КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Геоінформаційних систем і управління територіями
(факультет)
Інженерної геодезії
(кафедра)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ ____бакалавр_____
(бакалавр, магістр)

на тему: «Геодезичні роботи при зведенні каркасно-панельного будинку»

_____Васильчук Іван Сергійович_____

(прізвище, ім’я та по батькові здобувача повністю)

Київ – 2025

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____
„___” _____2025 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ ____бакалавр_____
(бакалавр, магістр)

«Геодезичні роботи при зведенні каркасно-панельного будинку»

Здобувач: Васильчук Іван Сергійович_____
Спеціальність: 193 «Геодезія та землеустрій»
група: зГД-20_____
Керівник: старший викладач Шудра Н.С.___

Київ - 2025р.

Зміст

Вступ.....3

1. Геодезичні роботи в каркасно-панельному будівництві..... 6

1.1 Склад геодезичних робіт при проектуванні та зведенні каркасно-панельних будівель..... 6

1.2 Комплекс інженерно-геодезичних вишукувань.....9

1.3 Геодезичний контроль та виконавчі зйомки..... 17

1.4 Нормативні вимоги до точності виробництва геодезичних робіт.....19

2.Геодезичні роботи на будівельному майданчику..... 27

2.1 Фізико-географічний опис району досліджень..... 27

2.2 Створення геодезичної основи.....27

2.3 Підготовчі роботі до будівництва.....28

2.4 Геодезичні роботи нульового циклу..... 30

2.5 Зведення будинку..... 40

2.6 Спостереження за деформаціями будинку..... 47

3.Автоматизація геодезичного виробництва..... 59

3.1 Системи автоматизованого проектування..... 59

3.2 Застосування електронних тахеометрів..... 60

3.3 Методи визначення координат точок в розмічувальних роботах у будівництві.....65

3.4 Організація геодезичних робіт.....80

4. Техніка безпеки при виконанні геодезичних робіт.....82

Висновок..... 96

Графічні матеріали..... 98

Список використаної літератури..... 109

Вступ

Сучасний рівень розвитку промислового та громадського будівництва зумовлює необхідність виконання широкого спектру геодезичних робіт. Ці роботи розпочинаються ще на етапі вишукувань, під час якого здійснюється вивчення топографічних особливостей району, де планується будівництво, тривають на стадії проєктування та виконання розбивочних робіт, супроводжують зведення об’єктів відповідно до проєктної документації і, в багатьох випадках, завершуються контролем за деформаціями вже збудованих споруд.

Комплекс геодезичних робіт, що виконується на різних етапах будівництва, має різне функціональне навантаження, і тому потребує як точного проведення польових вимірювань, так і ретельної обробки отриманих результатів.

Ця дипломна робота присвячена аналізу й опису методики виконання геодезичних робіт при будівництві каркасно-панельного будинку. Об’єкт дослідження — житловий будинок, що зводиться в селі Софіївська Борщагівка, за адресою: вул. Сагайдачного, будинок 10.

Вибір теми дипломного проєкту обумовлений актуальністю ефективних підходів до вирішення геодезичних завдань на будівельному майданчику при спорудженні каркасно-панельних конструкцій.

Мета і завдання дослідження. Метою цієї роботи є вивчення, аналіз та обґрунтування оптимальних методів виконання геодезичних робіт у процесі будівництва.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- зібрати вихідні дані щодо будівельного майданчика, рельєфу місцевості та існуючої ситуації;
- оцінити обсяги геодезичних та будівельних робіт;
- визначити етапи будівництва та підібрати відповідні геодезичні методи для кожного з них;

- обґрунтувати вибір методів вимірювань і сформувати перелік необхідного геодезичного обладнання;

- побудувати та виконати розрахунок тривимірної моделі майбутньої споруди;

- сформувати та описати алгоритми виконання розбивочних геодезичних робіт;

- розглянути вимоги з техніки безпеки при виконанні геодезичних робіт на будівельному майданчику, а також провести розрахунки освітлення робочого місця під час камеральної обробки даних.

Перший розділ дипломної роботи присвячений загальним питанням проєктування та зведення інженерних споруд. Тут розглядається структура геодезичного супроводу будівництва, питання інженерно-геодезичних вишукувань і здійснення геодезичного контролю.

У другому розділі подано загальну характеристику об’єкта будівництва, описано фізико-географічні умови району виконання робіт, наведено схему планувальної організації земельної ділянки та проєктну візуалізацію споруди.

Третій розділ зосереджений на використанні систем автоматизованого проєктування та дослідженні методики виконання геодезичних робіт із застосуванням електронного тахеометра, а також обладнання для вертикального проєктування. Проведено експериментальне порівняння ефективності електронного тахеометра з традиційними геодезичними інструментами (теодоліт 2Т2 і світловіддалемір 2СТ-10), при однаковому обсязі виконаних робіт. На основі аналізу визначено переваги тахеометра за критеріями швидкості та продуктивності. Окрему увагу приділено методам виконання розбивочних робіт з розрахунком їх точності.

Комплексне розкриття зазначених питань дозволяє оптимізувати часові та матеріальні витрати, підвищити ефективність виконання робіт, що є надзвичайно важливим за умов високих темпів сучасного будівництва.

У наступних частинах роботи розглядаються організаційні питання геодезичного забезпечення, а також викладено вимоги до техніки безпеки як

під час польових вимірювань, так і при камеральній обробці геодезичної інформації.

1 Геодезичні роботив каркасно-панельному будівництві

1.1 Склад геодезичних робіт при проектуванні та зведеннікаркасно-панельних будівель.

Геодезичне забезпечення в будівництві — це сукупність технічних, організаційних і технологічних заходів, спрямованих на гарантування просторової точності будівель та споруд відповідно до вимог проєктної документації та чинних нормативів.

До складу інженерно-геодезичних робіт, що супроводжують спорудження інженерних об'єктів, входять:

- формування геодезичної планово-висотної основи;

- виконання розбивочних геодезичних робіт під час будівництва;

- здійснення геодезичного контролю за точністю будівельно-монтажних процесів;

- проведення спостережень за зміщеннями та деформаціями конструкцій у ході будівництва.

Ці завдання реалізуються поетапно, згідно з хронологією будівельного процесу — від ухвалення рішення щодо спорудження об'єкта до його введення в експлуатацію.

Виділяються такі ключові етапи виконання геодезичних робіт:

а) Вибір ділянки для будівництва.
На цьому етапі здійснюється:

- збір, аналіз та систематизація картографічних і геодезичних матеріалів;
- отримання топографічних планів великого масштабу;
- уточнення параметрів наявної геодезичної мережі;
- прив’язка проєктованого об'єкта до реального положення на місцевості.

б) Проєктування будівництва.
Включає:

1. топографо-геодезичні вишукування, що забезпечують інформацію про рельєф і ситуацію для проєктування;
2. геодезичну підтримку інших видів вишукувань (геологічних, економічних тощо);
3. формування вихідних геоданих для проєктувальників.

в) Виготовлення будівельних конструкцій.

- контроль геометричних характеристик конструктивних елементів;
- статистичний аналіз точності виготовлених конструкцій.

г) Підготовчі роботи.

- створення розбивочної геодезичної основи;
- підготовка території (планування, прокладення комунікацій, облаштування доріг);
- винесення в натуру основних і головних осей споруди.

д) Основний будівельний період.

- винесення в натуру конструктивних осей;
- геодезичне супроводження робіт при зведенні підземних і надземних частин;
- виконавча зйомка після завершення монтажу;
- підготовка відповідної виконавчої документації.

е) Завершення будівництва.

- складання технічного звіту за результатами геодезичних спостережень;
- оформлення виконавчого генерального плану, розрізів, профілів та інших технічних документів.
- Геодезичне супроводження є складовою будівельного процесу, його етапи узгоджуються з графіком проведення загальнобудівельних, монтажних та спеціалізованих робіт.

- У межах будівельного майданчика виконуються такі види геодезичних робіт:
- а) Формування геодезичної розмічувальної мережі.
  Це передбачає створення мережі для винесення в натуру головних осей будівель та споруд, як на майданчику, так і за його межами.
- б) Побудова зовнішньої розмічувальної мережі.
  Забезпечує детальне розмічування осей для монтажу фундаментів та конструкцій, виконавчу зйомку й контроль деформацій.
- в) Розмічування тимчасових об’єктів.
  Це стосується лінійних об'єктів, допоміжних споруд, тимчасових приміщень тощо.
- г) Формування внутрішньої розмічувальної мережі.
  Використовується на монтажних горизонтах при зведенні надземних частин, забезпечує точність внутрішнього розмічування.
- д) Геодезичне забезпечення монтажу технологічного обладнання.
- е) Контроль геометрії.
  Здійснюється вимірювання точності елементів споруди, формування виконавчих схем та документації.
- ж) Моніторинг деформацій.
  Передбачає спостереження за змінами геометрії фундаментів, конструкцій і сусідніх інфраструктурних об’єктів згідно з вимогами проєкту, нагляду або контролюючих органів.
- Для об'єктів I–III категорії складності (відповідно до ДБН А.2.2-3), проєктна документація має містити геодезичну частину ПОР (проєкту організації робіт). Для великих і складних об'єктів (категорії IV–V), зокрема висотних або експериментальних будівель, обов’язковою є розробка ПВГР (проєкту виконання геодезичних робіт) та проєктів моніторингу — за процедурою, передбаченою для ПВР (проєктів виконання робіт).

1.2 Комплекс інженерно-геодезичних вишукувань

Створення опорної геодезичної мережі

Комплекс інженерно-геодезичних вишукувань при проєктуванні об’єкта. Інженерно-геодезичні вишукування відіграють ключову роль серед усіх типів інженерних досліджень, що виконуються на етапах проєктування та спорудження нових об’єктів. Вони є обов’язковими для всіх видів будівництва та заходів щодо інженерного захисту територій.

Результати цих вишукувань формують основу для проведення інших інженерних досліджень. Саме від точності визначення просторових координат і висот пунктів геодезичної опорної мережі, а також якості побудови цифрової моделі місцевості (ЦММ), залежить достовірність результатів таких видів вишукувань, як інженерно-геологічні, інженерно-екологічні, гідрометеорологічні та технічні.

Опорна геодезична мережа, яка створюється на території будівництва, виконує кілька важливих функцій:

- забезпечення бази для винесення в натуру осей, висотних відміток та інших просторових параметрів споруд;
- слугування основою для проведення виконавчих зйомок під час реалізації будівельних робіт.

Крім того, така мережа може бути застосована для моніторингу деформацій конструкцій та змін поверхні землі як у період активного будівництва, так і після введення об’єкта в експлуатацію. Зазвичай геодезичні пункти закріплюються спеціальними знаками, що фіксують їх положення на місцевості та гарантують відтворюваність вимірювань із необхідною точністю на всіх етапах будівництва.

Створення геодезичної основи для будівництва має враховувати низку факторів:

- забезпечення надійності, збереження і довговічності знаків, що фіксують пункти розбивочної мережі;
- відповідність геометричної схеми мережі як існуючій, так і проєктній забудові та інженерним комунікаціям на майданчику;
- вплив геологічних умов, температурних коливань, динамічних і антропогенних чинників, які можуть негативно позначитися на стабільності пунктів;
- можливість подальшого використання геодезичної мережі при експлуатації, розширенні або реконструкції збудованого об’єкта[12].

Топографічна зйомка

На території будівельного майданчика було виконано детальну топографічну зйомку ділянки у масштабі 1:500 з висотним розрізом рельєфу через 0,5 метра. Для отримання висотних характеристик застосовувався метод тригонометричного нівелювання, а планові координати визначались полярним способом. Польові вимірювання здійснювалися з використанням електронного тахеометра **NIKON NPL 332**. Під час виконання зйомки вели абрис станцій, який був оформлений згідно з вимогами із застосуванням умовних позначень та супровідних підписів.

Для обробки отриманих польових матеріалів використовувалося програмне забезпечення **"CREDO-DAT"**, яке забезпечило обчислення і зрівнювання результатів вимірювань. Візуалізація топографічного плану та його оформлення здійснювались у середовищі **"CREDO-TER"**.

Обробка планово-висотного геодезичного обґрунтування у програмному комплексі **Credo** включала такі етапи:

- виконання розрахунків напрямків, горизонтального прокладання та перевищень на основі середньозважених значень відліків;

- перевірка дотримання допусків точності, встановлених для відповідного класу геодезичної мережі, а також обчислення вертикальних кутів і перевищень;
- урахування введених поправок, отриманих під час вимірювань, із їх подальшим застосуванням в обчисленнях;
- формування скорочених (редукованих) величин довжин, напрямків і перевищень, які підлягають зрівнюванню;
- визначення попередніх координат пунктів опорної мережі, виявлення надлишкових вимірювань і побудова топологічної структури геодезичної мережі.

Закріплення пунктів опорно-геодезичного обґрунтування

Геодезичну розмічувальну мережу необхідно закріплювати центрами геодезичних пунктів із прив’язкою до елементів опорної геодезичної мережі. Це забезпечує точне просторове розташування об'єкта (будівлі або споруди) на місцевості та дозволяє надалі здійснювати побудови і вимірювання з мінімальними витратами часу і ресурсів, гарантуючи необхідний рівень точності. Зазвичай пункти планової та висотної частин геодезичної мережі об'єднують у єдину систему.

Створення геодезичної розмічувальної мережі повинно здійснюватися відповідно до затвердженого проєкту або за розмічувальним кресленням.

При побудові такої мережі слід враховувати низку важливих чинників, зокрема:

- конфігурацію та фактичне розташування існуючих і проєктованих будівель, споруд і інженерних мереж на території будівництва;
- гарантування збереження і стабільності реперів і знаків, що фіксують пункти мережі;

- наявність геологічних, кліматичних, температурних, динамічних та інших природних і техногенних факторів, що можуть негативно впливати на точність і довговічність мережі;
- можливість використання розмічувальної мережі не лише під час будівництва, а й у період експлуатації, реконструкції або розширення об'єкта.

У разі тривалого будівництва, що перевищує 0,5 року (як у нашому випадку), пункти зовнішньої геодезичної розмічувальної мережі повинні закріплюватися спеціальним чином, що демонструється на рисунку 1.

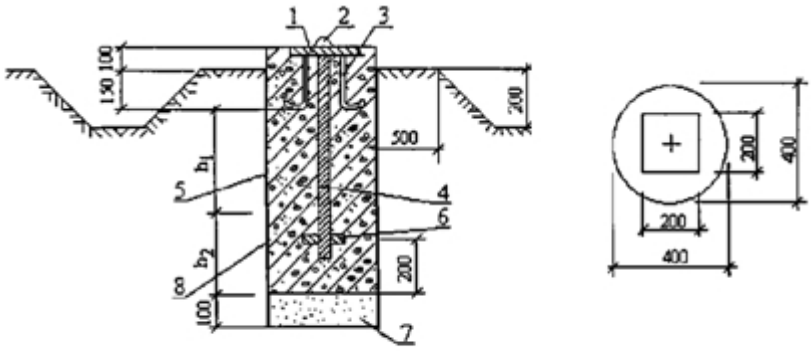


Рис. 1 – Закріплення зовнішньої геодезичної розмічувальної мережі будинків (споруд) з тривалістю будівництва більше ніж 0,5 року

1 – металева пластина розміром 200 мм × 200 мм × 15 мм; 2 – заклепка із металу; 3 – анкер діаметром 15 мм; 4 – металева труба діаметром від 50до 70 мм; 5 – бетон класів В7,5-В12,5; 6 – якір; 7 – пісок; 8 – два шари руберойду РЧ = 320; h_1 – відповідає найбільшій глибині промерзання ґрунту; h_2 – визначається відповідно до таблиці 1 .

Таблиця 1 – Глубин закладання геодезичних пунктів

Ґрунт	Значення величини h_2 при глибині								
	h_1	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Піщаний	h_2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7

Суглинистий		0,6	0,9	1,1	1,4	1,6	1,8	2,0	2,1

Огорожа пункта виконується відповідно до рис.2 .

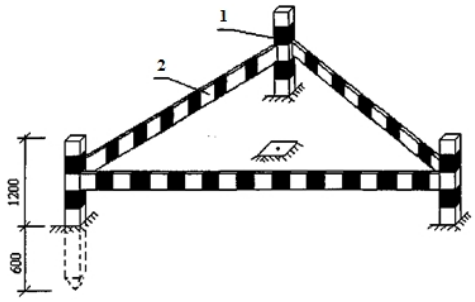


Рис. 2 – огорожа пункта зовнішньої геодезичної розмічувальної мережі.

1 – дерев'яний стовп розміром 1800 мм х 80 мм х 80 мм або металева труба діаметром від 30 до 50 мм; 2 – дошка розміром 1500 мм × 80 мм × 20 мм або металевий кутник розміром 25 мм × 25 мм × 2 мм.[16]

Підземні інженерні комунікації

Зйомка підземних комунікацій виконується з метою створення спеціалізованих планів, які відображають фактичне просторове розташування мереж на заданій території. Такі плани використовуються як для технічної інвентаризації інженерних мереж у процесі їх експлуатації, так і для вирішення проєктних завдань при новому будівництві або реконструкції існуючих споруд.

Процедура зйомки умовно поділяється на два основні етапи:
1. Підготовчий етап включає:

- рекогносцировку території з метою виявлення існуючих мереж;
- збирання технічних характеристик — кількість прокладок, наявність оглядових колодязів, діаметри труб, матеріали, робочий тиск у газових трубопроводах, рівні напруги в електрокабельних мережах тощо;
- створення або уточнення планово-висотного геодезичного обґрунтування зйомки (за відсутності достатньої кількості існуючих опорних пунктів).

2. Знімальний етап передбачає безпосереднє визначення просторового положення підземних комунікацій. У випадках, коли відсутня виконавча документація на мережі, їхнє розташування визначають за допомогою шурфування — риття контрольних траншей (шурфів) поперек передбачуваного напрямку прокладки. Відстань між шурфами підбирається так, щоб забезпечити надійне виявлення всіх трубопроводів і кабельних ліній.

Для більш точної локалізації інженерних комунікацій широко застосовуються індуктивні прилади — так звані трубо- та кабелешукачі, які дозволяють визначати положення елементів мережі без необхідності порушення ґрунту.

Основою для складання виконавчих креслень збудованих підземних комунікацій служать:

- копії погодженого проєкту у масштабі 1:500;
- або плани цього ж масштабу, створені за результатами інструментальної зйомки смуги траси завширшки не менше 20 метрів з обох боків від її осі.[7].

Геодезичні роботи при будівництві та експлуатації підземних інженерних комунікацій.

На територіях із щільною забудовою та промислових об’єктах, як правило, розміщується велика кількість підземних інженерних комунікацій і спеціальних споруд для їх обслуговування.

До підземних інженерних мереж належать такі основні типи комунікацій, що прокладаються в ґрунті:

- трубопроводи — системи водопостачання, каналізації, газопостачання, теплопостачання, дощової каналізації, дренажні мережі, нафто- та

газопроводи, а також інші трубопровідні лінії, що використовуються для транспортування різних речовин;

- кабельні мережі, які забезпечують передачу електроенергії та сигналів. Вони класифікуються за рівнем напруги та призначенням: високовольтні лінії, мережі електротранспорту, вуличного освітлення, а також слабкострумові системи (телефонні, радіо- та телевізійні мережі). Кабелі зазвичай прокладаються на глибині до 1 метра разом з відповідним обладнанням: розподільними щитами, трансформаторами тощо;
- колектори — це підземні інженерні споруди круглого або прямокутного перерізу, великого розміру (площею перерізу від 1,8 до 3,0 м²), у яких одночасно прокладають трубопроводи й кабельні лінії різного функціонального призначення.

Найбільш поширеним методом прокладання підземних мереж є відкритий спосіб**,** при якому інженерні комунікації укладаються у спеціально підготовлені траншеї.

Розбивочні геодезичні роботи розпочинаються з винесення в натуру осі траси та ключових точок — центрів оглядових колодязів, точок повороту, проміжних створів тощо. Основою для цих робіт є проєктні матеріали — план і поздовжній профіль траси, на основі яких складається розбивочне креслення. У ньому зазначають:

- точне положення ділянки мережі, що споруджується;
- пункти геодезичного обґрунтування та ситуаційні об’єкти, які можуть бути використані як орієнтири для винесення;
- відстані між ключовими точками;
- лінійні та кутові прив’язки, необхідні для геодезичних побудов.

На основі розбивочного креслення, з використанням класичних геодезичних методів (полярних координат, побудови перпендикулярів, лінійних засічок

тощо), характерні точки траси виносяться на місцевість для подальшого монтажу підземних комунікацій[9].

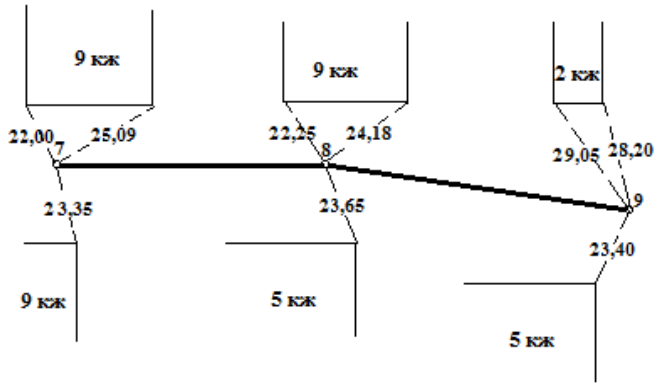


Рис. 3–Розбивка траси трубопроводу

Основою для складання розбивочного креслення слугує великомасштабний топографічний план місцевості, на який нанесено проєктовану трасу підземних комунікацій.

Процес винесення траси в натуру включає визначення на місцевості початкової та кінцевої точок, поворотів, колодязів та інших конструктивних елементів. Для фіксації початку і завершення траси застосовуються методи лінійних засічок та побудови перпендикулярів. Орієнтирами виступають стабільні, чітко ідентифіковані на місцевості точки, які мають надійне планово-висотне обґрунтування. Після винесення, елементи траси тимчасово закріплюються відповідними геодезичними знаками.

На територіях із незначною насиченістю об'єктами ситуації прокладається теодолітний хід, вершини якого доцільно розміщувати в безпосередній близькості до передбачуваних поворотів траси. Відстані між вершинами траси вимірюються мірними приладами (рулетками, далекомірами) і порівнюються з проєктними значеннями. Відхилення не повинні перевищувати допустимих меж, встановлених нормативними документами.

У разі відповідності фактичних значень проєктним приступають до винесення на місцевість колодязів. Для цього за допомогою теодоліта або тахеометра задається напрямок прямолінійної ділянки траси, після чого мірним приладом відкладаються задані проєктом відстані до місць розміщення оглядових колодязів.

Під час розбивки інженерних мереж санітарно-технічного призначення допускаються поздовжні зсуви в межах 0,3–0,5 м, тоді як поперечні відхилення мають бути мінімальними. Надмірні поперечні зміщення спричиняють порушення прямолінійності траси, що ускладнює процес монтажу трубопроводів.

Закріплення кутів повороту траси здійснюється методом перетину створів. Для цього натягують тонкий дріт, який повинен проходити точно над точкою повороту, і фіксують його положення спеціальними створними знаками, що розташовуються за межами зони проведення земляних робіт.

Детальне розбивання траншей та контроль укладання труб виконуються з використанням обноски — горизонтальної перекладини, встановленої перпендикулярно до осі траншеї на висоті 0,4–0,8 м від поверхні землі. Схематичне зображення обноски наведене на рисунку 3.

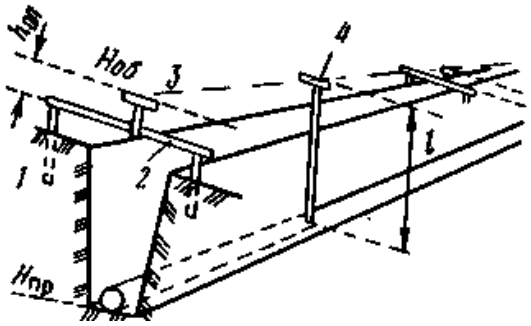


Рис.4– Обноска при розбивці траншеї.

Обноски встановлюють уздовж траси трубопроводу над кожним оглядовим колодязем, але з інтервалом не більшим ніж 50–100 метрів. За допомогою тахеометра або теодоліта, центрованого над створною точкою,

поздовжню вісь траси проектують на Т-подібну візирну планку обноски. Встановлення візирки по висоті виконується з використанням тахеометра або нівеліра таким чином, щоб візирна лінія, яка проходить через верхні точки усіх візирок, була паралельною проєктній осі трубопроводу.

Окрім головної (поздовжньої) осі, на обноску наносять допоміжні орієнтири, такі як лінії бровок траншеї, межі ширини дна траншеї тощо.

Самопливні трубопроводи великого діаметра, як правило, мають незначний ухил у межах 0,0005–0,005. Для забезпечення високої точності при винесенні таких нахилів у натуру (з допустимою похибкою не більше 10%) проєктні відмітки дна лотка трубопроводу мають бути визначені з похибкою у межах кількох міліметрів.

Це досягається шляхом геометричного нівелювання встановлених через кожні 5–10 метрів маячкових штирів або кілочків, на яких закріплюються шурупи. Головки шурупів можуть бути точно налаштовані за висотою шляхом їх вгвинчування або вигвинчування із торця дерев'яного кілка. На відмітки, зафіксовані штирями-маяками або головками шурупів, укладається бетонна основа, на яку згодом монтуються трубопровідні елементи.

Після завершення монтажу труб і до засипання траншеї обов’язково виконується виконавча зйомка трубопроводу, яка фіксує фактичне положення труб щодо проєктних даних[8].

1.3 Геодезичний контроль та виконавчі зйомки

Геодезичний контроль

Геодезичний контроль точності геометричних параметрів будівель та виконавчі зйомки виконуються відповідно до положень нормативного документа ДБН В.1.3-2:2010.

У процесі зведення будівель, споруд або прокладання інженерних мереж будівельно-монтажна організація (генпідрядник, підрядник або субпідрядник) зобов’язана здійснювати геодезичний контроль точності геометричних параметрів, що є невід’ємною частиною системи внутрішнього контролю якості будівельних робіт.

Цей контроль включає два основні етапи:

- а) інструментальну перевірку відповідності просторового розміщення конструкцій, окремих елементів споруд та інженерних мереж проєктним координатам під час монтажу або тимчасового закріплення конструкцій (операційний контроль);
- б) виконавче геодезичне знімання — фіксацію фактичного планового та висотного положення конструкцій і споруд після їх остаточного встановлення або монтажу, а також прокладених підземних інженерних мереж.

Слід зазначити, що відповідальність за точність і якість будівельно-монтажних робіт залишається на лінійному інженерно-технічному персоналі (виконробах, майстрах), навіть за умови залучення спеціалістів геодезичної служби до контролю геометричних параметрів. Саме виконроби та майстри здійснюють проміжний операційний контроль, зокрема при виконанні простих розбивочних та вимірювальних операцій.

Допустима похибка у процесі геодезичного контролю, включаючи виконавче знімання інженерних мереж, не повинна перевищувати 20% від величини нормативного допустимого відхилення, встановленого чинними будівельними нормами, державними стандартами або проєктною документацією.

Результати виконавчого знімання оформлюються у вигляді:

- виконавчих схем — для елементів і конструкцій будівель;

- виконавчих креслень — для підземних інженерних мереж (зазвичай у масштабі, що відповідає робочим кресленням), які відображають як планове, так і висотне положення змонтованих мереж.

У разі потреби до креслень додається каталог координат і відміток пунктів мережі.

Усі зміни, які вносяться до проєктної документації в установленому порядку, а також зафіксовані відхилення від проєкту у розташуванні будівель чи інженерних мереж, повинні бути відображені на виконавчому генеральному плані[3]

Порядок і термін здачі виконавчих зйомок

Виконавчі геодезичні зйомки оформлюються у чотирьох примірниках та передаються таким чином:

- один екземпляр — для підшивки до комплекту документації, необхідної для здачі корпусу об’єкта;
- другий — інспектору з технічного нагляду;
- третій — геодезисту організації, що здійснює технічний нагляд за об'єктом;
- четвертий — представнику авторського нагляду.

Подання виконавчих зйомок повинно відбуватися у строки, визначені проєктною документацією, без порушення затверджених графіків.

Оформлена виконавча документація має бути завірена підписами:

- виконавця будівельно-монтажних робіт;
- геодезиста, що виконував зйомку;
- геодезиста від організації, яка здійснює технічний нагляд за об’єктом.

Уся виконавча документація підлягає тимчасовому зберіганню у замовника або забудовника до моменту проведення підсумкової перевірки органом державного будівельного нагляду. Під час перевірки документація передається відповідному органу, після чого, у разі позитивного висновку про відповідність об’єкта технічним регламентам, нормативним актам і проєктній документації, вона повертається на постійне зберігання забудовнику або замовнику.

У процесі будівництва виконавчі зйомки виконуються на різних етапах:

- при розробці котловану — здійснюється зйомка дна котловану, піщаної підготовки та щебеневої основи;
- під час зведення надземної частини будівлі — фіксується планове і висотне положення бетонних поверхонь та конструктивних елементів;
- при прокладанні інженерних мереж (водопровід, каналізація, електрокабелі) — виконавчі зйомки виконуються відповідно до вимог чинних будівельних нормативів.

За ініціативою представника авторського нагляду можуть бути проведені додаткові виконавчі зйомки окремих елементів будівлі чи споруди, які не передбачені основною проєктною документацією.

Паралельно з виконанням зйомок ведеться журнал відхилень від проєкту, у якому реєструються всі фактичні відхилення ключових конструктивних елементів як у плані, так і по висоті. Якщо встановлені відхилення не перевищують допустимих значень згідно з нормативами — вони не вважаються порушенням і не потребують коригувань.

Допустима середня квадратична помилка геодезичного контролю положення будівельних конструкцій визначається за формулою:

$$m=0.2*\Delta \quad (1)$$

де Δ - допустиме відхилення від проекту положення конструкції, взяте з відповідного ДБН[18]

1.4 Точність виконання геодезичних робіт під час будівництва інженерних споруд визначається низкою чинників, зокрема типом об’єкта, його розташуванням, функціональним призначенням, конструкційними матеріалами, особливостями будівельно-монтажного процесу та методами виконання робіт. Ці вимоги регламентуються чинними будівельними нормами і правилами, зокрема ДБН В.1.3-2:2010 «Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві» та документом «Геодезичні роботи у будівництві». Крім того, точність визначається технологічними допусками та технічними умовами, закладеними в проєктну документацію споруди [1], [2] .

Розбивочні роботи, пов’язані з монтажем будівельних конструкцій та технологічного обладнання, мають виконуватися з такою точністю, яка гарантує дотримання допусків, встановлених відповідними будівельними нормами і правилами.

Точність вимірювань під час виконання розмічувальних робіт оцінюється за значеннями середньоквадратичних або граничних похибок (відхилень). Геометричні параметри фіксуються у вигляді симетричних допусків Δ, що відображають допустиме коливання між максимально можливим і мінімальним значенням конкретного параметра.

Під час обчислень використовують два основні показники:
– допуск Δ, тобто різницю між граничними значеннями параметра;
– проектне значення параметра, від якого визначають типове (граничне) відхилення δ та середньоквадратичне відхилення (похибку) σ.

Перехід від одного виду відхилень до іншого виконується за стандартними формулами перерахунку, що застосовуються у геодезичній практиці [4]

$$\sigma = \frac{\delta}{2} \quad (2)$$

$$\sigma = \frac{\delta}{3} = \frac{\Delta}{6} \quad (3)$$

Граничні відхилення при будівництві монолітно-каркасних будинків наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Дпустимі відхили при будівництві

Параметр	Граничні відхилення	Контроль (метод, обсяг, вид реєстрації)
1	2	3
1.Відхилення ліній перетину площин від вертикалі чи проектного нахилу на всю висоту конструкцій для:		
фундаментів	20 мм	Вимірювальний,
стін і колон, що підтримують монолітні покриття і перекриття	15 мм	Кожен конструкційний елемент , журнал робіт
стін і колон, що підтримують балкові конструкції збірні	10 мм	Кожен конструкційний елемент , журнал робіт
стін будівель і споруд, що зводяться в ковзаючій опалубці, при відсутності	1/500 висоти споруди, но не більше 100 мм	Вимірювальний, всіх стін і лінії їх перетину, журнал робіт

проміжних перекриттів		
стін будівель і споруд, що зводяться в ковзаючій опалубці, при наявності проміжних перекриттів	1/1000 висоти споруди, але не більше 50 мм	Вимірювальний, всіх стін і лінії їх перетину, журнал робіт
2. Відхилення горизонтальних площин на всю довжину перевіряємої ділянки	20 мм	Вимірюваний, не менше 5 вимірів на кожні 50-100 м, журнал робіт
1	2	3
3. Місцеві нерівності поверхні бетону при перевірці двометровою рейкою, крім опорних поверхонь	5 мм	Вимірюваний, не менше 5 вимірів на кожні 50-100 м, журнал робіт
4. Довжина або проліт елементів	±20 мм	Вимірювальний, кожен елемент, журнал робіт
5. Розмір поперечного перерізу елементів	3 мм	Вимірювальний, кожен елемент, журнал робіт
6. Позначки поверхонь і закладних виробів, що служать опорами для сталевих або збірних залізобетонних колон та інших збірних елементів	5 мм	Вимірювальний, кожен опорний елемент, виконавча схема

7. Нахил опорних поверхонь фундаментів при обпиранні сталевих колон без підливи	0,0007	Вимірювальний, кожен фундамент, виконавча схема
8. Різниця відміток по висоті на стику двох суміжних поверхонь	3 мм	Вимірювальний, кожен стик, виконавча схема

Вимоги до точності геодезичних вимірювань під час створення геодезичної розмічувальної мережі на будівельному майданчику слід визначати згідно з даними табл. 3. Для зовнішніх і внутрішніх геодезичних розмічувальних мереж будівель та споруд, включаючи винесення основних (головних) розмічувальних осей, орієнтуються на вимоги, наведені в табл. 4.

Середні квадратичні похибки, що зазначені в таблицях, враховують сукупний вплив усіх джерел похибок, які виникають під час проведення вимірювань та обробки результатів.

Таблиця 3 – точність побудови геодезичної розмічувальної мережі будівельного майданчика

Характеристика об'єктів будівництва	Середні квадратичні похибки побудови геодезичної розмічувальної мережі будівельного майданчика, не більше

	Кутові вимірювання.	лінійні вимірювання	нівелюван-ня на 1 км подвійного ходу, мм
Підприємства та групи будівель (споруд) на ділянках площею більше ніж 1 км^2; окремо розташовані будівлі (споруди) площею забудови більше ніж 100 тис. м^2	3"	2 мм для L до 50 м, $\frac{L}{25000}$ для L понад 50 м	3 II класу
Підприємства та групи будівель (споруд) на ділянках площею менше ніж 1 км^2; окремо розташовані будівлі (споруди) площею забудови від 10 до 100 тис. м^2	5"	5 мм для L до 50 м, $\frac{L}{10000}$ для L понад 50 м	5 III класу
Окремо розташовані будівлі (споруди) із площею забудови менше ніж 10 тис. м^2; дороги, інженерні мережі в межах територій, що забудовуються	10"	10 мм для L до 50 м, $\frac{L}{5000}$ для L понад 50 м 5000	10 IV класу
Дороги, інженерні мережі територій, які не забудовуються; земляні споруди, а також вертикальне	30"	25 мм для L до 50 м, $\frac{L}{2000}$ для L понад 50	20 технічного нівелюван.

планування		м	
Примітка.*L* – довжина, що вимірюється.			

Таблиця 4 – середні квадратичні похибки при побудові ГРМ

Характеристика будівель, споруд, будівельних конструкцій	Середні квадратичні похибки побудови зовнішньої і внутрішньої геодезичних розмічувальних мереж будинку (споруди) й інших розмічувальних робіт, не більше				
	лінійні вимірювання	кутові вимірювання	Нівелювання на станції на вихідному та монтажному горизонтах, мм	передача позначок на монтажний горизонт відносно вихідного, мм	передача точок, осей по вертика-лі, мм
1	2	3	4	5	6
Металеві конструкції з фрезерованими конта-ктними поверхнями; збірні залізобетонні конструкції, які монту-ються методом самофі-ксації у вузлах; будівлі та споруди	1 мм для *L* до 15 м, $\frac{L}{15000}$ для *L* понад 15 м	5"	1	$2 + 10 \times H$	$1 + 2 \times H$

або із прогонами від 30 м до 36 м					
Будинки вище ніж 15 поверхів; будівлі та споруди висотою від 73,5 м до 100 м або із прогонами від 18 до 30 м	2 мм для L до 20 м, $\frac{L}{10000}$ для L понад 20 м	10''	2	$4+ 15 \times H$	$2 + 3 \times H$
Будинки до 15 повер-хів; будівлі та споруди висотою до 73,5 м або із прогонами від 6 м до 18 м	3 мм для L до L 15 м, $\frac{L}{5000}$ для L понад 15 м	15''	3	$6 + 20 \times H$	$3 + 5 \times H$
Будинки до 5 поверхів; будівлі та споруди висотою до 15 м	4 мм для L до 20 м, $\frac{L}{5000}$ для L понад 20 м	30''	5	$10 + 50 \times H$	$5+ 10 \times H$

Примітка 1. Величини середніх квадратичних похибок (колонки 2-4) призначаються залежно від наявності однієї з характеристик, що зазначені в колонці 1; при наявності двох і більше характерних величин середніх квадратичних похибок призначаються за тією характеристикою, якій відповідає вища точність.

Примітка 2. Точність геодезичних побудов при будівництві висотних, експериментальних, унікальних і складних об'єктів і монтажі фундаментів технологічного устаткування треба визначати розрахунками на основі спеціальних технічних умов і з урахуванням особливих вимог до допусків, що

передбачаються проектом.

Примітка 3.*H* – різниця позначок двох будь-яких монтажних горизонтів виражена в сотнях метрів (100 м = 1)

Таким чином, використовуючи допуски, передбачені нормативними документами безпосередньо для геодезичних робіт, можна за допомогою формул (2) і (3) визначити вихідні параметри точності. Ці параметри є основою для обґрунтованого вибору методів та засобів геодезичних вимірювань, які забезпечать дотримання вимог до точності на всіх етапах виконання робіт.

У випадках, коли вказуються допуски на стан будівельних конструкцій, із розрахованих за формулами (2) і (3) нормативних значень необхідно виокремити частку, що припадає безпосередньо на геодезичні вимірювання [6].

2. Геодезичні роботи на будівельному майданчику

2.1 Фізико-географічний опис району досліджень

Будівництво житлового будинку з об’єктами соціально-громадського призначення заплановано в селещі Софіївська Борщагівка, за адресою: вул. Сагайдачного, будинок 10. Софіївська Борщагівка розташована на заході від міста Київ. Межі природних зон в яких знаходиться - Полісся та Лісостеп, по обидва береги річки Дніпро в її середній течії. Географічні координати селеща: 50°24′41″ пн. ш. 30°22′9″ сх. д.. Загальна площа міста становить 4,56 км². Станом на 1 березня 2015 року чисельність населення становила 6571 осіб. Топографо-геодезична вивченість району інженерних вишукувань характеризується як високого рівня.

Проєктований об’єкт капітального будівництва має функціональне призначення як багатоквартирна житлова будівля.

З огляду на значимість для населеного пункту, введення об’єкта в експлуатацію сприятиме збільшенню житлового фонду міста, що позитивно вплине на забезпечення населення житлом.

Об'єкт геодезичних досліджень є частиною забудови житлового кварталу, отже, усі підготовчі роботи, пов’язані з топографічною зйомкою, вертикальним плануванням та іншими інженерними дослідженнями, проводились у межах усього будівельного масиву.

2.2 Створення геодезичної основи

Створення зовнішньої розмічувальної мережі

Зовнішню геодезичну розмічувальну мережу будівель (споруд) створюють з метою винесення в натуру основних або головних розбивочних осей, закріплення проектних параметрів об’єкта, виконання детального розмічування, а також для проведення виконавчих зйомок.

Основна функція цієї мережі полягає у фіксації головних та основних осей споруд, які слугують базою для подальших геодезичних операцій на будівельному майданчику.

На сучасному етапі опорну геодезичну мережу формують двома основними методами:

1. За допомогою тахеометра — шляхом прокладання геодезичних ходів і перенесення планових і висотних координат на територію будівництва;
2. За допомогою GPS-приймача — з використанням супутникових технологій для визначення просторового положення реперів.

Вибір методу визначення координат залежить від особливостей місцевості, рівня забудови та умов виконання робіт.

У цьому випадку геодезичні роботи виконуються в щільно забудованій міській зоні, що ускладнює ефективне використання тахеометра для перенесення координат. Тому для забезпечення необхідної точності та зручності було застосовано GPS-обладнання SOKKIA GRX1.

Схема прив'язки опорно-геодезичної мережі показана на рисунку.

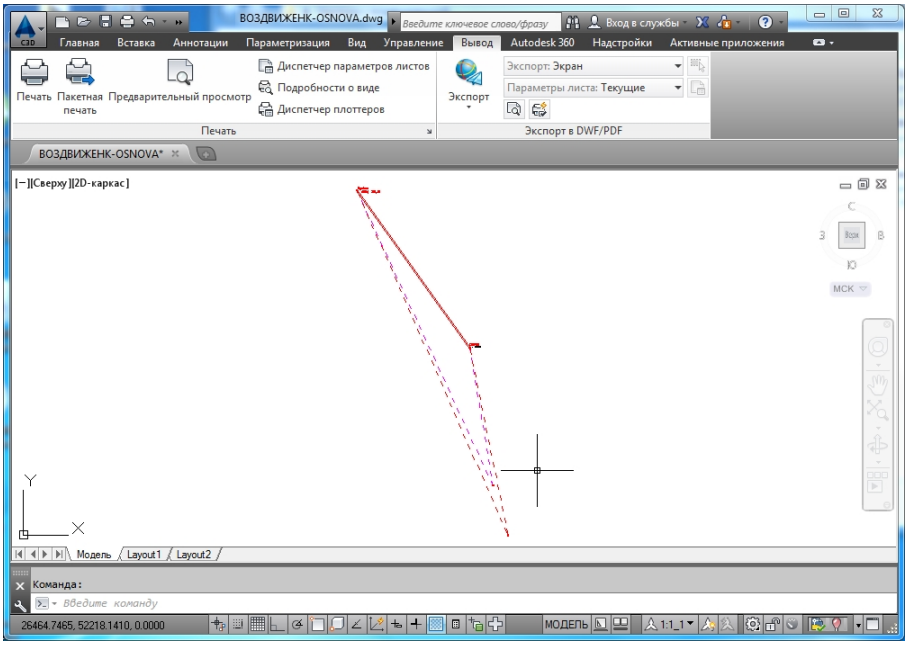


Рис.5 - Схема прив'язки опорно-геодезичної мережі

2.3 Підготовчі роботі до будівництва

Вертикальне планування будівельного майданчика

План організації рельєфу будівельного майданчика був розроблений з урахуванням особливостей природного рельєфу місцевості, наявної забудови, а також висотних відміток прилеглих вулиць — Соборна та Академіка Шалімова.

Перепад висот на території ділянки становить 3,4 метра. Абсолютна відмітка чистої підлоги першого поверху запроектованого багатоквартирного житлового будинку прийнята на рівні 126,700 м.

Усі заходи щодо формування рельєфу спрямовані на забезпечення ефективної системи поверхневого водовідведення. Відведення дощових вод передбачено по лотках проїздів із подальшим скиданням на проїжджу частину вулиці Кожум’яцька.

Проєкт вертикального планування виконується на основі топографічної карти. Винесення проєкту в натуру передбачає розмітку на місцевості проєктних ліній і площин із прив’язкою до системи висотних відміток. Існують два основних варіанти розташування проєктних ліній щодо природного рельєфу: вище існуючої поверхні (в зонах насипу ґрунту) або нижче неї (у місцях зняття ґрунту).

У першому випадку розмітка виконується шляхом забивання кілків так, щоб їх верхівки відповідали проєктній висоті. У другому — кілки або вбивають на довільну глибину й наносять мітки до проєктного рівня, або викопують приямки та встановлюють кілки аналогічно до попереднього способу.

На місцевості також визначають і виносять лінію нульових робіт — межу між ділянками насипу та зрізання ґрунту.

Завдання розбивки вертикального планування значно спрощуються за умови використання автоматизованих електронних систем, які встановлюються на землерийну (бульдозери, екскаватори) або бетоноукладальну техніку. Такі прилади вже розроблені та активно застосовуються в сучасній будівельній практиці.

У нашому випадку розбивка території для планувальних робіт здійснюється по контуру будівельного майданчика з використанням електронного тахеометра методом прямої кутової засічки. Після цього ділянку поділяють на квадрати, у вершинах яких за допомогою нівеліра проводяться визначення висотних відміток. Це дозволяє контролювати процес переміщення земляних мас під час виконання планувальних робіт.

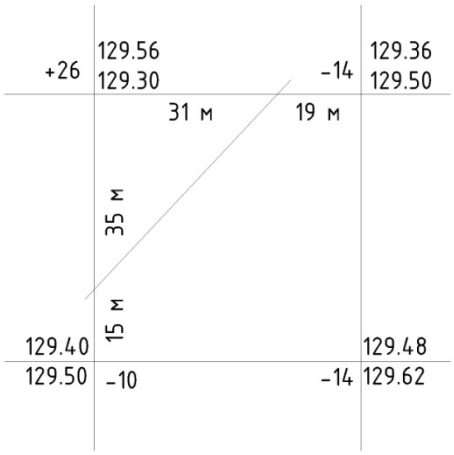


Рис. 6 – Приклад позначення вузлів сітки вертикального планування

2.4 Геодезичні роботи нульового циклу

Існують певні загальні правила, яких слід дотримуватися під час розбивки головних і основних осей.

У проєктній документації або на кресленнях, що належать до аналітичної підготовки проєкту, обов’язково повинні бути вказані прив’язки осей, які потрібно винести в натуру, до точок вихідної розбивочної основи.

Для точного визначення розмічувальних параметрів необхідно, щоб як фактичні координати вихідних пунктів, так і проєктні координати точок винесення були задані в одній і тій самій координатній системі. У разі розбіжності координатних систем обов'язково виконується перерахунок координат із однієї системи в іншу за відповідними формулами:

$$x_i^{'} = \left(x_i - x_0\right) cos\alpha - \left(y_i - y_0 \right) sin\alpha \quad (4)$$

$$y_i^{'} = \left(x_i - x_0\right) sin\alpha + \left(y_i - y_0\right) cos\alpha \quad (5)$$

де x_i і x'_i - координати точки «і» у різних плоских прямокутних системах; x_0 й y_0- координати початку нової системи з осями x , y; в системі існуючої з осями x, y; α - кут повороту однієї системи щодо іншої.

Вибір методу розбивки визначається переважно типом споруди та умовами її будівництва. Важливими факторами також є схема побудови розбивочної основи, наявне у виконавця геодезичне обладнання, а також вимоги до точності виконання розмічувальних робіт.

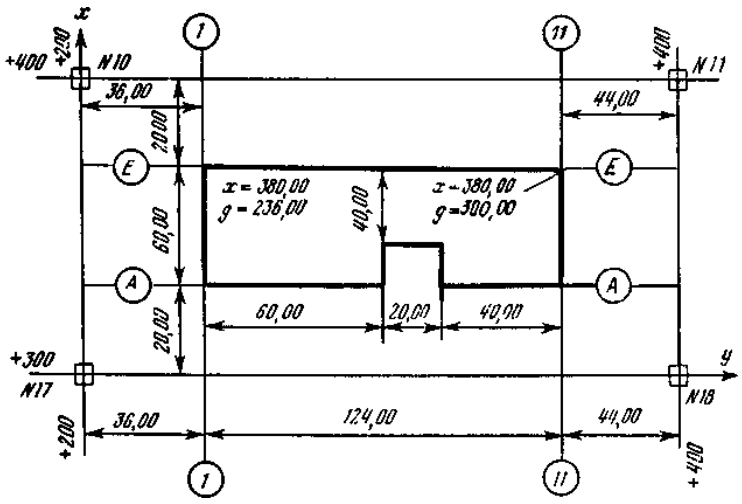


Рис. 7 – Схемарозбивки основних осей будинку від пунктів будівельної сітки

Для винесення основних осей цивільних будівель з точок полігонометричних або теодолітних ходів зазвичай застосовують методи полярних координат, а також кутових і лінійних засічок.

Головні та основні осі споруди є базовими для подальшої детальної розбивки. Вибір схеми детальної розбивки залежить від типу будівлі, її архітектурно-планувального рішення, умов проведення робіт та обраного методу розмічування.

Попри різноманіття варіантів, для будівництва цивільних і промислових об’єктів характерною є типова схема, яка передбачає визначення точок перетину проміжних осей з головними або основними. Така розбивка зазвичай виконується створно-лінійним методом.

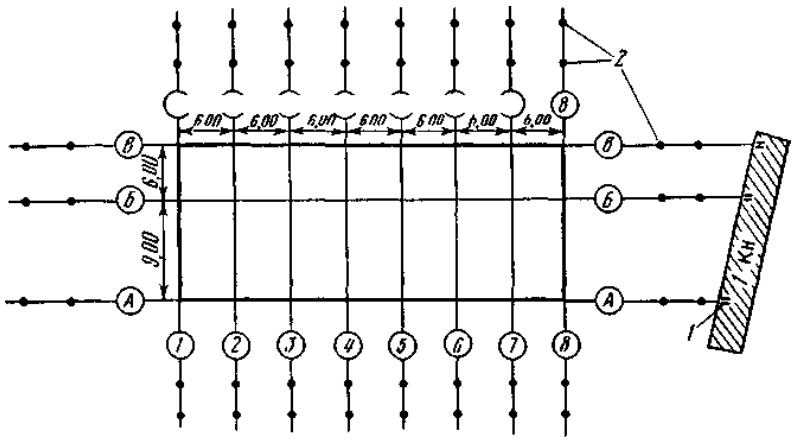


Рис. 8 – Закріплення осей будинку

Для закріплення осей та зручності їх використання під час будівництва, розбивочні осі виносять на обноску. Обноска — це горизонтально встановлена дошка, закріплена на стовпах на висоті 400–600 мм від рівня землі. Окрім дерев’яних конструкцій, також застосовуються інвентарні металеві обноски.

На дерев’яній обносці положення осі позначається цвяхом, тоді як на металевій — за допомогою спеціального пересувного хомута з прорізом.

Існують два основних типи обносок: суцільна та створна. За сучасних умов організації будівельного майданчика більш доцільною вважається створна обноска, яка монтується лише в місцях фіксації осей, на довільній відстані від зовнішнього контуру будівлі.

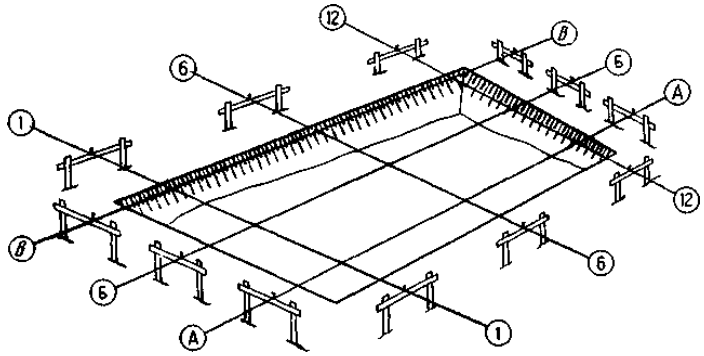


Рис. 9– Створнаобноска для закріплення осей будинку

При виконанні геодезичних робіт в нашому випадку була зроблена створна обноска.

Геодезичні роботи при влаштуванні котловану

Під час влаштування котловану виконується комплекс геодезичних робіт, до якого входять наступні етапи:

- перевірка геодезичних даних, зазначених у робочих кресленнях проєкту;
- винесення в натуру і закріплення контурів котловану;
- нівелювання поверхні в межах ділянки котловану;
- перенесення розмічувальних осей і висотних відміток на дно котловану;
- періодичне виконання виконавчої зйомки з метою визначення обсягів переміщених земляних мас;
- заключна виконавча зйомка, яка фіксує планове положення та висотні відмітки відкритого котловану.

Перед початком розбивочних робіт складається детальна схема, яка містить усі прив’язки котловану до геодезичної основи та розбивочні елементи відповідно до проєктного креслення. Робочі креслення задають контур котловану по габаритах нижньої частини фундаменту, тобто визначають положення нижньої межі укосів у плані.

Розбивка контурів котловану на місцевості здійснюється від основних і допоміжних осей будівлі, які закріплені на обносках, методом вимірювань. Від основних осей виконують винесення кутових точок будівлі, контурів початку укосів на проєктній глибині котловану та лінії верхньої бровки котловану на відповідній висоті, що передбачена вертикальним плануванням.

У процесі розробки котловану регулярно контролюється його глибина за допомогою візування від нульового горизонту. Якщо виїмка ґрунту здійснюється екскаватором, геодезичний контроль виконують за допомогою нівеліра, залишаючи недобір у межах 10–20 см. Завершальне вирівнювання дна проводиться планувальними машинами.

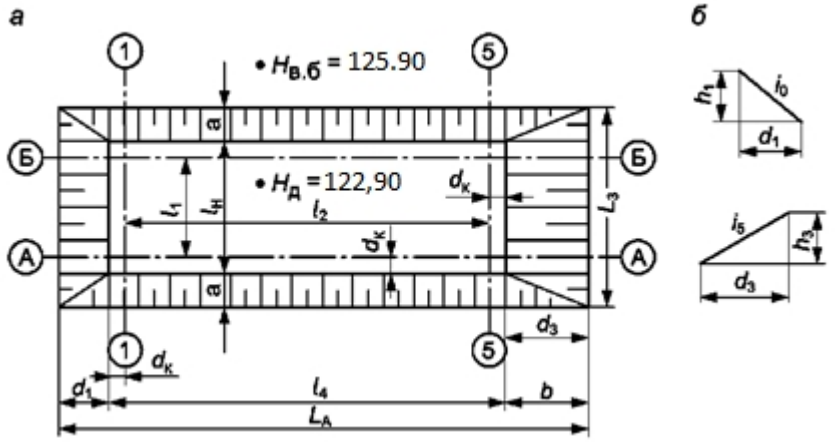


Рис. 10 - схема котлована: а) план, б) відкоси

де $h_1=h_3=H_{в.б.}-H_{д.}$=3,00 м. Горизонтальна відстань а від точок основних осей А-А, Б-Б і 1-1 до контура верхньої бровки котлована дорівнюють $a=d_к+d_1$; від осі 5-5 до верхньої бровки: $b=d_к+d_3$

l_1= 36 м, l_2=18 м, $d_к$= 1, кут відкоса $\alpha_1=45^o$, $\alpha_2=30^o$,

Закладення укосів обчислюється за формулами

$d_1 = h_1 *\sin45^o /\sin45^o$=3 м і $d_3 = h_1 *\sin60^o/ \sin30^o$=5.20 м

Розрахуємо об’єм земляних робіт за формулами:

$h_1(P_в+P_в)/2=h_1(L_{a*}L_3+l*l_4)/2$,

де$L_A=l_2+2d_к+d_1+d_3$; $L_3=l_1+2d_к+2d_1$; $l_н=l_1+2d_к$; $l_4=l_1+2d_1$

L_A=36+2*1+3+5.2=46.2 м

L_3=18+2*1+2*3=26 м

$l_н$=18+2*1=20 м

l_4=18+2*3=24 м

V=3*(46,2*26+20*24)/2=2521.8 м^3

Передача висотної позначки на дно котловану виконується за допомогою одного або двох нівелірів (див. рис. 11). Для цього на брівці котловану закріплюють спеціальний кронштейн, до якого прикріплюється сталевий вимірювальний рулетковий пристрій. До нижнього кінця рулетки підвішують вантаж масою приблизно 10 кг, який занурюється в ємність із технічним маслом з метою зменшення коливань рулетки та забезпечення стабільності показань.

На першому етапі нівелір встановлюється між репером (вихідною висотною точкою) і рулеткою (позиція 1). Після цього прилад переносять у котлован (позиція 2) і розміщують між рулеткою та точкою, на яку потрібно передати відмітку. У процесі вимірювання знімають відліки по нівелірній рейці та рулетці.

Висотну позначку точки N на дні котловану розраховують за відповідною формулою, яка враховує висоту інструмента, відлік по рулетці та рейці, забезпечуючи точне перенесення висоти з репера на контрольну точку в котловані:

$$H_N=H_{Rp2}+a-(b_2-b_1)-c \qquad (7)$$

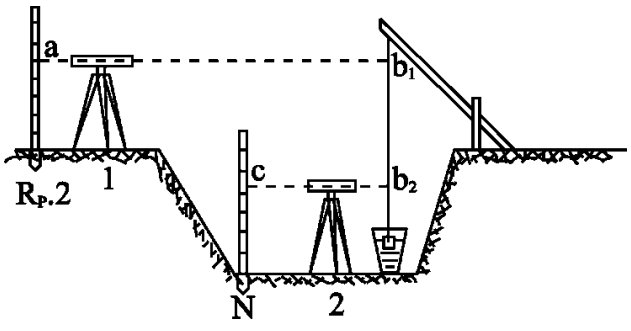


Рис.11 - Передача відмітки на дно котлована

Розрахуємо фактичну відмітку котлована:

H_{Rp2}=126.00 м

a = 1240 мм – висота горизонта нівеліра 1 над репером Rp2

b_2= 3110 мм – відлік по рулетці нівеліра 1

b_1= 0200 мм – відлік по рулетці нівеліра 2

c = 1430 мм – висота горизонта нівеліра 2 над позначкою дна котлована в точці N.

H_N= 126.00 + 1.24 – (3.11 - 0.20) - 1.43 = 122.90 м – відмітка дна котлована в точці N.

Після розробки ґрунту до проєктної глибини, контур основи фундаменту повторно розбивається безпосередньо на дні котловану.

Після остаточного вирівнювання укосів і очищення дна виконується виконавча зйомка — як у плані, так і по висоті. Планову зйомку контурів котловану проводять шляхом вимірювання сталевою рулеткою від розмічувальних осей будівлі, які закріплюються натягнутою сталевою дротяною лінією між кінцевими осьовими знаками.

Під час улаштування котловану обов’язковим є виконання вимірів об’ємів переміщених ґрунтових мас. Для цього застосовується геодезичний метод сітки квадратів.

Допустимі середньоквадратичні похибки геодезичних вимірювань під час робіт із котлованом становлять:

- для лінійних вимірів — 1/1000;
- для кутових вимірів — 45";
- для висотних вимірів — 10 мм.

Після завершення робіт з улаштування котловану складається виконавча геодезична документація, яка включає:

- акт готовності до подальших робіт;
- планову та висотну виконавчу схему котловану;
- виконавчу картограму для обчислення об’ємів земляних мас.

Геодезичні роботи при улаштуванні пальового поля

Різноманітність типів паль та варіантів їх розміщення визначає послідовність виконання геодезичних розбивочних робіт.

Формування пальового поля здійснюється на основі осей, винесених у котлован за допомогою тахеометра або теодоліта та закріплених на місцевості кілочками. Геодезичний прилад (тахеометр або теодоліт) поетапно центрується над точками перетину осей і орієнтується по створу на центри паль. Самі палі фіксуються металевими штирями.

Якщо палі розміщені не безпосередньо на осях, то їх центри визначаються від осьових ліній методом побудови перпендикулярів — за допомогою двох рулеток або шаблону.

У разі «кущового» розміщення паль спочатку позначають центри кожного «куща», а потім — положення окремих паль у межах цього куща. Для розмітки паль у «кущі» рекомендовано використовувати шаблон або три рулетки: дві натягуються по взаємно перпендикулярних осях через центр куща, а третя слугує для визначення точного розташування кожної палі.

Якщо ряди чи групи паль розташовані на значній відстані від основних осей, виконують паралельне перенесення осей для наближення їх до місця розташування паль або суміщення з ними.

Перед забиванням палі повинні бути виставлені строго вертикально. Це перевіряється тахеометром (теодолітом) у двох взаємно перпендикулярних площинах або за допомогою рейки-схилу. Контроль вертикальності здійснюється протягом усього процесу забивання.

У випадку безростверкових пальових фундаментів палі заглиблюються до проєктної відмітки, яку контролюють за допомогою нівеліра або лазерного приладу. Якщо передбачено влаштування монолітного ростверку, то кілька паль спочатку забивають на точну проєктну висоту — вони використовуються як орієнтири для подальшого забивання решти паль із наближеним значенням.

Після завершення забивання виконується нівелювання паль до зрубки. Знаючи довжину кожної палі, визначають відмітку її заглиблення. Ці дані фіксуються у виконавчій геодезичній схемі.

Для влаштування монолітного ростверку на палі виносять відмітку зрубки. Після зрізання паль виконується планово-висотна виконавча зйомка всього пальового поля. На палі, розташовані в місцях перетину осей, наносять розбивочні осі.

Відповідно до винесених осей встановлюється опалубка та монтується арматурний каркас. На внутрішню сторону опалубки наносять позначку верхньої межі бетонування (верх ростверку), яку фіксують фарбою або цвяхами.

У разі безростверкових фундаментів після забивання на палі наносять позначку низу оголовків. По цій позначці встановлюються підтримуючі хомути оголовків. Розміщення оголовків у плані виконується з урахуванням можливого зміщення палі відносно проєктного положення.

Виконавча зйомка здійснюється як під час монтажу фундаментів, так і після його завершення — для фіксації їх точного планового та висотного положення.

Місця, точки, параметри, методи, порядок виконання та обсяг виконавчих зйомок мають бути визначені у проєкті організації або проєкті виробництва робіт.

Планове й висотне положення фундаментів, а також їх вертикальність визначаються відносно знаків геодезичної розбивочної основи будівництва, закріплених осьових знаків та тимчасових реперів, встановлених у котловані поблизу об’єкта, що зводиться.

Перед початком виконавчої зйомки обов’язково перевіряють збереженість і незмінність положення вихідних геодезичних знаків.

Похибка геодезичних вимірювань у процесі виконавчих зйомок не повинна перевищувати 20% від допустимого відхилення, встановленого будівельними нормами, державними стандартами або проєктною документацією.

Під час зведення пальових фундаментів:

- при однорядному розташуванні паль або розмірах поперечного перерізу до 0,5 м включно — зйомці підлягають усі палі з фіксацією їх відхилень уздовж і впоперек осі ряду;
- при дво- або трирядному розташуванні паль з такими ж розмірами — знімаються крайні палі з визначенням їх зміщення поперек осі та вздовж ряду, а для внутрішніх паль фіксується відхилення вздовж осі ряду;
- у разі суцільного пальового поля обов’язковій зйомці підлягають крайні та середні палі.

Результати всіх виконавчих зйомок повинні бути задокументовані у відповідних виконавчих схемах.

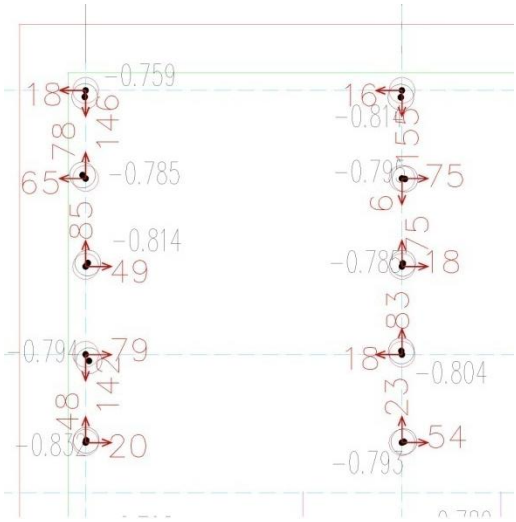


Рис.12 –приклад схеми виконавчого знімання участка пальового поля.

Улаштування фундаментної плити ростверка

Ростверк – конструкція, яка об'єднує палі і служить для рівномірної передачі навантаження споруди на них та на грунтову основу. Ростверки влаштовують з монолітного або збірного залізобетону. В залежності від виду палі і їх розташування в грунті, ростверки можуть бути високими і низькими, у вигляді стрічок або плит.

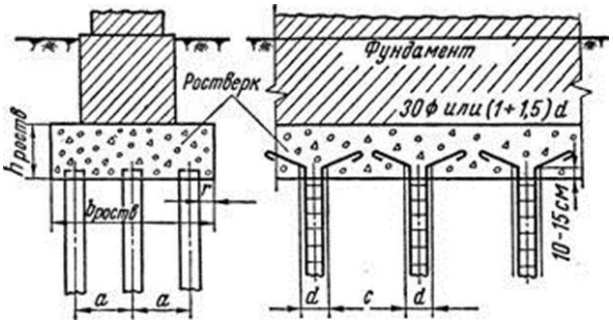


Рис.13 - Схема розташування ростверка на палях

Влаштування ростверку є необхідним етапом будівництва для забезпечення жорсткого з’єднання паль в єдину конструкцію, що дозволяє рівномірніше розподіляти навантаження від фундаменту на палі. Крім того, це забезпечує створення горизонтальної основи для закладання підошви фундаменту.

Глибина розміщення підошви ростверку визначається з урахуванням наявності підвалів, інженерних комунікацій, геологічних та гідрогеологічних умов майданчика, можливості спучування ґрунтів у період промерзання, а також глибини закладення сусідніх фундаментів.

Опалубка для ростверку встановлюється горизонтально на основу (грунт або іншу поверхню) та фіксується спеціальними анкерними кріпленнями. Її вивірка відносно розбивочних осей або паралельних до них ліній проводиться за зовнішніми площинами щитів опалубки. Контроль розмірів здійснюється прямим вимірюванням у верхній частині опалубки, а вертикальність щитів перевіряється за допомогою рейки з рівнем або схилом.

Після завершення формування пальового поля проводиться очищення дна котловану і влаштовується піщана підготовка під плиту ростверку. Підсипку виконують за проєктними відмітками так, щоб верхні частини паль були незначною мірою залиті бетоном, а випуски арматури з пальового каркасу можна було з'єднати з арматурою ростверкової плити.

Під час монтажу арматурного каркасу плити ростверку по її периметру виводяться арматурні маяки. Їх верхні кінці виставляються на проєктну висоту і перевіряються за допомогою геодезичних приладів, зокрема нівеліра.

Після завершення бетонування та витримки бетону виконується виконавча геодезична зйомка всіх проведених робіт.

У нашому випадку на основі пальового поля була влаштована монолітна плита ростверку заввишки 0,7 м. У передбачених проєктом місцях були виконані випуски арматури для подальшого з’єднання з каркасами залізобетонних пілонів. Оскільки поверхня плити є чорновою підлогою, допуски на виконання бетонних робіт є відносно широкими, що допускає певні відхилення без втрати функціональності.

1.5 Зведення будинку

Створення внутрішньої розмічувальної мережі

Вихідний горизонт являє собою умовну площину, що проходить через опорні поверхні найвищих за відміткою несучих елементів підземної частини будівлі або споруди.

Планову мережу на цьому рівні можна формувати на фундаментних блоках, бетонній підготовці або перекритті нульового циклу.

Планова розмічувальна мережа на вихідному горизонті зазвичай виконується у вигляді правильної геометричної фігури, що відповідає загальній конфігурації будівлі або споруди. Її сторони орієнтовані паралельно до основних осей конструкції, що дозволяє здійснювати розбивку осей або прямими лінійними вимірами вздовж сторін мережі, або шляхом побудови створів.

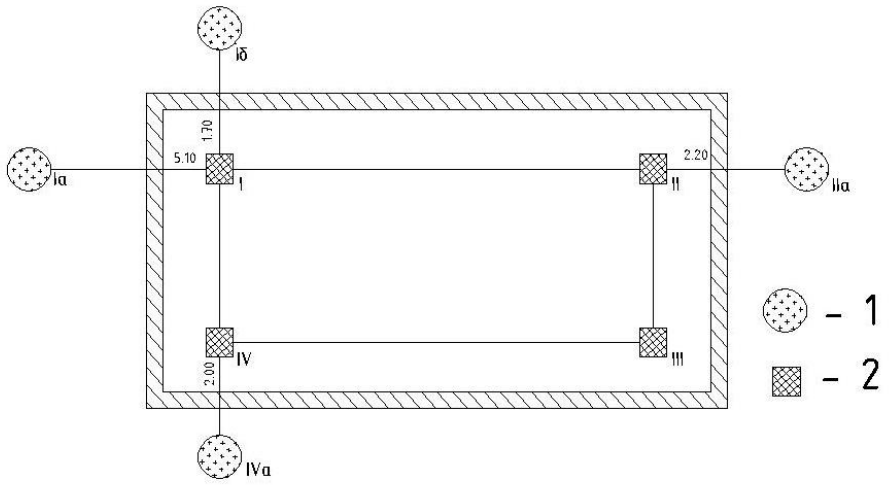


Рис. 14 – Планова розбивочна мережа на віхідному горизонті. (Внутрішня геодезична розмічувальна мережа) 1-пункти на вихідному горизонті, 2 – осьові розмічувальні знаки.

Побудову основних точок планової мережі на вихідному горизонті здійснюють від знаків, що фіксують основні осі будівлі або споруди, із застосуванням методів полярних або прямокутних координат, а також шляхом побудови створів.

Вимоги до точності побудови планової розбивочної мережі на цьому етапі є вищими: точність повинна бути на один клас вищою порівняно з точністю мережі, що створюється на монтажному горизонті.

Основні точки, визначені на цьому етапі, закріплюються тимчасовими знаками, які гарантують їх збереження та стійкість протягом усього періоду виконання робіт. У деяких випадках застосовуються тимчасові позначки, нанесені на постійні геодезичні знаки.

До моменту приймання споруди в експлуатацію необхідно надати наступний комплект виконавчої геодезичної документації:

- акт і схема розбивки основних осей на поверхні;
- схема побудови планової мережі під час монтажу фундаментів;
- схеми розбивки осей при встановленні підземної частини споруди;

- креслення виконавчої зйомки фундаментних конструкцій;
- схеми та каталог пунктів планового й висотного обґрунтування в зоні будівництва;
- схема розташування знаків, що закріплюють основні осі будівлі чи споруди.

Детальні розмічувальні роботи елементів будівлі

Геодезичні роботи під час зведення будівель із монолітного залізобетону включають розмічування орієнтирних ліній на горизонтальних площинах перекриттів для встановлення арматури та опалубки. Опалубочні системи умовно поділяються на елементи, що встановлюються горизонтально та вертикально. Найбільш точного та складного розмічування потребує монтаж вертикально розташованих щитів.

Вертикальна опалубка для стін і колон може бути призначена як для ручного встановлення, так і для монтажу за допомогою кранів. Стінова опалубка має модульну структуру, що дозволяє з її щитів формувати конструкції заданої товщини з можливістю зміщення елементів по вертикалі.

Кругова опалубка, як правило, складається зі стандартних елементів стінової системи й спеціальних вставок. Орієнтирне розмічування при цьому виконується на початку та в кінці дугової ділянки.

Опалубка колон формується із щитів, які з’єднуються зовні спеціальними кутовими елементами — так званими "зовнішніми кутами".

Щити перекриттів зазвичай великоформатні. Оскільки вертикальні та горизонтальні щити щільно прилягають один до одного, основним завданням при їх встановленні є нівелювання місць стиків та усунення відхилень від горизонталі шляхом регулювання висоти опорних елементів.

Розмічування осей для зведення цегляних стін зазвичай виконується на вихідному горизонті. Контроль якості цегляної кладки, а також перевірку горизонтальності укладання плит перекриттів здійснюють на кожному поверсі за допомогою виска, схилової рейки та нівеліру.

Закладні деталі, прорізи та ніші розмічають по висоті, орієнтуючись на контрольні позначки: на цегляних будівлях — за рисками або рейками, на монолітних — по верхніх торцях опалубних щитів. У плані такі елементи розмічають від кутів або точок перетину стін.

Усі геодезичні розмічувальні роботи проводяться полярним методом із використанням електронного тахеометра.
Далі буде здійснено розрахунок точності цього методу для виконання зазначених видів робіт.

Розрахуємо загальну помилку в положенні точки 1. Приймемо відстань від тахеометра до точки l =100м , ρ= 206265" , а розбивка здійснюється тахеометром Niconnpl 332, для якого m_β = 5", m_l = 3мм .

Тоді

$$m^2 = (3\quad)^2 + (100\quad)^2 * \left(\frac{5''}{206265''}\right)^2 = 9 \text{ мм}$$

$m_{роз}$ = 3 мм

Передача координат з вихідного горизонта на монтажний

Для досягнення необхідної геометричної точності монтажу конструкцій у вузлах багатоповерхових будівель або багатоярусних споруд, на кожен монтажний горизонт (поверх або ярус) повинні передаватися точки розмічувальних осей, які закріплені на вихідному горизонті. Сукупність цих точок формує геодезичне обґрунтування на відповідному монтажному рівні.

Монтажний горизонт — це умовна площина, яка проходить через опорні елементи несучих конструкцій конкретного поверху або ярусу надземної частини будівлі чи споруди.

Створення розбивочної основи на монтажному горизонті передбачає побудову та закріплення на перекритті кожного поверху:

- системи точок основних осей будівлі;
- розмічувальних (базових) осей по межах монтажних захваток (зазвичай вони збігаються з міжсекційними осями);
- реперів для висотної розбивки на цьому рівні.

Процес починається з **передачі основних точок розбивочних осей**, що вже зафіксовані на вихідному горизонті, на відповідну висоту.

Вибір точок, які використовуються як вихідні для побудови планової основи на монтажному горизонті, визначається такими факторами:

- наявністю вільної видимості між вихідним горизонтом і цільовими поверхами;
- конфігурацією планової мережі;
- можливістю побудови на їх основі розбивочної мережі на новому рівні;
- прийнятою технологією виконання будівельно-монтажних робіт.

Кількість точок, що передаються на монтажний горизонт, залежить від розмірів будівлі в плані та організації монтажного процесу, але повинна бути не меншою ніж три.

При застосуванні **способу вертикальної площини** (див. рис. 15), тахеометр (або теодоліт) встановлюють точно в створі відповідної розбивочної осі. Трубу інструмента орієнтують на реперну мітку, заздалегідь нанесену на цоколі будівлі. На перекритті відповідного поверху, приблизно в створі цієї ж

осі, на відстані не менше 50 см від зовнішнього краю стіни встановлюють візирну мішень (висок або марку), яка фіксує перенесену точку.

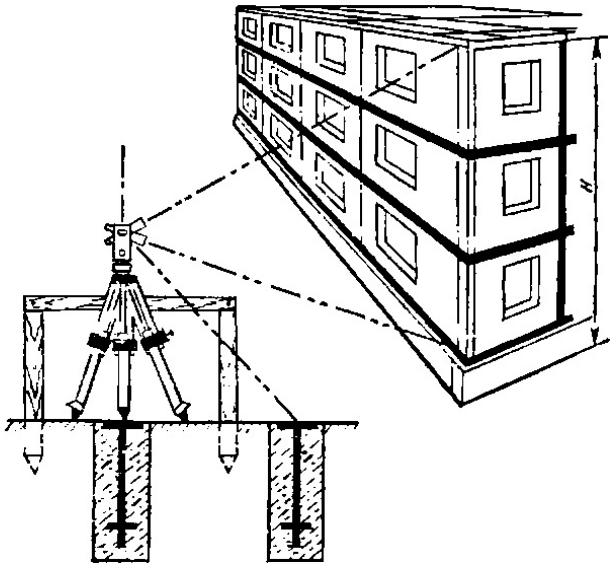


Рис. 15 – Передача координат з вихідного горизонту на монтажний способом вертикальної площини

Після орієнтування труби теодоліта та закріплення горизонтального круга, трубу обертають у вертикальній площині до моменту, коли візирна мішень з’явиться в полі зору. Далі трубу фіксують у вертикальному положенні, а візирну ціль встановлюють у створі, що дозволяє точно визначити положення розбивочної осі на перекритті.

Таку ж процедуру повторюють і при другому положенні круга (зворотному колі). Після цього визначають середнє значення отриманих відліків, що підвищує точність результатів.

Під час перенесення розмічувальних осей на різні монтажні горизонти цим методом на точність впливають наступні фактори:

- похибка нахилу осі обертання труби;
- відхилення вертикальної осі інструмента від прямовисного положення;

- помилки при візуванні на мішень;
- неточність фіксації точки на перекритті;
- похибка в установці приладу точно в створі;
- колімаційна похибка (відхилення між віссю візування та віссю приладу).

Ці похибки слід враховувати, щоб забезпечити належну геометричну точність при передачі осей на монтажні рівні.

Середня квадратична похибка проектування точки розбивочної осі при двох положеннях круга обчислюється за формулою

$$m = \sqrt{0.25\frac{h^2}{\rho^2}\tau^2 + \frac{3600}{\rho^2}\frac{s^2}{v^2} + \frac{l^2}{s^2}m^2 + m^2}, \quad (8)$$

де h — висота, на яку проектується точка; s — відстань від теодоліта до проектованої точки; τ — ціна ділення циліндричного рівня при горизонтальному колі теодоліта; l — відхилення візирної точки в візирній площині приладу від вертикалі, що проходить через точку; v — збільшення зорової труби теодоліта.

При використанні способу вертикальної лінії розбивочні точки передаються по висоті за допомогою зеніт-приладу методом вертикального проектування (рис. 16).

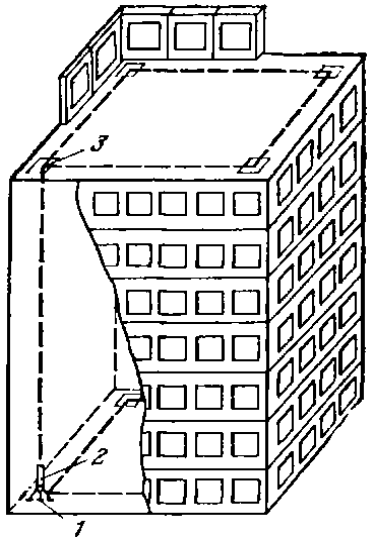


Рис. 16 – Передача координат пунктів способом вертикального проектування.

Розбивочні точки наносяться на перекриття вихідного горизонту паралельно основним осям конструкції. Їх розташування підбирається таким чином, щоб забезпечити можливість їх багаторазового використання протягом усього періоду монтажу будівлі.

Для передачі осей на верхні монтажні горизонти використовуються прилади оптичного вертикального проектування.

Перенесення осей виконується наступним чином: над вихідною точкою (позначка 1) встановлюється зеніт-прилад (позначка 2), який ретельно центрується та горизонтується. За допомогою цього приладу вихідна точка проектується вертикально вгору на спеціальну палетку (позначка 3), закріплену над отвором у перекритті монтажного горизонту.

Процес проектування виконується у чотирьох положеннях приладу — 0°, 90°, 180° та 270°, відповідно до яких фіксуються чотири відліки на координатній сітці палетки. За цими значеннями обчислюють точні координати проєктованої точки.

Палетка виготовляється з прозорого оргскла розмірами 300×300×10 мм і має наклеєну кальку з координатною сіткою, оцифрованою у двох взаємно перпендикулярних напрямках.

Визначене за чотирма вимірами положення точки переноситься з палетки безпосередньо на перекриття відповідного поверху. Розмітка здійснюється шляхом нанесення кернової мітки (на закладних елементах) або позначки фарбою на бетонній поверхні.

Похибка вертикального проектування розбивочної точки цим методом визначається низкою факторів:

– неточністю наведення візирної осі приладу у вертикальне положення (*mз*),
– похибкою візування (*mв*),
– похибкою центрування приладу над вихідною точкою (*mц*),
– неточністю фіксації точки на палетці (*mф*).

Загальна середня квадратична похибка положення точки на монтажному горизонті, яка є результатом перетину двох перпендикулярних осей, обчислюється за формулою:

$$m = \sqrt{\frac{h^2}{\rho^2}\left(m_o^2 + \frac{3600''}{v^2}\right) + m^2 + m^2}, \qquad (9)$$

де *h* — перевищення між вихідним і монтажним горизонтами.

Допустима середня квадратнческая похибка проектування точки з вихідного намонтажний горизонт визначається з нерівності:

$$\sigma = \frac{\Delta}{3\sqrt{2}} \qquad (10)$$

де ʌ — допуск на розбивання при побудові розбивочної основи на вихідному горизонті будівлі або споруди.

Основою для побудови планової розбивочної мережі на монтажному горизонті є точки, що були перенесені шляхом вертикального проектування з вихідного горизонту.

Планова розбивочна мережа на монтажному рівні формується у вигляді геометрично правильних фігур, найчастіше прямокутників, які в загальних обрисах повторюють конфігурацію споруди. Сторони таких фігур орієнтовані паралельно основним конструктивним осям будівлі або споруди. Точки мережі мають розміщуватись у зручних місцях, що забезпечують добру взаємну видимість і збереження протягом усього періоду монтажу відповідного ярусу.

Для передачі висотних відміток на монтажний горизонт (див. рис. 16) спочатку встановлюють тимчасовий репер **В**, відлік до якого визначають від репера, що розташований на землі поруч із будівлею.

До процесу входить:

– підвішування рулетки, нижній кінець якої фіксується або занурюється у гас чи іншу рідину для запобігання коливанням;

– між наземним репером та будівлею встановлюється нівелір, за допомогою якого беруться наступні відліки:

- **hрп** — по рейці, встановленій на наземному репері,
- **lр** — по шкалі підвішеної рулетки.

Після цього нівелір переносять на монтажний горизонт, де проводять наступний відлік:

– **hр** — по шкалі тієї ж рулетки вже на верхньому рівні.

На основі цих відліків обчислюється висотна позначка тимчасового репера **В** на монтажному горизонті, що й використовується як базова відмітка для подальших висотних розбивок на ярусі.

h_b – по нівелірній рейці, яка встановлена на тимчасовий репер В.

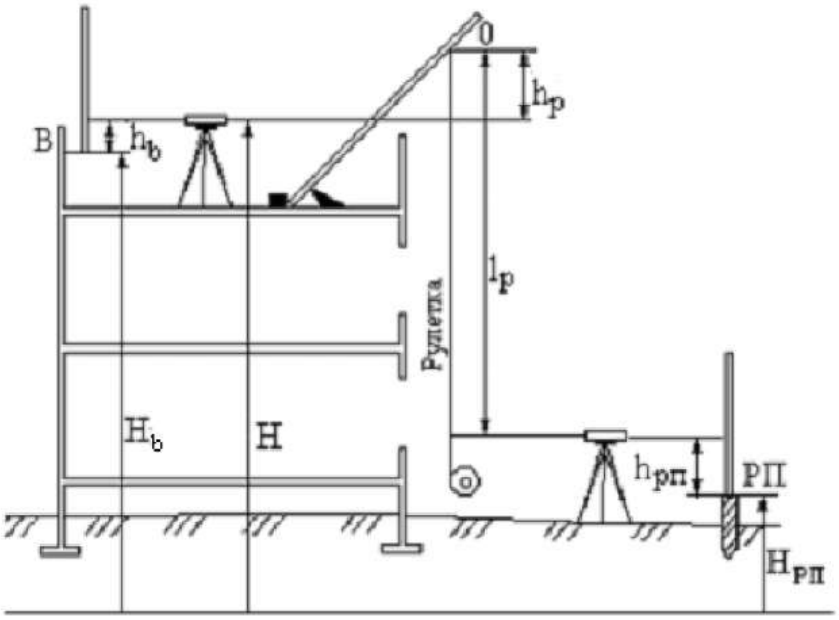


Рис. 16–Передачавідміток на монтажний горизонт

Висоту (позначку) репера обчислюють за формулою

$H_b = H_{рп} + h_{рп} + l_р – h_р – h_b$.

2.6 Спостереження за деформаціями будинку

Загальні відомості про деформації інженерних споруд

Унаслідок конструктивних особливостей, впливу природних чинників та діяльності людини, будівлі та їхні окремі елементи можуть зазнавати різних видів деформацій. Загалом деформація означає зміну форми об’єкта, що спостерігається. У геодезичній практиці деформацією вважають зміну положення об’єкта відносно його початкового (вихідного) стану.

Спостереження за зсувами, осіданнями та деформаціями мають велике значення для оцінки надійності та стійкості споруд. Такі спостереження дають змогу своєчасно виявити загрозу аварійного стану або попередити можливе руйнування. Геодезичний контроль за деформаціями починається ще на етапі будівництва і проводиться шляхом високоточних та регулярних вимірювань.

Комплекс геодезичних робіт при визначенні зсувів, осідань і деформацій включає:

- розробку методик та визначення періодичності спостережень;
- створення схеми, вибір методів і програму побудови планових та висотних опорних мереж;
- проєктування геодезичних знаків;
- встановлення порядку та строків перевірки стабільності положення опорних знаків;
- закладання геодезичних знаків на місцевості;
- проведення вимірювань для побудови опорної мережі (тріангуляція, полігонометрія, нівелювання);

- вимірювання горизонтальних та вертикальних зміщень, кренів, зсувів споруди, а також фіксація тріщин та їх параметрів.

Протягом усього періоду будівництва або експлуатації об’єкта спостереження за його деформаціями здійснюється в певні проміжки часу. Такі вимірювання, що проводяться згідно з календарним графіком, називаються систематичними.

У разі виникнення подій або факторів, що різко змінюють нормальний хід деформацій (наприклад, зміна навантаження на фундамент, температурні коливання, підйом ґрунтових вод, землетруси тощо), виконуються термінові спостереження.

Паралельно з фіксацією деформацій проводяться супутні дослідження для з’ясування причин їх виникнення. Зокрема, здійснюється контроль за станом і температурою ґрунтів, рівнем підземних вод, температурою самої споруди, а також фіксуються метеорологічні умови. В обов’язковому порядку ведеться облік змін будівельного навантаження та навантаження від встановленого обладнання.

Методи спостереження за осіданням споруди

Для визначення величини осідання — тобто вертикального зміщення споруди — застосовують різні методи: фотограмметричний, гідростатичний, метод мікронівелювання, а також геометричне і тригонометричне нівелювання.

Серед них найуніверсальнішим і найпоширенішим способом є періодичне високоточне геометричне нівелювання спеціально закладених геодезичних марок (типів 1–7, див. рис. 16). Для виконання таких спостережень у

конструкцію споруди, починаючи з фундаменту, закладають осадочні марки та репери.

У фундаментах зазвичай використовуються марки з напівсферичною головкою. Їх розміщують уздовж осей фундаментів, що дозволяє не лише фіксувати абсолютне осідання, а й виявляти прогини, перекоси й нерівномірні деформації у різних напрямках конструкції.

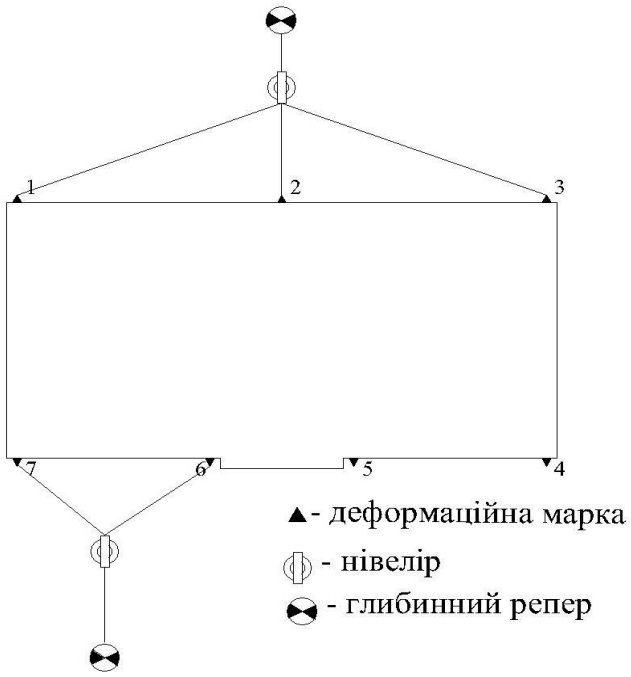


Рис.16 – Схема спостереження задеформаційними марками

Як висотна основа для визначення осідань марок, закладених у споруді, використовується система фундаментальних глибинних реперів. Ці репери вказують на зони можливих осідань ґрунтів і закладаються, як правило, заздалегідь — на глибину, що перевищує рівень промерзання ґрунтів у даному регіоні.

Кількість таких реперів повинна бути щонайменше 3–4, щоб на основі періодичних спостережень можна було визначити їх стабільність протягом усього періоду вимірювань деформацій.

Спостереження за осіданням проводять циклами — один раз на квартал, півріччя, рік тощо, залежно від характеру осідань. Такі вимірювання продовжують до моменту стабілізації процесу, коли швидкість осідання становить не більше 1–2 мм на рік.

За результатами кожного циклу обчислюють:

- висотні позначки марок;
- абсолютне осідання SiS_iSi, мм;
- швидкість осідання VVV, мм/рік.

На основі отриманих даних будуються графіки осідань (див. рис. 17), які дають змогу візуалізувати динаміку зміщень і оцінити стан конструкції в часі.

Розглянемо динаміку осідання будівлі на нашому прикладу.

$S_i = H_i - H_{i-1}$,(11)

ДеS_i–абсолютне осідання споруди, мм;

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

$$V = \frac{S_{co}}{T}, \qquad (12)$$

деV–швидкість осідання споруди, мм/рік. S_{co}– середнє осідання споруди за період спостереження.

Якщо значеннзнаходиться в межах 1 - 2 мм/рік, вважають що положення споруди стабільне.

Представимо графік осідання деформаційного репера, закладеного в фундамент досліджуваного будинка на початку його зведення. З моменту закладання репера минуло півтора роки, с постереження за репером

проводилися спочатку 1 раз в декаду, потім рідше – 1 раз на місяць.

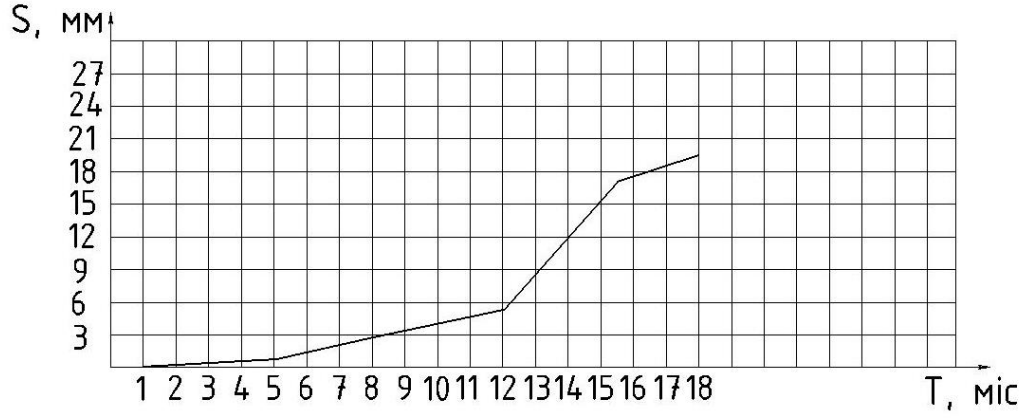


Рис.17 – Графік осідання репера№3.

Спосіб тригонометричного нівелювання дозволяє визначати осідання точок, розташованих на істотно різних висотах, у важкодоступних місцях.

Подібні ситуації спостерігаються під час проведення вимірювань на високих спорудах — таких як багатоповерхові будинки, вежі, греблі — а також у випадках, коли візування ускладнене наявністю перешкод.

Найвища точність вимірювань, порядку 0,1 мм, досягається при коротких променях візування (до 100 м) із використанням високоточних теодолітів, наприклад, типу Т2, та за спеціальною методикою, яка забезпечує вимірювання зенітних кутів із похибкою не більше 5".

Методика включає:

- однакове встановлення теодоліта на всіх циклах спостережень;
- ретельну перевірку та юстування приладу;
- забезпечення строго вертикального положення рейок;
- вибір сприятливих умов спостереження (час доби, стабільна температура тощо) для мінімізації впливу вертикальної рефракції;
- низку додаткових заходів, спрямованих на зменшення впливу зовнішніх джерел похибок.

Відстані до вимірюваних точок мають визначатися з точністю **3–5 мм**, що є необхідною умовою для забезпечення загальної високої точності геодезичних спостережень у складних умовах.

Застосовується для спостережень за взаємним висотним положенням точок, що знаходяться на невеликій відстані одна від одної — зазвичай у межах 1–1,5 метра.

Цей метод особливо ефективний у випадках, коли необхідно дослідити осідання або нахили окремих елементів конструкцій, таких як фундаменти, балки, ферми, а також важливе технологічне обладнання.

Вимірювання проводяться за допомогою мікронівеліра — високоточного геодезичного інструменту, здатного фіксувати дуже малі зміни висоти з точністю до часток міліметра. Такий підхід забезпечує надзвичайну точність при контролі деформацій локальних конструктивних елементів.

Гідростатичне нівелювання, як і геометричне, забезпечує високу точність визначення осідань, але має перевагу у можливості створення стаціонарних автоматизованих систем, які дозволяють дистанційно зчитувати дані в реальному часі. Конструкція таких систем варіюється в залежності від умов експлуатації, рівня необхідної точності та методу фіксації положення рівня рідини у вимірювальних посудинах відносно відлікових міток.

Горизонтальні зміщення споруд

Процес визначення горизонтальних зміщень включає:

- розробку програми спостережень з описом обраних методів та приладів;
- закладання опорних і контрольних пунктів, розміщених за межами зони можливих зміщень ґрунтів;
- виконання спостережень і аналіз отриманих результатів.

Перед кожним циклом спостережень обов’язково перевіряють стан і стабільність опорних знаків.

Методи визначення горизонтальних зсувів:

- метод створних спостережень;
- тріангуляційний метод;
- фотограмметричний метод.

Вертикальні зміщення споруд

Для визначення відхилень від вертикалі при зведенні будівель:

- вздовж головних осей із зовнішнього боку закріплюються деформаційні марки**;**
- на місцевості фіксуються постійні точки стояння приладів;
- вимірювання відхилень здійснюють за допомогою методів:
    - похилого проектування**,**
    - кутових або лінійно-кутових засічок**,**
    - вертикального проектування.

На монтажних горизонтах за опорну мережу може використовуватись внутрішня геодезична розбивочна мережа споруди. Осідання і відхилення фіксуються по деформаційних марках, закріплених на конструкціях.

Автоматизований геодезичний моніторинг

У період експлуатації доцільно застосовувати автоматизовані системи моніторингу**,** що відстежують у режимі реального часу наступні геометричні параметри:

- нахили фундаментів;
- нерівномірні осідання;

- відхилення від вертикалі, коливання верхівки будівлі;
- кручення споруди;
- деформації несучих елементів.

Крени споруд

Крен — це специфічний вид деформації, властивий переважно вежам і баштовим спорудам**.** Він може бути спричинений:

- нерівномірним осіданням основи;
- температурним вигином;
- однобічним вітровим тиском.

Для повної оцінки крену необхідно вести спільні спостереження за фундаментом і верхньою частиною споруди**.**

Технічне завдання, яке складає проєктна організація, визначає:

- допустиму точність вимірювань;
- розміщення марок;
- періодичність спостережень;
- вимоги до геодезичної мережі.

Проєкт виконавчих геодезичних робіт повинен включати:

- розрахунок точності;
- вибір та обґрунтування геодезичної мережі;
- типи марок і методи їх закріплення;
- методики спостережень;
- перелік обладнання;
- календарний план, кошторис, кількість виконавців.

Методи визначення кренів

Залежно від типу та висоти споруди використовуються:

- метод координат (найуніверсальніший);
- метод горизонтальних кутів;
- метод малих кутів;
- вертикальне проектування;
- зенітні відстані;
- високоточне нівелювання;
- спостереження за напрямками з опорного пункту;
- стереофотограмметрія.

Найбільш широко застосовуються перші чотири методи, оскільки вони поєднують високу точність, доступність та простоту. Вони базуються на прямій кутовій засічці, де вимірюються напрямки між пунктами спостереження та точками на споруді (в її нижній і верхній частинах).

Для методу координат:

- необхідно знати координати пунктів спостереження в єдиній системі;
- ці пункти включають до геодезичної мережі;
- відстань до споруди має становити 2–3 її висоти**, з** видимістю не менше ¾ її висоти;
- найкраща форма засічки — коли кут між напрямками становить близько 90°.

Протягом експлуатації обов’язково проводиться не менше трьох циклів спостережень щороку**,** з урахуванням динаміки осідань і загального стану споруди.

Метод вертикального проектування

Цей метод ефективний для низьких споруд, за умови хорошої видимості та доступу до нижньої частини будівлі. Він широко використовується також під час будівництва**.**

Суть методу — з двох точок спостереження, розміщених на перпендикулярних осях споруди на відстані 1,5–2 висоти, за допомогою теодоліта проєктують верхню точку конструкції на елемент її фундаменту (наприклад, палетку або закладну деталь). За зафіксованими координатами визначають відхилення від вертикалі[9].

Розрахуємо значення повного крену, для однієї з марок будівлі:

q_1 =2 мм, q_2 = 3 мм, L_1= 30 м, L_2= 40 м, l_1= 10 м, l_2= 10 м.

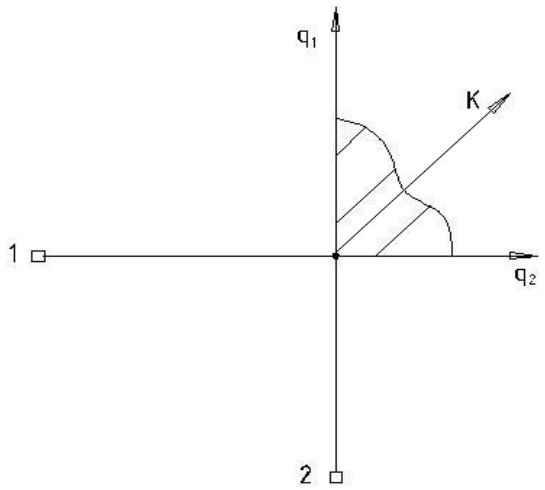


Рис.17– Визначення кренів споруд способом вертикального проектування

Величину повного крену розраховують:

Визначемо величини векторівкрену:q_1 і q_2– вектори крену з пунктів 1 та 2, які визначені за формулою

$$q = q' \left(1+\frac{l}{L}\right), \qquad (13)$$

деq' – відлік по рейці, мм,

L– відстань від теодоліта до рейки, м,*l*–відстань від рейок до точок візування (рис.17), м.

Визначимо q_1 іq_2:$q_1 = 5\left(1+\frac{10}{30}\right) = 6.7$ мм,

$$q_2 = 4\left(1+\frac{10}{40}\right) = 5 \text{мм}.$$

$$K = \sqrt{q_1^2 + q_2^2} = \sqrt{6,7^2 + 5^2 = 8,4} \quad . \qquad (14)$$

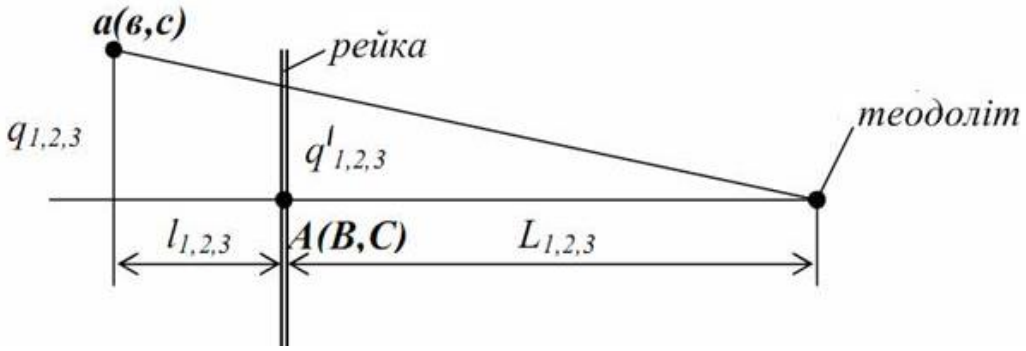


Рис. 18 – Визначення векторів крену способом вертикального проектування

Метод зенітних відстаней використовується для визначення крену вертикальних конструкцій, зокрема трубопроводів або димових труб. Для реалізації цього методу необхідно на продовженні двох взаємно перпендикулярних діаметрів вибраного цокольного перерізу конструкції закріпити чотири кронштейни. На цих кронштейнах розміщуються пристрої для примусового центрування теодолітів, що забезпечують точне позиціонування приладів. Монтаж кронштейнів виконується таким чином, щоб осі обертання теодолітів були рівновіддалені від поверхні споруди, що дозволяє уникнути похибок, пов’язаних із асиметрією установки. У випадку, якщо споруда має квадратний або прямокутний поперечний переріз, кронштейни з марками доцільно розміщувати на діагоналях і в середині кожної сторони як верхнього, так і нижнього (цокольного) перерізу. Спостереження проводиться шляхом вимірювання малих зенітних відстаней (кутів нахилу від вертикалі) з кожного кронштейна до відповідної марки, що дозволяє за допомогою тригонометричних розрахунків визначити значення крену.

Метод високоточного нівелювання базується на використанні точних геометричних або гідростатичних нівелірів для вимірювання вертикальних переміщень споруди або її окремих елементів. Як правило, цей метод застосовується для фіксації осідань марок, які розташовані за тією ж схемою, що й при методі зенітних відстаней. У межах кожного циклу спостережень виконується високоточне нівелювання марок, що дозволяє контролювати зміни

висотних відміток. Щоб мінімізувати вплив систематичних похибок (наприклад, похибок, пов’язаних зі зміною температури, тиску або інструментальних помилок), нівелювальний хід виконується за незмінною схемою, яка спирається не менше ніж на три репери, закладені поза межами зони деформацій. Такий підхід гарантує стабільність і надійність вимірювань. Важливо зазначити, що цей метод дозволяє визначати лише приріст осідань або кренів між двома циклами спостережень, а не їх абсолютні значення. Тобто, початкове положення конструкції приймається за нульовий рівень, і всі подальші спостереження показують відхилення від цього початкового стану. Тому даний метод рекомендовано використовувати переважно для контрольних вимірювань і моніторингу динаміки змін.

Метод напрямку з одного пункту є простим і ефективним способом визначення крену конструкцій, зокрема при обмеженому доступі до об'єкта спостережень. Суть методу полягає у визначенні зміщення центру верхнього перерізу споруди відносно центру її нижнього цокольного перерізу. Для цього обирається умовна система координат, початок якої знаходиться в центрі нижнього перерізу. Вісь ординат орієнтується в напрямку "пункт спостереження – центр цоколя". З цього пункту виконуються кутові та лінійні вимірювання до відповідних марок, встановлених на верхньому перерізі. Отримані значення дозволяють обчислити складові крену за осями координат, тобто визначити, наскільки змістився верх конструкції відносно основи.

Фотограмметричний метод застосовується для вимірювання деформацій споруд, особливо у випадках, коли необхідно фіксувати зміни просторового положення об’єкта без безпосереднього контакту з ним. Суть методу полягає у виконанні серії фотознімків об'єкта з однакового положення камери протягом різних етапів спостережень (циклів). На споруду попередньо встановлюються спеціальні мітки (марки), положення яких визначається з використанням методів фотограмметрії. Для забезпечення точності необхідно дотримуватись сталості просторового положення камери, тобто зберігати незмінними її місце

розташування, напрям знімання та орієнтацію. Це досягається за рахунок точної фіксації елементів внутрішнього орієнтування (властивостей оптики та геометрії камери) і зовнішнього орієнтування (положення камери в просторі відносно об'єкта зйомки). Порівнюючи координати марок, визначені за фотознімками нульового циклу та наступних циклів, можна виявити і кількісно оцінити зміщення, що відбулися. Метод є особливо ефективним при моніторингу висотних споруд, труб, мостів, а також об’єктів у важкодоступних або небезпечних для обстеження зонах.

3 Автоматизація геодезичного виробництва

3.1 Системи автоматизованого проектування

Система автоматизованого проєктування (САПР) або автоматизована система проєктування (АСП) — це спеціалізована комп'ютеризована система, призначена для автоматизації процесу розробки проєктів виробів, споруд чи об'єктів. Основною метою таких систем є створення повного комплекту проєктно-конструкторської документації, необхідної як для виготовлення продукції, так і для її подальшої експлуатації. САПР базується на використанні спеціалізованого програмного забезпечення, інтегрованих банків даних і різноманітного периферійного обладнання (плотери, сканери, графічні планшети, 3D-принтери тощо).

У сучасному світі системи автоматизованого проєктування, моделювання та підготовки технологічної документації на базі персональних комп’ютерів відіграють ключову роль у сфері інформатизації інженерної, конструкторської та технологічної діяльності. Вони істотно підвищують продуктивність праці, зменшують імовірність помилок і прискорюють процес розробки технічних рішень.

Одним із найпопулярніших і найпотужніших програмних продуктів у цій сфері є програма AutoCAD, розроблена компанією Autodesk. AutoCAD — це

багатофункціональний інструмент, що дає змогу автоматизувати практично всі етапи виконання графічних робіт. За допомогою цієї програми користувач може створювати як двовимірні креслення, так і складні тривимірні моделі різноманітних об’єктів — від деталей машин до будівель і ландшафтів.

Крім моделювання, AutoCAD дозволяє здійснювати точні інженерні розрахунки — визначати довжини, площі, об’єми, координати точок, взаємне розміщення елементів тощо. Таким чином, ця програма охоплює широкий спектр завдань, пов’язаних із проєктуванням, аналізом і візуалізацією проєктів у будівництві, геодезії, машинобудуванні, електротехніці та багатьох інших галузях.

Завдяки гнучкості, потужному функціоналу та високій точності, AutoCAD став стандартом у професійному середовищі інженерів, архітекторів і дизайнерів, забезпечуючи ефективну підтримку на всіх етапах життєвого циклу проєкту — від початкової ідеї до реалізації та експлуатації[22].

При цьому забезпечується висока оперативність і зручність створення креслень та їх коригування, що значно зменшує витрати часу порівняно з ручним виконанням креслень і розрахунків.

Унаслідок цього система широко використовується для виконання архітектурно-будівельних креслень, побудови топографічних карт та створення виконавчих схем.

На сьогодні проєктні організації переважно виконують проєкти в електронному вигляді за допомогою системи автоматизованого проєктування AutoCAD.

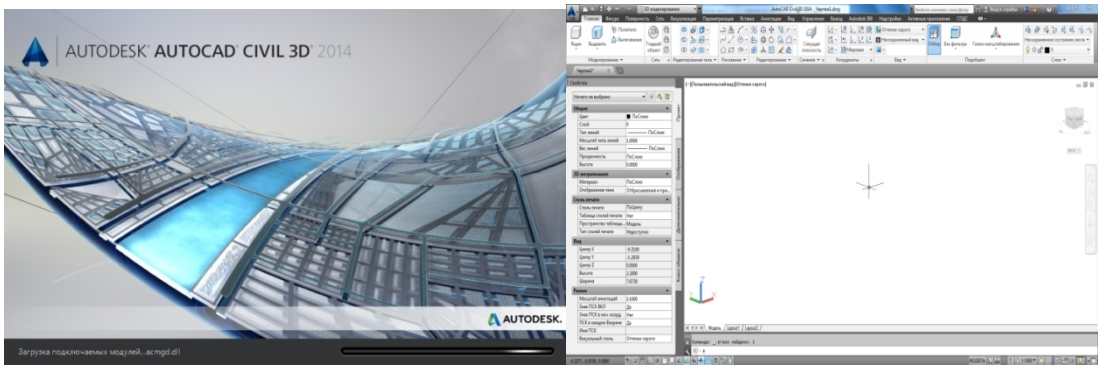


Рис. 19 –сапр AutoCad Civil 3D

З урахуванням цього, а також того, що останнім часом безвідбивні електронні тахеометри стали широко використовуватись на будівельних майданчиках при виконанні геодезичних робіт, можна стверджувати про новий етап розвитку геодезичного забезпечення проєктування та будівництва. Якщо креслення існує лише в паперовому вигляді, але геодезична служба має у своєму розпорядженні електронний тахеометр і персональний комп'ютер, доцільно виконати оцифрування креслення для подальшого його використання в цифровому форматі. Це дозволяє суттєво зменшити обсяг розрахунків при виносі проєкту в натуру, а також прискорити формування виконавчих схем. Оцифроване креслення має бути прив'язане до координатної системи, що використовується на об'єкті, що дозволяє визначити планові координати будь-якої точки. Усі сучасні електронні тахеометри мають вбудовану функцію виносу в натуру.

Застосування електронних тахеометрів

Одним із найбільш поширених оптико-електронних приладів в інженерній геодезії є електронний тахеометр. Цей інструмент поєднує функціональні можливості електронного теодоліта, високоточного електронного далекоміра та вбудованого польового комп'ютера. Сьогодні електронні тахеометри широко застосовуються в будівництві, реконструкції, архітектурі, інженерно-геодезичних вишукуваннях, моніторингу деформацій, а також у землевпорядних і кадастрових роботах.

Використання таких приладів на практиці дозволяє значно підвищити ефективність виконання геодезичних робіт, зменшити час на камеральну обробку, полегшити обробку польових вимірювань, а також мінімізувати помилки, пов’язані з людським фактором (зняття відліку, запис результатів, ручні обчислення). Електронні тахеометри дозволяють повністю відмовитися від використання калькуляторів для розрахунків під час винесення точок у натуру, визначення координат, виконання зворотної засічки тощо.

Сучасні моделі тахеометрів вирізняються високою надійністю, мають захист від пилу й вологи, оснащені широким набором прикладних програм і зручним інтерфейсом. Вони здатні працювати в різноманітних кліматичних умовах, а для роботи в суворих умовах північних регіонів розроблені спеціальні низькотемпературні модифікації.

Основними характеристиками, на які звертають увагу при виборі електронного тахеометра, є точність вимірювання кутів і довжин. Кутова точність приладів зазвичай становить від 1" до 6", а лінійні вимірювання виконуються з точністю від 0,5 мм до 3 мм, залежно від довжини лінії. Електронні тахеометри застосовуються для побудови геодезичних мереж, виконання топографічних зйомок, винесення в натуру осей споруд і заданих точок, визначення просторових координат елементів будівель і споруд, виконавчих зйомок тощо[23].

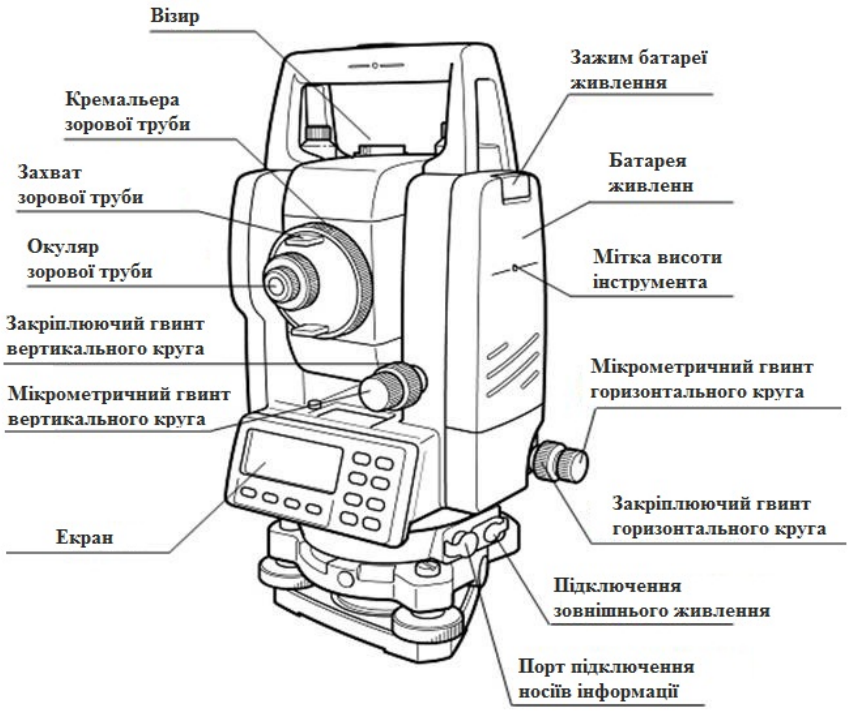


Рис.20. – будова електронного тахеометра.

Принцип дії електронного тахеометра базується на двох основних вимірювальних каналах — кутовому та лінійному.

Кутовий вимірювальний канал функціонує за допомогою абсолютного кодового датчика кута повороту, який не потребує попередньої індексації. Це означає, що після ввімкнення тахеометра на його дисплеї відразу відображається фактичне значення кута, що відповідає положенню датчика. Електронні зчитувальні пристрої автоматично здійснюють зняття відліків по горизонтальних і вертикальних датчиках кутів. Для підвищення точності застосовується двостороннє зчитування значень та використання двовісних електронних компенсаторів. Це дозволяє виключити вплив ексцентриситету датчиків і автоматично враховувати поправки у вимірювані кути, що виникають внаслідок відхилення тахеометра від вертикального положення.

Лінійний вимірювальний канал працює на основі вимірювання часу поширення електромагнітного імпульсу, реалізуючи імпульсно-фазовий метод

вимірювання відстаней. Тахеометр може працювати у двох режимах:
– з відбивачем, коли лазерне випромінювання спрямовується на спеціальний призменний відбивач, встановлений у точці вимірювання;
– безвідбивачевий режим, коли відбивання відбувається дифузно — від самої поверхні вимірюваного об'єкта.

У багатьох сучасних моделях передбачено вбудовані метеодатчики, що дає змогу автоматично враховувати атмосферні поправки (температуру, тиск, вологість), підвищуючи точність лінійних вимірювань.

Всі результати вимірювань виводяться на графічний дисплей приладу, зберігаються у внутрішній пам’яті і за потреби передаються на персональний комп’ютер для подальшої обробки. Тахеометр оснащено круглим і електронним рівнем, які забезпечують точне приведення приладу в робоче положення.

Порівняння швидкості виконання робіт на електронному тахеометрі та традеційнихгеодезичних приладах.

Таблиця 5.

Характеристики часових витрат на виробництво планово - висотної зйомки ділянки місцевості

Етапи роботи	Витрати часу при використанні, хв	
	тахеометра	теодоліта 2Т2 ісвітловід. 2СТ-10
Підготовчі роботи	12	20
Виконання кадастрового	35	105

знімання		
Обробка та оформлення результатів польових розрахунків	30	110
всього:	77	235

Слід зауважити, що під час роботи з електронним тахеометром обробка результатів вимірювань, які зберігаються у внутрішній пам’яті приладу, після імпорту на ноутбук виконується безпосередньо в польових умовах за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення. Натомість при використанні традиційної технології, що базується на оптичному теодоліті та світловіддалемірі, фіксація результатів здійснюється вручну в журналах вимірювань, а подальша обробка проводиться за допомогою окремих програм, при цьому дані вводяться вручну, що потребує додаткового часу та підвищує ймовірність помилок.

На основі отриманих результатів можна впевнено стверджувати, що застосування електронного тахеометра для виконання планово-висотної зйомки дозволяє зменшити часові витрати приблизно втричі у порівнянні з традиційними методами зйомки, що використовують теодоліт і далекомір. Це є переконливим доказом значного зростання ефективності геодезичних робіт завдяки впровадженню електронних тахеометрів у топографо-геодезичну практику.

На сучасному етапі розвитку науково-технічного прогресу спостерігається суттєва трансформація методів і технологій виконання топографо-геодезичних робіт. Основною причиною таких змін є поява новітніх приладів, якісно нових за функціональністю, що використовуються у геодезичному виробництві.

Швидкий розвиток електронних тахеометрів, які мають високий рівень автоматизації процесів кутових і лінійних вимірювань, став поштовхом до

створення комплексних геодезичних систем і технічних рішень. Ці системи використовують тахеометри як основні функціональні блоки, що істотно підвищує рівень автоматизації окремих етапів робіт, а також дозволяє вдосконалити весь процес топографічної зйомки.

Порівняльний аналіз технічних характеристик електронного тахеометра та традиційних геодезичних приладів — таких як оптичний теодоліт і далекомір — показує, що при близьких показниках точності вимірювання, електронний тахеометр є більш компактним і легким у використанні. Однак його головною перевагою є висока продуктивність завдяки автоматизованій обробці та виводу результатів вимірювань, що суттєво скорочує трудомісткість процесу.

Цей фактор є визначальним для підвищення загальної ефективності геодезичних робіт. Додатковою перевагою є можливість вимірювання великих відстаней без використання призм — до 800 метрів, що розширює сферу застосування електронних тахеометрів. Зокрема, вони ефективно використовуються для визначення координат висотних об’єктів, у лісовому господарстві, під час зйомок кар’єрів, шахт та інших складних об’єктів.

Отже, застосування електронного тахеометра в процесі виконання топографо-геодезичних робіт дозволяє, зберігаючи необхідний рівень точності, істотно підвищити ефективність виконання робіт, особливо з точки зору економії часу та зменшення витрат трудових ресурсів.

3.3 Принципи і організація розмічувальних робіт

Розбивкою споруди, або винесенням проєкту в натуру, називають комплекс геодезичних робіт, які виконуються безпосередньо на місцевості з метою визначення планового або висотного положення характерних точок та площин споруди згідно з затвердженим проєктом [7].

Як і в інших напрямах інженерно-геодезичної діяльності, при виконанні таких робіт слід дотримуватись загального принципу: від загального до конкретного. Багаторічна практика геодезистів сформувала низку ефективних прийомів, які застосовуються для підвищення точності вимірювань — як кутових, так і лінійних або висотних — між пунктами, що закріплені на місцевості. Наприклад, кути вимірюють кількома прийомами з використанням різних комбінацій відліків лімба, а лінійні відстані — у прямому та зворотному напрямках із подальшим внесенням поправок на систематичні похибки мірного інструменту. Варто зазначити, що навіть за умов використання сучасних високоточних приладів, нехтувати цими прийомами не рекомендується [3].

Компонування споруди визначається її геометричною конфігурацією, яка задається поздовжніми та поперечними осями. Саме вони є геометричною основою проєкту, відповідно до якої проводиться винесення в натуру. У робочих кресленнях усі розміри, відстані та положення елементів споруди фіксуються з прив’язкою до цих осей.

У проєктах будівель основними (головними) осями обирають, як правило, осі зовнішніх стін, осі симетрії, осі колон і осі фундаментів. Головні розбивочні осі обов’язково прив’язують до пунктів геодезичної основи. Крім них, існують основні осі, які задають геометрію найвідповідальніших частин споруди, визначають її форму та габарити. Всі допоміжні осі, що використовуються для розбивки дрібніших елементів та деталей, прив’язуються до головних і основних.

Геодезичне забезпечення будівництва виконується у три основні етапи:

1. Перший етап — виконання основних геодезичних робіт. На цьому етапі від пунктів геодезичної основи згідно з проєктними прив’язками визначають положення головних або основних розбивочних осей на місцевості та закріплюють їх спеціальними знаками. Від головних осей проводять розбивку та закріплення основних осей будівлі.

2. Другий етап — детальна будівельна розбивка. Використовуючи закріплені точки головних та основних осей, геодезисти виконують розбивку поперечних і поздовжніх осей окремих конструктивних елементів споруди, паралельно визначаючи необхідні висотні позначки. На цьому етапі вимоги до точності зростають, і сама розбивка виконується значно точніше, ніж попередня — з урахуванням конкретних конструктивних елементів [3].

3. Третій етап — розбивка технологічних осей. Цей етап потребує найбільш високої точності, адже визначає розміщення елементів, що безпосередньо впливають на технологічні процеси споруди. Точність вимірювань на цьому етапі має критичне значення.

Таким чином, поетапне виконання розмічувальних робіт демонструє дотримання головного принципу геодезії — від загального до конкретного, що є основою для досягнення високої точності та надійності геодезичного супроводу будівельного процесу.

,

+Сутність методу полярних координат

Спосіб полярних координатполягає в тому, що проектна точка К будується за дирекційним кутомα_{AB} і довжиною лінії d від вихідного пункту А до визначаюємої точки.

На вихідному пункті А встановлюють теодоліт(тахеометр) і зоріентовують його на інший пункт В вихідної лінії відліку по горизонтальному крузі (ГК), рівному дирекційному куту вихідної лінії α_{AB}. Потім обертанням алідади встановлюють відлік на горизонтальному крузі, рівний дирекційному кутуα_{AK}

лінії від вихідного пункту А до визначаємогоК, і в цьому напрямку відкладають горизонтальне прокладення*d* цієї лінії.

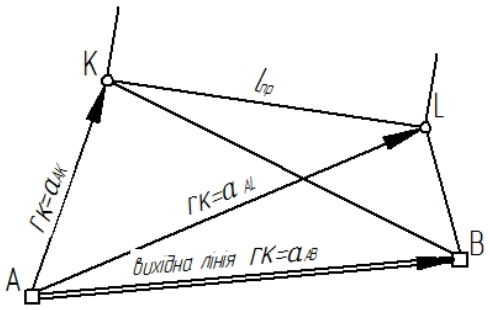


Рис. 21.Схема виносу споруди способом полярних координат

Середня квадратична похибка положення побудованої точки *K* складатиметься з родольной похибки m_d відкладення відрізка і похибки поперечного зсувm'_dвикликаних похибкою m_α відкладення дирекційного кута, яка в одиницях довжини буде дорівнює:

$$m_{\bar{d}} = \frac{m_\alpha}{\rho} * d \qquad (15)$$

Спосіб часто використовується при відновленні точок споруди по пунктах, що закріплють її осі.

Лінії значної довжини задаються візирною віссю теодоліта, а короткі лінії – капроновоюниткою або лескою, натягнутою між вихідними пунктами. Точність положення точки $m_{с.з.}$ перетин створів визначається точністю $m_{1с}$ і $m_{2с}$ побудови кожного з створів, тому середня квадратична похибка способу створної засічки вираховується за формулою:

$$m^2_{с.з} = m^2_{1с} + m^2_{2с} \qquad (16)$$

Основними похибками при побудові створів є: центрування і редукція$m_{ц.р}$, візування $m_в$фокусування зорової труби $m_{фок}$ зовнішніх умов $m_{зов.}$ Тому середня квадратична похибка побудови створа дорівнює

$$m^2_с = m^2_{ц.р} + m^2_в + m^2_{фок} + m^2_{вн} \qquad (17)$$

Загальна середня квадратична похибка розбивки $m_р$створної засічки вираховується за формулою

$$m^2_p = m^2_{с.з} + m^2_{вих} + m^2_ф \quad (18)$$

Отже, точність розмічувальних робіт в першу чергу залежить від лінійної відстані до розмічувальних точок, а також від зовнішніх факторів які впливають на результати спостереження.

Точність розбивки споруд залежить від типу і призначення споруди, матеріалу зведення, технологічних особливостей виробництва і регламентується будівельними нормами і правилами (ДБН), державним стандартом «Система забезпечення геометричної точності у будівництві», технічними умовами проекту споруди [4].

Способи прямої і зворотної кутової засічки

Спосіб кутової засічки застосовують для розбивки недоступних точок, що перебувають на значній відстані від вихідних пунктів.

Розрізняють пряму й зворотну кутові засічки.

Пряма засічка

У способі *прямої кутової засічки* положення на місцевості проектної точки С (рис. 21) знаходять відкладенням на вихідних пунктах А и В проектних кутів β_1 й β_2. Базисом засічки служить або спеціально обмірювана сторона, або сторона розбивочної мережі. Проектні кути β_1 й β_2 обчислюють як різниця дирекційних кутів сторін. Дирекційні кути знаходять із рішення зворотної геодезичноїзадачі по проектних координатах обумовленої точки й відомих координат вихідних пунктів.

Розрахуємо точність розбивки методом прямої кутової засічки для тахеометра Nikon npl 332, m_β=5”, m_l=3 мм.

Приймемо S1=90 м, S2=100 м, γ=60º, b=110 м, β_1 =51º56’0.65”,β_2 = 68º3’59.35”,

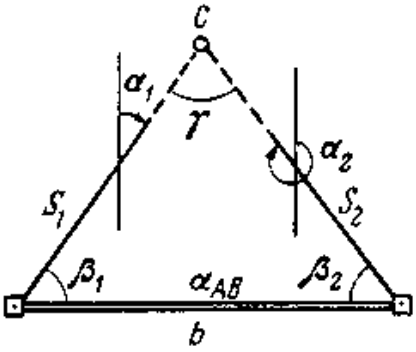


Рис. 22 – Схема розбивки способами прямої кутової і лінійної засічки

На точність розбивки способом прямої кутової засічки впливають помилки прямої засічки, вихідних даних, центрування тахеометра (теодоліта) й візирних цілей, фіксації розбивочної точки, тобто

$$m_c^2 = m^2 + m^2 + m^2 + m^2 \qquad (19)$$

Середня квадратична помилка засічки дорівнює

$$m = \frac{m_\beta}{\rho \sin_\gamma}\sqrt{(S_1^2 + S_2^2)} \qquad (20)$$

$$m = \frac{5''}{206265''\sin 60^\circ}\sqrt{(90^2 + 100^2)} = 3.8 \text{ мм}$$

де m_β - середня квадратична помилка відкладення кутів β_1 й β_2.

Помилка вихідних даних є наслідком помилок у положенні пунктів А і В. Якщо $m_A=m_B=m_{AB}$, то

$$m^2 = m_{AB}^2 \frac{\sin^2\beta_1 + \sin^2\beta_2}{\sin^2\gamma} = m_{AB}^2 \frac{S_1^2 + S_2^2}{b_2} \qquad (21)$$

Примемо m_{AB}=3 мм, то вираз для нашого випадку матиме вигляд:

$$m^2 = 3^2 \frac{90^2 + 100^2}{110} = 13{,}46 \text{ мм}^2, \quad m_{вих} = 3{,}7 \text{ мм}.$$

Для наближених розрахунків, коли $S_1 = S_2 = S$ і $\gamma = 90°$, можна записати

$$m = \frac{m_{AB}\sqrt{2}}{b} S. \qquad (22)$$

За аналогією з попередніх формул спільний вплив помилок центрування

тахеометра (теодоліта) й візирної вішки виразиться формулами:

$$m^2 = e^2 \frac{sin^2 \beta_1 + sin^2 \beta_2}{sin^2 \gamma} = e^2 \frac{S_1^2 + S_2^2}{b_2} \quad (23)$$

або

$$m = \frac{e\sqrt{2}}{b} S, \quad (24)$$

де e - величина лінійного елемента центрування.

В нашому випадку, нехай е=2 мм

тоді

$$m^2 = 2^2 \frac{90^2 + 100^2}{110} = 6 \text{ мм}^2, \ m_ц = 2{,}5 \text{ мм}.$$

Нехай $m_ф$=2мм, тоді $m_c^2 = 3\,,8^2 + 3\,,7^2 + 2\,,5^2 + 2^2$=38,4мм^2, m_c=6,2 мм.

При будівництві не великих об’єктів довжина відстані зісічки рідко перебільшує 100 м.

Спосіб зворотної засічки

На місцевості знаходять приблизне положення О' проектної точки О, яку розбивають. У цій точці встановлюють тахеометр (теодоліт) і з необхідною точністю вимірюють кути не менш чим на три вихідних пункти з відомими координатами. По формулах зворотної засічки обчислюють координати приблизно певної точки і порівнюють їх із проектними значеннями. По різниці координат обчислюють величини редукції (кутовий і лінійний елементи) і зміщають точку в проектне положення. Для контролю на цій точці вимірюють кути, знову обчислюють її координати й порівнюють їх із проектними. У випадку неприпустимих розбіжностей всі дії повторюють.

Для обчислення координат точки О' можна використати формули Деламбера й Гаусса. Стосовно до (рис. 22), вони будуть мати вигляд:

$$tg\ \alpha_{AJ'} = \frac{\left(Y_C - Y_A\right) ctg_{\beta 1} + \left(Y_B - Y_A\right) ctg_{\beta 2} - \left(X_B - X_C\right)}{\left(X_C - X_A\right) ctg_{\beta 1} + \left(X_B - X_A\right) ctg_{\beta 2} - \left(Y_B - Y_C\right)} \quad (25)$$

$$X_{o'} = \frac{X_B\, tg\alpha_{BO'} - X_A\, tg\alpha_{AO'} + \left(Y_A - Y_B\right)}{tg\alpha_{BO'} - tg\alpha_{AO'}} \quad (26)$$

$$Y = Y_B + (X_O - X_B) tg\alpha_{BO'} \quad (27)$$

$$Y = Y_C + (X_O - X_C) tg\alpha_{CO'} \quad (28)$$

$$\alpha_{BO'} = \alpha_{O'A} + \beta_2 \pm 180°;\ \alpha_{CO'} = \alpha_{O'A} - \beta_1 \pm 180° \quad (29)$$

На точність розбивки способом зворотної кутової засічки впливають помилки властиві засічці, вихідних даних, центрування вимірювального приладу й візирних цілей, фіксації розбивочної точки й редукування.

Очевидно, що при порівняно більших відстанях від обумовленого до опорних пунктів вплив перших двох джерел буде найбільш істотним; іншими помилками можна зневажити.

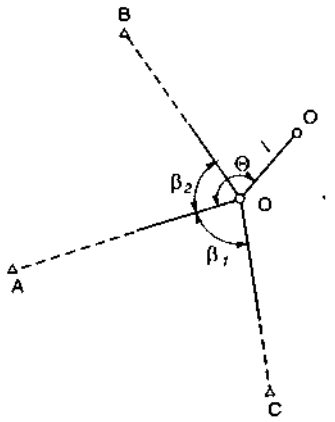


Рис. 23. – Схемаспособу зворотної кутової засічки

Помилка властива зворотній засіці може бути підрахована по наближеній формулі:

$$m_{\ \ .\ .} = \frac{m_\beta S_A}{\rho sin(\beta_1 + \beta_2 + \omega_{BAC})} \sqrt{(\frac{S_B}{b_{AB}})^2 + (\frac{S_C}{b_{AC}})^2}, \quad (30)$$

де S - відстань від обумовленого до відповідних опорних пунктів; b - відстань між відповідними опорними пунктами; w_{BAC} - кут між вихідними сторонами.

Якщо для наближених розрахунків прийняти $S_A = S_B = S_C = S_{ср}$; $b_{AB}=b_{AC}= =b_{ср}$, то формула (30) прийме вигляд:

$$m_{\ \ .\ .} = \frac{m_\beta S \quad \sqrt{2}}{\rho sin(\beta_1 + \beta_2 + \omega_{BAC})} \frac{S}{b_{ch}}$$

(31)

Помилки вихідних даних обчислюють за формулою:

$$m = \frac{m_{ABC}}{sin\tau}\sqrt{\frac{S_A^2 + S_B^2}{b_{AB}^2} + \frac{S_A^2 + S_C^2}{b_{AC}^2} + \frac{S_B^2 + S_C^2}{b_{AB}\, b_{AC}} cos\tau} \quad (32)$$

де $m_A=m_B=m_C=m_{ABC}$ - помилка в положенні вихідного пункту;

Для наближених розрахунків:

$$m = \frac{m_{ABC}}{sin\tau}\frac{S}{b}\sqrt{4 + cos\tau} \quad (33)$$

Спосіб лінійної засічки

У способі лінійної засічки положення точки, що виносить у натуру, С визначають на перетинанні проектних відстаней S_1 і S_2, відкладених від вихідних точок А і В. Цей спосіб звичайно застосовують для розбивки осей будівельних конструкцій у випадку, коли проектні відстані не перевищують довжини мірного приладу.

Найбільше зручно розбивку робити за допомогою двох рулеток. Від точки А по рулетці відкладають відстань S_1, а від точки В по другій рулетці – S_2. Переміщаючи обидві рулетки при сполучених нулях із центрами пунктів А и В, на перетинанні кінців відрізків S_1 і S_2 знаходять положення обумовленої точки С.

Середня квадратична помилка в положенні обумовленої точки в загальному виді виражається формулою, аналогічної вираженню (24) для кутової засічки. Помилка властиво лінійної засічки при однаковій точності m_S відкладення відстаней S_1 і S_2 може бути підрахована за формулою.

$$m_{\cdot\ \cdot} = \frac{m_S\sqrt{2}}{sin\gamma} \quad (34)$$

Мінімальної помилка властиво лінійної засічки буде при куті γ = 90°. У цьому випадку

$$m_{\cdot\ \cdot} = m_S\sqrt{2} \quad (35)$$

Вплив помилок вихідних даних у лінійній засічці виражається формулою:

$$m^2 = \frac{m_A^2 + m_B^2}{2\,sin^2\,\gamma} \qquad (36)$$

При $m_A = m_B = m_{AB}$

$$m = \frac{m_{AB}}{sin\gamma} \qquad (37)$$

Для засічки при γ = 90° $m_{исх} = m_{AB}$.

У випадку застосування мірних приладів помилки центрування відсутні. Тоді загальна помилка у визначенні положення розбиває точки, що, *С* буде в основному залежати від сумарної помилки властивої засічці вихідних даних і виражатися формулою

$$m_C^2 = \frac{1}{sin\gamma}\,(2\,m_S^2 + m_{AB}^2) \qquad (38)$$

Для наближених розрахунків, прийнявши γ = 90°, будемо мати

$$m_C = \sqrt{2\,m_S^2 + m_{AB}^2} \qquad (39)$$

Визначити необхідну точність відкладення розмічувальних відстаней можна, якщо задано точність визначення проектного положення точки, що виносить у натуру, і відома помилка в положенні вихідних пунктів. Так, наприклад, при m_C=10мм і m_{AB}=5 мм із формули можна одержати

$$m_s = \sqrt{\frac{m_c^2 - m^2}{2}} = \sqrt{\frac{100 - 25}{2}} \approx 6 \quad .$$

В випадку, якщо для лінійної засічки застосовуються далекомірні комплекти, які центруються за допомогою штативів, то вплив помилок центрування можна визначити за формулою

$$m = \frac{e}{siny} \qquad (40)$$

Способи створної і створно-лінійної засічки

Способи створної і створно-лінійної засічки широко застосовують для виносу в натуру розмічувальних осей будинків і споруд, а також монтажних осей конструкцій і технологічного встаткування.

Положення проектної точки С у *способі створної засічки* визначають на перетині двох створів, що задають між вихідними точками 1 – 1' и 2 – 2' (рис. 23). Створ задають звичайно теодолітом, що центрують над вихідним пунктом (наприклад 1), а зорову трубу орієнтують по візирній мітці, відцентрированної на іншому вихідному пункті (у цьому випадку – 1'). Положення точки С фіксують у заданому створі.

Середня квадратична помилка створної засічки залежить від помилок побудови першого m_{C1}, і другого m_{C2} створів, а також помилки фіксації

$$m_C^2 = m^2_{1} + m^2_{2} + m^2 \qquad (41)$$

Основними помилками при побудові кожного зі створів є помилки положення вихідних точок, помилки центрування теодоліта і візирних цілей, помилка візування й зміни фокусування зорової труби при наведенні на візирну міткуі на обумовлену точку, тобто

$$m^2 = m^2 + m^2 + m^2 + m^2 \qquad (42)$$

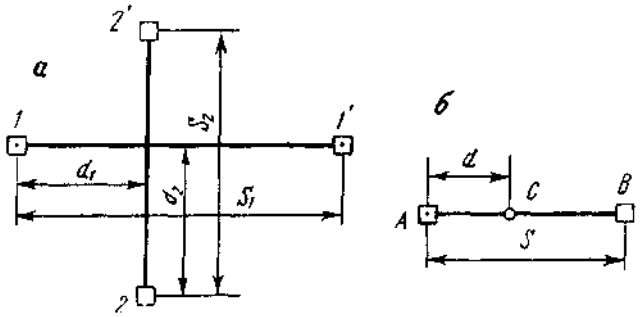


Рис.24 – Схеми розбивки способами створної (а) і створно-лінійної (б) засічки

Помилки положення вихідних точок для задання створу мають значення тільки в напрямку, перпендикулярному створу, тобто для кожного створу по одній з координат х або у. Їхній вплив визначається формулою

$$m^2 = m_x^2 \left[\left(1 - \frac{d}{S}\right)^2 + \left(\frac{d}{S}\right)^2\right] \qquad (43)$$

де d - відстань від точки установки теодоліта до обумовленої точки; S - відстань між вихідними точками (довжина створу).

Спільний вплив помилок центрування теодоліта й візирної мітки виражається формулою:

$$m^2 = \frac{c^2}{2}\left[\left(1 - \frac{d}{S}\right)^2 + \left(\frac{d}{S}\right)^2\right] \qquad (44)$$

Аналізуючи формули (43) і (44), можна зробити висновок, що найменший вплив помилки вихідних даних і центрування роблять на положення обумовленої точки в середині створу. У міру наближення її до вихідних пунктів ці помилки зростають.

Помилку візування в кутовій або лінійній мірі підраховують відповідно по формулах (45) і (46).

При побудові створу доводиться візувати двічі: спочатку на візирну мітку, установлену на вихідній точці, потім на мітку, що фіксує положення розбивочної точки зі створу. В обох випадках лінійна величина помилки візування для обумовленої точки буде пропорційна відстані d від теодоліта до цієї точки. Отже, для створних побудов помилка візування (у мм) буде дорівнює:

$$m = \frac{m'' \, d\sqrt{2}}{\rho''} \qquad (45)$$

або

$$m = \frac{20'' \, d\sqrt{2}}{x \, \rho''} \qquad (46)$$

При побудові створу доводиться візувати на точки, розташовані від теодоліта на різних відстанях, що приводить до необхідності міняти фокусування труби. Зміна ходу фокусуючої лінзи викликає зсув візирної осі труби й приводить до помилки, яку необхідно враховувати при точних роботах.

У сучасних високоточних теодолітах помилка через перефокусування труби приблизно дорівнює помилці візування. Тому для наближених

розрахунків можна прийняти $m_{фок}=m_{виз}$. З обліком цього спільний вплив помилок візування й фокусування при створних побудовах може бути виражено формулою:

$$m_{x,} = \frac{20'' \sqrt{3d}}{\rho''}$$

(47)

Для приклада оцінимо точність розбивки проектного положення точки способом створної засічки, якщо точка перебуває посередині обох створів. Приймемо d=100 м, Γ^x=25, $m_{x,y}$=5 мм, e=1 мм, $m_ф$=1 мм.

Тому що в кожному створі обумовлена точка перебуває в однакових умовах, то досить зробити розрахунок для одного створу. Використовуючи формулу (43), для помилок вихідних даних будемо мати

$$m_{вих} = \sqrt{5^2 \left[\left(1-\frac{1}{2}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \right]} = 0.5 \text{ мм}$$

За формулою (44) для помилки центрування одержимо

$$m_ц = \sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)^2 \left[\left(1-\frac{1}{2}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \right]} = 0.5 \text{ мм}.$$

На підставі формули (47) для помилок візування й фокусування запишемо:

$$m_{x,} = \frac{20\sqrt{3 * 100000}}{25 * 206000} = 0{,}7 \text{ мм}.$$

Загальна помилка розбивки з урахуванням помилок двох створів буде дорівнює:

$$m_c = \sqrt{2\left[(3.5)^2 + (0.5)^2 + (0.7)^2\right] + (1.0)^2} = 5.3 \cdot$$

У наведеному розрахунку найбільш істотної виявилася помилка вихідних даних.

Створно-лінійний спосіб дозволяє визначити проектне положення точки, що виносить у натуру точки С шляхом відкладення проектної відстані d по

створі АВ.

Середня квадратична помилка положення точки С у цьому способі може бути підрахована по формулах створної засічки (41) - (47) з обліком у вираженні (44) помилки m_d відкладення проектної відстані d.

Спосіб прямокутних координат

Спосіб прямокутних координат застосовують в основному при наявності на площадці або в цеху промислового підприємства будівельної сітки, у системі координат якої задане положення всіх головних точок й осей проекту.

Розбивку проектної точки С роблять за обчисленим значенням збільшень її координат Δx і Δy від найближчого пункту сітки. Більше збільшення (на малюнку - Δy) відкладають по створу пунктів сітки АВ. В отриманій точці D установлюють теодоліт і будують від сторони сітки прямий кут. По перпендикулярі відкладають менше збільшення й закріплюють отриману точку С. Для контролю положення точки С можна визначити від іншого пункту будівельної сітки.

Схема способу прямокутних координат власне кажучи сполучає в собі схему створно-лінійного й полярного способів.

Середня квадратична помилка в положенні точки *С*, способом прямокутних координат, може бути виражена формулою:

$$m^2 = m_{\Delta x}^2 + m_{\Delta y}^2 + \left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 \Delta x^2 + m^2 + m^2 + m^2 \qquad (48)$$

де $m_{\Delta x}$ і $m_{\Delta y}$ - помилки відкладення збільшення координат.

Якщо по перпендикулярі відкладається ордината, то у формулі (48) величина Δx заміняється на Δy.

Вплив помилок у положенні вихідних пунктів за умови $m_A = m_B = m_{AB}$ виражається формулою:

$$m^2 = m_{AB}^2 \left[1 + \left(\frac{\Delta x}{b}\right)^2 + \left(\frac{\Delta y}{b}\right)^2 - \frac{\Delta y}{b}\right] \qquad (49)$$

а помилка центрування:

$$m = e^2 \left[1 + \left(\frac{\Delta x}{b}\right)^2 + \left(\frac{\Delta y}{b}\right)^2 - \frac{\Delta y}{b}\right] \quad (50)$$

де b — довжина сторони будівельної сітки.-

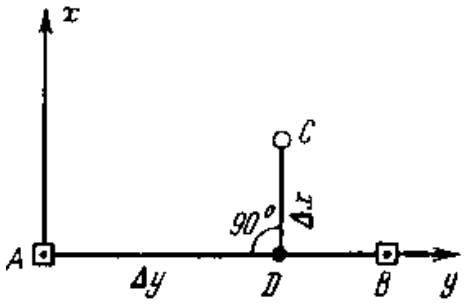


Рис. 25 - схема розбивки способом прямокутних координат

При розбивці точки *C* по перпендикуляру від сторони абсцис в формулах (49) і (50) в останньому члені замість Δу треба приймати Δх.

Розрахуємо для приклада точність виносу в натуру проектної точки *C*, розташованої в середині квадрата будівельної сітки зі стороною 200м. Приймемо відносну помилку відкладення відстані рівної 1:10000, m_β = 10", m_{AB} = 10мм,*e*= 1мм, m_ϕ= 1мм.

Оскільки точка С розташована в середині квадрата будівельної сітки, то Δх = Δу = 100м. Для цього випадку

$$m_{\Delta x} = m_{\Delta y} = \frac{100000}{10000} = 10 \quad ; \quad m = m = 10 \quad ,$$

$$m = e = 1 \quad ; \frac{m_\beta}{\rho} \Delta x = \frac{10 * 1000}{206000} = 5 \quad .$$

Підставивши ці дані у формулу (48), одержимо:

$$m = \sqrt{10^2 + 10^2 + 5^2 + 10^2} = 18$$

Помилки центрування й фіксації можна не враховувати, тому що вони малі в порівнянні з величинами інших помилок.

Спосіб бічного нівелювання

Спосіб бічного нівелювання широко застосовують для виносу осей при детальній розбивці й для установки будівельних конструкцій у проектне

положення.

Сутність способу полягає в тому, що по лінії, паралельної основній осі АВ (рис. 26), оптичним візуванням, наприклад теодолітом, задається створ А 'В'. Точки А' і В' знаходять шляхом відкладення деякої відстані *l* від точок А и В перпендикулярно лінії АВ. Відстань *l* вибирають у межах 1 - 2м, виходячи зі зручності виробництва розмічувальних робіт. Положення осі конструкції визначають за допомогою горизонтально встановлюваної нівелірної рейки. При відліку по рейці *l*, рівному відстані паралельного створу А 'В' від осі АВ, п’ятка рейки визначає положення цієї осі в даному місці.

Основними помилками бічного нівелювання є:

- помилка розбивки паралельного створу $m_{ств}$;
- помилка центрування оптичного приладу й візирної цілі при заданні паралельного створу $m_{ц}$;
- помилка установки рейки $m_{у}$;
- помилка відліку по рейці m_0.

Загальна помилка способу може бути підрахована за формулою:

$$m^2 = m^2 + m^2 + m^2 + m^2 \qquad (51)$$

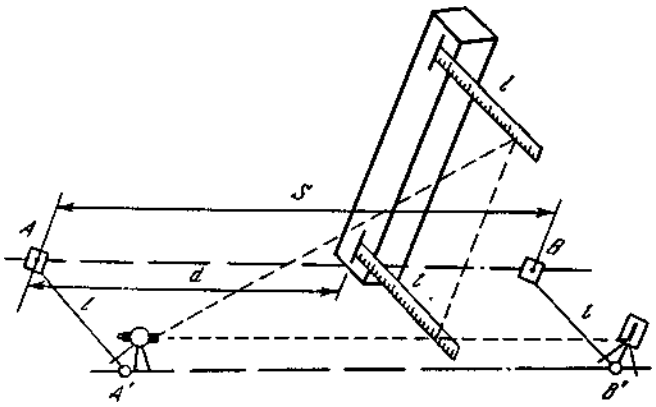


Рис. 26 - Схема розбивки способом бічного нівелювання

Помилка розбивки паралельного створу складається з помилок побудови прямого кута й відкладення відстані *l*. Розрахунок їх аналогічний полярному способу.

Вплив помилки центрування можна підрахувати, як й у способі створної

засічки, за формулою (44).

Помилка установки рейки буде в основному залежати від не перпендикулярності рейки до створу візування. Цю помилку можна обчислити так:

$$m = \frac{h^2}{2\,p^{2'}} \qquad (52)$$

де *v*- кут відхилення рейки від її перпендикулярного положення.

Помилку відліку по рейці підраховують за формулою

$$m_0 = 0\,.\,03t + 0\,.\,2\,\frac{d}{x}$$

(53)

де *t* - ціна поділки рейки; *d* - відстань від приладу до рейки, м;

Γ^x - збільшення зорової труби приладу.

Для приклада визначимо помилку способу бічного нівелювання при наступних даних: *S*=100 м; *d*=50 м; *l*=2 м; *v* =2°; е = 1 мм; *t*=10мм; m_1 = 1,m_β= 30"; Γ^x=25.

У цьому випадку полярний спосіб застосовується для двох точок. Тоді, використовуючи частково формул,будемо мати

$$m = \sqrt{2[\,1^2 + (\,\frac{30\,2000}{206000}\,)^2\,]} = 1.5 \text{ мм.}$$

При $d = \frac{S}{2}$ з формули (44) одержимо

$$m = e = 1 \quad .$$

За формулою (52) знайдемо

$$m_y = \frac{2000 * 2^2}{2 * (57 * 3)^2} = 1\,.\,2 \quad .$$

За формулою (53) обчислимо

$$m_0 = 0\,.\,03 * 10 + 0\,.\,2 * \frac{100}{25} = 1\,.\,1$$

Загальну помилку виразимо так:

$$m = \sqrt{(1\,,\,5)^2 + (\,1\,,\,0)^2 + (1\,,\,2)^2 + (1\,,\,1)^2} = 2\,.\,4$$

3.4 Організація геодезичних робіт

У сучасному будівництві роль геодезиста є ключовою та невіддільною складовою всього будівельного процесу. Комплекс геодезичних робіт, які виконує геодезична служба будівельної організації, забезпечує точне просторове розміщення будівель і споруд на місцевості, а також їхнє зведення у відповідності до проєктних геометричних параметрів і вимог чинних нормативних документів.

Сучасна геодезія активно використовує лазерні та багатофункціональні електронні прилади, а також спеціалізоване програмне забезпечення, встановлене на персональних комп'ютерах. Це дозволяє працювати з електронними кресленнями, автоматизувати створення виконавчої документації та значно спрощує підготовку до розмічувальних і контрольних робіт.

Склад і обсяг геодезичних робіт безпосередньо залежать від етапів будівництва. Успішне й своєчасне виконання будівельних робіт часто ґрунтується на оперативній видачі геодезичної інформації, яка передається будівельникам. Оскільки сучасне будівництво здійснюється протягом усього року, незалежно від погодних умов, геодезична служба повинна функціонувати безперервно та бути готовою до роботи в будь-який час.

Неточності в геодезичних вимірюваннях або розрахунках можуть мати серйозні наслідки, включаючи значні матеріальні збитки. Крім того, геодезисти нерідко обслуговують декілька будівельних об'єктів одночасно, що вимагає ефективного планування й розподілу навантаження.

В умовах реального будівельного майданчика тривалість геодезичних робіт може збільшуватися через стисненість території, наявність складованих матеріалів, активну роботу вантажопідйомної техніки та природні перешкоди, що характерно, зокрема, для міських умов.

Сучасні темпи будівництва є надзвичайно інтенсивними, і їх зниження може призвести до збільшення накладних витрат, уповільнення оборотності інвестицій, підвищення собівартості об'єктів і, як наслідок, до зниження обсягів реалізації будівельної продукції, що може викликати соціально-економічні труднощі.

З огляду на це, будівельні та геодезичні роботи часто виконуються в кілька змін, включаючи нічні зміни. Багато видів робіт передбачають спільну участь геодезистів і монтажників. У таких випадках геодезична служба виконує початковий та завершальний контроль положення елементів, що монтуються, тоді як проміжні етапи монтажники здійснюють самостійно, використовуючи доступні засоби контролю — будівельні рівні, шнури, висок тощо. Такий підхід

дає змогу підвищити продуктивність на ділянці та забезпечити обслуговування кількох монтажних бригад одночасно.

На будівельному майданчику всі геодезичні роботи поділяються на камеральні та польові, як і в інших напрямах геодезичної діяльності. Для виконання камеральних робіт необхідне окреме приміщення з підведеною електроенергією — для зарядки акумуляторів геодезичних приладів, роботи комп’ютера, принтера, освітлення, а також забезпечення побутових умов у зимовий період, включаючи використання обігрівачів або побутової техніки для приготування їжі.

Геодезичне забезпечення будівництва здійснюється на основі спеціально розробленого проєкту — проєкту виробництва геодезичних робіт (ПВГР). У ньому визначається перелік конструктивних елементів споруд, які підлягають геодезичному контролю, а також методи й послідовність цього контролю. Усі зазначені положення мають бути чітко прописані або в загальному проєкті виробництва робіт, або окремо в ПВГР.

Розділ 5

Техніка безпеки при виконанні геодезичних робіт

Під час виконання геодезичних робіт на будівельних майданчиках необхідно суворо дотримуватись загальних правил техніки безпеки.

передбачених для будівельних робіт. Усі працівники повинні працювати в умовах, що виключають ризик для їхнього життя і здоров'я.

На будівельних майданчиках обов'язково встановлюють попереджувальні знаки і написи поблизу небезпечних зон, де діють або можуть виникнути потенційно небезпечні виробничі фактори. Прикладами таких позначень є: *«Зона роботи крана»*, *«Обережно, відкриті прорізи»* тощо. До небезпечних зон належать: місця поблизу неізольованих струмоведучих частин, зони переміщення техніки, ділянки складування небезпечних матеріалів, території, над якими переміщуються вантажі кранами, а також місця проведення зварювальних робіт або експлуатації обладнання з обертовими частинами. Для безпеки працівників зводяться тимчасові огорожі, козирки та захисні конструкції навколо споруд, що будуються.

При супроводі будівництва геодезистами застосовуються як **загальні вимоги безпеки**, характерні для всіх видів будівельних робіт, так і **спеціальні заходи**, які стосуються саме геодезичних робіт. Зокрема, необхідно враховувати вимоги до безпечної висоти підвіски електропроводів, особливо поблизу ліній електропередач і електропідстанцій. Забороняється підносити рейки, вішки, рулетки або інші вимірювальні прилади ближче ніж на 2 метри до електропроводів, включаючи контактні мережі на залізницях та трамвайних лініях.

При встановленні тимчасових знаків, таких як колики або штирі, їх слід забивати врівень із ґрунтом. Максимальна довжина таких елементів не повинна перевищувати 15 см, що зменшує ризик отримання травм або пошкодження техніки.

У процесі геодезичного супроводу під час виконання земляних, бетонних, кам'яних і монтажних робіт геодезисти зобов'язані дотримуватись норм безпеки, передбачених для відповідних видів будівництва. Категорично забороняється наносити розмічувальні осі або інші орієнтири на елементи

конструкцій у момент їхнього підйому, переміщення або в підвішеному стані. Також не допускається залишати геодезичні прилади без нагляду на монтажних поверхах під час технологічних перерв.

Транспортування геодезичних приладів повинне здійснюватись лише в упаковці (ящиках), а штативи — виключно у складеному вигляді, щоб уникнути механічних пошкоджень та травмувань.

Обстеження підземних комунікацій зазвичай супроводжується проведенням зйомок. У таких випадках відкриваються люки оглядових колодязів, над якими встановлюється тринога із попереджувальним знаком *«Небезпека»*.

Керівник геодезичних робіт на об’єкті зобов’язаний ознайомитись з чинними нормами безпеки, провести інструктаж з охорони праці для всіх підлеглих працівників та несе відповідальність за дотримання встановлених вимог.

До виконання геодезичних робіт допускаються тільки ті особи, які пройшли вступний інструктаж, навчання правилам охорони праці, а також первинний інструктаж безпосередньо на робочому місці. Проведення інструктажів оформлюється відповідно до вимог нормативного документа СНиП III-02-80. Якщо робочі місця та шляхи до них розташовані на висоті понад 1,3 м і ближче ніж за 2 м до краю різниці рівнів, вони повинні бути обладнані захисними або страхувальними огорожами. При відстані більше 2 м допускається встановлення сигнальних огорож, які повинні відповідати чинним вимогам стандартів.

До робіт на висоті допускаються лише працівники, які пройшли медичний огляд, що підтверджує їх придатність до виконання такого роду робіт.

Вимоги техніки безпеки при виконанні геодезичних робіт на будівельному майданчику

Під час виконання геодезичних робіт на об’єктах будівництва слід суворо дотримуватись встановлених норм техніки безпеки, що регламентують як переміщення працівників, так і безпечне використання приладів.

Переміщення геодезистів із приладами допускається **лише сходами, що мають справні огорожі**, які міцно закріплені. Забороняється пересування по елементах опалубки, якщо вони не мають остаточного кріплення і розпорок. Усі технологічні отвори на монтажному горизонті повинні **бути** надійно закриті**.**

Виконання геодезичних робіт категорично забороняється у таких випадках:

- при поривчастому вітрі швидкістю 15 м/с і більше**;**
- під час сильного снігопаду, дощу, туману, а також за умов недостатньої видимості або слабкого освітлення;
- за відсутності захисних касок та страхувальних поясів у небезпечних зонах — під кранами, на монтажному горизонті тощо;
- на проїжджій частині доріг та залізничних коліях без спеціального дозволу;
- за наявності ожеледиці на робочій ділянці.

Заборонено залишати геодезичні прилади без нагляду на проїжджих частинах доріг або на монтажних рівнях у період перерв. Транспортування приладів дозволяється **лише в заводських пакувальних ящиках**, а штативи, віхи та рейки — виключно у складеному вигляді. Особливу увагу слід приділити безпеці використання загострених частин — ніжок штатива та наконечників віх, які можуть стати причиною травм або пошкодити елементи будівель, наприклад, шар гідроізоляції.

Геодезичні роботи заборонено виконувати:

- у зоні навантаження та розвантаження будівельних конструкцій;
- поруч із підйомними кранами та механізмами**;**
- біля місць електрозварювальних або газорізальних робіт без використання захисних окулярів.

Під час контролю правильності монтажу каркасу споруди геодезисти повинні знаходитися поза межами небезпечних зон**,** на відстані не менше подвійної висоти встановлюваної конструкції**.**

При використанні електронного тахеометра необхідно дотримуватися інструкцій виробника, оскільки прилад випромінює радіочастотну енергію. Направляти лазерний промінь у бік очей суворо заборонено — це може спричинити ураження зору.

Вимоги безпеки при виконанні камеральних робіт

Камеральна обробка геодезичних матеріалів повинна здійснюватися у добре освітленому приміщенні, обладнаному стабільним електроживленням. При роботі з комп’ютерною технікою необхідно суворо дотримуватись правил експлуатації електроприладів, адже порушення вимог електробезпеки може призвести до уражень струмом, загорянь техніки та опіків.

У разі виникнення **нехарактерного шуму, запаху горілого або іскріння** — необхідно **негайно зупинити роботу, вимкнути обладнання** та повідомити відповідальну особу з охорони праці.

Для запобігання перевтомі під час роботи за комп’ютером слід нормувати тривалість роботи з ВДТ **(відеодисплейним терміналом)**. Тривале використання ПК може викликати напруження зору, головний біль, дратівливість, розлади сну, болі у шиї, поясниці, руках тощо. Крім того, користувачі піддаються дії **електромагнітних полів і статичної електрики**.

У приміщеннях, де виконуються камеральні роботи, слід також враховувати вплив шуму. При наявності джерел постійного або імпульсного шуму (принтери, блоки живлення, сканери) їх бажано **виносити за межі робочої зони**, згідно з вимогами **ДСН 3.3.6.037-99** ("Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку").

Обов’язки керівника геодезичних робіт

Керівник геодезичної служби на будівництві зобов’язаний:

- вивчити нормативні документи з охорони праці;
- провести інструктаж працівників щодо безпечного виконання робіт;
- допускати до робіт лише осіб, які пройшли вступний та первинний інструктаж, а також медичний огляд для робіт на висоті;
- забезпечити ведення журналів інструктажів відповідно до вимог СНиП III-02-80;
- контролювати виконання заходів **безпеки** як у польових, так і в камеральних умовах.

Звукоізоляція огороджувальних конструкцій приміщень з ВДТ має забезпечувати параметри шуму, що відповідають [ДСН 3.3.6.037-99 “Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку”]. Допустимий рівень звуку й еквівалентні рівні звуку в кімнаті не повинні перевищувати 65 дБА та 50 дБА. Для забезпечення допустимих рівнів шуму на робочих місцях слід застосовувати засоби звукопоглинання, вибір яких має обґрунтовуватись спеціальними інженерно-акустичними розрахунками.

Для зниження шуму в кімнаті, оснащеної ПЕВМ передбачаються наступні конструктивні рішення:

- устаткування, що робить шум у процесі роботи (принтери, сканер, дигитайзер), постачено виготовлювачем звукоізолюючими пристосуваннями (ізолюючими кришками і т.п.);

- стіни і стелі виробничих приміщень облицьовані звуковбирним матеріалом;

- перенести джерело шуму(обладнання) в іншу кімнату.

Вібрація. Під час виконання робіт з ВДТ ЕОМ і ПЕОМ у виробничихприміщеннях значення характеристик вібрації на робочих місцяхмають не перевищувати допустимі відповідно до ДСН 3.3.6.039-99.

Кориговані та еквівалентні кориговані значення та їх рівні становлять:

- віброприскорення 0,014(м/см)2 33 дБ;
- віброшвидкість 0,028 (м/см*10)-2 75 дБ.

Електромагнітні випромінювання.Дисплеї на основі ЕПТ є джерелом випромінення електромагнітного спектра: рентгенівського, радіочастотного, але їх значення не перевищують допустимих норм:

- експозиційні дози рентгенівського випромінювання на відстані 5 см від екрана становлять 0,1 мБер/год = 100 мкР/год;

- електростатичність поверхневого потенціалу відеотерміналу – 500 В;

- напруженість електростатичного поля – 20 кВ/м.

Вимоги щодо допустимих значень неіонізуючого електромагнітного випромінювання:

- напруженість електромагнітного поля на відстані 50 см навкруги ВДТ за електронною складовою не повинні перевищувати:

у діапазоні частот 5 кГц … 2 кГц – 25 В/кв.м;

у діапазоні частот 2 кГц … 400 кГц – 2,5 В/кв.м;

- щільність магнітного потоку не повинна перевищувати:

у діапазоні частот 5 кГц … 2 кГц – 250 нТл;

у діапазоні частот 2 кГц … 400 кГц – 25 нТл.

До головних засобів захисту та профілактики відносяться: використання джерел із мінімальним виходом випромінювання (захист кількістю); обмеження часу роботи (захист часом); видалення робочих місць від джерел випромінювання (захист відстанню); екранізування джерел або робочих місць.

*Мікроклімат робочої зони приміщень***.** Стан мікроклімату в робочій зоні має суттєвий вплив на функціональний стан організму людини. Зокрема, підвищена температура повітря негативно впливає на працездатність, викликає втому, погіршує концентрацію уваги та збільшує ризик помилок при виконанні точних робіт.

Оптимальні та допустимі параметри мікроклімату в приміщеннях повинні визначатися з урахуванням особливостей технологічного процесу, зокрема при роботі з персональними комп'ютерами. Більшість технічних специфікацій для експлуатації комп'ютерної техніки визначають допустимі робочі діапазони температури та вологості повітря:

- температура повітря — від 10 до 40 °C;
- відносна вологість — від 40 до 90 %.

Відповідно до рекомендацій Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), оптимальні параметри мікроклімату для комфортної роботи становлять:

- температура повітря — 19–23 °C;
- відносна вологість — приблизно 55 %;
- швидкість руху повітря на рівні обличчя — не більше 0,1 м/с.

У випадках, коли температура поверхонь, з якими можливий контакт працівника, перевищує 45 °C, необхідно передбачати засоби охолодження або теплоізоляції. Окрема увага приділяється організації вентиляції приміщення, зокрема ефективному відведенню теплого повітря та запобіганню утворенню протягів, що можуть спричинити дискомфорт або порушення температурного режиму.

Згідно з вимогами чинних нормативних документів України, таких як СН 4088-86 «Мікроклімат виробничих приміщень» та ГОСТ 12.1.005-88, у холодну пору року мікрокліматичні параметри повинні регулюватися відповідно до

категорій робіт та ступеня фізичного навантаження працівників, щоб забезпечити безпечні та комфортні умови праці:

температура повітря повинна складати 22-24°С;

- швидкість його руху – 0,1 м/с;
- відносна вологість повітря – 40-60 %/

В теплі пори року:

- температура повітря дорівнює 23-25 °С;
- швидкість його руху – 0,1-0,2 м/с;
- вологість – 40-60 %

Згідно з діючими нормативними документами повітря, що надходить у робочі приміщення має бути очищене від забруднень, в тому числі від мікроорганізмів. Запиленість повітря не повинна перевищувати вимог, викладених у СН 512-78 [СН 512-78 “Інструкція з проектування будинків і приміщень для електронно-обчислювальних машин”.

Організація робочого місця. Організація робочого місця та заходи захисту від шкідливого впливу комп’ютера на здоров’я користувача

Раціональна організація робочого місця при роботі з комп’ютером має важливе значення для підтримання фізіологічного комфорту та профілактики професійних захворювань. Основними вимогами до робочої пози та розташування елементів обладнання є такі:

- Тіло користувача повинно бути спрямоване відповідно до напрямку погляду, оскільки неправильне положення тіла може спричинити викривлення постави та м’язове напруження.
- Нижній край екрана має розміщуватись приблизно на 20 см нижче рівня очей.
- Відстань від очей до монітора повинна становити 75–120 см, що дозволяє зменшити навантаження на зоровий апарат.

- Клавіатура повинна бути встановлена на такій висоті, щоб кисті рук знаходились у природному положенні без згинання зап’ясть.
- Спинка стільця повинна забезпечувати підтримку хребта в поперековій зоні.
- Кут між стегнами і тулубом має бути наближеним до прямого (90°).
- Розташування крісла і клавіатури повинно бути таким, щоб користувачу не доводилося тягнутись вперед, що знижує м’язове навантаження.
- Мінімальна відстань між комп’ютерними столами має бути не менше 1,5 м, а між моніторами — 2,2 м, що забезпечує оптимальні умови для роботи кількох користувачів в одному приміщенні.
- Необхідно уникати різких перепадів освітлення та яскравого світла, яке може призвести до зорового стомлення. Рекомендується розташовувати екран під прямим кутом до вікон, а вікна обладнати жалюзі або завісами для регулювання природного освітлення.
- У приміщенні бажано підтримувати оптимальну вологість — близько 60 % при температурі 21 °C. Для покращення мікроклімату доцільно розміщувати кімнатні рослини або акваріум на відстані до 1,5 м від робочого місця.

Оптимальне положення тіла при роботі за комп’ютером:

- Ступні мають повністю спиратись на підлогу або спеціальну підставку для ніг (підставка є обов’язковою для користувачів, у яких ноги не дістають до підлоги при правильному положенні сидіння).
- Стегна розташовані горизонтально.
- Передпліччя повинні бути вертикально орієнтовані, а лікті — зігнуті під кутом 70–90° щодо вертикальної площини.
- Зап’ястя не повинні бути надмірно зігнутими — допустимий кут нахилу не більше 20° до горизонтальної площини.
- Голова нахилена на 15–20° вперед, що забезпечує комфортне спостереження за екраном без перенапруження м’язів шиї.

Таке положення тіла та організація робочого простору сприяють зниженню навантаження на зір, хребет і м’язову систему, а також підвищують загальний комфорт і продуктивність праці(рис.27)

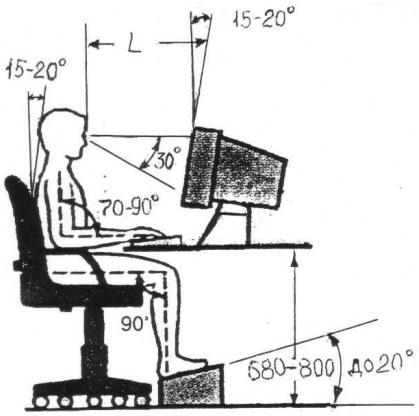


Рис. 27 – Оптимальна робоча поза користувача ПК.

Розрахунок освітлення робочої зони приміщення

Розрахунок природного освітлення. Природне світло повинне надходити до приміщення через бічні світлові прорізи, які, як правило, орієнтують на північ або північний схід. Освітленість повинна забезпечувати коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5 %. Загальне штучне освітлення організовують у вигляді безперервних або переривчастих ліній світильників, які розташовуються збоку від робочих місць (переважно зліва) і орієнтуються паралельно напрямку погляду працівника.

І природне, і штучне освітлення в приміщенні мають бути організовані таким чином, щоб незалежно від часу доби на робочих місцях було достатнє світло для виконання робіт дуже високого класу точності. Це сприятиме збереженню зору користувача, забезпеченню належної продуктивності праці та якості виконуваних завдань.

Приміщення оператора, в якому здійснюється розробка програмного забезпечення, має наступні розміри: ширина – 4 м, довжина – 6 м, висота – 3,5 м. Природне бокове освітлення здійснюється через віконний проріз розміром 2 м х 3 м, який розташований на північному боці будівлі (див. рис. 28).

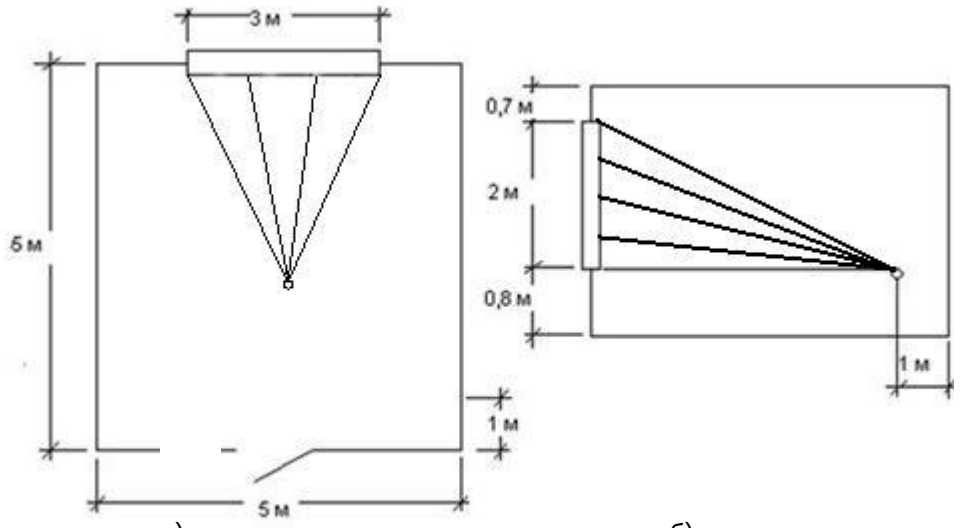


Рис. 28 – Планприміщення: а) вид згори, б) вид збоку

Визначення КПО при боковому освітленні проводиться за формулою:

$$e_H = \frac{100 S_0 \cdot \tau_0 \cdot r_1}{S_n \cdot k_з \cdot \eta_0 \cdot k_{зд}} \quad (54)$$

S_0 – площа світлових прорізів при боковому освітленні, S_0= 2х3 = 6м^2;

S_n – площа приміщення, S_n= 4х6 = 24 м^2;

$e_н$ – значення КПО;

$k_З$ – коефіцієнт запасу, $k_З$ = 1,4;

η_0 – світлова характеристика вікна, η_0 =13;

$k_{зд}$ – коефіцієнт, що враховує затемнення вікна будівлями, що стоять навпроти, $k_{зд}$ =1;

τ_0 – загальний коефіцієнт світлопропускання, $\tau_0 = \tau_1 x \tau_2 x \tau_3$, де

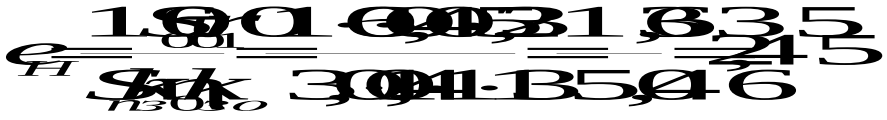
τ_1 – коефіцієнт світлопропускаючого матеріалу, τ_1 = 0,7;

τ_2 – коефіцієнт, що враховує втрати світла в перепльотах віконної рами, τ_2 = 0,6;

τ_3 – коефіцієнт, що враховує бокове освітлення, τ_3 = 1;

τ_0 = 0,7x0,6 =0,42;

r_1 – коефіцієнт, що враховує підвищення КПО при боковому освітленні завдяки світлу, що відбивається від поверхонь приміщення та підстилаючого слою, що прилягає до будівлі, r_1 =5,3.



Так як роботи на ЕОМ відносяться до робіт дуже високої точності (розмір піксела дорівнює 0,25 мм) КПО повинен бути не меншим за 1,5%. Знайдене значення e_H = 2,45 > e_H^{IV}=1,5, тобто при денному освітленні додаткове штучне освітлення не потрібне.

*Розрахунок штучного освітлення***.** Так як робота в кабінеті здійснюється не лише в світлий час доби потрібно розраховувати штучне освітлення, тобто визначити кількість світильників, щоб отримати освітлення 500 лк.

Як джерело світла при штучному освітленні повинні застосовуватися, як правило, люмінесцентні лампи типу ЛБ. При обладнанні відбивного освітлення у виробничих та адміністративно-громадських приміщеннях можуть застосовуватися металогалогенові лампи потужністю до 250 Вт. Допускається у світильниках місцевого освітлення застосовувати лампи розжарювання.

Приміщення розміром 4*6 м освітлюється світильниками типу ППД-200 з лампами потужністю 200 Вт. Відстань між світильниками одного ряду і між рядами L=2 м. Висота підвісу світильників над розрахунковою поверхнею hp=2,7 м. Коефіцієнт додаткової освітленості μ=1,1. Відстань від розрахункової точки до осі симетрії: d=2,2 м.

Розраховуємо загальний світловий потік для освітлення площі робочого приміщення: Проводиться за методом потрібного загального світлового потоку для освітлення певної площі поверхні приміщення

$$F_{потр} = \frac{E_n S K_{зап} Z}{\eta}; \quad (55)$$

де, E_n – нормоване значення штучної освітленості;

S - площа приміщення, м2;

$K_{зап}$ –коефіцієнт запасу;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення;

– коефіцієнт використання світильника.

En – нормоване значення штучної освітленості (приймається з даних табл. 1,2 (СНиП II-4-79) залежно від характеру роботи

EN = 300лк для приміщень, де виконуються роботи високої точності читальної зали

S – площа приміщення, м^2

S = a*b = 4*6 = 24 м^2

Kзап – коефіцієнт запасу

Kзап = 1,5 – для ламп розжарювання;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлювання

Z = 1,5

η – коефіцієнт використання світильника, зазвичай η = 0,5-0,6 (приймається залежно від фону пофарбованого приміщення та його індексу-і)

Індекс приміщення визначається за формулою:

$$I = \frac{S}{h \cdot (\quad + \quad)}$$

(56)

$h_{\text{підв.}} = H - h_{\text{св}} - h_{\text{р.п.}}$ (висота підвісу світильника по відношенню до освітлюваної робочої поверхні, яка визначається висотою приміщення – H, відстанню підвісу світильника по відношенню до стелі - $h_{\text{св}}$ та висотою умовної робочої поверхні - $h_{\text{р.п.}}$ по відношенню до підлоги.

H = 2,7 м.

Нехай $h_{\text{св}}$ = 0,2 м.

$h_{\text{р.п.}}$ = 0,6 м.

$h_{\text{підв.}}$ = 2,7 – 0,2 – 0,6 = 1,9 м.

i = 24 / 1,9 *(4+6) = 1,263

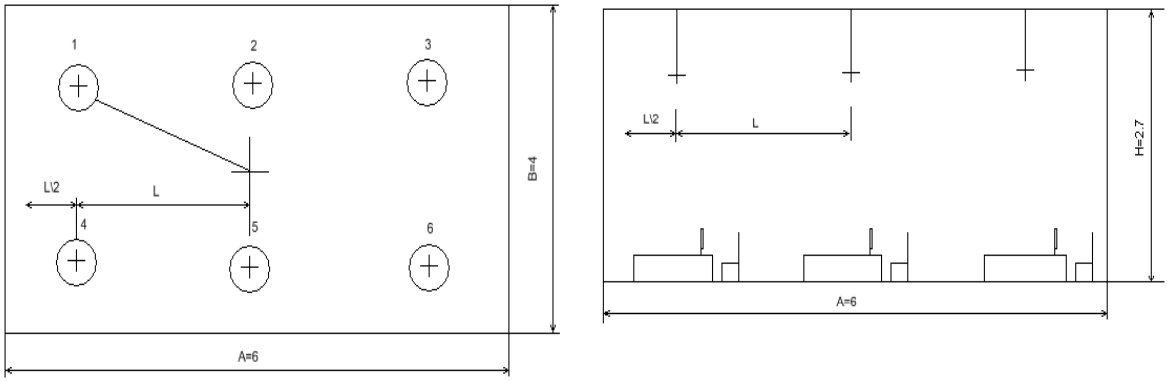
η = 0.5 при світлому фоні

$F_{\text{потр}}$ = (300 * 26 * 1,5 * 1,5) / 0,5 = 28250 лм

$n = \frac{F^{\text{потр}}}{F1}$ = 28250 / 4960 = 5,696

F_1 – світловий потік, створюваний одним світильником, лм (ЛБ – світловий потік лампочки потужністю 80 Вт складає F_1 = 4960 лм)

Отже, потрібно 6 ламп типу ЛБ потужністю 80 Вт, щоб освітити поверхню даного приміщення світильники типу ЛБ потужністю 80 Вт, n=6.



а ***б***

Рис. 29 – Схема розміщення світильників:

а – приміщення в плані; *б* – приміщення в розрізі.

Число світильників вибирається виходячи з умови рівномірної освітленості по всій площі приміщення n=6 (типу ЛБ потужністю 80 Вт).

Висновок

Дана кваліфікаційна робота присвячена розробці методики виконання геодезичних робіт під час будівництва каркасно-панельного будинку. На прикладі багатоквартирного житлового об’єкта, розташованого в селі Софіївська Борщагівка, за адресою: вул. Сагайдачного, будинок 10, розглянуто повний комплекс інженерно-геодезичних вишукувань.

У роботі детально описано процеси геодезичного супроводу, включаючи контроль, моніторинг стану конструкцій та складання виконавчих зйомок. Подано перелік та зміст інженерно-геодезичних робіт, необхідних для забезпечення будівельного процесу. Особливу увагу приділено методиці виконання геодезичного контролю за ходом будівництва та монтажем будівельного обладнання.

Також у роботі наведено загальну характеристику об’єкта будівництва, описано фізико-географічні умови району, в якому розташована ділянка, подано схему планувальної організації території та проектне зображення майбутньої споруди.

Окремий розділ присвячено аналізу найбільш поширених методів геодезичного розбивання. Визначено оптимальні способи їх застосування

залежно від специфіки об’єкта, особливостей будівельного майданчика та обсягів розмічувальних робіт.

Список використано літератури:

1. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500. ГКНТА-2.04-02-98. – К. 2001. – 166 с.
2. «Супутникова геодезія» (для студентів денної форми навчання, спеціальності «Геоінформаційні системи та технології»)./Авт. Шумаков Ф.Т. – Х.:, ХНАМГ, 2009. – 88 с.
3. Інженерні вишукування для будівництва ДБН А.2.1-1-2008. Київ. Мінрегіонбуд України 2008.
4. "Інструкція про типи центрів геодезичних пунктів" (ГКНТА — 2.01, 02-01-93), ГУГК і К, Київ, 1994.
5. Заєць І.М., Бондар А.Л., Кучер О.В. Стан і основні напрямки розвитку державної геодезичної мережі України // Вісник геодезії та картографії. – 2001. – №3. – 17-23.
6. Островський А.Л., Геодезія, «Львівська політехніка», 2008 р.
7. Рябій В.А., Рябій В.В. Відновлення геодезичних мереж міст // Вісник геодезії та картографії. – 2003. – №2 – 22-24.
8. Перович Л.М., Геодезія, Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів Львів, «Новий світ», 2005 р.
9. Ратушняк Г. С. Топографія з основами картографії. Навчальний посібник. Вінниця: ВДТУ, 2002 – 179 с.

10. Збірник укрупнених кошторисних розцінок на топографо-геодезичні та картографічні роботи, затверджених наказом Міністерства екології та природних ресурсів №29/м від 19.02.2003 р.
11. Закон України «Про охорону праці», 2002 р.
12. Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно-будівельних спеціальностей: навчальний посібник. – київ: Основа. 2001. – 336 с.
13. ДНАОП 0.00-1.31-99 Правила охорони праці під час експлуатації ЕОМ. Затверджено наказом від 10.02.99 №21
14. НАПБ Б 03.002-2007 Нормативний акт пожежної безпеки. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.
15. ДБН В.1.1-7-2002 Державні будівельні норми. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – Діє з 01.01.03.
16. ДНБ В.2.5-28-2006 Державні будівельні норми. Інженерне обладнання будинків та споруд. Природне і штучне освітлення.
17. СанПіН 2.2.4.1294-03 Гігієнічні вимоги до аероіонного складу повітря виробничих і громадських приміщень. – Введен 15.06.2003г.
18. ДСанПіН 3.3.2.007-98 Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин.