вимоги можуть бути визначені спеціальними розрахунками.

У нормативних документах вимоги до точності визначення осідань або горизонтальних переміщень характеризуються середньоквадратичною похибкою:

- 1 мм – для будівель і споруд, зведених на скельних або напівскельних основах;
- 3 мм – для будівель і споруд, побудованих на піщаних, глинистих та інших стисливих ґрунтах;
- 10 мм – для будівель і споруд, зведених на підвищених ґрунтах та інших стисливих ґрунтах;
- 15 мм – для земляних споруд.

У зсувних районах опади вимірюють із середньоквадратичною похибкою 30 мм і горизонтальним зміщенням 10 мм.

Димарі, щогли, високі вежі тощо повинні вимірюватися з точністю, яка залежить від висоти H споруди і характеризується величиною $0,0005H$.

Необхідну точність вимірювань деформацій дуже важко визначити розрахунковим шляхом, але для багатьох практичних задач рівняння є прийнятним:

$$m_{\phi} = 0,2\Delta\Phi, \quad (7.1)$$

де m_{ϕ} – середньоквадратична похибка вимірювання деформації, а $\Delta\Phi$ – значення деформації за часовий інтервал між циклами вимірювання.

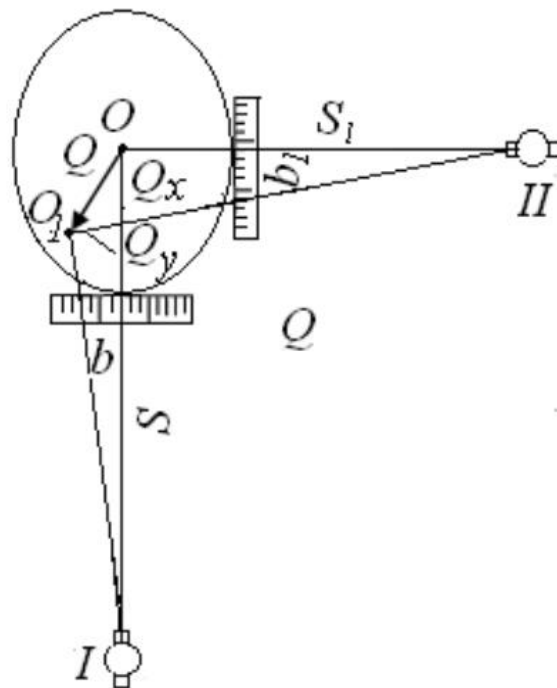
Вибір часу між циклами вимірювань залежить від типу конструкції, тривалості експлуатації, швидкості зміни деформації та інших факторів. У середньому систематичні спостереження проводяться один-два рази на квартал під час будівництва та один-два рази на рік під час експлуатації. У випадку аварійних спостережень вони проводяться до або після виникнення факторів, що різко змінюють нормальний хід деформацій.

Крен – вид деформації, властивий спорудам баштового типу. Поява крену може бути викликана як нерівномірністю осідання споруди, так і вигином і нахилом верхньої її частини через однобічне температурне нагрівання і вітровий тиск. У зв'язку із цим повну інформацію про крени й вигини можна одержати лише за результатами спільних спостережень за положенням фундаменту й корпусу баштової споруди. Залежно від виду й висоти споруди, технічних вимог та умов спостережень для визначення крену застосовують різні способи.

Найчастіше крен визначається за допомогою схилу або приладу вертикального проектування (оптичного або лазерного). Цей спосіб застосовується в основному при зведенні баштових споруд, коли можна стати над його центром.

У складних умовах, особливо для споруд великої висоти, для визначення крену застосовують способи вертикального проєктування, координат, кутів тощо.

Наприклад, у способі вертикального проєктування із двох точок I та II (рис. 7.1), розташованих на взаємно перпендикулярних осях споруди і на віддалені від нього в півтори-дві висоти, за допомогою теодоліта проєктують обумовлену верхню точку на деяку площину у фундаменті споруди (цоколь, рейку, палетку тощо). Знаючи відстань S від теодоліта до споруди, а потім d до його центра O , зі спостережень у декількох циклах, використовуючи відліки b і b_1 , можна обчислити складові крену Q_x та Q_y по обраних осях і повній величині крену Q .



*Схема спостережень
за креном баштової споруди*

Рисунок 7.1 – Схема спостережень за креном баштової споруди способом вертикального проєктування

У способі координат навколо споруди на відстані, рівній півтора-двом його висотам, прокладають замкнутий полігонометричний хід і обчислюють в

умовній системі координати його пунктів. Із цих пунктів через певні проміжки часу прямою зарубкою визначають координати точок на спорудженні. За різницею координат у двох циклах спостережень знаходять складові крену по осях координат, повну величину крену і його напрямок.

Спосіб горизонтальних кутів застосовують, якщо фундамент споруди закритий для спостережень. При цьому способі з опорних пунктів, розташованих на взаємно перпендикулярних осях, періодично вимірюють кути між напрямком на обумовлену верхню точку й опорний напрямок. За величиною зміни спостережуваних кутів і горизонтальним прокладанням до спостережуваної точки знаходять складові крену по осях і повній величині крену.

Для визначення величини крену за результатами нівелювання осадкових марок їх повинно бути не менш трьох на фундаменті або цокольній частині споруди. Із цією же метою застосовують різного виду клінометри, що мають вигляд накладних високоточних рівнів із ціною розподілу до 5".

Спостереження за тріщинами звичайно проводять у площині конструкцій, на яких вони з'являються.

Для виявлення тріщин застосовують спеціальні маяки, які мають вигляд плитки з гіпсу, алебастру тощо. Маяк кріпиться до конструкції поперек тріщини у найбільш широкому її місці. Якщо через якийсь час тріщина з'являється на маяку, то це вказує на активний розвиток деформації.

У найпростішому випадку ширину тріщини вимірюють лінійкою. Застосовують також спеціальні прилади: деформометри, щілеміри, вимірювальні скоби.

Спостереження за зсувами виконують різними геодезичними методами. Залежно від виду й активності зсуву, напрямку і швидкості його переміщення ці методи підрозділяють на чотири групи:

- осьові (одномірні), коли зсув фіксованих точок оповзу визначають стосовно заданої лінії або осі;

- планові (двовимірні), коли зсув зсувних точок спостерігають по двох координатах у горизонтальній площині;
- висотні – для визначення тільки вертикальних зсувів;
- просторові (тривимірні), коли знаходять повний зсув точок у просторі за трьома координатами.

Осьові методи застосовують у тих випадках, коли напрямок руху зсуву відомо. До числа осьових відносять:

- метод відстаней (рис. 7.2, а), що полягає у вимірі відстаней по прямій лінії між знаками, установленими уздовж руху зсуву;
- метод створів (рис. 7.2, б), обладнаних у напрямку, перпендикулярному руху зсуву;
- променевий метод (рис. 7.2, в), що полягає у визначенні зсуву зсувної точки за зміною напрямку візирного променя з вихідного знака на зсувній.

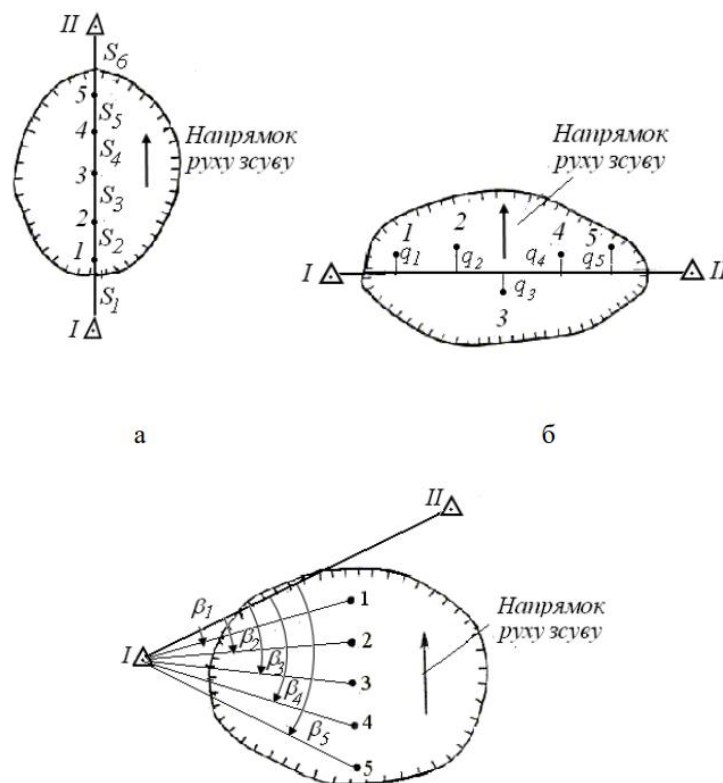


Рисунок 7.2 – Схеми спостережень за зсувами

До планового відносяться методи прямих, зворотних, лінійних зарубок, полігонометрії, комбінований метод, що сполучає вимір напрямків, кутів, відстаней і відхилень від створів.

Висотні зсуви зсувних точок знаходять в основному методами геометричного й тригонометричного нівелювання.

Для визначення просторового зсуву зсувних точок застосовують фототеодолітну зйомку.

Зсув зсувних точок обчислюють стосовно опорних знаків, які розташовують поза зсувною ділянкою. Число знаків, у тому числі й зсувних, визначається з міркувань забезпечення якісної схеми вимірів і виявлення всіх характеристик процесу, що відбувається.

Спостереження за зсувами проводяться не рідше одного разу на рік. Періодичність коректується залежно від коливання швидкості руху зсуву: вона повинна збільшуватися в періоди активізації і зменшуватися в період вгасання.

Для вимірювання зсувів споруд застосовують, головним чином, створний, тригонометричний способи та спосіб окремих напрямів.

Створний спосіб – це вимірювання зміщення контрольного знака від створу за допомогою теодоліта і марки, встановленої на контрольному знаці.

Визначення горизонтальних зміщень виконують при спостереженнях за горизонтальними зсувами прямолінійних споруд: дамб мостів, підпірних стінок тощо. Кінцеві опорні пункти створу розташовують поза спорудою. На споруді в створі закріплюють контрольні точки. За зсувом цих точок у напрямі, перпендикулярному створу, судять про зсув споруди (рис. 7.3).

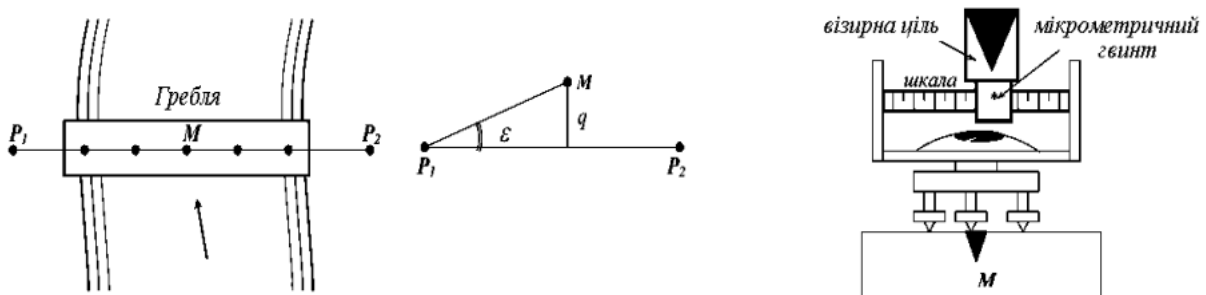


Рисунок 7.3 – Створний метод визначення горизонтальних зсувів споруд

Тригонометричним способом користуються тоді, коли опорні пункти розміщені на різних рівнях або неможливо утворити створ. У цьому випадку для спостереження за зсувом споруди використовують спосіб триангуляції, тобто в періодичному визначенні координат контрольних знаків, які включені в триангуляційну мережу. За різницею координат на суміжних пунктах визначають зсув споруди. Недоліком способу триангуляції є його трудомісткість. Тому триангуляційну мережу замінюють трилатерацією з використанням світловіддалемірів або електронних тахеометрів.

Спосіб окремих напрямів складається з повторних вимірювань горизонтального кута з вершиною на опорному пункті між напрямком на орієнтирний пункт і на контрольний знак. За зміненням горизонтального кута і виміряною відстанню обчислюють зміщення контрольного знака.

ТЕМА 8 МОНІТОРИНГ ДЕФОРМАЦІЙ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ СПОРУД ГЕОДЕЗИЧНИМИ МЕТОДАМИ

8.1 Особливості інженерно-геодезичних спостережень за деформаціями телевежі Київського телецентру

Телевежа Київського телецентру (КТЦ) належить до надвисоких інженерних споруд, які підлягають постійному інженерно-геодезичному контролю незмінності висотного положення фундаментів, вертикальності стовбура і антени.

Інженерно-геодезичне забезпечення надійної експлуатації вежі зводиться до такого:

- 1) спостереження за осіданнями фундаментів ніг бази і антени, а також близьких до вежі споруд;
- 2) визначення крену стовбура вежі на характерних ярусах – позначки +64; 88; 120; 152; 184; 209 і 239 м;
- 3) визначення крену антени на 12-ти ярусах: 7 ярусів у стовбурі до позначки +239 м і 5 ярусів у надстовбурній частині – позначки +278; 309; 336; 353 і 375 м.

Осідання фундаментів визначаються геометричним нівелюванням II класу точності з прив'язуванням ходів до глибинних реперів (на майданчику КТЦ закладено три глибинних трубчастих репери завглибшки 19,5 м). Нівелірну марку закладено у верхньому торці труби, який розташований у колодязі з кришкою на глибині 1,2 м.

Крен стовбура і антени вежі впродовж багатьох років визначався способом прямої кутової засічки координатним методом з двох кінцевих пунктів A і G будівельних осей (відповідно з півночі і заходу), віддалених від осі вежі на відстань до 500 м. Але зараз через густу забудову і високі дерева видимість з цих пунктів на вежу втрачено, тому вибрано нові пункти T_A і T_G (рис. 8.1), лінія візування з яких може утворювати з будівельними осями кут до 10–15°. Ця обставина ускладнює методикау опрацювання результатів

спостережень способом прямої кутової засічки, оскільки при зміщенні станцій спостережень з будівельних осей вежі (рис.8.2) треба визначати напрям бісектриси кута γ_{18} на центр вежі O .

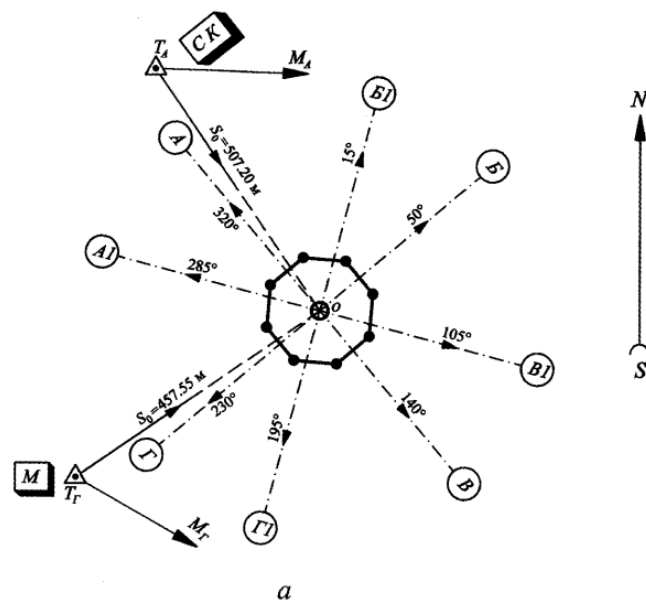


Рисунок 8.1 – Схема організації вимірювання крену вежі: розташування будівельних осей і станцій спостережень

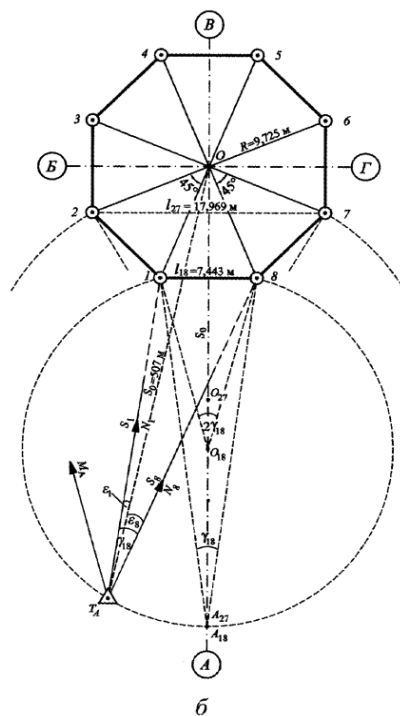


Рисунок 8.2 – Схема організації вимірювання крену вежі: приведення вимірних кутів на вісь вежі

Вимірювання напрямків цього кута на вісь трубчастих вертикальних поясів вежі ведеться від орієнтирного напрямку, наприклад $T_A M_A$, наведенням зорової труби приладу на ліву і праву твірні циліндра з обчисленням середніх значень напрямків. За цими напрямками можна визначити кути $\gamma_{18}^0 = N_8^0 - N_1^0$, $\gamma_{18} = N_8 - N_1$ та напрямки їх бісектрис на центр вежі. Аналогічні вимірювання проводять для інших пар вертикальних поясів 2–7, 3–6 і 4–5.

Задачу можна розв'язати двома способами: 1) визначення поправок у виміряні напрямки на пояси вежі; 2) приведення цих напрямків до будівельних осей.

Крім визначення кренів стовбура вежі, також ведеться нівелювання контрольних реперів, закладених у фундаментах ніг вежі, які за 40 років осіли всього на 4–8 мм і їхній вплив на зміну крену стовбура при відстані між фундаментами 90 м не перевищує 1:22 000.

8.2 Інженерно-геодезичний моніторинг об'єкта «Укриття» ЧАЕС

Інженерно-геодезичний моніторинг об'єкта «Укриття» (ОУ) ЧАЕС (рис. 8.3) – найнебезпечнішої споруди світової техногенної катастрофи – здійснюють уже чверть століття. Проблемами ліквідації наслідків опікується вся міжнародна спільнота і надає Україні необхідну допомогу. Упродовж цих років на об'єкті виконуються різноманітні будівельно-монтажні роботи, пов'язані з укріпленням несучих конструкцій, які зазнали значних руйнувань та відхилилися від вертикалі після вибуху реактора.

Основне призначення інженерно-геодезичних спостережень – виявлення змін у просторовому положенні несучих конструкцій споруди саркофага (вертикальних і горизонтальних зміщень, кренів та перекосів) для оцінювання ризику руйнування споруд, демонтажу нестабільних конструкцій, прогнозування аварійних ситуацій тощо.

Згідно з державними стандартами, інженерно-геодезичні вимірювання вертикальних та горизонтальних зміщень на таких спорудах виконуються за

1-м та 2-м класами точності, тобто з похибками від 1 мм до 5 мм залежно від висоти розташування контрольних марок: нижче – менша, вище – більша.



Рисунок 8.3 – Об'єкт «Укриття» ЧАЕС

Обсяг і частота інженерно-геодезичних вимірювань змінюється залежно від прояву деформаційних процесів та нових завдань, але практично залишаються незмінними класи точності вимірювань. Усі роботи виконуються згідно із затвердженими програмами, які розробляються переважно на п'ять років. За 25 років складено 5 програм: у 1987 р., на 1998–2000, 2000–2005, 2005–2008 і 2009–2012 рр. Кожна із них відображала основні засади організації та виконання інженерно-геодезичних вимірювань для визначення вертикальних та горизонтальних зміщень і кренів конструкцій, їх динаміки та прогнозування. Останні дві програми враховують будівельно-експлуатаційну ситуацію на об'єкті, яка виникла у зв'язку з реалізацією Проекту організації заходів (ПОЗ) на виконання Закону України «Про загальні основи подальшої експлуатації Чорнобильської АЕС і перетворення зруйнованого реактора в екологічно

безпечну систему» від 11 грудня 1998 р. № 309-IV. Ці заходи особливо торкнулися укріплення західної контрфорсної стіни та окремих приміщень, включаючи і деаераторну етажерку, колонний залізобетонний каркас якої вимагав невідкладних укріплювальних робіт.

Для забезпечення високої точності вимірювання деформаційних зміщень на території ОУ створено високоточні (1-го класу) планову та висотну геодезичні мережі. Пункти планової мережі, незалежно від розряду побудови, закріплено знаками для примусового центрування приладів, а нівелірна мережа I класу – глибинними реперами, закладеними на глибину до 40 м. Зміни умов виконання робіт викликали необхідність реконструкції геодезичних мереж.

Планова мережа реконструювалася чотири рази, і якщо перші дві реконструкції завершувалися її розширенням у результаті збільшення кількості контрольних марок, то останні дві викликали демонтаж окремих пунктів, які попали в зону будівельно-монтажних робіт на стадії реалізації ПОЗ та майданчика для зведення нового безпечного конфайнмента (НБК) – «Саркофага-2». Тому для компенсації втрат 10-х наземних пунктів при реконструкції мережі 2005 р. (рис. 8.4) 6 пунктів (GPS-10, GPS-12, GPS-18, GPS-19, GPS-20, GPS-21) із 18-ти довелося розмістити на плоских дахах будівель та споруд заввишки від 3 до 22 м. Зауважимо, що всі пункти мережі на ОУ виготовляються у формі пірамідального або трубчастого інструментального столика для примусового центрування геодезичних приладів (незалежно від розряду побудови).

Якщо у 1987 р. мережа була дворозрядною (спостережувальні пункти НП і допоміжні точки ВТ), то під час всіх реконструкцій, починаючи з 1996 р., завжди будувалася каркасна GPS-мережа, в яку вставлялися пункти типу НП і ВТ методом тріангуляції. Основна причина такої трирозрядної побудови – розміщення пунктів типу НП у спеціальному будиночку з вікнами та дахом, який не дозволяє розміщувати GPS-антену над пілоном геодезичного знака. Тільки під час останньої реконструкції (2005 р.) на пункті НП-6 було демонтовано будиночок і обладнано знак для GPS-спостережень, якому

відведена роль основного базового пункту геодезичної мережі ОУ. Треба особливо підкреслити, що застосування GPS-методу суттєво покращило структуру геодезичної мережі за рахунок «космічного» з'єднання пунктів північної та південної частин мережі, між якими не забезпечувався надійний конструктивний зв'язок при вимірюванні методом триангуляції.

Нівелірна мережа, яка включає 13 глибинних, фундаментальний та 8 стінних реперів і марок, не зазнала істотних змін, за винятком двох реперів, які потрапили в зону будівельних робіт і підлягають демонтажу. Мережу створено нівелюванням I класу точності, яка характеризується такими СКП вимірювання: перевищення на станції 0,10 мм, положення вузлової точки 0,30 мм і нівелювання на 1 км ходу 0,54 мм. Згущення мережі ведеться нівелюванням II класу, яке включає і визначення осідань контрольних реперів, закладених у цоколях будівель та споруд, зокрема і ОУ.

ДНВП «Укрінжгеодезія» – постійний виконавець інженерно-геодезичних робіт на ОУ – використовує для GPS-вимірювань одно- і двочастотні приймачі 4600 LS, 4000 SSE, 5700 і 5800 фірми «Trimble», для триангуляції – електронний тахеометр TC 1800 фірми «Leica», для прецизійного нівелювання – цифрові нівеліри NA 3003 фірми «Leica» і DiNi ЮТ фірми «Zeiss».

У реконструйованій GPS-мережі 2005 р. з максимальним, середнім і мінімальним векторами відповідно 723, 361 та 67 м СКП її елементів становлять: визначення координат – 1,4 мм та 1,1 мм, положення пункту – 1,8 мм, довжини вектора – 1,2 мм, азимута – 1,4", а відносні похибки відповідно 1:528 000, 1:323 000 і 1:53 000.

Координати пунктів планової мережі та контрольних марок даються в умовній системі – будівельної сітки АБ, позначки реперів і контрольних марок – у Балтійській системі 1977 р. та умовній (відносно рівня підлоги 1-го поверху ОУ).

Щорічно (перед виконанням весняних циклів спостережень) GPS-методом контролюється стабільність пунктів головної планової мережі та нівелюванням I класу – висотної. За вихідні приймається основна сторона GPS-

мережі НІІ-6-GPS-22 та позначки глибинних реперів.

У кожному циклі спостережень, тобто чотири рази на рік, визначається висотне положення 15-ти контрольних реперів, закладених у цоколях та фундаментах ОУ і прилеглих до нього споруд, а також просторове положення 33-х контрольних марок, закріплених на стінах, фронтонах, балках перекриття центрального залу і даху верхніх ярусів на умовних позначках від 9 до 71 м.

Висотне положення контрольних реперів визначається із нівелювання І та ІІ класів, а просторове положення контрольних марок верхніх ярусів ОУ – просторовими кутковими засічками з пунктів планової геодезичної мережі, позначки яких визначаються із прецизійного нівелювання (переважно І класу).

З початку 2006 р. до цих марок долучено 8 контрольних реперів, розташованих на фундаментах двох веж заввишки 61 м, призначених для розвантаження балок перекриття над центральним залом зруйнованого реактора, і 4 контрольних марки самих веж та їх консольних ферм. Загальна точність спостережень і визначення просторового положення контрольних марок за 5 років характеризується такими СКП: вимірювання напрямку горизонтального кута – 0,63" і зенітного – 0,72", визначення довжини сторони засічки – 1,1 мм, планового і висотного положення марки – 1,27 м і 0,96 м, при цьому похибка визначення дахових марок на 30 % більша, ніж стінних.

Інженерно-геодезичними вимірюваннями впродовж 25-ти років локалізовано місце і дано кількісну характеристику прояву деформаційних зміщень, які обумовлені змінами у природному середовищі та конструкціях споруди. Встановлено, що від початку моніторингу осідання окремих конструкцій ОУ сягають 40 мм, а зміни крену – 25 мм, тоді як осідання прилеглих до нього споруд за той же період становлять усього 10 мм. Схему розташування контрольних марок ОУ з векторами осідань і горизонтальних зміщень зображено на рисунку 8.5.

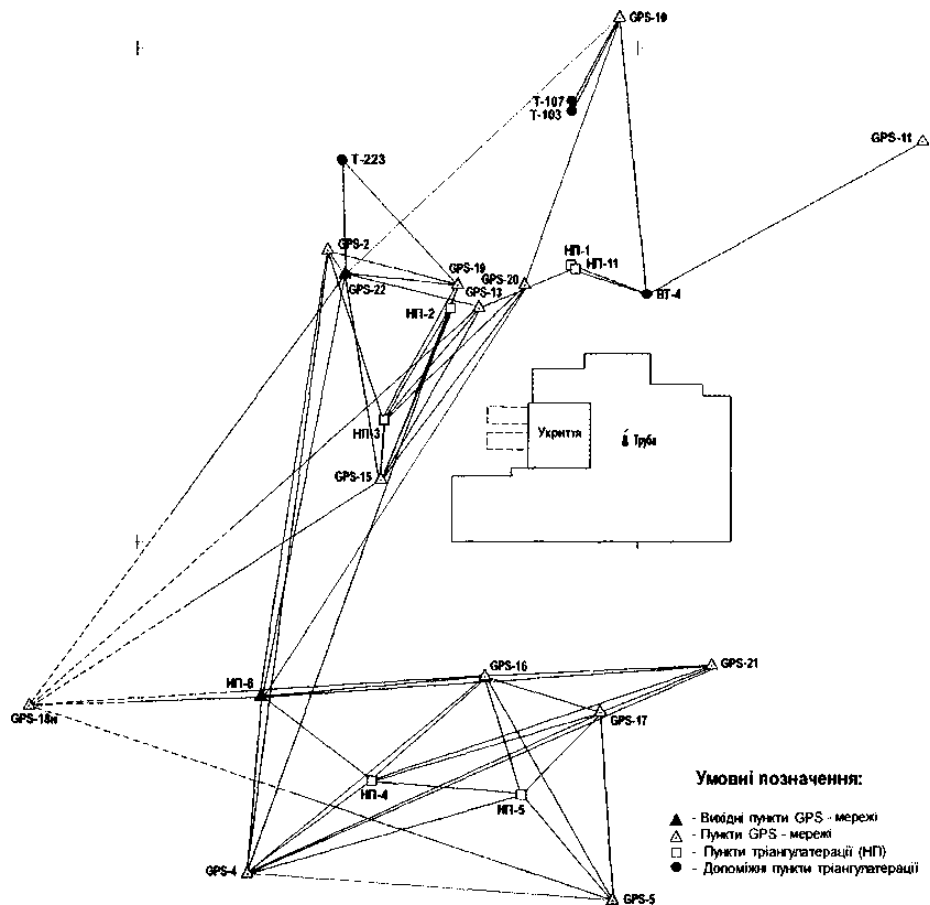


Рисунок 8.4 – Схема головної опорної геодезичної мережі та триангуляції ОУ

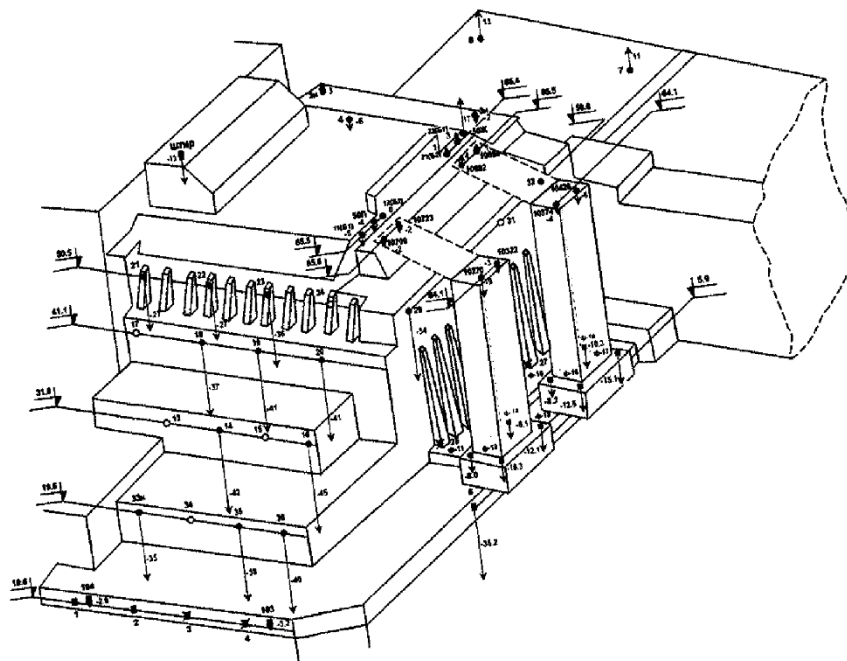


Рисунок 8.5 – Схема розташування контрольних марок ОУ з векторами осідань і горизонтальних зміщень

Крім спостережень за деформаційними зміщеннями зовнішніх конструкцій, ДНВП «Укрінжгеодезія» проводить вимірювання для визначення горизонтальних зміщень залізобетонних колон деаераторної етажерки (ДЕ), які внаслідок вибуху реактора отримали значні (до 1500 мм) відхилення від вертикалі, але ґрунтовно укріплені металокопструкціями. Для визначення планових координат контрольних марок на колонах з допустимою похибкою до 3,5 мм у приміщенні ДЕ побудовано внутрішню триангуляційну мережу (ВТМ) із 9-ти пунктів консольного типу, укріплених на колонах і стінах. Середня довжина сторони ВТМ становить 32 м. Стабільність пунктів контролюється з пунктів зовнішньої геодезичної мережі ОУ.

Планове положення контрольних марок колон визначається методами прямокутних координат від створу та прямою кутовою засічкою. Горизонтальні та вертикальні кути вимірюються з похибкою до 15", а відстані – до 2 мм.

За результатами вимірювань у циклах обчислюються координати контрольних марок, горизонтальні зміщення верху колон та відстежується динаміка їх змін. За вісім років спостережень середня зміна крену колон становить 7 мм, максимальна –17 мм (відносні значення кренів 1:2 000 і 1:850). За даними вимірювань оцінюється стабільність конструкцій і встановлюється необхідність їх зміцнення.

8.3 Інженерно-геодезичний моніторинг мостів

У процесі зведення та експлуатації мостових опор і пілонів, балок і арок виникають деформаційні вертикальні та горизонтальні зміщення, спричинені осіданням основ, нерівномірністю навантаження на конструкції, впливом температури тощо. Для вимірювання деформаційних зміщень на несних конструкціях закладають або фіксують контрольні марки, зокрема: 1) на мостових опорах (не менше трьох), а на пілонах, крім опорної частини, – не менше двох марок на кожному ярусі (через 20–30 м по висоті); 2) на верхній частині балок – по дві в кожному поперечнику (через 15–20 м), 3) на балках

жорсткості підвісних мостів – у точках закріплення анкерів вант внизу і до арки або пілона вверху тощо. Марки закріплюють стінними реперами на опорах (пілонах), плитними (сферичними кульками) – на балках, плоскими візирними марками (катафотовими плівками, трипель-призмами кругового огляду) на пілонах. Верхніми контрольними марками на арці служать випуски анкерних труб.

Позначки нижніх марок визначають геометричним нівелюванням II класу точності з прив'язуванням ходів до берегових пунктів, а верхні – точним тригонометричним нівелюванням із пунктів мостової триангуляції. У літній час для зменшення впливу температурної деформації конструкцій на результати нівелювання його слід проводити вранці через годину після сходу сонця впродовж не більше 2-3 годин. Для відстежування деформаційних процесів арок під час експлуатації мосту на їхніх вершинах доцільно встановити по одному GPS-приймачу, організувавши неперервний зв'язок з базовою станцією для вибіркової реєстрації векторів відхилень, величини яких перевищують допуск.

За результатами нівелювання верхніх і нижніх контрольних марок складається загальна відомість їх позначок і різниць, за якими із врахуванням геометричних параметрів вузла кріплення каната відстежується довжина вектора вертикальної деформації канатів і правильність розподілу на них мостових навантажень. Гранична похибка різниць позначок не повинна перевищувати 10 мм, яка визначає рівень допустимих похибок визначення позначок верхніх і нижніх марок – відповідно 8 мм і 4 мм. Перша вимога задовольняється при вимірюванні горизонтальних і вертикальних кутів та довжин ліній у засічках марок, а друга – при прокладанні нівелірного ходу II класу точності завдовжки до 1 км, що відповідає умовам виконання вимірювань на будівельному майданчику. Зауважимо, що при визначенні планового й висотного положення можливі значні відхилення координат і позначок контрольних марок, спричинених впливом температурної деформації.

8.4 Інженерно-геодезичний моніторинг ГЕС

На ріках України побудовано багато гідроелектростанцій, які потребують системного моніторингу. Особливу увагу приділяють великим ГЕС, зведеним на Дніпрі та Дністрі (Дніпровська, Каховська, Дніпродзержинська, Кременчуцька, Канівська, Київська, Дністровська). Для спостережень за деформаційними процесами на ГЕС контрольні марки і репери закладаються переважно в бетонній водозливній, земляній русловій та прибережній греблях, будівлі ГЕС, шлюзових камерах тощо. Досвід свідчить, що греблі й дамби дуже чутливі до змін рівня води водосховища з боку верхнього б'єфу (зміна горизонтальних зміщень 10 мм).

На Кременчуцькій ГЕС контрольні марки закладені в місцях розташування контрольної-вимірювальної апаратури, на бичках водозливної греблі та обабіч температурних швів. Для визначення деформаційних зміщень на території гідровузла створено GPS-мережу із 21-го пункту. Вимірювання на пунктах велися 5-ма приймачами 4000 SSE і 4600 LS фірми «Trimble». Базисні пункти визначалися сесіями впродовж 8-ми годин, а звичайні – по 4 години. Точність вимірів характеризується такими скп: взаємного положення пунктів – 2,4 мм, довжини сторони – 1:100 000, азимута – 0,5".

Висотна геодезична мережа включала 8 полігонів I класу загальною протяжністю 24 км, у тому числі 10,5 км паралельних ходів по греблі, в яких одночасно (за можливості) нівелювалися контрольні марки. Нівелювання виконувалося цифровим нівеліром NA 3003 фірми «Leica» у прямому та зворотному напрямках. Максимальна нев'язка становила 0,7 мм при допуску 2,4 мм. За даними врівноваження мережі СКП становлять: 1,3 мм – на 1 км ходу; 0,3 мм – на станції та 1,8 мм – положення найслабшого репера ходу. За результатами вимірювань визначено величини горизонтальних і вертикальних зміщень контрольних марок, виконано їх порівняння з аналогічними даними, отриманими в попередніх циклах за 40 років експлуатації ГЕС.

У найближчій перспективі на таких відповідальних об'єктах, як греблі

ГЕС, доцільно створювати систему автоматичного моніторингу деформацій з використанням GPS-методу (RTK), розгалуженої мережі високоточних інклінометрів (до 1") і передачі даних у центр опрацювання та аналізу даних спостережень.

Проблема економії енергоресурсів спонукала до будівництва гідроакумулювальних електростанцій (ГАЕС), основними спорудами яких є верховий водозбірний басейн, зливна гребля, машинний зал та система нахилених напірних трубопроводів.

На Київській ГАЕС басейн розміщено на висоті понад 60 м над рівнем водосховища ГЕС, а у машзалі встановлено 6 агрегатів загальною потужністю 225 МВт. Розташування споруди в яружній зоні правого берега Дніпра, де раніше спостерігалися зсувні явища, вимагає ретельного вивчення деформаційних процесів. Тому моніторингові інженерно-геодезичні роботи включали побудову планової геодезичної мережі на території станції та її прив'язування до 4-х сторчакових висків типу СОВМ-2 з якорями на дні свердловин, пробурених до твердих геологічних порід. Нівелірна мережа I класу опирається на два «кущі» глибинних реперів.

Вимірювання в мережах виконувалися електронним тахеометром TC 1800 фірми «Leica» і цифровим нівеліром DiNi ЮТ фірми «Zeiss» у квітні-травні впродовж двох років.

У результаті горизонтальні та вертикальні зміщення контрольних марок, розташованих на шістьох сталевих нахилених трубопроводах, парапетах, підпірних стінках відвідного каналу та інших об'єктах, виявилися не більшими за 2 мм, що підтвердило не тільки стабільність споруд і конструкцій ГАЕС упродовж року, але й дозволило прийняти важливе рішення про усереднення координат пунктів мережі для їх використання в подальших циклічних спостереженнях.

Останнім часом у практику моніторингових спостережень на ГЕС починають впроваджуватися GPS-вимірювання у комбінації з електронними тахеометрами. У 2010 р. лабораторія Національного університету «Львівська

політехніка» під керівництвом проф. К. Р. Третяка виконала комплексні геодезичні спостереження на греблі Дніпровської ГЕС, які включали високоточні GPS-вимірювання 2-частотними приймачами та лінійно-кутові вимірювання тахеометром TPS-1201 Leica. СКП визначення координат пунктів не перевищувала 2 мм. З метою оперативного вимірювання впроваджується автоматизована система контролю (АСК) деформаційних процесів на інженерних спорудах.

АСК становить інтегрований комплекс перманентної геодезичної інфраструктури, яка складається з двох груп опорних геодезичних пунктів (основних і допоміжних). На пунктах основної мережі встановлюються прецизійні GPS-приймачі з трипель-призмами кругового огляду або роботизовані електронні тахеометри; на допоміжних, що розміщені на горизонтальних майданчиках, – GPS-приймачі або рефлекторні призми кругового огляду, а на контрольних марках, вибраних на вертикальних або похилих стінах споруд, – звичайні трипель-призми.

Роботизованими тахеометрами неперервно вимірюють горизонтальні й вертикальні кути, а також відстані до опорних пунктів двох категорій. Усі дані вимірювань за допомогою різних засобів зв'язку передаються в режимі реального часу в центр опрацювання інформації, в який через мережу Інтернет надходять дані GPS-вимірювань з найближчих перманентних станцій основної (державної) мережі. Результати вимірювань опрацьовуються у центрі. Таким чином, опорна мережа GPS-приймачів задає на території гідровузла координатну систему, незалежну від локальних геодинамічних деформацій. Інтеграція лінійно-кутових і GPS-вимірювань дозволяє в режимі реального часу вести неперервний контроль основної геодезичної мережі і визначати реальні зміщення допоміжних пунктів мережі.

На опорних пунктах мереж використовуються приймачі Leica GMX 902 GG, які розроблені спеціально для моніторингу інженерних споруд. Вони інтегруються в систему моніторингу і дистанційно управляються за допомогою програмного забезпечення GNSS Spidero Leica. Цим приймачем визначаються

миттєві зміщення або високочастотні коливання споруди, оскільки частота вимірювань координат пункту може становити 0,05 с. Він може одночасно приймати сигнали на двох частотах від 14-ти супутників системи. Приймач працює з прецизійними антенами Leica AX1202 GG або AT504 GG. Система може працювати і в комбінації з пристроями зв'язку (GSM-модемами) для передачі даних у реальному часі до центру опрацювання інформації.

АСК, доповнена прецизійними двоосьовими оптоелектронними датчиками нахилу Nivel 210, дозволяє вимірювати в режимі реального часу добові періодичні коливання пілонів гребель, які зумовлені їх нерівномірним сонячним нагріванням. Реєстрація даних ведеться з частотою 0,3 с. Одночасно з кутами нахилу датчик фіксує зміни температури. Похибка визначення кутів нахилу 0,2".

Лінійно-кутові вимірювання на пунктах опорної мережі ведуться високоточними автоматизованими тахеометрами TS30 Leica (похибка вимірювання кутів 0,5", відстаней – 0,6 мм + 1 мм/км). Тахеометр обладнано системою пошуку цілі, наведення та стеження за рефлектором. Швидкість обертання зорової труби 180 %, кількість вимірів 5 000 за секунду. За сприятливих атмосферних умов дальність дії тахеометра сягає 12 км. Опрацювання результатів вимірювань, їх інтегрування і аналіз ведеться програмним забезпеченням GeoMoS, яке управляє даними, накопичує зібрану інформацію і може оперативно повідомляти по мобільному телефону або через Інтернет відповідні служби про критичні значення деформаційних зміщень.

У закритих приміщеннях, у потерні греблі вимірювання ведуться методами електроної тахеометрії або створів у комбінації з геометричним або тригонометричним нівелюванням. Вектори зміщень контрольних марок проєктують на осі споруд. В аркових греблях один із векторів орієнтують по радіусу, а другий – по нормалі до нього.

Моніторинг ГЕС включає обстеження підводної частини гребель, зокрема контроль стану бетонних конструкцій фундаментів, ґрунту та рельєфу дна в прилеглий до греблі акваторії. Для дистанційного обстеження конструкцій

використовують гідроакустичні системи, ультразвукові прилади бокового огляду, фотовідеоапарати, якими знімають дефектні ділянки конструкцій. Отримані знімки прив'язують до осей биків греблі за допомогою опущених струнних висків з GPS-прив'язкою. За отриманими знімками складають профіль підводної частини греблі, оцінюють її стан і розробляють план ремонтних робіт.

Підводні апарати типу LBV Seabotix масою 10–13 кг обладнано системою дистанційного керування, запису і передачі інформації на судно. Діапазон вимірювань глибин від 150 м до 500 м. Апарат також має компас, глибиномір, систему автоматичного утримання курсу, гідролокатор бокового огляду, ультразвуковий товщиномір, контрольні датчики.

Обстеження рельєфу ведуть вимірюванням глибин за допомогою ехолота з прив'язуванням промірних точок тахеометром або GPS-приладами. Останні особливо ефективні тоді, коли обстеження в нижньому б'єфі ведуть на тихій воді у нічний час (при виключених гідротурбінах). За виміряними глибинами складають план рельєфу дна з відображенням його макро- і мікроформ, вимоїн, наносів тощо.

ВИСНОВОК

Отримані знання і практичні навички, отримані за цей курс, готують майбутніх фахівців до успішної роботи в галузі інженерно-геодезичного проєктування та моніторингу інфраструктурних об'єктів.

Знання, набуті під час вивчення загальних відомостей про інженерно-геодезичні вишукування та геодезичні роботи перед будівництвом, дадуть можливість студентам розуміти та ефективно впроваджувати технології забезпечення будівельних проєктів від початку до завершення.

Спеціальна увага до геодезичного супроводу геологічних і гідрологічних вишукувань перед будівництвом надає студентам важливі інструменти для аналізу та розуміння геодезичних аспектів у геотехнічних роботах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пеньков В. О. Геодезія (модуль 4 «Інженерна геодезія») [Електрон. ресурс] : конспект лекцій для бакалаврів спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій / В. О. Пеньков ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Електрон. текст. дані. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 95 с. – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/52188/>, вільний (дата звернення: 20.03.2024). – Назва з екрана.
2. Геодезичне забезпечення будівництва. Частина 2 : навч. посіб. / Г. С. Ратушняк, О. Д. Панкевич, Ю. С. Бікс, Т. Ю. Вовк. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 99 с.
3. Бачишин Б Д. Інженерна геодезія : навч. посіб. / Б. Д. Бачишин. – Рівне : НУВГП, 2020. – 196 с.
4. Баран П. І. Інженерна геодезія : монографія / П. І. Баран. – Київ : ВПОЛ, 2012. – 618 с.
5. Кухар М. А. Створення та реконструкція локальних геодезичних мереж [Електрон. ресурс] : конспект лекцій для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій / М. А. Кухар, Л. О. Маслій ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Електрон. текст. дані. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 109 с. – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/63583/>, вільний (дата звернення: 20.03.2024). – Назва з екрана.

Електронне навчальне видання

КУХАР Максим Анатолійович

**ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА
І ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ МІСЬКОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій)

Відповідальний за випуск *К. А. Мамонов*

Редактор *М. О. Гаман*

Комп'ютерне верстання *М. А. Кухар*

План 2023, поз. 10Л

Підп. до друку 13.02.2024. Формат 60 × 84/16.

Ум. друк. арк. 5,8.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: office@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.