

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

В. О. Пеньков

ГЕОДЕЗІЯ
(МОДУЛЬ 4 «ІНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗІЯ»)

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

(для бакалаврів спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій)

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2019

Пеньков В. О. Геодезія (модуль 4 «Інженерна геодезія») : конспект лекцій для бакалаврів спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій / В. О. Пеньков; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 95 с.

Автор

канд. техн. наук, доц. В. О. Пеньков

Рецензент:

В. Д. Шипулін, кандидат технічних наук, професор кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем ХНУМГ ім. О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою земельного адміністрування та геоінформаційних систем, протокол № 1 від 30 серпня 2018 р.

© В. О. Пеньков, 2019

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЕКТНО-ВИШУКУВАЛЬНИХ РОБІТ	5
1.1 Загальні відомості з інженерної геодезії.....	5
1.1.1 Предмет і завдання інженерної геодезії та зв'язок з іншими дисциплінами.....	5
1.1.2 Завдання геодезичного забезпечення будівельної галузі. Види інженерно-геодезичних робіт	7
1.2 Основні принципи інженерно-геодезичного проектування споруд.....	7
1.2.1 Види і завдання інженерних вишукувань	7
1.2.2 Технологія вишукування будівельних майданчиків	9
1.2.3 Технологія геодезичного забезпечення проектування лінійних споруд	11
1.3 Топографо-геодезичне забезпечення трасування лінійних споруд	15
1.3.1 Топографо-геодезичне забезпечення камерального трасування лінійних споруд.....	15
1.3.2 Топографо-геодезичні роботи при польовому трасуванні лінійних споруд	17
1.4 Топографо-геодезичне забезпечення проектування автомобільних доріг	21
1.4.1 Камеральне проектування автомобільних доріг	21
1.5 Способи розмічування осей криволінійних споруд	28
1.5.1 Детальне розмічування кругових кривих в плані.....	28
1.5.2 Спосіб прямокутних координат.....	28
1.5.3 Спосіб продовжених хорд.....	29
1.5.4 Спосіб вільної станції.....	30
2 ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА	31
2.1 Організація інженерно-геодезичних розмічувальних робіт	31
2.1.1 Інженерно-геодезичне проектування	31
2.1.2 Класифікація осей будинків і споруд в плані.....	32
2.1.3 Проект виконання геодезичних робіт (ПВГР)	34
2.1.4 Будівельна сітка.....	36
2.1.5 Система припусків у будівництві	38
2.2 Організація інженерно-геодезичних розмічувальних робіт	41
2.2.1 Геодезична підготовка проекту	41
2.2.2 Норми точності виконання геодезичних розмічувальних робіт у період будівництва	42
2.3 Технологія геодезичних розмічувальних робіт	43

2.3.1	Завдання та зміст геодезичних розмічувальних робіт.....	43
2.4	Елементи геодезичних розмічувальних робіт	44
2.4.1	Побудова горизонтального проектного кута	45
2.4.2	Побудова лінії заданої довжини	47
2.4.3	Побудова точок з проектною висотою.....	48
2.5	Методи геодезичних розмічувальних робіт.....	49
2.5.1	Пряма і зворотна геодезичні задачі	49
2.5.2	Метод полярних координат	51
2.5.3	Метод прямокутних координат	52
2.5.4	Метод кутових засічок	52
2.5.5	Метод лінійних засічок	53
2.5.6	Розмічування точки зворотною кутовою засічкою	56
2.5.7	Розмічування точки у створі.....	56
2.6	Методи розмічування споруд по висоті.....	58
2.6.1	Побудова на місцевості лінії із заданим ухилом	59
2.7	Геодезичні роботи при зведенні будинків і споруд.....	60
2.7.1	Завдання геодезичної служби в підготовчий період	60
2.7.2	Побудова обноси і винесення на обноску осей.....	61
2.7.3	Геодезичне забезпечення земляних робіт	64
2.7.4	Геодезичні роботи при зведенні фундаментів	68
2.7.5	Геодезична підготовка монтажних горизонтів	71
2.8	Геодезичні роботи при монтажі елементів будівельних конструкцій ..	76
2.8.1	Встановлення і вивірення елементів конструкцій у плані	76
2.8.2	Встановлення і вивірення конструкцій за вертикаллю	78
2.9	Геодезичні роботи при плануванні та забудові міських територій	79
2.9.1	Принципи планування міських територій Складання проекту і розмічування червоних ліній.....	79
2.9.2	Елементи вертикального планування.....	80
3	ВИКОНАВЧІ ЗНІМАННЯ.....	82
4	ГЕОДЕЗИЧНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ДЕФОРМАЦІЯМИ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД	87
4.1	Види та зміст геодезичних спостережень за деформаціями споруд	87
4.2	Вимірювання осідань інженерних споруд	87
4.3	Вимірювання горизонтальних зміщень конструкцій споруд.....	88
4.4	Спостереження за нахилом, зсувами інженерних споруд та тріщинами.....	89
5	ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ НА БУДІВЕЛЬНОМУ ОБ'ЄКТІ	92
	СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ	95

1 ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЄКТНО-ВИШУКУВАЛЬНИХ РОБІТ

1.1 Загальні відомості з інженерної геодезії

1.1.1 Предмет і завдання інженерної геодезії та зв'язок з іншими дисциплінами

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

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

Основними задачами інженерної геодезії є:

- *топографо-геодезичні вишукування*, в ході яких виконується створення на об'єкті робіт геодезичної мережі, топографічна зйомка, геодезична прив'язка точок геологічної і геофізичної розвідки;
- *інженерно-геодезичне проектування*, що включає розробку генеральних планів споруд та їх цифрових моделей; геодезичну підготовку проекту для винесення його в натуру, розрахунки з горизонтального і вертикального планування, визначення площ, об'ємів земляних робіт та ін.;
- *геодезичні розмічувальні роботи*, що включають створення на об'єкті геодезичної розмічувальної мережі і подальше винесення в натуру головних осей споруди та її детальне розмічування;
- *геодезична вивірка конструкцій і технологічного устаткування* при установці їх в проектне положення;
- *спостереження за деформаціями споруд* для визначення осідання основ і фундаментів, планових зсувів і кренів споруд.

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

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

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

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

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

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

Кожна зведена споруда має відповідати своєму призначенню, бути довговічною і красивою. Повинні витримуватися встановлені терміни зведення споруд, за умови мінімуму витрат праці, часу і грошових коштів. Дотриманню цих умов в істотному ступені сприяють правильно організовані і ретельно виконані топографо-геодезичні роботи. Сучасний рівень капітального будівництва характеризується новими формами організації праці, суцільною комп'ютеризацією проектування і високим рівнем механізації будівельно-монтажних робіт, постійним зростанням вимог до якості.

Системний підхід до забезпечення якості у будівельній галузі вимагає постійного подальшого вдосконалення геодезичної підготовки виконавців геодезичних робіт у будівництві. Вони повинні швидко орієнтуватися в складних умовах високої технічної оснащеності сучасного будівельного виробництва та уміло обирати оптимальні варіанти для вирішення поставлених перед ним задач. Тому в програмі курсу "Геодезія" для студентів напряму підготовки 6.080101 – Геодезія, картографія та землеустрій і спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій важливе значення надається питанням організації геодезичного забезпечення будівництва.

1.1.2 Завдання геодезичного забезпечення будівельної галузі.

Види інженерно-геодезичних робіт

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

Усі споруди за призначенням, розмірами і конфігурацією поділяють наступним чином:

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

Узагальнену схему послідовності робіт із створення споруди можна подати так:

- 1) визначення економічної доцільності будівництва споруди в даному місці;
- 2) проектування споруди;
- 3) інженерна підготовка території;
- 4) будівельні роботи.

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

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

- топографо-геодезичне забезпечення інженерних вишукувань;
- топографо-геодезичне забезпечення проектування споруд;
- інженерно-геодезичне забезпечення перенесення проектів на місцевість;
- геодезичні методи детального розмічування споруд на різних етапах будівництва;
- геодезичні методи вивірки положення конструкцій в плані, по висоті, по вертикалі;
- виконавчі знімання зведених конструкцій і будівель;
- геодезичні методи дослідження деформацій будівель і споруд.

1.2 Основні принципи інженерно-геодезичного проектування споруд

1.2.1 Види і завдання інженерних вишукувань

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

Розрізняють вишукування *економічні* і *технічні*.

Економічні вишукування звичайно передують технічним і мають за мету визначення економічної доцільності будівництва споруди в даному місці.

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

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

У завданні визначають:

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

Одержавши таке завдання, спеціалізована організація (проектний інститут) проводить додаткові економічні і технічні вишукування і на основі одержаних матеріалів розробляє по етапах (стадіям) *проект споруди*.

Широке поширення має двостадійна система проектування:

- на першій стадії складають технічний проект, створюють попередній генеральний план об'єкту;
- на другій – розробляють робочі креслення, призначені для безпосереднього здійснення будівельних і монтажних робіт, остаточно розробляють і погоджують генеральний план. Також створюють проекти виконання будівельних робіт (ПВР) і виконання геодезичних робіт (ПВГР).

Технічний проект інженерної споруди містить ряд документів, якими керуються при організації і проведенні будівельних робіт:

- проекти транспортних, промислових і сільськогосподарських об'єктів складаються з трьох частин: економічної, технологічної і будівельної;
- проекти цивільних споруд – з двох частин: економічної і будівельної.

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

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

До *будівельної частини* входить генеральний план споруди – великомасштабний топографічний план, на якому показують розміщення

майбутніх споруд і комунікацій, план вертикального планування, проектні елементи трас лінійних споруд і проект організації будівництва (ПОБ).

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

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

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

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

Найважливіша роль належить *інженерно-геодезичним вишукуванням*. Інженерно-геодезичні вишукування – це перший етап геодезичного забезпечення будівництва. Їх виконують за наперед складеною програмою на всіх стадіях проектування для отримання даних про топографічні умови району будівництва.

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

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

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

1.2.2 Технологія вишукування будівельних майданчиків

Горизонтальні знімання майданчиків в основному тахеометричні виконують традиційними засобами, або із застосуванням електронних тахеометрів. Для розробки генеральних планів міст використовують аерофотознімання. За результатами знімань складають крупномасштабні плани території.

Вертикальне знімання майданчиків – один з видів вертикальних знімачів на відкритій, або напівзакритій місцевості із спокійним або слабо вираженим рельєфом. За результатами знімання складають крупномасштабні плани земної поверхні із зображенням рельєфу горизонталями через 0,25 або 0,5 м. Вертикальне знімання майданчиків застосовують при вишукуванні для будівництва населених пунктів, промислових споруд, аеродромів та ін. Їх виконують нівелюванням полярним способом, нівелюванням за паралельними лініями, за квадратами способом полігонів.

Висоти точок при вертикальному зніманні майданчиків визначають *геометричним нівелюванням*, що надає можливості підвищити точність зйомки рівнинного рельєфу.

Нівелювання за квадратами застосовують на відкритій місцевості із слабо вираженим рельєфом. Необхідні для зйомки рельєфу і ситуації точки А1-Е6 розташовують рівномірно за всією площею у вершинах квадратів (рис. 1.1). Довжина сторін квадратів може коливатись від 10 до 200 м залежно від рельєфу місцевості, висоти перетину рельєфу, масштабу і призначення знімання. Сітку квадратів будують теодолітом і рулеткою за принципом від загального до конкретного.

Спочатку розмічують основні квадрати із сторонами 100 або 200 м, а потім внутрішні зі сторонами 10 або 20 м. Кожну вершину закріплюють кілком і позначають цифрами уздовж напрямку, прийнятого за початковий, а в перпендикулярному до нього напрямі – літерами. Окрім вершин квадратів усередині квадратів і на їх сторонах закріплюють плюсові точки – характерні точки рельєфу і точки перегинів схилів.

	А	Б	В	Г	Д	Е
6	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	
5	<i>IV</i>		<i>XIX</i>		<i>X</i>	
4	<i>III</i>		<i>XVIII</i>		<i>XI</i>	
3	<i>II</i>		<i>XVII</i>		<i>XII</i>	
2	a_{11} b_{11}					
	a_1 b_1					
1	<i>I</i>	<i>X</i>	<i>XV</i>	<i>XIV</i>	<i>XIII</i>	

Рисунок 1.1 – Сітка для нівелювання за квадратами

На початку нівелювання попередньо викреслюють схему розмічування сітки квадратів і плюсових точок, на якій намічають послідовність обходу квадратів, указують станції і відліки по рейках, одержувані в процесі нівелювання.

При розмірах сторін 100-200 м нівелюють кожен квадрат, при меншому розмірі сторін з однієї станції – кілька квадратів.

При нівелюванні квадратів контроль на станції виконують по зв'язуючих точках, якими є вершини двох суміжних квадратів, наприклад $A/2$, $B/2$ (рис. 1.1). Різниця відліків на ці вершини з однієї станції повинна дорівнювати різниці відліків на ці ж вершини з іншої станції:

$$b_1 - a_1 = b_{11} - a_{11}, \quad \text{або} \quad a_1 + b_1 = a_{11} + b_{11},$$

тобто суми навхрест лежачих відліків на зв'язуючі точки мають дорівнювати одна одній, припустимі розбіжності цих сум становлять 5 мм.

Після закінчення нівелювання обчислюють перевищення по сторонах квадратів, пов'язують їх за зовнішнім контуром (периметром) основного прямокутника, а також за створами, що спираються на зовнішній контур основного прямокутника.

При нівелюванні на станції групи квадратів кожні дві суміжні станції повинні мати загальні зв'язуючі точки. Висоти вершин заповнюючих квадратів обчислюють через горизонт приладу. За результатами нівелювання складають топографічний план ділянки.

1.2.3 Технологія геодезичного забезпечення проектування лінійних споруд

Трасою називають вісь проектованої лінійної споруди. Її наносять на топографічну карту чи план, вона може бути задана координатами основних точок у цифровій моделі місцевості, або позначена на місцевості.

Основними елементами траси є:

- *план* – її проекція на горизонтальну площину;
- *подовжній профіль* – вертикальний розріз по проектованій лінії (проекція на вертикальну площину).

В загальному випадку траса є складною *просторовою лінією*.

У *плані* вона складається з прямих ділянок різного напрямку, що сполучаються одна з одною горизонтальними кривими постійного і змінного радіусу кривизни.

У *подовжньому профілі* траса складається з похилих ліній, що з'єднуються одна з одною вертикальними кривими.

У сучасних технологіях проектування траса може суцільно складатися із

крих змінної кривизни.

На трасах електропередач каналізації горизонтальних і вертикальних кривих не проектують, і траса є просторовою ламаною лінією.

Оскільки ухили трас зазвичай невеликі, то для наочності їх зображення вертикальний масштаб подовжнього профілю роблять у 10 разів крупніше за горизонтальний (наприклад, якщо горизонтальний масштаб 1:2000, вертикальний – 1:200).

Для характеристики місцевості і спроектованої лінійної споруди у напрямках, перпендикулярних до траси, складають поперечні профілі в однаковому горизонтальному і вертикальному масштабах (1:100 та ін.).

Трасуванням називають комплекс інженерно-вишукувальних робіт з вибору траси, яка відповідає всім вимогам технічних умов і вимагає найменших витрат на її зведення і експлуатацію. Траса лінійної споруди повинна задовольняти певним вимогам, які встановлюють технічні умови на її проектування. Задають найбільші та найменші припустимі подовжні ухили, мінімально припустимі радіуси горизонтальних і вертикальних кривих, габарити наближень і ін.

Оптимальну (не найкращу) трасу, яка на прийнятному рівні одночасно задовольняє всім вимогам знаходять шляхом техніко-економічного порівняння конкуруючих варіантів.

Трасування називають *камеральним*, якщо положення траси визначається по моделі місцевості (на паперових або електронних топографічних планах і картах, аерофотознімках, стереомоделі).

При *польовому* трасуванні її положення визначають безпосередньо на місцевості.

При трасуванні розрізняють:

– *планові параметри*: кути повороту, радіуси горизонтальних кривих, довжини перехідних кривих, прямі вставки;

– *висотні (профільні) параметри*: подовжні ухили, довжини елементів у профілі – крок проектування, радіуси вертикальних кривих.

Для деяких споруд необхідно додержуватись більш строгих вимог до визначення різних параметрів. Так, при будівництві доріг, самотічних трубопроводів для транспортування рідин, каналів) важливо витримати висотні параметри (подовжні ухили), що може викликати збільшення довжини (розвитку) траси. Траси напірних трубопроводів, ліній електропередач та зв'язку в сприятливих умовах обирають найкоротшими, бо для них ухили місцевості мало впливають на проектне рішення.

Досить складними для трасування є траси доріг, особливо залізничних, що мають ряд обмежень на припустимі значення планових і профільних

параметрів.

Незалежно від характеру лінійних споруд і параметрів трасування, всі траси повинні вписуватися в ландшафт місцевості. Траси за можливістю розташовують на землях з найменшою цінністю для господарчої діяльності.

Положення проектної лінії визначають необхідністю проходження через *контрольні точки*, в основному за характерними точками місцевості уздовж наміченого напрямку.

У *плані* прагнуть мати пряму трасу, ведучи трасування за заданим напрямком. Перешкоди, у вигляді водотоків, боліт, великих ярів, а також населені пункти, цінні сільськогосподарські угіддя примушують відхилювати трасу від «повітряної лінії» у різні боки. Утворення кута повороту також призводить до подовження траси.

Загальна технологія вишукувань лінійних споруд

В процесі вишукувань трас розв'язують дві основні задачі:

- вибір оптимального варіанту траси, розташованої у сприятливих умовах, яка потребує мінімальних витрат на будівництво і експлуатацію;
- збирання необхідних топографо-геодезичних, інженерно-геологічних, гідрологічних та інших матеріалів і даних для складання проекту траси і всіх споруд на ній.

Відповідно до прийнятих стадій проектування для *нових* магістральних трас, розташованих в *складних умовах* місцевості, розрізняють (рис. 1.2):

- *допроектні* рекогносцирувальні вишукування для техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) траси;
- *проектні* технічні вишукування для першої стадії проектування – розробки *технічного проекту* траси;
- *передбудівельні* вишукування для другої стадії проектування – складання *робочих креслень*.

Для нових трас у відносно нескладних умовах проектні вишукування можуть вестися для однієї стадії проектування – техно-робочого проекту. *Основне завдання інженерно-геодезичних вишукувань* для проектування споруд лінійного типу незалежно від їх призначення збігається до визначення на місцевості осі споруди (траси) у плані і по висоті (рис. 1.3).

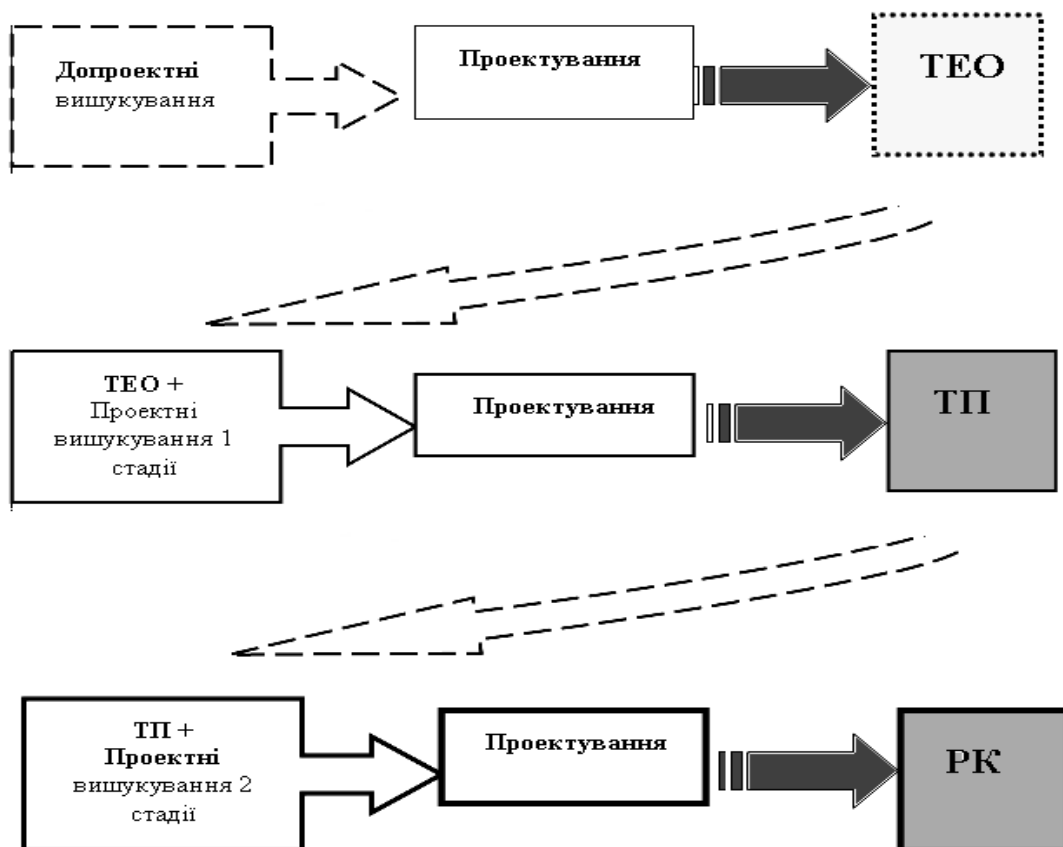


Рисунок 1.2 – Інженерні вишукування на різних стадіях проектування

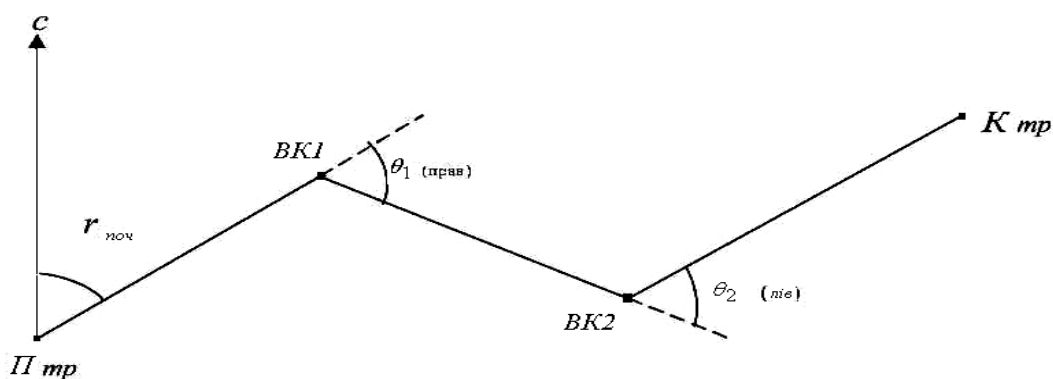


Рисунок 1.3 – Елементи траси у плані

Спочатку на карті малого масштабу виконують *камеральне трасування дороги*, тобто намічають у першому наближенні найбільш доцільний її напрям. Потім можливі варіанти траси вивчають на планах великих масштабів (1:5000 – 1:10000) і обирають оптимальний варіант.

1.3 Топографо-геодезичне забезпечення трасування лінійних споруд

1.3.1 Топографо-геодезичне забезпечення камерального трасування лінійних споруд

Допроєктні рекогносцирувальні вишукування

Рекогносцирувальні вишукування мають на меті збір матеріалу для вибору принципового напрямку траси, обґрунтування економічної доцільності і технічної можливості її будівництва, встановлення її технічних параметрів, попереднього визначення об'ємів і вартості робіт, термінів будівництва.

Рекогносцирувальні вишукування прагнуть проводити головним чином камеральним шляхом, вивчаючи наявні топографічні карти і матеріали аерофотознімання, інженерно-геологічні зйомки, дані вишукувань минулих років для району вишукувань. Лише в складних районах може опинитись потрібним проведення повітряного і польового обстеження варіантів напрямів, оглядове аерофотознімання.

Визначення повітряної лінії

Камеральні вишукування трас великої протяжності починають з вивчення обзорно-топографічних і дрібномасштабних топографічних карт, на яких відзначають опорні пункти траси: початковий, кінцевий, задані проміжні пункти. Прямі, які сполучають на карті опорні пункти, створюють *повітряну лінію*, до якої, як найкоротшої, необхідно прагнути наблизити проектувану трасу.

Дотримуючись повітряної лінії, намічають в першому наближенні можливі напрями траси між опорними пунктами, звертаючи головну увагу на вибір місць переходів через великі природні перешкоди. Надалі намічені напрями переносять на топографічні карти крупнішого масштабу.

Вибір варіантів напрямів

На топографічній карті масштабів 1:50000 – 1:25000 з урахуванням докладного зображення ситуації і рельєфу уточнюють на кожному напрямі у першу чергу найважчі ділянки траси (фіксовані точки): місця переходів через великі водотоки і озера, гірські перевали, точки примикання до опорних пунктів, місця перетинів існуючих магістралей і ін.

Одночасно за наявними геологічними і ґрунтовими картами вивчають

інженерно-геологічні і гідрогеологічні умови уздовж намічених варіантів і вносять корективи з метою обходу трасою боліт, обвалів, карстових районів та інших несприятливих в геологічному відношенні місць.

Для кожного з варіантів складають за картою подовжній профіль, підраховують довжини окремих ділянок, кількість переходів через перешкоди і перетинів, коефіцієнт розвитку як відношення дійсної довжини траси до відстані за повітряною лінією, зразкові об'єми робіт і шляхом техніко-економічного порівняння обирають з них найвигідніші для подальших обстежень.

При рекогносцирувальних вишукуваннях складають план і подовжній профіль траси в масштабі 1:25000, в складних умовах – 1:10000; плани майданчиків і ділянок великих переходів; схематичну інженерно-геологічну карту.

За результатами цих вишукувань обирають *принциповий* напрям траси і в *першому* наближенні дають основні проектні рішення, підраховують об'єми і вартість робіт (з точністю до 20 %), розробляють технічне завдання на проектування траси.

Проектні технічні вишукування траси

За заданим в *технічному завданні* напрямом траси виконують детальні технічні вишукування для першої стадії проектування, в задачу якої входить:

- вибір оптимальної траси шляхом техніко-економічного порівняння варіантів;
- збір достовірних матеріалів для розробки технічного проекту траси і всіх споруд на ній;
- складання кошторису будівництва.

Вибір оптимальної траси

Дуже ефективним методом вибору оптимальної траси при варіантному проектуванні є використання цифрової моделі місцевості, створеної за матеріалами аерофотознімків на точних стереоприладах. За цифровою моделлю місцевості на комп'ютері виконують проектування траси і підрахунок об'ємів робіт.

Проект оптимальної траси наносять на вишукувальні плани або фотоплани і детально обстежують на місцевості.

На основі матеріалів *детальних* вишукувань складають *технічний проект* траси і кошторис витрат (з точністю 3-5 %).

1.3.2 Топографо-геодезичні роботи при польовому трасуванні лінійних споруд

При польових вишукуваннях споруд лінійного типу (шляхів сполучення, ліній зв'язку, підземних комунікацій) до програми геодезичних робіт включають:

- складання попереднього проекту траси за картою або планом;
- польове обстеження траси і узгодження проекту із землекористувачами;
- укладання обраної траси на місцевості;
- топографічне знімання смуги траси в масштабах 1:2000 – 1:5000;
- геометричне нівелювання закріплених точок траси.

У процесі польового трасування затверджений варіант переносять на місцевість за координатами вершин кутів повороту або за даними їх прив'язки до місцевих предметів.

По трасі прокладають та розмічують *пикетаж*. Для цього від її початкового пункту, який називають нульовим пікетом, послідовно відкладають по 100 м. Кінці кожного з них закріплюють дерев'яними кілками – пікетами, скорочено позначають ПК0, ПК1, ПК2 і т.д. При такому позначенні номер пікету вказує відстань у сотнях метрів від початку траси.

Окрім того, кілками закріплюють переломи схилів, перетини трасою рік, доріг, підземних і наземних комунікацій. Положення кожної з таких точок, які називають плюсовими, визначають відстанню до ближнього пікету.

Якщо траса проходить косогором з поперечним ухилом понад 0,200 на місцевості розбивають перпендикулярні до траси лінії – поперечники, довжини яких залежать від ширини дороги. При розмічуванні поперечника кілками закріплюють його кінці, точки перетинів з трасою і перелами схилів.

Водночас з розбивкою пікетажу і кривих проводять знімання ситуації в полосі шириною 200 м з кожного боку траси.

Результати зйомки заносять у пікетажний журнал (рис. 1.4). У ньому трасу зображують умовно у спрямленому вигляді, а кути повороту – стрілками. Пікетажний журнал ведуть у крупному масштабі, наприклад 1:2000. При складній ситуації і рельєфі з великою кількістю плюсових точок застосовують великий масштаб; для місцевості з одноманітною ситуацією і слабо вираженим рельєфом масштаб пікетажного журналу зменшують.

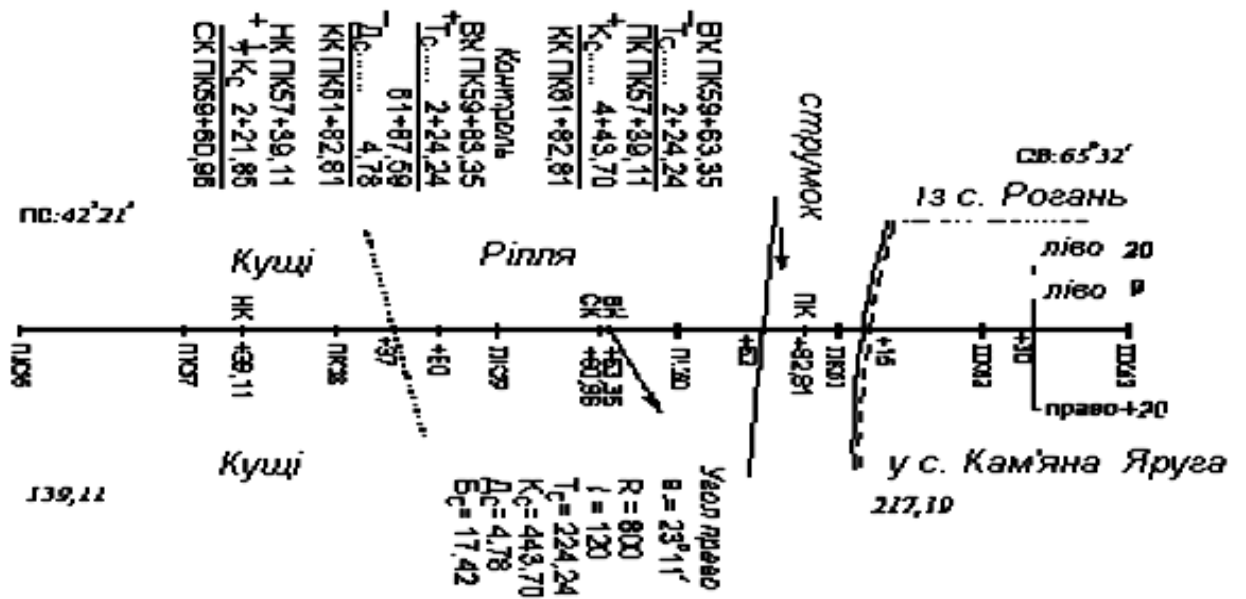


Рисунок 1.4 – Пикетажний журнал

За розміченими пикетами при польових вишукуваннях виконують *технічне нівелювання траси* в прямому і зворотному напрямках.

У прямому ході нівелюють пикети, плюсові точки, головні точки кривої і поперечники; в зворотному – лише пикети.

При нівелюванні траси нівелір встановлюють між пикетами і беруть відліки за чорними і червоними сторонами рейок на пикетах (рис. 1.5). На плюсових точках, осі, поперечниках, а також головних точках кривих відліки беруть лише за чорною стороною рейки (рис. 1.6).

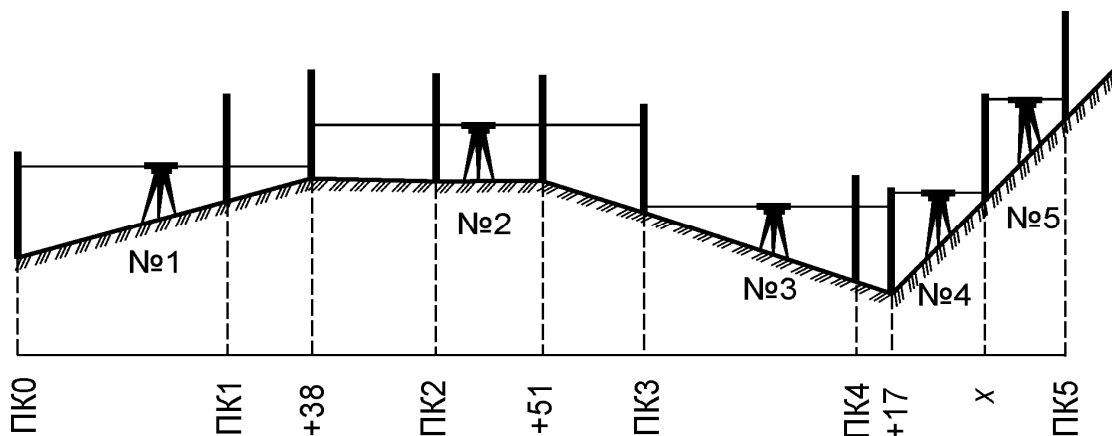


Рисунок 1.5 – Схема нівелювання траси

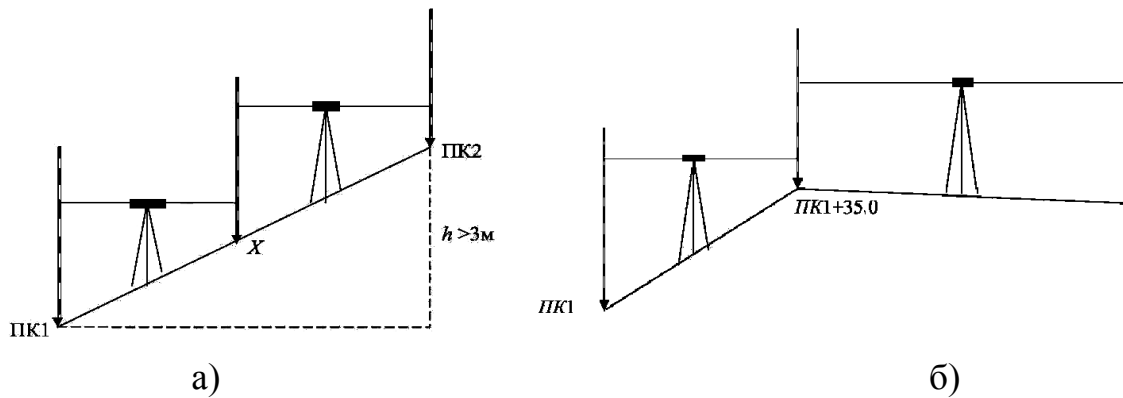


Рисунок 1.6 – Особливі точки при нівелюванні:
а) – іксова, б) – точка переламу профілю

Схему поперечного нівелювання наведено на рисунку 1.7.

При нівелюванні крутих схилів часто не можливо зробити відліки на рейках, які встановлені на пікетах, бо візирний промінь проходить або вище, або нижче рейки. В таких випадках для зв'язку двох пікетів використовують плюсові точки або обирають одну або кілька допоміжних точок, які називають *іксовими*. За їх допомогою передають висоти від заднього пікету на передній.

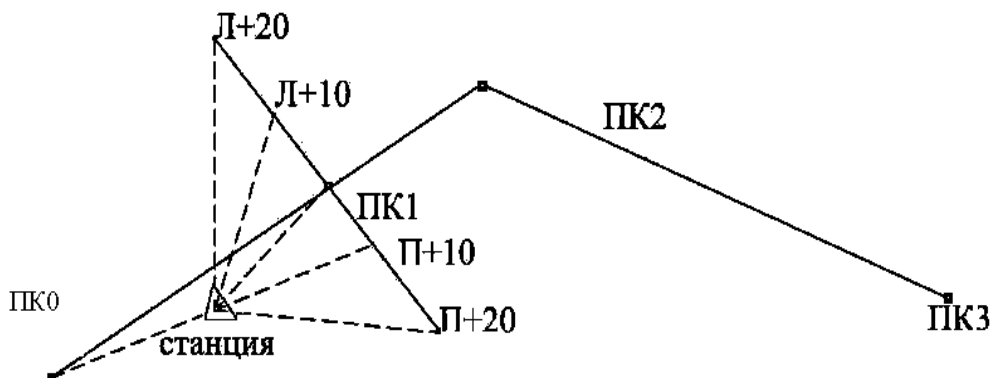


Рисунок 1.7 – Схема поперечного нівелювання

Необхідною умовою польового трасування є *прив'язка траси* до реперів державного нівелювання.

Результати нівелювання траси заносять у журнал, приклад, якого наведено на рисунку 1.8.

Припустиму нев'язку в перевищеннях у міліметрах обчислюють за формулою:

$$f_h = 50\sqrt{L},$$

де L – довжина траси, км.

Результатами вишукувань є топографічний план, подовжній і поперечний профілі земної поверхні по трасі.

№ стан	Т-ки нівел	Відліки по рейці			Перевищення		Середні перевищ		Гориз приладу	Висоти	
		задн	пром	перед	+	-	+	-		обчисл	випр
I	Рп 6 Лів 44	1326 6011								122,408	122,408
	ПК56			2465 7251		1139 1140		1140		+1 121,268	121,269
II	ПК56	1500 6284									
	ПК57			0908 5593	0592 0591		0592		122,624	+3 121,860	121,863
III	ПК57	0761 5444									
	+39,11		1431								12,193
IV	X			2161 6946		1400 1402		1401		120,459	
	X	0019 4804									
V	ПК58			2954 7639		2935 2935		2935		+5 117,524	117,529
	ПК58	0897 5582							118,426		
	+37		1913								116,513
	+60		0264								118,162
VI	ПК59			0943 5723		0046 0041		0044		+6 117,480	117486
	ПК59	0348 5135							117,834		
	+63,35		1956								115,878
	ПК60			2780 7465		2432 2430		3431		+8 115,049	115,057
		38111		52828	1183	15900					

Рисунок 1.8 – Журнал нівелювання траси від ПК 56 до ПК 83

1.4 Топографо-геодезичне забезпечення проектування автомобільних доріг

1.4.1 Камеральне проектування автомобільних доріг

Проектування поздовжнього профілю автомобільної дороги

Найбільш повною за обсягом і типовою є програма робіт для дорожніх вишукувань. Похідними даними в разі *камерального* проектування автомобільної дороги є топографічна карта масштабу 1:10000 з висотою перетину рельєфу $h_0 = 2-5$ м, або 1:25000 з $h_0 = 5$ м.

Коли проектування виконують за даними *польових* вишукувань, то похідними даними є результати кутових, лінійних і висотних вимірювань по трасі. Принципи проектування за даними камеральних і польових вишукувань і склад документації в істотному ступені однакові. Різниця у полягає більший точності матеріалів польових вишукувань, а відповідно і проектних матеріалів.

Проектування профілю траси складається з двох процесів:

- побудова моделі земної поверхні по напрямку траси – профілю земної поверхні (чорного профілю);
- побудова на одному з чорним профілем кресленні проектної траси та допоміжних даних з урахування технічних умов проектування.

Побудова подовжнього профілю земної поверхні

У традиційній технології подовжній профіль складають на міліметровому папері. На ньому будують стандартну сітку для відображення проектних і розрахункових даних. Як *горизонтальний масштаб* найчастіше приймають масштаби 1:2000 і 1:5000. Після цього в рядку горизонтальних відстаней відкладають у масштабі відстані, ставлять вертикальні мітки і заносять відповідно пікети, плюсові точки і відстані між ними. *Вертикальний масштаб* для більшої наочності укрупнюють в 10 разів.

У рядку «висоти землі» виписують висоти пікетів і плюсових точок. За вертикаллю відкладають в прийнятому масштабі висоти точок і з'єднують їх прямими лініями, одержуючи лінію профілю місцевості. Відмітки точок поверхні землі округлюють до сантиметрів.

Побудова проектного подовжнього профілю

Положення проектної лінії автодороги (проектної траси) відносно земної поверхні визначають на чорному подовжньому профілі, дотримуючись технічних умов. Головними з яких є додержання граничного подовжнього ухилу та дотримання балансу земляних робіт за мінімальних об'ємів.

Граничний ухил визначають за нормами проектування доріг, він повинен не перевищувати 0,040–0,050 для доріг вищих категорій та 0,060–0,090 для доріг місцевого значення.

Окрім того положення дороги на профілі позначають контрольними точками, які жорстко фіксовані за висотою: початок і кінець траси, її перетини з існуючими дорогами, висота проектної лінії над поверхнею води при переході через водотоки. Від цих точок починають нанесення проектної лінії на профіль.

Знаючи висоту контрольної точки H_1 , знаходять проектну висоту H_2 за формулою:

$$H_2 = H_1 + h = H_1 + i \cdot d,$$

де h – перевищення між точками;

d – відстань між точками.

У рядках сітки «ухили» і «проектні висоти» показують проектні значення ухилів і відповідні їм проектні висоти точок.

Різницю між проектною позначкою землі на осі дороги називають робочими позначками $h_{pi} = H_k - H_c$. Додатні робочі позначки показують висоту насипу, від'ємні – глибину виїмки.

Між двома точками профілю з робочими позначками різних знаків A і B знаходять точки нульових робіт M (рис. 1.9).

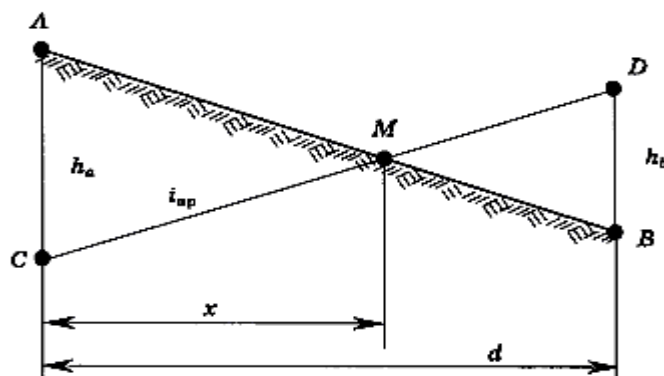


Рисунок 1.9 – Визначення положення точки нульових робіт

Відстань x від точки нульових робіт до ближньої точки визначають за формулою:

$$x = d \frac{|h_a|}{|h_a| + |h_b|},$$

де d – відстань між точками з відомими висотами.

Висоту точки нульових робіт визначають за формулою:

$$H_{00} = H_n + i \cdot x,$$

де H_n – висота точки, від якої визначена відстань x .

Робочі відмітки підписують біля лінії профілю (рис. 1.10).

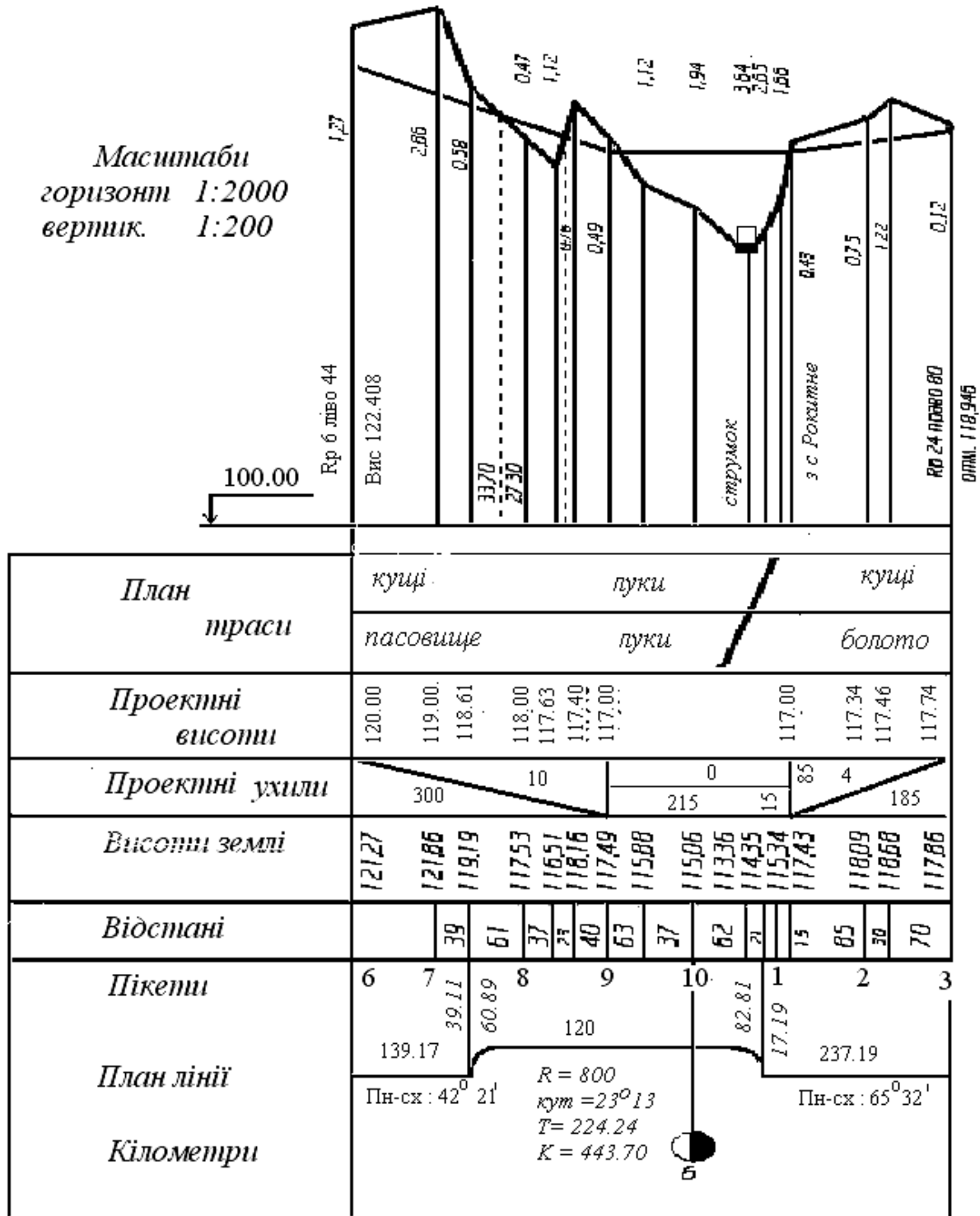


Рисунок 1.10 – Подовжній профіль дороги

У рядку «план прямих і кривих» показують довжини і напрями прямих відрізків траси і елементи кривих.

Всі фактичні дані позначають чорним, проектні – червоним, а дані про точки нульових робіт – синім кольором.

Проектування дороги на поперечному профілі (рис. 1.11) виконують на поперечниках, які будують в одному масштабі для вертикальних і горизонтальних відстаней.

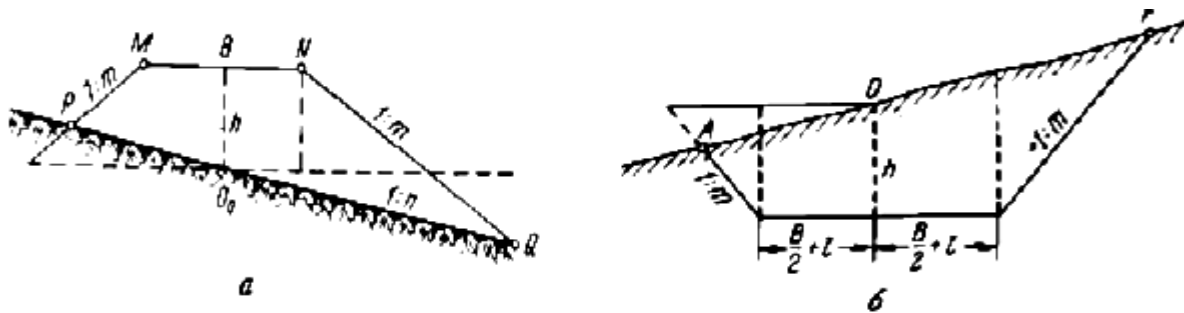


Рисунок 1.11 – Поперечні перетини насипу та виїмки на косогорі

Проектування заокруглень на трасі дороги

На переломах проектної лінії плану і профілю автодороги передбачають вставку горизонтальних та вертикальних кривих, які забезпечують плавність руху, а також видимість дороги і зустрічного транспорту (рис. 1.12).

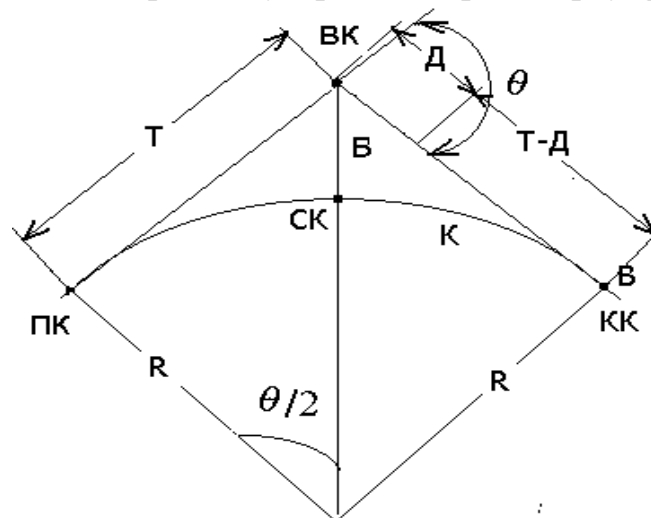


Рисунок 1.12 – Схема і елементи кривої в плані

Заокруглення в плані

Для проектування кругової кривої в плані треба знати кут повороту траси та призначити величину радіусу проєктованої кривої.

За цими величинами обчислюють основні елементи кривої T, K, B :

тангенс	$T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2};$
крива	$K = R \cdot \theta / \rho;$
бісектриса	$B = R(\sec \frac{\theta}{2} - 1).$

Якщо не користуються таблицями, обов'язково обчислюють *контрольну* величину домір D :

$$D = R(2\operatorname{tg} \frac{\theta}{2} - \frac{\theta}{\rho}).$$

Тільки *незалежно* обчислене значення доміра може слугувати контролем:

$$2T - K = D.$$

Відстані на трасі обчислюють за кривими, а розмітку пікетажу ведуть уздовж тангенсів. Для врахування різниці між довжиною двох тангенсів і кривою, всі пікети за вершиною кута зміщують на величину D .

Для великих радіусів кривих довжини тангенсів можуть досягати кількох сотень метрів, і вести розмітку початку і кінця кривої від вершини кута незручно. Тому обчислюють головні точки кривої в пікетажних позначеннях (рис. 1.13):

	$\Pi_k \Pi K = \Pi_k B K - T;$
	$\Pi_k K K = \Pi^k \Pi K + K;$
	$\Pi_k C K = \Pi_k \Pi K + K/2;$
контроль	$\Pi_k K K = \Pi_k B K + T - D;$
	$\Pi_k C K = \Pi_k B U - D/2.$

Знаючи румб початкового напрямку, пікетажні значення вершин кутів повороту і точок початку і кінця обох кривих, назву (правий і лівий) і величину кутів повороту, складають відомість прямих і кривих. Вона необхідна для контролю всіх обчислень, пов'язаних з положенням траси в плані. Окрім того, вона є основним документом для розмічування траси на місцевості.

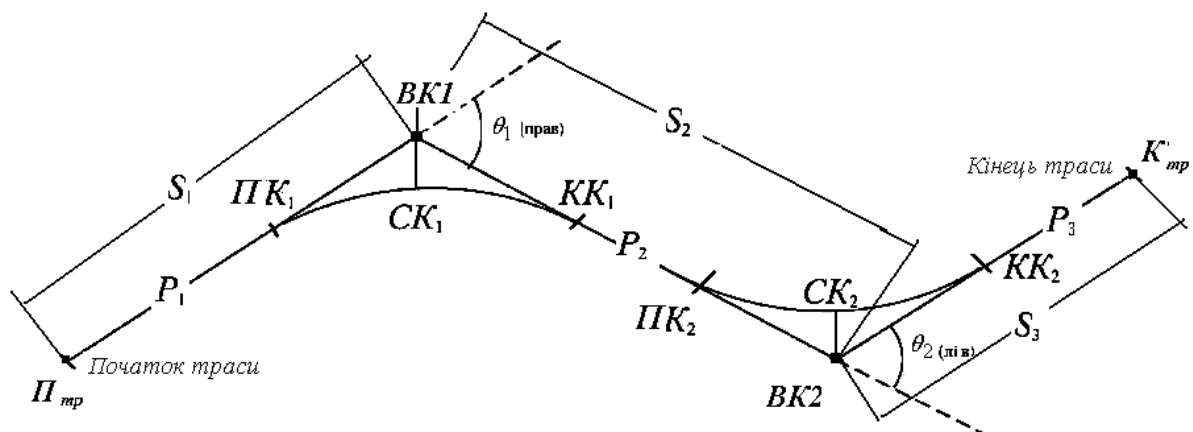


Рисунок 1. 13 – Елементи плану траси

Складання відомості прямих і кривих

Довжини прямих вставок P_1 , P_2 і P_3 обчислюються наступним чином:

– довжина прямої вставки P_1 , розташованої на стороні $ПК_0 - BK_1$, визначається різницею пікетажних значень початку першої кривої $ПК_1$ і початку $П_{тр}$ траси;

– довжина вставки P_2 на сторону $BK - BK_2$ обчислюється різницею пікетажних значень початку другої кругової $ПК_2$ і кінця першої кругової кривої:

$$P_2 = П_{к}ПК_2 - П_{к}КК_1.$$

Оскільки за умови завдання загальна довжина траси повинна дорівнювати N пікетам, то пряма вставка P_3 визначиться різницею пікетажних значень $K_{тр}$ і кінця другої кругової кривої, тобто:

$$P_3 = П_{к}K_{мп} - П_{к}КК_2 = П_{к}ПК N - П_{к}КК_2.$$

Значення відстаней між вершинами кутів повороту S_1 , S_2 , S_3 обчислюють за формулами:

$$S_1 = П_{к}BK_1 - П_{к}П_{мп};$$

$$S_2 = П_{к}BY_2 - П_{к}BY_1 + D_1;$$

$$S_3 = П_{к}K_{мп} - BK_2 + D_2,$$

Або $S_1 = P_1 + T_1$; $S_2 = T_1 + P_2 + T_2$; $S_3 = T_2 + P_3$.

Після заповнення відомості прямих і кривих виконують контроль розрахунків за формулами:

$$\sum P + \sum K = \sum S - \sum D = L,$$

де: L – загальна довжина траси;

R – радіус вертикальної кривої;

i_1 та i_2 – зустрічні ухили.

$$T = R \frac{i_1 + i_2}{2}; \quad B = T^2 / 2R; \quad K = R(i_2 + i_1).$$

Детальне проектування вертикальних кривих виконують за способом прямокутних координат: задають крок проектування (значення абсцис) і обчислюють відповідні ординати за формулою:

$$y = \frac{x^2}{2R}.$$

Значення бісектриси і ординат вводять як поправки в проектні позначки профілю з плюсом для увігнутих і з мінусом для вигнутих кривих.

Винесення пікетів на криву

Всі пікети, які знаходяться на тангенсах, повинні бути перенесені на криву. Для цього визначають їхні прямокутні координати відносно початку або кінця кривої. Якщо на криву радіуса R потрібно винести пікет з номером n , попередній пікет $n - 1$ знаходиться на відстані K_i від початку кривої (рис. 1.14).

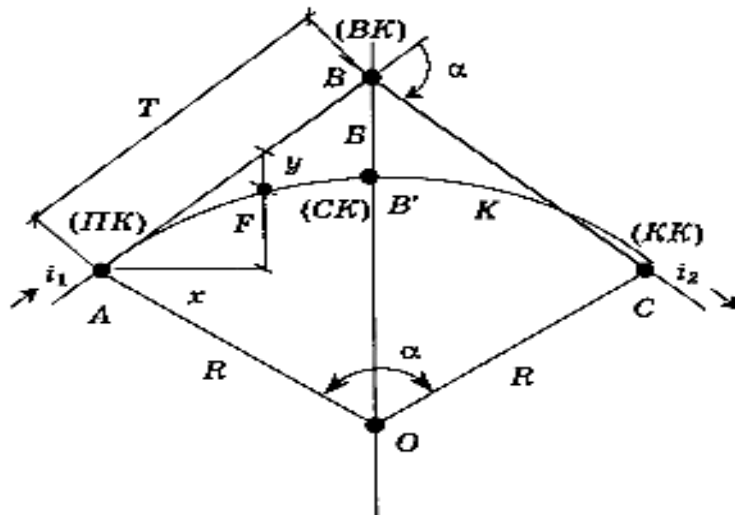


Рисунок 1.14 – Схема і елементи вертикальної кривої

За довжиною дуги K і радіусу прямокутні координати пікету обчислюють за формулами:

$$x_n = R \sin \varphi ;$$

$$y_n = 2R \sin^2 \varphi / 2 ,$$

де $\varphi = K \cdot \rho / R$.

Таким чином, для виносу пікету на криву необхідно відкласти від початку кривої $ПК$ взаємно перпендикулярні відрізки X і Y . Пікети, які розміщені за вершиною кута, виносять на криву від її кінця (рис. 1.15).

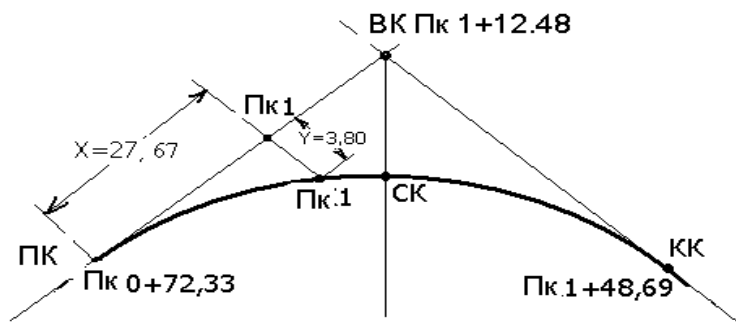


Рисунок 1.15 – Перенесення пікету на криву

Винесену на місцевість трасу для забезпечення тривалого збереження закріплюють виносними точками за межами земляних робіт (рис. 1.16).

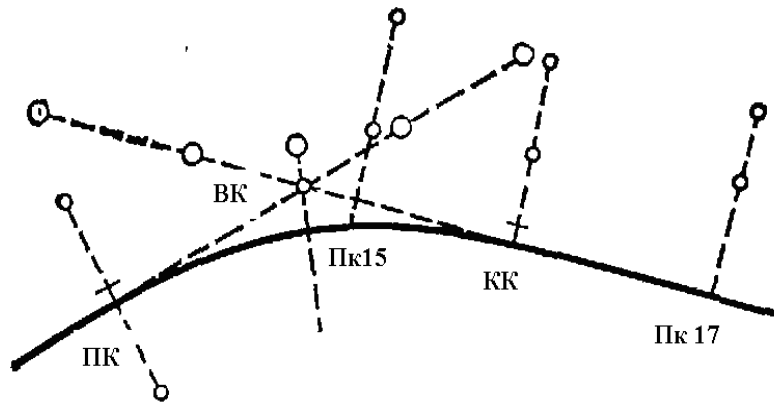


Рисунок 1.16 – Закріплення траси на місцевості виносними точками

1.5 Способи розмічування осей криволінійних споруд

1.5.1 Детальне розмічування кругових кривих в плані

Для винесення траси на місцевість трьох головних точок кривої недостатньо. Тому будують додаткові точки, так щільно, щоб проміжки між ними можна було вважати практично відрізками прямих.

Для кривих радіусом менше 100 м проміжок приймають 5 м, при радіусі 100-500 м і більше – 500-20 м.

Найбільш розповсюдженими способами детального розмічування кривих є способи прямокутних координат і продовжених хорд.

1.5.2 Спосіб прямокутних координат

За початок координат в умовній системі приймають початок кривої PK , за вісь абсцис – тангенс T (рис. 1.17).

Обчислюють кут θ , що відповідає довжині дуги l за формулою:

$$\theta = \frac{180^\circ \cdot l}{\pi R}.$$

Обчислюють прямокутні координати точок на кривій 1, 2, 3, ..., n за формулами:

$$\begin{aligned} X_1 &= R \sin \theta; & Y_1 &= 2R \sin 2\theta / 2; \\ X_2 &= R \sin 2\theta; & Y_2 &= 2R \sin 2\theta; \\ X_n &= R \sin n\theta; & Y_n &= 2R \sin 2n\theta / 2. \end{aligned}$$

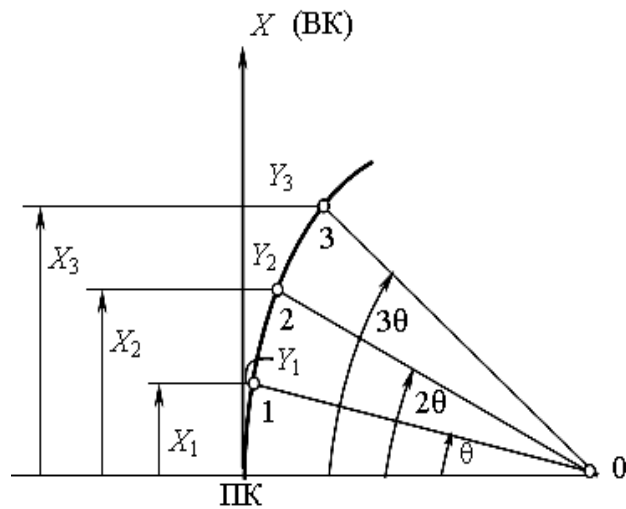


Рисунок 1.17 – Спосіб прямокутних координат

Побудова точок 1,2,3,...,n виконується так само, як і при винесенні пікету на криву. Перевага цього способу в тому, що кожену точку виносять окремо, що виключає нагромадження похибок. Але швидке зростання ординат від точки до точки робить неможливим використання способу прямокутних координат в стиснених для вимірювань умовах.

1.5.3 Спосіб продовжених хорд

Задаються інтервалом S детального розмічування кривої радіуса R та обчислюють кут за формулою:

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \frac{S}{2R}.$$

Користуючись формулами, наведеними у п.п. 1.5.2, обчислюють координати точки 1, яку розбивають способом прямокутних координат (рис. 1.17). Потім на продовженні першої хорди відмірюють відрізок S і закріплюють точку 2 (рис. 1.18).

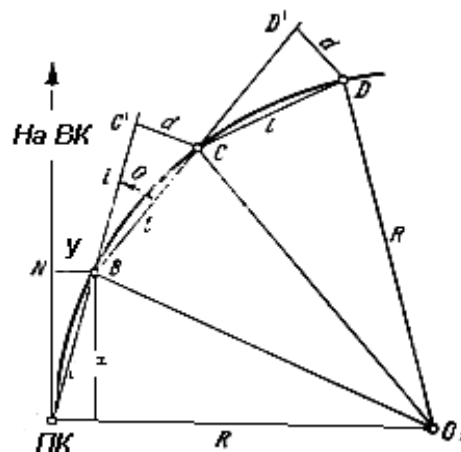


Рисунок 1.18 – Розмічування кривої способом продовження хорд

Утримуючи кінець стрічки в точці 1, визначають положення точки 2 лінійною засічкою радіусами S (стрічка) та d (рулетка).

Знову відкладають відрізок S на продовженні хорди 1-2. З точок 2 і 3' на перетині дуг радіусів S і d визначають положення точки 3, і т.д. Величину відрізка d , яка є постійною для всіх точок кривої, обчислюють за формулою:

$$d = S^2/R.$$

Цей спосіб зручний тим, що всі вимірювання виконуються недалеко від кривої, що дозволяє його використання на забудованій території, залісеній місцевості, тобто там, де спосіб прямокутних координат непридатний. Основним недоліком цього способу є швидке накопичення похибок розмічування в міру того, як зростає кількість точок розмічування.

1.5.4 Спосіб вільної станції

Цей спосіб застосовують при використанні електронного тахеометра. Його встановлюють в зручній для спостережень довільно вибраній точці і визначають положення станції оберненою лінійно-кутовою засічкою.

Програмне забезпечення електронного тахеометра дозволяє виконувати опрацювання результатів вимірювань і обчислення координат вільної станції.

2 ІНЖЕНЕРНО – ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА

2.1 Організація інженерно-геодезичних розмічувальних робіт

2.1.1 Інженерно-геодезичне проектування

Інженерно-геодезичне проектування – це комплекс робіт, що проводять з метою отримання необхідних даних для розміщення споруди в плані і за висотою, тобто за горизонтальним і вертикальним плануванням будівельного майданчика.

Інженерно-геодезичне проектування включає наступні етапи:

- 1) розміщення об'єкту будівництва на площині і за висотою;
- 2) орієнтування основних осей споруди;
- 3) проектування рельєфу;
- 4) обчислення об'ємів земляних робіт;
- 5) виконання розрахунків, пов'язаних із складанням проекту споруд лінійного типу, включаючи розрахунок горизонтальних і вертикальних кривих і складання подовжнього профілю траси;
- 6) виконання розрахунків, необхідних для перенесення проекту в натуру;
- 7) складання розмічувальних креслень, схем та ін.

Проект споруди є комплексом технічних документів, що містять техніко-економічне обґрунтування, розрахунки, креслення, записки пояснень та інші матеріали, необхідні для будівництва. Будівництво будівель і споруд виконується тільки за кресленнями, розробленими в проекті.

Проектування заходів з геодезичного забезпечення будівництва виконують на *генеральному плані* для будівельного майданчика в цілому та з використанням планів окремих будівель.

План будівлі – це горизонтальний розріз будівлі зазвичай у масштабі 1:100. Розріз виконують за тим або іншим поверхом горизонтальною площиною, проведеною дещо вище за підвіконня. На кресленні плану показують те, що міститься у в січній площині, і те, що розташоване під нею. Тому план надає можливості судити не тільки про форму і планові розміри всієї будівлі, але і про форму, розміри, взаємне розташування окремих приміщень, розташування і товщину капітальних стін і перегородок, розташування і планові розміри сходів та інших елементів будівлі, а також про розміщення санітарно-технічного й іншого устаткування.

Завжди виконують план першого поверху і плани всіх неоднотипних поверхів.

2.1.2 Класифікація осей будинків і споруд в плані

Розмічувальною віссю називають вісь (лінію), що проходить уздовж зовнішніх і капітальних внутрішніх стін.

Відстань між розмічувальними осями споруди відповідає номінальному розміру і має бути кратною 100 ($M=100$ мм). Розташування розмічувальних осей будівлі має задовольняти вимогам єдиної модульної системи (ЄМС). Всі зовнішні і капітальні внутрішні стіни, а також опори (колони і стовпи), повинні мати розмічувальні осі. До розмічувальних осей прив'язують всі елементи і конструкції будівлі.

Розмічувальні осі внутрішніх колон і стін зазвичай збігаються з їх геометричними осями.

Розмічувальні осі зовнішніх стін не збігаються з їх геометричними осями. Вони можуть збігатися з внутрішньою гранню стіни або відстояти від неї на величину, кратну 100 мм (величина модуля).

На плані розмічувальні осі наносять штрих-пунктирними лініями. Їх виносять за контури будівлі і закінчують колами діаметром 6...12 мм, в яких ставлять їх позначення.

Подовжні розмічувальні осі маркують літерами від низу до верху, починаючи з букви *A*.

Поперечні осі маркують цифрами зліва направо, починаючи з цифри 1. Маркування осей, як правило, виконують по лівій і нижній сторонах.

Якщо розташування осей протилежних сторін плану не збігається, то в місцях розбіжності розмічування маркування виносять додатково, по правій і верхній сторонах плану.

Розміри, на плані указують у міліметрах і наносять у вигляді замкнутих ланцюжків. *Перший* з них, з розмірами простінків і отворів, що чергуються, проводять на відстані 15-20 мм від зовнішнього контуру плану.

Другий від зовнішнього контуру плану розмірний ланцюжок визначає відстань між розмічувальними осями. Також дається прив'язка осей зовнішніх стін до їх зовнішніх граней. *За другим* розмірним ланцюжком указують відстань між крайніми розмічувальними осями і дають габаритний розмір плану.

За всі розмірні лінії виносять і лінії розрізів (сліди січних площин), які показують зазвичай на плані 1-го поверху і позначають арабськими цифрами.

Розміри, що проставляють усередині плану будівлі

Перш за все, це ланцюжки розмірів, що визначають послідовно ширину (довжину) приміщень, товщину стін і перегородок. Усередині плану проставляють розміри прив'язки граней капітальних стін до розмічувальних осей, розміри внутрішніх дверних отворів і прив'язку отворів до найближчих поперечних стін. На вільному місці, ближче до правого нижнього кута плану кожного приміщення, проставляють його площу з точністю до 0,01 м². Цифру, що визначає площу приміщення, підкреслюють товстою лінією.

Осі будинків і споруд поділяють на *головні, основні* та *детальні або проміжні*. Крім того осі поділяють на *поздовжні* та *поперечні* (рис. 2.1).

Поздовжні осі розміщують *уздовж більшої сторони* будинку. На робочих кресленнях їх позначають літерами *А-А, Б-Б* і т. д.

Поперечні осі розміщують *перпендикулярно до поздовжніх* і нумерують цифрами *1-1, 2-2* і т.д.

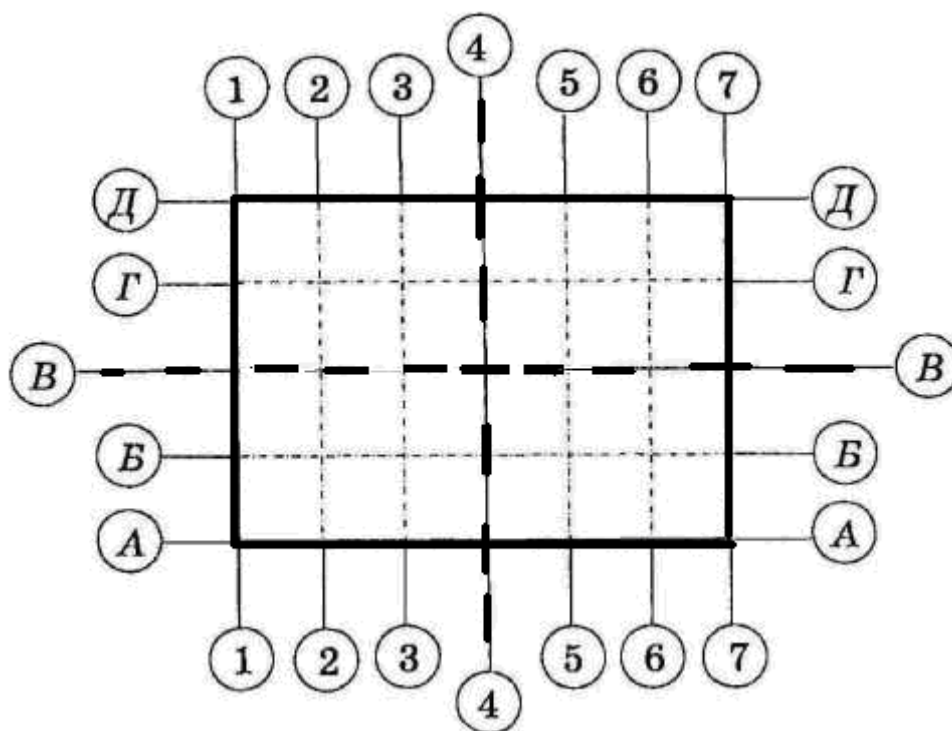


Рисунок 2.1 – Схема розмічування осей прямокутної будівлі

Осі будинків і споруд можуть бути криволінійними і повторювати їх конфігурацію.

Головними осями називають дві взаємно перпендикулярні осі, відносно яких споруда розміщується симетрично (*В-В* та *4-4* на рис. 2.1). Ці осі розмічають при зведенні великих за розмірами будинків і споруд.

Основними осями називають осі, які проходять *по контуру будинків* та споруд. На рисунку 2.1 це поздовжні основні осі *А-А, Д-Д* та поперечні – *1-1, 7-7*.

Детальними, або проміжними осями називають усі інші осі, які визначають планове положення окремих елементів конструкцій споруди. Це осі *Б-Б, Г-Г, 2-2*, та ін.

Для геодезичного контролю за *установкою обладнання* використовують *монтажні осі*, які розміщені паралельно розмічувальним.

Оскільки головні, основні та детальні осі проходять по краю, або через середину, або через центр будівельних конструкцій, то у процесі будівельних робіт вони закриваються. Тому *монтаж елементів* будівельних конструкцій виконують відносно *монтажних осей*. Ці осі проходять *паралельно поздовжнім та поперечним осям* на відстані 100 мм від площини конструкції. Їх розмічають безпосередньо на кожному монтажному горизонті під кожний елемент конструкції.

Для лінійних споруд (доріг, каналів, водопроводів, каналізації, газопроводів тощо) проектують поздовжні осі – траси цих споруд.

При зведенні каркасних будинків, промислових споруд з колонами монтажні осі збігаються з осями їх елементів. Так, при монтажі колон монтажні осі збігаються з осями їх симетрії.

Винесені на місцевість головні або основні осі закріплюють постійними знаками: по два знаки з кожного боку.

2.1.3 Проект виконання геодезичних робіт (ПВГР)

Одночасно з генеральним планом комплексу споруд, що зводиться, розроблюють проект *виконання геодезичних робіт* (ПВГР), який пов'язують з проектом організації будівельних робіт. У ньому описують методику розмічувальних робіт, їх точність і черговість виконання. ПВГР містить такі розділи.

1. *Організація геодезичних робіт на будівельному майданчику*. У цьому розділі розглядають питання узгодження схеми виробництва геодезичних робіт і календарні плани виконання вимірювань, вироблювані геодезичними групами.

2. *Основні геодезичні роботи*. Розділ містить схеми побудови планової і висотної геодезичної *основи* на будівельному майданчику, розрахунки необхідної точності геодезичних вимірювань, схеми і способи побудови розмічувальної мережі, типи знаків, реперів і марок, розбиття головних і основних осей. *Розмічувальну основу* будують у вигляді триангуляції, полігонометрії, трилатерації, будівельної сітки, лінійно-кутових побудов. Вона

служить для побудови зовнішньої розмічувальної мережі та для виконавчих зніманих.

3. *Розмічувальні роботи.* Сукупність геодезичних робіт на місцевості з перенесення проекту споруди в натуру називають *розмічуванням*. За своїм змістом і методам розмічувальні роботи протилежні знімальним, але значно точніше за них. *Геодезичні розмічувальні роботи* є складовою частиною будівельно-монтажного виробництва. Розрізняють *планові* і *висотні* розмічування споруд, до яких входять:

– *основні розмічувальні роботи* – це створення зовнішньої розмічувальної основи і проектних висот. Вони полягають у визначенні на місцевості положення *головних осей і основних осей* будівель та будівельного нуля інженерної споруди. Осі і висоти переносять у натуру від пунктів планової і висотної геодезичної основи, побудованої в районі споруди, що зводиться, з розрахунком точності винесення і методики виконання робіт, схемою розміщення осьових знаків, а також детальні розмічувальні геодезичні роботи. Зовнішня розмічувальна основа є базисом для виконання детальних розмічувальних робіт;

– *детальні розмічувальні роботи* полягають у визначенні планового і висотного положення тих або інших частин інженерної споруди, які задають її геометричні контури. *Детальні розмічувальні роботи* виконують, як правило, від *раніше перенесених в натуру головних осей* споруди шляхом розбивки основних і допоміжних осей, а також характерних точок і контурних ліній, що визначають положення всіх деталей споруди;

– *геодезичне забезпечення підземної частини* споруди на стадії розробки котловану, передачі висот і осей на дно котловану, розмічування комунікацій при влаштуванні фундаментів, розробляють методику детального розбиття конструкцій під монтаж, виконання виконавчої зйомки;

– *геодезичне забезпечення при зведенні надземної частини споруд* включає методику створення і розрахунки необхідної точності вимірювань при зведенні надземної частини будівлі: елементів планової і висотної геодезичної основи на початковому горизонті, вибір і обґрунтування методів передачі осей і висотних відміток на монтажні горизонти, виконавчі знімання;

– *геодезична вивірка конструкцій і технологічного устаткування.* Найважливішими геодезичними характеристиками, що підлягають визначенню при монтажі технологічного устаткування, є прямолінійність, горизонтальність, вертикальність, паралель, схильність та ін. Поєднання цих характеристик дозволяє визначити планове і висотне положення елементів і вузлів машин і установок, а також технологічного устаткування;

4. *Виконавчі знімання.* У міру зведення будівель для визначення планового і висотного положення остаточно встановлених конструкцій виконують комплекс геодезичних робіт, який називають виконавчими зніманнями.

5. *Проект вимірювання деформацій споруд геодезичними методами.* Деформацією споруд називають зміну відносного положення всієї споруди або окремих її частин, пов'язану з просторовим переміщенням або зміною її форми. Деформації споруд проявляються у вигляді прогинань, кручення, крену, зрушення, перекосів та ін.

Для своєчасного попередження аварій і для детальнішого вивчення причин порушення експлуатаційних властивостей споруд проводять систематичні спостереження за деформаціями їх конструкцій. З цією метою в конструкції споруд закладають спеціальні осадкові марки і періодично високоточними геодезичними методами визначають їх висоти. У ПВГР розглядають необхідну точність вимірювань, перелік приладів і методики вимірювань, періодичність вимірювань і методи обробки результатів.

2.1.4 Будівельна сітка

При проектуванні *великого комплексу споруд на незабудованій території* використовують *умовну систему плоских прямокутних координат*. В ній осі абсцис і ординат розташовують *паралельно* головним осям майбутніх споруд або червоним лініям, і розрахунки значно спрощуються.

Власно систему умовних координат можна винести і закріпити на місцевості в підготовчий період будівництва як *будівельну сітку*. Наявність будівельної сітки спрощує і полегшує виконання розмічувальних робіт з перенесення проекту на місцевість.

Будівельна сітка є системою прямокутників і квадратів, вершини яких закріплені на місцевості постійними знаками. Її проектують на *будівельному генеральному плані*. Для цього спочатку будують дві взаємно перпендикулярні осі, паралельні головним осям проєктованих споруд. Потім на осях будують сітку квадратів з довжиною сторін 50-100-200 м. Для вершин квадратів будівельної сітки визначають координати.

Форма будівельної геодезичної сітки залежить від її призначення, типу об'єкту, що будується, характеру рельєфу на будівельному майданчику, а також від щільності існуючої забудови (рис. 2.2). Напрямок осей координат вибирають паралельно лініям будівельної геодезичної сітки, а початок координат – таким, щоб всі пункти мали додатні координати. Часто як початок координат умовно приймають південно-західний кут будівельної геодезичної сітки.

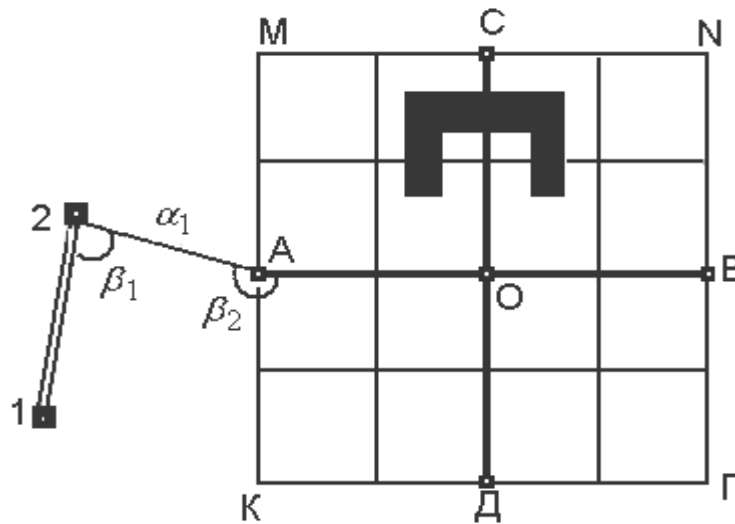


Рисунок 2.2 – Схема будівельної сітки

Знаки сітки служать одночасно реперами висотного обґрунтування. Для забезпечення максимального збереження знаків сітки під час будівництва їх розміщення пов'язують із генеральним планом. Положення знаків визначають з високою точністю.

Для винесення в натуру сітки одну її лінію прив'язують до пунктів геодезичної опори (точки 1, 2 на рис. 2.2) і закріплюють на місцевості.

Потім будують в точці O взаємно перпендикулярну лінію CD і від цих ліній розбивають сітку.

По вершинах сітки прокладають полігонометричні ходи і визначають уточнені координати вершин сітки. Остаточне положення вершин квадратів сітки закріплюють бетонними знаками (рис. 2.3).

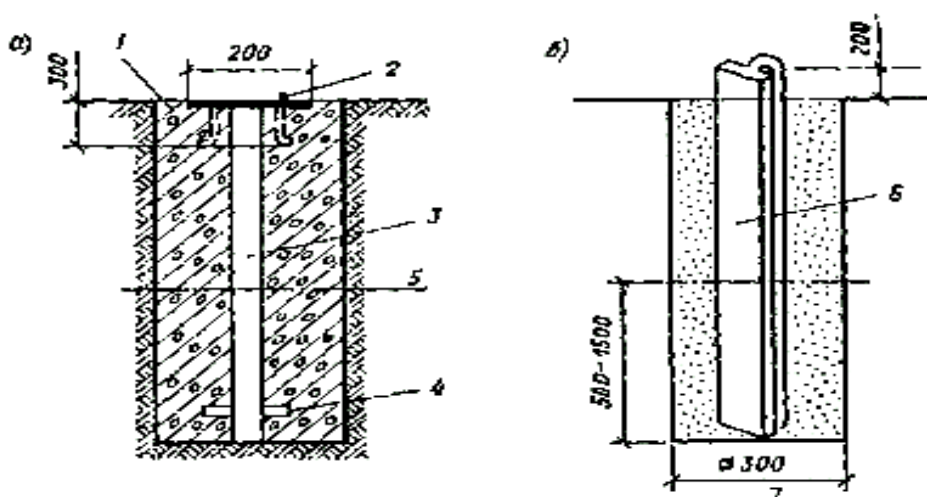


Рисунок 2.3 – Постійні знаки зовнішньої розмічувальної мережі споруди

Будівельна сітка слугує не тільки як геодезичне забезпечення розмічувальних робіт; в подальшому її пункти використовують як геодезичну основу для виконавчих зйомок.

2.1.5 Система припусків у будівництві

Сучасні індустріальні методи зведення інженерних споруд вимагають взаємозамінності однотипних конструкційних елементів споруди. Будь-яка деталь, взята з будь-якої партії однотипних будівельних елементів (панель, колона, плита перекриття та ін.) встановлюється у проектне положення в межах заданих припусків і без будь-якої підгонки чи пригонки за місцем.

Необхідною умовою взаємозамінності є забезпечення необхідної точності виготовлення елементів споруд та виконання геодезичних розмічувальних і монтажних робіт. Практично всі ці види робіт неминуче виконуються з похибками.

Взаємозамінність забезпечується за умови дотримання встановлених проектом припусків на виготовлення, розмічування і монтаж елементів будівельних конструкцій. Величини припусків на окремі технологічні операції визначають шляхом обробки результатів експериментів або теоретичних розрахунків.

Державними будівельними нормами встановлено, що *повна взаємозамінність* забезпечується, коли 99,73 % елементів встановлюється у проектне положення. Це означає, що із 10000 елементів 9973 будуть встановлені у проектне положення без підгонки.

На рисунку 2.4 показано припуск Δ на розмір будівельного елемента l .

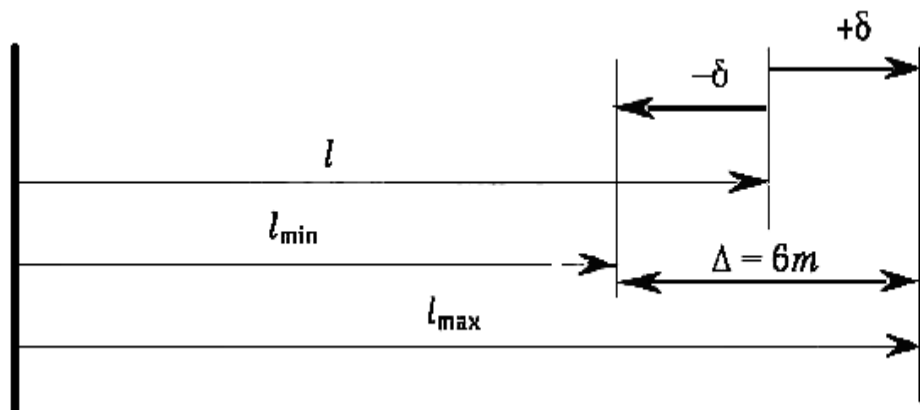


Рисунок 2.4 – Графічне зображення припуску:

l – номінальний розмір елемента

При встановленій довірчій імовірності $P = 0,9973$ отримаємо:

- поле припуску: $\Delta = 6m$;
- граничне відхилення: $\delta = \Delta / 2 = 3m$;
- можливі мінімальний та максимальний розміри елементу:
 $l_{min} = l - \delta = l - 3m$; $l_{max} = l + \delta = l + 3m$,

де m – середня квадратична похибка.

Нині в Україні діє «Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві». Вона складається із системи державних та галузевих стандартів, технічних умов, будівельних норм та інших нормативно-технічних документів.

При розробці проектів інженерних споруд на кресленнях показують *номінальні (проектні) розміри*. Практично при виготовленні, розмічуванні та монтажі виникають відхилення від номінальних розмірів. Виміряні розміри називають *дійсними розмірами*.

Таким чином, ***точність характеризує ступінь наближення дійсних розмірів до номінальних.***

Точність геометричних параметрів у будівництві визначають функціональними та технологічними припусками.

Функціональний припуск регламентує точність зібраної конструкції за умови забезпечення її функціональних потреб.

Технологічний припуск встановлює точність виконання окремого технологічного процесу.

Система припусків у будівництві створена за принципом групування в *класи точності*. *Клас точності* містить сукупність значень технологічних припусків для номінальних значень геометричних параметрів.

Величину технологічного припуску згідно ГОСТ 21779-82 обчислюють за формулою:

$$\Delta = i \cdot K ,$$

де i – одиниця припуску;

K – коефіцієнт точності.

Одиницю припуску i визначають залежно від розміру параметрів, виду його (дефекту), методів виконання геодезичних і монтажних робіт.

Коефіцієнт точності K встановлює число одиниць припуску i в даному класі точності. Технологічні припуски визначені не для кожного розміру, а для певних інтервалів геометричних параметрів.

Розроблені нормативи на технологічні припуски для окремих технологічних параметрів, зокрема, для виготовлення елементів конструкцій та виконання геодезичних та монтажних робіт.

1. *Припуски виготовлення.* Точність лінійних розмірів та стану поверхні (шорсткості) залізобетонних конструкцій залежить від точності розмірів і шорсткості форм, в яких їх виготовляють. Згідно ГОСТ 21779-82 основними дефектами елементів будівельних конструкцій є:

- спотворення лінійних розмірів;
- відхилення від прямолінійності (шорсткості) поверхні;
- відхилення від площини (викривлення опорних площин, овальність);
- спотворення перпендикулярності поверхонь (клиноподібність);
- перекис (нерівність діагоналей).

Одиницю припуску на виготовлення обчислюють за формулою:

$$i = \alpha_i (0,8 + 0,001\sqrt{L}) \left(\sqrt[3]{L + 25} + 0,01\sqrt[3]{L^2} \right),$$

де L – розмір елемента;

α – коефіцієнт, що залежить від виду дефекту.

Точність лінійних розмірів характеризує точність виготовлення елементів конструкцій за довжиною, шириною, товщиною, діаметром і положенням виступів, виїмок, отворів, прорізів, нанесених на елементи орієнтирів (рисок, осей) та ін. Припуски лінійних розмірів мають 9 класів точності для інтервалів від 20 до 60000 мм.

2. *Припуски геодезичних розмічувальних робіт* встановлюють згідно ГОСТ 21779-82 залежно від виду геодезичних робіт:

- розмічування точок і осей у плані;
- передача точок і осей по вертикалі;
- розмічування створних точок;
- розмічування висотних позначок на відстані L ;
- передача висотних позначок по вертикалі H ;
- розмічування взаємно перпендикулярних осей.

3. *Припуски будівельно-монтажних робіт.* Монтаж будівельних елементів виконують суміщенням їх у плані та за висотою відносно точок, ліній або площин, що винесені на поверхні будівельних конструкцій при виконанні геодезичних розмічувальних робіт.

ГОСТ 21779-82 встановлює два види монтажних припусків:

- на суміщення орієнтирів (рисок на вихідній поверхні та на елементі);
- на симетричність взаємного встановлення вихідного і монтажного елементів.

2.2 Організація інженерно-геодезичних розмічувальних робіт

2.2.1 Геодезична підготовка проекту

У задачу геодезичної підготовки проекту входить ув'язка між собою окремо розташованих на будівельному майданчику споруд і забезпечення їх розмічування на місцевості із заданою точністю.

Перед розмічуванням кожної споруди на місцевості складають розмічувальне креслення. Це креслення, що містить всі необхідні дані для перенесення окремих елементів споруди в натуру. На ньому показують геометричні елементи прив'язки споруди, що зводиться, до пунктів і ліній геодезичної мережі, будівельної сітки або до існуючих капітальних будівель або споруд.

Розмічувальне креслення технічного проекту складають для перенесення на місцевість проекту забудови. В цьому випадку за основу приймають топографічний план масштабу 1:500.

Для підготовки розмічувальних креслень використовують:

- генеральний план споруд і будівельний генеральний план;
- робочі креслення споруд з планами розташування осей споруд, що зводяться, – головних, основних і проміжних;
- проект вертикального планування будівельного майданчика;
- плани і профілі підземних комунікацій.

При горизонтальному плануванні складають проект розміщення всіх будівель і споруд, укладання транспортних та інших комунікацій. З цією метою спочатку на плані проектують систему ліній регулювання забудови, за яку повинна не виходити жодна з будівель, що зводяться, а при проектуванні житлових масивів – систему червоних ліній, які відділяють території кварталів від вулиць і проїздів. Положення червоних ліній визначають координатами вузлових точок, кутами дирекцій напрямів і відстанями між точками.

При складанні розмічувальних креслень для перенесення в натуру головних осей споруди використовують графічний, графо-аналітичний і аналітичний методи.

Аналітичним методом ці лінії розраховують, коли початковими даними служать координати комплексу опорних будівель і споруд, положення яких в процесі планування залишається незмінним. Розрахунки по горизонтальному плануванню виконують шляхом рішення прямих і зворотних геодезичних задач. Цей метод дає найточніші результати.

Графо-аналітичним методом розрахунок виконують за відсутності опорних споруд. Координати головних точок в цьому випадку беруть графічно

з плану та аналітично визначають параметри всіх ліній при заданих розмірах кварталів. Після цього складають детальний проект розміщення окремих споруд. Метод є оперативним методом підготовки креслень, коли частину необхідних даних визначають графічно з планів, а іншу розраховують аналітично.

Графічний метод застосовують тільки за наявності великомасштабного плану району будівництва і доцільності безпосередньо з нього визначати всі геометричні елементи розмічувального креслення.

2.2.2 Норми точності виконання геодезичних розмічувальних робіт у період будівництва

Геодезичні розмічувальні роботи у процесі будівництва повинні забезпечувати винесення в натуру від пунктів геодезичної розмічувальної основи (шляхом геодезичних обчислень, побудов та вимірів) осей і висот, які визначають відповідність проекту положення в плані та за висотою всіх конструкцій, частин і елементів будівель та споруд.

Точність геодезичних розмічувальних робіт встановлюють залежно від кількості етапів, висоти споруд та їх конструкцій, способів виконаних з'єднань, сполучень і вузлів згідно з будівельними нормами і правилами СНиП 3.01.03-84 «Геодезические работы в строительстве».

Під час виконання розмічувальних робіт користуються граничним відхиленням

$$\delta = \pm t \cdot m,$$

де m – середня квадратична похибка, що вибирають за СНиП;

t – параметр, що вибирається для заданих довірчих ймовірностей P .

Значення параметру: $t = 3$ при $P = 0,9973$; $t = 2,5$ при $P = 0,95$ та $t = 2$ при $P = 0,90$.

При *монтажі технологічного устаткування* точність геодезичних розмічувальних робіт має забезпечити дотримання припусків, передбачених технічними умовами на монтаж.

Результати геодезичних розмічувальних робіт повинні фіксуватись на кожній ділянці будівельних робіт і на кожному монтажному горизонті безпосередньо на робочих кресленнях, які використовувались при розмічуванні або шляхом складання схем закріплення осей і висот.

2.3 Технологія геодезичних розмічувальних робіт

2.3.1 Завдання та зміст геодезичних розмічувальних робіт

Сукупність геодезичних робіт на місцевості з перенесення проекту споруди в натуру називають *розмічуванням*. За своїм змістом і методами розмічувальні роботи протилежні знімальним і точніше за них. Задану точність розмічування зазвичай досягають наближеннями.

Геодезичні розмічувальні роботи виконують на всіх етапах будівельних робіт, аж до їх завершення. Вони полягають у винесенні на місцевість проекту будинку та споруди, встановленні у проектне положення елементів конструкцій, винесенні інженерних комунікацій, проекту вертикального планування території та ін.

Геодезичні розмічувальні роботи виконують як і геодезичні вимірювання – від загального до часткового, але при розмічувальних роботах точність наступних етапів підвищується.

Розрізняють *основні* і *детальні* планові та висотні геодезичні розмічувальні роботи. Відповідно розмічування споруди на місцевості виконують в кілька етапів.

На першому етапі виконують *основні планові розмічувальні роботи* – створюють на будівельному майданчику геодезичну розмічувальну основу і виносять та закріплюють на місцевості положення головних або основних осей і тим самим визначають загальне положення контуру споруди на місцевості.

На промислових майданчиках та інших інженерних комплексах, де існує технологічний зв'язок між спорудами, точність геодезичних розмічувальних робіт підвищується.

При зведенні окремих будинків і споруд на території *існуючої* забудови *без технологічних зв'язків* між ними точність розмічувальних робіт відповідає графічній точності масштабу генплану ($D_r = 0,2 \cdot M$, де M – знаменник числового масштабу плану).

На другому етапі виконують *детальне розмічування споруд* – винесення основних осей (якщо раніше були винесені головні), детальних і монтажних осей, а також інших видів робіт для визначення у плані положення елементів і вузлів будівельних конструкцій. Залежно від стадії виконання будівельних робіт розмічають поздовжні та поперечні осі елементів, блоків, закладних частин, встановлюють «висотні маяки» на монтажних горизонтах. Також визначають планове та висотне положення характерних точок елементів споруди, контролюють монтаж елементів конструкцій у плані, за висотою та вертикаллю.

Третій етап – розмічування монтажних осей виконують після закладки

фундаментів. На цьому етапі, як правило, виконують геодезичні роботи найвищої точності, яка визначається проектом монтажу устаткування.

Точність розмічувальних робіт підвищується від етапу до етапу.

На першому етапі для вписування загальних контурів споруди достатня точність в межах декількох сантиметрів. *На другому і третьому етапах* детальне розмічування виконують з вищою точністю.

Це обумовлено тим, що споруду зазвичай зводять індустріальними методами з наперед виготовлених збірних деталей. Геодезичне розмічування повинне забезпечити повне складання споруди – строге сполучення всіх його частин відповідно до геометричної схеми.

Основні висотні розмічувальні роботи полягають у винесенні на територію будівельного майданчика основних висотних реперів від реперів та марок державних, місцевих або спеціальних геодезичних мереж. Поблизу споруджуваного будинку або споруди закріплюють реperi (точки) «будівельного нуля» на рівні підлоги першого поверху.

Детальні висотні розмічувальні роботи полягають у встановленні на проектні висоти елементів конструкцій будинків і споруд. Їхній монтаж виконують від існуючих висотних реперів або закріплених точок «будівельного нуля». На монтажних горизонтах (перекриттях поверхів) висотні розмічування виконують відносно робочих реперів або «висотних маяків». Монтаж елементів конструкцій може виконуватись одночасно у плані та за висотою.

2.4 Елементи геодезичних розмічувальних робіт

Винесення проекту полягає у побудові на місцевості характерних точок осей споруди. Для цього будують проектні кути, відкладають відстані та виносять проектні перевищення (висоти).

Елементами геодезичних робіт називають геодезичні роботи, пов'язані з розмічуванням на місцевості кутів, ліній і перевищень.

Методами геодезичних розмічувальних робіт є цілеспрямована впорядкована сукупність кількох елементів геодезичних робіт.

Їх застосовують для приведення у проектне просторове положення характерних точок споруд.

Основні методи геодезичних розмічувальних робіт – метод прямокутних координат (перпендикулярів), полярних координат, кутових засічок, лінійних засічок, створної засічки.

При виконанні розмічувальних робіт, інженер-будівник повинен уміти виносити на місцевість обчислені значення відрізків прямих, горизонтальні

кути, проектні висоти точок, задавати лінії і площини з проектним ухилом, переносити на дно котловану і монтажні горизонти осі споруди і висоти.

2.4.1 Побудова горизонтального проектного кута

Вихідні дані – місцеположення вершини кута A ; напрям однієї зі сторін (AB); проектне значення кута $\beta_{\text{п}}$ (рис. 2.5).

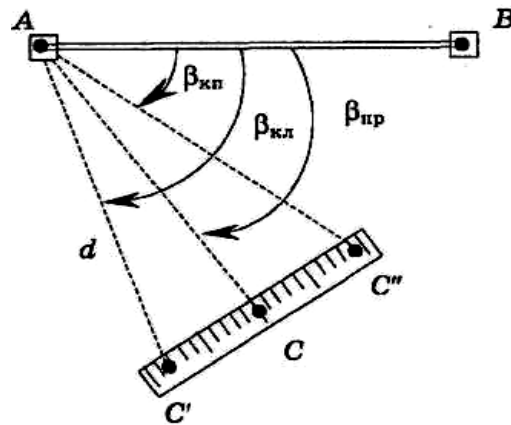


Рисунок 2.5 – Побудова проектного горизонтального кута

Порядок виконання роботи:

- встановлюють в точці A теодоліт і приводять його в робочий стан;
- при крузі право ($KП$) візують зорову трубу на точку B і беруть відлік по горизонтальному колу b ;

- обчислюють відлік на точку C при побудові кута $\beta_{\text{п}}$ при $KП$:

$$C = b + \beta_{\text{п}};$$

- встановлюють на горизонтальному крузі відлік C і по створеному напрямку за проекцією центру сітки ниток труби фіксують шпилькою точку C_1 ;

- аналогічні дії виконують при $KЛ$ і фіксують шпилькою точку C_2 . За відсутності похибок точки C_1 та C_2 збігаються. Через похибки напрямки можуть не збігтися;

- за допомогою лінійки відстань C_1C_2 ділять навпіл і фіксують точку C .

Середня квадратична похибка побудови в натурі проектного горизонтального кута:

$$m_{\beta} = \sqrt{2m_B^2 + 2m_0^2 + m_u^2 + 2m_{\phi}^2},$$

де m_b , m_0 , m_u , m_{ϕ} – середні квадратичні похибки візування, відліку за горизонтальним колом, центрування теодоліта, фіксування точки.

Побудова проектного горизонтального кута з підвищеною точністю

При одному положенні горизонтального круга теодоліта будують на місцевості кут β'' , описаним вище способом, і відмічають точку C_0 (рис. 2.6).

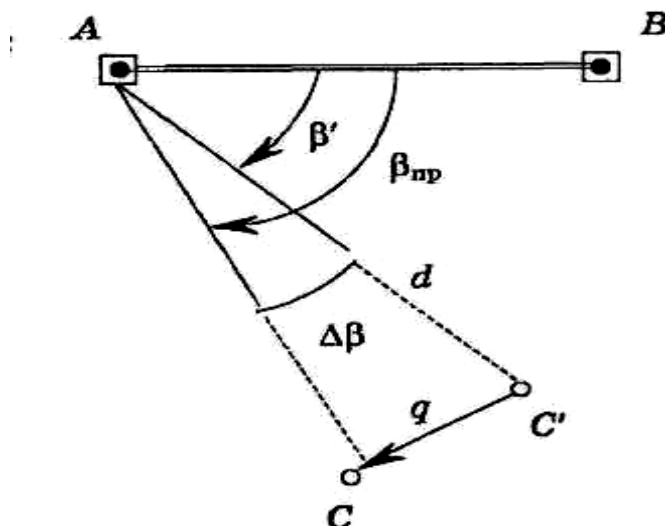


Рисунок 2.6 – Побудова кута з підвищеною точністю

Підвищення точності досягають шляхом багаторазових вимірювань попередньо розміченого проектного кута β_0 .

За результатами багаторазових вимірювань визначають як арифметичне середнє точне значення цього кута β_{to} .

Далі обчислюють $\Delta\beta = \beta_0 - \beta_{to}$, вимірюють відстань AC_0 і обчислюють лінійну поправку $CC_0 = \Delta l$ за формулою:

$$\Delta l = l\Delta\beta/\rho.$$

За перпендикуляром від лінії AC_0 точку C переміщують на величину Δl у відповідний бік і визначають остаточний напрям AC . Точку C фіксують кілком.

При побудові проектного кута способом редукування, його середню квадратичну похибку визначають за виразом:

$$m_{\beta i} = \sqrt{m_{\beta}^2 + m_{\Delta\beta}^2},$$

де $m_{\beta} = \sqrt{(m_{\Gamma}^2 + m_0^2)n + m_u^2 + m_p^2}$ – похибка побудови кута;

$m_{\Delta\beta} = m_l \rho / l$ – похибка поправки $\Delta\beta$;

m_l – похибка відкладання відрізка.

2.4 2 Побудова лінії заданої довжини

Лінію заданої довжини можна побудувати способом редукування. При цьому враховують, що довжина проектної лінії задається в горизонтальній проекції. Тому при побудові на місцевості у значення довжини треба вводити поправку на ухил місцевості.

Вихідні дані – місцеположення початкової точки лінії, напрям та проектне значення довжини (рис. 2.7).

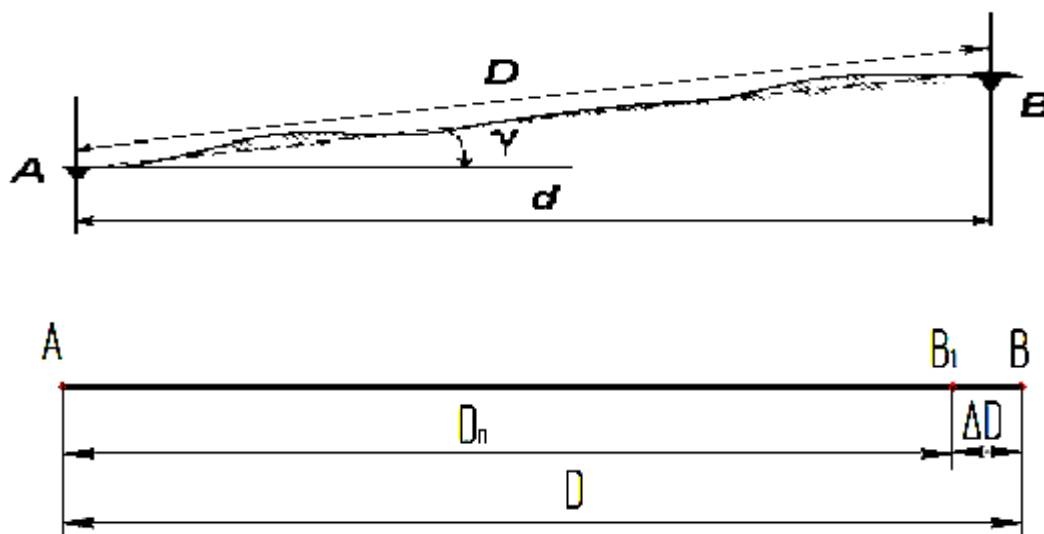


Рисунок 2.7 – Побудова проектної лінії

Порядок виконання роботи:

– від початкової точки A в заданому напрямку AB за допомогою рулетки відкладають *наближене* значення проектної відстані D_n і тимчасово фіксують кілком точку B_1 ;

– теодолітом вимірюють кут нахилу між точками A та B_1 і обчислюють перевищення h . Вимірюють температуру стрічки t_s ;

– обчислюють поправки до відкладеної на місцевості відстані: за компарування лінії, за температуру стрічки, за ухил лінії – $\Delta D_h = h^2 / 2D$.

При кутах нахилу, менших за 1° , а точність побудови лінії заданої довжини не перевищує 1:2000, поправку за ухил не враховують.

– сумарну поправку з протилежним знаком вводять у відстань AB_1 – точку B_1 зміщують на величину сумарної поправки і фіксують кілком точку B .

Середня квадратична похибка побудови в натурі лінії заданої довжини:

$$m_p = \sqrt{(m_k^2 + m_c^2)D^2 / l^2 + (m_t^2 + m_H^2 + m_h^2 + m_\phi^2)D / l} \text{ мм,}$$

де m_k, m_c, m_t, m_n, m_h – похибки на компарування, на укладання вимірювального приладу в створ, на відхилення кінця вимірювального приладу від створу, на температуру мірної стрічки, на натяг та нахил стрічки, мм.

2.4.3 Побудова точок з проектною висотою

При вертикальному плануванні, розробці котлованів та траншей, будівництві фундаментів споруд та трубопроводів, при встановленні колон і монтажі технологічного обладнання потрібно визначати на місцевості положення точок з проектною висотою. Проектні висоти переносять в натуру геометричним нівелюванням.

Вихідні дані – планове положення точки на місцевості та її проектна висота H_n , місцеположення репера і його висота H_R (рис. 2.8).

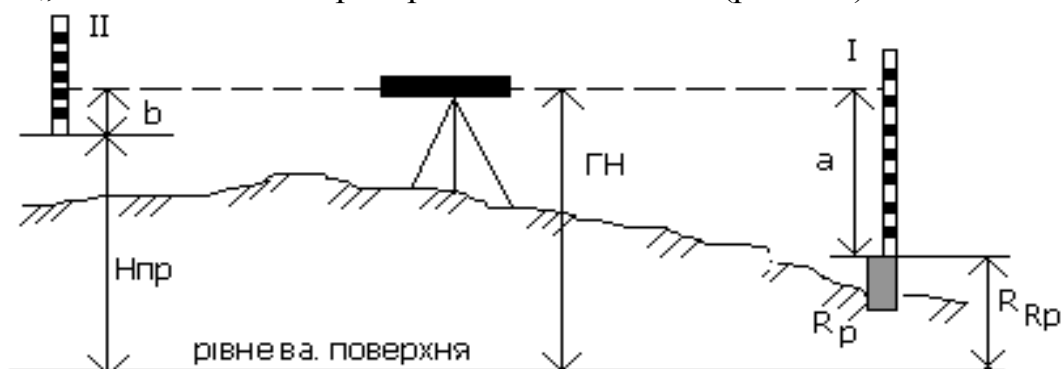


Рисунок 2.8 – Перенесення в натуру проектної висоти

Порядок виконання роботи:

- нівелір встановлюють посередині між репером та місцем перенесення проектної висоти;
- беруть відлік a по рейці, встановленій на репері, і обчислюють горизонт приладу:

$$ГП = H_R + a;$$

- обчислюють по рейці відлік b , мм, при якому задана точка буде знаходитись на проектній висоті:

$$b = ГП - H_n;$$

- встановлюють рейку в шуканій точці і змінюють положення її за вертикаллю таким чином, щоб відлік по рейці дорівнював обчисленому значенню b . Місцеположення нижньої точки рейки відповідатиме проектному положенню шуканої точки.

Рейку, в усіх випадках, необхідно ставити п'яткою з нуля на задану точку і на репер.

Середня квадратична похибка (СКП) перенесення на натуру проектної позначки точки, мм:

$$m_n = \sqrt{m_{Rp}^2 + m_a^2 + m_b^2 + m_i^2 + m_\phi^2},$$

де m_{Rp} – СКП висоти репера – 0,1 мм;

m_a, m_b – СКП відліків на репері та проектній точці;

m_i – СКП перевищення, зумовлена непаралельністю візирної осі зорової труби нівеліра та осі циліндричного рівня;

m_ϕ – СКП фіксування проектної позначки кілком – 2 мм.

Середні квадратичні похибки відліків по рейках, мм:

$$m_a = m_b = \sqrt{m_p^2 + m_{e.d.}^2 + m_n^2 + m_i^2 + m_{з.с.}^2},$$

де $m_p, m_{e.d.}, m_n, m_{з.с.}$ – середні квадратичні похибки відліків, мм, відповідно, через неточне встановлення контактної рівня в нуль-пункті, неточне визначення частки поділки рейки, через похибки нанесення поділок рейки та вплив зовнішнього середовища.

2.5 Методи геодезичних розмічувальних робіт

2.5.1 Пряма і зворотна геодезичні задачі

В основі всіх методів розмічувальних робіт лежить вирішення прямої або зворотної геодезичної задачі та їх комбінацій (рис. 2.9).

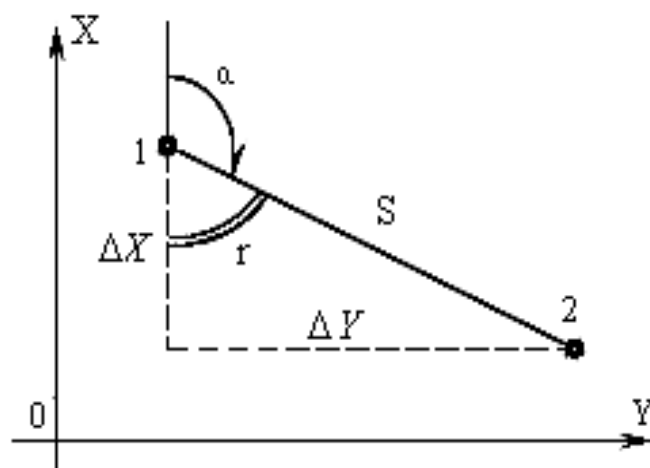


Рисунок 2.9 – Схема до геодезичних задач

1. Пряма геодезична задача.

Вихідні дані: координати першого пункту X_1, Y_1 , дирекційний кут α_{1-2} лінії 1-2 і довжина S_{1-2} лінії 1-2, яка сполучає початковий 1 і визначуваний 2 пункти.

Визначувані величини: координати X_2, Y_2 другого пункту.

Розв'язання.

Координати другої точки визначають за формулами:

$$X_2 = X_1 + S \cdot \cos \alpha,$$

$$Y_2 = Y_1 + S \cdot \sin \alpha.$$

2. Зворотна геодезична задача.

Вихідні дані: два пункти з відомими координатами X_1, Y_1 і X_2, Y_2 .

Визначувані величини: дирекційний кут α і довжина лінії S , що сполучає пункти 1 і 2.

Розв'язання.

Розв'язання зворотної геодезичної задачі має кілька варіантів, воно складніше за розв'язання прямої геодезичної задачі, що пов'язане з особливостями використання тригонометричних функцій.

Варіант 1.

Якщо $\Delta X \neq 0$ і $\Delta Y \neq 0$, то трикутник розв'язується за формулами:

$$S = \sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2},$$

$$\operatorname{tgr} = \left| \frac{\Delta Y}{\Delta X} \right|, \quad r = \operatorname{arctg} \left| \frac{\Delta Y}{\Delta X} \right|.$$

Порядок визначення дирекційного кута лінії:

- за знаками приростів координат $\Delta X, \Delta Y$ слід визначити номер чверті;
- за формулами зв'язку дирекційних кутів і румбів відповідно до номера чверті обчислити дирекційний кут.

Контролем правильності обчислень є виконання умов:

$$\frac{\Delta X}{\cos \alpha} = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha} = S.$$

Якщо $\Delta X = 0$, то $S = |\Delta Y|$, $\alpha = 90^\circ$ при $\Delta Y > 0$; $\alpha = 270^\circ$ при $\Delta Y < 0$.

Якщо $\Delta Y = 0$, то $S = |\Delta X|$, $\alpha = 0^\circ$ при $\Delta X > 0$; $\alpha = 180^\circ$ при $\Delta X < 0$.

Варіант 2.

Використовується алгоритм, що виключає можливе ділення на нуль при $\Delta X = 0$:

$$S = \sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2}, \quad r = \operatorname{arcCos} \left(\frac{\Delta X}{S} \right).$$

Якщо $\Delta Y \geq 0$, то $\alpha = r$; якщо $\Delta Y < 0$, то $\alpha = 360^0 - r$.

Методи розмічування споруд в плані

Положення проектних точок на місцевості знаходять шляхом розмічування – побудови фізичних величин від точок і ліній геодезичної розмічувальної основи. Аналіз взаємного розташування на плані проектних точок і точок геодезичної розмічувальної основи дозволяє вибрати раціональні способи розмічування проектних точок.

2.5.2 Метод полярних координат

Метод полярних координат є найбільш поширеним. За цим методом положення проектної точки P знаходять шляхом побудови полярного кута β в точці стояння S геодезичної основи від напрямку ST на точку орієнтування T геодезичної основи і потім – полярної відстані d (рис. 2.10).

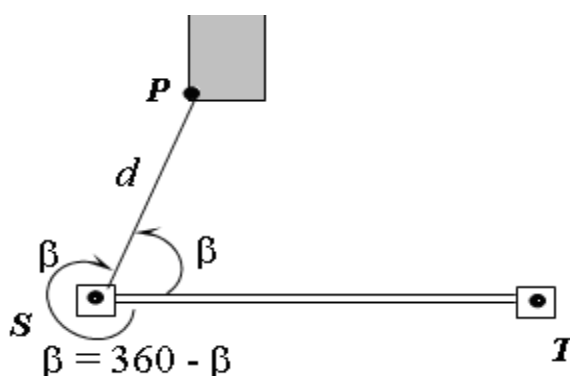


Рисунок 2.10 – Метод полярних координат

Розмічувальні елементи – полярні координати – обчислюють в результаті розв’язання оберненої геодезичної задачі:

– значення полярної відстані: $d_{SP} = \sqrt{(x_P - x_S)^2 + (y_P - y_S)^2}$;

– дирекційний кут напрямку: $\alpha_{SP} = \arctg \frac{y_P - y_S}{x_P - x_S}$;

– полярний кут: $\beta = \alpha_{SJ} - \alpha_{ST}$.

За цими формулами обчислюють також значення фізичних величин кутової і лінійної засічок.

Похибку m_P положення точки P у способі полярних координат визначають із залежності:

$$m_P = \sqrt{d^2 \left(\frac{m_\beta}{\rho} \right)^2 + m_d^2},$$

де m_β – похибка побудови кута;

m_d – похибка побудови довжини;

ρ – радіан.

2.5.3 Метод прямокутних координат

Цей метод доцільно застосувати при ординатах менших 20 м від вихідної лінії ST геодезичної сітки (рис. 2.11).

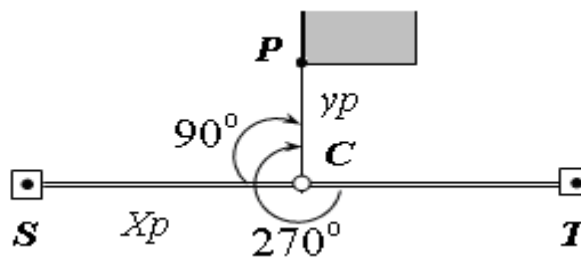


Рисунок 2.11 – Метод прямокутних координат

Розмічувальні елементи – прирости прямокутних координат – обчислюють за формулами перетворення координат при переході від однієї системи до іншої або після обчислення полярних координат за формулами:

$$\bar{x}_P = (x_P - x_S) \cos \alpha_{ST} - (y_P - y_S) \sin \alpha_{ST};$$

$$\bar{y}_P = (x_P - x_S) \sin \alpha_{ST} + (y_P - y_S) \cos \alpha_{ST}.$$

$$\bar{x}_P = d_{SP} \cdot \cos \beta_{TSJ};$$

$$\bar{y}_P = d_{SP} \cdot \sin \beta_{TSJ}.$$

Результати обчислень заносять до відомості.

Похибку m_P положення точки P визначають із залежності:

$$m_P = \sqrt{\left\{ \left(\frac{m_0}{\rho} \right)^2 \cdot \bar{x}^2 + m_{\bar{x}}^2 \right\} + \left\{ \left(\frac{m_{90}}{\rho} \right)^2 \cdot \bar{y}^2 + m_{\bar{y}}^2 \right\}},$$

де m_0, m_{90} – похибки побудови кутів 0° та 90° відповідно.

2.5.4 Метод кутових засічок

Метод кутових засічок застосовують, коли ускладнені лінійні вимірювання, а також при розмічуванні точок, значно віддалених від опорних

пунктів геодезичної мережі A і B , або коли безпосереднє вимірювання відстаней d_1 і d_2 утруднене.

У способі прямої кутової засічки одночасно використовують два теодоліти в точках A і B (рис. 2.12).

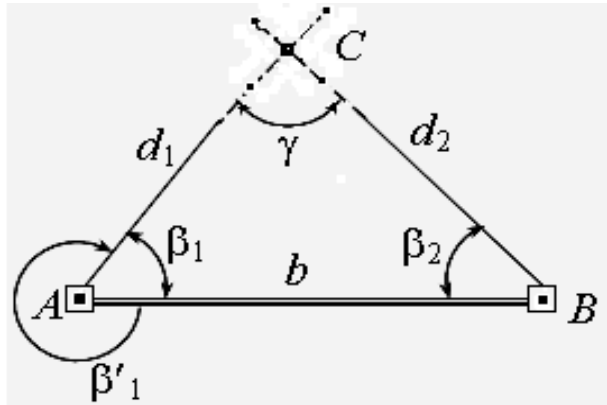


Рисунок 2.12 – Метод кутових засічок

Розмічувальні елементи – полярні координати – обчислюють в результаті розв’язання оберненої геодезичної задачі.

Побудувавши полярні кути β_S в точці S і в точці T , знаходять положення точки P на перетині побудованих напрямків AC та BC .

Похибку положення точки P m_P визначають із залежності:

$$m_P = \frac{m_B}{\rho} \cdot \frac{\sqrt{d_{SP}^2 + d_{TP}^2}}{\sin \gamma},$$

де γ – кут засічки в точці P .

Задовільної похибки m_P досягають при $40^\circ < \gamma < 140^\circ$.

Як вихідні дані для розмічувальних робіт слід вибрати точки розмічувальної основи, які щонайближче розташовані до проектних точок. Для контролю і підвищення точності робіт треба передбачити в окремих випадках застосування надлишкової кількості фізичних величин.

2.5.5 Метод лінійних засічок

Вихідні дані – координати точок геодезичної основи A і B і координати проектних точок P_j (рис. 2.13).

Вимірювані дані – відстані S_1 і S_2 , відносна похибка вимірювання відстаней дорівнює $\frac{m_S}{S} = \frac{1}{T}$.

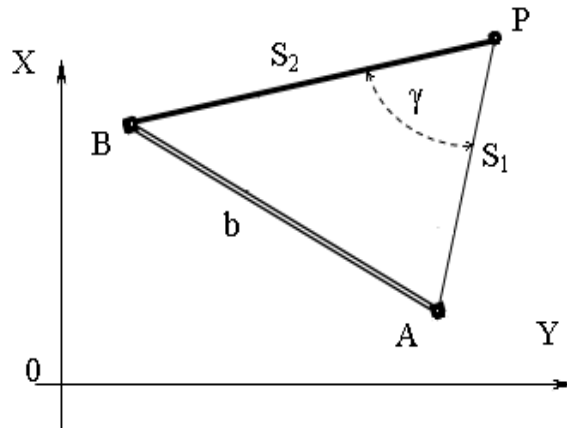


Рисунок 2.13 – Схема лінійної засічки

Визначувані дані – координати X, Y точки P .

Розв'язання.

З трикутника ABP :

– за теоремою косинусів обчислити кути β_1 і β_2 за формулами:

$$S_2^2 = b^2 + S_1^2 - 2 \cdot b \cdot S_1 \cdot \cos \beta_1,$$

$$S_1^2 = b^2 + S_2^2 - 2 \cdot b \cdot S_2 \cdot \cos \beta_2;$$

– обчислити кут $\gamma = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2)$;

– обчислити дирекційні кути сторін AP і BP :

точка P праворуч від лінії AB : $\alpha_{A2} = \alpha_{AB} + \beta_1$, $\alpha_{BP} = \alpha_{BA} - \beta_2$;

точка P ліворуч від лінії AB : $\alpha_{AP} = \alpha_{AB} - \beta_1$, $\alpha_{BP} = \alpha_{BA} + \beta_2$.

Дирекційний кут α_{AB} слід узяти дорівнюваним куту α з розв'язання зворотної геодезичної задачі між точками A і B :

$$\alpha_{BA} = \alpha_{AB} \pm 180^\circ.$$

Розв'язати прямі геодезичні задачі:

– з пункту A на точку P : $X = X_A + S_1 \cdot \cos \alpha_{A2}$, $Y = Y_A + S_1 \cdot \sin \alpha_{A2}$;

– з пункту B на точку P : $X = X_B + S_2 \cdot \cos \alpha_{B2}$, $Y = Y_B + S_2 \cdot \sin \alpha_{B2}$.

Обчислити похибку положення точки P за формулою:

$$M_P = \frac{\sqrt{m_{S_1}^2 + m_{S_2}^2}}{\sin \gamma}.$$

Метод зворотної лінійної засічки. У зворотній лінійній засічці початковими даними є координати пунктів 1(A) і 2(B); вимірюваними даними є відстані; визначуваними даними – координати X_P, Y_P точки P .

Порядок розв'язання задачі.

1. Із розв'язання зворотної геодезичної задачі визначити:

– значення базису засічки – відстань b_1 між настінними пунктами, до

яких вимірювалися відстані S_1 і S_2 :

$$b_1 = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2};$$

– дирекційний кут базису засічки α_{1-2} обчислюють наступним чином:

1) обчислюють румб базису за формулою:

$$r_{1-2} = \arctan\left(\frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}\right) = \arctan \frac{\Delta Y_{1-2}}{\Delta X_{1-2}};$$

2) за знаками приростів координат ΔX і ΔY визначають чверть, до якої належить румб, і обчислюють дирекційний кут, використовуючи залежність між дирекційними кутами і румбами.

2. Виконати розв'язання трикутників $12P$:

– за теоремою косинусів обчислити кути β_1 і β_2 :

$$\cos \beta_1 = \frac{(S_1^2 - S_2^2 + b^2)}{2bS_1}; \quad \cos \beta_2 = \frac{(S_2^2 - S_1^2 + b^2)}{2bS_2};$$

– обчислити кут γ за формулою:

$$\gamma = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2);$$

– обчислити дирекційні кути сторін $1P$ і $2P$:

1) точка P праворуч від лінії 1-2:

$$\alpha_{1-p} = \alpha_{1-2} - \beta_1; \quad \alpha_{2-p} = \alpha_{2-1} - \beta_2;$$

2) P ліворуч від лінії 1-2:

$$\alpha_{1-p} = \alpha_{1-2} - \beta_1; \quad \alpha_{2-p} = \alpha_{2-1} + \beta_2.$$

3. Обчислити дирекційний кут напрямку 2-1:

$$\alpha_{2-1} = \alpha_{1-2} \pm 180^\circ.$$

4. Розв'язати прямі геодезичні задачі:

– з пункту 1 на точку P :

$$X_{p1} = X_1 + S_1 \cdot \cos \alpha_{1-p}, \quad Y_{p1} = Y_1 + S_1 \cdot \sin \alpha_{1-p};$$

– з пункту 2 на точку P :

$$X_{p2} = X_2 + S_2 \cdot \cos \alpha_{2-p}, \quad Y_{p2} = Y_2 + S_2 \cdot \sin \alpha_{2-p}.$$

5. Обчислити помилку положення точки P за формулою:

$$M_p = \frac{\sqrt{m_{S_1}^2 + m_{S_2}^2}}{\sin \gamma}.$$

2.5.6 Розмічування точки зворотною кутовою засічкою

Вихідні дані – координати точок 1 (X_1, Y_1), 2 (X_2, Y_2), 3 (X_3, Y_3) (рис. 2.14).
Вимірювані параметри – кути β_1, β_2 (рис. 2.14).

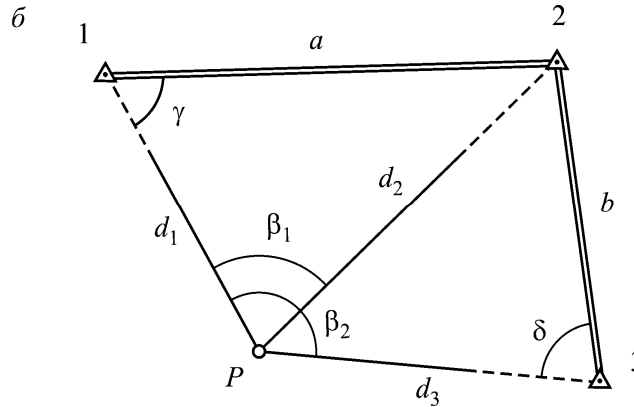


Рисунок 2.14 – Схема зворотної кутової засічки

Розв'язання.

1. Обчислити координати пункту:

$$m = X_1 + (Y_1 - Y_2) \operatorname{ctg} \beta_1;$$

$$n = Y_1 + (X_2 - X_1) \operatorname{ctg} \beta_1;$$

$$t = \frac{(Y_3 - Y_2) \cdot \operatorname{ctg} \beta_2 - X_3 + m}{(X_3 - X_2) \operatorname{ctg} \beta_2 + Y_3 - n}; \quad d = \frac{m - X_2 + (n - Y_2) \cdot t}{1 + t^2};$$

$$X_k = X_2 + d; \quad Y_k = Y_2 + d \cdot t,$$

де $X_1, Y_1, X_2, Y_2, X_3, Y_3$ – координати початкових пунктів, нумерація яких повинна зростати за ходом годинникової стрілки щодо пункту, координати якого визначаються;

β_1, β_2 – виміряні кути.

2. Середню квадратичну похибку визначення положення точки P зворотною кутовою засічкою визначають за формулою:

$$m_P = \frac{m_\beta}{\rho \cdot \sin(\gamma + \delta)} \sqrt{\left(\frac{d_1 \cdot d_2}{a}\right)^2 + \left(\frac{d_2 \cdot d_3}{b}\right)^2},$$

де m_β – середня квадратична похибка вимірювання кутів теодолітом.

2.5.7 Розмічування точки у створі

Знаходження положення точки у заданому створі є дуже поширеною задачею у будівництві в умовах, що виключають можливість постановки теодоліта над осьовими знаками, або за відсутності видимості безпосередньо

між ними.

Теодоліт встановлюють в певній допоміжній точці P_0 , розташованій приблизно в створі 1-2 (рис. 2.15) і одним прийомом вимірюють кут β_i між напрямками на кінцеві осьові знаки.

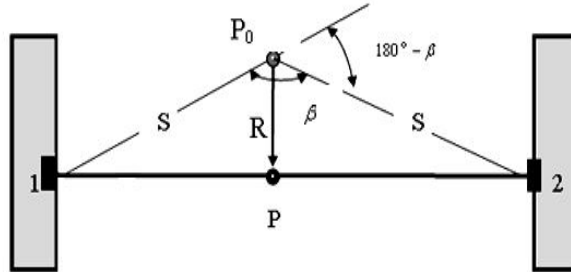


Рисунок 2.15 – Визначення положення точки встановленням у створі

Вихідні дані – координати пунктів геодезичної основи 1 і 2: X_1, Y_1, X_2, Y_2 ; координати точки P – X_p, Y_p .

Вимірювані величини – кут нестворності β та відстані S .

Визначувані величини – координати допоміжної точки X_0, Y_0 , редукції R_i .

Розв'язання.

Порядок дій.

– обчислюють перше значення R_i – зсуву допоміжної точки P_0 від створу 1-2 за формулою:

$$R_i = \frac{S_1 \cdot S_2}{(S_1 + S_2)} \frac{(180^\circ - \beta_i)}{\rho},$$

де ρ – радіан, що дорівнює 206265 секунд;

S_1 і S_2 – відстані між проміжною точкою P і кінцевими осьовими знаками (визначаються з невисокою точністю);

– відкладають відрізок R_i і знаходять положення точки P_1 створу у першому наближенні;

– у точці P_1 вимірюють кут β_2 з необхідною точністю;

– знову обчислюють зсув R_2 ;

– переміщенням теодоліта на головці штатива знаходять і закріплюють остаточне положення точки створу P_2 .

Контроль здійснюють вимірюванням кута β_{kin} в точці P_2 за n прийомами. Його величина має не перевищувати точність вимірювання кутів.

Середню квадратичну похибку установки приладу в створ розмічувальної осі обчислюють за формулою:

$$m_{cmb} = \sqrt{\left[\frac{m_{\beta} \cdot S_1 \cdot S_2}{\rho \cdot (S_1 + S_2)} \right]^2 + m_u^2 + m_p^2 + m_{\phi}^2},$$

де m_{β} , m_u , m_p , m_{ϕ} – середні квадратичні похибки вимірювання кута β , центрування, редукції та фіксації.

Для підвищення точності визначення положення точки в створі досягають зменшення m_{β} , застосовуючи теодоліт вищої точності або збільшуючи число прийомів вимірювання кута.

2.6 Методи розмічування споруд по висоті

Дані про розміщення елементів споруди за висоті наводяться на розрізах.

Розрізи виконують вертикальною січною площиною, що проходить упоперек (поперечний розріз) або уздовж будівлі (подовжній розріз). Положення січної площини і напрям погляду обирають з розрахунку отримання максимальної інформації про форму, конструктивні особливості і висотні розміри елементів будівлі. Січна площина повинна проходити по віконних і дверних отворах, по сходах.

Розріз будівлі надає можливості виявити висоту всієї будівлі, кількість і висоту окремих поверхів, взаємне розташування окремих елементів будівлі у вертикальному напрямі та їх розміри – висоту підвіконь, висоту віконних і дверних отворів, товщину перекриттів, висотні розміри сходів та ін.

Для спрощення проектування і зведення споруд відстані за висотою (вертикаллю) розраховують в умовній системі висот. За початок відліку беруть нульовий горизонт. Нульовим горизонтом є проектний рівень частини споруди, від якого ведуть відлік висот усіх її елементів.

Як правило, за нульовий горизонт беруть позначку чистої підлоги першого поверху споруди, позначку головки рейки залізничної колії, розміщеної на осі головного будинку станції, рівень планування та ін.

Висотні розмічування споруд виконують в два етапи:

– попередні роботи, що полягають в установці поблизу споруди робочих нівелірних знаків (будівельних реперів) і визначенні їх висот;

– детальне розмічування споруди, що ведуть від будівельних реперів. Його можна виконувати в умовній системі висот. При зведенні житлових будівель за будівельний нуль приймають відмітку чистої підлоги першого поверху будівлі. Якщо будівельний нуль закріплений на місцевості спеціальним знаком, то подальше детальне розмічування виконують від цієї мітки.

Норми точності розмічувальних робіт регламентують будівельні норми і правила.

2.6.1 Побудова на місцевості лінії із заданим ухилом

На місцевості від точки з висотою необхідно розмітити напрям із заданим ухилом (рис. 2.16).

Для вирішення задачі між точками A і B ставлять нівелір так, щоб два його піднімальні гвинти були паралельними заданому напрямку. Від ближнього репера виносять в натуру проектні позначки точок A і B , тобто H_A та H_B .

Проектну висоту обчислюють за формулою:

$$H_B = H_A + i \cdot L.$$

Потім піднімальними гвинтами нахиляють трубу нівеліра до тих пір, поки відліки на рейках в точках A і B не стануть однаковими c .

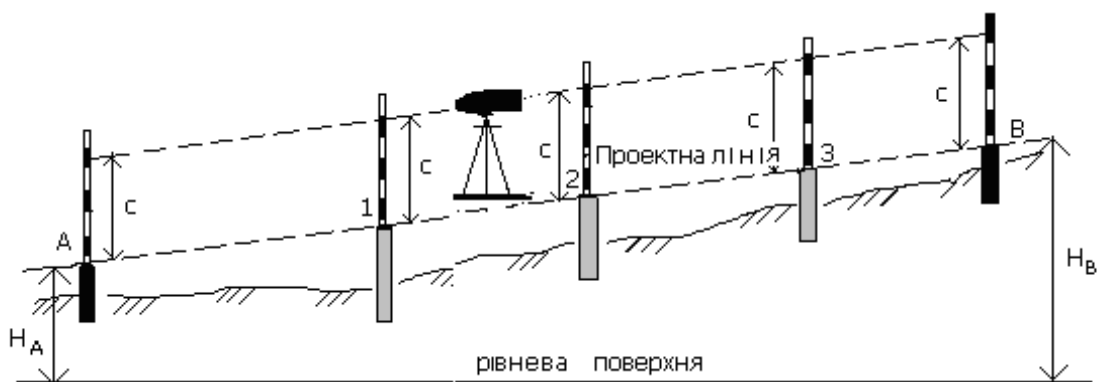


Рисунок 2.16 – Побудова лінії заданого ухилу нахиленим нівеліром

У результаті візирна лінія буде паралельною лінії із заданим ухилом i . Проміжні точки лінії визначають установленням рейки в точках 1, 2, ... і одержанням на них відліку c .

Побудова лінії заданого ухилу теодолітом

Розміщують теодоліт у точці 1, яка встановлена на проектну позначку $H_{пр}$, вимірюють її висоту i та обчислюють кут ν , відповідний заданому ухилу. Кут ν установлюють на вертикальному крузі з урахуванням місця нуля, а потім переміщують рейку за вертикаллю на другому кінці лінії, поки відлік на рейці не стане дорівнювати a і фіксують п'ятку рейки. Таким же чином визначають положення проміжних точок лінії (рис. 2.17).

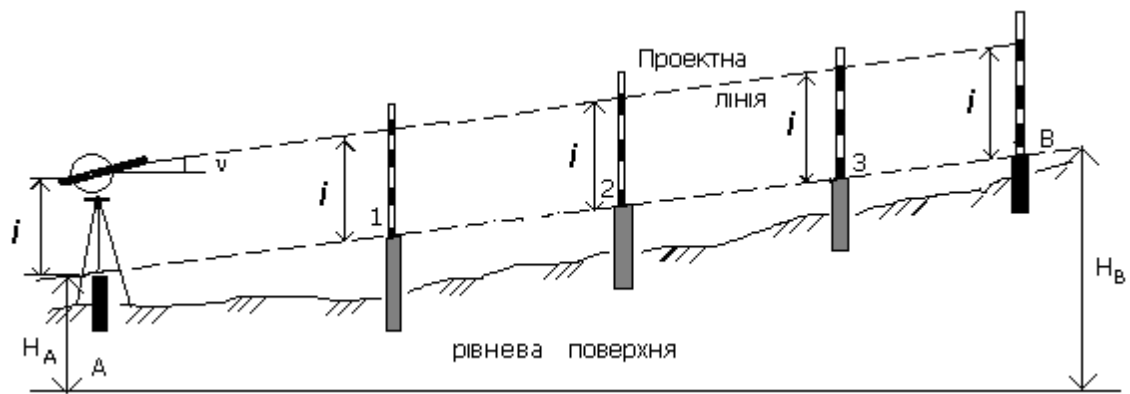


Рисунок 2.17 – Побудова лінії заданого ухилу теодолітом

Перенесення в натуру лінії за допомогою візирок

Перенесення в натуру лінії заданого ухилу з меншою точністю можливо за допомогою трьох візирок (рис. 2.18).

Для цього ставлять опорні візирки в точках A і B , а ходову (проміжну) переміщують на точку C так, щоб її верхній зріз C^1 був на лінії візування A^1B^1 .

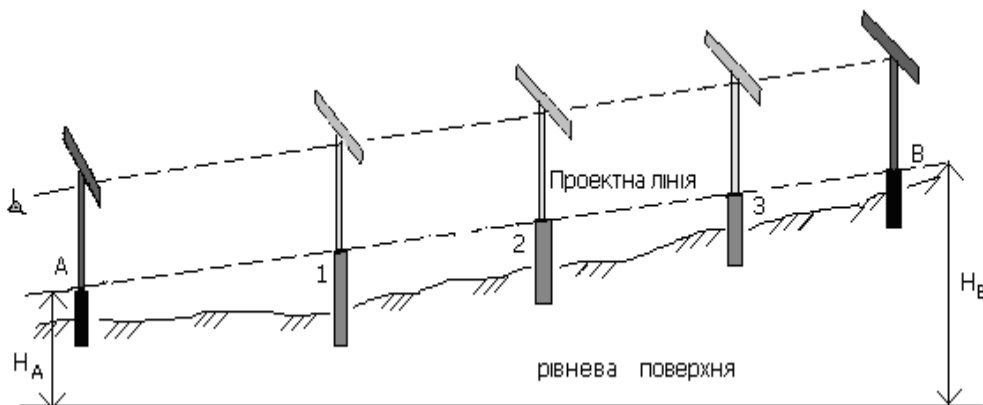


Рисунок 2.18 – Використання візирок для побудови лінії із заданим ухилом

2.7 Геодезичні роботи при зведенні будинків і споруд

2.7.1 Завдання геодезичної служби

При будівництві будівель і споруд розрізняють три цикли робіт: підготовчий, нульовий і надземний.

У підготовчому циклі виконують первинні розмічувальні роботи, проводять інженерну підготовку території будівництва – виконують планування і розчищають ділянку, влаштовують водостоки, споруджують

дороги, тимчасові огорожі, будують тимчасові допоміжні споруди.

У підготовчий період будівництва, після винесення і закріплення осей споруди, на місцевості розбивають контур котловану і за його межами зводять суцільну або секційну обноску (її можна не зводити при будівництві типових будівель з несучими колонами, якщо вісь кожного ряду колон закріплена знаками створів). На обноску фіксують осі споруди, і надалі вона служить для детального розмічування. Після закінчення цих робіт складають виконавче креслення закріплення осей, на якому показують взаємне розташування осей зі всіма розмірами, знаки закріплення і початкові пункти, використані при розмічуванні.

2.7.2 Побудова обноски і винесення на обноску осей

Для виконання в майбутньому детальної розбивки паралельно контуру споруди на відстані 4-5 м від нього споруджують будівельну обноску у вигляді обструганих дощок, закріплених на стовпах у строго горизонтальному положенні (рис. 2.19).

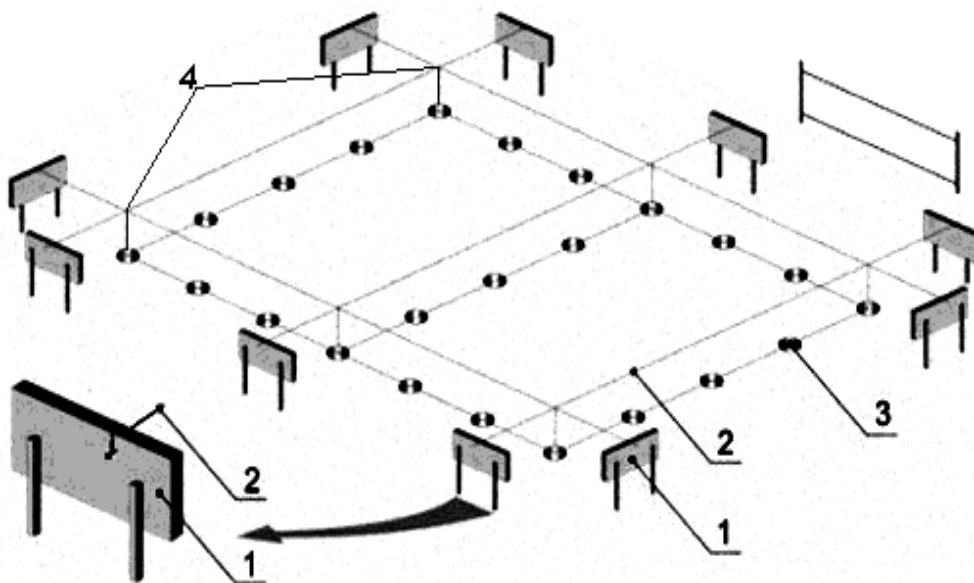


Рисунок 2.19 – Влаштування і використання обноски:

- 1 – горизонтальні планки на стовпах; 2 – осьові дроти;
- 3 – опори фундаментів; 4 – виски для проектування перетинів осей

Зорову трубу встановленого над точкою *I* приладу направляють на точку *II* і фіксують олівцем положення центра сітки ниток на верхнім обрізі дошки (осьова риска *l*). Переводячи трубу через zenit, помічають точку *i''* на протилежному боці обноски. Поздовжню вісь 1-1 переносять на обноску послідовним візуванням на точку *IV* і в протилежному напрямі риски *D'* і *DU*.

Таким же прийомом фіксують на обносці з точок II, III і IV решту осей споруди, після цього фактичні відстані між осями вимірюють сталеву рулеткою з введенням поправок на компарування і температуру в результати вимірювань.

Після основних осей розбивають проміжні осі, відкладаючи указані на розмічувальному кресленні міжосьові інтервали в поздовжньому і поперечному напрямках. Якщо відстань між створними точками 20-30 м, побудову створів виконують за допомогою монтажного дроту, який протягують у двох взаємно перпендикулярних напрямках.

Остаточне положення кожної з осей закріплюють цвяхами і позначають фарбою з вказівкою номера осі.

Розмічування і закріплення осей споруд

На розмічувальному кресленні (рис. 2.20) зображена частина будівельної сітки, від сторін якої №10-11 і № 11-21 необхідно перенести в натуру основні осі споруди прямокутної форми I-II-III-IV.

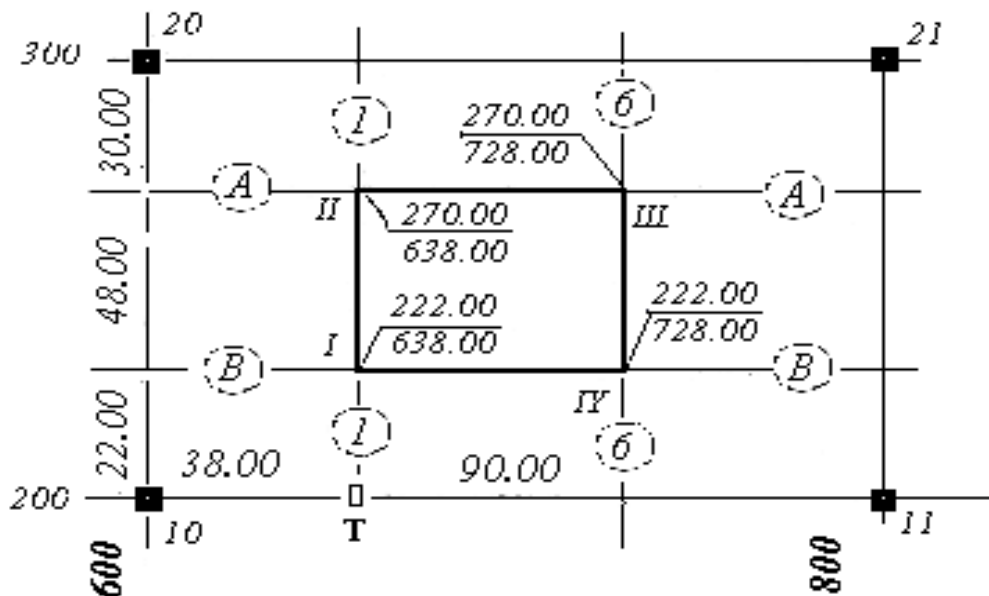


Рисунок 2.20 – Розмічування осей споруди від будівельної сітки

Початковими даними для розмічування є координати точок, які фіксують положення осей, і обчислені відстані між цими точками і вершинами сітки.

Установлюють теодоліт на пункті № 10, наводять зорову трубу на пункт № 11 і відкладають відстань $\Delta y = 38,00$ м. У закріплену тимчасовим знаком точку T переносять теодоліт, і при двох положеннях вертикального круга будують прямий кут, вздовж перпендикуляра відкладають відрізок $\Delta x = 22,00$ м, одержують точку I і закріплюють її тимчасовим знаком. По

створу Т-І відкладають проектну ширину споруди 48,00 м і визначають таким чином положення точки П.

Аналогічно розбивають і закріплюють точки ІІІ і ІV. Розбивку осей повторно перевіряють прив'язкою точок П і ІІІ до відповідних пунктів № 20 і № 21, а також контрольними вимірюваннями діагоналей І-ІІІ, ІІ-ІV і прямих кутів між осями.

Для зберігання осей на період будівництва кожен з них закріплюють знаками за зоною земляних робіт з таким розрахунком, щоб забезпечити можливість перенесення осей на верхні яруси споруди (рис. 2.21, 2.22).

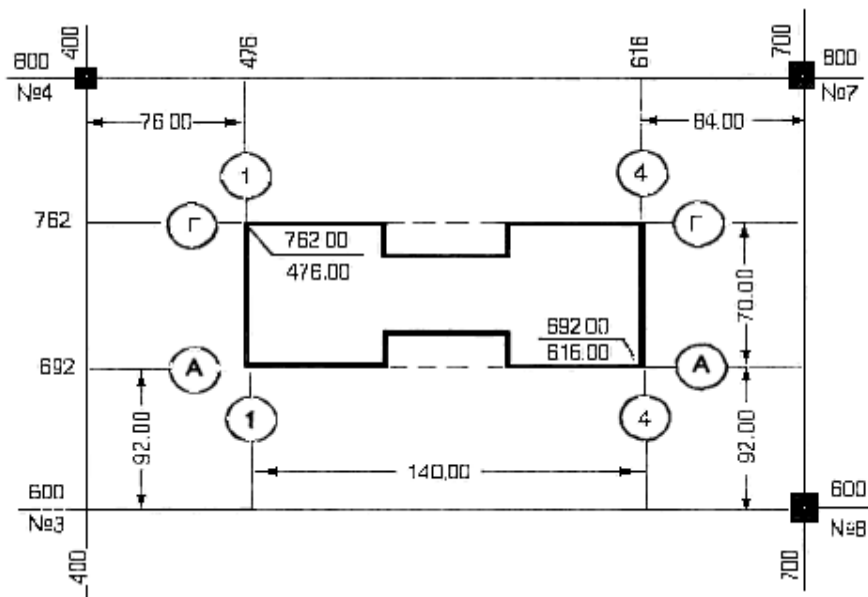


Рисунок 2.21 – Схема розмічування осей способом прямокутних координат від будівельної сітки

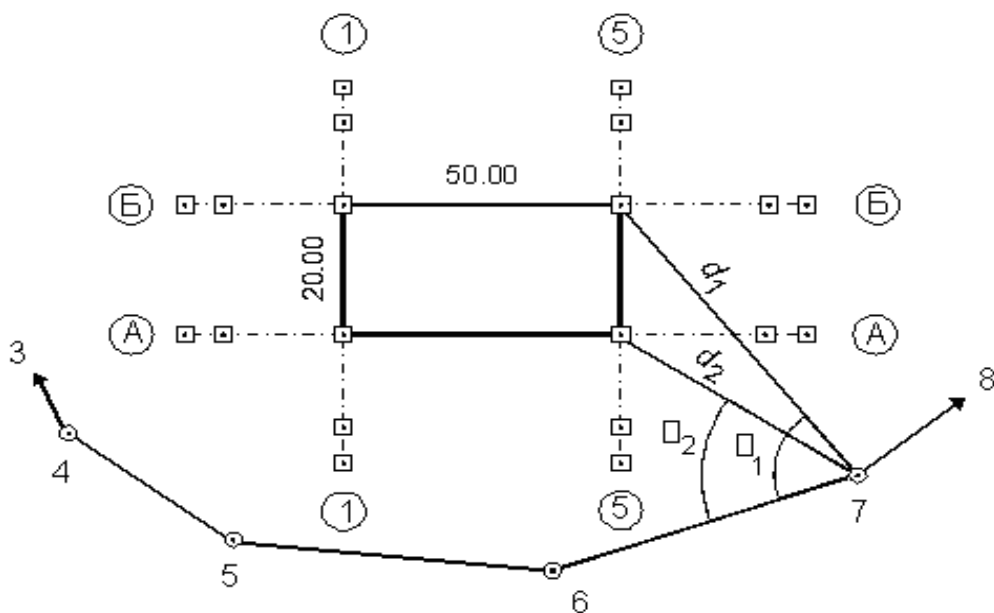


Рисунок 2.22 – Схема розмічування споруди від теодолітного ходу

2.7.3 Геодезичне забезпечення земляних робіт

У нульовий цикл входить комплекс робіт із спорудження частини будівлі до першого поверху: розробка котлованів і траншей, установка підкранових рейок, монтаж кранів, зведення фундаментів і стін підвального поверху, монтаж підвального перекриття, влаштування долівок, сходів тощо. Схеми розмічування при виконанні земляних робіт наведено на рисунках. 2.23, 2.24 та 2.25.

Земляні роботи при зведенні лінійних споруд

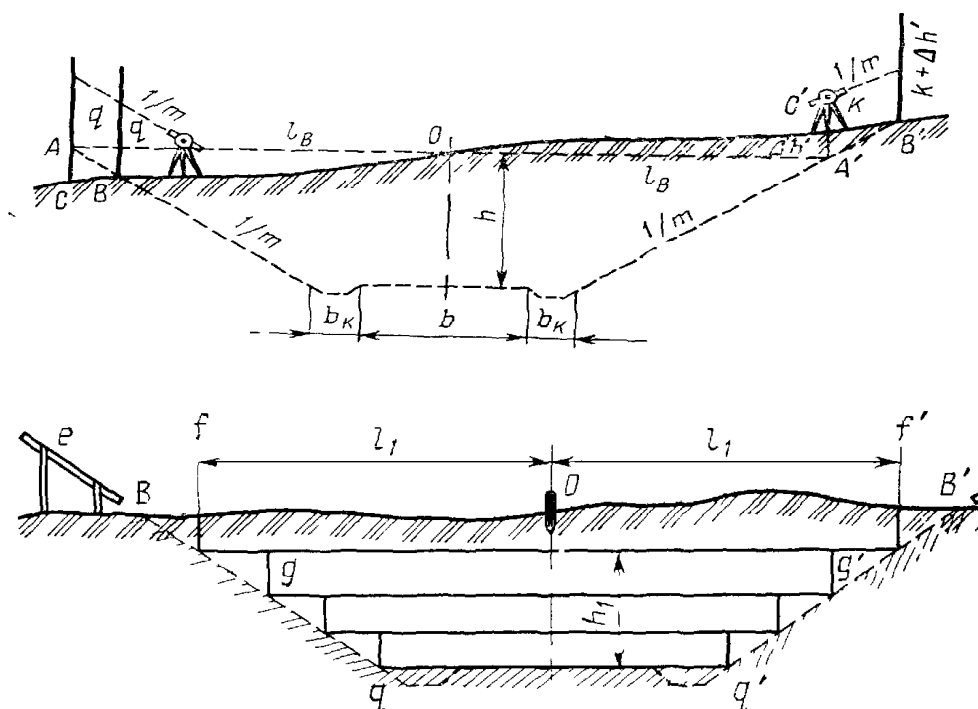


Рисунок 2.23 – Розмічувальні роботи при розробці виїмки

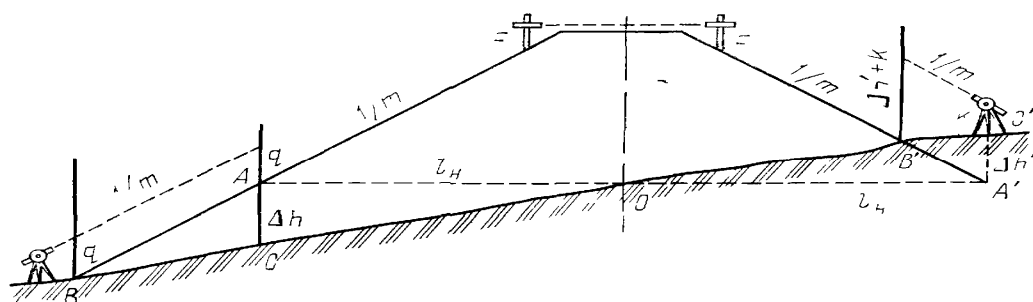


Рисунок 2.24 – Розмічування насипу на косогорі; розмічування насипу теодолітом

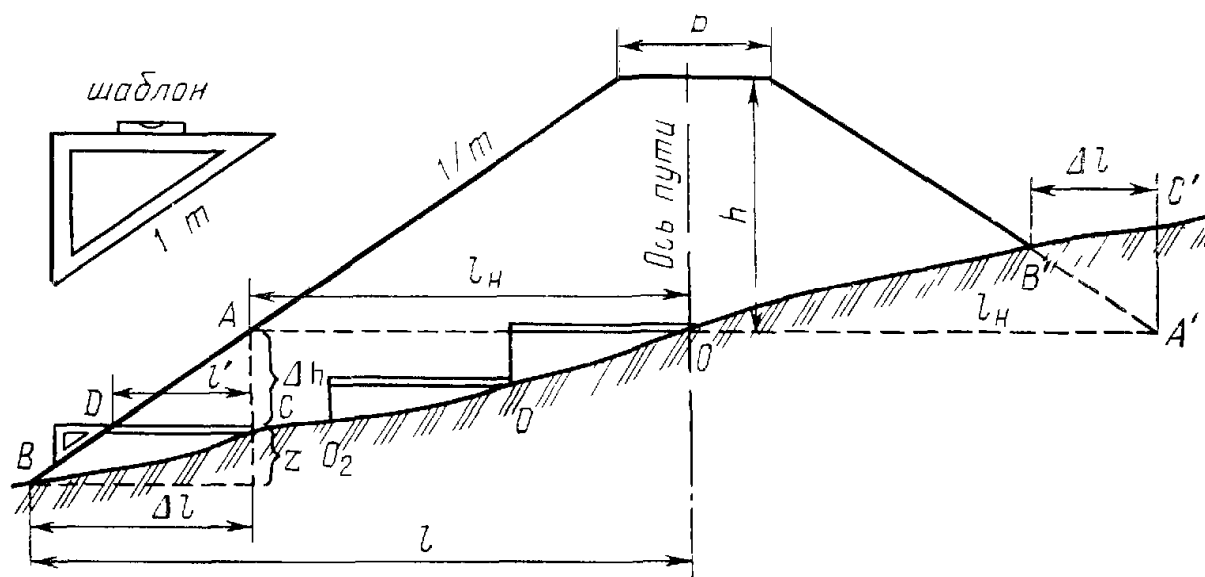


Рисунок 2.25 – Розмічування котловану

В процесі виконання земляних робіт геодезичними методами здійснюють контроль за виїмкою землі і зачисткою котловану або траншеї до заданої проектної відмітки. Одночасно поблизу котловану роблять геодезичне розмічування для установки підкранових колій, контролюють укладання шпал, рейок, а потім горизонтальність і прямолінійність колій.

На цьому етапі будівництва основне геодезичне завдання – це розмічування від основних осей контуру котловану згідно з розмічувальним кресленням, яке визначає форму та розміри котловану.

Для цього за винесеними на обноску рисками основних осей натягують дріт, у місцях перетину дротів опускають виски та закріплюють їх проекції кілками. Щоб розмітити верхню бровку котловану від його нижнього контуру відкладають перпендикулярно до осей відстані d , обчислені за формулою:

$$d = m(H_1 + H_0 + i \cdot l) / (1 + m),$$

де m – коефіцієнт схилу котловану;

H_1 – висота репера;

H_0 – проектна висота дна котловану;

$i = (H_1 - H_2) / S$ – ухил;

H_2 – висота землі по зовнішньому контуру споруди;

S – відстань від зовнішнього контуру будівлі до репера;

l – горизонтальна відстань від репера до бровки дна котловану.

До початку виїмки землі площу котловану нівелюють, установлюючи рейки в точках перетину поздовжніх і поперечних осей.

За даними щоденного нівелювання складають поперечники вздовж кожної з поперечних осей і обчислюють поточні обсяги земляних робіт.

Якщо глибина котловану не перевищує 2 м, нівелювання виконують з його брівки. За глибиною котловану понад 2 м на його дні закладають репер і передають на нього висоту від нівелірної мережі. Щоденний контроль обсягів земляних робіт має забезпечити недобір виїмки землі на 10-20 см порівняно з проектною позначкою. Залишений шар землі вибирають перед укладанням фундаменту (рис. 2.26).

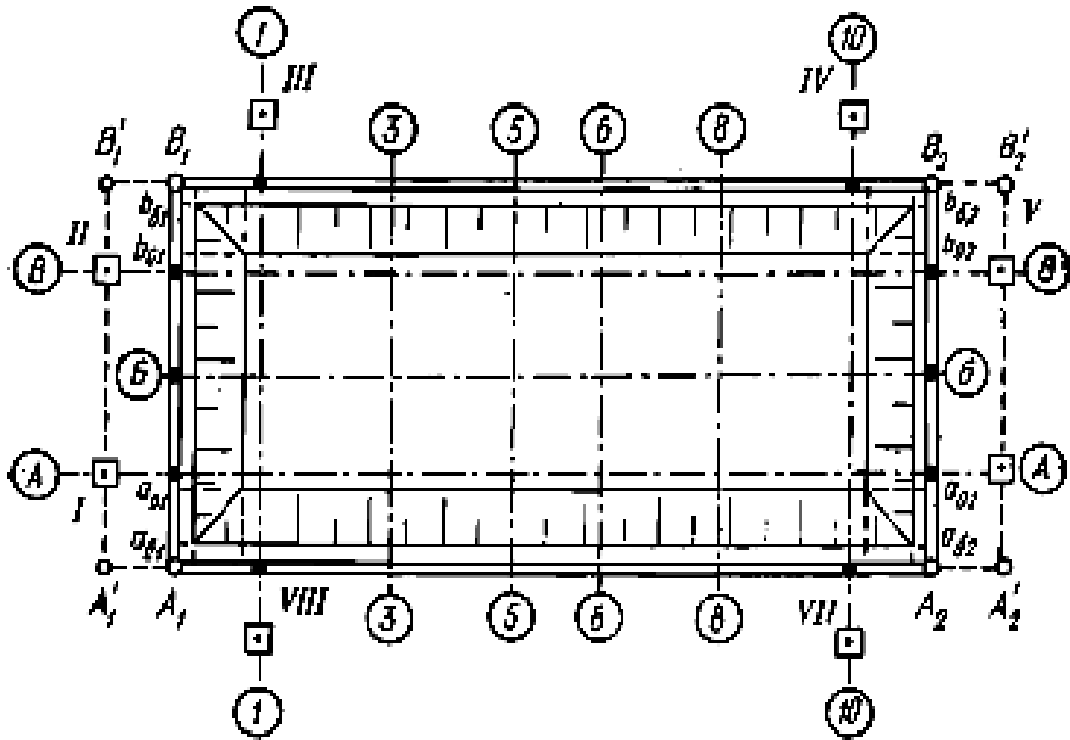


Рисунок 2.26 – Детальне розмічування осей будівлі на обносці і в котловані

Для стрічкових фундаментів бровку траншеї також розмічують від основних осей будови з передбаченим проектом запасом за шириною для установки опалубки.

Під стовпчасті фундаменти розмічування контуру котловану виконують від центрів фундаментів, розміщення яких визначають промірами за створом основних осей споруди.

Після виймання землі до проектної позначки на дні котловану вдруге розмічують його контур.

Для перенесення в натуру позначки дна глибокого котловану (рис. 2.27) на укосину підвішують рулетку, на репер встановлюють рейку і за нівеліром беруть відліки a і b .

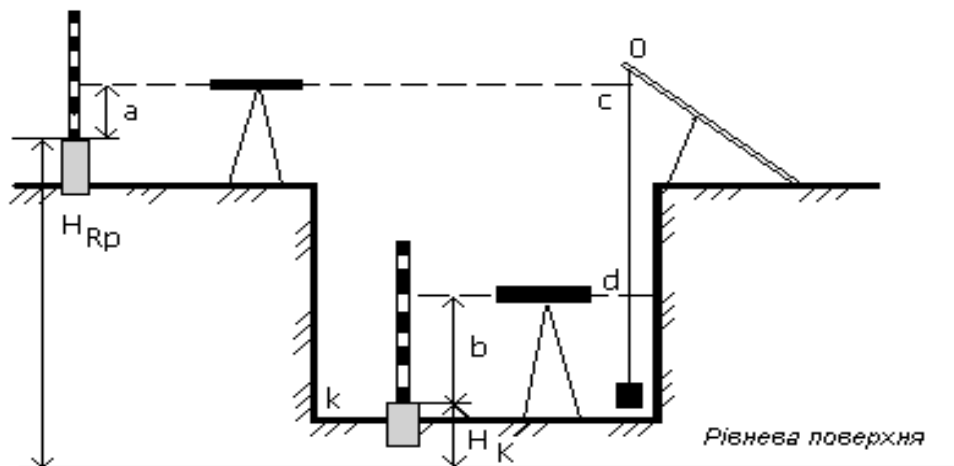


Рисунок 2.27 – Перенесення на натуру проектної позначки на дно глибокого котловану

Потім рейку встановлюють на точку в котловані, нівелір переносять в котлован і беруть відліки c і d .

Згідно з рисунком 2.27 необхідний відлік:

$$d = H_{Rp} + a - (b + c) - H_k.$$

Для контролю вимірювання повторюють.

Виконавче знімання котловану здійснюють проміром сталевую рулеткою від розмічувальних осей до його бровок і нівелюванням дна. За результатами зйомки складають виконавчу схему котловану (рис. 2.28).

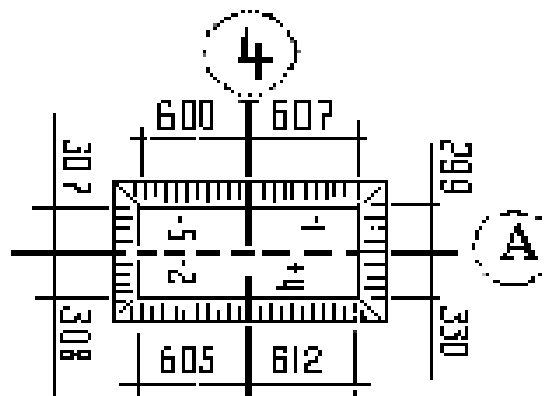


Рисунок 2.28 – Виконавча схема котловану

2.7.4 Геодезичні роботи при зведенні фундаментів

Геодезичні роботи полягають у перенесенні на дно котловану осей споруди, контролі за установкою опалубки або фундаментних блоків в плані і за висотою, складанні виконавчих креслень закладених фундаментів.

Після завершення робіт нульового циклу на зовнішню грань стін виносять відмітку «будівельного нуля» і базові розмічувальні осі.

Склад і точність геодезичних робіт визначають типом фундаменту (рис.2.29):

- перед монтажем збірних фундаментів на їх блоках монтажними (установочними) рисками позначають положення осей;
- для укладки блоків уздовж поздовжньої осі між її рисками на обносці натягують сталеві струни (дроти), на які закріплюють виски;
- переміщуючи на дні котловану кутові і маячні блоки, домагаються суміщення висків з осьовими рисками блоків;
- натягнувши потім по гранях укладених блоків струну-причалку, укладають по ній проміжні блоки.

Правильність монтажу фундаментних блоків за висотою контролюють геометричним нівелюванням.

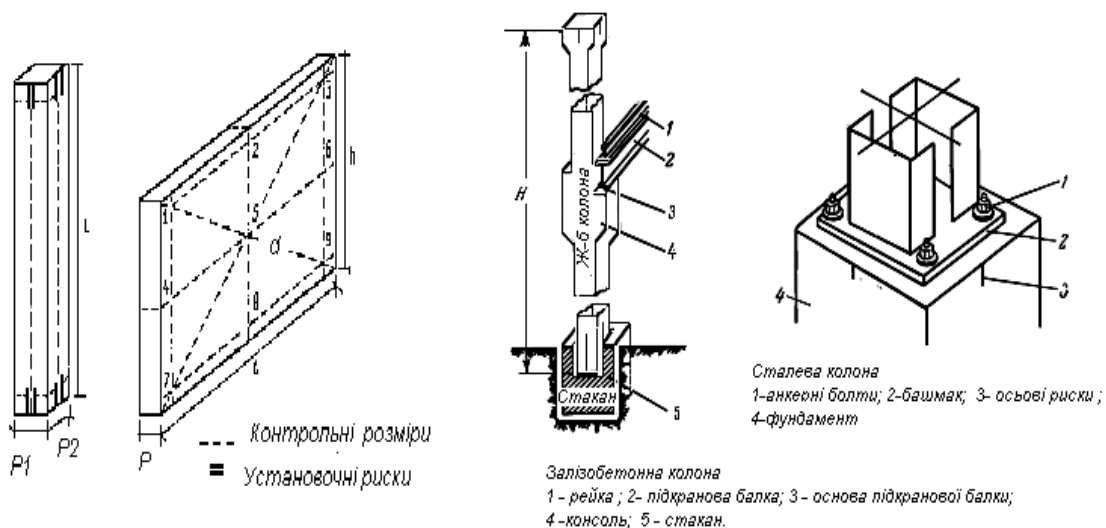


Рисунок 2.29 – Контроль геометричних параметрів і позначення осей

Потім натягують струни за поперечними осями котловану і за виском монтують блоки в поперечному напрямі.

Якщо довжина споруди перевищує 50 м, розбивку осей блоків виконують за допомогою теодоліта, який встановлюють над створним знаком осі, направляють трубу на протилежний створний знак або відповідну виноску осі на обносці. Блоки переміщують відносно створу візирної осі труби до того часу, поки вертикальна нитка сітки не буде збігатися з установочною рисою

блока. Укладений перший ряд блоків нівелюють, якщо відхилення позначок їх верхньої опорної поверхні від проектних на перевищують 10 мм, їх ураховують при влаштуванні горизонтального шва (постілі) для блоків наступного ряду.

Після закінчення монтажу фундаментних блоків вивіряють їх положення як в плані, так і за висотою. На виконавчій схемі фундаменту показують зміщення блоків з осей і відхилення фактичних позначок блоків від проектних.

На рисунку 2.30 стрілками показано напрями зсувів, цифрами і знаком – відхилення від проектної висоти.

Подібним чином виконують розмічування пальового поля, яке споруджується під фундаментами у котлованах із слабкими ґрунтами, що складаються із забитих у ґрунт окремих паль. Центри осьових паль намічають теодолітом із закріплених осей на бровці котловану, відкладаючи сталевую рулеткою проектні відстані. Інші палі розбивають перпендикулярними промірами в обидва боки від осі.

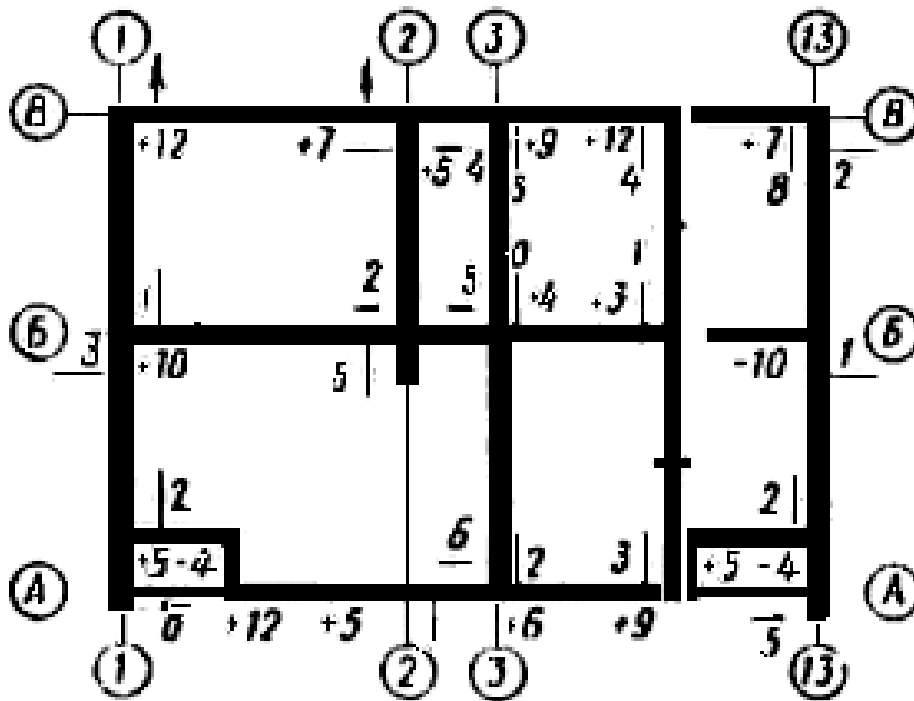


Рисунок 2.30 – Виконавча схема положення блоків підвальної частини будови

При виготовленні фундаментів з монолітного бетону або залізобетону спочатку встановлюють опалубку, контур якої розбивають від основних осей споруди, що винесені на обноску. Внутрішня частина опалубки має не відхилятися від проекту на 5-10 мм. Вертикальність щитів опалубки перевіряють за виском, не припускається відхилення від вертикалі понад 5 мм

на 1 м висоти опалубки. За висотою опалубку встановлюють нівелюванням від репера з точністю 3-4 мм.

На стінки опалубки наносять риси розмічувальних осей, а також позначки верху кладки бетону, закріплюючи їх цвяхами або зарубками.

Якщо розмічують фундаменти під сталеві колони, особливу увагу приділяють горизонтальності опорної поверхні фундаменту і відповідності її позначки проектній. Висока точність розбивки осей фундаментів у плані диктується необхідністю установки анкерних болтів, які скріплюють колону з фундаментом в проектне положення з похибкою, що не перевищує 5 мм.

За допомогою теодоліта, встановленого на одному із створних знаків, поздовжні і поперечні осі колон виносять на опалубку.

Для розмічувальних робіт використовують пристрої, які дозволяють підвищити точність та поліпшити умови виконання розмічувальних робіт.

Установка анкерних пристроїв (болтів), що служать для закріплення металоконструкцій і устаткування, вимагає високої точності розмічування як в плані, так і за висотою (рис. 2.31).

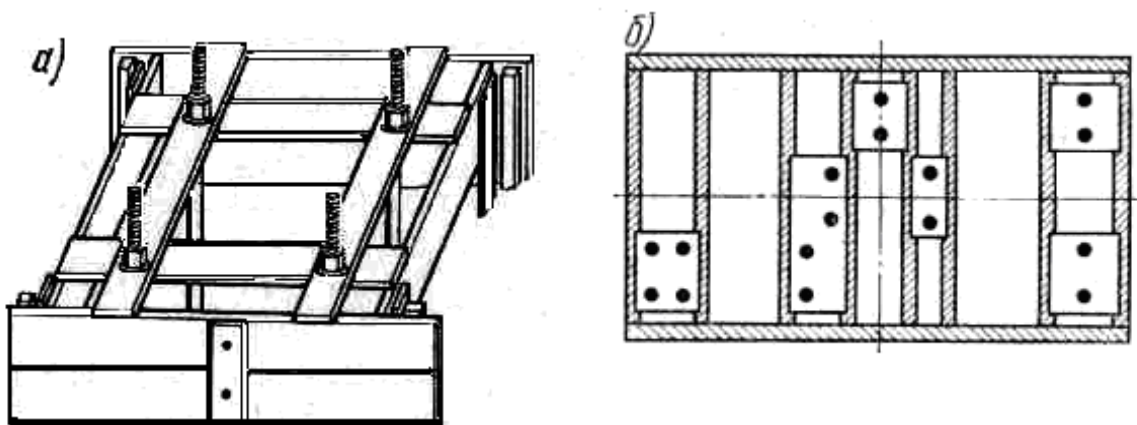


Рисунок 2.31 – Монтажний кондуктор:

а) – загальний вигляд; б) – план

Монтажний кондуктор – шаблон, виготовлений для полегшення роботи на кожному типову групу анкерних болтів. Установка кондуктора полягає у суміщенні рисок $X-X'$, $У-У'$ з відповідними мітками на обносці і в підніманні або опусканні болтів до проектної позначки.

Застосування кондукторів значно прискорює і підвищує точність установки анкерних пристроїв.

Вивірка анкерних болтів ще до бетонування: за допомогою виски і сталевої рулетки від струн фіксують основні осі, вимірюють відстані до центрів болтів і перевіряють правильність їх взаємного розміщення, позначки верхів

болтів визначають нівелюванням. Результати вивірки виписують на виконавчу схему.

Повторне визначення положення анкерних болтів виконують після бетонування фундаментів.

Методика розмічування фундаментів стаканів під залізобетонні колони аналогічна.

У *надземний цикл* входять зведення зовнішніх і внутрішніх стін будівлі, установка колон, ригелів та інших будівельних конструкцій, монтаж перекриттів, установка покрівлі та ін.

На всіх етапах зведення споруди будівельні роботи супроводжують контрольні геодезичні вимірювання.

2.7.5 Геодезична підготовка монтажних горизонтів

Проектування осей на монтажні горизонти

Для встановлення будівельних конструкцій в проектне положення необхідна опорна мережа на *початковому горизонті*: блоках фундаментів, бетонній підготовці або перекритті підвалу.

По мірі зведення споруди пункти цієї мережі проектують на опорні площадки несучих конструкцій, які називають монтажними горизонтами. Побудову опорної розмічувальної мережі на початковому горизонті починають з перенесення основних осей зі створних знаків на зовнішні і внутрішні грані цоколя споруди.

Осі виносять за допомогою теодоліта і закріплюють на цоколі рисками. Правильність перенесення осей контролюють промірами між осьовими рисками.

Від ближнього репера на цоколь виносять проектну позначку чистої підлоги першого поверху, яку називають нульового позначкою (*будівельний нуль*), від неї потім виконують розмічування елементів конструкцій і обладнання за висотою.

У збірному будівництві широко застосовують два способи передачі осей за вертикаллю похилого проектування теодолітом та вертикального візування спеціальними зеніт-приладами.

У разі проектування теодолітом:

– прилад центрують над створною точкою (рис. 2.32) і наводять вертикальну нитку сітки зорової труби на осьову риску, відмічену на цоколі споруди;

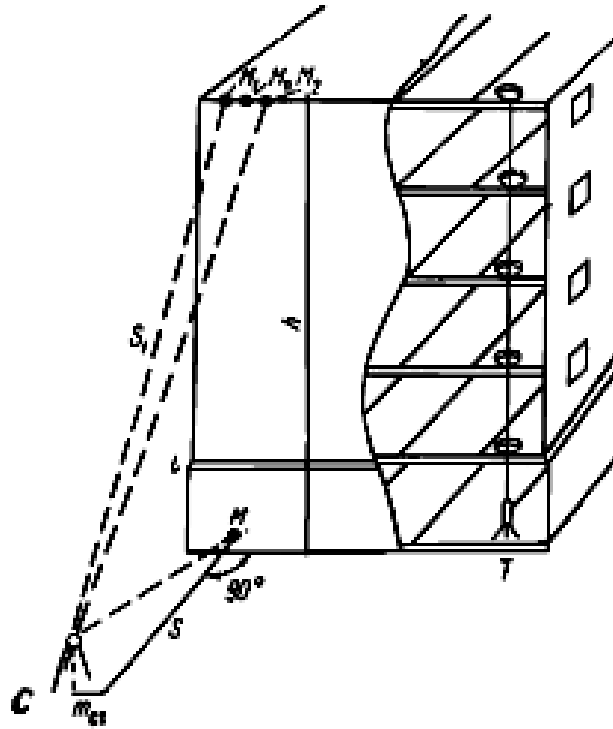


Рисунок 2.32 – Проектування осей на монтажні горизонти теодолітом

- при КП трубу піднімають до рівня монтажного горизонту і вводять у створ її візирної осі вістря олівця, перекреслюють на перекритті риску M_1 ;
- при КЛ повторюють операцію при іншому положенні вертикального круга, відмічають іншу риску M_2 .

Посередині між ними прокреслюють риску M_0 , яка і визначає положення одного кінця розмічувальної осі на монтажному горизонті.

Цей спосіб проектування застосовують для передачі осей на висоту до 12 поверхів. Для підвищення точності теодолітів, їх обладнують накладними рівнями і проектувальною насадкою, що дозволяє надавати трубі більші кути нахилу.

Середню квадратичну похибку проектування точки a_0 обчислюють за формулою:

$$m = \sqrt{(0,5h\tau / \rho)^2 + (20d / \rho V)^2 + m_{\phi}^2},$$

де h – висота монтажного горизонту;

d – відстань від теодоліта до проєктованої точки;

τ – ціна поділки циліндричного рівня на алідаді горизонтального круга;

V – збільшення зорової труби;

m_{ϕ} – середня квадратична похибка фіксації точки на перекритті.

Широке застосування для вертикального візування має автоматичний прецизійний зеніт-центр PZJ , або прилад вертикального проектування FG-L100 (рис. 2.33).

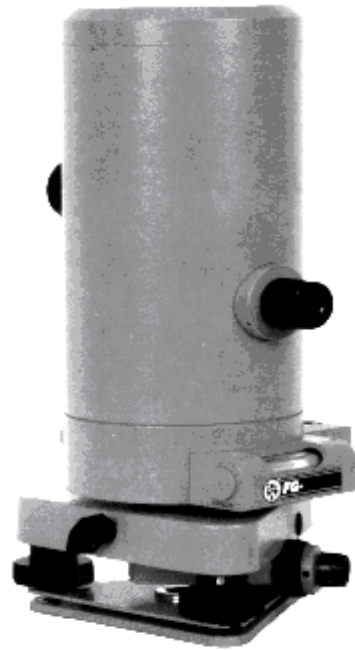
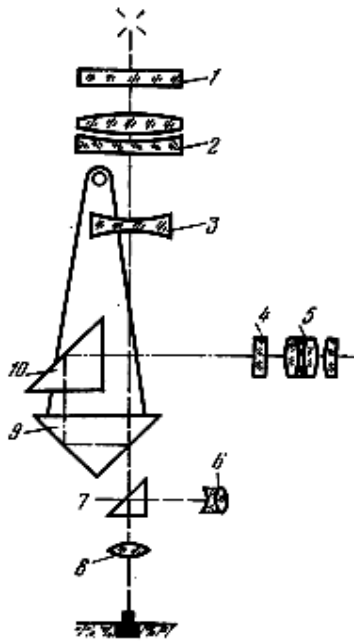


Рисунок 2.33 – Прилад вертикального проектування

Його візирна вісь автоматично встановлюється в прямовисне положення компенсатором з точністю $0,5'$. Прилад центрують над початковою точкою осі з похибкою, що не перевищує $0,5$ мм. Відліки на горизонтальному крузі з ціною поділки $10'$ виконують через окуляр за індексом штрихового мікроскопа.

Вертикальне візування зеніт-центром *PZJ* виконують так:

- на базовій точці спостерігач встановлює прилад, а його помічник закріплює над створом у перекритті монтажного горизонту пластину з оргскла;
- сумістивши з нулем лімба індекс штрихового мікроскопа і дивлячись в окуляр, спостерігач стежить за голкою, яку переміщує помічник по пластинці;
- у момент співпадання зображення голки з центром сітки ниток спостерігач по телефону подає команду помічнику, який наносить проекцію центру базового знака на пластинку;
- проектування повторюють тричі при відліках на лімбі 90° , 180° , 270° .

На пластинці відмічають ще три точки, створюють з першою правильний чотирикутник, геометричний центр якого приймають за проекцію базового знака і переносять на перекриття монтажного горизонту.

Середню квадратичну похибку проектування точок цим способом обчислюють за формулою:

$$m = \sqrt{(0.5h / \rho)^2 + (20d / \rho V)^2 + m_u + m_\phi^2} .$$

Передача висот на монтажні горизонти

Висоти на верхні поверхи передають за допомогою рулетки, оцифрованої з обох боків, і нівеліра (рис. 2.34). Поправку в довжину рулетки за вплив температури повітря зазвичай не вводять.

Якщо необхідно перенести проектну позначку на високу частину споруди, то поступають, аналогічно перенесенню позначки в котлован.

У цьому випадку необхідний відлік матиме вигляд:

$$d = H_{Rp} + a - (c - b) - H_b.$$

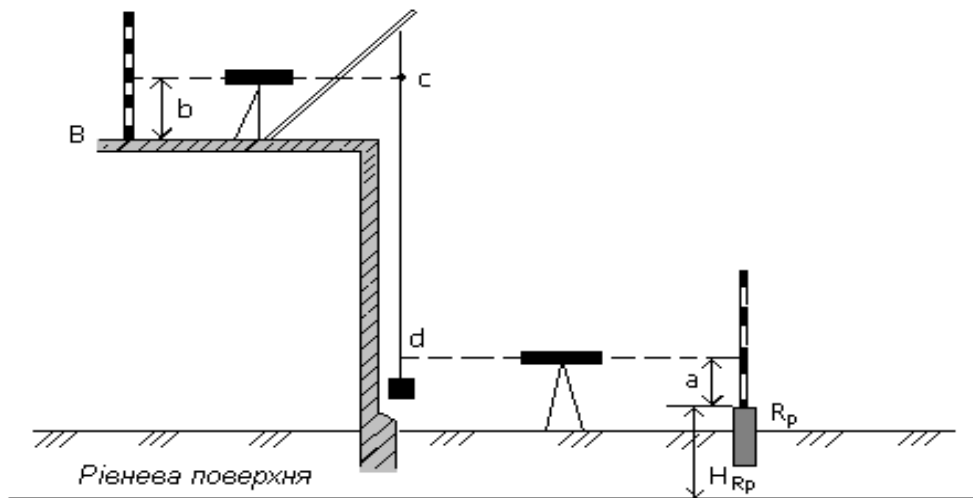


Рисунок 2.34 – Перенесення проекційної позначки на високу частину споруди

Передача висоти за допомогою рейки-виска

При зведенні збірних багатоповерхових житлових і громадських будинків, панельних безкаркасних і каркасно-панельних споруд, монолітних споруд з цегельним заповненням методом поступового нарощування стін та інших промислових споруд виконують визначення положення за висотою: встановлення елементів споруди в горизонтальне і вертикальне положення; перевірку горизонтальності перекриттів; дотримання відповідності відміток опорних поверхонь та ін. Для цих робіт використовують прості методи – металевою рулеткою, звичайним виском або поєднанням рівня і рейки, рейки і виска а також нівеліром і теодолітом.

Горизонтальність перекриттів забезпечують нівелюванням на рівні кожного поверху. Нівелювання здійснюють від найближчого до споруди репера або рівня «чистої підлоги», першого поверху споруди за умови, що рівень підлоги добре закріплений.

Із збільшенням кількості поверхів виникає необхідність підвищення точності, що забезпечує метод передачі відміток за допомогою рейки-виска. Вона має сантиметрову шкалу, підписану зверху униз. Нуль шкали збігається з нижньою площиною кронштейна (рис. 2.35).

Особливість робіт таким методом – геометричне нівелювання короткими променями. Передачу висот здійснюють до перекриття зв'язуючої точки панеллю.

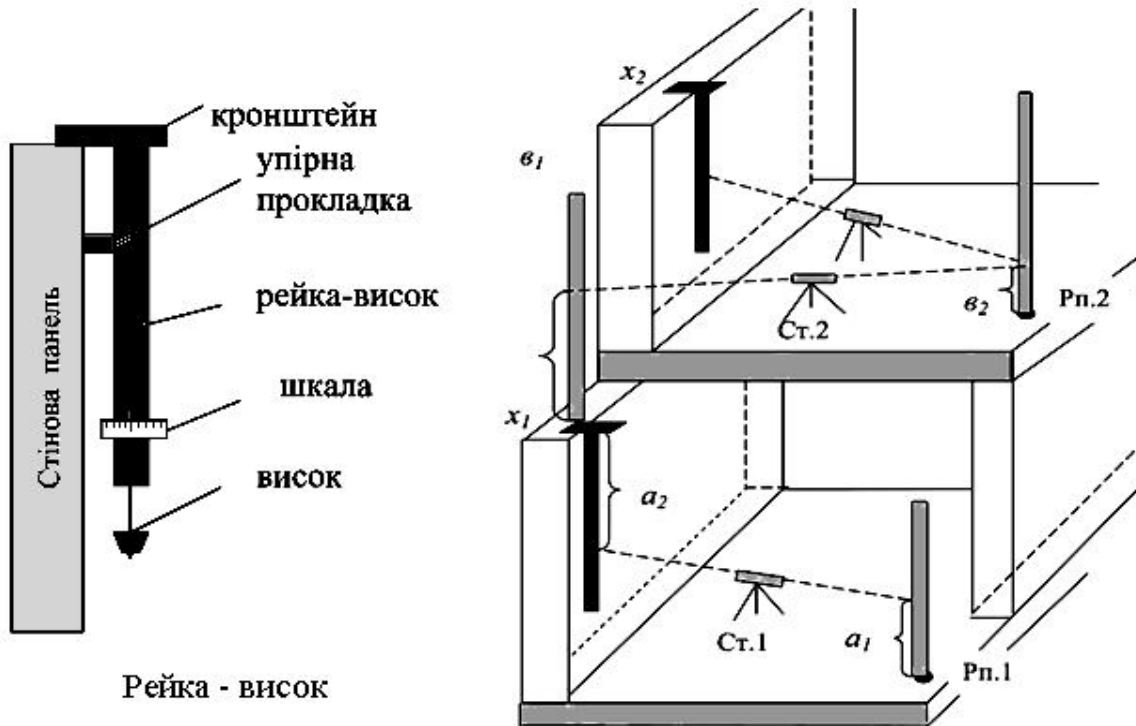


Рисунок 2.35 – Схема передачі висот з поверху на поверх

Передача висот включає:

- визначення перевищення $h_1 = a_1 + a_2$ між вихідним репером Рп.1 (відлік a_1) і верхньою гранню стінової панелі (відлік a_2);
- визначення перевищення $h_2 = b_1 - b_2$ між верхньою гранню стінової панелі (відлік b_1) і Рп.2 на монтажному горизонті (відлік b_2). Вимірюване перевищення $h = h_1 + h_2$.

Середня квадратична похибка (СКП) передачі проектної висоти на монтажний горизонт при застосуванні в нівеліра НЗ:

$$\delta_h = (1,5 + 0,25N) \text{ мм,}$$

де N – порядковий номер поверху або ярусу, на який передають проектну відмітку від вихідного реперу. Клас точності нівелювання визначають при складанні проекту виконання геодезичних робіт.

a_1, b_2 – відліки по рейках, встановлених відповідно на вихідному і монтажному горизонтах;

a_2 – відлік по рейці-виску;

v_1 – відлік по рейці, встановленій на верхній грані стінової панелі.

Передача відмітки за допомогою рулетки і нівеліра

Як і у попередньому випадку, підвішують рулетку. Внизу нівеліром беруть відліки: a – по рейці, що стоїть на репері R_p і d – по рулетці. Вгорі нівеліром беруть відліки: c – по рулетці і t – по рейці, встановленій на точці T , висоту якої визначають. Висота точки T :

$$H_T = H_{R_p} + a + |d - c| - t.$$

Передача відмітки за допомогою лазерної рулетки і нівеліра

Лазерною рулеткою 1 вимірюють довжину L прямовисної лінії між закріпленою внизу точкою 3 (верхи кола, штиря або пластини) і нижньою поверхнею закріпленої вгорі пластини 2. Нівеліром на станції N_1 вимірюють перевищення h_1 точки 3 над репером і на станції N_2 – перевищення h_2 визначуваної точки T над нижньою площиною пластини 2. Висота точки T :

$$H_T = H_{R_p} + h_1 + L + h_2.$$

Передача відмітки електронним тахеометром

На репері або іншій точці з відомою відміткою встановлюють електронний тахеометр.

Вгорі, на точці, висоту якої потрібно визначити, встановлюють відбивач.

Навівши трубу тахеометра на відбивач, виконують вимірювання γ і S .

За формулою тригонометричного нівелювання обчислюють висоту H_T точки, на якій встановлений відбивач:

$$H_T = H_{R_p} + S \sin \nu + k - l,$$

де S – похила відстань;

ν – кут нахилу;

k – висота приладу;

l – висота відбивача.

Електронним тахеометром обчислення виконуються автоматично.

2.8 Геодезичні роботи при монтажі елементів будівельних конструкцій

2.8.1 Встановлення і вивірення елементів конструкцій у плані

Геодезичні роботи під час монтажу колон

Дуже відповідальну роботу проводять при установці колон. Тут геодезичний контроль здійснюють, починаючи з установки фундаментів під колони і до моменту їх остаточного збирання.

Перед установкою колони на фундамент на її грані сталеву міліметровою лінійкою або шаблоном наносять осьові риси, а також маркувальні позначки, тобто штрих, який відстоїть від консолі колони на певне ціле число метрів L . Після приведення дна стакана до проектного рівня шляхом підливки цементного розчину опускають колону в стакан таким чином, щоб її осьові риси сумістились з рисами на стакані.

Вертикальність колон висотою до 5 м вивіряють двома висками, рейкою-виском, або рейкою з рівнями, яку прикріплюють гнучкими захватами до ребра колони. Якщо колона вище 5 м, то її вертикальність контролюють двома теодолітами, встановленими у площинах поздовжньої і поперечної осей будови (рис. 2.36, 2.37). Сумістивши вертикальну нитку сітки з нижньою осьовою рисою, наводять трубу на верх колони. За командою спостерігача колону розвертають і нахиляють, поки риси 1 і 2 не співпадуть із вертикальною ниткою сітки. Аналогічно вивірку виконують і другим теодолітом.

Після закріплення колон і укладення на їх консолях ригелів і розпірних плит положення колон може змінитись, тому їхню вивірку повторюють ще двічі до закінчення зварювання розпірних плит і стиків колон.

2.8.2 Встановлення і вивірення конструкцій за вертикаллю

При зведенні стін будівлі періодично перевіряють їх прямовисність, на кожен монтажний горизонт переносять осі споруди і відмітки, контролюють укладання збірних деталей (рис. 2.37 – 2.39).

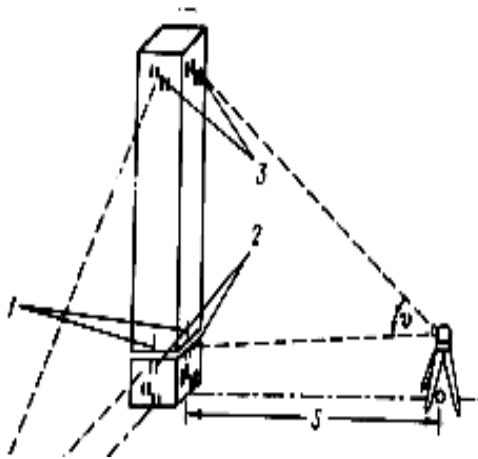


Рисунок 2.36 – Вивірка колони двома теодолітами: 1, 2 – осьові риски, 3 – розмічувальні осі

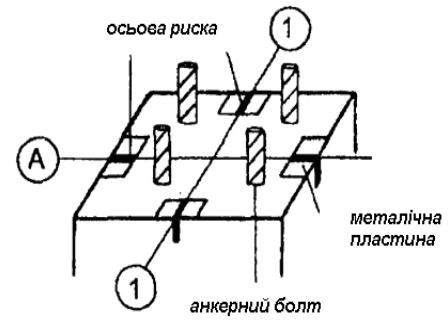
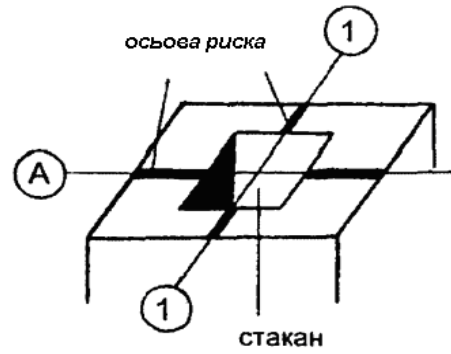


Рисунок 2.37 – Фундаменти під колони: а) залізобетонну; б) сталеву

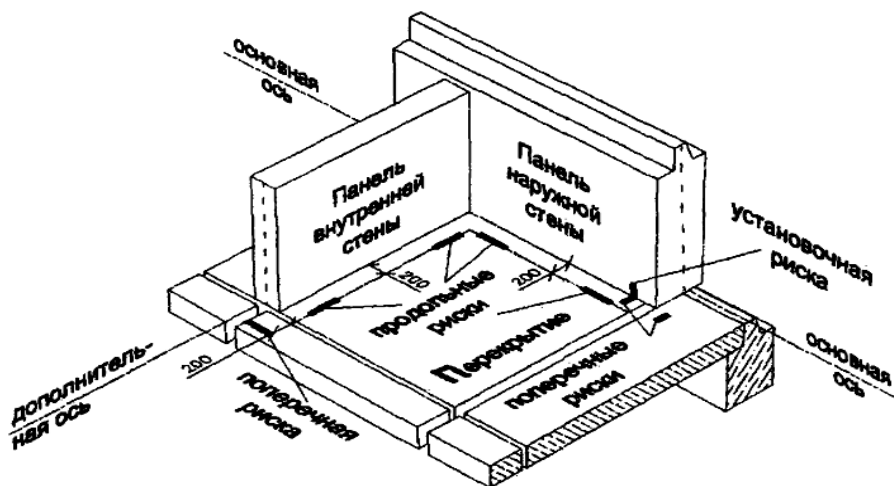


Рисунок 2.38 – Розмітка орієнтирних рисок для установки стінових панелей

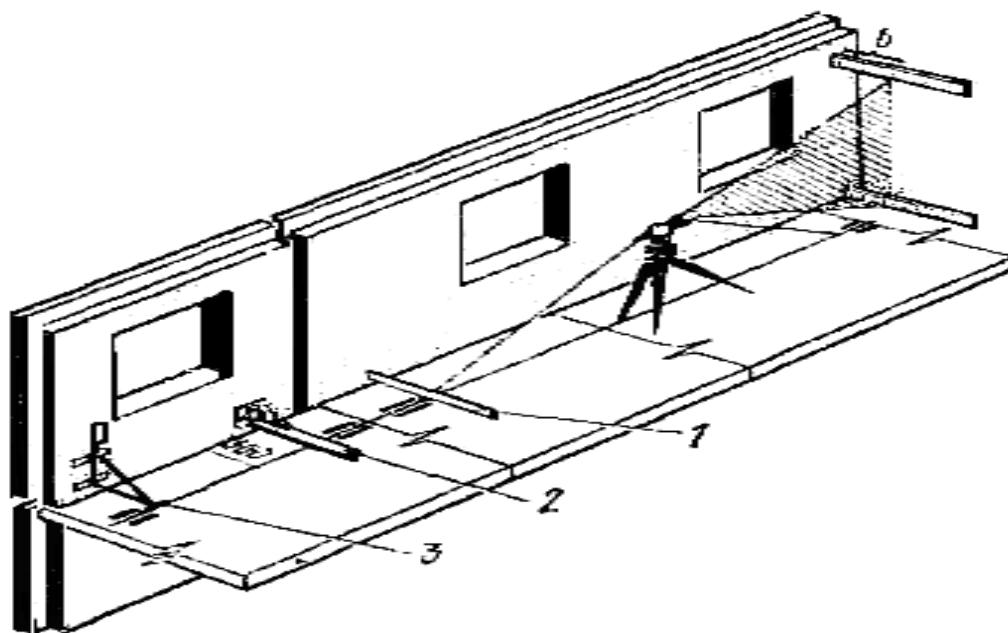


Рисунок 2.39 – Розмічувальні роботи при монтажі стін боковим нівелюванням:
1, 2 – рейки; 3 – металічний шаблон

2.9 Геодезичні роботи при плануванні та забудові міських територій

2.9.1 Принципи планування міських територій. Складання проекту і розмічування червоних ліній

На забудованій території осі будинків і споруд розмічають відносно червоних ліній.

Червоною лінією називають умовну лінію, яка проходить по зовнішній стороні фасадів будинків, обернених до проїзної частини (вулиці) (рис. 2.40).

Відносно червоної лінії фасади будинків можна зміщувати лише всередину території кварталів, але вони не можуть виступати за неї в бік проїзної частини. Розміщення червоної лінії встановлює архітектор проекту або відповідні архітектурні служби міста і відображають на генплані.

Винесені на місцевості головні або основні осі закріплюють постійними знаками – по два знаки з кожного боку (рис. 2.41).

При по горизонтальному плануванні складають проект розміщення всіх будівель і споруд, укладання транспортних та інших комунікацій. З цією метою спочатку на плані проектують систему ліній регулювання забудови, за яку повинна не виходити жодна з будівель, що зводяться, а при проектуванні житлових масивів – систему червоних ліній, які відділяють території кварталів від вулиць і проїздів. Положення червоних ліній визначають координати вузлових точок, кути дирекцій напрямів і відстані між точками.

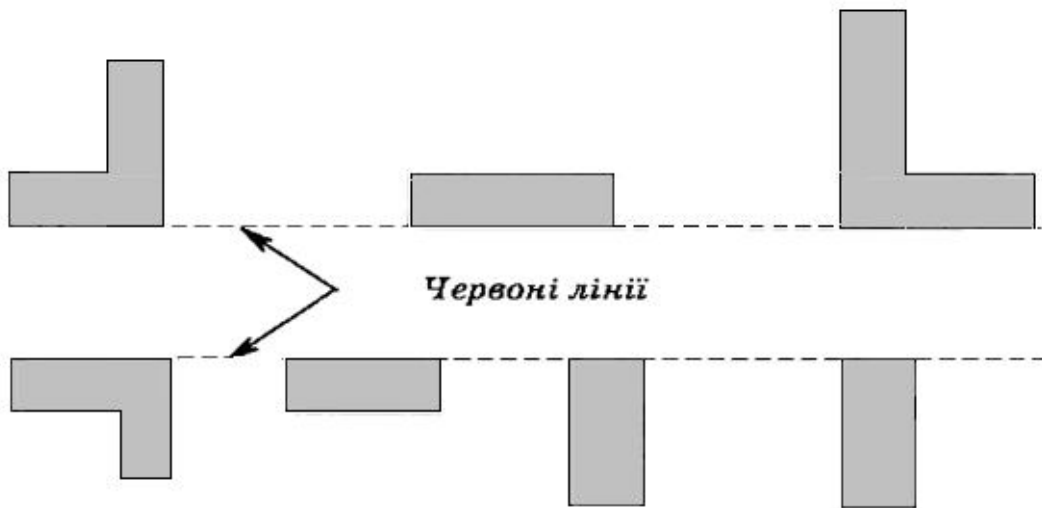


Рисунок 2.40 – Схема розмічування червоних ліній

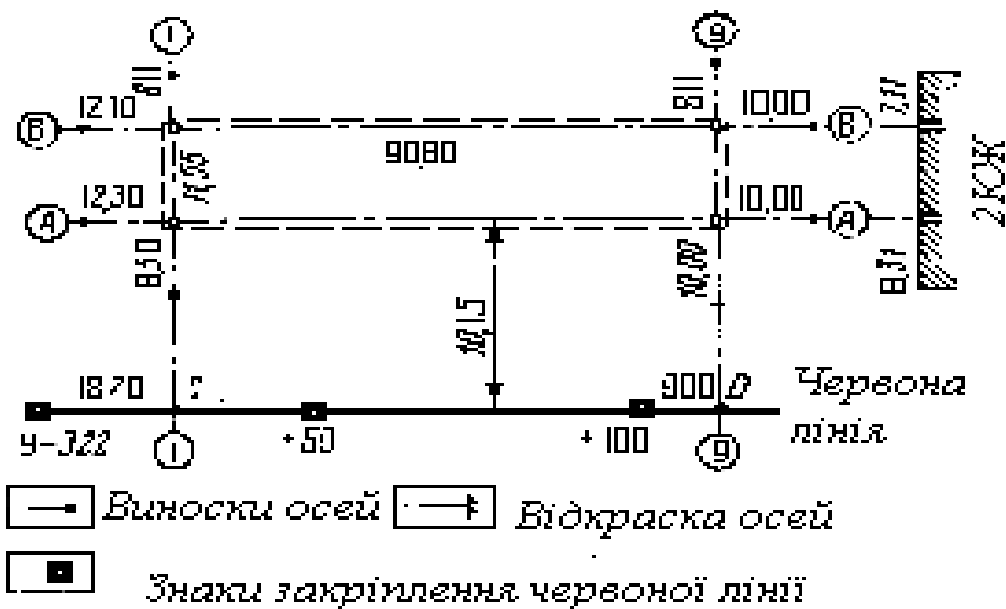


Рисунок 2.41 – Розмічування основних осей будівлі від червоної лінії

2.9.2 Елементи вертикального планування

Складовою частиною генерального плану будівництва є проект *вертикального планування*. Це проект перетворення і впорядкування існуючих форм рельєфу. В ньому намічають положення запроектованих споруд за висотою, обчислюють об'єми передбачуваних земляних робіт. Проектуванню рельєфу передують польові геодезичні роботи – нівелювання поверхні по квадратах. Ухил місцевості по сторонах квадрата бажано мати постійним; довжину сторони беруть рівною 2 см в масштабі топографічного плану.

Початковим матеріалом для складання проекту служать великомасштабні топографічні плани масштабів 1:5000 – 1:500, складені за

результатами нівелювання за квадратами будівельного майданчика, плани і профілі, складені на територію будівництва. Вертикальне планування завжди передує зведенню інженерних споруд, і проводять його в єдиному комплексі з іншими заходами з інженерної підготовки території.

Найчастіше проектування горизонтального майданчика окремої ділянки виконують за умови часткового балансу земляних робіт.

Якщо поверхня ділянки після планування має бути горизонтальною, то середню висоту її обчислюють за формулою:

$$H_o = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4 \cdot n},$$

де $\sum H_1$ – сума чорних висот вершин, що належать до одного квадрата;

$\sum H_2 - \sum H_4$ – сума чорних висот, спільних для двох, трьох і чотирьох квадратів;

n – кількість квадратів.

Робочі позначки обчислюють за формулою:

$$h_i = H_o - H_i.$$

Після обчислення висот знаходять робочі позначки, знаходять положення лінії нульових робіт і підраховують об'єми земляних робіт.

Загальний обсяг земляних робіт у межах повних квадратів:

$$V = a^2 \frac{\sum h_1 + 2\sum h_2 + 3\sum h_3 + 4\sum h_4}{n},$$

де a – розмір сторони квадрата;

h_1, h_2, h_3, h_4 – робочі позначки вершин, що належать до одного, двох, трьох і чотирьох квадратів.

Обсяг земляних робіт у неповних квадратах обчислюють за наближеними формулами:

з однією вершиною
$$V = F \frac{\sum h_i}{3};$$

з двома та трьома вершинами
$$V = F \frac{\sum h_i}{4};$$

де F – площа неповних квадратів, яку визначають за планом;

$\sum h_i$ – сума робочих позначок.

Графічним документом для врахування робіт вертикального планування є картограма земляних робіт, яка складається на базі великомасштабного плану. На картограмі показують фактичні і проектні висоти та робочі позначки, положення лінії нульових робіт і значення об'ємів насипів і виїмок як повних квадратів, так і їх окремих частин.

3 ВИКОНАВЧІ ЗНІМАННЯ

Виконавчі знімання – це, комплекс геодезичних робіт для визначення фактичного положення в плані і за висотою зведених будівель і споруд та їх конструктивних елементів. На відміну від топографічних зніманих та інших пошукових робіт, до будівництва, виконавчими зніманнями завершують окремі етапи зведення споруд.

В процесі будівництва після закінчення робіт кожного циклу або монтажу чергового поверху споруди проводять виконавчі знімання і складають виконавчі креслення. Виконавчі знімання виконують, після підготовки котловану, споруди фундаменту, установки колон та ін. Виконавець робіт за даними цих зніманих, керуючись припусками на виконання даного виду робіт, ухвалює рішення про усунення помічених відхилень або про перехід до наступного етапу будівництва.

Виконавчі знімання виконують тими самими методами, що і топографічні знімання періоду вишукувань, але із значно більшою точністю.

Геодезичною основою виконавчих зніманих є:

- усередині будівель і цехів – осі фундаментів і робочі репери;
- на будівельному майданчику – пункти геодезичного обґрунтування, з яких виконувалось розмічування.

Для графічного зображення результатів зйомки використовують масштаби (1:100 – 1:500) або позамасштабні виконавчі схеми, на яких викреслюють деталі споруди із вказанням їхніх реальних розмірів, одержаних при зніманні. На кресленнях відзначають проектні і фактичні дані, що характеризують положення окремих деталей споруди, які підлягають виправленню або повинні враховуватися при зведенні подальших поверхів.

Відповідальними є роботи при зніманні підземних комунікацій, які повинні бути виконані до засипки траншей.

В цьому випадку зйомці підлягають кути повороту підземних мереж, елементи кривих, колодязі, камери, місця приєднань трубопроводів та інші характерні точки підземної споруди. Виконавче креслення такої зйомки зазвичай включає план траси, подовжній профіль за віссю споруди з показом висотних відміток, плани і розрізи колодязів, камер та інших пристроїв; каталог координат виходів і кутів повороту підземних мереж.

Розрізняють *поточні виконавчі знімання*, необхідні для складання виконавчих рисунків відносно циклів технологічних елементів та *остаточне знімання* для складання *виконавчого генерального плану*.

Поточне виконавче знімання

Поточне виконавче знімання *планового положення* конструкцій починають з пунктів розмічувальної мережі, розмічувальних осей або ліній, паралельних їм, способами прямокутних координат, лінійних і створних засічок.

Висотне положення конструкцій визначають геометричним нівелюванням, а їх вертикальність контролюють теодолітом.

Звітною документацією поточних виконавчих зйомок є виконавчі креслення котлованів, фундаментів та їхніх закладних частин, схеми положення колон, підкранових балок, поверхові креслення та ін. Вони містять дані для коректування виконаних робіт і забезпечення якості монтажу збірних конструкцій та їх частин (рис. 3.1, 3.2, 3.3).

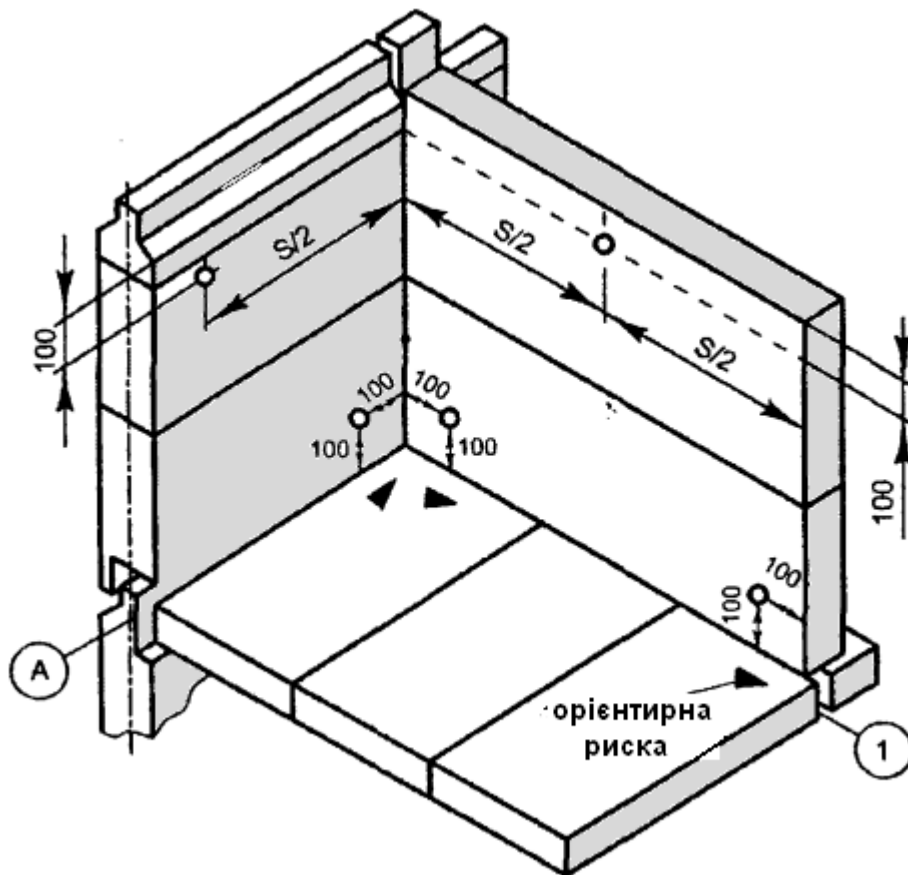


Рисунок 3.1 – Місця знімання елементів конструкцій

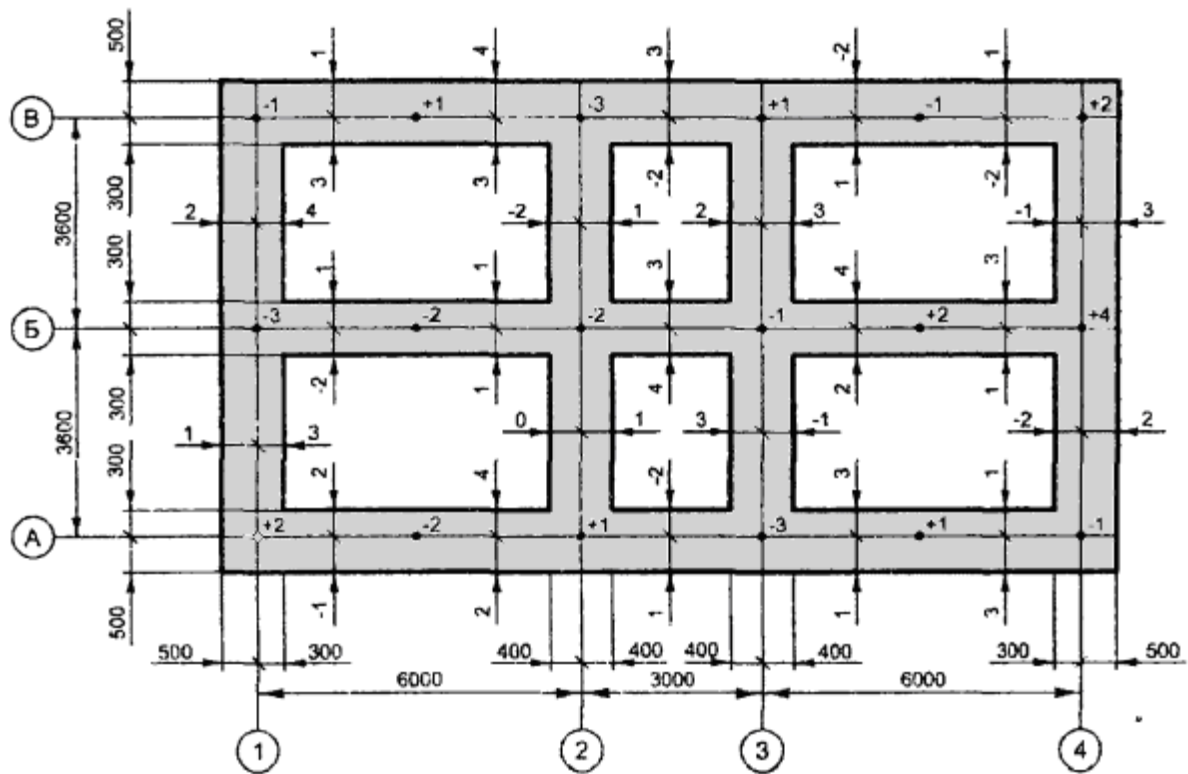


Рисунок 3.2 – Виконавче знімання ростверку

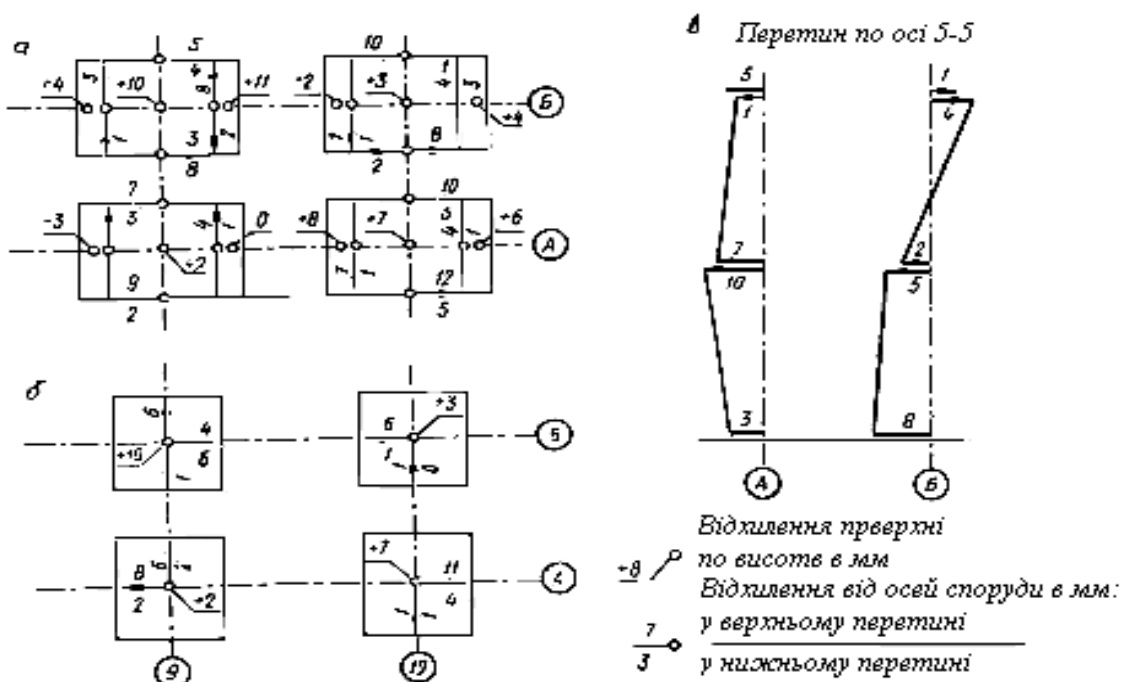


Рисунок 3.3 – Схема виконавчого знімання конструкцій фундаментів

На виконавчих кресленнях, складених за даними поточного виконавчого знімання, показують проектні та фактичні розміри конструкцій, їх висоти, відстані між осями, напрями, відхилення елементів конструкцій від проектного положення (рис. 3.4, 3.5)

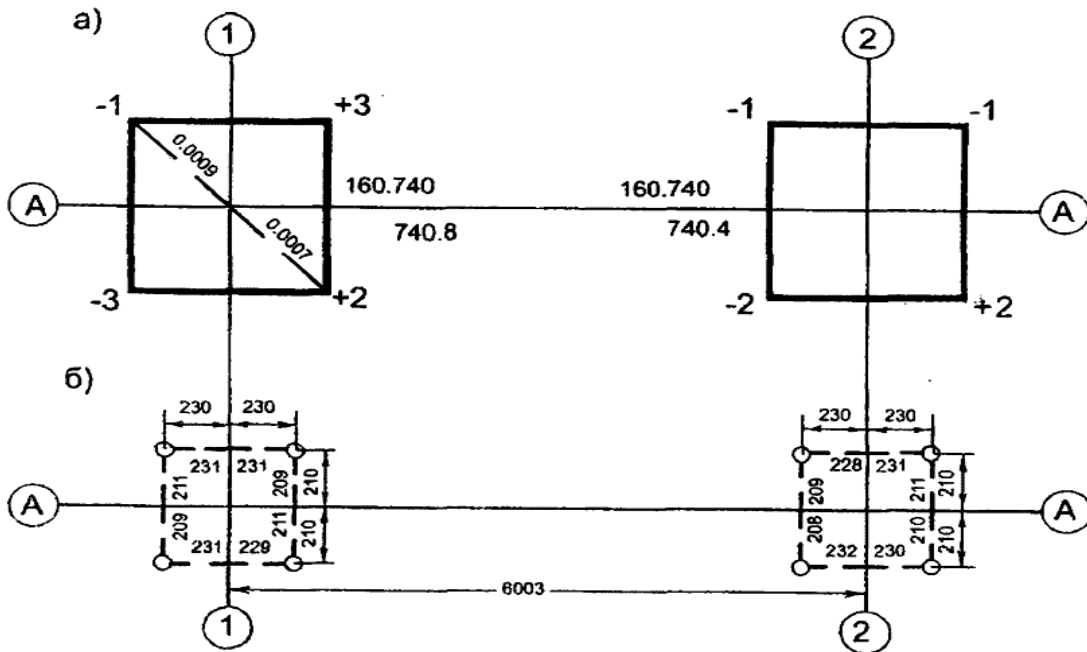


Рисунок 3.4 – Схема виконавчого знімання фундаментів під металічні колони

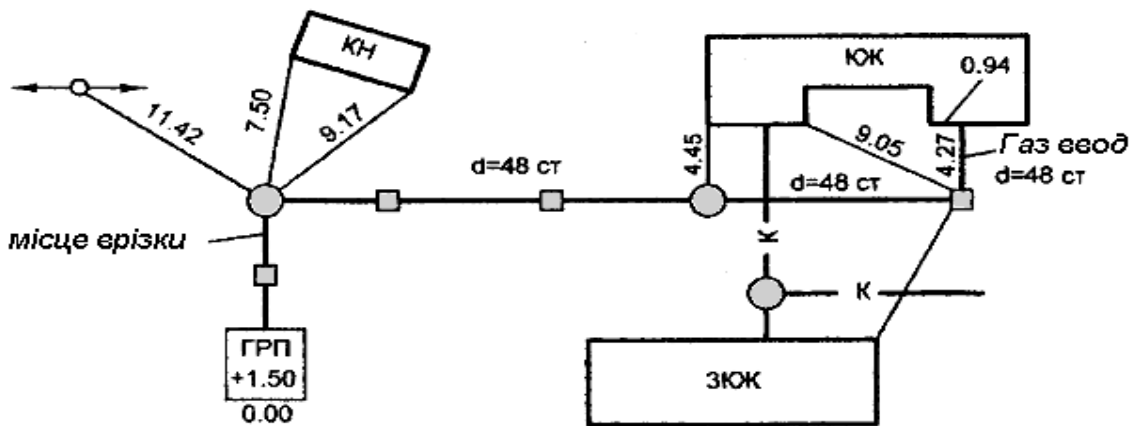


Рисунок 3.5 – Виконавче знімання трубопроводу

Остаточне знімання для складання виконавчого генерального плану

Після закінчення будівництва всього об'єкту, проведення планування і впорядкування території виконують виконавче знімання з метою складання виконавчого генерального плану споруди в тому ж масштабі, в якому складався генеральний план. На такий план наносять всі споруди, дорожню мережу, комунікації і рельєф. Для кращого сприйняття виконавчий генеральний план складають в кольорових умовних знаках.

Плани підземних комунікацій можна складати окремо з показом на них всієї мережі трубопроводів і окремих, найважливіших контурів місцевості. В окремих випадках складають схеми, на яких цифрами показують результати знімання.

За результатами цього знімання складають виконавчий генеральний план, який потім використовують для потреб експлуатації усього промислового або житлового комплексу, а також для його реконструкції і подальшого розвитку.

Виконавчий генеральний план є єдиним засобом заключного контролю реалізації генерального плану будівництва згідно з будівельними нормами та правилами, технічними умовами на виконання та прийняття будівельних робіт.

Геодезичним обґрунтуванням знімання для складання виконавчого генерального плану є пункти тріангуляції, полігонометрії, будівельної сітки, теодолітних ходів і репери ходів геометричного нівелювання. Планове положення характерних точок об'єктів визначають способами перпендикулярів, лінійних засічок, полярним і способом створів з похибкою, що не перевищує 10 мм. Знімання супроводжують обмірами кожної будівлі; її особливістю є визначення координат таких точок як кути капітальних будівель і споруд, виходи і вершини кутів поворотів підземних комунікацій, перетин осей доріг і проїздів. Висотне знімання цих точок, а також точок обрізів фундаментів, підлог, приямків, дна лотків, трубопроводів виконують з точністю до 5 мм.

4 ГЕОДЕЗИЧНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ДЕФОРМАЦІЯМИ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД

4.1 Види та зміст геодезичних спостережень за деформаціями споруд

В процесі будівництва і після зведення великих і відповідальних інженерних споруд організовують спостереження за стабільністю їх положення в плані і за висотою.

Під впливом ваги споруди, що будується, і залежно від характеру і виду підстилаючих ґрунтів можуть відбутися нерівномірне осідання і зрушення споруди, які призведуть до небажаних наслідків.

При проектуванні інженерних споруд дійсні властивості будівельних матеріалів і фактичну схему конструкцій заміняють обчисленими. Одержані при цьому характеристики стійкості та міцності споруд мають наближений характер. Неможливо також з високою точністю визначити поведінку ґрунтів під спорудою.

Теоретичні дані про здатність споруди витримувати передбачені навантаження, дійсна статична робота споруди та її елементів завжди відрізняється від обчисленої. Ця невідповідність може бути настільки великою, що виникає просторове зміщення споруди, яке викликає її деформацію у вигляді прогинів, перекосів, тріщин і кренів і може виникнути небезпека зруйнування споруди. Тому з моменту закладки і протягом не тільки будівництва, але й експлуатації за спорудою проводять цілий комплекс натурних спостережень, в яких важливе місце відводять *геодезичним вимірюванням*.

Усяке просторове зміщення споруди може бути розділено на дві складові – у плані і відносно висоти. Зміщення споруди в горизонтальній площині називають *зсувом*, а у вертикальній – *осадкою*. Для їх визначення в тіло споруди закладають контрольні знаки. Спостереження ведуть з пунктів спеціально створеної на будівельному майданчику *геодезичної мережі*. Ці пункти, які називають опорними, розміщують на стійких ґрунтах.

Припустимі похибки визначення зсувів і осадок мають не перевищувати розрахункових величин.

4.2 Вимірювання осідань інженерних споруд

Основними способами визначення величин осідання споруд є високоточне геометричне нівелювання, а в деяких випадках – гідростатичне.

Навколо споруди, поза зоною можливих деформацій ґрунтів, створюють мережу з 3-4-х глибинних реперів, які закладають у корінні породи (рис. 4.1).

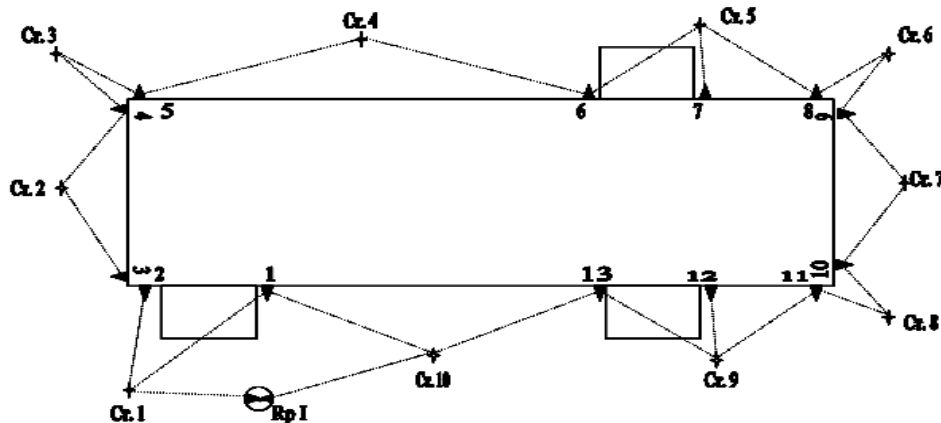


Рисунок 4.1 – Схема закладання реперів при дослідженні деформацій

Осідання визначають вимірюванням перевищень між опорними реперами і контрольними знаками через вибрані проміжки часу. Різниці висот одного і того знака, обчислені у суміжних циклах спостережень, характеризують величину осідання знака у відповідній частині споруди.

За результатами спостережень складають графік осадок.

4.3 Вимірювання горизонтальних зміщень конструкцій споруд

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

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

Визначення горизонтальних зміщень виконують при спостереженнях за горизонтальними зсувами прямолінійних споруд: дамб мостів, підпірних стінок та ін. Кінцеві опорні пункти створу розташовують поза спорудою. На споруді в створі закріплюють контрольні точки. По зсуву цих точок в напрямі, перпендикулярному створу, судять про зсув споруди (рис. 4.2).

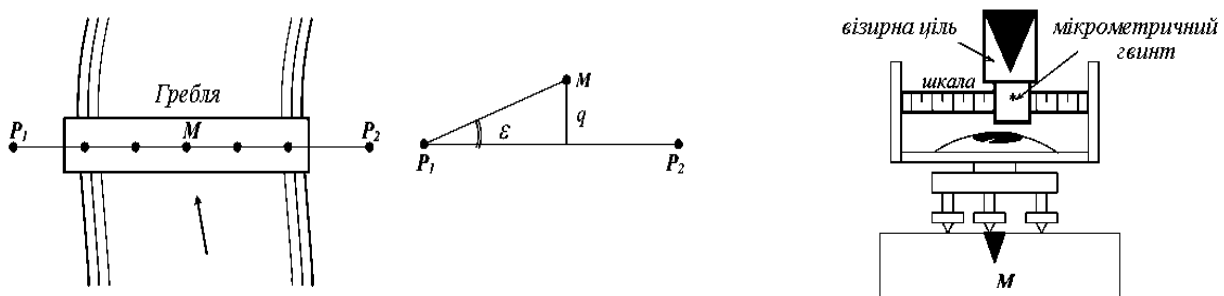


Рисунок 4.2 – Створний метод визначення горизонтальних зсувів споруд

Величина зсуву контрольної точки M :

$$q = d \cdot \varepsilon / \rho,$$

де ε – горизонтальний кут, вимірюваний високоточним теодолітом або за допомогою зорової труби з окулярним мікрометром;

d – відстань до точки.

Для визначення q можна використовувати рухому марку з мікрометром.

У точці P_1 встановлюють теодоліт, трубу якого наводять на точку P_2 .

У точці M встановлюють марку. За командою спостерігача помічник за допомогою мікрометра переміщає марку до тих пір, поки вона не опиниться в створі. Відлік за шкалою мікрометра дає величину зсуву.

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

Спосіб окремих напрямів полягає у повторних вимірюваннях горизонтального кута з вершиною на опорному пункті між напрямом на орієнтирний пункт і на контрольний знак. За зміною горизонтального кута і вимірній відстані обчислюють зміщення контрольного знака.

4.4 Спостереження за нахилом, зсувами інженерних споруд та тріщинами

Крен – це відхилення споруди від проектного положення у вертикальній площині. Причиною виникнення крену є нерівномірне осідання основи споруди. Геометрична сутність вимірювання крену збігається до визначення взаємного положення двох таких точок A і B споруди, які за технічними умовами проекту мають лежати на одній прямовисній лінії. Простіше за все повну кутову величину крену γ визначають проектуванням за допомогою виска точки A на горизонтальну площину (рис. 4.3 – 4.4).

Вимірявши висоту точки A і довжину b ортогональної проекції прямої AB , знаходять

$$\gamma = \arctg(b/a).$$

Можна скористатись і теодолітом з накладним рівнем, встановлюючи його послідовно на створних знаках 1 і 2 взаємно перпендикулярних осей

споруди (рис. 4.3 – 4.4). Точка проектується при двох положеннях вертикального круга теодоліта на лінійку з міліметровими поділками L , яку розміщують по черзі на напрямках 2- B та 1- B . Точки A і B , фіксують за середнім з відліків на шкалі лінійки при двох положеннях вертикального круга теодоліта. Довжину відрізка b знаходять графічно, продовжуючи напрями 1 – A_1 та 2 – A_2 до їх перетину в точці A_0 .

Розглянуті методи вивчення деформацій постійно вдосконалюються і змінюються. Для визначення миттєвих деформацій або коливань окремих споруд та їх елементів під впливом динамічних навантажень використовують метод фототеодолітного знімання або кінозйомки; для визначення коливань і крену споруд баштового типу – високоточні кутові вимірювання або променеві прилади вертикального проектування.

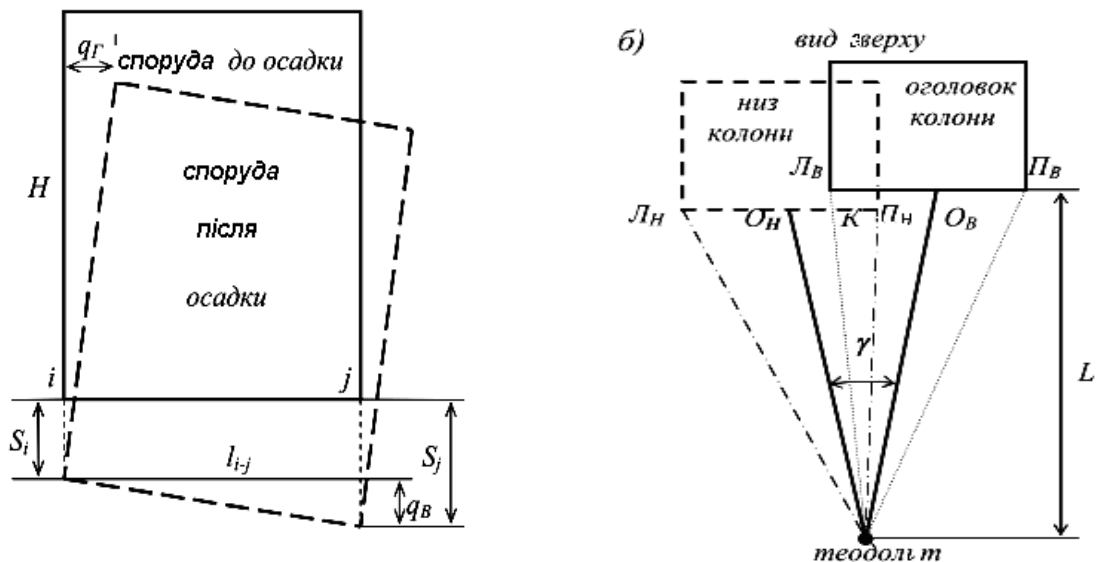


Рисунок 4.3 – Визначення крену за результатами нівелювання точок на фундаменті споруди та за допомогою теодоліта

У сучасному капітальному будівництві зведення будівель і інженерних споруд виконують в основному із збірних елементів. Для забезпечення повної збірності будівель необхідно заздалегідь розраховувати точність будівельно-монтажних і геодезичних робіт, застосовуючи теорію похибок вимірювань, теорію ймовірностей і математичної статистики.

Неодмінною вимогою сучасного будівництва є своєчасний геодезичний контроль будівельних робіт та виконавчі знімання, як необхідна умова забезпечення і підвищення якості будівництва.

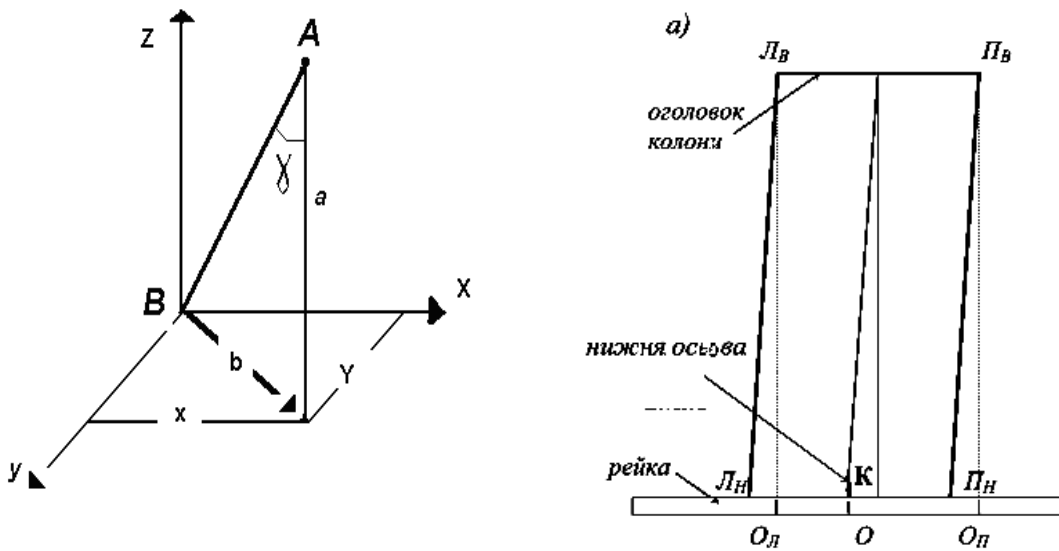


Рисунок 4.4 – Визначення крену споруди:
 а) за допомогою віска; б) теодолітом

Сучасні електронні геодезичні прилади надають можливості керувати точністю будівельно-монтажних робіт вже в ході їх виконання та оперативно здійснювати геодезичний контроль виконаних робіт.

В роботах із спостереження за станом інженерних споруд широко використовують автоматизовані засоби вимірювань, засновані на лазерних технологіях, гідростатичному і гідродинамічному нівелюванні.

Наприклад, створювані лазерним променем видима лінія або площина, можуть служити опорою і при зведенні споруди і при її виконавчому зніманні.

5 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ НА БУДІВЕЛЬНОМУ ОБ'ЄКТІ

1. При виконанні геодезичних робіт на будівельному об'єкті слід керуватися правилами техніки безпеки, викладеними в СНиП Ш-4-80 і відомчих інструкціях, розроблених і затверджених в установленому порядку. У ПВГР повинні бути передбачені заходи щодо забезпечення безпечних умов праці на геодезичних роботах.

2. При введенні на будівництві нових прийомів праці або нового устаткування геодезичні роботи слід виконувати відповідно до інструкцій, розроблених спеціально для цих випадків і затверджених в установленому порядку.

3. До виконання геодезичних робіт допускаються особи, що пройшли ввідний інструктаж і навчання правилам техніки безпеки на геодезичних і будівельних роботах, а також інструктаж зо техніки безпеки безпосередньо на робочому місці, проведення яких повинне оформлятися згідно вимогам СНиП.

4. При роботі на краю проїжджої частини дороги з інтенсивним рухом транспорту і на будівельному майданчику з великою кількістю працюючих механізмів призначається спостерігач, в обов'язки якого входить забезпечення безпеки працюючих від рухомого транспорту і механізмів.

5. Робочі місця виконавців геодезичних робіт, розташовані поблизу перепадів за висотою на 1,3 м і більше, повинні бути захищені захисними або сигнальними огорожами відповідно до вимог СНиП Ш-4-80.

6. До робіт на висоті допускаються особи, що пройшли медичний огляд в установленому порядку.

7. Не можна виконувати геодезичні роботи поблизу навислих стінок, на краю незакріплених укосів, під стрілою екскаватора, навіть якщо він не працює, а також знаходитися поблизу екскаватора під час його роботи.

8. У зимовий час при обігріві ґрунту або бетону електрострумом лінійні вимірювання слід вести, не припускаючи торкання стрічки або рулетки арматури, що знаходиться під напругою. Не слід виконувати геодезичні роботи в місцях, де проходять неізольовані токопровідні лінії. У разі потреби проведення таких робіт електролінію слід відключити. При підсвічуванні геодезичних приладів і пристосувань необхідно користуватися тільки електричними ліхтарями різного типу.

9. Переміщення геодезистів з приладами має здійснюватися по сходових маршах, що мають огорожі. Сходи повинні бути в справному стані і надійно закріплені. Не можна ходити по опалубці, якщо вона не укріплена остаточно і не має розпорів. Слід уникати пересування з приладами по сходинках, які не

очищені від бруду, снігу і льоду. Забороняється переміщатися по вертикалі, користуючись тросом, канатом, а також по краю монтажного горизонту, перемичках, перегородках, капітальних стінах.

10. Переходи з приладами від колони до колони, з ригеля на ригель припускаються тільки по зручних підмостях або переносним місткам. При роботі в небезпечних місцях виконавець повинен прив'язувати себе до міцно закріплених конструкцій запобіжним поясом.

11. При роботі геодезиста на монтажному горизонті всі отвори повинні бути закриті.

12. При передачі точок розмічувальної мережі на поверхні будівлі або споруди за методом вертикального проектування отвори в перекриттях мають бути захищені так, щоб виключити можливість попадання в них будівельного сміття та інших предметів.

13. При монтажі різних конструкцій геодезичні прилади повинні бути встановлені на відстані полуторної висоти від елементу конструкції, що монтується. Виконуючи роботи на будівельному майданчику, виконавець геодезичних робіт повинен знаходитися за межами небезпечної зони.

14. При виконавчих зніманнях водопровідних, каналізаційних та інших колодязів, при вимірах рулеткою або установці рейки усередині колодязів потрібно переконатися, що в них відсутні шкідливі гази.

15. Забороняється виконувати геодезичні роботи (припиняти роботи):

- при сильному поривчастому вітрі силою в 6 і більш балів;
- при сильному снігопаді, дощі, тумані, слабкій освітленості та інших умовах, що обмежують видимість;
- без запобіжних касок і поясів на монтажному горизонті, в зоні монтажу і дії баштового крана;
- на проїжджій частині шосейних доріг, залізниць; на будівельному майданчику при ожеледі.

16. При виконанні робіт на будівельному майданчику з використанням лазерного проміння необхідно виконувати наступні запобіжні засоби:

- категорично забороняється у включеному стані розкривати лазерні прилади і блок живлення, оскільки при цьому «вихід» приладу знаходиться під напругою 1500 – 2500 В;
- відключення роз'ємів має виконуватись не раніше ніж через 1,5 хв. після виключення блоку живлення;
- сполучні кабелі приладу не повинні мати пошкоджень;
- пучок лазера не повинен потрапляти безпосередньо в око;
- забороняється ставити дзеркала або блискучі металеві предмети на шляху проходження лазерного пучка; пучок лазера, повинен проходити за

можливістю вище за голову або нижче за пояс працюючих;

- всі робітники на будівельному майданчику повинні бути добре поінформовані про шкідливу дію лазерного випромінювання на сітківку ока;

- місце, де ведуться роботи, повинне бути захищене і встановлено попереджувальний сигнал, сигнальна лампа або попереджувальний плакат; корпус лазерного приладу і блоку живлення необхідно заземляти; пучок лазера не повинен виходити за межі будівельного майданчика.

17. Виконання заходів щодо техніки безпеки входить в обов'язки керівників будівельних організацій. Керівник будівельної організації зобов'язаний організувати щорічну перевірку знань виконавців геодезичних робіт правил техніки безпеки.

18. Кожен нещасний випадок, що пов'язаний з виробництвом і супроводжується втратою працездатності на термін не більше одного дня, керівник робіт зобов'язаний не пізніше 24 годин розслідувати, з'ясувати причини нещасного випадку і скласти акт в чотирьох екземплярах.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Инженерная геодезия / Багатуни Г. В. и др. – М. : Недра, 1984. – 344 с.
2. Полищук Ю. В. Высотные разбивочные работы в строительстве. / Ю. В. Полищук – Киев : – Будівельник, 1980. – 104 с.
3. Практическое руководство по геодезическому обеспечению строительства зданий повышенной этажности / ГУГК, НИИПГ. – М. : Недра, 1984. – 120 с.
4. Руководство по расчету точности геодезических работ в промышленном строительстве / ГУГК. – М. : Недра, 1979. – 55 с.
5. Справочник по инженерной геодезии / Под ред. Н. Г. Видуева. – Киев : Вища школа, 1978 – 376 с.
6. Справочник по геодезическим разбивочным работам / Под ред. Г. В. Багатуни. – М. : Недра, 1982. – 128 с.
7. СНиП 3,01.03-84. Правила производства и приемки работ. Геодезические работы в строительстве. – М. : ЦНИИОМТП Госстроя СССР, 1985.
8. СНиП III-A.II-70. Техника безопасности в строительстве. – М. : Госстройиздат,
9. Геодезія. Частина перша / За заг. ред. С. Г. Могильного і С. П. Войтенка. – Чернігів : Чернігівські обереги, 2002. – 408 с.

Навчальне видання

ПЕНЬКОВ Володимир Олексійович

ГЕОДЕЗІЯ

(МОДУЛЬ 4 «ІНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗІЯ»)

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

(для бакалаврів спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій)

Відповідальний за випуск *К. А. Мамонов*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *В. О. Пеньков*

План 2019, поз. 20Л

Підп. до друку 01.03.2019. Формат 60×84/16

Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 3,28

Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет

міського господарства імені О. М. Бекетова,

вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.