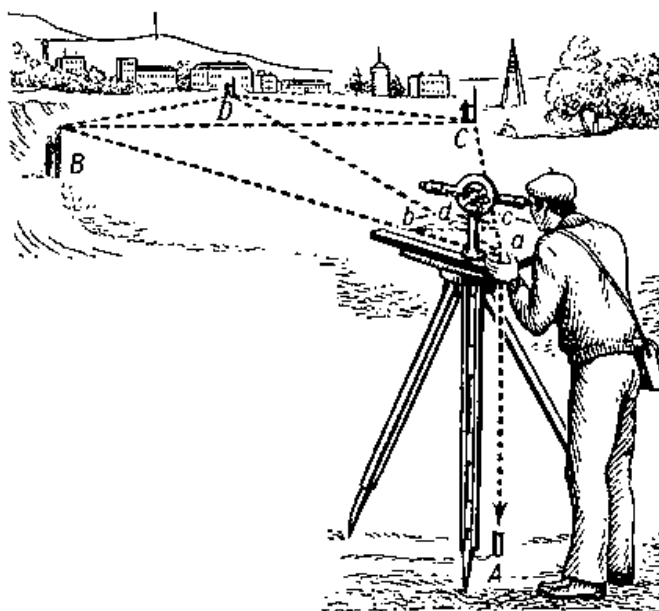


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ



**Войтенко С.П., Юрковський Р. Г.,
Вільданова Н.Р., Маліна І.А.**

О с н о в и і н ж е н е р н о ї г е о д е з і ї



НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Одеса – 2012

Рекомендовано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України
як навчальний посібник для студентів напряму підготовки «Будівництво»
вищих навчальних закладів (лист №1/11-488 від 16.01.2012р.)

Рецензенти:

- *Гладкіх І.І.*, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри Морської геодезії і гідрографії Одеської національної морської академії
- *Александровський І.Р.*, кандидат наук, доцент, завідувач кафедри Геодезії Одеського державного аграрного університету
- *Стадніков В.В.*, кандидат технічних наук, доцент, директор НВП «Високі технології»

Войтенко С.П., Юрковський Р.Г., Вільданова Н.Р., Маліна І.А.

Основи інженерної геодезії: [навчальний посібник] – Одеса: ОДАБА, 2012. – 209 с.

Навчальний посібник підготовлений у відповідності з програмою курсу «Інженерна геодезія» для студентів всіх форм навчання напряму «Будівництво».

Навчальний посібник висвітлює усі питання геодезичного забезпечення й обслуговування при вишукуваннях, проектуванні, будівництві і експлуатації будівель і споруд промислового та цивільного будівництва. Наведені задачі і зміст основних геодезичних робіт, необхідні приклади підготовки даних і попередніх розрахунків точності для конкретних видів та етапів робіт. Приділена увага сучасним геодезичним приладам і методам, що застосовуються при обслуговуванні будівельних робіт.

З М І С Т

ПЕРЕДМОВА.....	6
1 Геодезія та її значення в будівництві.....	7
2 Загальні відомості.....	10
2.1 Система координат і висот.....	10
2.2 Орієнтування ліній.....	11
2.3 Геодезичні задачі.....	13
2.4 Геодезичні вимірювання.....	14
3 Кутові вимірювання.....	16
3.1 Класифікація теодолітів.....	16
3.2 Зорова труба.....	17
3.3 Рівні.....	18
3.4 Відлікові пристрої.....	21
3.5 Будова теодолітів.....	23
3.6 Огляд теодоліта і встановлення його в робоче положення....	24
3.7 Інструментальні похибки.....	25
3.8 Перевірки теодолітів.....	26
3.9 Вимірювання горизонтальних кутів.....	32
3.10 Вимірювання вертикальних кутів.....	34
4 Лінійні вимірювання	36
4.1 Загальні відомості.....	36
4.2. Безпосередні лінійні вимірювання.....	37
4.3 Віддалеміри.....	41
4.4 Посередні способи лінійних вимірювань.....	47
5 Нівелювання.....	49
5.1 Суть геометричного нівелювання.....	49
5.2 Прилади та обладнання для геометричного нівелювання....	52
5.3 Перевірки нівелірів.....	57
5.4 Тригонометричне нівелювання.....	60
5.5 Гідростатичне нівелювання.....	62
6 Сучасні прилади для геодезичних вимірювань.....	64
6.1 Електронні теодоліти і тахеометри.....	64
6.2 Супутникові навігаційні системи.....	65
6.3 Цифровий електронний нівелір.....	68

7 Геодезичні мережі.....	70
7.1 Загальні відомості про геодезичні мережі.....	70
7.2 Державні геодезичні мережі.....	72
7.3 Геодезичні мережі згущення.....	77
7.4 Геодезичні знімальні мережі.....	77
8 Топографічний план.....	79
8.1 Поняття про план.....	79
8.2 Масштаби та номенклатура карт і планів.....	81
8.3 Умовні знаки.....	85
8.4 Зображення рельєфу місцевості на планах та картах.....	94
8.5 Топографічні плани для вишукувань і проектування інженерних споруд.....	97
9 Планова і висотна основа геодезичних розмічувальних робіт.....	100
10 Геодезична підготовка проектів вертикального планування.....	105
11 Геодезичні розмічувальні роботи.....	112
11.1 Завдання і зміст геодезичних розмічувальних робіт.....	112
11.2 Класифікація осей будівель і споруд.....	114
11.3 Геодезична підготовка до винесення на місцевість проекту споруди.....	117
11.4 Елементи планових розмічувальних робіт.....	119
11.5 Способи планового перенесення проекту в натуру.....	123
11.6 Способи висотного перенесення проекту в натуру.....	131
12 Перенесення проекту на місцевість.....	142
12.1 Перенесення осей будівель.....	142
12.2 Побудова обноски і винесення на неї осей.....	145
13 Інженерно-геодезичне забезпечення будівництва.....	150
13.1 Геодезичні роботи при улаштуванні котлованів.....	150
13.2 Геодезичні роботи при монтажі фундаментів.....	151
13.3 Побудова розмічувальної мережі на вихідному монтажному горизонті. Передача осей на монтажні горизонти.....	157
13.4 Геодезичні роботи при зведенні житлових і громадських будівель.....	162
13.5 Геодезичні роботи при монтажі промислових будівель....	168

13.6	Геодезичні роботи при зведенні монолітних будівель і споруд.....	173
14	Геодезичні роботи при монтажі елементів будівельних конструкцій.....	175
14.1	Завдання та зміст геодезичних робіт.....	175
14.2	Способи устанавлення і вивірення конструкцій у плані....	177
14.3	Устанавлення і вивірення конструкцій за висотою.....	185
14.4	Устанавлення і вивірення конструкцій за вертикаллю.....	191
15	Виконавчі знімання.....	201
16	Геодезичні роботи при експлуатації будівель і споруд.....	204
16.1	Загальні відомості про деформації будівель і споруд.....	204
16.2	Розміщення реперів і марок для спостереження за осіданням.....	205
16.3	Методи визначення осідання будівель і споруд.....	205
16.4	Методи визначення горизонтальних зміщень будівель і споруд.....	206
16.5	Визначення кренів високих споруд	207
	ЛІТЕРАТУРА.....	209

П Е Р Е Д М О В А

Курс інженерної геодезії для будівельних спеціальностей традиційно викладається двома частинами: загальною, в якій вивчаються основні принципи геодезичних робіт для будь-яких галузей господарства, і спеціальною, в якій висвітлюються питання застосування інженерної геодезії в промисловому та цивільному будівництві. Існуючі програми і навчальна література побудовані на історично прийнятих в навчанні методах передачі знань: на поступовому переході від простого до складного, від історичного до сучасного.

Але реалії інформаційно-технологічної революції зумовили необхідність нових підходів до професійної підготовки майбутніх фахівців.

Обмежена кількість аудиторних занять, перехід до кредитно-модульної системи, до самостійного вивчення дисциплін не дозволяють студенту гаяти час на початкове освоєння геодезії «взагалі», а потребують вивчати її, виходячи з конкретних завдань геодезичних робіт в будівництві, забезпечення усіх етапів будівельного виробництва: вишукувань, проектування, будівництва та експлуатації будівель.

1 ГЕОДЕЗІЯ ТА ЇЇ ЗНАЧЕННЯ В БУДІВНИЦТВІ

Термін «*геодезія*» перекладається з грецької, як «землерозподіл». Це поняття виникло в Єгипті чотири тисячі років тому при поновленні (розподілі) меж сільськогосподарських угідь після повені р.Ніл.

Подальший розвиток геодезії був тісно пов'язаний з господарчим освоєнням Землі. У сучасному народному господарстві найбільш важливою галуззю геодезії є інженерна геодезія, яка забезпечує будівництво.

Геодезичні роботи передують, супроводжують і завершують усі етапи будівельного виробництва: проектування, будівництво, монтаж обладнання і продовжуються в період експлуатації споруди.

Розглянемо загальну послідовність геодезичних робіт у промисловому та цивільному будівництві. Цифрами (1, 2, 3...) позначено геодезичні роботи; літерами (А, Б, В...) – будівельні.

Основою для виконання першого етапу будівництва – проектування – є топографічний (від грец. місце–опис) план ділянки майбутнього будівництва. Тому будівельному проектуванню передують:

1.Інженерно-геодезичні вишукування, в результаті яких виконується геодезичне знімання місцевості і складається її **топографічний план** із зображенням на ньому усіх існуючих об'єктів (будинків, споруд, комунікацій, рослинності, рельєфу тощо).

А.Топографічний план є основою для виконання першого етапу будівництва – **проектування**.

Будівництво будинків і споруд здійснюється у суворій відповідності з проектом, основною частиною якої є **генеральний план**. Це графічний документ розміщення усіх проектуємих будинків і споруд, комунікацій, рослинності, рельєфу тощо на топографічному плані.

2.Але генеральний план ще не дає можливості почати будівництво, тому що на ньому положення проектуємих об'єктів показано лише графічно. Для математичного втілення генерального плану до нього, використовуючи геодезичні розрахунки складають **розмічувальні креслення і план вертикального планування**.

На розмічувальному кресленні положення основних точок проектних осей і горизонтів, які визначають розміщення проектуємих об'єктів на місцевості, указано відносно геодезичних пунктів. Ці пункти закріплені на місцевості і мають координати X , Y , H .

3. На плані вертикального планування зображують перетворений (проектний) рельєф, проектні ухили і нульові горизонти будинків.

4. Після складання і затвердження проекту виконують наступний етап із **перенесення проекту на місцевість** (в натуру) у відповідності із розмічувальним кресленням і планом вертикального планування ділянки будівництва. Для цього геодезичними методами визначають на місцевості положення основних точок проектних осей і горизонтів.

5. Далі виконують детальні геодезичні розмічувальні роботи, що полягають у розміщенні на місцевості усіх проектних осей і горизонтів взаємного розташування елементів проектуємих споруд в плані і по висоті.

Б. Розпочинають будівництво, яке супроводжує:

6. Комплекс геодезичного забезпечення усіх етапів будівництва: від контролю глибини котлована та позначок фундаментів до перенесення осей і позначок на монтажні горизонти та установлення конструкцій у вертикальне положення тощо.

7. Виконавче знімання. Систематично, по завершенні чергового будівельного циклу, перевіряють відповідність виконаних робіт проекту, фіксуючи відхилення фактичного положення основних точок споруди в плані і по висоті, тобто виконують інженерно-геодезичне знімання і складають виконавчі креслення по будівельним циклам.

8. Одна з відповідальних і складних задач будівництва – установлення технологічного обладнання у проектне положення з дотриманням допусків на взаємне положення його елементів. Якщо допуски на виконання будівельно-монтажних робіт складають 1...3 мм, то допуски установлення окремих частин обладнання складають 0,1...0,2 мм. Тому це вимагає особливо високої точності геодезичних вимірювань.

9. Завершується будівництво складанням **виконавчого плану**, необхідного для кінцевої здачі об'єкта.

В Експлуатація об'єкта.

10.Продовжується **геодезичний моніторинг** (геодезичні спостереження за осіданням і деформаціями споруд), а іноді і за територіями, на яких ці споруди розміщені. Основна **мета спостережень** – отримання відомостей про стан споруди, її стійкість та міцність. Геодезичні спостереження дозволяють оцінити **просторово-часовий стан споруди** та її частин для своєчасного здійснення необхідних заходів по забезпеченню безаварійної експлуатації споруди.

Недооцінка геодезії призводить до затримок будівництва, переробок і додаткових витрат. Будь-яке сучасне будівництво неможливо здійснити на достатньо високому технічному рівні без знання геодезії. Подальший розвиток будівництва вимагає збільшення обсягів інженерно-геодезичних робіт і підвищення їх якості.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

2.1 Система координат і висот

У практиці інженерно-геодезичних робіт в будівництві місцезнаходження будь-якої точки на місцевості і на плані визначається її прямокутними координатами X , Y (часто умовними) і абсолютною висотою H . В умовній системі прямокутних координат (рис.2.1.1) вісь X спрямована на північ, вісь Y – на схід. Північний напрям осі X вважається додатним, південний – від’ємним; східний напрям осі Y вважається додатним, західний – від’ємним. Координатні осі поділяють площину рисунка на чотири чверті: I – ПнС, II – ПдС, III – ПдЗ, IV – ПнЗ.

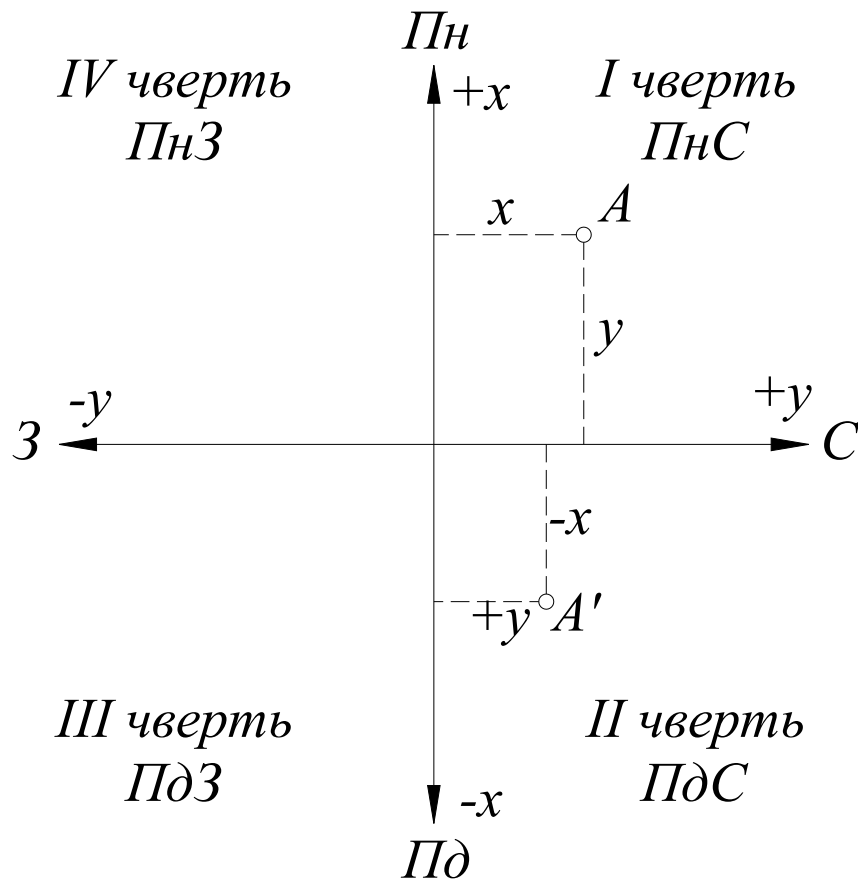


Рис.2.1.1 Умовна система прямокутних координат

Абсолютні висоти точок земної поверхні в Україні відлічують у прямовисному напрямі від даної точки до рівневої поверхні, що проходить через нуль Кронштадтського футштока (рис.2.1.2). Наприклад, абсолютна висота точки A – H_A , абсолютна висота точки B – H_B .

У межах якоїсь ділянки за вихідну для відліку висот можна брати будь-яку іншу постійну рівневу поверхню. Наприклад, у будівництві висоти відлічується відносно рівня чистої підлоги першого поверху – так званого *будівельного нуля* ($\pm 0,000$). Такі висоти називають умовними: вони відлічуються від умовного нульового горизонту (рис. 2.1.3).

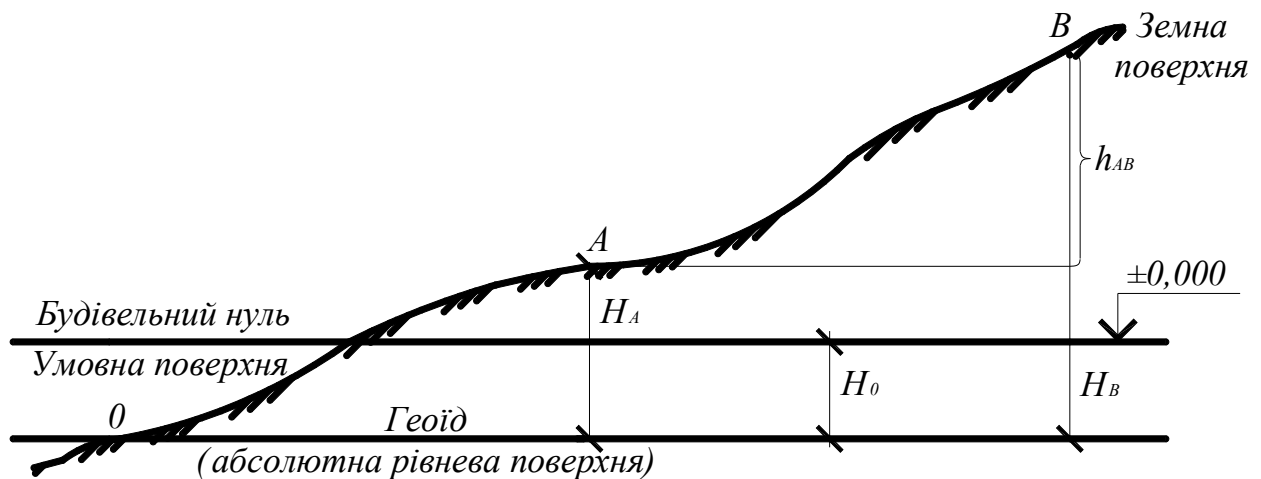


Рис.2.1.2 Система висот

Різниця h між висотами двох точок називається *перевищенням* (рис.2.1.2):

$$h_{AB} = H_B - H_A; h_{BA} = H_A - H_B. \quad (2.1.1)$$

Чисельне значення висоти називається *позначкою*.

2.2 Орієнтування ліній

Орієнтувати лінію – це означає визначити її напрям відносно початкового. За початковий у практиці інженерно-геодезичних робіт в будівництві звичайно приймають північний напрям осі X.

При розв'язанні інженерно-геодезичних задач на площині для орієнтування ліній місцевості найчастіше користуються дирекційними кутами α . **Дирекційний кут α** відлічується за ходом годинникової стрілки від північного напрямку лінії X координатної сітки до напрямку лінії (рис.2.2.1).

Дирекційний кут α_{1-2} напрямку 1-2 називається *прямим*, зворотнього напрямку 2-1 – *оберненим* (рис. 2.2.1):

$$\alpha_{2-1} = \alpha_{1-2} \pm 180^\circ. \quad (2.2.1)$$

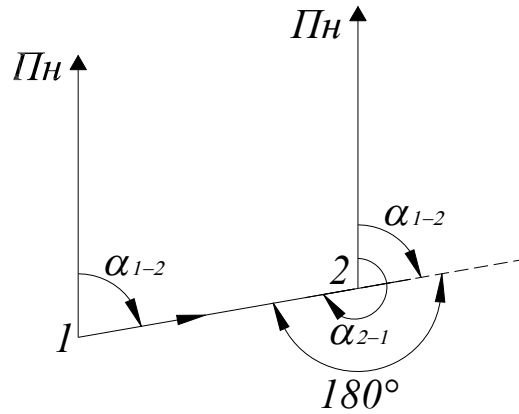


Рис.2.2.1 Прямий і обернений дирекційні кути

Якщо відомий дирекційний кут початкового напрямку 1-2 в геодезичному полігоні 1-2-3-4 і виміряні горизонтальні праві, розміщені праворуч за ходом полігона, — внутрішні кути $\beta_1, \beta_2, \beta_3$, то дирекційні кути подальших сторін 2-3, 3-4 (рис.2.2.2) визначаються за формулами:

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} \pm 180^\circ - \beta_2,$$

$$\alpha_{3-4} = \alpha_{2-3} \pm 180^\circ - \beta_3,$$

... .. ,

тобто

$$\alpha_{\text{под}} = \alpha_{\text{поп}} \pm 180^\circ - \beta_i. \quad (2.2.2)$$

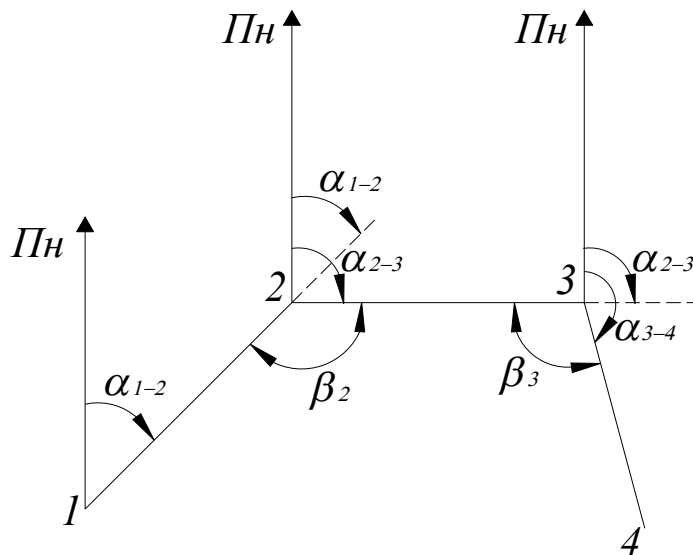


Рис.2.2.2 Визначення дирекційних кутів подальших сторін

При камеральній обробці польових результатів зручніше замість дирекційних кутів використовувати румби. Румб r — це гострий кут між напрямками осі X і лінії (рис.2.2.3). Румб супроводжується назвою чверті.

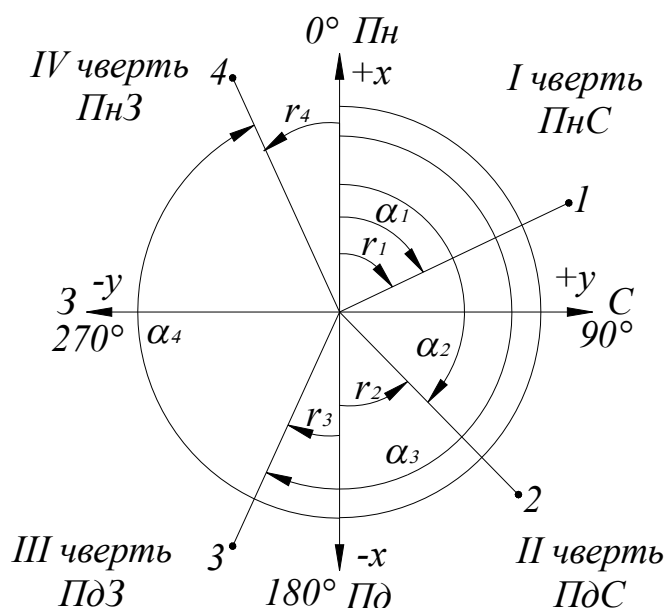


Рис.2.2.3 Зв'язок дирекційних кутів з румбами

Визначимо зв'язок між дирекційними кутами, румбами і знаками координат у різних чвертях (табл. 2.2.1).

Таблиця 2.2.1

Зв'язок румбів з дирекційними кутами

Чверть	Дирекційний кут α	Румб r		Осі координат	
		назва	величина	X	Y
I	$0 \dots 90^\circ$	ПнС	$r = \alpha$	+	+
II	$90 \dots 180^\circ$	ПдС	$r = 180^\circ - \alpha$	-	+
III	$180 \dots 270^\circ$	ПдЗ	$r = \alpha - 180^\circ$	-	-
IV	$270 \dots 360^\circ$	ПнЗ	$r = 360^\circ - \alpha$	+	-

2.3 Геодезичні задачі

Пряма геодезична задача полягає у визначенні координат X_2, Y_2 точки 2 за відомими координатами X_1, Y_1 точки 1, відстанню d між точками 1-2 і дирекційним кутом (румбом) лінії 1-2. Для визначення прямокутних координат X_2 і Y_2 обчислюють приріст координат (рис.2.3.1) з трикутника 1С2:

$$\begin{aligned} \Delta x &= d \cos r; \\ \Delta y &= d \sin r. \end{aligned} \quad (2.3.1)$$

Тоді

$$\begin{aligned}x_2 &= x_1 + \Delta x; \\y_2 &= y_1 + \Delta y.\end{aligned}\tag{2.3.2}$$

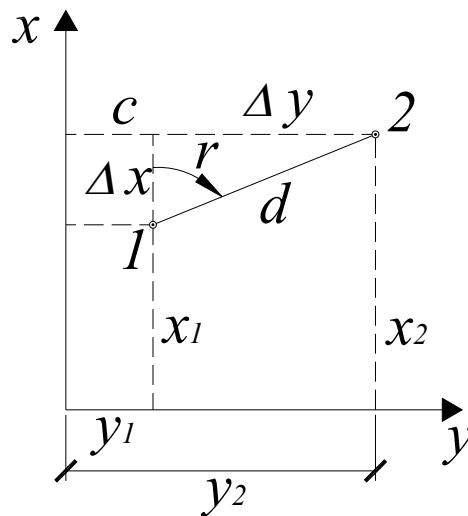


Рис.2.3.1 Прямі і обернені геодезичні задачі

Обернена задача полягає у визначенні відстані d і дирекційного кута α_{1-2} за відомими координатами точок 1 і 2: X_1, Y_1, X_2, Y_2 . З того ж трикутника 1С2 (див. рис.2.3.1) визначають румб напрямку 1-2:

$$\operatorname{tg} r = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{\Delta y}{\Delta x}; \quad r = \operatorname{arctg} \frac{\Delta y}{\Delta x}.\tag{2.3.3}$$

Дирекційний кут визначається залежно від чверті, яка зумовлена знаками приросту координат Δx і Δy .

Горизонтальне прокладання між точками 1-2 обчислюють за формулами:

$$d = \frac{\Delta x}{\cos r} = \frac{\Delta y}{\sin r} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}\tag{2.3.4}$$

2.4 Геодезичні вимірювання

Вимірювання – це процес порівняння вимірюваної величини з однойменною величиною, яка прийнята за одиницю вимірювань.

Геодезичні вимірювання дозволяють визначити взаємне розташування точок земної поверхні (геодезичних пунктів). Геодезичні вимірювання бувають:

- *лінійними*, в результаті яких на місцевості визначаються відстані між пунктами;

- *кутовими*, в яких визначають значення горизонтальних і вертикальних кутів на пунктах між напрямками на інші пункти;
- *висотними* (нівелювання), в результаті яких визначається перевищення між пунктами.

В Україні для перелічених видів геодезичних вимірювань використовуються такі одиниці:

- у *лінійних вимірюваннях* (горизонтальних і висотних) – ***метр***;
- у *кутових* – ***коло*** та його частки: *градус*, який дорівнює $1/360$ кола; *хвилини*, яка дорівнює $1/60$ градуса; *секунда*, яка дорівнює $1/60$ хвилини.

На ***фізичний процес вимірювання*** впливають такі ***фактори***: вимірювана величина, суб'єкт, який проводить вимірювання, вимірювальний прилад і середовище, в якому відбувається вимірювання. Крім того, вимірювання здійснюють різними *методами*. Результат вимірювання залежить від умов його виконання. Залежно від умов, вимірювання можуть бути рівноточними і нерівноточними. Якщо у процесі вимірювань зберігаються незмінними всі п'ять факторів, то такі вимірювання називають рівноточними. При неоднакових умовах, тобто коли змінюється хоча б одна з п'яти умов (наприклад, спостерігачі були різної кваліфікації), виконані вимірювання будуть нерівноточними.

3 КУТОВІ ВИМІРЮВАННЯ

3.1 Класифікація теодолітів

Теодоліт – це кутомірний прилад (рис.3.1.1) для вимірювання і побудови на місцевості горизонтальних і вертикальних кутів та визначення відстані (з невисокою точністю).

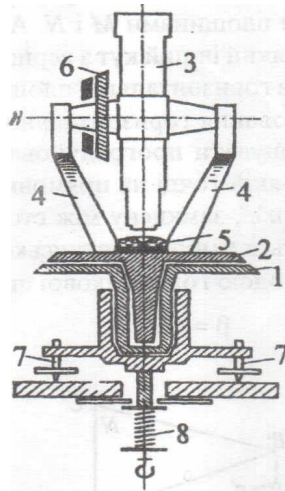


Рис.3.1.1 Схема теодоліта:

- 1 – лімба; 2 – алідада; 3 – зорова труба; 4 – підставки труби;
5 – рівень горизонтального круга; 6 – вертикальний круг;
7 – підйомні гвинти; 8 – становий гвинт

Теодоліт, у якого *лімба* горизонтального круга складає одне ціле з підставкою, називається **простим**, на відміну від **повторювального** теодоліта, лімба якого може обертатися навколо своєї осі. Теодоліти зі скляними лімбами називають **оптичними**.

За стандартом теодоліти позначають літерою Т. Попереду літери Т можуть бути цифри 2, 3, ... і т. ін., які вказують на чергову модифікацію приладу. Число справа за літерою Т вказує, на точність (середню квадратичну похибку) вимірювання горизонтального кута. Далі йдуть літери, які позначають конструкцію теодоліта:

- 1) *К* – з компенсатором вертикального круга;
- 2) *П* – з прямим зображенням зорової труби;
- 3) *М* – маркшейдерське виконання;
- 4) *А* – з автоколімаційним окуляром.

Наприклад, теодоліт серії Т30 означає теодоліт з точністю (середньою квадратичною похибкою) вимірювання кута $m_{\beta} = \pm 30''$;

2Т30П — теодоліт другої модифікації, 30'' точності, з прямим зображенням зорової труби.

За точністю теодоліти поділяються на:

- високоточні Т05, ТІ;
- точні Т2, Т5, Т10;
- технічні Т15, Т20, Т30, Т60.

В інженерно-будівельній справі використовують оптичні та електронні теодоліти і тахеометри різної точності залежно від поставлених інженерно-геодезичних задач.

3.2 Зорова труба

У сучасних геодезичних приладах використовуються зорові труби (рис.3.2.1) із внутрішнім фокусуванням (постійної довжини). **Фокусування** – це устанавлення на чітке зображення спостережуваного предмета. Фокусування виконується з допомогою кремальєри (від фр. механізм), повертання якої переміщує двоввігнуту лінзу, розміщену всередині труби. Таке фокусування називається внутрішнім. Зорова труба наводиться на спостережуваний предмет з допомогою сітки ниток, нанесеної на скляній пластинці, що вставлена у діафрагму (від грець. перегородка), розміщеної в окулярній частині труби.

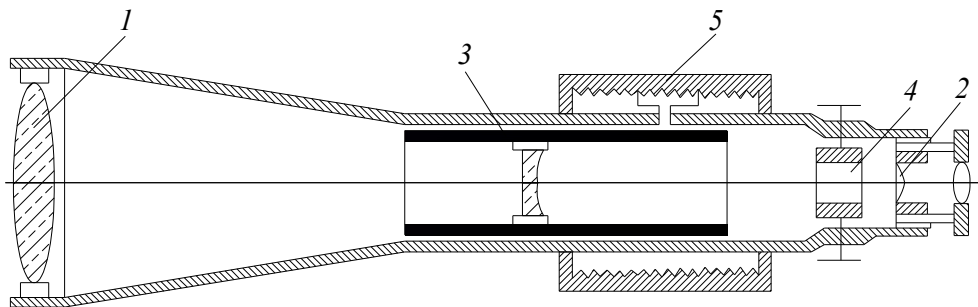


Рис.3.2.1 Зорова труба:

- 1 – об'єктив; 2 – окуляр; 3 – фокусуюча лінза;
4 – діафрагма з сіткою ниток; 5 – кремальєра.

Пряма, що проходить через точку перетину сітки ниток і оптичний центр об'єктива, називається **візирною віссю**. Положення сітки ниток (рис.3.2.2), а отже і візирної осі, можна змінювати, переміщуючи пластинку з сіткою ниток у площині, перпендикулярній до осі труби, з допомогою виправних гвинтів сітки ниток (вертикальних і бокових).

Сітку ниток по оку установлюють переміщенням окуляра в окулярному коліні, повертаючи окулярну трубку.

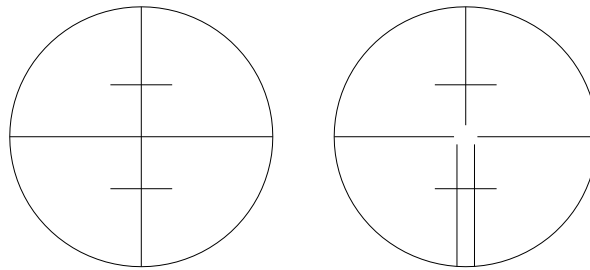


Рис.3.2.2 Сітки ниток зорової труби

Отже, повне установлення зорової труби для спостережень складається з установлення її по оку і по предмету. Якщо після цього око біля окуляра переміщувати по висоті і в боковому напрямі, то точка перетину ниток не повинна сходити із зображення предмета. Відхилення точки називається паралаксом (від грець. «відхилення»). Причина цього — несуміщення зображення предмета з площиною сітки ниток. Усувається паралакс незначним поворотом кремальєри.

Основною характеристикою зорової труби є її збільшення V . Це відношення кута β , під яким зображення видно в трубу, до кута α , під яким предмет видно неозброєним оком:

$$V = \frac{\beta}{\alpha}, \quad (3.2.1)$$

або відношення фокусних відстаней об'єктива і окуляра

$$V = \frac{f_{об}}{f_{ок}}. \quad (3.2.2)$$

Збільшення зорових труб теодолітів від $18^{\times}$ до $60^{\times}$.

Для попереднього наближеного наведення зорової труби на ціль в оптичних теодолітах править **оптичний візир**. Точність візування з допомогою оптичного візира складає $2' \dots 3'$.

3.3 Рівні

Для приведення осей і площин інструмента в горизонтальне або прямовисне положення служать **рівні**.

Рівень складається із ампули, металевої оправы і виправних гвинтів. Залежно від форми рівні бувають циліндричні і колові (рис.3.3.1). Внутрішню поверхню ампули шліфують за дугою кола певного радіуса

$R = 3,5 \dots 200$ м. При виготовленні рівня ампулу заповнюють нагрітим сірчаним ефіром або винним спиртом і запаюють. Після охолодження усередині ампули утворюється невеликий простір, заповнений парами рідини, який називається *бульбашкою рівня*. Вона завжди займає найвище положення. Ампулу рівня загіпсовують в оправу, яку прикріплюють до інструмента.

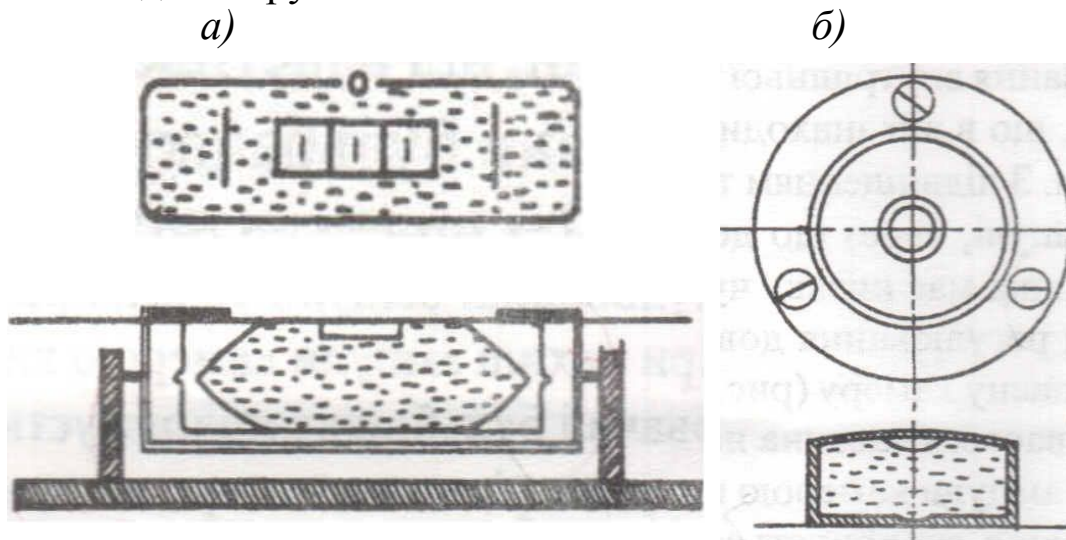


Рис.3.3.1 Рівні:

а) циліндричний рівень; б) коловий рівень

На зовнішній поверхні ампули нанесені поділки через кожні 2 мм. Точка 0 у середній частині ампули називається *нуль-пунктом*. Коли кінці бульбашки розташовуються симетрично нуль-пункту, вважають, що бульбашка знаходиться в нуль-пункті.

Дотична uu_1 (рис.3.3.2) до внутрішньої поверхні циліндричного рівня в нуль-пункті 0 називається віссю циліндричного рівня.

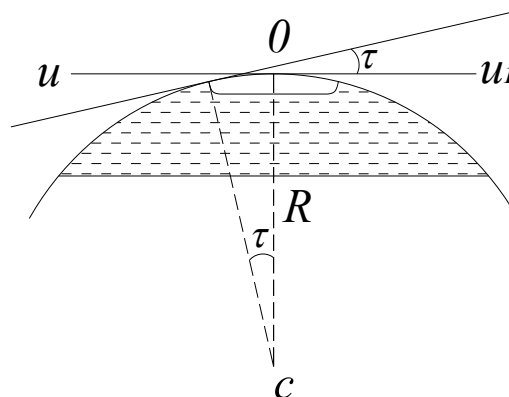


Рис.3.3.2 Вісь поділки рівня

Основна властивість циліндричного рівня: коли бульбашка знаходиться в нуль-пункті, вісь рівня займає горизонтальне положення.

Якщо бульбашка відхилиться від нуль-пункта (рис.3.3.2), вісь рівня $ии_1$ нахилиться до горизонту на відповідний кут. Кут τ , на який нахилиться вісь рівня при зміщенні бульбашки на одну поділку ампули, називається *ціною поділки рівня*. Вона залежить від радіуса внутрішньої поверхні ампули рівня і служить мірою чутливості рівня. Чим менша ціна поділки рівня, тим більша його чутливість.

Проте, крім ціни поділки, чутливість рівня залежить від якості шліфування внутрішньої поверхні ампули, від властивостей (в'язкості) рідини, що в ній знаходиться, від довжини бульбашки і температури повітря. З підвищенням температури збільшується об'єм наповнювача в ампулі, через що довжина бульбашки зменшується, а коротка бульбашка має низьку чутливість.

Для регулювання довжини бульбашки ампули точних рівнів мають запасну камеру (рис.3.3.3). При нахилі ампули камерою вниз у неї переливається частина наповнювача і бульбашка подовжується; при нахилі ампули камерою вгору частина рідини з камери виливається, і бульбашка скорочується. Рекомендована довжина бульбашки має бути в межах 0,3 довжини шкали ампули.



Рис.3.3.3 Рівень з запасною камерою

Зменшення впливу температури на довжину бульбашки досягається також виготовленням компенсованих ампул із скляною паличкою усередині. Завдяки цьому значно зменшується об'єм наповнювача, і при зміні температури об'єм, а отже, і довжина бульбашки змінюється незначно. Проте очевидно, що не слід допускати прямого нагріву рівня сонячним промінням.

Неозброєним оком можна поліпшити переміщення бульбашки рівня на 0,1 поділки ампули (0,2 мм). Отже, точність установлення бульбашки в нуль-пункті характеризується *середньою квадратичною похибкою* $m_y = \pm 0,1\tau = \pm 0,2 \text{ мм}$. Гранична похибка установлення $\Delta y = 2m_y = \pm 0,4 \text{ мм}$.

Значно вища точність установлення бульбашки в нуль-пункт, а також зручність в роботі досягаються за допомогою контактних рівней. У них зображення кінців бульбашки рівня передається через систему призм. Коли бульбашка рівня установлюється в нуль-пункті, то зображення його кінців збігаються, або, як кажуть, контактують (рис.3.3.4). Момент збігання фіксується оком з високою точністю — в 2-4 рази вище, ніж установлення в нуль-пункті звичайного рівня.

Крім циліндричних рівней, деякі геодезичні інструменти забезпечуються менш чутливими коловими рівнями (див. рис. 3.3.1 б).

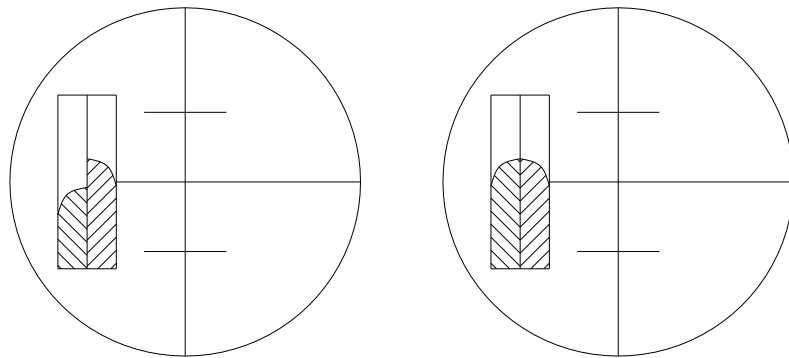


Рис.3.3.4 Зображення кінців контактного рівня

Коловий рівень — це скляна ампула, що має з боків форму циліндра, а зверху — сфери, відшліфована по внутрішній поверхні певного радіуса. За нуль-пункт 0 колового рівня приймається центр кола, нанесеного на склі в середині ампули. Радіус сферичної внутрішньої поверхні проходить через нуль-пункт рівня, займає прямовисне положення і збігається з віссю рівня uu_1 .

Колові рівні мають ціну поділки 5' і більше, тому вони звичайно використовуються для наближеного установлення інструмента.

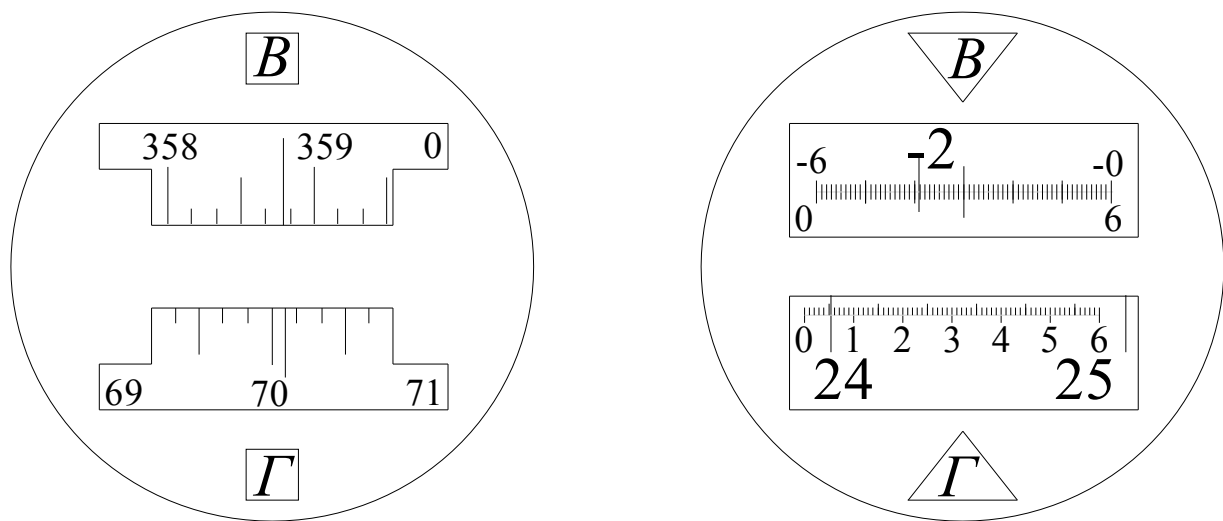
3.4 Відлікові пристрої

Для вимірювання горизонтального кута зорову трубу теодоліта поворотом алідади наводять на візирну ціль (при закріпленому лімбі) і знімають відлік по горизонтальному кругу. Цей відлік є сумою відліків по лімбу і відліковому пристрою.

Алідада (з араб. — лінійка) — рухомий круг з відліковими пристроями.

А *лімб* — це проградуваний від 0° до 360° скляний (в оптичних теодолітах) круг. Величина дуги лімба між двома найближчими штрихами, передана в градусній мірі, називається ціною поділки лімба. Вона визначається за оцифруванням градусних штрихів.

У сучасних оптичних теодолітах Т30, Т15 для відряхування поділок лімба використовують мікроскопи: штрихові (рис. 3.4.1 а) або шкалові (рис. 3.4.1 б). Технологія виготовлення цих теодолітів дозволяє нехтувати похибкою впливу ексцентриситету, і відлік виконується по одному відліковому пристрою — мікроскопу, який знаходиться при зоровій трубі.



а) Відліки: по горизонтальному
кругу $70^\circ 05'$, по вертикальному
кругу $358^\circ 48'$

б) Відліки: по горизонтальному
кругу $24^\circ 05', 2$,
по вертикальному кругу $-2^\circ 39', 2$

Рис.3.4.1 Поле зору мікроскопів:
а) штрихового (Т30); б) шкалового (Т15)

У полі зору штрихового мікроскопа теодоліта Т30 разом із зображенням поділок лімба видно штрих мікроскопа. Відлічують по штриху, на око оцінюючи до 0,1 найменшої поділки лімба, яка дорівнює $10'$. Відповідно, на рис. 3.4.1,а показані відліки за горизонтальним кругом $70^\circ 05'$ та вертикальним кругом $358^\circ 48'$.

Використання шкалового мікроскопа (див. рис. 3.4.1 б), шкала якого є найменшою поділкою лімба, розбитого на певну кількість частин, дозволяє підвищити точність відліку.

У теодоліта Т15 шкала мікроскопа довжиною в $1^\circ = 60'$ розділена на 12 рівних частин з ціною поділки $5'$ (рис. 3.4.1 б). Окрім того, підписи на вертикальному крузі вгору від нульової лінії горизонту мають значення від 0° до $+90^\circ$, а вниз — від 0° до -90° . Тому поділки на шкалі шкалового мікроскопа для вертикальних кутів підписані один раз від 0 до 6 з (+), а другий раз від -0 до -6 з (-). Згідно з рис. 3.4.1 б), маємо відлік на горизонтальному крузі $24^\circ 05' 2''$ на вертикальному — $(-2^\circ 39' 2'')$.

3.5 Будова теодолітів

Оптичний теодоліт Т30 — це повторювальний теодоліт-тахеометр з порожнистою циліндричною вертикальною віссю. Підставка у теодоліта незнімна, вона жорстко з'єднана а теодолітом. Основа теодоліта, з якою з'єднана підставка, одночасно править за дно футляра. Це не тільки зменшує масу теодоліта, але й дозволяє закривати його футляром, не знімаючи з штатива. Теодоліт має порожнисту вертикальну вісь і отвір у дні футляра для центрування зоровою трубою, яка в цьому випадку встановлюється вертикально об'єктивом униз.

У теодоліта є тільки *один циліндричний рівень*, який розміщено біля основи підставки труби. Розміщення рівня визначено необхідністю контролювати положення теодоліта при вимірюванні вертикальних кутів через відсутність у цього теодоліта рівня біля алідади вертикального круга.

На трубі є оптичний візир для наближеного наведення труби на спостережуваний об'єкт і відліковий мікроскоп для зняття відліків з горизонтального і вертикального кругів.

Оптичний теодоліт Т15 відрізняється від оптичного Т30, в першу чергу, більш високою точністю зняття відліків з горизонтального і вертикального кругів, що досягається використанням шкалового мікроскопа. Крім того, підставка теодоліта Т15 зйомна, а в алідадну частину вмонтовано оптичний висок.

У теодоліта є *два циліндричних рівні*; один з них (рівень горизонтального круга) закріплено між підставками труби на кожусі

горизонтального круга, а другий (рівень вертикального круга) — на підставці труби біля вертикального круга.

На трубі є оптичний візир для наближеного наведення труби на спостережуваний об'єкт і шкаловий мікроскоп для зняття відліків з горизонтального і вертикального кругів.

3.6 Огляд теодоліта і встановлення його в робоче положення

До початку робіт необхідно оглянути теодоліт і перевірити чистоту оптики, чіткість зображення сітки ниток, переміщення фокусуючої лінзи, плавність і легкість обертання інструмента і зорової труби. Помічені дефекти виправляють в оптико-механічній майстерні.

Хід підйомних і навідних гвинтів має бути плавним, розміреним, без хитання і заїдання. Для регулювання ходу гвинта повертають регулювальну гайку за допомоги шпильки в той чи інший бік доти, доки не буде досягнуто рівномірного ходу.

При повертанні алідади горизонтального круга має бути забезпечена азимутальна сталість штатива і підставки.

Для *перевірки сталості штатива* зорову трубу наводять на різко окреслений об'єкт: антену, кут будинку тощо. Потім, взявшись за головку штатива, злегка повертають штатив у різні боки. Якщо після цього зображення об'єкта змістилось з перетину сітки ниток, то треба сильніше затягти гвинт шарніра ніжок штатива. Після цього перевіряють сталість підставки. Злегка повертають корпус підставки і у разі зміщення зображення об'єкта з перетину сітки ниток підтягують гайки регулювання ходу підйомних гвинтів.

У робоче положення теодоліт установлюється:

1) центруванням над точкою з допомогою виска або оптичного центра;

2) горизонтуванням лімба (приведенням вертикальної осі теодоліта в прямовисне положення) з допомогою підйомних гвинтів по рівню горизонтального круга.

Центрування буває наближене і точне. Спочатку теодоліт встановлюється над точкою (до 2...3 см) переміщенням ніжок штатива. Точне centruвання досягається переміщенням підставки з теодолітом

по головці штатива при ослабленому становому гвинті. Потім становий гвинт закріплюється. Точність центрування нитковим виском становить 0,5 см, оптичним центриром — 0,5 мм.

Для *горизонтування лімба* перевірений рівень горизонтального круга встановлюють за напрямом двох підйомних гвинтів і, діючи ними в різні боки, переводять бульбашку рівня на середину. Потім повертають рівень на 90° і, діючи третім підйомним гвинтом, виводять бульбашку рівня на середину.

3.7 Інструментальні похибки

Інструментальними похибками вважають відхилення інструмента або його частин від геометричної схеми. За своїм походженням ці похибки можуть бути поділені на дві групи:

1) *похибки, викликані неточністю виготовлення і збирання інструмента і його частин*. До інструментальних похибок першої групи відносяться, наприклад, помилки нанесення штрихів на лімбі, відхилення форми внутрішньої поверхні ампули рівня від сферичної, ексцентриситет аліади, недостатня якість виготовлення оптики тощо. Ці похибки можуть бути виправлені на заводі, а їх величини визначаються спеціальними дослідженнями. При сучасному рівні виготовлення інструментів вплив цих похибок у технічних теодолітах практично незначний.

2) *похибки, викликані порушеннями геометричної схеми інструмента*. Друга група похибок визначається перевітками теодоліта. *Перевітки* — дії, в результаті яких установлюють чи виконуються геометричні умови, які пред'являються до інструмента. Для виконання порушених умов роблять виправлення, які називаються *юстируванням* (від нім. вивіряти).

З точки зору періодичності метрологічного обслуговування геодезичних приладів у будівельних організаціях можна виділити кілька *рівней перевірки*:

1) *поточна періодична перевірка* проводиться з профілактичною метою один раз на рік за календарним графіком;

2) *позачергова перевірка* — при одержанні приладу після тривалого транспортування, зберігання або інших, не властивих експлуатації навантажень;

3) *часткова технологічна перевірка*, яка полягає у контролі зберігання основних геометричних умов, виконується на кожному об'єкті після переїзду на нього або щоденно до початку роботи.

Таким чином, **геодезичні прилади перевіряються, не менше, ніж один раз на рік у повному обсязі контролю метрологічних параметрів.** *Періодичність перевірки* можна установлювати, аналізуючи час безвідмовної роботи. Буває, що під час експлуатації порушено регулювання, тому деякі з перевірок і юстирувань необхідно повторювати навіть щоденно, щоб у результатах вимірювань не з'явилися систематичні похибки.

Результати перевірок заносяться в **атестат** і **паспорт** приладу. **Атестат** — це разовий документ, що містить результати перевірки, а в **паспорті** відбиті дані всіх перевірок приладу в експлуатації, їх періодичність, результати ремонту тощо.

Для забезпечення нормальних умов виконання перевірки необхідно дотримуватись цілого ряду вимог по обмеженню можливих зовнішніх впливів у спеціально обладнаному лабораторному приміщенні: температура повітря $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$, відносна вологість $(60 \pm 20)\%$, атмосферний тиск 760 мм рт. ст., нерухомість повітря, достатня освітленість, відсутність вібрації і шуму. Якщо робота виконується в умовах, відмінних від нормальних, то необхідно вводити відповідні поправки.

3.8 Перевірки теодолітів

На рис. 3.8.1 показана *геометрична схема теодоліта*, на якій: ZZ_1 — вертикальна вісь обертання теодоліта, HH_1 — горизонтальна вісь обертання зорової труби, VV_1 — візирна вісь, UU_1 — вісь циліндричного рівня при алідаді горизонтального круга.

Геометричні умови, які повинні бути дотримані в теодоліті, видні з геометричної схеми і впливають з *принципу вимірювання горизонтального кута*.

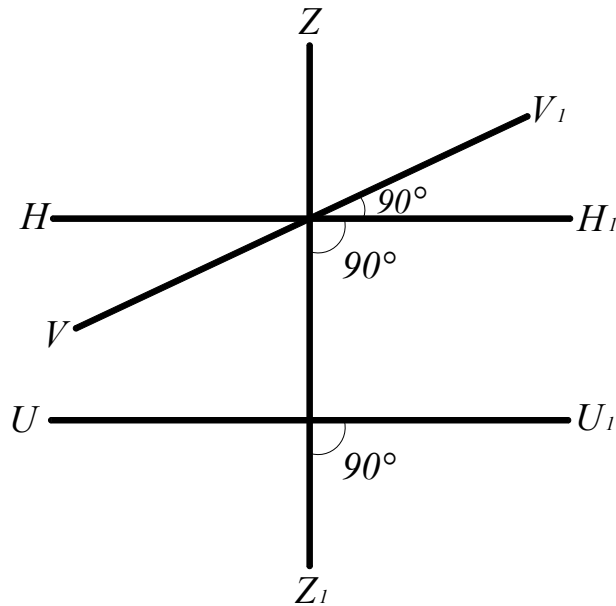


Рис.3.8.1 Геометрична схема теодоліта

Для дотримання геометричних умов після огляду теодоліта і установлення його у робоче положення послідовно виконують наступні перевірки:

1. Вісь циліндричного рівня при алідаді горизонтального круга повинна бути перпендикулярна до осі обертання теодоліта ($UU_1 \perp ZZ_1$).

Виконуючи перевірки, виходять з припущення, що відповідні геометричні умови не дотримуються. Припустимо, що вісь рівня не перпендикулярна до осі обертання теодоліта і її фактичне положення U_1U_1' складає з правильним положенням UU_1 деякий кут α (рис. 3.8.2).

Після повертання алідади на 180° вісь рівня U_1U_1' , зберігаючи незмінним кут $180^\circ - \alpha$, утворений з віссю обертання, відхиляється від свого початкового положення на кут 2α і займає положення U_2U_2' . Тому після повертання алідади на 180° у разі відхилення бульбашки рівня від нуля-пункту переміщують бульбашку рівня до нуля-пункту на половину відхилення, діючи виправними гвинтами рівня, а на другу половину — підйомними гвинтами. Після юстировки рівня перевірку повторюють.

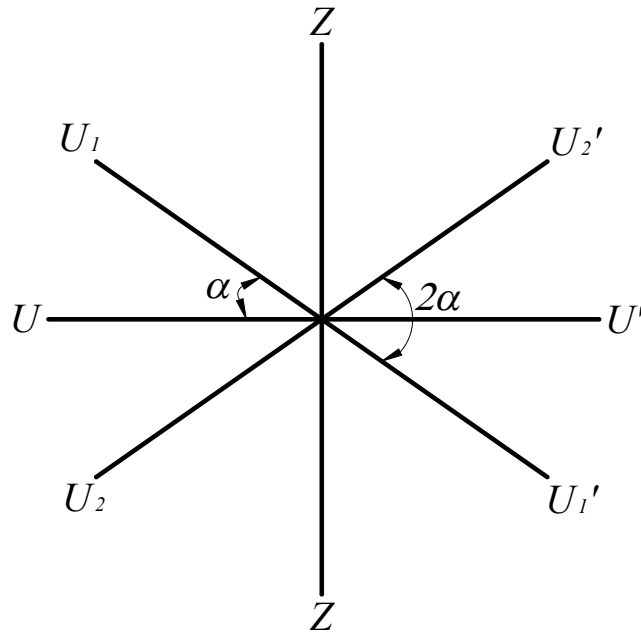


Рис.3.8.2 Перевірка рівня

Після перевірки і юстировки рівня знову виконують горизонтування лімба.

2.Вертикальна нитка сітки повинна знаходитись у вертикальній площині.

На відстані 5...10 м від теодоліта підвішують висок і візують на його нитку зорову трубу. Якщо вертикальна нитка сітки не збігається з зображенням нитки виска, то знімають ковпачок окуляра, ослаблюють на півоберта чотири гвинти, які скріплюють окулярну частину з корпусом труби, і повертають окулярну частину з сіткою ниток до збігання вертикальної нитки сітки з зображенням виска. Загвинчують гвинти і надягають ковпачок.

3.Візирна вісь повинна бути перпендикулярною до осі обертання зорової труби ($VV_1 \perp HH_1$).

Ця умова необхідна для того, щоб при обертанні труби візирна вісь описувала не конічні поверхні, а площину, яку називають колімаційною (від лат. *collinco* — «націлююсь», «спрямовую за прямою лінією»).

Уявімо, що візирна вісь VV_1 не перпендикулярна до осі обертання труби. Тоді при візуванні на віддалену точку М, розташовану приблизно на одному рівні з теодолітом, при КП (круг праворуч — положення вертикального круга теодоліта праворуч від спостерігача) на лімбі горизонтального круга відлік буде **R**, а при КЛ (круг ліворуч —

положення вертикального круга теодоліта ліворуч від спостерігача) — L (рис. 3.8.3). Різниця відліків:

$$L - R = 2C, \quad (3.8.1)$$

де C - кут, на який візирна вісь відхиляється від колімаційної площини; він називається колімаційною помилкою:

$$C = \frac{L - R}{2}. \quad (3.8.2)$$

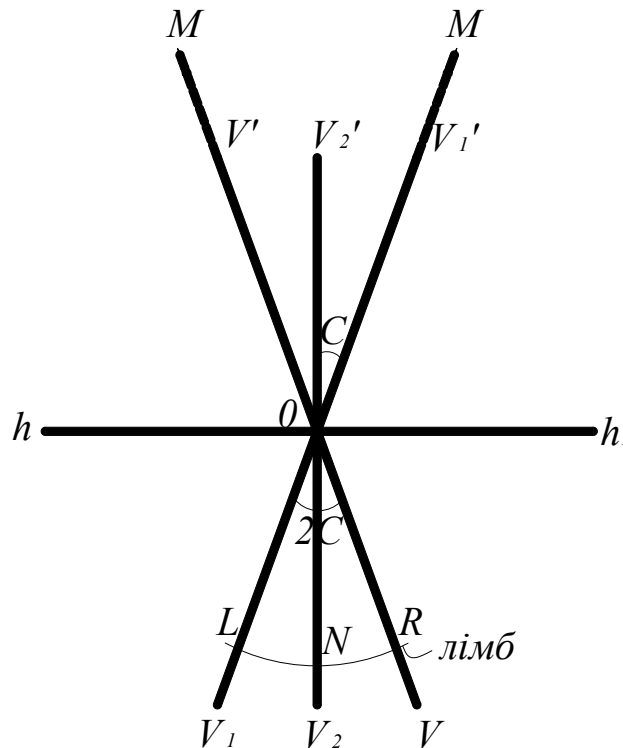


Рис.3.8.3 Перевірка колімаційної помилки

Величина колімаційної помилки не повинна перевищувати подвійну точність відлікового пристрою:

$$C \leq 2t, \quad (3.8.3)$$

Якщо $C > 2t$, то навідним гвинтом алідади установлюють на лімбі середній відлік:

$$\frac{R + L}{2} = L - C = R + C. \quad (3.8.4)$$

При цьому алідада з трубою повернеться на кут C , внаслідок чого зображення точки M у полі зору труби відхилиться від перетину ниток сітки (рис. 3.8.4). Діючи боковими виправними гвинтами сітки ниток,

пересувають сітку ниток до сполучення перетину ниток із зображенням точки М. Після юстирування рекомендується повторити перевірку.

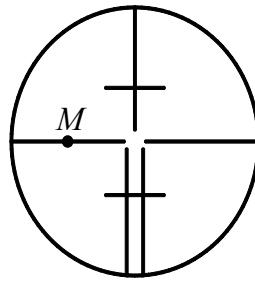


Рис.3.8.4 Виправлення колімаційної помилки

4. Вісь обертання зорової труби повинна бути перпендикулярна до осі обертання теодоліта ($HH_1 \perp ZZ_1$).

Для перевірки виконання цієї умови, перевіривши горизонтування лімба, наводять при КП перетин ниток сітки на високу точку А на стіні будинку (рис. 3.8.5).

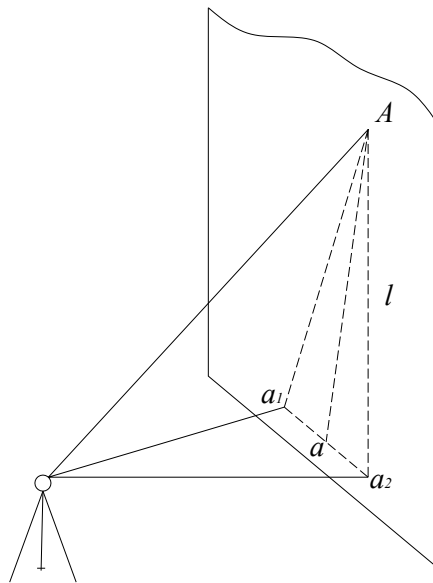


Рис.3.8.5 Перевірка рівності підставок

Нахиляючи трубу, проектують цю точку униз і відмічають її проекцію a_1 на стіні будинку. Переклавши трубу через *зеніт* (точка над головою спостерігача), наводять при КЛ перетин ниток сітки на ту ж точку А і аналогічно, проектуючи її униз, відмічають на стіні точку a_2 . Якщо точки a_1 і a_2 збігаються або відношення відрізка $\Delta l = a_2 - a_1$ до висоти l точки А над її проекцією Δl відповідає:

$$\frac{\Delta l}{l} \leq \frac{4\tau''}{\rho''}, \quad (3.8.5)$$

то умову виконано.

У формулі (3.8.5) τ'' — ціна поділки циліндричного рівня при алідаді горизонтального круга.

У теодолітів Т30, Т15 $\tau = 60''$. Тоді:

$$\frac{4\tau''}{\rho''} = \frac{4\tau''}{206265''} \approx \frac{1}{850} \quad (3.8.6)$$

Якщо ця умова не виконується, то теодоліт до роботи не придатний. Виявлений дефект виправляється на заводі або у спеціальній майстерні. Лише в теодоліті Т30 дефект виправляється повертанням ексцентрикової втулки *лагери* (з німецької — «ложе») горизонтальної осі за допомоги виправних гвинтів.

Окрім цих чотирьох перевірок, загальних для всіх технічних теодолітів, в оптичних теодолітах із шкаловим мікроскопом необхідно виконувати таку перевірку.

5. Величина однієї поділки лімба повинна дорівнювати довжині шкали відлікового мікроскопа.

Суміщаючи будь-який штрих лімба з нульовим штрихом шкали мікроскопа, знімають відлік з наступного штриха лімба. Різниця між відліченим значенням і номінальним (з лат. — «іменний»), тобто записаним на шкалі, називається *реном* (з англ.- «пробіг»).

Величину рена визначають не менше ніж за 12 суміщеннями на різних ділянках лімба.

Для виправлення рена мікроскопа необхідно зняти бічну кришку підставки, злегка ослабити гвинти нижнього блоку (для вертикального круга). Переміщуючи гвинти, а разом з ними і оправи з лінзами уздовж осі, змінюють збільшення мікроскопа, досягаючи збігання штрихів лімба із штрихами шкали. Виправлення починається з переміщення верхньої лінзи; при цьому порушується чіткість зображення і з'являється паралакс (з грецької — «відхилення»). Переміщенням нижньої лінзи установлюють чіткість зображення штрихів без помітного оком паралакса. Закінчивши установлення, закріплюють гвинти і знову перевіряють рен.

В сучасних оптичних теодолітах, в алідадній частині яких вмонтований оптичний висок, виконується перевірка виска.

6. Візирна вісь оптичного виска повинна збігатися з віссю обертання теодоліта.

Для виконання цієї перевірки на аркуші паперу, який кладеться під штатив, відмічають перетин ниток сітки виска. Потім повертають алідаду на 180° і знову відмічають на папері точку візирної лінії виска. Якщо одержані точки не збігаються, то з допомогою виправних гвинтів сітки ниток оптичного виска суміщують перетин ниток сітки з середньою точкою між відміченими на аркуші.

3.9 Вимірювання горизонтальних кутів

Після огляду теодоліта і виконання його перевірок можна приступати до кутомірних робіт.

Для вимірювання горизонтального кута ABC (див. рис 3.9.1) теодоліт установлюють у робоче положення, тобто центрують над вершиною кута B і горизонтують з допомогою рівня так, щоб вісь обертання теодоліта зайняла прямовисне положення і збіглась з вершиною кута B . Після цього вимірюють кут ABC .

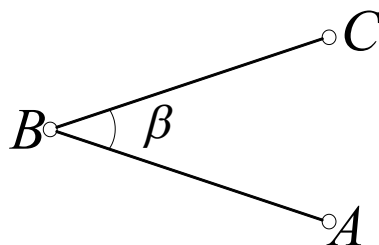


Рис.3.9.1 Горизонтальний кут ABC

Звичайно при зйомці вимірюють внутрішні (праві) кути, які лежать праворуч від спостерігача по точках ходу при вимірюванні кутів. А нумерація точок ходу завжди виконується за ходом годинникової стрілки. Тоді праву від станції B точку A називають задньою, а ліву C – передньою. Роботу на станції завжди починають при положенні вертикального круга праворуч від спостерігача (КП).

1.Спосіб прийомів. Це основний спосіб вимірювання одиночних горизонтальних кутів. При закріпленому лімбі наводять трубу на віху, встановлену на задній (правій відповідно станції) точці A . Закріпивши алідаду і трубу закріпними гвинтами, навідними гвинтами алідади і

труби, точно вводять основу віхи або кілочок в перетин ниток сітки. При цьому треба, щоб навідні гвинти працювали на вгвинчування, оскільки при вигвинчуванні розтягання пружини може бути стрибкоподібним, що є джерелом помилок. Знімають відлік a з горизонтального круга.

Потім, відкріпивши алідаду, наводять трубу на передню точку C і знімають відлік c . Оскільки оцифровка поділок на лімбі зростає за ходом годинникової стрілки, то градусна величина вимірюваного правого кута:

$$\beta = a - c. \quad (3.9.1)$$

Таке вимірювання кута називають *півприйомом при КП*. Для контролю лімб зміщують на $1^\circ \dots 2^\circ$, користуючись закріпним гвинтом лімба у підставці теодоліта, а для виключення колімаційної помилки і впливу ексцентриситету трубу переводять через зеніт. Повторюють вимірювання кута при КЛ.

Два напівприйоми складають **повний прийом**. Розходження результатів вимірювання кута між напівприйомами не повинно перевищувати $2t$ — подвійну точність відлікового пристрою. Якщо розходження допустиме, то з результатів напівприймів виводять середнє значення кута.

2.Спосіб повторень. Цей спосіб іноді застосовується для підвищення точності кінцевого результату шляхом зменшення помилок відліків. Суть його полягає у послідовному відкладанні на лімбі n разів величини вимірюваного кута β . Якщо b — початковий відлік з лімба при наведенні на передню точку, a — підсумковий відлік при наведенні на задню точку, то шуканий кут β обчислюється за формулою:

$$\beta = \frac{a - b}{n} \quad (3.9.2)$$

3.Спосіб кругових прийомів. Застосовується при вимірюванні кута між трьома і більше напрямками. Візують послідовно на всі напрями за ходом годинникової стрілки і знімають відліки. Останнє наведення роблять на початковий напрям, щоб переконатися в нерухомості лімба. Ці дії складають перший напівприйом.

У другому напівприйомі лімб зміщують приблизно на $1^{\circ}\dots 2^{\circ}$, переводять трубу через зеніт і послідовно візують на всі напрями, але в зворотному порядку — проти ходу годинникової стрілки.

4.Спосіб контролю і перенесення проекту. У разі недопустимої кутової нев'язки в теодолітному ході для відшукування кута, який містить помилку, застосовується спрощений спосіб відкладання вимірюваного кута на лімбі. Суміщують нулі лімба і алідади і повертанням лімба візують на передню точку. Закріпивши лімб, відкріплюють алідаду і, повертаючи її, візують на задню точку. Відлік на лімбі дорівнює величині вимірюваного кута.

Після цього знайдений помилковий кут вимірюється повторно способом прийомів.

Наведений спосіб застосовується в будівництві при планувально-розмічувальних і роботах при перенесенні на місцевість проектного кута.

3.10 Вимірювання вертикальних кутів

Кут ν , складений лінією візування з її проекцією на горизонтальну площину, називається *кутом нахилу*. Кути нахилу угору від горизонту вважають додатними, а униз — від'ємними.

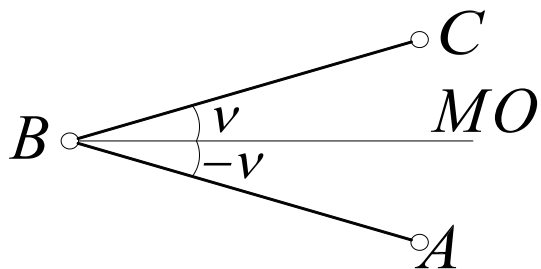


Рис.3.9.1 Вертикальний кут ABC

Вимірювання кутів, нахилу виконується за допомогою вертикального круга теодоліта. Відлік по вертикальному кругу, коли візирна вісь паралельна осі циліндричного рівня (тобто горизонтальна), називається **місцем нуля** — **МО**.

В теодоліті Т30 із штриховим мікроскопом поділки вертикального круга підписані проти ходу годинникової стрілки і через те, що відлік знімається з одного боку круга, формули для обчислення ν і МО мають вигляд:

$$v = \frac{KL - KP - 180^\circ}{2}; \quad (3.10.1)$$

$$MO = \frac{KP + KL + 180^\circ}{2}; \quad (3.10.2)$$

$$v = MO - KP - 180^\circ; \quad (3.10.3)$$

$$v = KL - MO. \quad (3.10.4)$$

У теодоліті 2Т30П із шкаловим мікроскопом ці ж формули мають вигляд:

$$v = \frac{KL - KP}{2}; \quad (3.10.5)$$

$$MO = \frac{KP + KL}{2}; \quad (3.10.6)$$

$$v = MO - KP; \quad (3.10.7)$$

$$v = KL - MO. \quad (3.10.8)$$

Для зручності обчислень вертикальних кутів місце нуля має бути близьким до нуля. Виконавши при КП і КЛ наведення горизонтальної нитки сітки труби на віддалену точку і знявши відліки, за формулою (3.10.2 або 3.10.6) обчислюють місце нуля. Якщо МО перевищує подвійну точність відлікового пристрою ($2t$), то навідним гвинтом труби устанавлюють на вертикальному крузі обчислене МО.

Виправлення МО виконують переміщенням за вертикаллю оправи сітки ниток. Ослаблюють один з бокових гвинтів сітки і, діючи вертикальними виправними гвинтами оправи сітки ниток, суміщують горизонтальну нитку сітки з зображенням спостережуваної точки. Після закріплення оправи сітки ниток перевірку повторюють.

Вертикальні кути, як правило, вимірюють при двох положеннях круга КП і КЛ. Правильність вимірювання вертикальних кутів контролюється постійністю МО, коливання якого в процесі вимірювань не повинно перевищувати подвійну точність відлікового пристрою.

4 ЛІНІЙНІ ВИМІРЮВАННЯ

4.1 Загальні відомості

Відстані між закріпленими на місцевості геодезичними пунктами визначають:

- безпосередніми вимірюваннями з допомогою рулеток, стрічок або дротів;
- з використанням віддалемірів;
- обчисленнями через інші виміряні величини, функціонально пов'язані з шуканою довжиною.

Останні два способи називають посередніми, або непрямыми. Рулетки і стрічки для безпосередніх вимірювань виготовляють із сталі, дроти — з інвару (сплаву з 64 % заліза і 36 % нікелю). Інвар має дуже малий температурний коефіцієнт лінійного розширення. Сталевими мірними приладами вимірюють відстані з відносною похибкою 1:1000 — 1:25000, інварними — 1:25000 — 1:1000000.

Для забезпечення видимості між точками на них установлюють пофарбовані у червоний і білий кольори (перемінні через 20 см) віхи довжиною 2...2,5 м з металевими наконечниками).

Якщо лінія, що підлягає вимірюванню, дуже довга, то її необхідно спочатку провісити. Провішуванням лінії називається установлення віх у одній вертикальній площині, яка проходить через кінцеві точки цієї лінії. Таку вертикальну площину називають *створом*. Провішування ліній може виконуватись на око або з допомогою теодоліта. Якщо є взаємна видимість між точками *A* і *B* (рис. 4.1.1), то спостерігач стає на продовженні лінії *AB* у кількох метрах від віхи *A* чи *B*. Робітник за його вказівкою виставляє віхи 1-3 тощо, так, щоб вони знаходились у створі лінії *AB*.

Якщо лінію провішують приладом, то після установлення теодоліта над точкою *A* візують трубу в точку *B*, і робітник за вказівкою спостерігача виставляє віхи так, щоб на них проектувалась вертикальна нитка сітки зорової труби. У наш час для вимірювання відстаней широко застосовуються оптичні віддалеміри (нитковий), світло- і радіовіддалеміри та електронні тахеометри і лазерні рулетки.

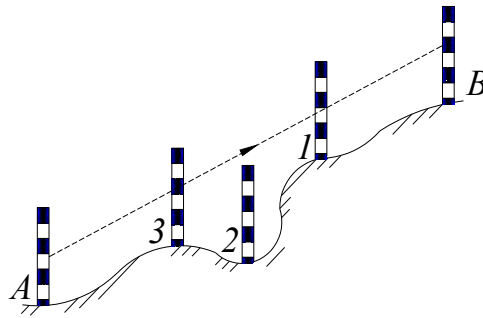


Рис.4.1.1 Провішування лінії

Відносна похибка визначення відстані нитковим оптичним віддалеміром складає 1:300, а світло- і радіовіддалемірами та електронними тахеометрами – 1:10000 — 1:12500000 та вище.

4.2 Безпосередні лінійні вимірювання

Для різних вимірювань і розмічувальних робіт на будівельному майданчику застосовують землемірні стрічки із шпильками. Стрічки виготовляють довжиною 20, 24, 50 м із сталевієї полоси шириною 20...25 мм і товщиною 0,4...0,6 мм. Стрічка розділена на дециметри, позначені невеликими отворами. Півметри позначені заклепками, а метрові поділки — латунними пластинками з цифрами числа метрів від початку стрічки. Початок і кінець стрічки позначені штрихами на ручках з вирізами для шпильок (рис. 4.2.1). У комплект мірної стрічки входять: стрічка, кільце для її намотування, 6 чи 11 шпильок на дротяному кільці для фіксування кінців стрічки при вкладаннях у вимірювальному створі лінії.

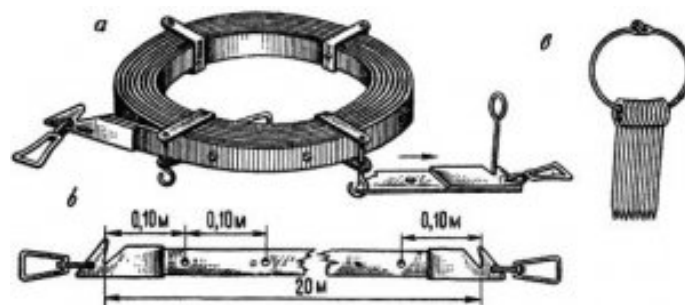


Рис.4.2.1 Землемірні стрічки і шпильки:

а) вигляд при зберіганні; б) штрихова; в) комплект шпильок

Для вимірювання ліній з підвищеною точністю використовують і стрічки довжиною 20, 24, 50 м, які мають біля початкового і кінцевого штрихів шкали з сантиметровими і міліметровими поділками. Довжина

шкалової стрічки дорівнює відстані між нульовими штрихами на кінцях стрічки. При вимірюванні відстаней стрічки кладуть на поверхню землі.

У будівельній практиці для вимірювання ліній на конструкціях споруд і на місцевості більш широке застосування знаходять сталеві рулетки довжиною 10, 20, 50, 100 м (рис. 4.2.2). Полотно рулеток довжиною 10, 20 м прикріплене до осі футляра, в якому вміщується рулетка в неробочому стані. Полотно рулетки довжиною 50, 100 м прикріплене до осі хрестовини з ручкою для змотування рулетки. Полотно рулетки має сантиметрові поділки, а перший метр — міліметрові. Для вимірювання рулетку натягують рукою, а при дуже точних вимірюваннях — за допомогою пружинного динамометра силою 10 кг. Бувають рулетки з прикріпленим динамометром.

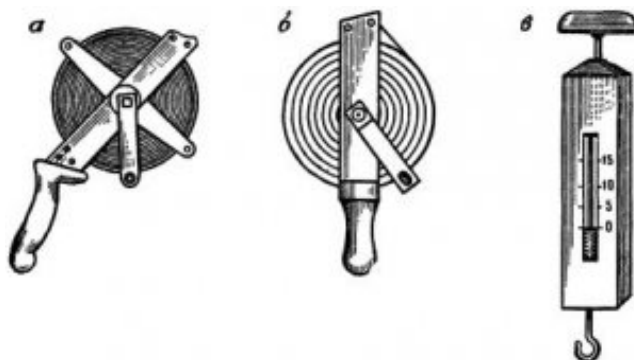


Рис. 4.2.2 Сталеві рулетки:

а) РК-50; б) РВ-30; в) пружинний динамометр

Мірні прилади змінюють свою довжину із зміною температури. Фактична довжина мірного приладу при температурі t :

$$l_0 = l_H + \Delta l_K + \alpha l_H (t - t_0), \quad (4.2.1)$$

де Δl_K — поправка до номінальної довжини l_H приладу за компарування (компарування — це процес порівняння робочого мірного приладу з еталоном);

t_0 — температура при компаруванні;

α — коефіцієнт лінійного розширення матеріалу мірного приладу, для сталі $\alpha = 12.5 \cdot 10^{-6}$.

Рівняння для визначення довжини сталеві 20-метрової стрічки, прокомпонованої при $t_0 = 20^\circ \text{C}$, має вигляд:

$$l_0 = 20.000 + \Delta l_K + 0.0000125(t - 20^\circ \text{C}). \quad (4.2.2)$$

Поправку мірного приладу за компарування визначають як різницю дійсної довжини l_0 мірного приладу, визначеної за еталоном, і номінальної довжини цього приладу l_H .

$$\Delta l_K = l_0 - l_H, \quad (4.2.3)$$

Наприклад, для 20-метрової стрічки формула (4.2.3) набуває вигляду:

$$\Delta l_K = l_0 - 20.000, \quad (4.2.4)$$

Компарування мірних приладів в умовах будівельного майданчика виконується на польовому компараторі. На рівному майданчику з твердим ґрунтом або покритому асфальтом відкладають 120 м. Кінці цього базису закріплюють металевими штирями з насічками на торцях. Довжина польового компаратора D_K визначається з точністю в 3-5 разів вищою за точність перевіряемого приладу. Після багаторазових вимірювань довжини D_0 компаратора робочим приладом визначають поправку в довжину робочого приладу за компарування

$$\Delta l_K = \frac{D_K - D_0}{n}, \quad (4.2.5)$$

де $n = \frac{D_0}{l_0}$ — кількість відкладань робочого приладу на компараторі.

Іноді на будівельних майданчиках доводиться вимірювати лінії, довжина яких менша від довжини мірного приладу, наприклад будівельні конструкції. В цьому разі визначають поправки кожного метра. Довжину метрової поділки порівнюють з контрольним метром — спеціальною металевою лінійкою, найменша поділка якої дорівнює 0,2 мм. Відлічують ці поділки за допомогою лупи.

Результати компарування записують у паспорт мірного приладу, а для рулеток, які використовуються на будівельних об'єктах, складають таблицю поправок у метрові поділки.

До початку вимірювань на вимірюваних лініях створюють сприятливі умови: провішують лінії, вирівнюють ґрунт по створу і прибирають перепони, що знаходяться в створі.

Вимірювання лінії мірною стрічкою виконують двоє робітників у такій послідовності. Задній прикладає нуль стрічки до початкової точки і закріплює стрічку шпилькою. Передній за командою заднього укладає

стрічку в створі, натягує її і вставляє у виріз шпильку. Далі стрічку знімають зі шпильок, при цьому задній робітник витягає шпильку із землі. Стрічку тягнуть за створом, і, дійшовши до кінцевої точки, задній робітник вводить шпильку у виріз стрічки. Передній укладає стрічку у створі і вставляє у виріз шпильку. Коли весь комплект шпильок у першого робітника витрачено, задній передає йому зібрані 5 чи 10 шпильок. Передачу фіксують у журналі вимірювань.

У кінці лінії між останньою шпилькою і кінцевою точкою лінії вимірюють залишок r . Довжину лінії обчислюють за формулою

$$D = nl + r, \quad (4.2.6)$$

де n — кількість відкладень стрічки у вимірній лінії.

При вимірюванні ліній рулетками кінцеві штрихи приладу фіксуються на місцевості тонкими цвяхами, а на твердому покритті доріг — рисками.

Лінії вимірюють двічі у прямому і зворотному напрямках, а за кінцевий результат приймають середнє:

$$D = \frac{D_{np} + D_{ze}}{2}, \quad (4.2.7)$$

У виміряну довжину D вводять поправки за комларування і температуру і обчислюють виправлене значення

$$D_s = D + \frac{D}{l_H} [\Delta l_K + 0,0000125(t - 20^\circ\text{C})], \quad (4.2.8)$$

Таким чином, якщо фактична довжина стрічки менша від номінальної, то Δl_K має знак «-», поправка буде від'ємною і пропорційною кількості стрічок у вимірюваній лінії. Дійсно, більш коротка за номінальну стрічка більшу кількість разів укладеться у вимірюваній лінії, і, таким чином, результат вимірювання буде збільшеним. А якщо стрічка довша за номінальну, то в результаті вимірювань одержують зменшене значення довжини лінії і поправка має бути додатною, що й видно з формули (4.2.8).

Для ліній, кут нахилу ν яких до горизонту більший за 2° , обчислюють їх горизонтальні проекції

$$d = D_s \cos \nu, \quad (4.2.9)$$

Для спрощення обчислень у результат вимірювань вводять поправку за ухил

$$\Delta D = d - D_g = -D_g(1 - \cos v) = -2D \sin^2 \frac{v}{2}, \quad (4.2.10)$$

Остаточно довжину горизонтальної проекції вимірюваної лінії обчислюють за формулою

$$d = \left[D + \frac{D}{l_H} \Delta l_K + \frac{D}{l_H} 0.0000125(t - 20^\circ\text{C}) \right] \cos v, \quad (4.2.11)$$

Точність вимірювання ліній мірними стрічками характеризується такими відносними похибками:

- 1:3000 — за сприятливих умов вимірювань (рівна місцевість, твердий сухий ґрунт);
- 1:2000 — за звичайних умов вимірювань;
- 1:1000 — за несприятливих умов вимірювання (пересічена місцевість, мілкий чагарник, висока трава та інше).

4.3 Віддалеміри

Безпосереднє вимірювання ліній точне і зручне, коли вимірюваний відрізок не перевищує довжини мірного приладу. Інакше знижуються швидкість і точність вимірювань; чим довша лінія, тим більше робиться укладань мірного приладу у створі вимірюваної лінії. Крім того, поверхня для укладання мірного приладу негладка, а вимірювання у всякому стані незручні. Тому часто використовують посередні способи визначення відстаней як функцій деяких вимірювальних аргументів. Так, принцип вимірювання лінії оптичним віддалеміром ґрунтується на визначенні відстані D з прямокутного трикутника (рис.4.3.1) з відомими малим паралактичним кутом β і протилежною йому стороною b (базисом):

$$D = b \cdot \operatorname{ctg} \beta. \quad (4.3.1)$$

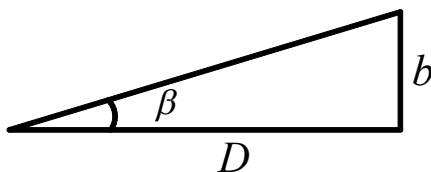


Рис. 4.3.1 Паралактичний трикутник

Для спрощення вимірювань одну з величин трикутника приймають сталою, а другу вимірюють. Якщо сталий базис b , а вимірюють кут β , то це *віддалемір із сталим базисом і змінним кутом*. Якщо кут постійний, а базис вимірюється, то це *віддалемір із змінним базисом і сталим кутом*. Найбільш поширений віддалемір останнього типу – нитковий віддалемір геодезичних приладів (теодолітів, нівелірів), які використовуються на будівельному майданчику.



Рис. 4.3.2 Нівелірна рейка

Нитковий віддалемір складається з двох горизонтальних ниток (рис. 3.2.2, 3.3.4), паралельних середній нитці сітки зорової труби теодоліта чи нівеліра. Для вимірювання лінії на її кінцевих точках встановлюють прилад і вертикальну рейку із сантиметровими поділками (рис. 4.3.2). При горизонтальному положенні візирної осі промені від віддалемірних ниток a і b пройдуть крізь об'єктив і передній фокус F і перетнуть рейку в точках A і B (рис. 4.3.3).


$$D' = n \frac{f}{P}, \quad (4.3.2)$$

Відношення

$$\frac{f}{p} = K, \quad (4.3.3)$$

З рис. 4.3.3 видно, що

$$D = D' + f + \delta, \quad (4.3.4)$$

$$c = f + \delta \quad (4.3.5)$$
$$D = D' = Kn. \quad (4.3.6)$$

Формулу (4.3.6) одержано для випадку, коли рейку розміщено перпендикулярно до візирної осі. При вимірюваннях на місцевості ця умова порушується, оскільки при похилому положенні візирної осі

рейку встановлюють вертикально (рис. 4.3.4) і замість правильного відліку $M'N' = n'$ візьмуть відлік $MN = n$. Ці величини зв'язані відношенням

$$n' = n \cdot \cos v. \quad (4.3.7)$$

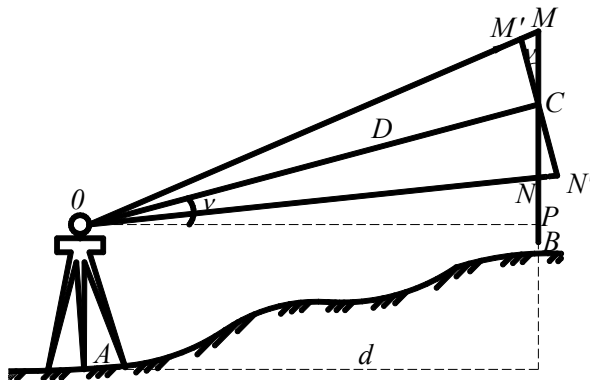


Рис. 4.3.4 Вимірювання відстані нитковим віддалеміром

Підставляючи значення n' у формулу (4.3.6), отримаємо

$$D = Kn' + c = Kn \cos v + c. \quad (4.3.8)$$

Шукана ж горизонтальна проекція

$$d = D \cos v. \quad (4.3.9)$$

Отже

$$d = Kn \cos^2 v + c \cos v \approx (Kn + c) \cos^2 v, \quad (4.3.10)$$

Точність визначення відстані нитковим віддалеміром значно нижча за точність визначення відстані стрічкою. Відносна похибка дорівнює в середньому 1:300.

В останні десятиріччя у практиці геодезичних робіт поширилося застосування світло- і радіовіддалемірів. Світловіддалеміром визначають відстань між пунктами A і B , вимірюючи час проходження світла між цими пунктами (рис. 4.3.5).

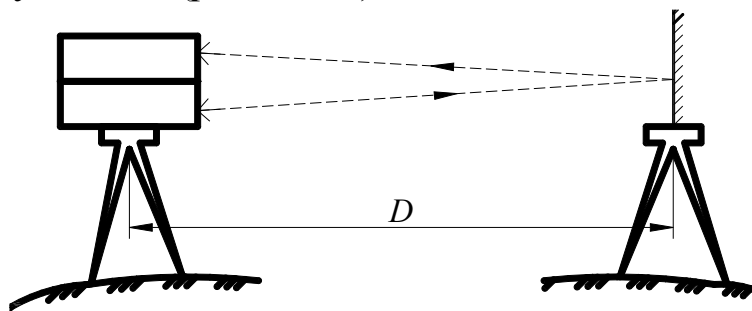


Рис. 4.3.5 Схема вимірювання відстані світловіддалеміром:

1 – приймач; 2 – передавач; 3 - відображувач

Знаючи швидкість V поширення світла і час t , витрачений променем світла на подолання відстані від A до B і зворотно, відстань обчислюють за формулою

$$D = \frac{Vt}{2}. \quad (4.3.11)$$

Проте у зв'язку з тим, що швидкість світла дуже велика, час на проходження його променя між пунктами обчислюється десятитисячними частками секунди. Оскільки точне вимірювання таких часток часу забезпечити неможливо, то застосовують непрямі способи вимірювання часу, у зв'язку з чим світловіддалеміри поділяють на два типи: імпульсні й фазові.

В імпульсних світловіддалемірах світловий промінь з пункту A виходить переривчастим (від імпульсної лампи) і після відбивання в пункті B повертається знову до пункту A і сприймається фотоелементом світловіддалеміра. Різниця часу між багатьма імпульсами (спалахами), посланими і прийнятими, поділена на їх кількість, дає час t . Прилад визначає відстань у лінійній мірі. Але імпульсні світловіддалеміри відзначаються порівняно низькою точністю вимірювання відстаней, що заважає їх широкому застосуванню у практиці інженерно-геодезичних робіт.

У фазових світловіддалемірах світловий промінь також переривчастий – його інтенсивність змінюється з певною частотою, тобто світло модулюють. При вимірюванні визначають число хвиль модуляції світлового потоку, яке вкладається в подвійну відстань між пунктами A і B . Найбільше застосування у практиці інженерно-геодезичних робіт знаходять фазові світловіддалеміри з фіксованими частотами модуляції:

- СГ – геодезичні, для вимірювання відстаней до 15-20 км з точністю $\pm(10 \text{ мм} + 2 \text{ мм на } 1 \text{ км відстані})$;

- СТ – топографічні, для вимірювання відстаней до 15 км з похибкою до 2-х см;

- СТД – топографічні, що працюють за дифузним відбиттям і вимірюють відстані до предметів без відбивача, використовуючи відбивні властивості самих предметів;

– СП – підвищеної та найвищої точності для вимірювання відстані 0,3-5 км з похибкою 2 мм і менше.

Після цих букв додаються цифри, що вказують на дальність дії приладу. В Україні широко використовують світловіддалеміри

– СТ-5 «Блеск» (рис.4.3.6) з точністю вимірювання відстаней $\pm(10\text{мм} + 5\text{ мм/км})$;

– 2 СТ-10 – з точністю вимірювання ліній $\pm(5\text{ мм} + 5D)$, де D – відстань, км.

В інженерній геодезії використовують високоточні світловіддалеміри «Топаз СП-22», СП-03 (ДК-001) з точністю вимірювань $(1+D, \text{км})$ мм і $(0,8+1,5D, \text{км})$ мм відповідно (РФ).



Рис. 4.3.6 Світловіддалемір СТ-5 «Блеск»

Для вимірювання відстаней до 50-150 м з похибкою 2...3 мм на будівельних майданчиках і у приміщеннях використовують лазерні рулетки (рис.4.3.7), які не потребують відбивача. Ними досить зручно і високоефективно проводити виконавчі знімання приміщень, вимірювати відстані між змонтованими елементами конструкцій тощо.

Довжини ліній ефективно вимірювати сучасними електронними тахеометрами (див. п.6.1). Вони забезпечують вимірювання відстаней від декількох до сотен метрів і декількох кілометрів з високою точністю. В інженерно-будівельній справі застосовують електронні тахеометри, які забезпечують точні лінійні вимірювання у межах 1...10км.

Радіовіддалеміри працюють за таким самим принципом, що і світловіддалеміри, тільки замість світлових хвиль використовують радіохвилі. Вони мають великі розміри і масу. Сьогодні найпоширеніший радіовіддалемір геодезичний – РДГ, який дозволяє

вимірювати відстані від 200 м до 30 км з точністю 5...14 см залежно від відстані.



Рис. 4.3.7 Лазерні рулетки

4.4 Посередні способи лінійних вимірювань

Якщо на місцевості зустрічаються лінії, які перетинають перепони (ріки, яри, будівлі тощо) і неприступні для безпосереднього вимірювання, або відсутні точні прилади лінійних вимірювань. Такі лінії називаються **неприступними відстанями** і їх визначають *посереднім, або непрямым, способом*. Для цього вимірюють будь-які інші величини, функціонально пов'язані з шуканою довжиною. Наприклад, якщо лінію AB безпосередньо виміряти неможливо (рис.4.4.1), то на місцевості розбивають і вимірюють базиси $b_1=AD$, $b_2=AC$ і кути $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$. Розв'язуючи трикутники ABD і ABC за теоремою синусів, визначаємо відстані

$$D' = b_1 \frac{\sin \beta_1}{\sin(\beta_1 + \beta_2)}; D'' = b_2 \frac{\sin \beta_3}{\sin(\beta_3 + \beta_4)}. \quad (4.4.1)$$

Різниця між двома значеннями сторони AB не повинна перевищувати 1/1000 її довжини. А шукана довжина AB

$$D = \frac{D' + D''}{2}. \quad (4.4.2)$$

Точність визначення неприступних відстаней багато в чому залежить від форми трикутників. Найкращими вважаються рівнобічні трикутники.

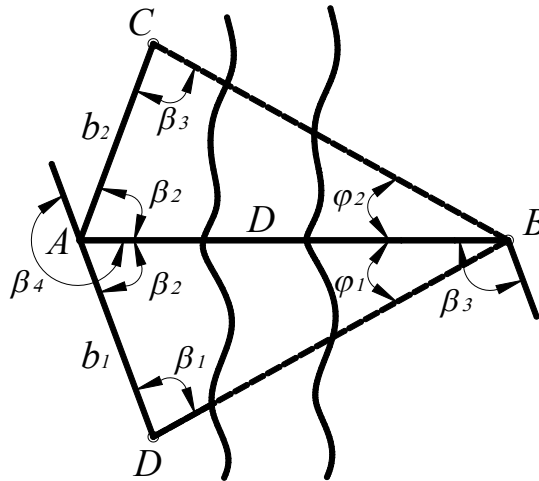


Рис. 4.4.1 Визначення неприступної відстані

Якщо по лінії AB (рис.4.4.2) відсутня видимість і неможливо визначити кути в точках A і B , то вимірюють довжини сторін a , b і кут β :

$$D = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \beta}. \quad (4.4.3)$$

Найсприятливішим вважається варіант, коли $a = b$, а кут β близький до 90° .

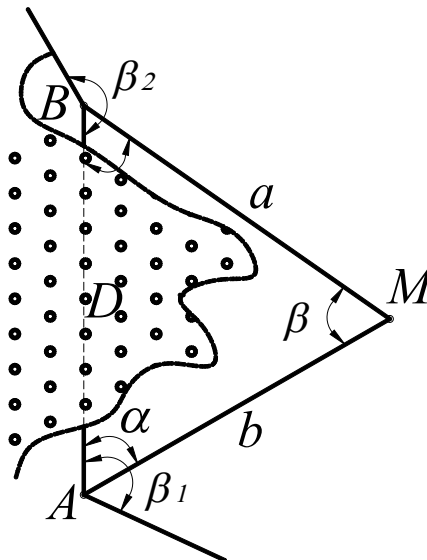


Рис. 4.4.2 Визначення відстані при відсутності видимості

На практиці доводиться зустрічатися з різноманітним поєднанням вимірюваних і обчислюваних елементів трикутників.

5 НІВЕЛЮВАННЯ

5.1 Суть геометричного нівелювання

Нівелювання (з французької — «вирівнювати») — це вимірювання перевищень між точками на місцевості і визначення висот цих точок. У процесі нівелювання вимірюють перевищення одних точок земної поверхні над іншими, а потім за відомою висотою вихідної точки обчислюють позначки всіх інших точок над прийнятою за відлікову рівневою поверхнею, наприклад абсолютних позначок H , тобто позначок над основною рівневою поверхнею, що проходить через нуль Кронштадтського футштока.

Із багатьох існуючих методів нівелювання в будівництві застосовуються лише геометричне, тригонометричне і гідростатичне, які тут і розглянемо.

Основний метод нівелювання — **геометричний** — виконується горизонтальним візирним променем з допомогою нівеліра. Розрізняють два способи геометричного нівелювання: *із середини і вперед*.

Геометричне нівелювання із середини

Для визначення перевищення точки B над точкою A (рис. 5.1. 1) геометричним нівелюванням із середини на цих точках установлюють вертикально рейки, а між ними — посередині (на однаковій відстані від рейок) — нівелір.

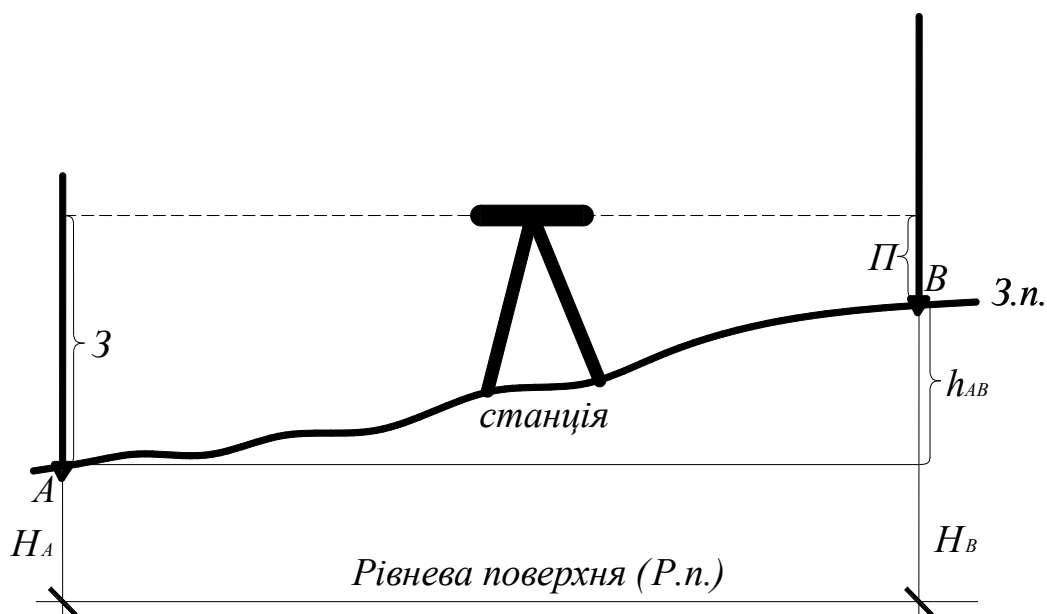


Рис. 5.1. 1 Нівелювання із середини

Оскільки визначається висота точки B відносно відомої висоти точки A , тобто нівелювання ведеться у напрямі точки B , то вона вважається передньою, а точка A — задньою. Послідовно візуючи середню горизонтальну нитку зорової труби на задню і передню рейки, беруть відліки $З$ і $П$. З рис. 5.1. 1 видно, що перевищення дорівнює відліку по задній рейці мінус відлік по передній рейці:

$$h = З - П, \quad (5.1.1)$$

а висота точки B

$$H_B = H_A + h. \quad (5.1.2)$$

Ці формули дійсні і для випадку, коли точка B нижча за точку A . Тоді передній відлік $П$ буде більшим за задній $З$, і перевищення буде від'ємним.

Часто точка B з шуканою висотою знаходиться на значній відстані від точки A з відомою висотою, і визначити перевищення між точками з однієї станції неможливо. У цьому випадку доводиться прокладати **нівелірний хід** (рис. 5.1.2). Лінію AB розбивають на частини і нівелюють їх послідовно. Спочатку на станції ст.1 визначають перевищення точки 1 над точкою A :

$$h_1 = З_1 - П_1, \quad (5.1.3)$$

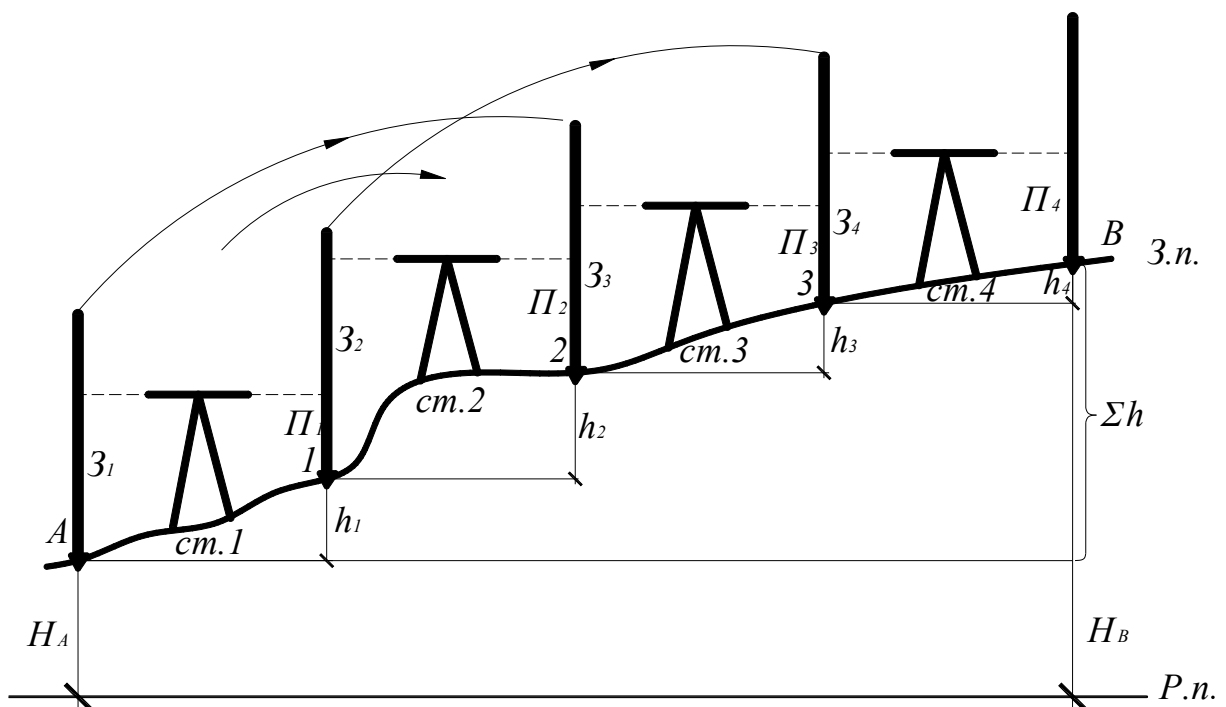


Рис. 5.1. 2 Нівелірний хід

Далі переносять нівелір на станцію ст.2, а задню рейку з точки A в точку 2, де вона стає вже передньою і, знявши відліки, обчислюють перевищення точки 2 над точкою 1:

$$h_2 = \mathcal{Z}_2 - \Pi_2, \quad (5.1.4)$$

Аналогічно переставляючи нівелір і рейки далі, прокладають нівелірний хід, в якому через точки 1,2 тощо послідовно передають висоти. Ці точки називаються зв'язуючими. Загальне перевищення між точками A і B буде дорівнювати сумі перевищень:

$$h = h_1 + h_2 + \dots = \sum h. \quad (5.1.5)$$

А шукана висота точки B

$$H_B = H_A + h = H_A + \sum h. \quad (5.1.6)$$

Нівелювання вперед (через горизонт інструмента)

У практиці інженерно-геодезичних робіт на будівельному майданчику часто виникає можливість з однієї станції визначити висоти багатьох точок, наприклад при планувально-розмічувальних роботах. В цьому випадку застосовують найпоширеніший у будівництві спосіб нівелювання – *вперед* – або *через горизонт інструмента* (рис.5.1.3).

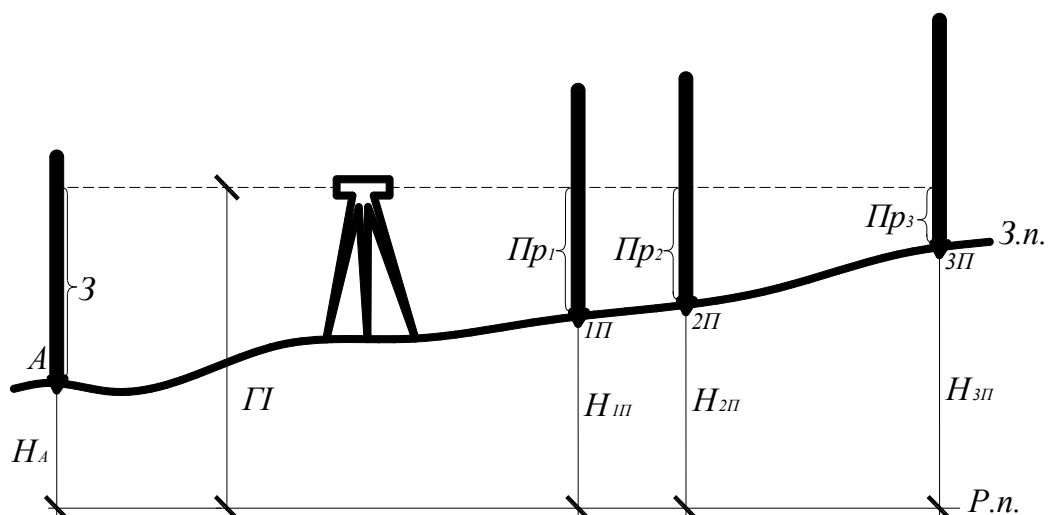


Рис. 5.1.3 Нівелювання вперед (через горизонт інструмента)

Нехай висота точки A відома, а позначки точок $1n, 2n, 3n$ — так званих проміжних точок — треба визначити. Спочатку визначають позначку візирної осі інструмента — *горизонт інструмента*

$$GI = H_A + 3. \quad (5.1.7)$$

Далі, знімаючи відліки $Pr1, Pr2, Pr3$ по рейках, встановлюваних у проміжних точках $1n, 2n, 3n$, визначають позначки цих точок через горизонт інструмента за формулою

$$H_i = GI - Pr_i. \quad (5.1.8)$$

де Pr_i — відлік по рейці на проміжній точці i .

Узагальнюючи дуже важливі поняття про нівелірні точки, можна сказати, що *зв'язуючими* є точки, загальні для двох суміжних станцій та початкова і кінцева точки ходу, а всі інші — *проміжними*.

При розгляданні принципу геометричного нівелювання припускалось, що рівнева поверхня горизонтальна. Це припущення справедливе для невеликих ділянок місцевості. В дійсності ж *рівневі поверхні* — сферичні, а *горизонтальні*, дотичні до них, — візирні промені (рис. 5.1.2.2).

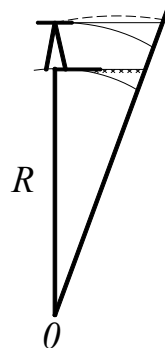


Рис. 5.1.4 До похибки за викривлення Землі і рефракцію

У відлік по рейці входить похибка за викривлення Землі. Крім того, візирний промінь, проходячи через шари атмосфери різної щільності, заломлюється і є рефракційною кривою, звернутою угнутістю, як і закривлення Землі, до її поверхні. Розрахунки показують, що сумарна похибка за викривлення Землі і рефракцію при відстані між нівеліром і рейкою 100 м досягає 0,7 мм. Але, оскільки при нівелюванні з середини перевищення визначається як різниця відліків по рейках, то ця похибка знищується і в перевищенні відсутня. Тому точне нівелювання на значних відстанях можливе лише з середини.

5.2 Прилади та обладнання для геометричного нівелювання

Державним стандартом передбачено випуск трьох типів нівелірів: високоточних Н-05, точних Н-3, технічних Н-10. Число в шифрі нівеліра означає припустиму середню квадратичну похибку нівелювання на 1 км подвійного нівелірного ходу. Нівеліри всіх типів випускаються в двох виконаннях: з рівнем біля зорової труби і з компенсатором кутів нахилу. У нівеліра з компенсатором до шифру нівеліра додається буква К, наприклад Н-3К. Частина моделей нівелірів Н-3 і Н-10 випускається з лімбами для вимірювання горизонтальних кутів. В цьому разі до шифру додається буква Л, наприклад Н-3Л, Н-10КЛ.

Нівелір Н-3 (рис.5.2.1) має збільшення зорової труби $30\times$, ціну поділки циліндричного контактного рівня $15''$ на 2 мм.

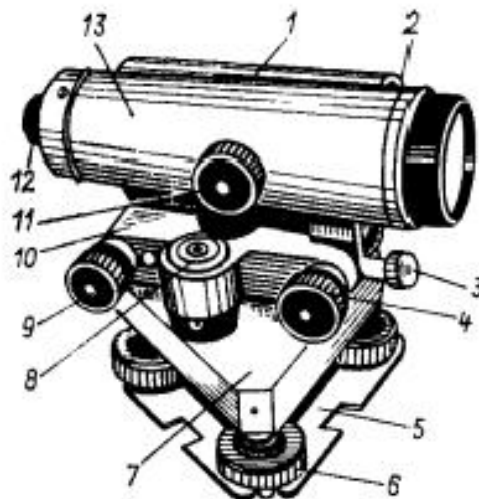


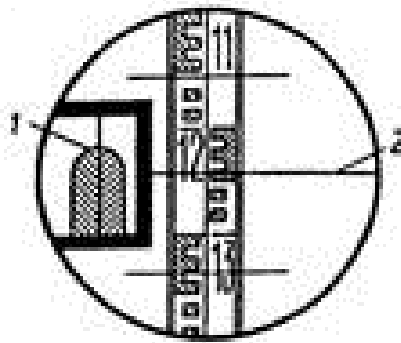
Рис. 5.2.1 Нівелір Н-3:

- 1 – циліндричний рівень; 2 – мушка; 3 – закріпний гвинт;
4 – навідний гвинт; 5 – пружна пластинка; 6 – підйомні гвинти; 7 – підставка;
8 – коловий рівень; 9 – елеваційний гвинт; 10 – опорна площадка;
11 – кремальєра; 12 – кільце окуляра; 13 – зорова труба

Для роботи нівелір установлюють на штативі і закріплюють становим гвинтом. Підйомними гвинтами 6, що спираються на пружну пластину 5 з різьбовим отвором для вгвинчування станового гвинта, приводиться на середину коловий рівень 8 з ціною поділки $10'$ на 2 мм, завдяки чому вісь обертання нівеліра ZZ займає наближене прямовисне положення. Мушкою 2 нівелір наближено наводиться на рейку і

закріплюється закріпним гвинтом 3. Після цього навідним гвинтом 4 вертикальна нитка точно наводиться на рейку (рис.5.2.2). Чітке зображення рейки в полі зору труби досягається поворотом кремальєри 11, а чітке зображення сітки ниток — поворотом окулярного кільця 12. Точне приведення візирної осі в горизонтальне положення виконують еліваційним гвинтом 9 по циліндричному контактному рівню 1, який міститься в корпусі.

Над рівнем розташований призмовий пристрій, який передає зображення бульбашки рівня в поле зору труби (див. рис. 5.2.2). Якщо зображення кінців половинок бульбашки збігаються в овал в контакті, то бульбашка знаходиться в нуль-пункті і можна знімати відлік по рейці. Найменша відстань візування — 2м, що забезпечує роботу в ускладнених умовах будівельного майданчика.



*Рис. 5.2.2 Поле зору нівеліра Н-3,
відлік по чорній стороні рейки 1244 мм:*

1-бульбашки контактного рівня; 2 – горизонтальна нитка сітки ниток

Нівелір Н-ЗКЛ (рис. 5.2.3) має компенсатор для приведення візирної осі в горизонтальне положення. Верхню призму компенсатора закріплено нерухомо, а нижню підвішено на чотирьох сталевих нитках, вона надає візирному променю горизонтальне положення. Час затухання коливань підвісної системи — не більше 2с. Наближене наведення візирного променя нівеліра на рейку здійснюється рукою, а точне — поворотом нескінченного навідного гвинта 1. Наявність компенсатора значно підвищує продуктивність праці, тому що лінія візування встановлюється в горизонтальне положення автоматично.

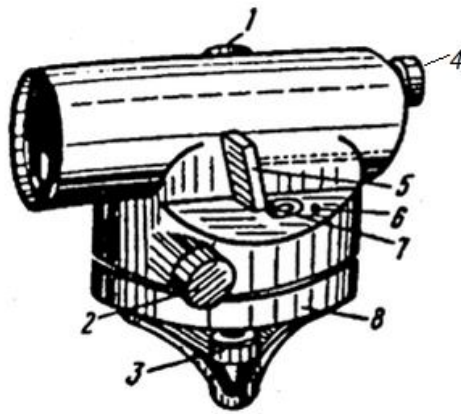


Рис. 5.2.3 Нівелір Н-ЗКЛ:

- 1 - кремальєра; 2 - головка навідного гвинта; 3 - підйомний гвинт; 4 - окуляр;
5 - дзеркало колового рівня;
6 - виправний гвинт круглого рівня; 7 - круглий рівень; 8 - лімб

Нівелір Н-10КЛ (рис. 5.2.4) складається з двох основних частин: нижньої нерухомої частини з трьома підйомними гвинтами і верхньої з зоровою трубою, наведення якої на рейку здійснюється відносно нижньої частини з вмонтованим лімбом горизонтального круга і поділками через 1° .

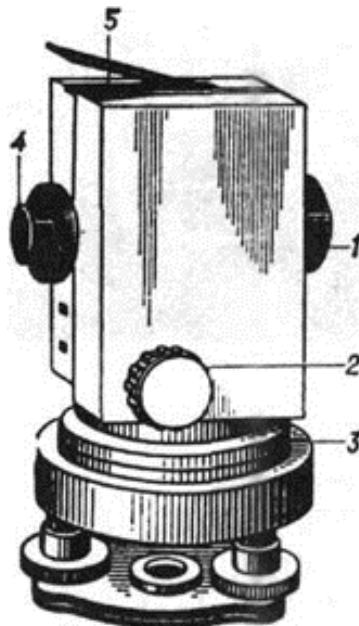


Рис. 5.2.4 Нівелір Н-10КЛ:

- 1 - об'єктив зорової труби; 2 - гвинт фокусування труби;
3 - горизонтальний круг; 4 - окуляр зорової труби; 5 - коловий рівень

При нівелюванні будівельники застосовують нівелірні рейки типу РН-3, РН-10. Вони виготовляються з дерев'яних брусків товщиною 2...3 см, довжиною 3 і 4 м, складні. Для контролю відліків на рейках

наносять: з одного боку — основну шкалу (чорну), з другого — додаткову шкалу (червону) (рис.5.2.2). Чорна сторона містить змінні чорні і білі сантиметрові поділки-шашки, а червона сторона — червоні і білі.

Нижню частину рейки, замкнену в металеве окуття, називають п'яткою рейки і з нею збігається нуль основної шкали. На додатковій шкалі початковий відлік виражається яким-небудь довільним числом, часто 4687 мм. Завдяки цьому відліки по двох сторонах однієї рейки не можуть бути однаковими, а різняться на сталу величину. Це дозволяє контролювати відліки по рейках. Кожен дециметр рейки підписаний перевернутими цифрами, а в трубі нівеліра видно їх пряме зображення. Перші п'ять шашок кожного дециметра об'єднані на зразок букви Е, що значно полегшує зняття відліка (рис.5.2.2). До початку роботи треба переконатись в однаковості початкових відліків по червоних сторонах обох робочих рейок.

Під час роботи рейки ставлять або на металеві башмаки, які переносять разом з рейками і вдавлюють у ґрунт для забезпечення їх нерухомості, або на вбиті в землю чи покриття дерев'яні кілочки, цвяхи, залізничні костилі, якими закріплюють геодезичні точки (рис. 5.2.5).

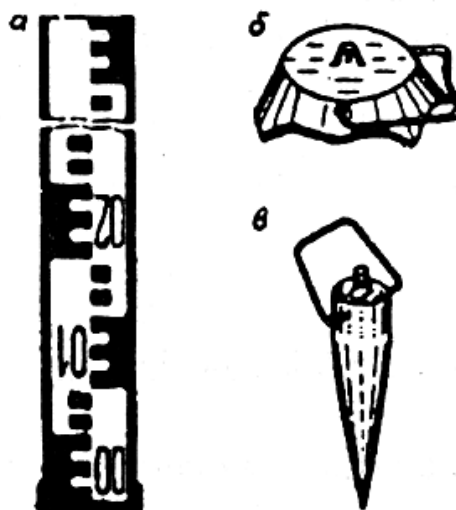


Рис. 5.2.5 Шкалова нівелірна рейка РН-3 (а), башмак (б) і костиль (в)

5.3 Перевірки нівелірів

На рис. 5.3.1 зображено геометричну схему нівеліра, з якої видно необхідність додержання певних геометричних умов у роботі приладу.

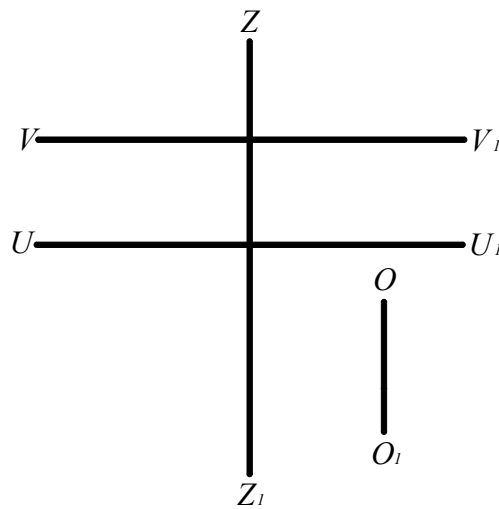


Рис. 5.3.1 Геометрична схема нівеліра

Тому до початку робіт перевіряється, чи виконуються ці умови в робочому приладі.

Перевірки рівневих нівелірів Н-3 і Н-10

1.Перевірка колового рівня. Вісь колового рівня має бути паралельною осі нівеліра ($OO_1 // ZZ_1$).

Усіма підйомними гвинтами приводять бульбашку рівня в нуль-пункт. Якщо після повертання верхньої частини нівеліра на 180° бульбашка залишиться в нуль-пункті — умова виконана. В протилежному разі, діючи виправними гвинтами рівня, переміщують бульбашку в напрямі до нуль-пункту на половину дуги відхилення.

На другу половину дуги відхилення бульбашку переміщують, діючи підйомними гвинтами.

2.Перевірка правильності установки сітки ниток: горизонтальна нитка сітки має бути перпендикулярною до осі обертання нівеліра.

На рейку, поставлену на відстані 4...6 м від нівеліра, наводять один з кінців горизонтальної нитки сітки і, діючи навідним гвинтом, проводять по рейці горизонтальну нитку до другого її кінця. Якщо відлік по рейці незмінний, то умова виконана. Якщо ж відлік інакший, то необхідно повернути сітку ниток. Виправлення виконується в

майстерні, оскільки треба знімати окуляр, без якого зображення рейки не видно.

3.Перевірка головної умови нівеліра. Вісь циліндричного рівня повинна бути паралельною візирній осі зорової труби ($UU_1 // VV_1$).

Перевіряють цю умову подвійним нівелюванням одного й того самого відрізка лінії AB довжиною близько 50 м, закріпленого цвяхами або кілочками з цвяхами (рис. 5.3.2).

Нівелір установлюють на станції A так, щоб окуляр знаходився над точкою A , і рейкою вимірюють висоту приладу i_1 а по рейці, встановленій у точці B , беруть відлік a_1 . Оскільки візирна вісь і вісь циліндричного рівня ніколи не будуть ідеально паралельними, то відлік a_1 завжди буде помилковий на якусь величину x (рис. 5.3.2). Перевищення між точками

$$h = i_1 - (a_1 - x). \quad (5.3.1)$$

Потім нівелір і рейку міняють місцями (рис. 5.3.2), вимірюють висоту приладу i_2 і знімають відлік з рейки a_2 , який також помилковий на ту саму величину x . Перевищення в цьому випадку обчислюється за формулою

$$h = (a_2 - x) - i_2. \quad (5.3.2)$$

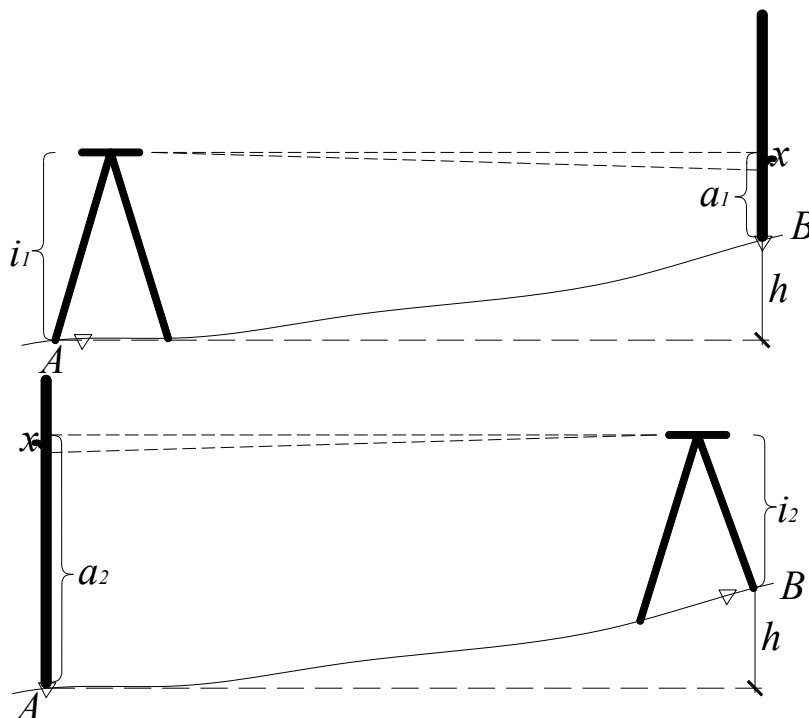


Рис. 5.3.2 Перевірка головної умови нівеліра

Оскільки в обох випадках вимірювалось одне і те саме перевищення, то й праві частини формул рівні між собою:

$$i_1 - (a_1 - x) = (a_2 - x) - i_2, \quad (5.3.3)$$

звідки похибка

$$x = \frac{a_1 + a_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2}, \quad (5.3.4)$$

Якщо $x \leq 4$ мм, то головна умова виконана. Якщо ж $x > 4$ мм, то обчислюють відлік по рейці $(a_2 - x)$, виправлений за похибку x , і еліваційним гвинтом установлюють середню нитку сітки на цей відлік. Потім вертикальними виправними гвинтами циліндричного рівня суміщують зображення кінців бульбашки в контакті рівня в зоровій трубі. Після юстирування перевірку повторюють.

3.Перевірка нівелірів з компенсатором Н-ЗКЛ і Н-10КЛ.

Перші дві перевірки формулюються і виконуються так само, як і в рівневих нівелірах. Формулювання і виконання третьої перевірки (головної умови) відрізняється від відповідної перевірки рівневих нівелірів внаслідок наявності компенсатора і ломаної зорової труби, що ускладнює вимірювання висоти приладу.

Перевірка головної умови нівеліра з компенсатором: лінія візування має бути горизонтальною.

На відстані 50 м закріплюють точки A і B . Точно посередині між ними установлюють нівелір, беруть відліки a_1 і b_1 по рейках у цих точках (рис. 5.3.3) і визначають перевищення

$$h = a_1 - b_1. \quad (5.3.5)$$

Далі переносять нівелір у точку C , розташовану на найменшій відстані візування від точки B (рис. 5.3.3) і знову визначають перевищення між точками A і B :

$$h = a_2 - b_2. \quad (5.3.6)$$

Якщо помилка $x = (h_1 - h_2) \leq 2$ мм, то умову виконано. Якщо ж $x > 2$ мм, то обчислюють правильний відлік по рейці $(a_2 - x)$, на який встановлюють горизонтальну нитку сітки з допомогою виправних гвинтів. Після виправлення перевірку повторюють.

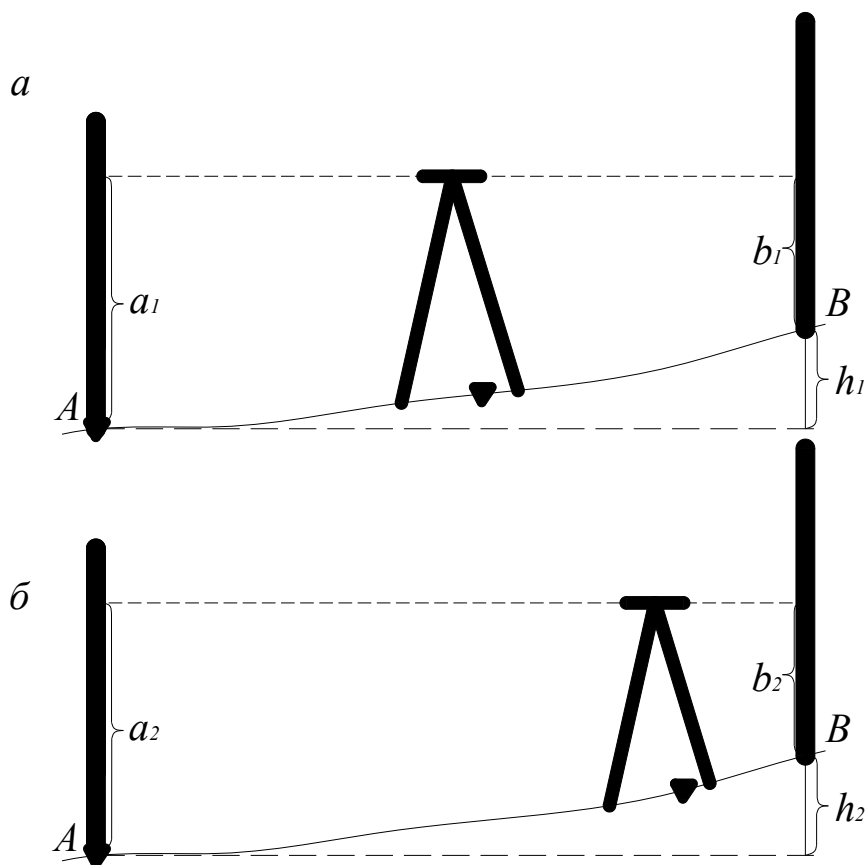


Рис. 5.3.3 Перевірка головної умови нівелірів Н-3К і Н-10КЛ

5.4 Тригонометричне нівелювання

Нехай висота H_A точки A відома, а висоту H_B точки треба визначити, тобто треба визначити перевищення h (рис. 5.4.1). Для цього над точкою A установлюють теодоліт, а на точці B — рейку.

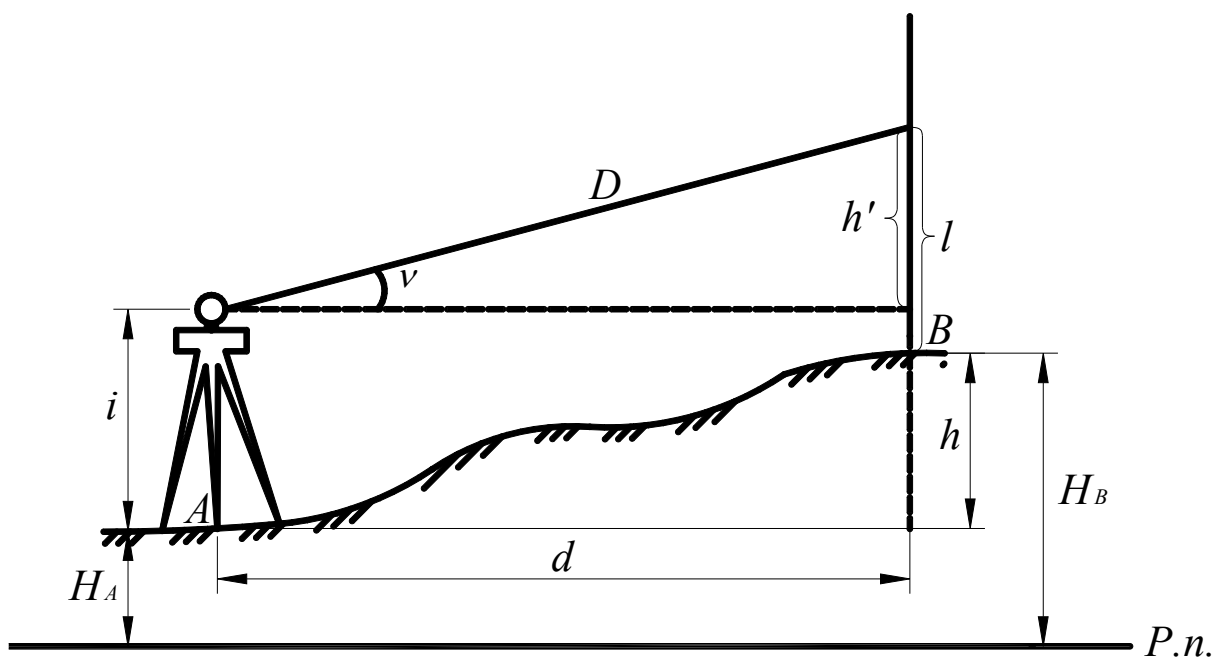


Рис. 5.4.1 Тригонометричне нівелювання

Вимірюємо рейкою висоту теодоліта (осі обертання зорової труби) і рулеткою чи мірною стрічкою — відстань між точками. Далі трубу теодоліта наводять на будь-яку точку на рейці і вимірюють вертикальний кут ν . Відстань l від точки наведення до п'ятки рейки називають *висотою візування*. З рис. 5.4.1 маємо

$$i + h' = h + l, \quad (5.4.1)$$

або

$$h = h' + i - l, \quad (5.4.2)$$

Оскільки

$$h' = d \operatorname{tg} \nu, \quad (5.4.3)$$

то шукане значення перевищення

$$h = d \operatorname{tg} \nu + i - l, \quad (5.4.4)$$

Формула (5.4.4) називається повною формулою тригонометричного нівелювання.

Якщо позначити на рейці висоту приладу і візувати на цю висоту, тобто покласти $i = l$, то одержимо скорочену *формулу тригонометричного нівелювання*

$$h = d \operatorname{tg} \nu, \quad (5.4.5)$$

Перевищення, обчислювані за формулами тригонометричного нівелювання, заокруглюють до 0,01 м.

Якщо відстань між точками виміряна нитковим віддалеміром, то згідно з формулою (4.3.10)

$$d = (Kn + c) \cos^2 \nu, \quad (5.4.6)$$

Підставивши це значення d у формули (5.18) і (5.19), отримаємо відповідно

$$h = \frac{1}{2} (Kn + c) \sin(2\nu), \quad (5.4.7)$$

$$h = \frac{1}{2} (Kn + c) \sin(2\nu) + i - l, \quad (5.4.8)$$

Перевищення за формулами (5.4.4; 5.4.5) обчислюють за допомогою спеціальних таблиць чи мікрокалькуляторів.

Поправку за кривизну Землі і рефракцію вводять в результати тригонометричного нівелювання, коли відстань між точками більша за

400 м і похибка досягає 1 см. При зйомочних роботах для будівництва відстані значно менші, і ці поправки не враховуються.

5.5 Гідростатичне нівелювання

В сполучених посудинах вільна поверхня рідини встановлюється на однаковому рівні незалежно від поперечного перерізу посудин, маси рідини і перевищень. Цю властивість покладено в основу обладнання гідростатичних нівелірів.

Гідростатичний нівелір складається з двох наповнених рідиною скляних посудин (стаканів), з'єднаних гнучким шлангом (рис. 5.5.1). Установивши посудини в точках A і B , між якими визначається перевищення A (рис. 5.5.1 а), вимірюють висоти a і b стовпів рідини в кожній посудині.

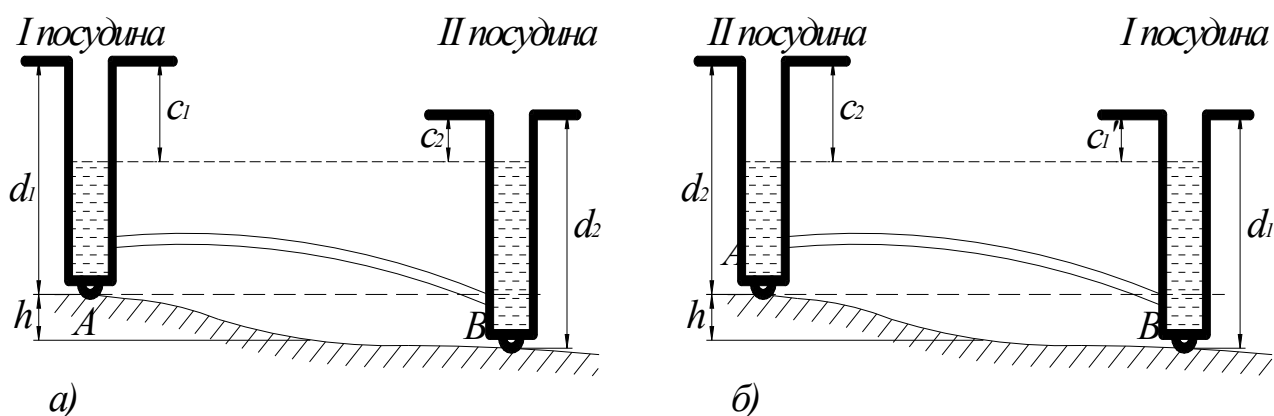


Рис. 5.5.1 Гідростатичне нівелювання

З рис. 5.5.1:

$$h = a - b; \quad (5.5.1)$$

$$a = d_1 - c_1; \quad (5.5.2)$$

$$b = d_2 - c_2.$$

де d_1, d_2 — висоти посудин;

c_1, c_2 — відстані від верху посудин до рівня рідини. Тому

$$h = (d_1 - c_1) - (d_2 - c_2), \quad (5.5.3)$$

або

$$h = (c_2 - c_1) - (d_2 - d_1), \quad (5.5.4)$$

Для даної пари посудин (d_2, d_1) — так зване місце нуля, величина постійна. Позначаючи її

$$MO = d_2 - d_1, \quad (5.5.5)$$

одержимо формулу (5.5.4) у вигляді:

$$h = (c_2 - c_1) - MO, \quad (5.5.6)$$

Помінявши посудини місцями і знявши відліки c'_2 і c'_1 (рис. 5.5.1 б), запишемо:

$$h = (d_2 - c'_2) - (d_1 - c'_1), \quad (5.5.7)$$

або

$$h = (c'_1 - c'_2) - (d_2 - d_1) = (c'_1 - c'_2) + MO. \quad (5.5.8)$$

Вирішуємо рівняння (5.5.6) і (5.5.7) відносно перевищення і місця нуля відповідно

$$h = \frac{1}{2} [(c_2 - c_1) - (c'_2 - c'_1)], \quad (5.5.9)$$

$$MO = \frac{1}{2} [(c_2 - c_1) + (c'_2 - c'_1)], \quad (5.5.10)$$

Методика подвійного нівелювання із взаємною перестановкою посудин підвищує точність результату, але дуже трудомістка. При технічному нівелюванні в будівництві перевищення визначаються за визначеним наперед місцем нуля. Точність вимірювання перевищень нівеліром НШТ-1 (нівеліром шланговим технічним) складає 0,5 мм. Гідростатичне нівелювання широко застосовується при монтажі технологічного обладнання. Для спостереження за деформаціями і осіданням споруд застосовуються стаціонарні гідростатичні системи підвищеної точності.

6 СУЧАСНІ ПРИЛАДИ ДЛЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

6.1 Електронні теодоліти і тахеометри

Електронні теодоліти і тахеометри є сучасними високоточними геодезичними засобами вимірювань, що дають змогу високоефективно виконувати виміри в автоматизованому режимі.

Електронний теодоліт – це кутовимірювальний прилад, призначений для напівавтоматичного виконання геодезичних вимірів. Він можуть складатися з комбінацій оптичних теодолітів, кодових теодолітів, вмонтованих світловіддалемірів та електронних віддалемірних насадок.

Кодові теодоліти є оптичними приладами, які мають лімб з нанесеним штриховим кодом, за допомогою якого відлік передається на електронне табло (дисплей).

Одним з простих видів електронного теодоліта є сполучення оптичного теодоліта зі світловіддалеміром або електронною віддалемірною насадкою виробництва заводу «ОМО» (Росія) та фірми «SOKKIA» (Японія). При цьому відліки за горизонтальним і вертикальним кругами беруть візуально за шкаловими мікроскопами, і за допомогою клавіатури вводять у пам'ять міні-комп'ютера. Результати вимірювання відстані вводяться автоматично.

За допомогою спеціальних програм визначаються горизонтальні відстані, перевищення, прирости координат та інші показники з висвітленням результатів на світловому табло.

Для автоматизації польових вимірів під час виконання топографічних знімань місцевості, інженерно-геодезичних робіт, зведення споруд використовують сучасні високоточні електронні тахеометри.

Електронні тахеометри — багатофункціональні геодезичні прилади, які складаються з кодового теодоліта, вбудованого світловіддалеміра та спеціалізованого міні-комп'ютера.

Розвинуті зарубіжні країни — Японія, Німеччина, Швеція, США, Швейцарія, Росія та інші — випускають багато типів електронних

тахеометрів, які відрізняються конструктивними рішеннями, точністю, призначенням і надійністю.

Високоточні електронні тахеометри дають змогу вимірювати кути з точністю $m_\beta = 1''$, а відстані – до 1:3 мм. Найсучасніші електронні тахеометри SET-530-R фірми "SOKKIA" (Японія) дають змогу вимірювати відстані до 350 м і більше без відбивача. Це створює надзвичайно великі можливості під час виконання геодезичних робіт, дослідження форми та розмірів просторових об'єктів.

Геодезичні задачі розв'язуються автоматично з урахуванням поправок на кривизну Землі, рефракцію атмосфери, температуру, тиск, різницю висот встановлення приладу та відбивача.

Використання електронних тахеометрів дає змогу автоматизувати процес складання карт і планів місцевості за результатами польових вимірів.

6.2 Супутникові навігаційні системи

Найсучаснішим *способом визначення координат пунктів геодезичних мереж є супутниковий* — за допомогою супутникових навігаційних систем. Перевага цього способу полягає в тому, що координати пунктів визначаються незалежно, тому в таких мережах координати визначені практично з однаковою високою точністю на всій території.

Визначення координат пунктів здійснюється за двома супутниковими радіонавігаційними системами:

1) GPS (Global Position System) – глобальна система визначення місцеположення (США);

2) ГЛОНАСС — Глобальна навігаційна супутникова система, що розроблена в СРСР і підтримується Росією.

Європейські держави розробляють навігаційну супутникову систему «Галілео» за участю і українських вчених. Система «Галілео» буде сучаснішою і забезпечуватиме вищу точність визначення координат пунктів.

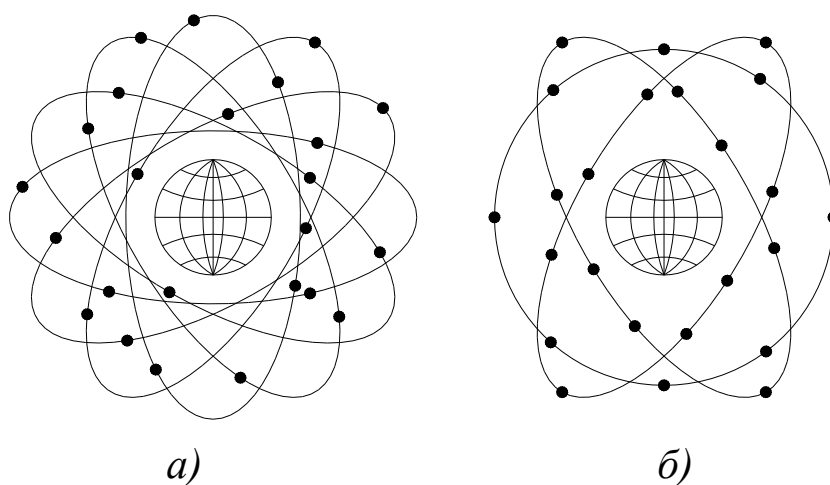
Навігаційна супутникова система складається:

– з космічних апаратів (супутників);

– підсистеми контролю й управління (координаційно-обчислювальний центр, станція траєкторних вимірювань; станції управління);

– навігаційної апаратури користувачів (геодезичних приймачів супутникових сигналів та приймачів, встановлених на наземних, морських і повітряних транспортних засобах).

У системі GPS в шести орбітальних площинах обертається по чотири супутники (рис. 6.2.1, а), в системі ГЛОНАСС — у трьох площинах по вісім супутників (рис. 6.2.1, б) практично за коловими орбітами на відстані 26 600 км від центра Землі.



*Рис. 6.2.1 Супутникові навігаційні системи:
а) NAVSTAR GPS; б) ГЛОНАСС*

Така кількість та розміщення супутників забезпечує прийом сигналів як мінімум від чотирьох супутників у будь-якій частині Землі.

Період обертання супутників становить 12 годин зіркового часу, тому супутники кожен день з'являються в тому самому місці зоряного неба на 4 хвилини раніше від учорашнього положення.

Супутники випромінюють сигнали на двох частотах, які містять інформацію про їх координати. Сигнали фіксуються спеціальними вимірювальними станціями — приймачами.

Навігаційна система працює надійно, якщо забезпечений прийом сигналів не менше як від чотирьох супутників (рис. 6.2.2,а). Геодезичний приймач супутникової системи показано на рис.6.2.2, б.

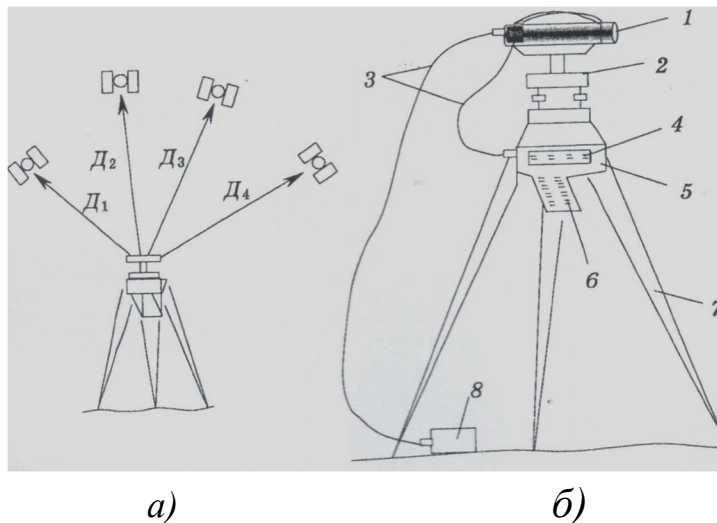


Рис. 6.2.2 Принцип визначення координат супутниковими навігаційними системами:

а) схема спостережень; б) геодезичний приймач;

1 – сенсор; 2 – підставка; 3 – з'єднувальні кабелі; 4 – дисплей;
5 – контролер; 6 – клавіатура; 7 – штатив; 8 – акумуляторна батарея

Сенсор може одночасно приймати сигнали від 6 до 12 супутників на одній або двох частотах. Управління роботою приймача здійснюється за допомогою контролера або ПЕОМ. Результати вимірювань реєструються в модулі пам'яті та переносяться в ПЕОМ через контролер або спеціальний пристрій.

Обчислення координат виконується за спеціальними програмами.

За допомогою супутникових навігаційних систем координати точок спостережень визначають двома способами:

- абсолютним, коли одним приймачем (рис. 6.2.2, а) визначаються координати антени приймача в єдиній навігаційній системі;
- відносним, або диференційним — зі спостереження одночасно двох приймачів на один і той самий момент часу за однаковим сузір'ям супутників визначають проекції на осі геоцентричної системи координат базової лінії між ними — S та кут її напрямку (рис. 6.2.3).

Під час геодезичних вимірювань використовують одно- та двочастотні приймачі. Вищу точність та ефективність вимірювань забезпечують двочастотні приймачі.

Точність абсолютного методу становить 3...5 м, що недостатньо для геодезичних цілей.

За умови точних геодезичних вимірювань використовують диференційні супутникові спостереження між двома і більше приймачами, один з яких приймається за базовий.

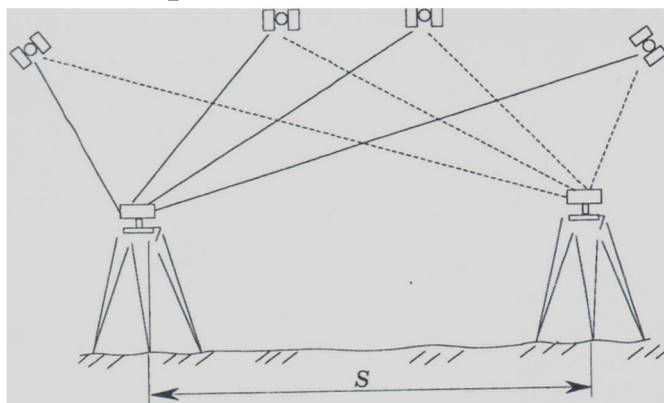


Рис. 6.2.3 Схеми відносних визначень

Місцеположення інших пересувних приймачів у процесі вимірювань визначається відносно базового. Залежно від призначення, заданої точності, відстані між точками, вимірювання виконують за різними схемами.

Супутникові методи визначень місцеположення точок земної поверхні використовують під час побудови геодезичних мереж, геодезичних знімальних робіт, розмічування великих інженерних споруд, спостереження за рухами земної поверхні тощо.

6.3 Цифровий електронний нівелір

Цифровий електронний нівелір – це економічно ефективна вимірювальна система збору та обробки даних у цифровому вигляді, що забезпечує ефективне виконання робіт завдяки використанню сучасних технологій.

На рис. 6.3.1 зображено цифровий електронний нівелір типу "DINI" (фірма «Karlzess», Німеччина).

Приведення візирної осі в горизонтальне положення виконується за допомогою механічного компенсатора. Автоматичне регулювання компенсатора забезпечує встановлення візирної осі в межах робочого діапазону для візуальних і електронних вимірів.

Нівелір має електронний лімб ($m_\beta \pm 5''$) та зовнішній горизонтальний лімб з поділками через 1° і похибкою відліку $0,1^\circ$.



Рис. 6.3.1 Цифровий електронний нівелір "DINI" (Німеччина)

Наявність електронного пристрою дає змогу в автоматичному режимі знімати з високою точністю відліки за допомогою спеціальної штрихкової рейки. На екрані дисплея відображаються відліки та відстані до рейки. Наявність пакета програм дає змогу виконувати вимірювальні роботи, оброблення їх результатів та розмічувальні роботи.

Для встановлення нівеліра на задану, зручну для спостерігача, висоту використовують геодезичний нівелірний штатив.

Для роботи з цими нівелірами використовують спеціальні суцільні рейки РН05 – дерев'яні з інварною смугою (рис. 6.3.2, а) і кодові (рис. 6.3.2, б), призначені для високоточного нівелювання. Інварні рейки довжиною 1м і 3м мають основну і додаткову шкали з ціною поділки 5мм.

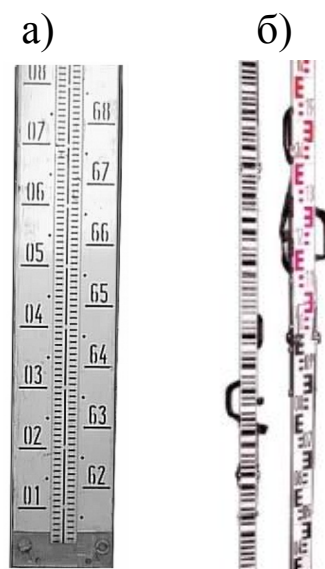


Рис.6.3.2 Фрагменти нівелірних рейок:

- а) Рейка нівелірна суцільна РН-0,5 інварна; б) Рейка нівелірна кодова:
з ВАР-кодом і Е градуванням 4м, складна,
використовується для робіт з цифровими нівелірами DINI.

7 ГЕОДЕЗИЧНІ МЕРЕЖІ

7.1 Загальні відомості про геодезичні мережі

Основою при проведенні зйомочних робіт і складанні топографічних планів та карт для проектно-планувальних робіт в будівництві є геодезичні мережі. Від пунктів цих мереж виконують також розмічувально-прив'язочні і виконавчо-знімальні геодезичні роботи при будівництві споруд.

Геодезична мережа — це сукупність геодезичних пунктів, закріплених на земній поверхні. Їх планове положення визначено у єдиній системі координат, а висотне — висотою над рівнем моря або над іншою вихідною рівневою поверхнею.

При цьому пункти мережі можуть бути тільки плановими або тільки висотними, або одночасно планово-висотними. Пункти мереж розміщують згідно з наперед складеним проектом і закріплюють на місцевості відповідними знаками.

Закріплення геодезичного пункту має забезпечити його незмінне положення протягом використання і видимість між сусідніми пунктами.

Геодезичні мережі мають важливе значення для правильної організації геодезичних робіт у країні, тому що дозволяють виконувати ці роботи одночасно на різних ділянках території. Геодезичні мережі забезпечують необхідну точність геодезичних робіт, оскільки помилки вимірювань не нагромаджуються в місцях інтенсивного виконання робіт, а рівномірно розподілені по всій мережі на всій території країни. Геодезичні мережі дозволяють проводити знімальні роботи різних масштабів і в різних місцях одночасно і незалежно, а потім зводити всі матеріали в єдині плани і карти.

Побудова геодезичних мереж відбувається за принципом від загального до часткового. Це означає, що спочатку на великих територіях утворюють рідкі мережі з невеликою кількістю закріплених на земній поверхні пунктів. Координати і висоти цих пунктів визначають з високою точністю. Потім на основі таких опорних пунктів будують мережі згущення, поетапно переходячи до все більшої кількості геодезичних пунктів з відповідним поступовим зниженням точності визначення координат і висот в мережах більш низьких класів.

Нехай, наприклад (рис.7.1.1), координати і висоти пунктів А, В, С визначені з високою точністю. Ці пункти можуть бути опорою для визначення координат і висот пунктів І, ІІ, ІІІ, які знаходяться ближче між собою. А координати і висоти цих пунктів, в свою чергу, є вихідними для визначення координат і висот точок 1,2, 3, 4 тощо.

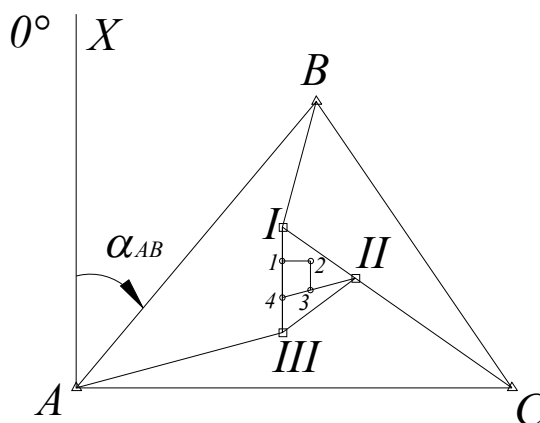


Рис. 7.1.1 Принцип переходу від загального до часткового

Геодезичні мережі, які служать для подальшого розвитку від них мереж більш низької точності, в тому числі при проведенні знімальних і розмічувальних робіт для будівництва, називаються опорними.

Для визначення планового положення пунктів мереж між ними вимірюють відстані і кути. Геодезичну мережу будують так, щоб її сторони утворювали прості геометричні фігури, необхідні для математичної обробки і подальшого визначення координат.

Для побудови **геодезичних планових мереж** використовуються такі методи:

1. **Тріангуляція** (від лат. — трикутник)—побудова на місцевості системи примикаючих трикутників з геодезичними пунктами в їх вершинах (рис. 7.1.2). У трикутниках вимірюють усі кути А, В, С і деякі сторони, які називаються базисними, або базисами.

2. **Трілатерація** (від лат. — трикутник - сторона) — система трикутників, аналогічних тріангуляції, в яких замість кутів вимірюють всі сторони.

3. **Полігонометрія** (від грец. числений - кут - вимірюю) — це ходи, в яких вимірюються кути і довжини ліній (рис. 7.1.3).

Від теодолітного полігонометричний хід відрізняється більш високою точністю вимірювань.

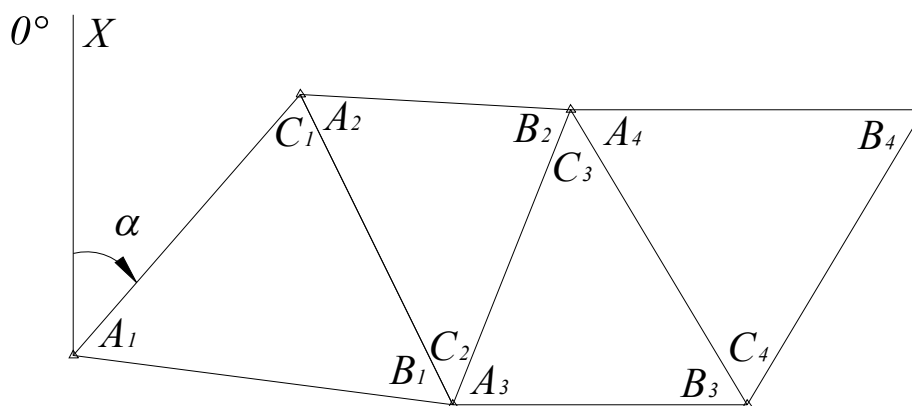


Рис. 7.1.2 Метод тріангуляції

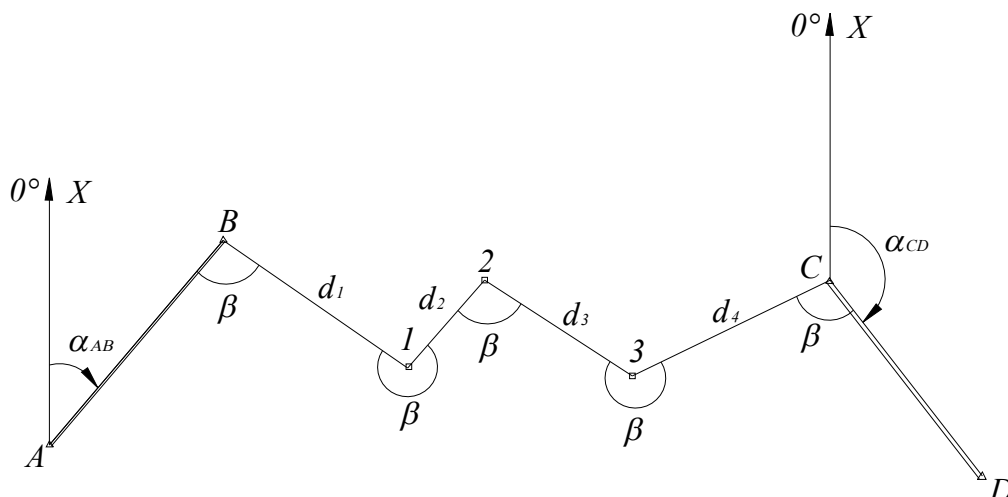


Рис. 7.1.3 Метод полігонометрії

Можлива побудова геодезичної мережі комбінуванням усіх трьох методів.

Висотні (нівелірні) геодезичні мережі утворюються методами геометричного і тригонометричного нівелювання.

Пункти планових геодезичних мереж, як правило, одночасно є і пунктами висотної мережі, тобто для них відомі як координати, так і висоти.

7.2 Державні геодезичні мережі

Геодезична мережа, яку розвивають на території всієї країни і яка є вихідною для побудови інших геодезичних мереж, називається державною геодезичною мережею.

Державні геодезичні мережі поділяють на *планові* і *висотні*. Планова мережа утворюється методами тріангуляції, полігонометрії, трілатерації 1...4-го класів, які розрізняються точністю вимірювань, довжиною сторін і послідовністю розвитку мереж різних класів.

Мережа 1-го класу будується у вигляді системи полігонів, утворюваних ланками тріангуляції (трілатерації, полігонометрії) довжиною порядку 200 км вздовж меридіанів і паралелей. Периметр полігону складає 800...1000 км (рис. 7.2.1), довжина сторін — 20...25 км. На кінцях ланок тріангуляції 1-го класу вимірюють базисні сторони, що спираються на так звані пункти Лапласа. Астрономічну широту, довготу і азимут на цих пунктах визначають із астрономічних спостережень.

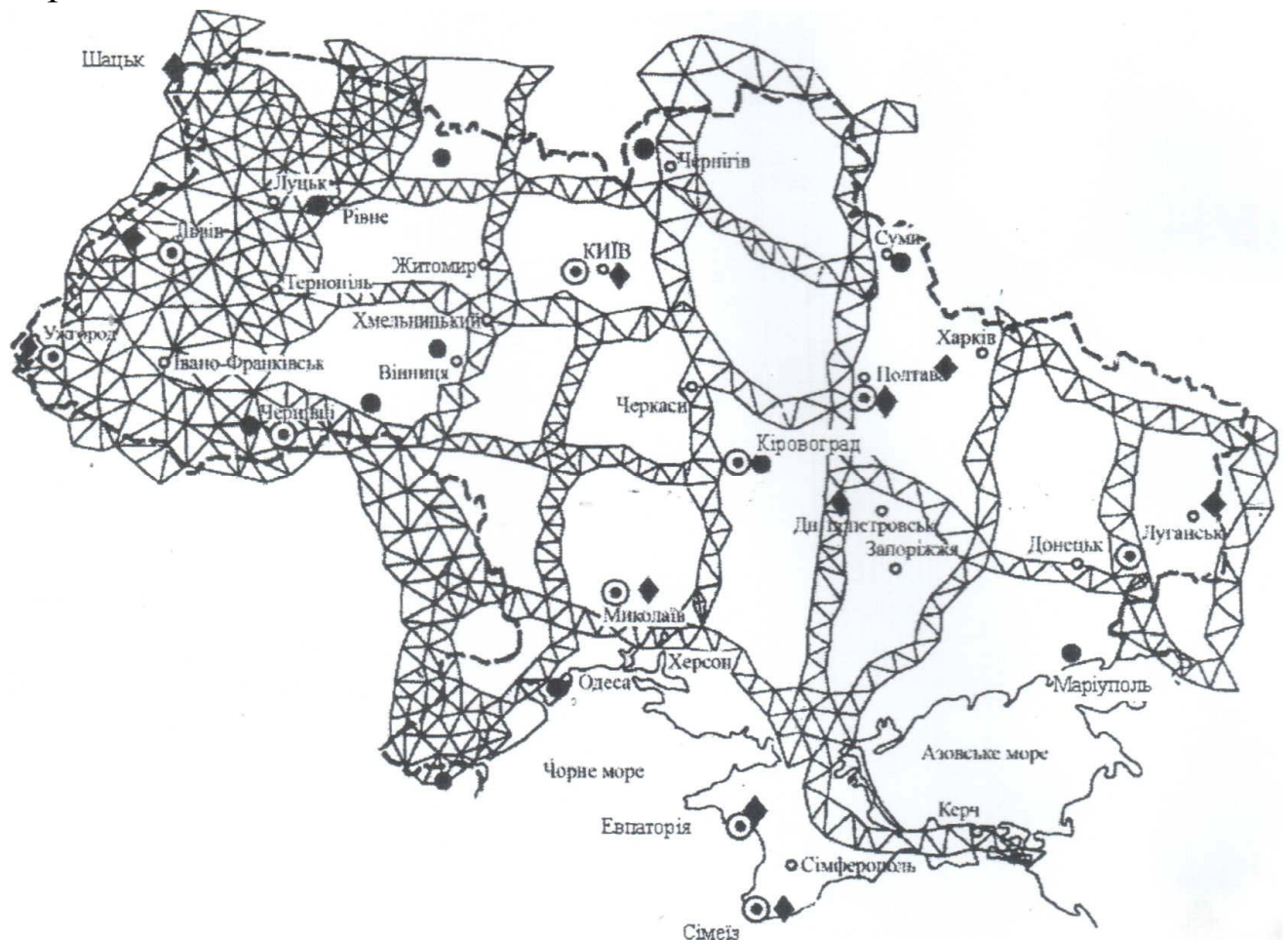


Рис.7.2.1 Схема планової державної геодезичної мережі України станом на 1997р.

Державна геодезична мережа 2-го класу будується усередині полігонів 1-го класу у вигляді суцільної тріангуляційної мережі або у

вигляді системи пересічних ходів полігонометрії. Відстані між пунктами — 7...20 км.

Пункти державної геодезичної мережі тріангуляції 3-го і 4-го класів визначаються відносно пунктів 1-го і 2-го класів вставками між ними. Відстані між пунктами складають 2...8 км. Особливу важливість для будівництва має полігонометрія 4-го класу, тому що її пункти розміщені на відстані 0,25...2,0 км між собою, а відстані визначені з відносною похибкою не більше $1/10000$.

Пункти геодезичної планової основи закріплюються на місцевості геодезичними центрами (рис. 7.2.2) різних конструкцій, які закладають на глибину нижче від максимального промерзання ґрунту. Це можуть бути залізобетонні монолітні сваї, азбестоцементні або металеві труби, заповнені бетонним розчином. У верхню частину центрів закладають спеціальні чавунні марочки-напівкулі з отвором-центром усередині. Координати X , Y цього центру і визначають.

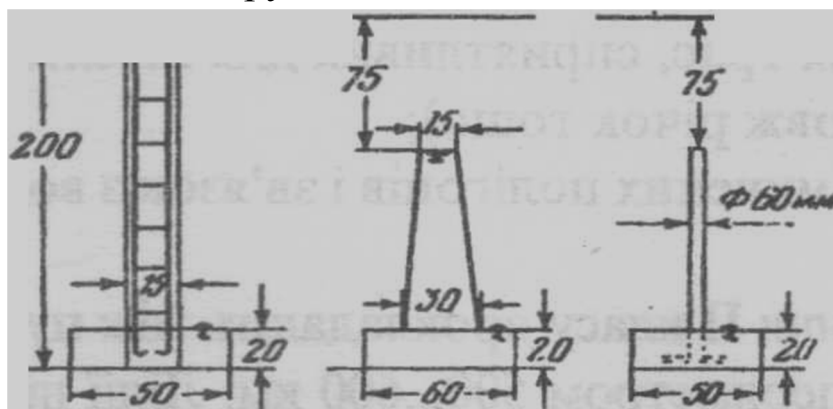


Рис. 7.2.2 Деякі конструкції геодезичних центрів пунктів тріангуляції

У необхідних випадках на геодезичних пунктах над центрами розміщують постійні зовнішні знаки для забезпечення взаємної видимості при спостереженнях з сусідніх пунктів. Тріангуляційні зовнішні знаки за конструкцією поділяються на сигнали (рис. 7.2.3 а) і піраміди (рис. 7.2.3 б). У верхній частині зовнішні знаки мають візирні циліндри для візування з сусідніх пунктів.

Державна висотна (нівелірна) мережа утворюється методом геометричного нівелювання і є головною висотною основою

знімальних і нівелірних робіт, у тому числі для спостережень за осіданням споруд.



Рис. 7.2.3 Зовнішні знаки пунктів тріангуляції

Вона поділяється на нівелірну мережу I-IV класів.

Прокладання мережі для I класу передбачає:

- рівномірне забезпечення території країни вихідними висотними пунктами для розвитку в єдиній Балтійській системі нівелювання II, III, IV класів;
- використання трас, сприятливих для нівелювання (залізні і шосейні дороги, вздовж річок тощо);
- утворення замкнених полігонів і зв'язок з водомірними постами морів і океанів.

Лінії нівелювання II класу прокладають між пунктами I класу у вигляді полігонів з периметром 500...600 км. Лінії нівелювання III класу прокладаються усередині полігонів I і II класів у вигляді окремих ходів або полігонів, периметр яких не перевищує 200 км. Лінії нівелювання IV класу спираються на пункти старших класів у вигляді одиночних і пересічних ходів. Пункти перетину називають вузловими точками.

Державні нівелірні мережі всіх класів закріплюються на місцевості через 5...7 км стінними чи ґрунтовими постійними знаками — реперами (від фр.— «позначка») і марками (від нім.— «знак»). Марки і стінні реperi закладають у цоколі будинків і споруд (рис. 7.2.4). Ґрунтові реperi за конструкцією і глибиною закладання аналогічні плановим геодезичним центрам. Крім того, через 50...80 км нівелювання I і II класів встановлюються особливо сталі нівелірні знаки —

фундаментальні (від лат. — «основний») репери, які закладаються в ґрунт на глибину кількох метрів.

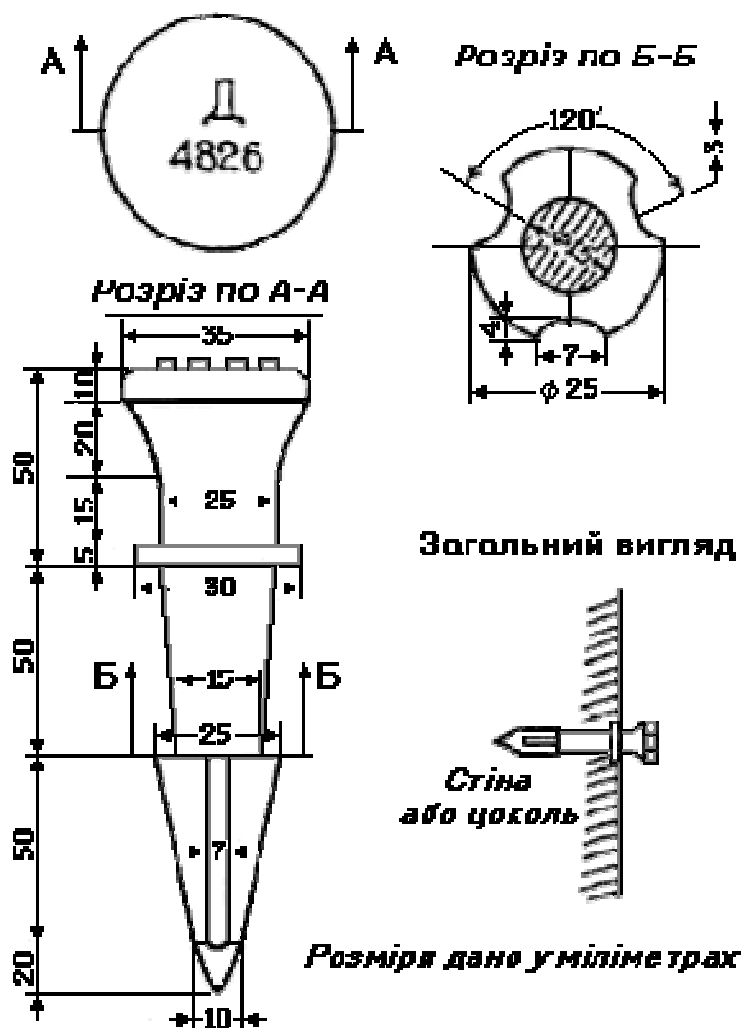


Рис. 7.2.4 Стінний репер для ліній нівелювання



Рис. 7.2.5 Державна висотна основа України:
 ----- лінії нівелювання I класу; - - - лінії нівелювання II класу

7.3 Геодезичні мережі згущення

У містах, селищах і на великих будівельних об'єктах створюються геодезичні мережі згущення спеціального призначення, які розвиваються на основі державних геодезичних мереж більш високих порядків. Геодезичні мережі згущення підрозділяються на: а) планові мережі 1-го і 2-го розрядів, які розвиваються методами тріангуляції, трілатерації і полігонометрії; вихідними для визначення координат пунктів цих мереж є державні геодезичні мережі 1-4-го класів; б) нівелірні мережі згущення, які розвиваються методом геометричного нівелювання III і IV класів. Показники точності цих мереж, що розвиваються на об'єктах будівництва, ті самі, що й для державних нівелірних мереж відповідного класу.

Як і пункти державних геодезичних мереж, пункти мереж згущення закріплюються постійними аналогічними знаками.

7.4 Геодезичні знімальні мережі

Знімальною геодезичною мережею називають геодезичну мережу згущення, яка утворюється для проведення топографічної знімання в період розвідувальних робіт (вишукувань) для будівництва, а із завершенням — з метою створення топографічних планів.

Для забезпечення топографічних зніманих використовується знімальна основа, яку складають не тільки пункти знімальних мереж, але й розглянуті раніше державні геодезичні мережі і мережі згущення.

Знімальні мережі — це подальший розвиток мереж згущення спеціального призначення, а там, де в період вишукувань вони відсутні, створюють знімальні мережі.

Знімальна геодезична мережа за точністю в 2-3 рази нижча від мереж згущення, а кількість її пунктів на одиницю площі у 3-10 разів перевищує кількість пунктів мереж згущення.

Знімальні мережі розділяють на **планові і висотні**.

Координати пунктів знімальних мереж визначають методами полігонометрії і тріангуляції. Знімальну мережу, яку розвивають методом тріангуляції, називають **мікротріангуляцією**. Ходи планових знімальних мереж, які розвиваються методом полігонометрії,

називають *теодолітними ходами*. Довжина ліній в теодолітних ходах — 20...350м.

Висотні знімальні мережі утворюють технічним нівелюванням геометричним або тригонометричним методами.

Вибираючи метод утворення знімальних мереж, враховують умови району робіт. У відкритих, вкритих пагорбами малозабудованих районах розвивають мережі мікротріангуляції і застосовують тригонометричне нівелювання. У рівнинних забудованих районах прокладають теодолітні ходи і геометричне нівелювання.

Пункти знімальних мереж закріплюються тимчасовими знаками: металевими трубами із штирями, дерев'яними кілочками і стовпами з вбитими в них цвяхами. Тимчасове закріплення пунктів знімальних мереж відповідає їх призначенню — бути геодезичною основою для одноразового знімання. В умовах міст і будівельних майданчиків частину пунктів знімальних мереж закріплюють постійними знаками як основу для наступних виконавчих знімань.

8 ТОПОГРАФІЧНИЙ ПЛАН

8.1 Поняття про план

Як вище зазначалось (у темі 1), будівництву передують інженерно-геодезичні вишукування, основним результатом яких є топографічний план території майбутнього будівництва.

Це зображення ділянки земної поверхні на папері з відображенням в умовних позначеннях усіх подробиць земної поверхні (її нерівностей, забудови, сільськогосподарських угідь, шляхів сполучення, різних споруд, водної поверхні тощо). Точки земної поверхні A, B, C, D в межах невеликої ділянки земної поверхні перпендикулярами Aa, Bb, Cc, Dd проєціюють на уявну горизонтальну площину P (рис. 8.1.1), що збігається з рівневою поверхнею геоїда. Таке проєціювання називається ортогональним. Плоска фігура $abcd$ є горизонтальною проєкцією фігури $ABCD$, точки якої лежать у різних горизонтальних площинах. Так, за рис. 8.1.2 горизонтальна проєкція лінії місцевості AB :

$$d = l \cos v. \quad (8.1.1)$$

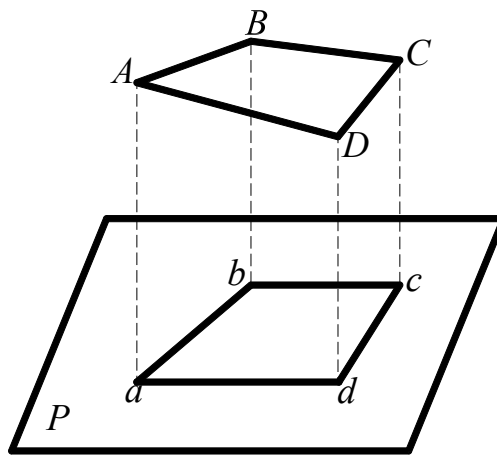


Рис. 8.1.1 Ортогональна проєкція

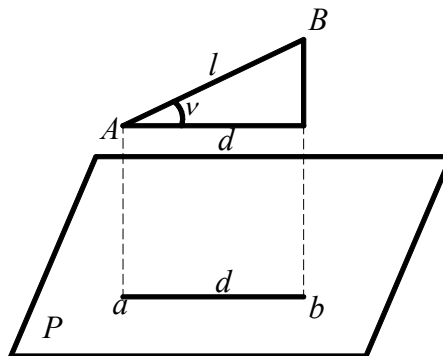


Рис. 8.1.2 Горизонтальна проєкція лінії

Ділянки земної поверхні зображуються на папері у зменшеному вигляді, але із зберіганням подібності фігур за правилами геометрії. Але ці правила можуть бути застосовані лише у припущенні, що ділянка земної поверхні, яка зображується, розглядається як плоска, тобто таке зображення обмежене розмірами ділянки. Задача зводиться до порівняння довжини дуги $TB' = S$ з довжиною дотичної $TB = t$.

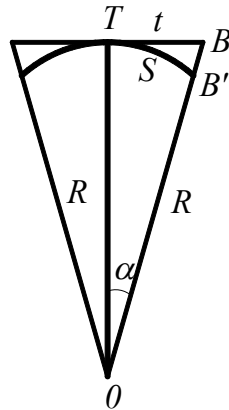


Рис. 8.1.3 Вплив сферичності Землі на вимірювання

З рис. 8.1.3 маємо

$$t = R \operatorname{tg} \alpha, \quad (8.1.2)$$

$$S = R\alpha. \quad (8.1.3)$$

Різниця

$$\Delta t = t - S = R(\operatorname{tg} \alpha - \alpha). \quad (8.1.4)$$

Розкладаємо $\operatorname{tg} \alpha$ у ряд:

$$\alpha = \alpha + \frac{\alpha^3}{3} + \dots, \quad (8.1.5)$$

тоді

$$\Delta t = R \frac{\alpha^3}{3} = \frac{S^3}{3R^3} \approx \frac{t^3}{3R^3}. \quad (8.1.6)$$

Прийнявши наближено радіус Землі (як кулі) $R = 6 \cdot 10^3$ км, при $S \approx t \approx 10$ км одержимо:

$$\frac{\Delta t}{t} = \frac{10^2}{3 \times 36 \times 10^6} \approx \frac{1}{1000000}. \quad (8.1.7)$$

Це порядок точності сучасних високоточних вимірювань відстаней на земній поверхні. Таким чином, ділянки земної поверхні розміром 20×20 км можна вважати за плоскі і зображати їх у подібному і зменшеному вигляді на рисунку, який називається **топографічним планом**.

На відміну від плану на карті зображують необмежені ділянки земної поверхні, але це зображення побудоване за певними математичними законами. На карті показують розміщення, стан і зв'язок різних природних і суспільних явищ. Такі явища відповідним чином відбирають і узагальнюють у процесі зображення на карті, тобто генералізують. Потреба у використанні певного математичного закону при виготовленні карти зумовлена тим, що сферичну або сфероїдичну поверхню розгорнути на площині без згорток і розривів неможливо. Створюючи безперервне зображення такої поверхні, припускають геометричне спотворення контурів місцевості, ортогонально спроектованих на площину.

Математичний закон, за яким створюється карта, називається **картографічною проекцією**. Застосовуючи ту чи іншу проекцію, враховують спотворення довжин ліній, площ контурів і кутів. За характером спотворень розрізняють картографічні проекції: конформні (рівнокутні), які не призводять до деформації кутів; еквівалентні (рівновеликі), що зберігають рівність площ; довільні, які не мають властивостей конформності і рівновеликості. Вибір картографічної проекції зумовлюється призначенням карти, її змістом, розміром, формою і положенням території, яка картографується. Так, топографічні карти, які використовуються для вимірювання кутів і відстаней, доцільно виконувати в рівнокутній проекції. При цьому спотворення відстаней мають бути малими і легко визначатися. Таким вимогам відповідає конформна поперечна циліндрична проекція Гауса.

8.2 Масштаби та номенклатура карт і планів

При зображенні ділянок земної поверхні на планах та картах розміри цих ділянок зменшують у певну кількість разів. Ступінь зменшення зображення на плані чи карті контурів місцевості називається **масштабом** (від нім. розмір і риска). *Чисельний масштаб* показує відношення довжини лінії на плані чи карті до довжини горизонтальної проекції відповідної лінії на місцевості:

$$M = 1 : N. \quad (8.2.1)$$

Наприклад, масштаб 1:500 означав, що лінії і предмети місцевості при перенесенні їх на план зменшуються у 500 разів. Чим менший

знаменник масштабу, тим більший масштаб зображення, тобто тим більші розміри на плані мають одні і ті самі об'єкти місцевості.

Наприклад, на плані 1:5000 будинок довжиною 50 м виглядає сантиметровим, а на великомасштабному плані 1:500 — відрізком довжиною 10 см з усіма деталями і подробицями споруди.

Топографічні плани поділяють на: середньомасштабні (1:25000, 1:10000) і великомасштабні (1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500). Зазначені масштаби називаються стандартними. При проведенні топографічних зніманих і створенні топографічних планів керуються цим масштабним рядом.

На планах зображають координатну (або кілометрову) сітку, яка відповідає державній системі плоских прямокутних координат Гауса — Крюгера, або умовних.

Числові масштаби планів і креслень, які використовуються у будівництві: 1:100, 1:200, 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10000, 1:25000. Масштаби 1:200 і 1:100 використовуються, головним чином, для відображення найвідповідальніших вузлів; 1:500— 1:2000 — масштаби генпланів і розмічувальних рисунків; 1:5000 — 1:25000 — використовуються на стадії проектного завдання при складанні технічної документації для проектування.

В інженерно-геодезичних роботах для будівництва широко використовуються профілі місцевості. Це графічне зображення зменшеного вертикального розрізу місцевості у заданому напрямі (комунікації, дороги тощо). Складають його в двох масштабах: горизонтальному (меншому, наприклад 1:1000) і вертикальному (більшому, наприклад 1:100).

Знаючи масштаб плану, легко визначити за довжиною лінії місцевості відповідну довжину лінії на плані, і навпаки. Наприклад, на плані масштабу 1:1000 лінійка дорівнює 6,13 см. Відповідну лінію на місцевості буде визначено з пропорції: 1 см плану відповідає 10,00 м місцевості, 6,13 см плану відповідає X , отже, $X = 61,3$ м.

Щоб кожний раз не виконувати ці обчислення, на практиці користуються спеціальним графіком: лінійним масштабом (рис. 8.2.1 а).

Практична точність лінійного масштабу — половина найменшої поділки, тобто 0,5 мм в масштабі плану.

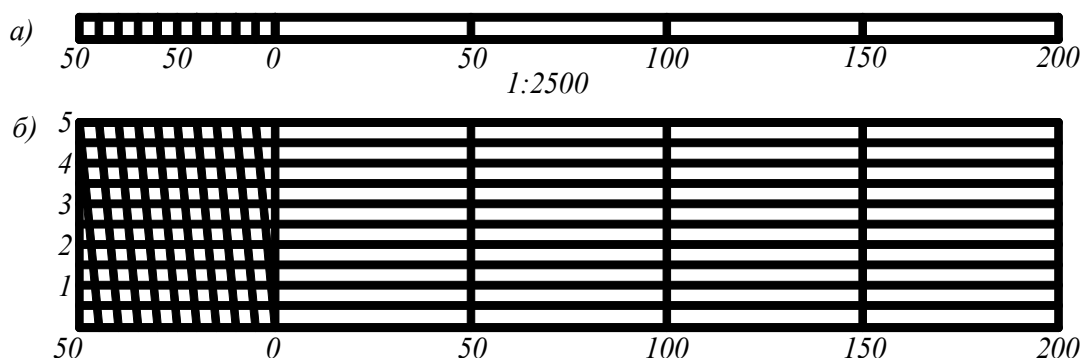


Рис. 8.2.1 Графічний масштаб:

а) лінійний масштаб; б) нормальний поперечний масштаб

Для точніших графічних робіт на планах користуються поперечним масштабом. Коли за основу цього масштабу береться 2 см, то графічна точність його дорівнює 0,1 мм в масштабі плану, а масштаб називається нормальним поперечним (рис. 8.2.1 б).

Номенклатура топографічних карт і планів. Топографічні карти і плани — багатоаркушні. Для зручності користування багатоаркушною картою чи планом кожен їх аркуш має певне позначення. Система розграфлення та позначення окремих аркушів карти чи плана називається *номенклатурою*. Номенклатура підписується над аркушем карти у вигляді її заголовка, а під картою чи планом в так званій збірній таблиці подано розташування суміжних аркушів.

За основу номенклатури карт і планів різних масштабів в Україні покладено державну карту масштабу 1:1 000 000. Аркуш такої карти зображає сфероїдну трапецію з розмірами по широті 4° і по довготі 6° (рис. 8.2.2). Позначають його великою латинською літерою, що вказує ряд або пояс і номер колони, наприклад М-35. Ряди відлічують від екватора до полюсів, а колони — від меридіана 180° проти руху годинникової стрілки. Такому аркушу відповідають 144 аркуші карти масштабу 1:100000. Їх розміри по широті — $20'$, а по довготі — $30'$. Аркушу карти масштабу 1:100000 відповідають чотири аркуші карти масштабу 1:50000 (дрібномасштабні), які мають розміри по широті і довготі відповідно $5'$ і $7'30''$. Кожний такий аркуш відповідає 4-м аркушам плану масштабу 1:25000, кожен з яких вміщує 4 аркуші плану

масштабу 1:10000. Аркуш плану масштабу 1:10000 відповідає 4-м аркушам плану масштабу 1:5000, кожен з яких вміщує 4 аркуші плану масштабу 1:2000. Проте плани масштабу 1:5000 і більше можуть створюватись і в умовній місцевій системі плоских прямокутних координат.

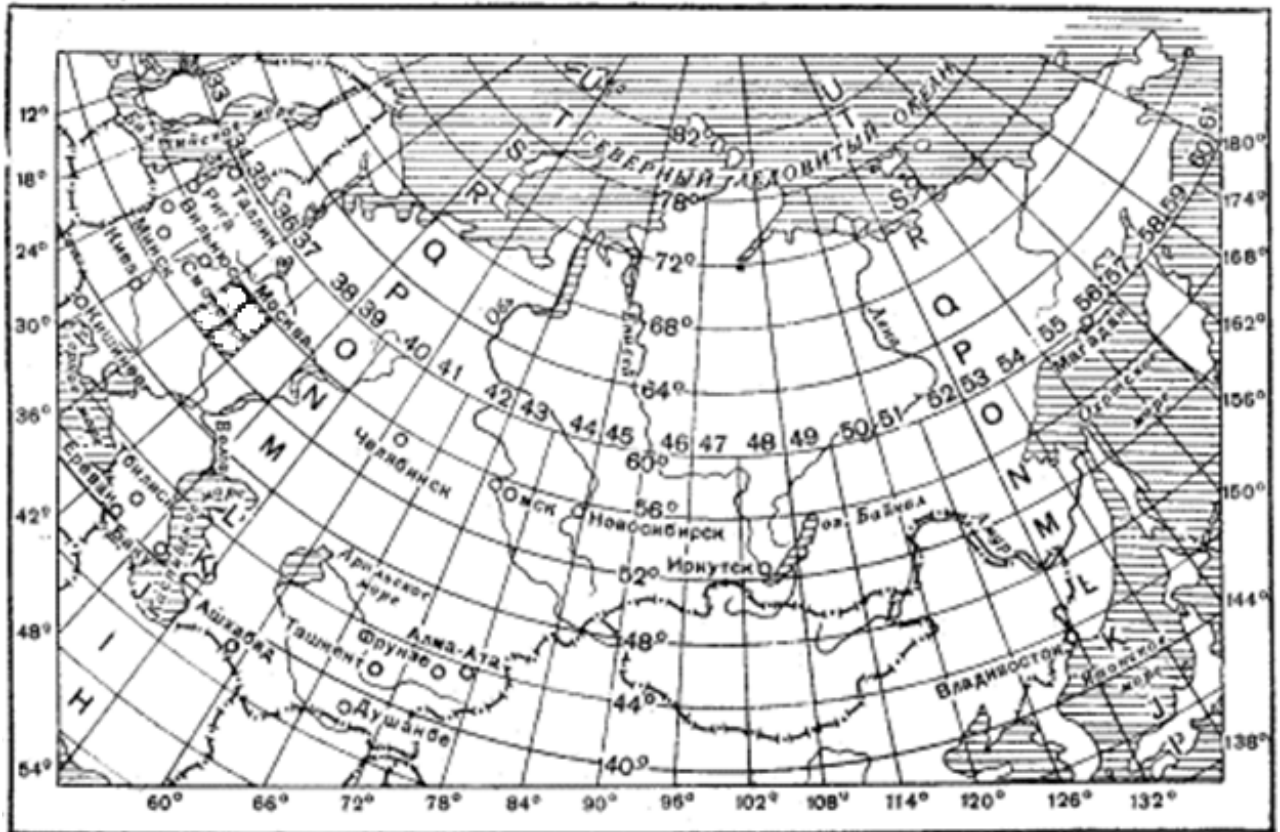


Рис. 8.2.2 Розграфка аркушів карти масштабу 1:1 000 000

У табл. 8.2.1 наведено дані для розграфлення аркуша карти масштабу 1: 1 000 000 на аркуші карт і планів більших масштабів.

Таблиця 8.2.1

Номенклатура аркушів карт і планів і розміри рамок трапецій

Масштаб карти (плану)	Кількість листів вихідного масштабу	Номенклатура останнього аркуша	Розміри рамок			Відстань між лініями координатної сітки	
			за шириною	за довготою	на плані, см	на плані, см	на місцевості, км
1:1 000 000	1	N-37				1	10
1:100 000	144	N-37-144	20'	30'		2	2
1:5 0000	4	И-37-144-Г	10'	15'		2	1
1:25 000	4	И-37-144-Г-г	5'	7',5		4	1
1:10 000	4	И-37-144-Г-г-4	2'30"	3'45"		10	1
1:5 000	4	N-37-144-(256)	145"	1'52",5	40 x 40	10	0,5
1:2 000	9	N-37-144-(256-и)	25"	37",5	50x50	10	ОД
1:1 000	4	256-и-IV			50 x 50	10	0.1
1:500	4	256-и-(16)			50 x 50	10	0.05

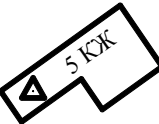
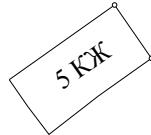
8.3 Умовні знаки

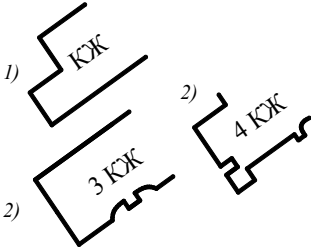
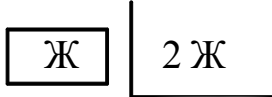
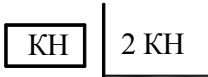
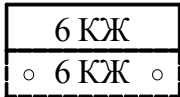
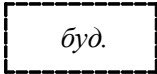
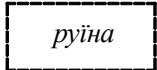
Об'єкти місцевості позначаються на планах і картах **умовними знаками**, які можна поділити на дві групи: масштабні, або контурні, і позамасштабні. *Масштабними умовними знаками* зображаються контурні і лінійні предмети місцевості, які відбиваються в масштабі плану чи карти (наприклад, ліси, городи, будівлі тощо). Предмети ж місцевості, які не відбиваються в масштабі плану чи карти, зображаються *позамасштабними умовними знаками* (наприклад, геодезичні знаки, дроти ліній електропередач тощо).

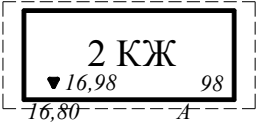
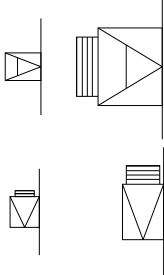
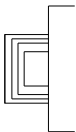
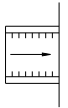
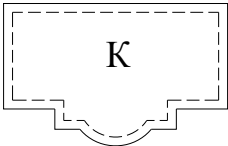
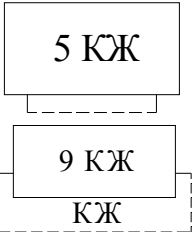
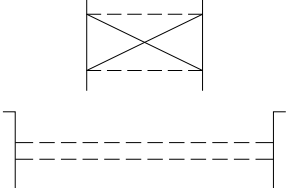
Масштабні умовні знаки зображають предмети подібно до оригіналу, отже, за планом можна визначити розміри таких предметів. Позамасштабні знаки визначають тільки точне місцезнаходження предметів і за ними неможливо визначити точні розміри цих предметів. Існують таблиці топографічних умовних знаків для топографічних карт і планів різних масштабів. В таблиці 8.3.1 зображені деякі з них, пов'язані з будівництвом для планів масштабу 1:500.

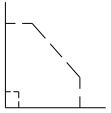
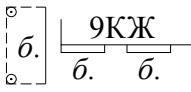
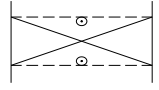
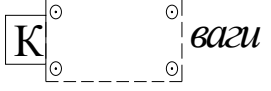
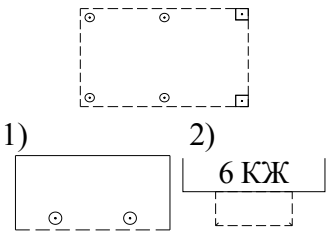
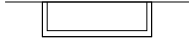
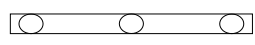
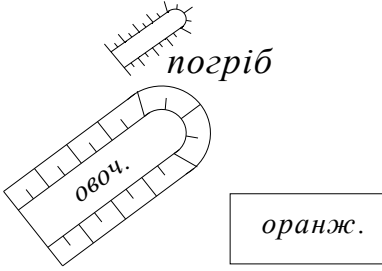
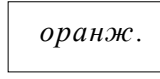
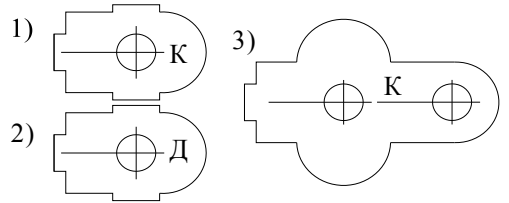
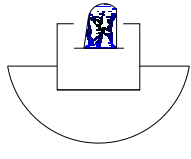
Таблиця 8.3.1

Умовні знаки

№	Назва та характеристика об'єктів	Умовні знаки
1	Пункти державної геодезичної мережі (в <i>чисельнику</i> дробу – позначка центру, в <i>знаменнику</i> – позначка землі; <i>ліворуч</i> від знака – назва пункту)	Ставки  $\frac{277,02}{277,62}$ Берега  $\frac{270,05}{270,62}$ Озеро  $\frac{277,02}{277,62}$
2	Пункти державної геодезичної мережі на будівлях (<i>цифри</i> та <i>букви</i> – характеристики будівель)	 5 КЖ
3	Пункти геодезичних мереж згущення та їх номери у стінах будівель (в <i>чисельнику</i> дробу – позначка центру, в <i>знаменнику</i> – позначка землі; <i>ліворуч</i> – номер пункту)	77  $\frac{326,53}{326,92}$  273  273  273  273  4 КЖ
4	Точки планових знімальних мереж: 1)тривалого закріплення на місцевості; 2)тимчасового закріплення на місцевості; 3)у стінах будівель; 4)на кутах капітальних будівель (координатні кути)	18 $\odot$ $\frac{385,51}{385,60}$ 19 $\odot$ 201,50  9 КЖ  5 КЖ
5	Пункти закріплення розмічувальних мереж для будівництва, поперечників і осей споруд	35 $\uparrow$ $\frac{224,52}{224,10}$
6	Знаки нівелірні: 1)репери фундаментальні (в <i>чисельнику</i> дробу – позначка головки, в <i>знаменнику</i> – позначка землі; <i>ліворуч</i> – номер знака); 2)репери ґрунтові; 3)репери ґрунтові координовані;	ϕ 28 $\otimes$ $\frac{324,28}{325,30}$ 7 $\otimes$ $\frac{349,80}{350,20}$ 219 $\otimes$ $\frac{159,72}{160,10}$ крд.

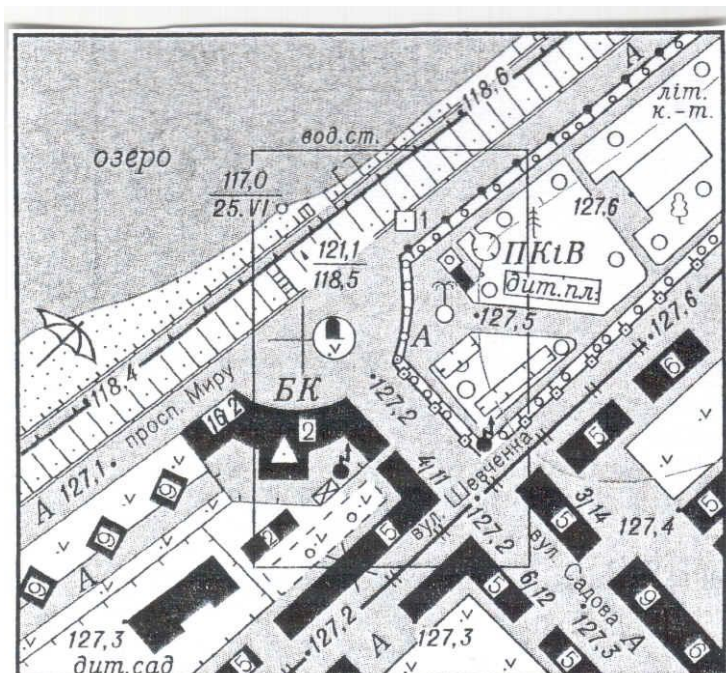
	4)репери ґрунтові будівельні, тривалого закріплення;	$\text{буд.2} \oplus \frac{214,94}{215,30}$
	5)репери та марки стінні;	
	6)репери тимчасові	$\text{тимч.15} \oplus \frac{617,96}{617,50}$
7	Перетин ліній координатної сітки	$+$
8	Будівлі житлові вогнестійкі (цегляні, кам'яні, бутонні, шлакобетонні тощо): 1)одноповерхові; 2)багатоповерхові (<i>цифри</i> – кількість поверхів, <i>букви</i> – матеріал спорудження та призначення будівлі)	
9	Будівлі житлові невогнестійкі (дерев'яні, саманні, глинобитні): 1)одноповерхові; 2)багатоповерхові	
10	Будівлі нежитлові вогнестійкі: 1)одноповерхові; 2)багатоповерхові	
11	Будівлі нежитлові: 1)одноповерхові; 2)багатоповерхові	
12	Будівлі з різноповерховими частинами	
13	Будинки з колонами замість частини або всього першого поверху	 
14	Будинки, що будуються	
15	Будинки зруйновані та напівзруйновані	

16	Вимощення будинків (букви – матеріал покриття) та номери будинків. Позначки висот: підлоги першого поверху (усередині контуру будівлі), вимощення, землі або тротуару на куті будинку	
17	В'їзди під арками	
18	В'їзди на другий поверх (позначки висот внизу і наверху)	
19	Ганки закриті: 1)кам'яні; 2)дерев'яні	
20	Ганки відкриті, сходи наверх	
21	Входи відкриті в підземні частини будівель	
22	Входи закриті в підземні частини будівель	
23	Наземні частини підземних споруд	
24	Нависаючі частини будинків, які не мають опор (вітрини, виступи тощо)	
25	Переходи між будинками та галереї для транспортерів надземні (повітряні)	

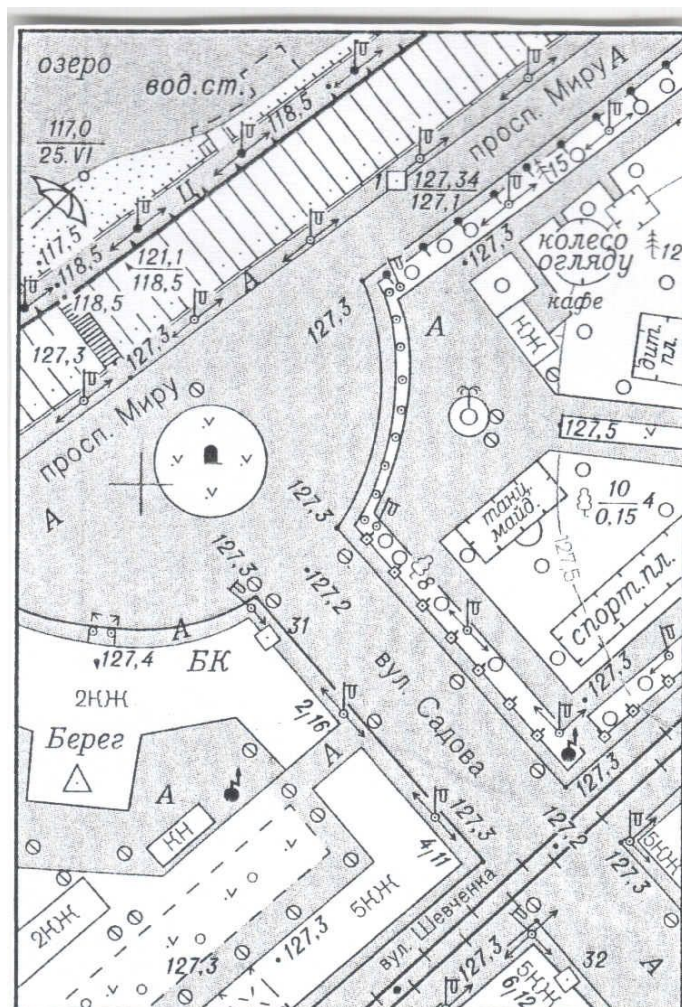
26	Ніші та лоджії	
27	Балкони на стовпах і такі, що опираються на землю	
28	Веранди та тераси	
29	Навіси та перекриття між будинками	
30	Навіси для автомобільних ваг	
31	Навіси 1)на стовпах; 2)на підкосах та навіси-козирки	
32	Прямки (прямники)	
33	Колонади	
34	Погреби (льохи) та овочесховища	
35	Оранжереї, теплиці	
36	Парники	
37	Церкви, костьоли, кірхи з куполами або без них: 1)кам'яні; 2)дерев'яні; 3)з двома куполами однакової висоти	
38	Пам'ятники та монументи	

На рис. 8.3.1 зображені фрагменти планів різних масштабів.

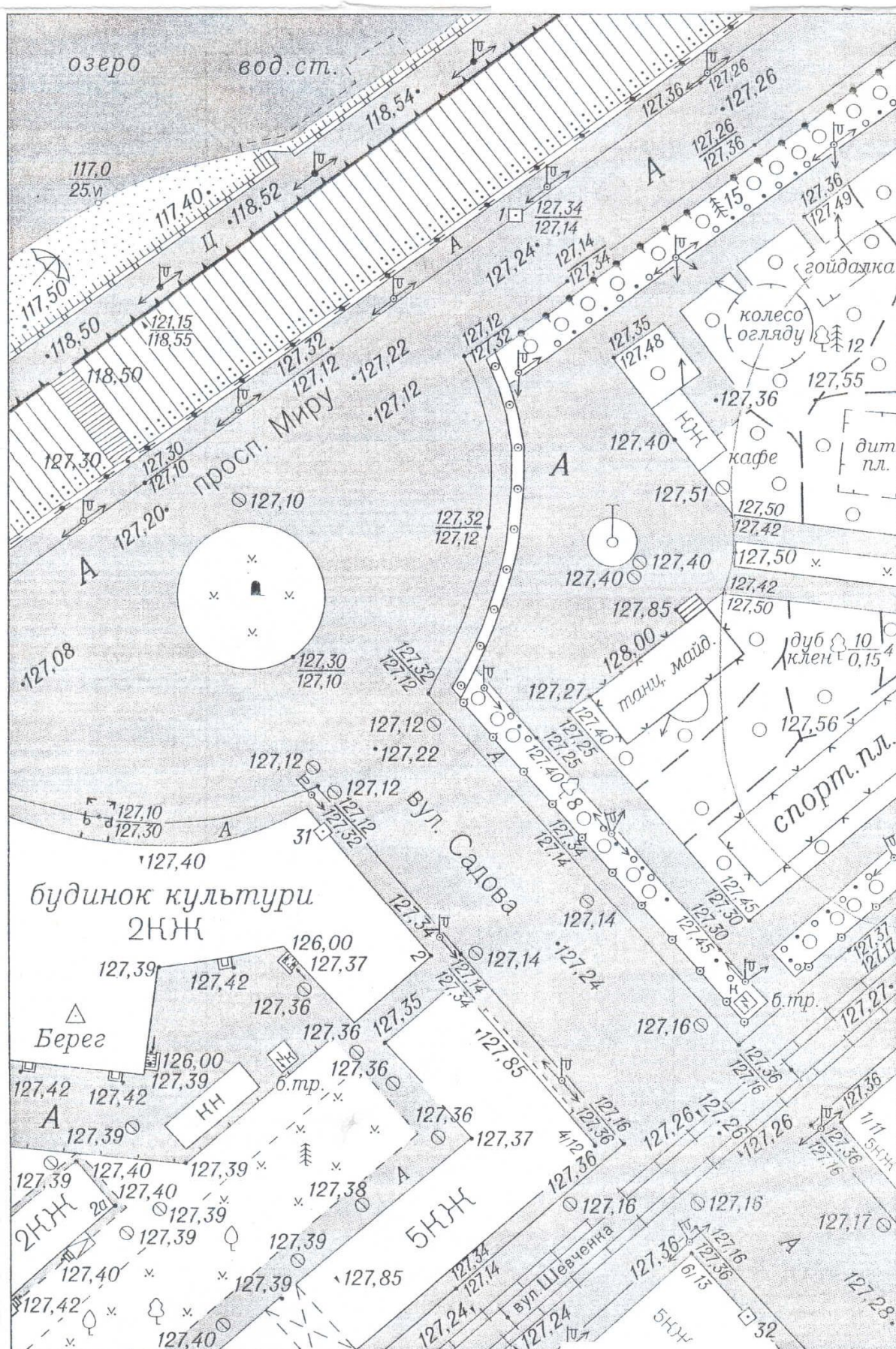
а)



1:5 000

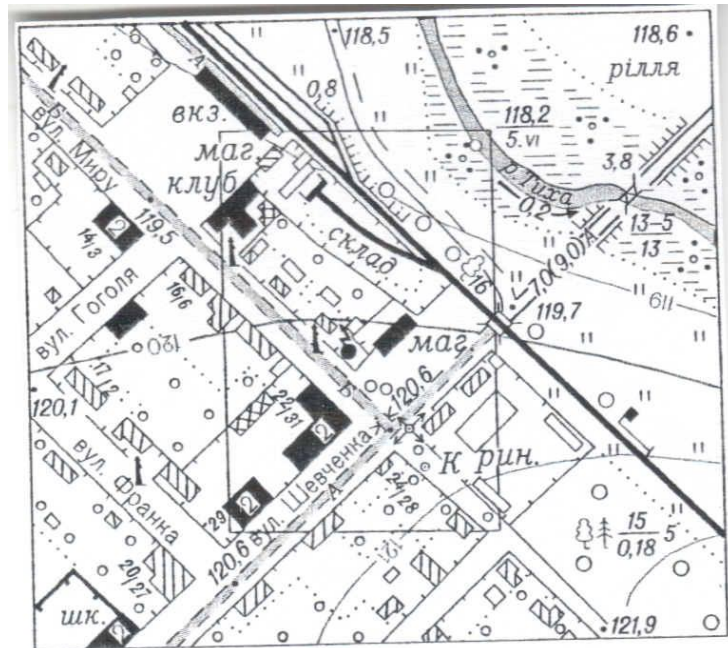


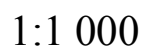
1:2 000



1:1 000

б)





93

а) приклади зображення частини міста; б) приклади зображення селища

Велике значення на картах і планах мають пояснювальні написи, власні назви, позначення літерами, числові дані — так звані пояснювальні умовні знаки.

Трубопроводи показують на топографічних планах з підрозділом на наземні (включаючи надводні), підземні і підводні. Наземні трубопроводи зображують суцільними лініями, інші — штриховими з однаковою довжиною ланцюгів, прокладені над і під водою по блакитному фону.

Недіючі трубопроводи і ті, які будуються, зображують на планах (з підписом нед. або буд.) тоді, коли їх положення на місцевості визначено. Коли наземний трубопровід проходить над землею, добавляють зображення опор. Якщо трубопровід заключено в короб, то останній позначають двома тонкими лініями по обидві сторони знака наземного трубопроводу і підписом, що характеризує матеріал короба (бет., дер. та ін.).

На трасах наземних трубопроводів при топографічному зніманні показують компенсаційні вигіби.

8.4 Зображення рельєфу місцевості на планах та картах

Рельєф (від лат. — підіймаю) — це сукупність нерівностей земної поверхні. За рельєфом місцевість підрозділяється на рівнинну, горбкувату і гірську.

Для зображення рельєфу земної поверхні на картах і планах користуються різними способами, залежно від призначення карти. На сучасних топографічних планах і картах рельєф зображають способом позначок і горизонталей. На карті підписують абсолютні позначки характерних точок рельєфу (вершини підвищених форм рельєфу, дна западин, урізів води тощо) і відносні висоти порівняно дрібних форм рельєфу (курганів, ям, обривів, берегів). Особливості будови рельєфу відображають способом горизонталей.

Горизонталі — це сліди перерізів земної поверхні рівновіддаленими рівневими поверхнями, тобто горизонталь — це лінія, всі точки якої мають однакову позначку.

Геометричну суть горизонталей подамо такою побудовою. Уявимо озеро, в середині якого підіймаються конусоподібні підводні острови (рис. 8.4.1). Відмітимо берегову лінію урізу води. Будемо підвищувати рівень води однаковими сходами-рівнями. Після кожної сходинок береговій лінії островів будуть відповідати певні замкнені лінії — горизонталі. Горизонталі мають такі властивості: це замкнені криві, які не можуть перетинатись, чим менша відстань між горизонталями, тим крутіший схил на місцевості.

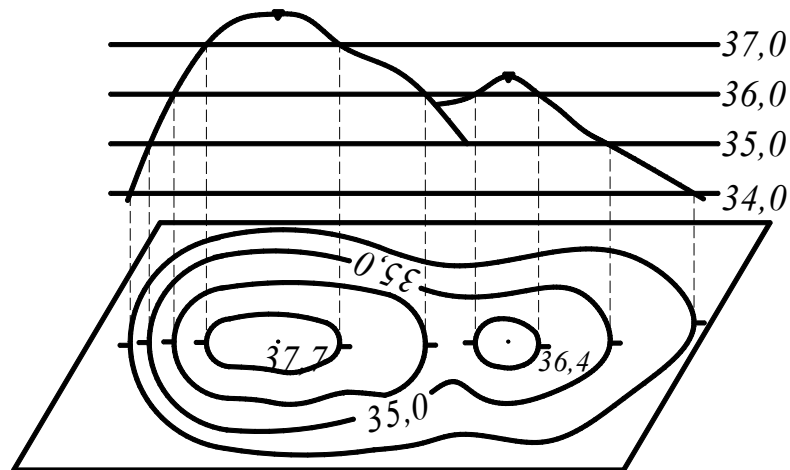


Рис. 8.4.1 Побудова горизонталей

Відстань між січними поверхнями називається *висотою перерізу рельєфу* h_n , або просто *перерізом рельєфу*. Залежно від масштабу карти чи плану і характеру рельєфу земної поверхні користуються різними перерізами рельєфу. На планах, що створюються в масштабі 1:10000, $h_n = 2,0$ м; 2,5 м і 5,0 м, 1:5000 — $h_n = 1$ або 2 м, 1:2000 і 1:1000 — $h_n = 0,5$ або 1 м, у масштабі 1:500 — $h_n = 0,25$ або 0,5 м.

Для зображення плоскорівнинної і рівнинної місцевості використовують менший переріз. Переріз рельєфу збільшується при зображенні горбистих передгірних, гірських і високогірних районів. Такий вибір перерізу рельєфу ґрунтується на зв'язку його з закладанням a і крутизоною схилу v (рис. 8.4.2):

$$h_n = a \operatorname{tg} v, \quad (8.4.1)$$

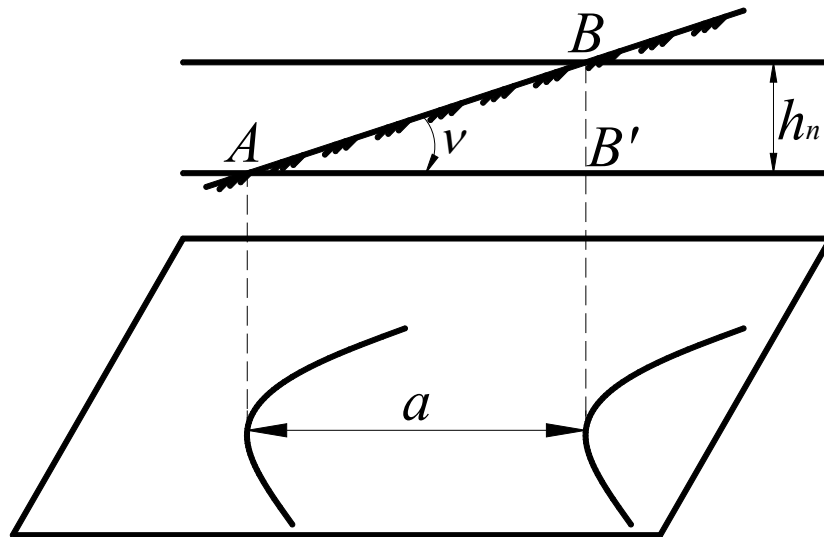


Рис. 8.4.2 Визначення елементів рельєфу

Закладанням a називається відстань на плані між сусідніми горизонталями. Закладання не може бути меншим від 0,2 мм у масштабі плану. При розрахунку a виходять з великих значень v . На плані проводять не тільки основні горизонталі з перерізом рельєфу h_n , а й додаткові напівгоризонталі з перерізом рельєфу $0,5h_n$, чвертьгоризонталі з перерізом рельєфу $0,25h_n$, а також допоміжні — з довільним перерізом рельєфу. Додаткові горизонталі проводять у разі великих закладань (понад 2 см) для кращої характеристики рельєфу. Допоміжні горизонталі використовують, головним чином, для характеристики режиму водоймищ, за їх допомогою зображають межу розливу рік.

Горизонталі з позначками, кратними $5h_n$, потовщують і підписують у місцях розриву їх плавного ходу.. Верх підпису горизонталі завжди спрямовано на підвищення. На крутих поворотах горизонталей напрям схилу показують бергштрихами (від нім. гора-лінія). Горизонталі позначають коричневим кольором. Якщо основні горизонталі — це неперервні замкнені лінії, то додаткові горизонталі креслять пунктиром (від нім. «робити крапки») і обривають в місцях, де закладання менше за 2 см.

Проводять горизонталі по досить густій (через 1-2 см на плані) мережі точок земної поверхні, позначки яких відомі з топографічного знімання (рис. 8.4.3).

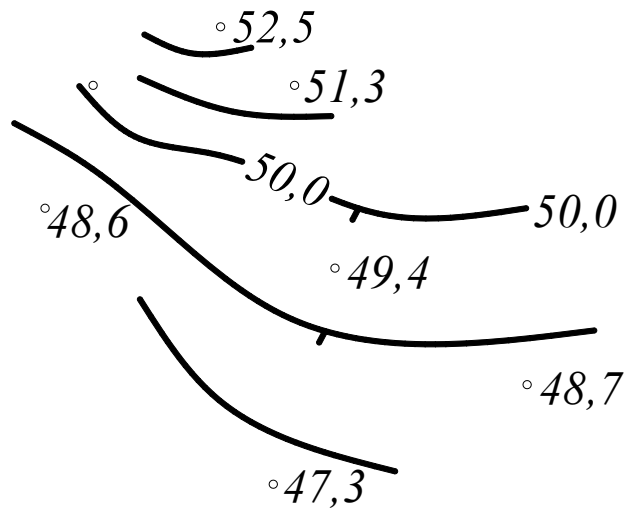


Рис. 8.4.3 Точки з позначками і горизонталі

Ця мережа має характеризувати скелет рельєфу: його характерні лінії – *водорозділ*; *тальвег* (від нім. долина-дорога) — лінія, що сполучає найнижчі точки дна річкової долини, яру, балки тощо; *підощва* гори, бровки тощо і найвищі точки (вершину гори, дно улоговини тощо). Далі на плані зберігають позначки лише деяких точок, оскільки горизонталі майже повністю передають скелет рельєфу і більшість його елементів. Для позначення елементів рельєфу, які не зображуються горизонталями (котловани, скелі, обриви, кар'єри та інше), користуються топографічними умовними знаками.

8.5 Топографічні плани для вишукувань і проектування інженерних споруд

При вишукуваннях і проектуванні інженерних споруд використовують топографічні карти та плани різних масштабів. Дрібномасштабні карти використовують для техніко-економічного обґрунтування проекту споруди. За планами середнього масштабу виконують попередні вишукування і проектування. Великомасштабні плани є топографічною основою для остаточного проектування всіх видів інженерних споруд.

Для детальної розробки проектів у період остаточних вишукувань виконують великомасштабні топографічні знімання і складають так звані плани вишукувань.

Ці плани мають свої особливості. На відміну від державних топографічних планів, які використовуються протягом тривалого часу, плани вишукувань служать тільки в період проектування і будівництва

споруд. Після закінчення будівництва змінюються елементи попередньої ситуації і рельєфу, виникає необхідність проведення нових знімів на площі забудови – виконавчих знімів.

Тому при складанні великомасштабних планів вишукувань до них ставлять вимоги з урахуванням особливостей конструкції і проектування споруд. Так, на забудованих територіях з високою точністю визначають місцезнаходження капітальних будівель, підвищують точність висотної основи і детальність зображення рельєфу.

Плани вишукувань повинні бути точними з детальним зображенням ситуації і рельєфу місцевості та відрізнятися повнотою.

Вибір масштабів планів вишукувань визначається: стадією проектування; складністю розв'язання проектних задач, пов'язаних з вирішенням їх на плані; складністю ситуації та рельєфу місцевості; умовами використання існуючої забудови, наочністю виконаних проектів; точністю проектування і винесення в натуру проекту споруд.

Топографічні плани є основою для складання генерального плану будівництва, детального розміщення його основних елементів та інших задач проектування. При проектуванні на забудованій території враховують існуючу капітальну забудову, дороги, підземні й наземні інженерні мережі (водопровідні, каналізаційні, електричні та ін.). Тому вимоги до складання топографічних планів підвищуються. На незабудованій території, або майданчику з малоцінною забудовою вимоги щодо точності, детальності і повноти можуть бути дещо знижені, а масштаб – дрібнішим.

Використовуючи топографічний план як основу будівельного проектування, складають **генеральний план**. Це великомасштабний план, на якому показаний весь комплекс наземних і підземних будівель і споруд.

На генеральному плані міста показують усі існуючі та проектовані будівлі, споруди, дороги тощо. Генеральний план промислових підприємств містить у собі: основні виробничі і допоміжні будівлі, енергетичне обладнання (трансформатори, підстанції тощо), адміністративно-господарчі і побутові будівлі; склади, транспортні

споруди, інженерні мережі та ін. Положення будівель і споруд на генеральному плані визначається координатами точок осей і позначками основних монтажних горизонтів.

Окремим видом генерального плану є *будівельний генеральний план*. На ньому, крім щойно названих елементів генерального плану, вказують усі допоміжні і тимчасові виробничні будівлі, транспортні шляхи, інженерні мережі, склади та ін.

Запроектовані на папері споруди треба звести на місцевості у суворій відповідності з їх положенням на генеральному плані відносно існуючих споруд і пунктів геодезичних мереж у плані і по висоті. Крім того, необхідно виконати вертикальне перепланування ділянки будівництва згідно з проектом.

Тому у склад генерального плану входять і документи, розроблені геодезистами:

- *розмічувальне креслення* із вказівкою координат точок перетину головних і основних осей проїздів, точок повороту транспортних пристроїв, мереж підземних і надземних комунікацій;

- *план вертикального планування* будівельного майданчика з картограмою земляних мас і профілями зовнішніх і внутрішніх залізничних і безрельсових шляхів.

9 ПЛАНОВА І ВИСОТНА ОСНОВА ГЕОДЕЗИЧНИХ РОЗМІЧУВАЛЬНИХ РОБІТ

Геодезична знімальна основа, створена на будівельному майданчику в період вишукувань, за своєю точністю і густотою розміщення пунктів мережі забезпечує виконання топографічного знімання у масштабі, необхідному для проектування споруди.

Інженерно-геодезичні розмічувальні роботи в період будівництва виконуються з більш високою точністю. Тому на будівельному майданчику до початку будівельних робіт утворюється планова та висотна основа більш високої точності і з більшою густотою пунктів. Її називають *геодезичною розмічувальною основою* або спеціальною мережею згущення.

Форма і точність мережі залежать від типу і розмірів споруди, її конструкції і необхідної точності дотримання геометричних параметрів. Мережа може розвиватися на основі пунктів державних мереж або самостійно, в умовній системі. Вона повинна забезпечити точність вимірювань у плановому та висотному відношеннях при виконанні всіх видів інженерно-геодезичних робіт щодо винесення на місцевість комплексу будівель, споруд та інженерних комунікацій.

Геодезична розмічувальна основа на будівельному майданчику створюється у вигляді мережі закріплених пунктів. При цьому повинен бути забезпечений зв'язок з пунктами державної геодезичної мережі, мереж місцевого значення, а також пунктами мереж, які створюються при вишукуваннях.

Проектування і створення мережі повинно виконуватися в порядку і в терміни, які відповідають стадіям проектування та черговості будівництва споруд. Проект мережі складається на основі розробленого генерального плану об'єкта будівництва.

Геодезичну розмічувальну основу в плані створюють методами: триангуляції, трілатерації, полігонометрії та теодолітних ходів. При будівництві промислових підприємств її створюють у вигляді будівельної мережі (сітки), лінії якої прокладають паралельно планувальним осям проектуємих будівель і споруд.

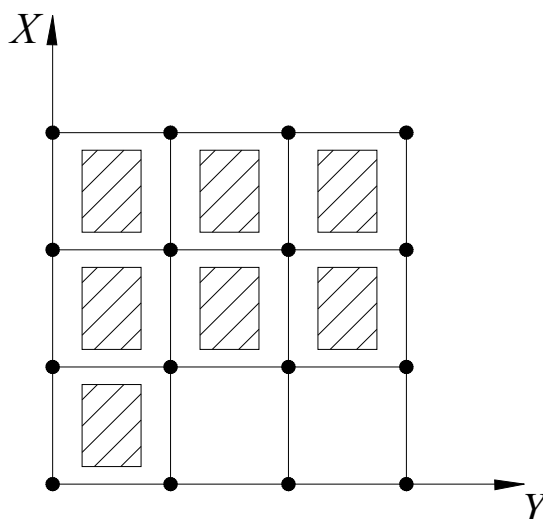


Рис. 9.1 Будівельна сітка

При відсутності на майданчику пунктів державної мережі, а також на великих ділянках забудови можуть створюватись вільні (локальні) мережі в умовній системі координат і висот.

Висотну розмічувальну основу створюють методом геометричного нівелювання у вигляді замкнених і розімкнених нівелірних ходів так, щоб позначки пунктів були отримані не менше, ніж від двох реперів державної геодезичної мережі, або мережі місцевого значення. Пункти висотної мережі, в основному, поєднують з пунктами планової мережі.

Геодезичну розмічувальну основу поділяють на зовнішню і внутрішню. Зовнішня геодезична основа створюється і закріплюється поза будівлею або спорудою. Вона служить для виконання будівельних робіт *нульового циклу*: планування будівельного майданчика, упорядкування котловану, зведення фундаментів до позначки **будівельного нуля**. Цей етап називають зведенням підземної частини будівлі.

Внутрішня геодезична розмічувальна основа розвивається від пунктів зовнішньої геодезичної основи. Її пункти закріплюються на рівні підлоги першого поверху. Взаємне положення пунктів внутрішньої основи повинно бути отримано, як правило, з більш високою точністю, ніж пунктів зовнішньої основи. Для цього виконують геодезичні вимірювання підвищеної точності. Створені на нульовому горизонті геодезичні розмічувальні мережі називають

базисними. Схема базисних мереж залежить від конфігурації будівлі (рис.9.2).

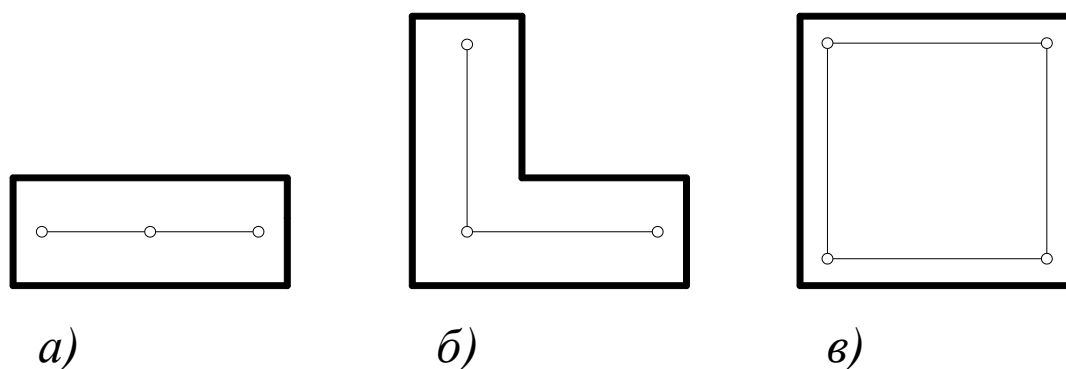


Рис. 9. 2 Найпростіші базисні мережі

При монтажі пункти базисних мереж переносять на розташовані вище монтажні горизонти. Мережа, яка утворена пунктами всіх монтажних горизонтів, називається *просторовою геодезичною мережею*.

Точність побудови зовнішньої геодезичної основи характеризується даними, наведеними у табл.9.1. При побудові внутрішньої основи користуються допусками встановлення елементів конструкцій в проектне положення. У базисних мережах вимірюють усі кути та лінії, тому їх називають *лінійно-кутовими*.

Геодезичну розмічувальну основу створюють з перспективою її використання при експлуатації споруди (дослідження деформацій), її розширення та реконструкції.

В табл.9.1 наведені допустимі середні квадратичні похибки (точність) побудови геодезичної розмічувальної мережі для будівельних об'єктів, а в табл. 9.2 – допуски встановлення елементів конструкцій будівлі (споруди) в проектне положення (згідно ДБН В.1.3-2:2010 «Геодезичні роботи в будівництві»).

Таблиця 9. 1

Характеристика точності побудови геодезичної розмічувальної мережі

№ п./п.	Характеристика об'єктів будівництва	Середні квадратичні похибки побудови геодезичної розмічувальної мережі будівельного майданчика, не більше		
		кутові вимірювання	лінійні вимірювання	нівелювання на 1 км ходу, мм
1	Підприємства та групи будівель (споруд) на ділянках площею більш ніж 1 км ² ; окремо розташовані будівлі (споруди) площею забудови більш ніж 100 тис.м ²	3"	2 мм для L до 50 м, $\frac{L}{25000}$ для L понад 50 м	3 (за програмою II класу у відповідності до інструкції з нівелювання)
2	Підприємства і групи будівель (споруд) на ділянках площею менше ніж 1км ² ; окремо розташовані будівлі (споруди) площею забудови від 10 до 100тис. м ²	5"	5 мм для L до 50 м, $\frac{L}{10000}$ для L понад 50 м	5 (за програмою III класу у відповідності до інструкції з нівелювання)
3	Окремо розташовані будівлі (споруди) із площею забудови менше ніж 10 тис.м ² ; дороги, інженерні мережі в межах територій, щозабудовуються	10"	10 мм для L до 50 м, $\frac{L}{5000}$ для L понад 50 м	10 (за програмою IV класу у відповідності до інструкції з нівелювання)
4	Дорогі, інженерні мережі територій, які не забудовуються; земляні споруди, а також вертикальне планування	30"	25 мм для L до 50 м, $\frac{L}{2000}$ для L понад 50 м	20 (за програмою технічного нівелювання)
Примітка. L - вимірювана довжина.				

Таблиця 9. 2

Характеристика точності побудови геодезичної розмічувальної мережі будівлі (споруди)

Характеристика будівель, споруд, будівельних конструкцій	Середні квадратичні похибки побудови зовнішньої і внутрішньої геодезичних розмічувальних мереж будинку (споруди) й інших розмічувальних робіт, не більше				
	лінійні вимірювання	кутові вимірювання	Нівелювання на станції на вихідному та монтажному горизонтах, мм	Передача позначок на монтажний горизонт відносно вихідного, мм	Передача точок, осей по вертикалі, мм
1	2	3	4	5	6
Металеві конструкції з фрезерованими контактними поверхнями; збірні залізобетонні конструкції, які монтуються методом самофіксації у вузлах; будівлі та споруди висотою понад 100 м або із прогонами від 30 м до 36 м	1 мм для L до 15 м, $\frac{L}{15000}$ для L понад 15 м	5"	1	$2 + 10 \times H$	$1 + 2 \times H$
Будинки вище ніж 15 поверхів; будівлі та споруди висотою від 73,5 м до 100 м або із прогонами від 18 до 30 м	2 мм для L до 20 м, $\frac{L}{10000}$ для L понад 20 м	10"	2	$4 + 15 \times H$	$2 + 3 \times H$
Будинки до 15 поверхів; будівлі та споруди висотою до 73,5 м або із прогонами від 6 м до 18 м	3 мм для L до 15 м, $\frac{L}{5000}$ для L понад 15 м	15"	3	$6 + 20 \times H$	$3 + 5 \times H$
Будинки до 5 поверхів; будівлі та споруди висотою до 15 м	4 мм для L до 20 м, $\frac{L}{5000}$ для L понад 20 м	30"	5	$10 + 50 \times H$	$5 + 10 \times H$

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

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

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

10 ГЕОДЕЗИЧНА ПІДГОТОВКА ПРОЕКТІВ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ

Вертикальне планування – це перетворення існуючого рельєфу для забезпечення нормальних умов експлуатації освоюваної території. Залежно від особливостей об'єкта до вертикального планування ставиться багато вимог. Для більшості об'єктів транспортного, промислового, цивільного і житлового будівництва метою вертикального планування є забезпечення поверхневого стоку опадів, що випадають на землю. А наприклад, при вирощуванні рису поле заливають рівномірним шаром води товщиною 10...15 см, для чого необхідне планування горизонтальної, а не похилої, площини.

Крім урахування уклонів до розрахункових характеристик вертикального планування відноситься вимога мінімального переміщення землі на освоювану територію або з неї. Іноді ставиться також вимога, щоб об'єми виїмок і насипів були однаковими, тобто щоб був досягнутий баланс земляних робіт при планувальних роботах.

Позначки території забудови, що проектують, ув'язують з існуючими позначками. Для збереження природного середовища і зменшення об'ємів земляних робіт з вертикального планування проектування виконують з максимальним наближенням проектних позначок H_n до існуючих H_z .

Залежно від місцевих умов і вигляду поверхні проектування вертикального планування виконують методами позначок, проектних горизонталей, профілів або комбінацією цих методів. Усі геодезичні розрахунки по складанню проекту вертикального планування зводяться до визначення робочих позначок утворюваного рельєфу (насипів і виїмок):

$$h_p = H_{\Pi} - H_z. \quad (10.1)$$

Для вертикального планування виконують такі роботи:

- топографічне знімання земної поверхні з достатньою для проектування точністю;
- проектування вертикального планування;

– геодезичні роботи по винесенню проекту вертикального планування в натуру і обслуговуванню будівельних робіт при плануванні.

Знімання відкритої поверхні для складання проектів вертикального планування найчастіше виконують методом нівелювання по квадратах або по прямокутниках. Для цього на місцевості розбивають сітку геометричних фігур із сторонами довжиною 10...20 м і геометричним нівелюванням через горизонт інструменту ГІ визначають позначки їх вершин.

У пересіченій і напівзакритій місцевостях знімання виконують нівелюванням уздовж профілів, рівномірно розмічених на території, що знімається. При необхідності поздовжні профілі згущують поперечними. Геометричні фігури і профілі прив'язують до опорних геодезичних мереж.

На закритій пересіченій і забудованій територіях, де неможливо розмітити квадрати або рівномірно прокласти профілі, позначки точок земної поверхні визначають тахеометричним зніманням або знімають графічно з великомасштабного топографічного плану. Незважаючи на порівняно меншу точність графічного визначення позначок точок з планів, це визначення часто використовують на практиці у зв'язку з його виключною оперативністю.

Залежно від необхідної точності одержання проектних позначок проектування виконують графічним, аналітичним або графоаналітичним способом. Найчастіше застосовують *графоаналітичний спосіб*, в якому поєднується точність аналітичного і оперативність графічного способів.

Згідно з формулою 10.1 додатні робочі позначки відповідають насипу, від'ємні - виїмці. Точки, в яких позначки землі збігаються з проектними, називаються *точками нульових робіт* (тобто відсутні і зрізка, і підсипка). Лінії, що поєднують точки рівних висот насипів і рівних глибин виїмок, називаються *ізоробами* (від гр. – однакова робота). Окремий вид ізороби – це *лінія нульових робіт*, яка з'єднує точки нульових робіт (рис. 10.1).

Для проекту вертикального планування найчастіше застосовують метод *проектних горизонталей*, який полягає у проведенні на плані відповідного масштабу горизонталей, що зображають проектний рельєф. Переріз залежно від проектних ухилів поверхні, що планується, приймають невеликим, він дорівнює 0,10...0,50м (рис.10. 2).

При необхідності більш точного визначення позначок, наприклад при невеликих ухилах, проектні позначки задаються аналітично у вигляді позначки вихідної точки і показників ухилів у двох взаємно перпендикулярних напрямках, паралельних координатним осям або сторонам квадратів (рис.10. 3).

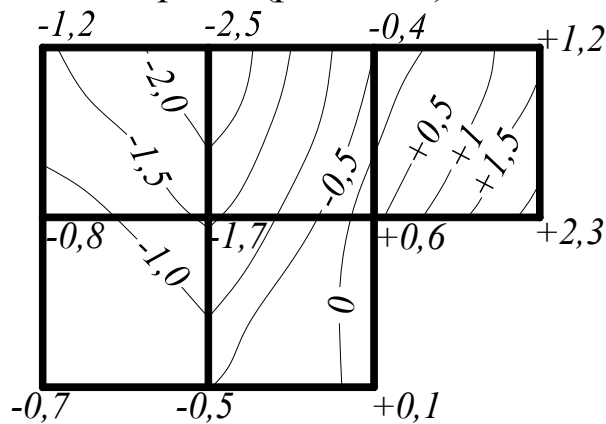


Рис. 10.1 Схема побудови ізороб через 0,5м

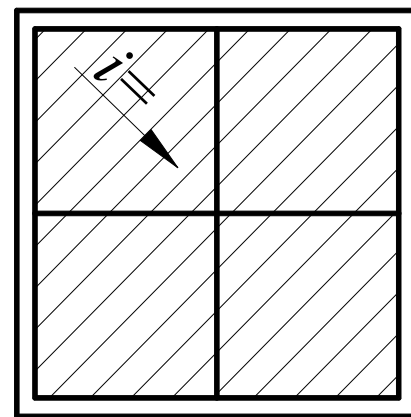


Рис. 10. 2 До проектування вертикального планування за методом проектних горизонталей: i – проектний ухил

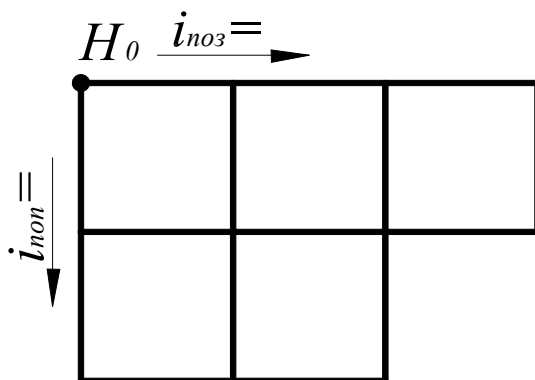


Рис. 10. 3 До визначення проектних позначок похилої площини через поздовжній і поперечний проектні ухили

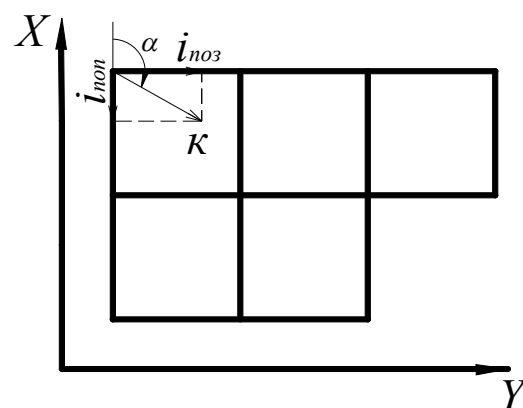


Рис. 10. 4 Перехід від загального проектного ухилу до поздовжнього і поперечного за осями

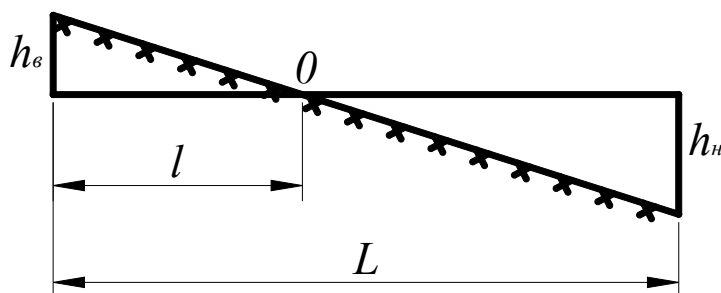


Рис. 10. 5 До визначення точки нульових робіт

Графічне розташування на плані насипів і виїмок називається **картограмою земляних робіт**. Побудову картограми починають з накреслення сітки квадратів і винесення на неї позначок земної поверхні у вершинах квадратів. Проектна позначка будь-якої точки K визначається відносно до проектної позначки вихідної точки за формулою :

$$H = H_0 + i_{noz} d_{noz} + i_{non} d_{non}. \quad (10.2)$$

де H_0 – позначка вихідної точки проектної площини планування;

i_{noz} , i_{non} – проектні ухили у напрямі відповідно поздовжньому і поперечному;

d_{noz} , d_{non} – відстань від вихідної до точки K , що визначається у напрямках відповідно поздовжньому і поперечному.

Якщо задано один загальний ухил площини i під дирекційним кутом α (рис.10.4), то спочатку його розкладають на поздовжній і поперечний проектні ухили:

$$\begin{aligned} i_{noz} &= i \sin \alpha; \\ i_{non} &= i \cos \alpha. \end{aligned} \quad (10.3)$$

Для кожної вершини за формулою 10.2 визначають проектні позначки, а за формулою 10.1 – робочі. Якщо у точках, розташованих поряд, робочі позначки мають протилежні знаки, то між ними знаходиться точка нульових робіт. Це точка, у якій проектна лінія перетинає існуючий рельєф, її положення визначають аналітично, обчислюючи відстань від однієї з вершин фігури (рис.10.5)

$$l = \frac{h_в}{h_н + h_в} L. \quad (10.4)$$

де $h_н$, $h_в$ – робочі позначки сусідніх вершин (насипу й виїмки);

L – довжина сторони між цими вершинами.

Для практичних цілей точку нульових робіт достатньо визначити графічно. Для цього перпендикулярно до сторони, на якій визначається точка нульових робіт, у вершинах відкладають у довільному масштабі в протилежних напрямках робочі позначки. Точка перетину лінії, що з'єднує вершини побудованих перпендикулярів із стороною квадрату, вкаже положення нуля земляних робіт (рис.10.5).

З'єднуючи сусідні точки нульових робіт, одержують лінію нульових робіт, яка поділяє всю площу на зони виїмок і насипів (рис.10.6).

Для наочності побудовану картограму земляних робіт розфарбовують двома кольорами (насип – червоним, виїмку – жовтим) або різною штриховкою (насип – вертикальною, виїмку – горизонтальною).

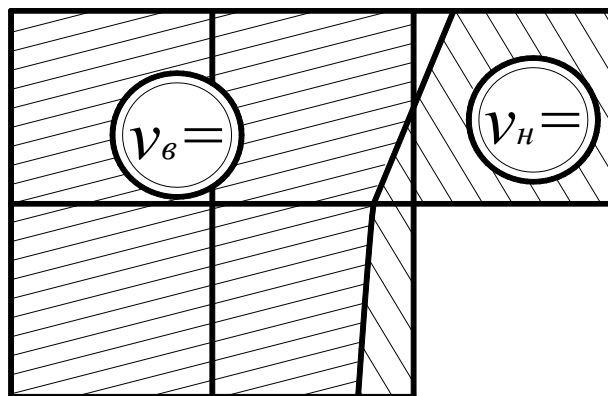


Рис. 10.6 Картограма земляних робіт

Залежно від місцезнаходження лінії нульових робіт квадрати розрізняють: однорідні (повні) і неоднорідні (змішані). В однорідних знаки робочих позначок усіх вершин квадрата однакові, тобто по всьому квадрату повинна бути або зрізка, або підсипка. У неоднорідному квадраті знаки робочих позначок вершин не збігаються і такий квадрат ділиться лінією нульових робіт на ділянки насипу і виїмки.

Для окремого однорідного квадрата об'єм земляних робіт $V_{од}$ можна визначити як об'єм призми, що має площу основи, яка дорівнює площі P квадрата, і висоту, яка дорівнює середньому арифметичному з робочих позначок всіх чотирьох кутів:

$$V_{од} = P \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4}, \quad (10.5)$$

де h_1, h_2, h_3, h_4 – робочі позначки вершин квадрату.

Для прискорення розрахунку об'єму земляних робіт по всіх однорідних квадратах одного знаку його обчислюють зразу для всієї площі, зайнятої цими квадратами:

$$V = P \frac{\sum h_1 + 2\sum h_2 + 3\sum h_3 + 4\sum h_4}{4}, \quad (10.6)$$

де $\sum h_1$ – сума робочих позначок вершин квадратів, не спільних з іншими квадратами;

$2\sum h_2 + 3\sum h_3 + 4\sum h_4$ – суми робочих позначок вершин квадратів, єдиних для двох, трьох і чотирьох квадратів.

Об'єми земляних робіт у неоднорідних квадратах визначають після розділу такого квадрата лінією нульових робіт на окремі фігури – трикутники, трапеції, прямокутники та ін.

Об'єм робіт у таких окремих фігурах:

$$V_q = P_q h_{cp}. \quad (10.7)$$

де P_q – площа окремої фігури;

h_{cp} – середня робоча позначка окремої фігури (у розрахунок середньої позначки включаються всі точки, в тому числі і точки нульових робіт).

При проектуванні вертикального планування для збереження балансу земляних робіт знаходять геометричний центр ділянки. Планове положення центру ваги визначають графічно. Він лежить на перетині ліній, що з'єднують центри ваги елементарних ділянок, які складають загальну ділянку (рис.10.7). Позначка центру ваги ділянки:

$$H_{ц.в.} = H_{min} + \frac{\sum h'_1 + 2\sum h'_2 + 3\sum h'_3 + 4\sum h'_4}{4n}, \quad (10.8)$$

де H_{min} – найменша з чорних (фактичних) позначок вершин квадратів, зокруглена до дециметрів;

$\sum h'_1, \sum h'_2, \sum h'_3, \sum h'_4$ – сума умовних позначок вершин, які належать відповідно одному, двом, трьом і чотирьом квадратам;

n – кількість квадратів.

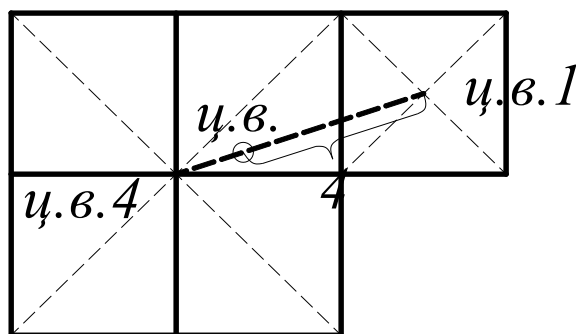


Рис. 10. 7 **Схема визначення центру ваги ділянки графічним способом**

Умовні позначки вершин квадратів

$$h'_k = H_k - H_{min}, \quad (10.9)$$

де H_k – позначка землі у k -й вершині квадратів, $k = 1, 2, 3, \dots$

Якщо на території ділянки, що планується, передбачено будівництво споруд, то необхідно додатково врахувати об'єми ґрунту, який буде вийнято з котлована. Для відновлення нульового балансу знаходять поправку до вихідної проектної позначки.

11 ГЕОДЕЗИЧНІ РОЗМІЧУВАЛЬНІ РОБОТИ

11.1 Завдання і зміст геодезичних розмічувальних робіт

Геодезичні розмічувальні роботи передують усім видам будівельних робіт, супроводжують їх і завершують будівництво будівель і споруд. Вони є складовою частиною всіх технологічних операцій будівельного виробництва. Розмічувальні роботи полягають у винесенні на місцевість проекту будівель, споруд та встановленні в проектне положення елементів конструкцій. Цим досягається зведення будівель і споруд відповідно до форм і розмірів, наведених у проекті.

Розрізняють основні і детальні геодезичні розмічувальні роботи. В свою чергу вони поділяються на планові та висотні.

Основні планові розмічувальні роботи полягають у створенні на будівельному майданчику геодезичної розмічувальної основи і винесенні на місцевість положення головних або основних осей споруд. Розмічування осей комплексу споруд, групи будівель, промислових споруд тощо виконується від пунктів планової геодезичної основи, які є на будівельному майданчику. Винесення на місцевість осей окремих житлових і громадських будівель у районі існуючої забудови або окремих будівель на території діючого промислового підприємства іноді здійснюють від твердих місцевих предметів і контурів (будівель, доріг, стовпів ЛЕП тощо). Від місцевих предметів і контурів дозволяється виносити головні осі лінійних споруд: доріг, каналів, ліній ЛЕП, трубопроводів та ін.

Детальні планові геодезичні розмічувальні роботи полягають у винесенні основних осей (якщо раніше були винесені головні), детальних монтажних осей, а також інших видів робіт для визначення в плані положення частин і елементів конструкцій відносно цих осей. Однак, це не охоплює всі можливості винесення детальних осей від пунктів геодезичної основи. Практично використовують усі наявні можливості для того, щоб встановити елементи будівельних конструкцій у проектне положення із заданою точністю.

Основні висотні розмічувальні роботи полягають у винесенні на територію будівельного майданчика основних висотних реперів. Позначки їх визначають від реперів державних або спеціальних геодезичних мереж. Поблизу споруджуваної будівлі встановлюють реperi на рівні *будівельного нуля*. **Будівельний нуль** – це позначка чистої підлоги першого поверху. Від нього визначаються позначки всіх точок будинку. Точки, розташовані вище *будівельного нуля*, мають позначки із знаком «+», нижче – із знаком «-».

Детальні висотні розмічувальні роботи полягають у встановленні за висотою елементів конструкцій будівель і споруд у процесі монтажу. Їх виконують від основних висотних реперів або *будівельних нулів*. На монтажних горизонтах (перекриттях поверхів) їх виконують відносно робочих реперів. Рекомендується робочі реperi встановлювати на проектну позначку монтажного горизонту. Якщо при монтажі рівень верху конструкцій монтажного горизонту дещо завищений, то за позначку робочого репера беруть найвищу точку конструкції в межах монтажного горизонту.

Часто винесення на місцевість точок або елементів конструкцій споруд виконується водночас у плані і за висотою.

За своїм змістом геодезичні розмічувальні роботи протилежні вимірюванням при зніманні місцевості. При зніманні за результатами вимірювань складають топографічні карти, плани й профілі. Під час розмічування за проектними планами і профілями визначають на місцевості положення осей та інших, необхідних для будівництва, точок споруд. Тому методи розмічувальних робіт відрізняються від методів знімання місцевості, хоча й мають однакові назви. Крім того, точність розмічувальних робіт набагато вища.

Для проведення геодезичних розмічувальних робіт на стадії розробки проекту споруди виконують інженерно-геодезичне проектування або геодезичну підготовку винесення в натуру проекту споруди. На цій стадії складають розмічувальні креслення з усіма даними для винесення на місцевість проекту споруди.

Винесення проекту споруди полягає у визначенні на місцевості характерних точок осей споруди. Для цього на місцевості будують

проектні кути, відкладають проектні відстані і виносять проектні перевищення (позначки). Геодезичні роботи, пов'язані з винесенням на місцевість кута, лінії і перевищення, складаються з *елементів геодезичних розмічувальних робіт*.

Розмічувальні роботи виконуються в такій самій послідовності, як і геодезичні - від загального до часткового. Однак точність робіт від етапу до етапу не знижується, а підвищується. Загальний *порядок розмічування споруд* такий:

1.*Винесення і закріплення на місцевості точок головних або основних осей споруд*. Точність робіт при цьому різна. На промислових майданчиках та інших інженерних спорудах, де будівлі і споруди відповідають логічним процесам виробництва, точність розмічувальних робіт залежить від прийнятого способу проектування, похибок геодезичної підготовки проекту і точності технологічного зв'язку, що вимагається. Іноді при будівництві окремих будівель точність винесення відповідає графічній точності масштабу генерального плану ($\Delta r = 0,2\text{мм} \cdot M$, де M – знаменник числового масштабу плану).

2.*Детальне розмічування споруди*. Виконується від раніше винесених головних і основних осей. Залежно від стадії виконання будівельних робіт розмічують поздовжні і поперечні осі деталей, блоків і закладних частин, встановлюють маяки на монтажних горизонтах. Визначають планове й висотне положення всіх характерних точок, поперечників, будівельних конструкцій.

Точність геодезичних вимірювань при детальному розмічуванні беруть із табл. 9.1 або встановлюють розрахунками.

3.*Розмічування монтажних осей і встановлення в проектне положення технологічного обладнання промислових споруд*. На цьому етапі, як правило, виконують геодезичні вимірювання найвищої точності. Вона встановлюється проектом монтажу обладнання.

11.2 Класифікація осей будівель і споруд

При будівництві будівель і споруд на місцевість виносять їх осі. Відносно осей встановлюють елементи конструкцій у проектне положення. План розмічування осей входить до складу робочих

креслень проекту. На ньому показують: головні, основні і детальні або проміжні осі.

Усі осі будівель і споруд поділяють на поздовжні та поперечні осі. *Поздовжні осі* розміщуються вдовж більшої сторони будівлі. На робочих кресленнях їх позначають буквами А-А, Б-Б і т. д. Поперечні осі розміщують перпендикулярно до поздовжніх осей і позначають цифрами 1-1, 2-2 і т. д. (рис.11.1.1)

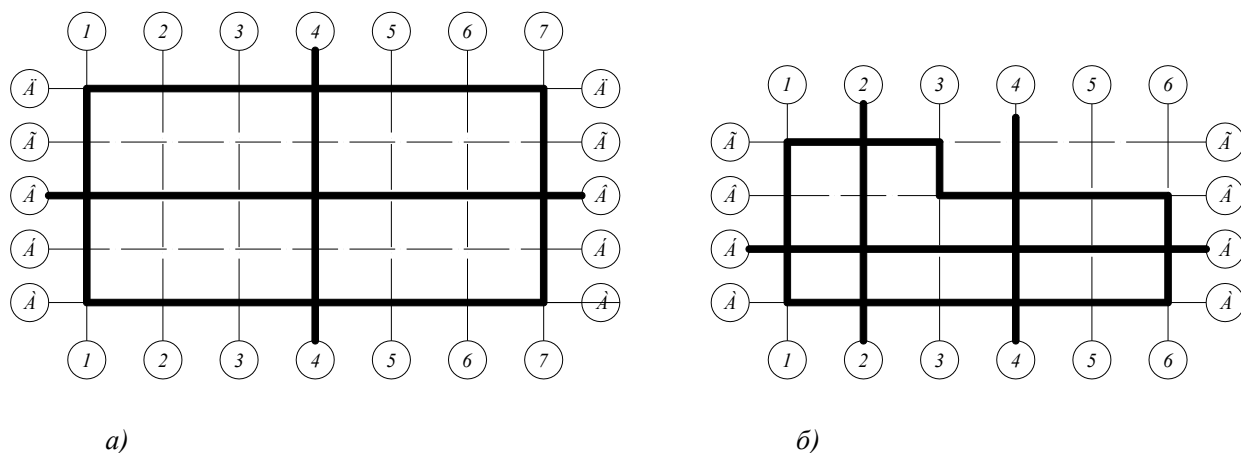


Рис. 11.1.1 Схема розмічування осей будинків

Головними осями називаються дві взаємно перпендикулярні осі, відносно яких будівля або споруда розміщується симетрично (В-В, 4-4 на рис. 11.1.1, а і Б-Б , 2-2 на рис. 11.1.1, б). При розмічуванні головні осі виносять тільки для великих будівель і споруд.

Основними осями називаються осі, які проходять по контуру будівлі або споруди. На рис. 11.1.1, а це поздовжні осі А-А, Д-Д, і поперечні 1-1, 7-7. Основними осями на рис.11.1.1, б є А-А, В-В, Г-Г, 1-1, 3-3, 6-6.

Детальними або проміжними осями називають усі інші осі, які визначають планове положення окремих елементів конструкції. Це осі Б-Б, Г-Г, 2-2, 3-3 на рис. 11.1.1, а тощо.

Для лінійних споруд (доріг, каналів, водопроводів, каналізації, газопроводів тощо) у проекті наводять головні і основні поздовжні осі цих споруд.

Якщо споруда має заокруглення, то осі повторюють її конфігурацію.

При розмічуванні на місцевості головні та основні осі виносять від пунктів будівельної сітки або від пунктів вихідної геодезичної основи. На забудованій території їх виносять відносно червоних ліній (рис.11.1.2).

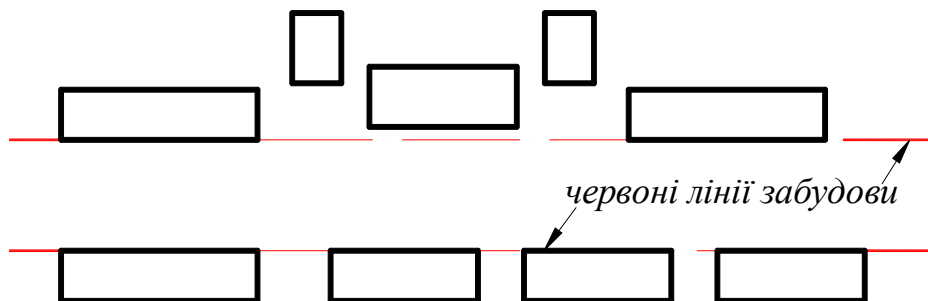


Рис. 11.1.2 Схема розмічування червоних ліній забудови

Червоною лінією забудови називається лінія, яка проходить по зовнішній стороні фасадів будівель, відносно до проїзної частини. Відносно червоної лінії фасади будівель можуть бути зміщені лише всередину території кварталів, але не можуть виступати за неї в бік проїзної частини. Положення червоної лінії показується в проекті і встановлюється архітектором проекту або відповідними архітектурними службами міста. Винесені на місцевість осі споруд називаються розмічувальними. Їх закріплюють постійними або тимчасовими знаками залежно від класу осей і способів виконання будівельно-монтажних робіт. При проведенні будівельних робіт розмічувальні осі збігаються з осями споруди. Від них розмічують грані будівельних елементів, закладні частини тощо. Для монтажу будівельних конструкцій, обладнання зручно користуватися не розмічувальними осями (осями симетрії конструкцій), а осями, які проходять по їх гранях або трохи відступають від грані елементів.

У ряді випадків монтажні осі збігаються з осями будівель і споруд. Наприклад, при монтажі колон монтажні осі збігаються з осями їх симетрії. При монтажі стінових панелей монтажні осі звичайно розмічують у 10 см від площини панелей.

11.3 Геодезична підготовка до винесення на місцевість проекту споруди

Перенесенню проекту в натуру передують його геодезична підготовка, в процесі якої за координатами характерних точок або осей споруд розраховують розмічувальні лінійні й кутові елементи, що визначають положення цих точок відносно пунктів планової інженерно-геодезичної розмічувальної основи (ПГРО). При цьому залежно від вибраного способу розмічування готують ті кутові і лінійні дані, які слід відкласти на місцевості від пунктів ПГРО для відшукування характерних точок споруди. Так, для полярного способу необхідні і кутові, і лінійні елементи; для способу лінійної засічки – тільки лінійні; для способу прямої кутової засічки – тільки кутові.

Способи проектування. Застосовують три способи проектування : графічний, аналітичний і комбінований (графоаналітичний).

Графічний спосіб найбільш простий і розповсюджений. Він полягає у тому, що всі необхідні величини беруть з плану графічно з допомогою креслярських інструментів. Точність цих даних залежить від масштабу плану. Чим більший масштаб плану, тим він більш точний, і навпаки. При відсутності значних деформацій плану точність графічного проектування можна наближено виразити формулою

$$m = \delta M, \quad (11.3.1)$$

де δ – похибка визначення на плані відповідно положення точки і довжини відрізка;

M – знаменник чисельного масштабу плану,

З формули 11.3.1 видно, що при одному і тому самому значенні δ графічна точність залежить від масштабу плану. Для плану, який має масштаб 1:2000; $\delta = 0,14\text{мм}$, маємо $m = 0,14\text{мм} \cdot 2000 = 0,28\text{ м}$, а для масштабу 1:500 $m = 0,14\text{ мм} \cdot 500 = 0,07\text{ м}$.

На точність проектування суттєво впливає значення δ , для зменшення якого потрібно мати великі навички в роботі з планом.

Окрім помилок безпосередніх вимірювань на планах або їх копіях на точність проектування даним способом суттєво впливають деформації матеріалів, з яких виготовлено план або копії. При цьому деформації (особливо ті, що виникають при розмноженні планів на

копіювальних машинах) дуже часто бувають нерівномірними і значно відрізняються у різних напрямках.

Щоб виключити або хоча б зменшити вплив деформацій плану, треба до початку визначення графічних координат виміряти дійсні розміри квадратів сітки координат. Для великомасштабних планів вони повинні дорівнювати 10 см. При відхиленні сторони квадрата на величину, що перевищує точність графічних вимірювань (0,2 мм), координати визначають так. Через точку K , координати якої визначають за рис. 11.3.1, проводять прямі, паралельні осям координат. Вимірником і масштабною лінійкою визначають відстані a_1, a_2, b_1, b_2 і обчислюють координати цієї точки:

$$\begin{aligned} X_K &= X_1 + \Delta X \frac{a_1}{a_1+a_2} = X_2 - \Delta X \frac{a_2}{a_1+a_2}; \\ Y_K &= Y_1 + \Delta Y \frac{b_1}{b_1+b_2} = Y_2 - \Delta Y \frac{b_2}{b_1+b_2}, \end{aligned} \quad (11.3.2)$$

де $\Delta X = X_2 - X_1$; $\Delta Y = Y_2 - Y_1$.

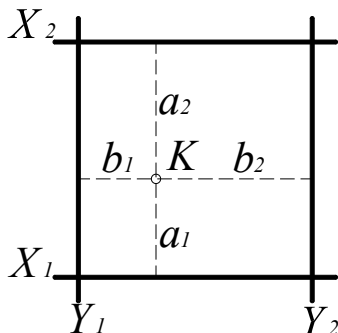


Рис. 11.3.1 Схема графічного визначення координат з урахуванням виправлення за деформацію паперу плану або його копії

Але навіть при врахуванні деформації планів і їх копій похибки визначення координат можуть у 2 - 2,5 рази перевищувати графічну похибку вимірювання відстаней з допомогою вимірника і масштабної лінійки. Тому графічні координати у невеликих межах корегують (змінюють) для того, щоб вони задовольняли деяким вимогам: заокруглюють їх значення до цілих метрів, а дирекційні кути – до градусів або хоча б мінут. Це полегшує проведення розрахунків при подальшому проектуванні.

Графоаналітичний спосіб полягає в тому, що вихідні дані (положення споруди на місцевості) визначають графічно, а положення інших окремих елементів, жорстко зв'язаних між собою, – аналітично.

Наприклад, при визначенні положення будівлі на місцевості вихідними будуть координати одного з кутів будівлі і напрям з цього кута на інший кут.

Аналітичний спосіб. Графічне і графоаналітичне визначення проектних координат найчастіше виконуються тільки на початкових етапах проектування, при загальному перенесенні споруди або комплексу споруд. Надалі обидва розглянутих способи не можуть задовольняти вимогам проектування і їх замінюють аналітичними розрахунками (при необхідності вирішення різних задач, пов'язаних з тими чи іншими геометричними умовами). Аналітичним способом найчастіше вирішують такі задачі :

- пряма і обернена геодезичні;
- визначення координат точок у заданому створі;
- визначення координат точок за периметром споруд, що мають правильні геометричні форми;
- визначення координат точки перетину двох прямих.

Значно рідше визначають координати точок, що задані більш складними умовами: перетин прямої з круговою кривою; перетин двох кругових кривих та ін.

Рішення більшості задач з аналітичного визначення координат виконуються в звичайній відомості обчислення координат.

11.4 Елементи планових розмічувальних робіт

Планові розмічувальні роботи зводяться до побудови (відкладання) на місцевості проектних кутів і відстаней для визначення на місцевості (в натурі) положення проектних точок і ліній головних і основних осей.

Побудова проектного кута. Для побудови проектного кута β на місцевості треба відшукати від заданої вихідної сторони BA (рис.11.4.1) напрям, який утворює з цією стороною кут β .

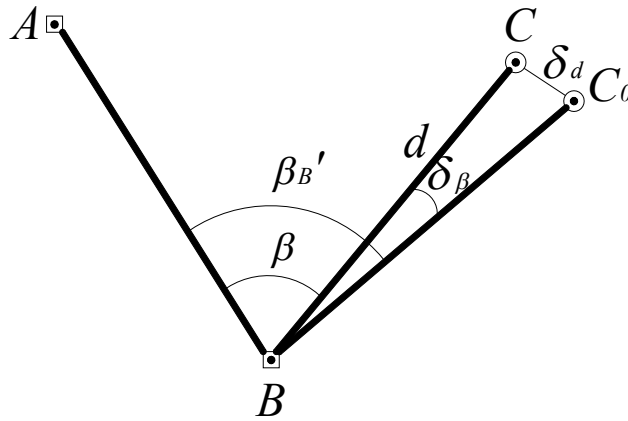


Рис. 11.4.1 Схема побудови проектного горизонтального кута з підвищеною точністю

Після установки в пункті B теодоліта, наводять його візирну вісь на пункт A і знімають відлік з лімба (звичайно близько 0°). Додавши до цього відліку проектний кут β і відкріпивши алідаду, встановлюють її на обчислений відлік.

У створі візирної осі теодоліта на відповідній за проектом відстані d фіксують на місцевості точку.

Таку саму побудову виконують при другому крузі, відмічаючи другу точку. З двох точок беруть середню, приймаючи кут ABC за проектний.

Якщо необхідно побудувати кут β з підвищеною точністю, то знайдений у першому наближенні кут ABC вимірюють кількома прийомами, визначаючи його більш точне значення β' . Взявши різницю між проектним β і вимірним β' значеннями, одержують поправку $\delta\beta$, яку необхідно ввести для уточнення побудованого кута β :

$$\delta\beta = \beta - \beta'. \quad (11.4.1)$$

Знаючи з проекту, що відстань $BC = d$, обчислюємо лінійну поправку: $CC_0 = \delta d$.

З рис. 11.4.1 видно, що

$$\delta d = d \frac{\delta\beta''}{\rho''}, \quad (11.4.2)$$

де ρ – радіан; радіан в секундах дорівнює $\rho'' = 206265''$.

Відклавши на місцевості від точки C перпендикулярно до лінії BC величину δd , фіксують точку C_0 . Кут ABC_0 і буде дорівнювати

проектному куту β . Для контролю кут ABC_0 вимірюють повним прийомом.

Точність побудови на місцевості проектного кута залежить від похибок власне вимірювань (візування й відліку на лімбі), інструментальних похибок і впливу зовнішніх факторів. Похибки центрування, редукції й вихідних даних, тобто похибки в положенні вихідних пунктів A і B , на точність побудови проектного кута не впливають. Однак ці похибки викликають зміщення напряму BC і точки C .

Згідно з формулою 11.4.2 похибка визначення лінійної редукції проектного кута:

$$m_{\delta d} = d \frac{m''_{\delta\beta}}{\rho''}. \quad (11.4.3)$$

При $d = 300$ м; $m''_{\delta\beta} = 1,5''$ отримаємо $m_{\delta d} = 2,2$ мм. Очевидно, що з такою точністю лінійну редукцію легко можна відкласти на місцевості рулеткою або лінійкою з міліметровими поділками.

Наприклад, для побудови кута з середньою квадратичною похибкою $m_{\delta\beta} = 30''$ можна застосувати теодоліт типу Т30, зцентрувати його нитковим виском, точку C зафіксувати олівцем на поверхні бетону.

Аналогічно формулі 11.4.3 можна записати, що похибка положення точки C :

$$m_c = d \frac{m_{\delta\beta}''}{\rho''}. \quad (11.4.4)$$

Якщо проектом задано, що похибка положення точки C m_c не повинна перевищувати допустимого проектного значення Δc , то згідно з формулою 11.4.4 похибка побудови кута не повинна бути більшою за

$$\Delta\beta = \Delta c \frac{\rho}{d}. \quad (11.4.5)$$

Для побудови кута із похибкою, не більшою за $\Delta\beta$, визначають, скільки разів треба виміряти побудований кут β :

$$n = \frac{t^2}{\Delta^2\beta}. \quad (11.4.6)$$

де t – точність відлікового пристрою теодоліта

Потім обчислюють середнє значення виміряного кута β' , визначають кутову поправку за формулою (11.4.1) і за формулою (11.4.2) – лінійну поправку.

Точку C переміщують у відповідну сторону на величину δd і фіксують точку C_0 (рис. 11.4.1).

Побудова проектної лінії. Для побудови на місцевості проектного відрізка довжиною d від початкової точки A (рис. 11.4.2) у заданому напрямі сталевим мірним приладом відкладають відстань, що дорівнює проектній довжині d , і тимчасово фіксують кінцеву точку B' .

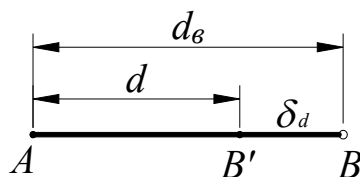


Рис. 11.4.2 Схема побудови проектного відрізка

Процес відкладання відстані такий самий, як і процес вимірювання. Нівелюванням визначають перевищення h між точками A і B і вимірюють температуру приладу (якщо її виміряти неможливо, вимірюють температуру повітря). Обчислюють **поправки в довжину лінії**:

1) за компарування

$$\delta d_k = d \frac{l - l_0}{l}, \quad (11.4.7)$$

де l – фактична довжина мірного приладу, взята із паспорту мірного приладу або визначена безпосередньо в результаті компарування;

l_0 – номінальна довжина мірного приладу;

2) за температурний вплив

$$\delta d_t = d \alpha (t - t_0), \quad (11.4.8)$$

де α – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу мірного приладу, для сталі $\alpha = 12,5 \cdot 10^{-6}$;

t, t_0 – температура відповідно вимірювання і компарування;

3) за нахил лінії

$$\delta d_h = -\frac{h^2}{2d}. \quad (11.4.9)$$

Визначають загальну поправку

$$\delta d = \delta d_k + \delta d_t + \delta d_h, \quad (11.4.10)$$

і вводять її із протилежним знаком в лінію AB' .

$$d_B = d \pm \delta d. \quad (11.4.11)$$

Якщо поправка буде зі знаком «-», то лінію AB' подовжують на відрізок δd і фіксують точку B ; якщо зі знаком «+» – то лінію вкорочують. Крім цих факторів на точність побудови проектного відрізка впливає точність фіксації точок B і B' .

Побудову ліній із підвищеною точністю виконують інварними мірними приладами, а також світловіддалемірами і електронними тахеометрами.

Наприклад, побудову проектного відрізка з відносною похибкою $1/3000 \div 1/2000$ можна виконати сталевую рулеткою з укладанням її в створ на око. Для визначення поправок перевищення h кінців відрізка може бути оцінене на око, температура – виміряна термометром з похибкою не більше 5°C , середня квадратична похибка компарування рулетки – не більше 1,5 мм. Кінці рулетки й кінцеву точку відрізка фіксують олівцем.

11.5 Способи планового перенесення проекту в натуру

Точки головних і основних осей (так звані проектні точки) переносять у натуру різними способами, які є сполуками елементів розмічувальних робіт. Вибір способу побудови проектних точок залежить від виду планової інженерно-геодезичної розмічувальної основи (ПГРО).

Спосіб полярних координат (рис. 11.5.1). Шукану проектну точку C визначають на місцевості з пункту I геодезичної основи шляхом побудови теодолітом проектного кута β і відкладання мірним приладом проектної відстані d . При розмічуванні споруд необхідно так вибирати пункти ПГРО, щоб кут β не перевищував 90° , і відстань d не перевищувала довжини вихідної сторони (у даному випадку сторони $I-II$), тобто щоб виконувалась умова $d \leq b$.

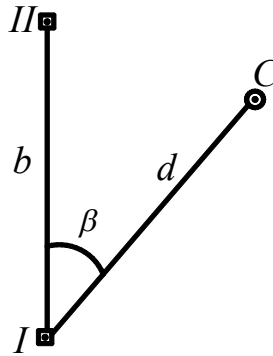


Рис. 11.5.1 Схема полярного способу

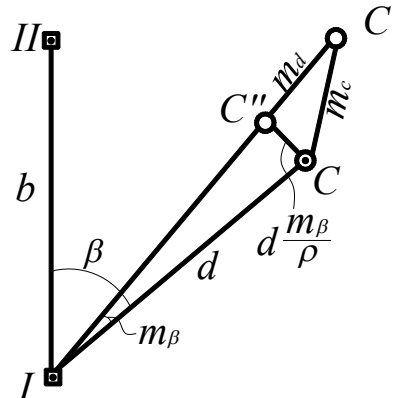


Рис. 11.5.2 Лінійно-кутова похибка перенесення проектної точки полярним способом

Розглянемо точність перенесення точки C полярним способом. Кут β буде відкладено з точністю, що характеризується у кутовій мірі середньою квадратичною похибкою m_β а у лінійній (рис. 11.5.2) $(m_\beta/\rho)d$. Точність перенесення лінії d характеризується середньою квадратичною похибкою m_d . Згідно з рис. 11.5.2 точність перенесення точки C характеризується середньою квадратичною похибкою

$$m_c = \sqrt{d^2 \frac{m_\beta^2}{\rho^2} + d^2 \frac{m_d^2}{d^2}} = d \sqrt{\frac{m_\beta^2}{\rho^2} + \frac{m_d^2}{d^2}}. \quad (11.5.1)$$

Пряма кутова засічка. Пряму кутову засічку (рис. 11.5.3) застосовують, головним чином, для розмічування гідротехнічних споруд і мостових переходів. При застосуванні цього способу положення проектної точки на місцевості знаходять, відкладаючи на вихідних пунктах тріангуляції або полігонометрії A і B кути β_1 і β_2 , а на перетині одержаних напрямів AC і BC знаходять точку C .

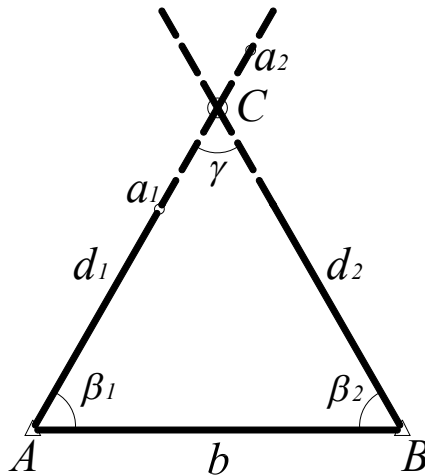


Рис. 11.5.3 Схема кутової засічки

Базисом засічки служить сторона триангуляції (полігонометрії), або спеціально виміряна лінія.

Розмічувальні кути β_1 і β_2 обчислюють як різницю дирекційних кутів сторін. Останні знаходять з рішення оберненої геодезичної задачі за проектними координатами точки C , що розмічують, і відомими координатами вихідних пунктів A і B .

При наявності двох теодолітів їх встановлюють одночасно в обох вихідних точках A і B й відкладають кути відповідно β_1 і β_2 . Переміщення візирної цілі у шукану точку виконується по черзі за командою то одного, то другого спостерігача. При цьому після встановлення цілі в одному з напрямів переміщення виконується вздовж вже відкладеного напрямку. При наявності лише одного теодоліту рішення задачі дещо ускладнюється. У цьому випадку теодоліт встановлюють спочатку на пункт A і, відклавши проектний кут β_1 , поблизу очікуваного положення точки C у створі AC закріплюють дві тимчасові точки a_1 і a_2 . Потім з точки B відкладають кут β_2 і відшукують положення точки C на перетині з лінією a_1a_2 , яку закріплюють на місцевості, натягнувши між точками a_1 і a_2 шнур, волосінь та ін.

Похибка у положенні точки C , винесеної в натуру прямою кутовою засічкою,

$$m_c = \frac{m_\beta}{\rho \sin \gamma} \sqrt{d_1^2 + d_2^2}. \quad (11.5.2)$$

З формули (11.5.2) видно, що відносна точність кутової засічки залежить, в основному, від кута γ при пункті C , що визначається.

Найбільш вигідною засічка буде при $\gamma = 90^\circ$. Якщо ж кут γ наближатиметься до 0° або 180° , то похибка m_c різко збільшиться і розв'язати задачу стане неможливо. Абсолютна похибка засічки залежить не тільки від кута γ , але й від відстані до точки C .

Чим більша ця відстань, тим більшим буде похибка. З урахуванням впливу кута γ і відстані d абсолютна похибка засічки буде мінімальною при $\gamma = 109^\circ 28'$.

Найбільш доцільно визначати положення проектної точки способом *прямої кутової засічки* у таких випадках, коли:

- неможливо або дуже складно провести безпосередні лінійні вимірювання;
- точка C знаходиться на значній відстані від розмічувальної основи;
- точки A, B, C знаходяться на різних рівнях;
- вимірювання виконується через водні перепони.

Для підвищення точності розмічування точки прямою кутовою засічкою застосовують *спосіб замкненого трикутника* (рис.11.5.4). Після визначення в натурі точки C виконують точне вимірювання кутів в усіх трьох точках A, B, C . Розподіливши нев'язку у трикутнику на всі кути порівну, визначають координати точки C . Порівнявши їх з проектними значеннями, знаходять поправки (редукції), за якими розмічувану точку зміщують у проектне положення.

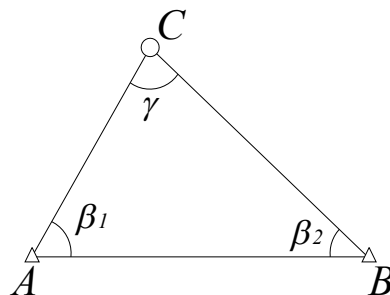


Рис. 11.5.4 Схема способу замкненого трикутника

Спосіб лінійної засічки (рис.11.5.5). Проектна точка C визначається на місцевості перетином проектних відстаней d_1 і d_2 , відкладених з пунктів I і II геодезичної основи. Точність визначення положення точки:

$$m_c = \frac{\sqrt{m_{d1}^2 + m_{d2}^2}}{\sin \gamma} = \frac{m_d \sqrt{2}}{\sin \gamma}. \quad (11.5.3)$$

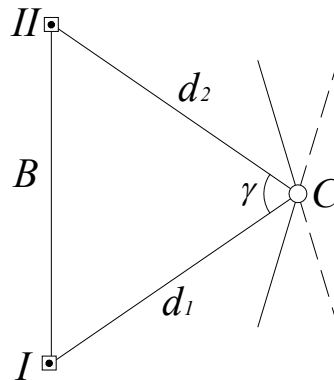


Рис. 11.5.5 Схема способу лінійної засічки

Спосіб лінійної засічки використовують лише тоді, коли проектні відстані d_1 і d_2 менші за довжини мірних приладів. При відкладанні проектних відстаней світловіддалемірами та електронними тахеометрами задачу вирішують *методом наближень*. Як і при використанні кутової засічки, для точності винесення в натуру точки C має значення кут γ засічки. Найкраще, коли значення цього кута дорівнює приблизно 90° .

Спосіб прямокутних координат (рис.11.5.6) застосовують при наявності будівельної сітки і на місцевості, зручній для безпосередніх лінійних вимірювань.

Від пункту I у напрямі пункту II у створі відкладають проектну відстань d_1 і фіксують точку C_0 – основу перпендикуляра на проектну точку C . У точці C_0 теодолітом будують прямий кут, відкладають проектну довжину перпендикуляра d_2 і фіксують точку C .

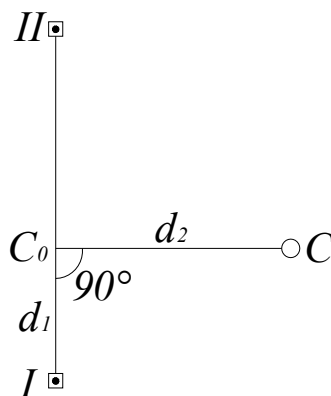


Рис. 11.5.6 Схема способу прямокутних координат

На точність побудови проектної точки вказаним способом впливають похибки відкладання відрізків d_1 і d_2 і побудови прямого кута. Сумарна похибка в положенні проектної точки:

$$m_c = \sqrt{m_{d1}^2 + m_{d2}^2 + d_2^2 \frac{m_\beta^2}{\rho^2}} = \frac{m_d \sqrt{2}}{\sin \gamma}. \quad (11.5.4)$$

Спосіб лінійно-створної засічки (рис. 11.5.7) застосовують тоді, коли точка, яку розмічують, лежить на лінії закріпленого створу AB і проектні відстані d_1 і d_2 можна відкласти по цій лінії.

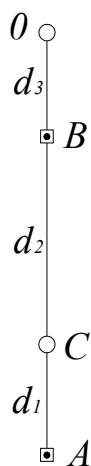


Рис. 11.5.7 Схема способу лінійно-створної засічки

Встановивши теодоліт над пунктом A , а візирну ціль – у пункті B і зорієнтувавши трубу теодоліту у напрямі AB уздовж цього напрямку відкладають відстань d_1 і на її кінці фіксують точку C . Для контролю вимірюють також відстань d_2 .

У деяких випадках точка, яку визначають, наприклад O , лежить на продовженні закріпленої вихідної лінії.

Тоді теодоліт встановлюють на ближній до точки O вихідній точці. У даному випадку на точці B будують кут 180° , тобто знаходять точний напрям продовження вихідної лінії, і після відкладання проектної відстані d_3 одержують положення проектної точки O .

Точність даного способу залежить від точності лінійних вимірювань по створу:

$$m_c = m_d. \quad (11.5.5)$$

При обчисленні точності побудови проектної точки вказаним способом не врахована точність побудови створу, яка залежить від

точності центрування теодоліту m_u і точності редукції m_p – встановлення візирної цілі над другим вихідним пунктом базису. Вважається, що за однакових умов і приладів точність центрування й редукції однакова, тобто $m_u = m_p$. Для теодоліта і візирних марок з оптичними центрами точність центрування (редукції) дорівнює 1,0 мм. Для ниткового виска у закритих приміщеннях точність центрування становить 2...3 мм, на відкритих площадках - 3...5 мм.

У формулах (11.5.1)÷(11.5.5) крім похибок центрування й редукції не враховані такі похибки:

– вихідних даних (тобто координат вихідних пунктів тріангуляції, полігонометрії та інших), які використовуються для розмічування; наприклад, для сусідніх пунктів будівельної сітки похибка вихідних даних $m_e = 10 \dots 20$ мм;

– фіксації точки (проектної) m_ϕ . Точку на знаку кріплення можна зафіксувати з точністю 1...2 мм.

Сукупність вказаних похибок є загальною частиною похибок m_z усіх розглянутих способів розмічування проектної точки:

$$m_z = \sqrt{m_u^2 + m_p^2 + m_e^2 + m_\phi^2} = \sqrt{2m_u^2 + m_e^2 + m_\phi^2}. \quad (11.5.6)$$

Для порівняння точності розмічування різними способами цю загальну для всіх способів частину похибки розмічування можна не враховувати.

Розглянемо, який із способів розмічування точніший. Дані для всіх способів прийемо однаковими: $d = d_1 = d_2 = 50,00$ м; відносна точність лінійних вимірювань $\frac{m_d}{d} = \frac{1}{2000}$; проектні кути $\beta = \beta_1 = \beta_2 = 45^\circ \dots 90^\circ$; точність кутових вимірювань $m_\beta = 30''$.

Похибки в положенні проектної точки С:

1. згідно з (11.5.1) – спосіб полярних координат:

$$m_c = 25 \text{ мм};$$

2. згідно з (11.5.2) – спосіб кутової засічки:

$$m_c = 10,5 \text{ мм}$$

3. згідно з (11.5.3) – спосіб лінійної засічки:

$$m_c = 35 \text{ мм};$$

4. згідно з (11.5.4) – *спосіб прямокутних координат*:

$$m_c = 35 \text{ мм};$$

5. згідно з (11.5.5) – *спосіб лінійно-створної засічки*:

$$m_c = 25 \text{ мм}.$$

Найбільш точним виявляється *спосіб кутової засічки*. Далі за точністю йдуть способи полярних координат і лінійно-створної засічки.

Підставивши значення $m_g = 15 \text{ мм}$; $m_u = m_p = 3 \text{ мм}$; $m_\phi = 2 \text{ мм}$ у формулу (11.5.6), одержимо $m_z = \sqrt{2 \times 3^2 + 15^2 + 2^2} = 15,77 \text{ мм} \approx 16 \text{ мм}$.

З урахуванням цієї загальної для всіх способів частини похибок точність способів розмічування становитиме відповідно 30, 19, 38, 38, 30 мм.

Таким чином, вибираючи спосіб розмічування проектних точок, окрім умов місцевості, сприятливих для використання вибраного способу, необхідно також за формулами 11.5.1÷11.5.5 (з урахуванням формули 11.5.6) визначити, чи досягається вибраним способом точність перенесення регламентована нормами. Дуже часто виникає необхідність у додаткових розрахунках. Оскільки проектні точки основної чи головної осі, які виносяться, у свою чергу, будуть опорною розмічувальною сіткою для детальних розмічувальних робіт, то для великих будівель необхідно виконувати спеціальні розрахунки необхідної точності положення цих проектно-розмічувальних точок, виходячи з вимог до точності винесення в натуру відповідальних частин споруд детальними розмічуваннями. Так, наприклад, при винесенні в натуру будівлі за технічними умовами необхідно визначити кожну опорну розмічувальну точку з середньою квадратичною похибкою $m = 15 \text{ мм}$. Ця похибка включає в себе похибку detailного розмічування $m_{Д.Р.}$ від пунктів основної чи головної осі, як опорної розмічувальної сітки, а також похибку m_p , обумовлену точністю перенесення точок основної чи головної осі. Тому

$$m = \sqrt{m_p^2 + m_{Д.Р.}^2}. \quad (11.5.7)$$

Приймаючи, що точність детального розмічування повинна бути вдвічі вищою за точність визначення взаємного положення пунктів основної чи головної осі, тобто

$$m_p = 2m_{Д.Р.}, \quad (11.5.8)$$

одержуємо

$$m = \sqrt{m_p^2 + (0,5m_p)^2} = m_p\sqrt{1,25} \approx 1,1m_p. \quad (11.5.9)$$

звідки

$$m_p = \frac{m}{1,1} = \frac{15}{1,1} \approx 13,64 \text{ мм.} \quad (11.5.10)$$

Таким чином, при наявності допусків на детальне розмічування відповідальних частин споруди слід визначити необхідну точність перенесення в натуру точок основної чи головної осі й порівняти з похибкою, розрахованою для вибраного способу перенесення за формулами (11.5.1÷11.5.5) з урахуванням формули (11.5.6). Спосіб може бути прийнятий при $m_p \leq m_c$.

Вибираючи спосіб розмічування споруди за умовами застосовування і точності (за інших рівних умов), перевагу необхідно віддати такому способу, який забезпечить необхідну точність розмічування з меншими трудовитратами і з використанням наявних інструментів порівняно з тими, що вимагаються згідно з нормами.

11.6 Способи висотного перенесення проекта в натуру

Висотна характеристика запроектованої споруди може визначатися позначкою будь-якої горизонтальної площини, наприклад, чистої підлоги першого поверху. Деталізація висотного положення інших окремих точок споруди вказується так званою умовною позначкою, тобто над рівнем горизонтальної площини, прийнятої за основу. Для похилих площин показують позначки яких-небудь точок або горизонтально розташованих ліній і додатково крутість схилу або кут нахилу площини у заданому напрямі, найчастіше у напрямі максимального ухилу.

Винесення в натуру проектної позначки. Проектну позначку H_0 виносять у натуру методом геометричного нівелювання від найближчого репера висотної основи. Нівелір встановлюють приблизно

посередині між репером і точкою, в якій треба одержати проектну позначку (рис.11.6.1). За позначкою репера і відліком по рейці, встановленій на цьому репері, обчислюють горизонт інструменту :

$$\Gamma I = H_{Rp} + a. \quad (11.6.1)$$

Для одержання проектної позначки H_0 точки C необхідно, щоб відлік по рейці, встановленій у цій точці, дорівнював

$$v = \Gamma I - H_0. \quad (11.6.2)$$

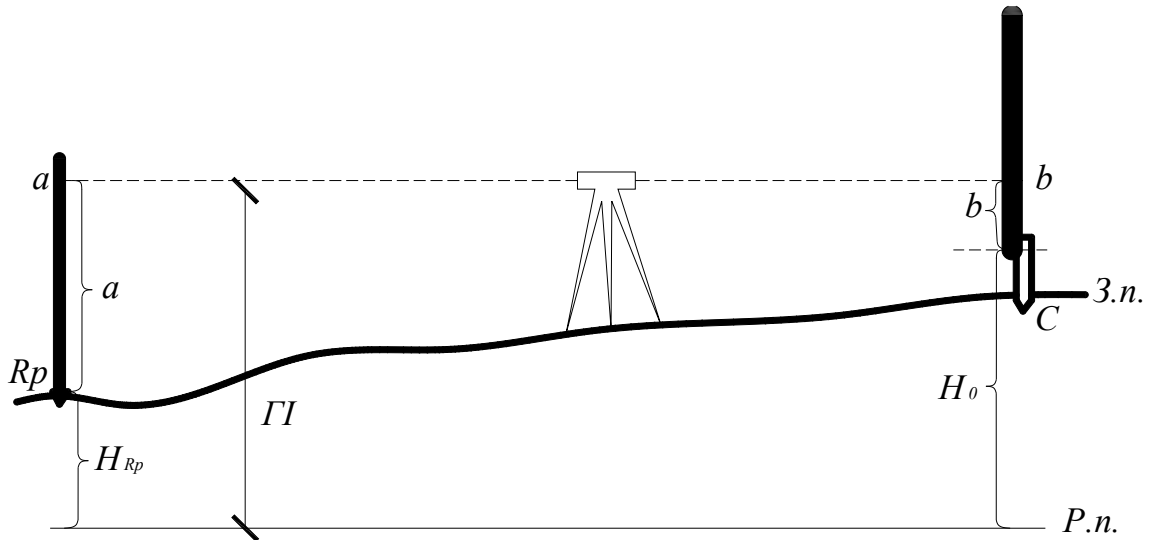


Рис. 11.6.1 Схема винесення в натуру проектної позначки

Нівелір наводять на рейку, встановлену у точці C , і піднімають або опускають цю рейку доти, доки відлік по середній нитці не буде дорівнювати обчисленному значенню b . У такому положенні положення п'ятка відповідає проектній позначці. Проектну позначку закріплюють на місцевості, вбиваючи кілок або металевий штир так, щоб його верх був на рівні п'ятки рейки. На стовпі обносики проектну позначку відмічають фарбою .

Точність винесення в натуру проектної позначки без урахування похибки вихідного репера визначається середньою квадратичною похибкою

$$m_n = \sqrt{m_a + m_v + m_\phi + m_i}. \quad (11.6.3)$$

де m_a – середня квадратична похибка відліку по рейці на репері;

m_v – середня квадратична похибка встановлення рейки на проектний відлік;

m_{ϕ} – середня квадратична похибка фіксації положення п'ятки рейки;

m_i – середня квадратична похибка за непаралельність візирної осі труби до осі циліндричного рівня:

$$m_i = (d_2 - d_1) \frac{v''}{\rho''}. \quad (11.6.4)$$

де d_2, d_1 – відстань від нівеліра до рейки відповідно задньої й передньої;

v'' – кут між візирною віссю труби і віссю циліндричного рівня;

ρ'' – радіан, $\rho'' = 206265''$.

При використанні нівеліра НЗ і рейок із сантиметровими поділками можна прийняти $m_a = m_e = 1\text{мм}$; $i = 8''$; для технічного нівелювання допускається $(d_2 - d_1) = 10\text{м}$; $m_{cp} = 2...3\text{мм}$ при фіксації точки кілком. Розрахунки за формулою (11.6.4) показують, що точність винесення в натуру проектної позначки технічним нівелюванням дорівнює 2...3 мм залежно від прийнятої точності фіксації. Тобто фактично точність винесення в натуру проектної позначки дорівнює точності її фіксації.

При висотному розмічуванні відповідальних споруд фіксацію проектної позначки здійснюють з допомогою цвяха, який заглиблюють у кілок до проектної позначки. Більш точну фіксацію виконують при перенесенні проектної позначки в точку, яку в подальшому використовують як репер на будівельному майданчику для високоточного висотного обслуговування будівництва. У цьому разі фіксацію здійснюють з допомогою гвинта, заглибленого в бетон. На проектну позначку головку гвинта встановлюють поворотом. В умовах промислового будівництва створюють щільну сітку реперів, щоб винесення в натуру проектних позначок точок детального розмічування можна було здійснювати з однієї стоянки нівеліра від найближчого репера.

Для підвищення точності і контролю проектну позначку кожної розмічувальної точки необхідно переносити з двох реперів висотної основи або прокладати по цих точках контрольний нівелірний хід.

При спорудженні водосховища однією з основних задач є перенесення на місцевість проектного контуру водосховища, тобто позначення на місцевості меж затоплюваної території. Спочатку на топографічному плані з урахуванням кривої підпору позначають межі водосховища по горизонталях. Потім на місцевості поблизу горизонталі затоплення прокладають теодолітно-нівелірний хід з прив'язкою до пунктів основної геодезичної сітки як до вихідних.

Положення межі затоплення визначається на місцевості від пунктів ходу з допомогою нівеліра за методом винесення в натуру проектних позначок через горизонт інструменту ГІ. Для цього нівелір встановлюють поблизу точки ходу з відомою висотою. По рейці на цій точці беруть відлік i за формулою (11.6.1) обчислюють горизонт інструменту. Піднімаючи або опускаючи другу рейку по схилу, знаходять таку точку, в якій відлік по рейці дорівнює обчисленому за формулою (11.6.2). Одержану точку закріплюють на місцевості відповідною позначкою (кілком, стовпчиком чи ін.). визначають її планове положення від пунктів теодолітного ходу і наносять на топографічний план. При винесенні контуру водосховища відліки по рейці і висоти заокруглюють до сантиметрів. Похибка висоти точки контуру за рахунок заокруглення становить приблизно 2см.

У практиці геодезичних розмічувальних робіт часто виникають випадки, коли проектну позначку неможливо винести від репера ПІГРО з однієї станції через велику різницю висот репера і проектної точки. Наприклад, проектна точка знаходиться на високій споруді будівлі або в котловані. У цих випадках спочатку позначку від репера необхідно передати на цю споруду або в котлован і закріпити належним чином.

При передачі позначок на високі споруди використовують підвішену рулетку. Спостереження ведуть на двох станціях. Відліки беруть по рулетці і рейках на репері, і в точці В – на висоті (рис.11.6.2,а).

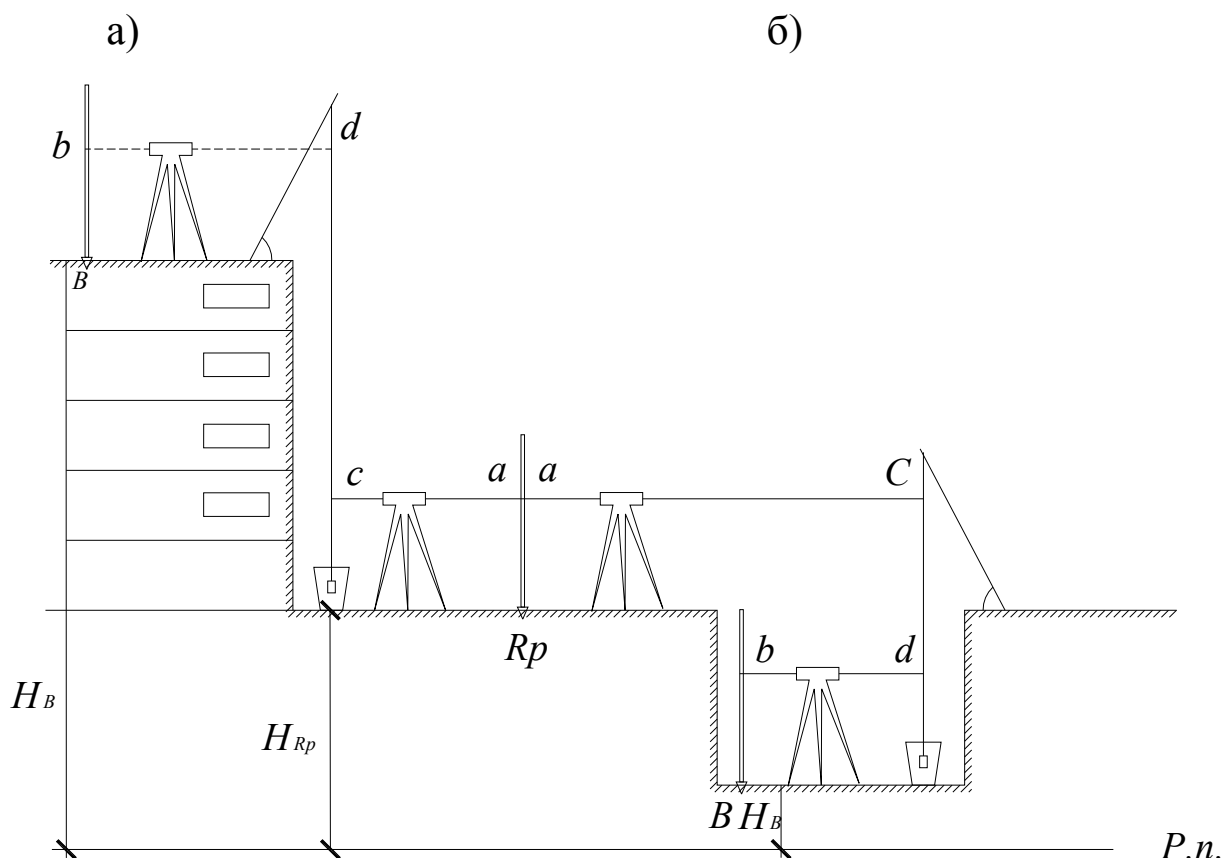


Рис. 11.6.2 Передача позначки на висоту та в котлован

Тоді

$$H_B = H_{Rp} + a + (o - c) - v. \quad (11.6.5)$$

До рулетки підвішують вантаж масою до 10 кг і опускають її у відро з водою, перемішаною з тирсою. Для контролю і підвищення точності спостереження повторюють, змінивши горизонт інструменту на нижній і верхній станціях. На станціях треба зберігати рівність відстаней від приладу до рейки і рулетки.

Спосіб геометричного нівелювання є основним способом передачі позначок і в котлован. На бровці котлована закріплюють кронштейн або нахилений брусок для підвішування рулетки. До нижнього кінця рулетки підвішують вантаж і опускають її в посудину з водою і тирсою для запобігання коливань рулетки; позначку передають із допомогою двох нівелірів (рис.11.6.2,б). На репер і на точку в котловані встановлюють рейки. Посередині між рулеткою і репером розміщують один нівелір, а в котловані – другий. Беруть відліки по рейках a і b і водночас – відліки по рулетці c і d . Позначку точки B обчислюють за формулою

$$H_B = H_{RP} + a - v - (c - d). \quad (11.6.6)$$

Для підвищення точності і контролю вимірювання повторюють, змінивши висоту приладу, із двох значень H_B визначають середнє.

Для передачі великих перевищень, якщо немає можливості застосувати геометричне нівелювання, допускається використання тригонометричного нівелювання. Розглянемо, наприклад, передачу позначки на дно глибокого котлована з допомогою теодоліту.

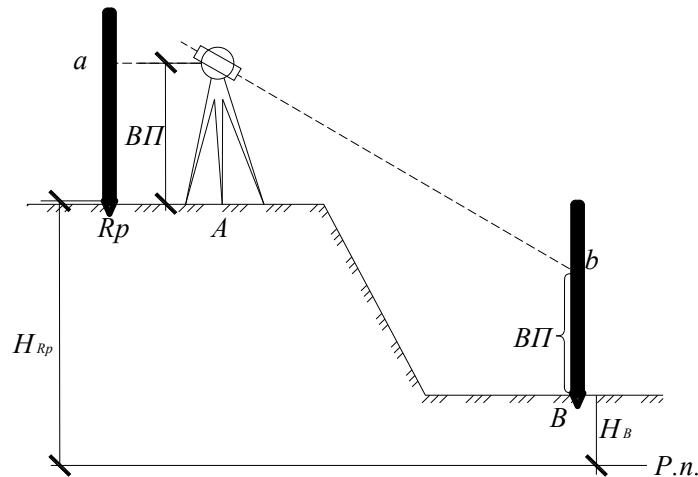


Рис. 11.6.3 Схема визначення позначки дна котлована теодолітом

Для цього теодоліт розміщують поблизу бровки котлована у точці A (рис. 11.6.3) і горизонтують його. Потім наводять зорову трубу на рейку на репері і, встановивши трубу на відлік по вертикальному кругу, який дорівнює місцю нуля, а бульбашку рівня вертикального круга у нуль-пункт, беруть відлік по рейці a . Вимірюють висоту $ВП$ осі обертання труби теодоліта над точкою A і наводять середню нитку труби на відлік $ВП$ по рейці, встановленій на дні котлована у закріпленій точці B . Відліки беруть по вертикальному кругу і по віддалемірним ниткам сітки зорової труби. Визначають відстань від теодоліта до рейки у точці B .

$$D = (n - v)K, \quad (11.6.7)$$

де n, v – відліки по рейці відповідно по нижній і верхній віддалемірним нитках;

$K = 100$ – коефіцієнт віддалеміра.

Позначка точки B на дні котлована

$$H_B = H_{RP} + a - 0,5D \sin 2v - ВП, \quad (11.6.8)$$

де v – вертикальний кут.

Після цього трубу переводять через zenit і аналогічно визначають позначку точки B при другому положенні вертикального круга. Розходження між двома визначеннями не повинно перевищувати 5 см на відстань $D = 100$ м. За остаточне значення приймається середнє з двох визначень.

Побудова лінії заданого ухилу. Розмічування проектних похилих ліній зводиться до винесення в натуру проектних позначок точок цих ліній. Для побудови в заданому напрямі AB (рис. 11.6.5) лінії, проектний ухил якої дорівнює i_0 , горизонтальна проекція d , а інтервал розмічування l , від точки A в напрямі AB виконують побудову рулеткою горизонтальної відстані d й закріплюють точку B .

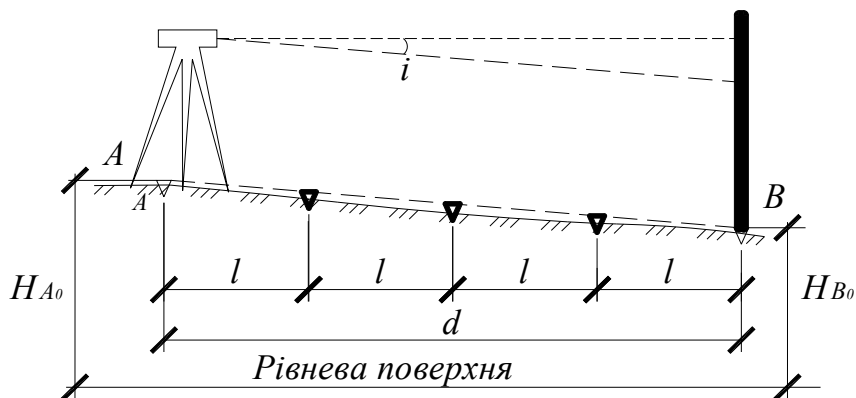


Рис. 11.6.5 До побудови лінії заданого ухилу

На прямій AB по її створу послідовно від точки A відкладають горизонтальні відрізки l , фіксуючи кілками проміжні точки 1, 2, 3 та ін. Проектна позначка точки B :

$$H_{B0} = H_{A0} + i_0 d, \quad (11.6.9)$$

де H_{A0} – проектна позначка вихідної точки A .

Проектні позначки точок A і B – відповідно H_{A0} і H_{B0} – виносять у натуру від найближчих реперів так само, як і при винесенні в натуру проектної позначки.

Винесення проміжних точок 1, 2, 3 виконують нахилом труби нівеліра до відліку по рейці в точці B_0 , який дорівнює висоті приладу $ВП$ в точці A (рис.11.6.6). При цьому візирна лінія стає паралельною проектному ухилу. У проміжних точках 1, 2, 3 кілки забивають так, щоб відлік по рейках в цих точках дорівнював висоті приладу $ВП$.

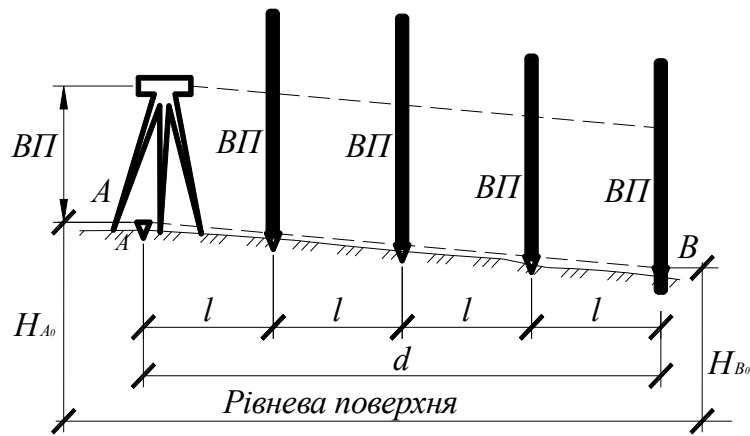


Рис. 11.6.6 Схема побудови лінії заданого ухилу

При розмічуванні горизонтальної проекції лінії A_0B_0 (рис.11.6.7) труба нівеліра займає горизонтальне положення, а у проміжних точках кілки забивають так, щоб відліки по рейках у цих точках дорівнювали висоті приладу $ВП$.

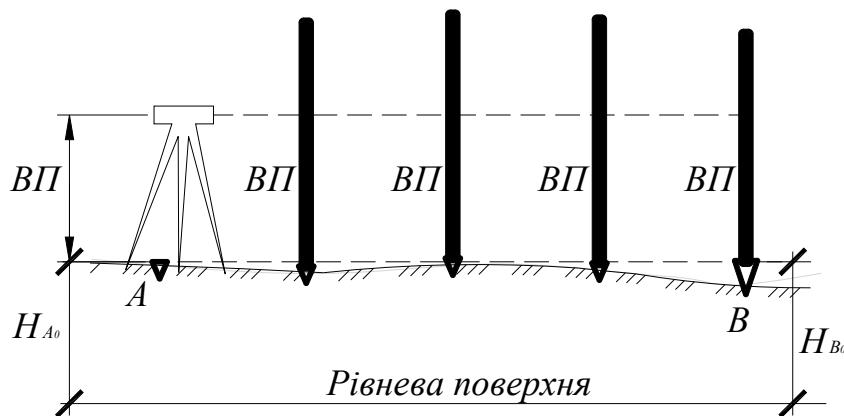


Рис. 11.6.7 Схема винесення в натуру горизонтальної лінії

При зведенні земляних споруд (траншей підземних комунікацій, каналів, земляного полотна автомобільних шляхів і залізниць тощо) застосовують візирки (дві постійні і одну ходову), що мають однакову висоту. Постійні візирки встановлюють на проектну висоту точок A і B , а ходову – послідовно на проміжних точках так, щоб верхній її обріз при візуванні оком проходив по лінії $A'B'$ (рис.11.6.8, 11.6.9).

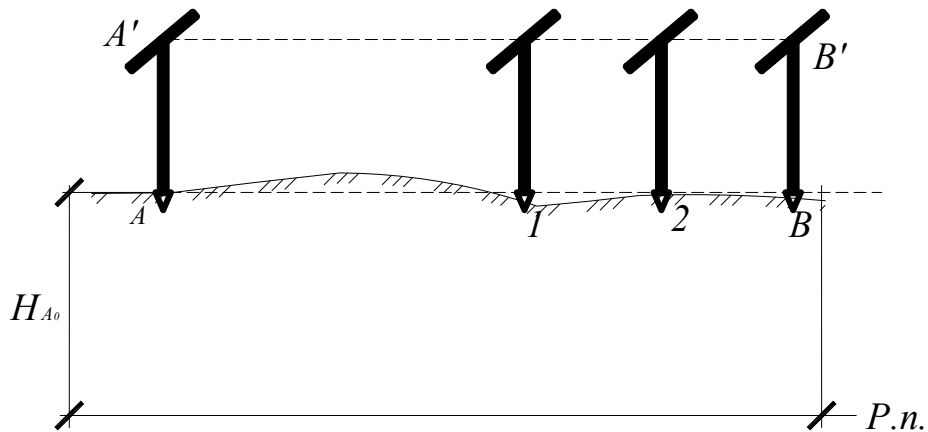


Рис. 11.6.8 Схема винесення лінії за допомогою візирок

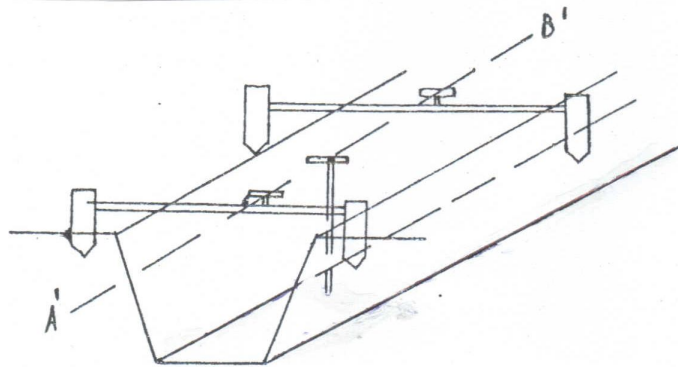


Рис. 11.6.9 Схема розмічування лінії заданого ухилу у траншеї за допомогою візирок

На будівництві, пов'язаному з висотним розмічуванням ліній, використовують лазерні прилади (візири, теодоліти, нівеліри), які дають можливість створити на трасі опорну лінію заданого ухилу або референтну пряму, за якою визначають у натурі вісь траншеї каналу або трубопроводу та її глибину, а також виконують укладку труб.

Якщо у вихідній точці A встановити лазерний прилад, а в точці B – рейку, то згідно з рис.11.6.10 для того, щоб лазерний промінь був паралельним проектній лінії A_0B_0 , відлік по лазерній плямі на рейці повинен дорівнювати

$$v = a + id - (H_B - H_A), \quad (11.6.10)$$

де a – висота лазерного приладу в точці A ;

i – проектний ухил лінії A_0B_0 ;

d – відстань між точками A і B ;

H_A, H_B – висоти точок відповідно A і B ;

H_{A_0}, H_{B_0} – висоти точок відповідно A_0 і B_0 .

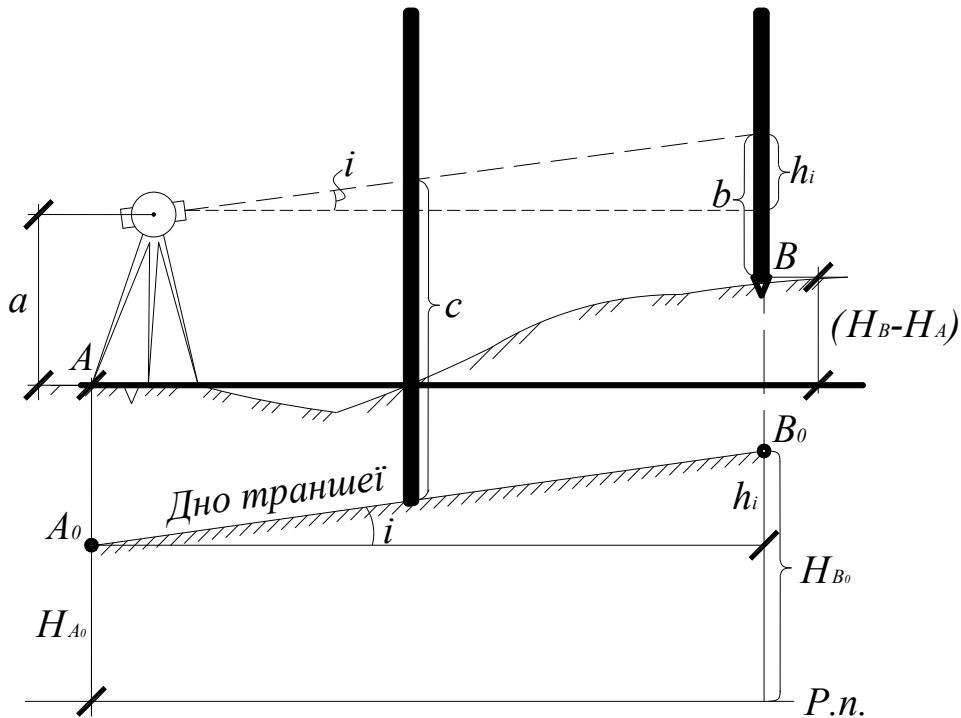


Рис. 11.6.10 Схема розмічування лінії з використанням лазерного приладу

Щоб в усіх проміжних точках лінії АВ п'ятка рейки відповідала проектній позначці, відлік по центру лазерної плями повинен дорівнювати

$$c = v + (H_B - H_{A_0}). \quad (11.6.11)$$

Контроль виконують за формулою

$$c = v + (H_B - H_{B_0}). \quad (11.6.12)$$

Вочевидь, якщо точки А і В встановлені нівеліром на рівень своїх проектних позначок, тобто якщо $H_A = H_{A_0}$; $H_B = H_{B_0}$, то $c = a = v$.

Для підвищення ефективності робіт у землерійній машині екран встановлюють на такій висоті, щоб його центр відповідав відліку С. По відхиленнях лазерної плями від центру екрана регулюють управління робочим органом машини для доведення траншеї до проектної глибини.

Точність винесення в натуру проектного ухилу лінії залежить від похибок визначення позначок точок і довжини проектної лінії і дорівнює середній квадратичній похибці винесення в натуру лінії проектного ухилу i .

$$m_i = \frac{1}{d} \sqrt{m_h^2 + i^2 m_d^2}, \quad (11.6.13)$$

де m_h, m_d – середні квадратичні похибки, визначення відповідно перевищення між кінцевою й початковою точками і горизонтальної проекції проектної лінії d .

Побудова площини заданого ухилу. Для розмічування проектної площини за заданими проектними поздовжнім і поперечним ухилами обчислюють проектні позначки її чотирьох кутових точок A, B, C, D (рис.11.6.11) і виносять їх у натуру. Нівелір установлюють над вихідною точкою A , розташовуючи підйомні гвинти згідно з рис.11.6.11. Діючи підйомними гвинтами 1 і 2, установлюють відлік по рейці у точці B рівним висоті нівеліра $ВП$ над проектною точкою A . Ці дії повторюють на рейки у точках C і D , досягаючи того, щоб відліки по рейках в усіх трьох точках B, C, D дорівнювали висоті приладу $ВП$. Після цього площина, що описується візирним променем нівеліра, буде паралельна проектній площині.

Положення проміжних точок площини визначають, одержуючи такі самі відліки ($ВП$) по рейках у цих точках і фіксуючи п'ятки рейок на кілках, що забивають.

Якщо точність визначення позначок точок і відстаней однакова, то середня квадратична похибка визначення ухилу будь-якого напрямку:

$$m_i = \sqrt{m_h^2 \left(\frac{1}{d_1^2} + \frac{1}{d_2^2} \right) + m_d^2 \left(\frac{i_1^2}{d_1^2} + \frac{i_2^2}{d_2^2} \right)}, \quad (11.6.14)$$

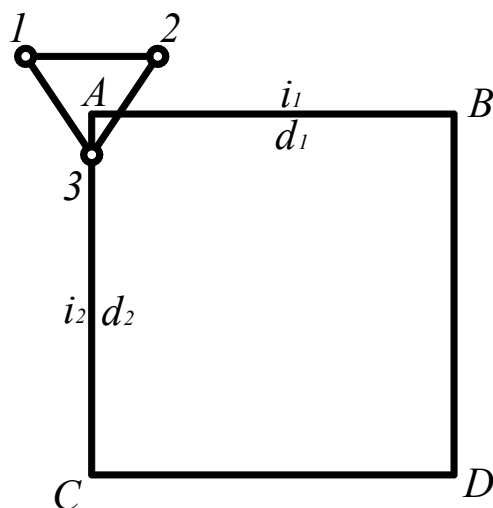


Рис. 11.6.11 Схема розмічування похилої площини

12 ПЕРЕНЕСЕННЯ ПРОЕКТА НА МІСЦЕВІСТЬ

12.1 Перенесення осей будівель

Будівництво будівель і споруд починають з винесення на місцевість і закріплення їх осей. Основною документацією є: проект проведення геодезичних робіт (ППГР), генеральний план і робочі креслення. На місцевості осі будівель і споруд виносять від пунктів державних геодезичних мереж, мереж місцевого значення, геодезичних розмічувальних мереж (будівельної сітки, червоних ліній) і точок знімальної основи. Винесення осей окремих будівель на забудований території може виконуватись від осей і площин існуючих будівель та споруд.

Винесення осей виконується способами: прямокутних і полярних координат; прямої кутової, лінійної і створної засічок. Під винесенням осі розуміють визначення і закріплення на місцевості згідно з проектним положенням не менш ніж двох точок, розташованих на ній.

Спочатку на місцевості будують головні або основні осі. Детальні (допоміжні) осі розмічують від винесених головних і основних осей.

Головні осі розмічують при складній конфігурації будівель або значних їх розмірах, а також у випадках, коли група будівель (особливо промислового типу) зв'язана між собою технологічними процесами.

Основні осі розмічують при будівництві невеликих за розмірами окремих будівель та споруд.

До початку проведення польових робіт складається робоче креслення у довільному масштабі, на якому показують: найближчі пункти геодезичної основи та інші, закріплені на місцевості точки з відомими координатами, основні та детальні осі будинку з координатами його кутів та розмірами; графічно зображується метод винесення окремих точок осей з необхідними даними кутів та відстаней, а також схема і місця закріплення точок осей. Задані розміри споруд необхідні для контролю в процесі розмічувальних робіт.

Частину положення головних і основних осей промислових будівель розмічають від найближчих пунктів будівельної мережі головним чином, методами створних засічок і прямокутних координат (рис. 12.1.1). Так, у першому випадку по створу між пунктами

будівельної сітки за проектними відстанями визначають на місцевості положення точок a, b (лінія 12-5), c, d (лінія 13-6) і т. д. Одержані точки $a, b \dots q$ і утворюють осі споруди. *Методом створної засічки* визначають на місцевості положення кутів будинків I, II, III, IV. Для контролю в кожному з них визначають взаємну перпендикулярність осей. Відхилення не повинні перевищувати $1'$. Додатково вимірюють відстані між точками. Вони повинні дорівнювати проектним.

Точки кутів будівель можна отримати способом прямокутних координат. Для цього, наприклад, від пункту 12 у напрямі пункту 13 відкладають відстань $d = 30,00$ м. Отримують точку P .

У точці P встановлюють теодоліт. Від лінії 12-13 відкладають кут 90° і вздовж одержаного напрямку відкладають проектну відстань $d_1 = 20,00 + 60,00 = 80,00$ м і отримують точки I і III. Аналогічно отримують точки II і IV.

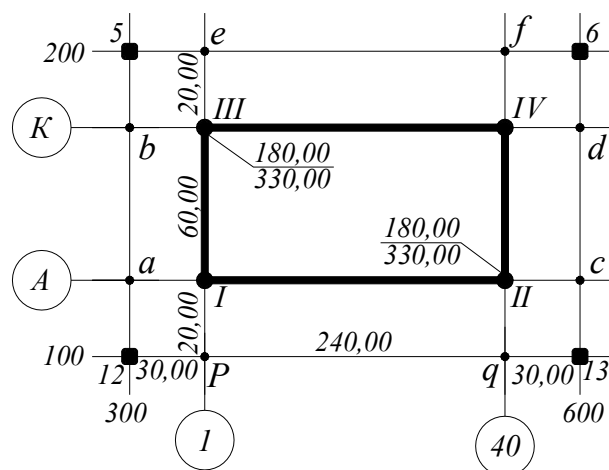


Рис. 12.1.1 **Схема розмічування основних осей
від пунктів будівельної сітки**

У ряді випадків при зведенні промислових будівель з встановленням великої кількості колон для обладнання мостового крана, крім закріплення головних і основних осей постійними знаками закріплюють допоміжні осі, які проходять по осях колон (рис.12.1.2). На кожній створній площині допоміжних осей встановлюють по два знаки: їх рекомендується закріплювати по створу, перпендикулярному до закріпленої осі. Точки допоміжних осей використовуються при встановленні в проектне положення колон в плані та за вертикаллю.

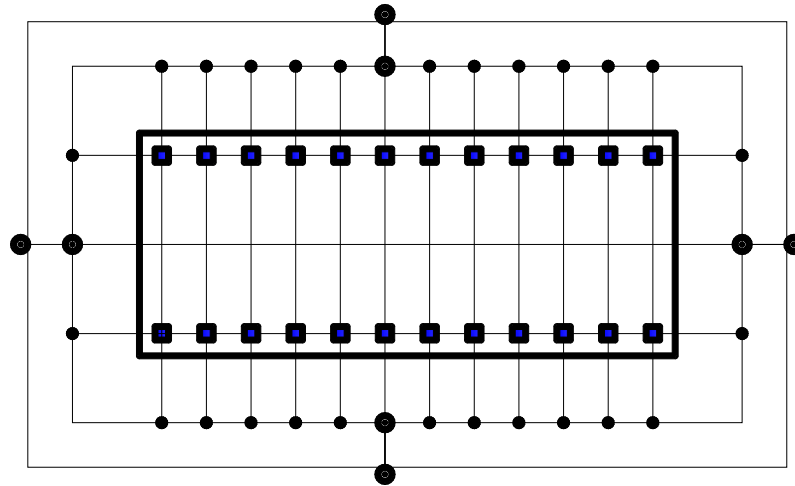


Рис. 12.1.2 Схема закріплення головних і допоміжних осей промбудівлі:

□, ■ – колони, ● – точки закріплення головних осей,
• – точки закріплення допоміжних осей

Наведені схеми закріплення осей будівель і споруд найбільш поширені.

Залежно від призначення будівлі і умов будівельного майданчика можуть застосовуватися і інші схеми закріплення осей.

При будівництві всередині існуючої забудови окремих будівель їх осі можна виносити від характерних точок і ліній твердих контурів (рис.12.1.3, а).

На розмічувальному кресленні вказуються відстані до основних осей будинку від його кутів або площини стіни. При можливості положення точок осей споруджуваного будинку $a, b, \dots, l$ позначають на стінах сусідніх існуючих будинків. На стіні кольоровим олівцем проводять риску, а з обох її боків на однаковій відстані фарбою наносять дві широкі смуги (рис.12.1.3, б).

На місцевості положення точок осей отримують лінійними промірами вздовж стін будинків (a і b), по створах площин будинків (точки 1, 3, 5) і т. д. Положення точок кутів будинку визначають створними засічками за винесеними осями або лінійними промірами від закріплених на місцевості точок осей.

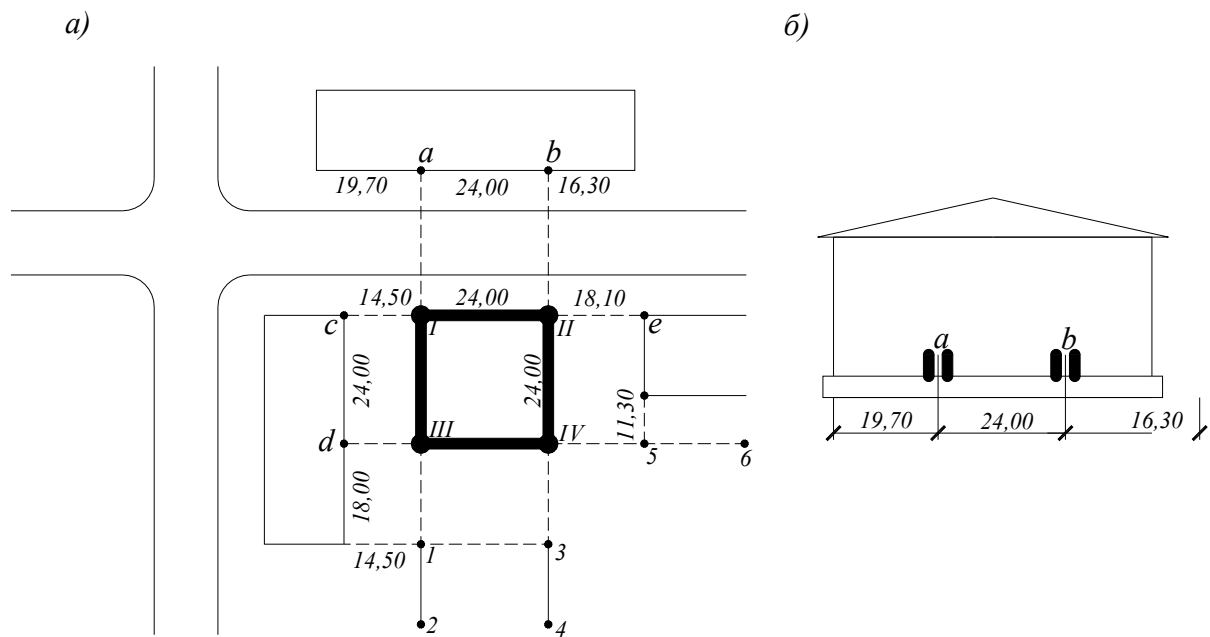


Рис. 12.1.3 **Схема прив'язки осей будівель до місцевих предметів і контурів:**
а) план; в) схема маркування осей фарбою

Крім створених знаків закріплення осей, кожна будівля повинна бути забезпечена не менш як двома робочими висотними реперами; їх називають *будівельним нулем* – це репер нівелювання, встановлений на рівні підлоги першого поверху споруджуваної будівлі (рис.12.2.1). Будівельний нуль виносять методом геометричного нівелювання від найближчих реперів нівелірних мереж.

Місце встановлення вибирається з урахуванням зручності користування ними в період висотних розмічувальних робіт.

Після завершення розмічування осей і встановлення робочих реперів складають виконавчу схему в довільному масштабі. На схему виписують усі дані кутових та лінійних вимірювань, вихідні пункти геодезичних мереж, від яких виконують розмічування, знаки закріплення осей, їх прив'язку і відстань між ними.

12.2 Побудова обноси і винос на неї осей

Для проведення розмічувальних робіт при зведенні підземної частини будівлі до рівня підлоги першого поверху створюють обноску. Цей етап будівельних робіт називають *нульовим циклом*.

Він завершується влаштуванням перекриття на рівні підлоги першого поверху на нульовому монтажному горизонті.

Обноскою називають спеціальну огорожу, яка встановлюється за зовнішнім контуром споруджуваної будівлі, з винесеними на неї осями. Обноска забезпечує високу точність розмічування осей (1... 2мм) і передачу їх у котлован при улаштуванні фундаментів.

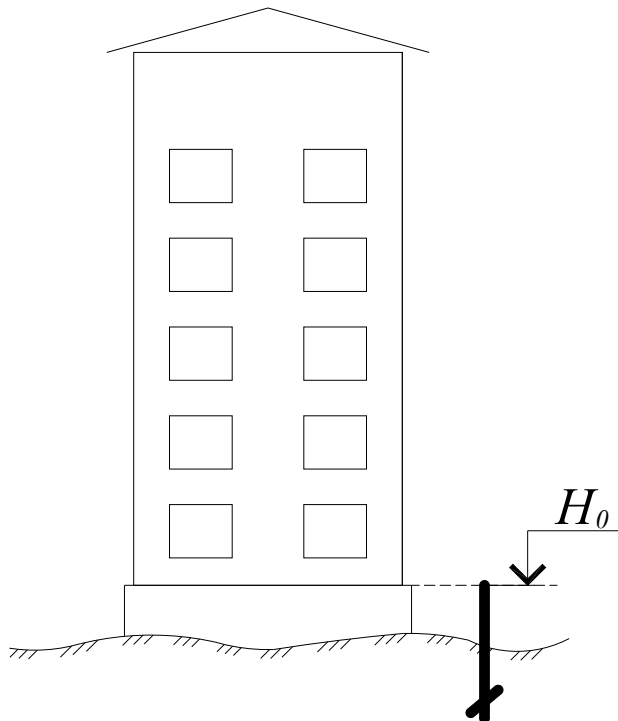


Рис. 12.2.1 Схема закріплення «будівельного нуля»

Обноску проектують на будівельному генплані так, щоб вона не потрапляла в зони проведення земляних робіт і встановлення будівельних кранів або на місця складування елементів будівельних конструкцій.

За формою будівельна обноска паралельна контуру будівлі, відстоїть від площини стін приблизно на 4...8м, але не менш як на 1,5...2м від верхньої брівки котловану. За конструкцією вона підрозділяється на суцільну і створну (рис.12.2.2).

При суцільній обносі по всьому периметру будівлі по створу паралельно осям приблизно через 3... 4 м на прийнятій відстані закопують у землю стовпи. За допомогою нівеліра на стовпах роблять мітки на одній висоті. За нанесеною міткою стовпи обрізають. До них врівень горизонтально прибивають дошки товщиною 3... 4 см. У необхідних місцях роблять розриви для в'їзду машин у котлован (рис.12.2.2).

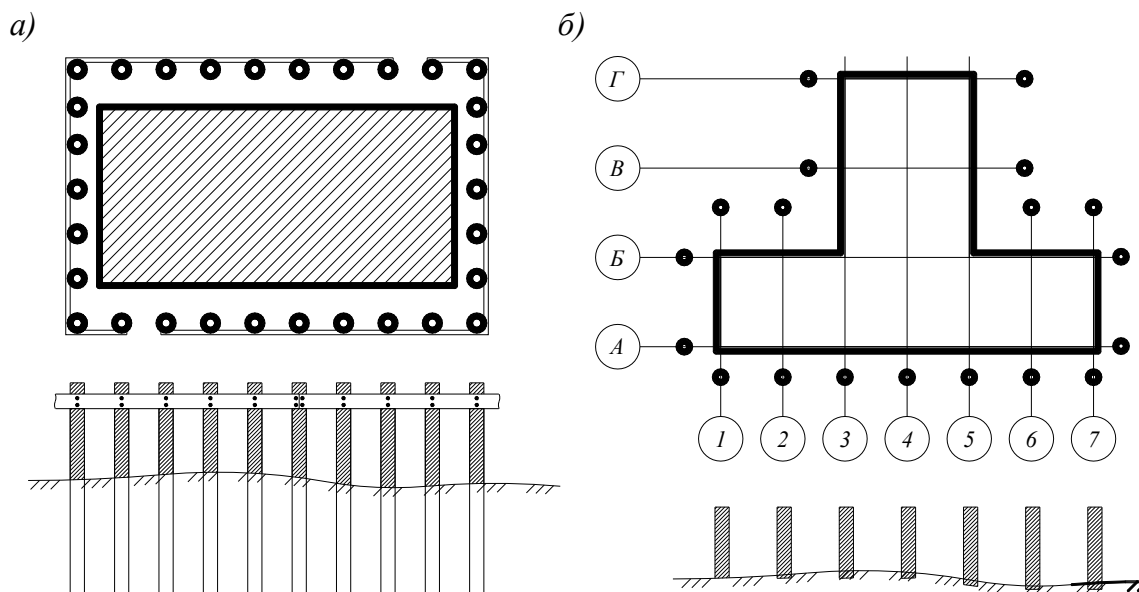


Рис. 12.2.2 Схема утворення обноски:

а) суцільна обноска; б) створна обноска при складній фігурі будівлі

Створна обноска (рис.12.2.2) складається з окремих стовпів, установлених по всіх осях будівлі. Кожна пара стовпів закріплює окрему вісь. Усі стовпи встановлюють по лінії, паралельній осям будинку. Відстань між стовпами дорівнює відстані між осями будинку.

Висота обноски повинна бути близько 0,5...1,2 м, зручна для проведення по ній лінійних вимірювань і встановлення над нею теодоліта. На місцевості з великим ухилом обноску будують уступами (рис.12.2.3).

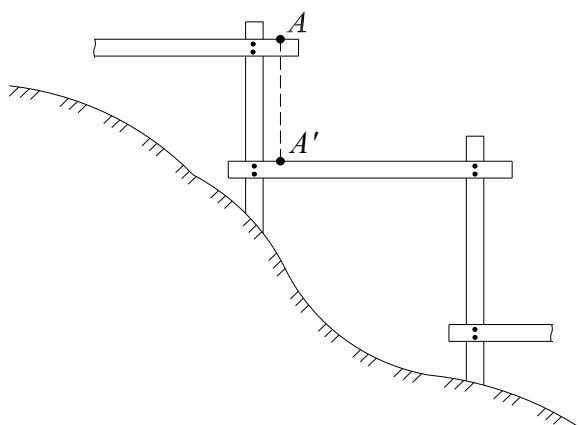


Рис. 12.2.3 Обноска уступами

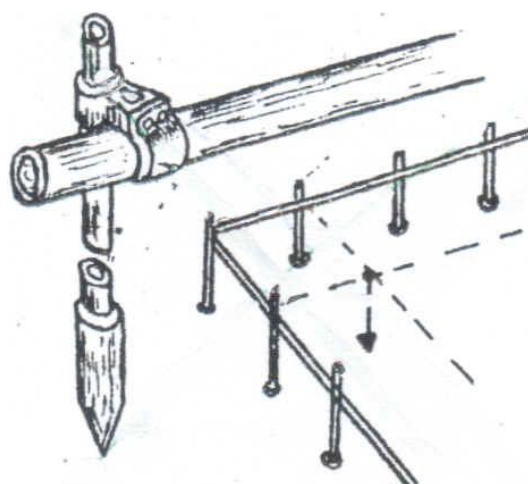


Рис. 12.2.4 Інвентарна обноска

У практиці житлового будівництва широко використовується інвентарна обноска (рис.12.2.4). Вона складається з металевих якорів (труб), які забиваються в землю за створною лінією на глибину до 0,7м

на відстані 3... 4 м. В отвори якорів установлюють металеві стояки з муфтами. До них горизонтально кріплять трубчасту штангу. По штанзі пересувається муфта, яка може бути закріплена в будь-якій точці. Якорі (стовпи) розміщують поза осями. Вісь на обносці фіксується положенням муфти.

Обноска служить для закріплення осей будівлі або споруди. Відносна похибка лінійних вимірювань при розмічуванні осей по обносці становить $1:10000 \div 1:25000$.

Розмічування обноси. На місцевості обноску розмічують від винесених головних або основних осей будинку на основі робочих розмічувальних креслень і проекту обноси.

Розмічування осей на обносці. За допомогою теодоліта на обноску переносять головні або основні осі, проектуючи колімаційною площиною. Для цього, наприклад, встановлюють теодоліт на точку 1 , а марку або віху в точку $1''$ (рис.12.2.1).

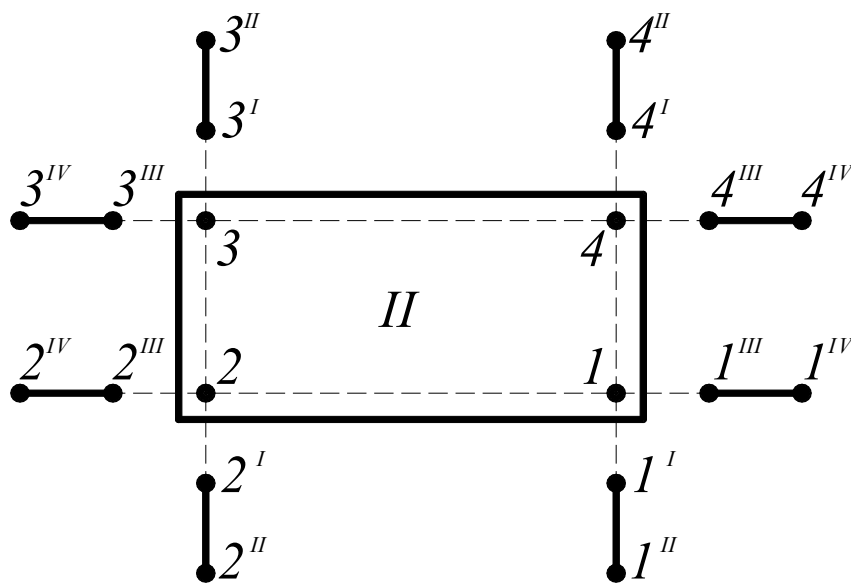


Рис. 12.2.1 Схема закріплення головних осей

Наводять візирну вісь труби на марку. Нахиляючи трубу, візують на обидві сторони обноси і тонкою лінією олівцем намічають точки. Перевернувши трубу через зеніт, візують на марку і знову намічають точки на обносці. З двох точок відмічають середину. Вона і буде фіксувати положення візирної осі на обносці. Аналогічно виносять на обноску вісь 2-2''.

Після винесення основних осей згідно з розмічувальними або робочими кресленнями на обносі визначають положення всіх інших осей (основних і допоміжних).

Для цього по верху обноси за допомогою сталеві або інварної прокомпарованої рулетки відкладають відстані до шуканих осей. Відносна точність відкладання ліній не повинна перевищувати $1:10000 \div 1:25000$. В лінії вводять поправки за компарування і температуру.

Між наміченими осями виконують контрольні проміри. Після нанесення на обноску всіх осей, їх закріплюють цвяхами. Проти кожного цвяха, що фіксує вісь, яскравою фарбою прокреслюють вертикальну лінію і великим шрифтом підписують назву осі.

13 ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА

13.1 Геодезичні роботи при улаштуванні котлованів

При улаштуванні котлованів під фундаменти будинків і споруд на місцевості розмічують мережі (лінію брівки) котловану, ведуть постійний геодезичний контроль за виїмкою ґрунту. Після закінчення земляних робіт виконують виконавче знімання дна котловану.

Способи розмічувальних робіт залежать від матеріалу, конструкції і глибини закладення фундаменту. Котловани розмічують на основі креслень фундаментів і розмічувальних креслень від винесених на місцевість осей споруд

Розмічування стінок неглибоких котлованів під стрічковий фундамент виконується від основних осей будівлі, нанесених на обноску 1 (рис.13.1.1). Для цього вздовж осі між точками на обносі натягується дрід або жорстка нитка 2. За допомогою виска вісь передається на землю. Вздовж осі через 20 м і більше забивають кілки. Праворуч і ліворуч від осі відкладають половину ширини фундаментної подушки ($a/2$) і також закріплюють кілками. Між кілками натягують шнур, який і позначає межу котловану. Іноді вздовж шнура роблять невеликі поглиблення.

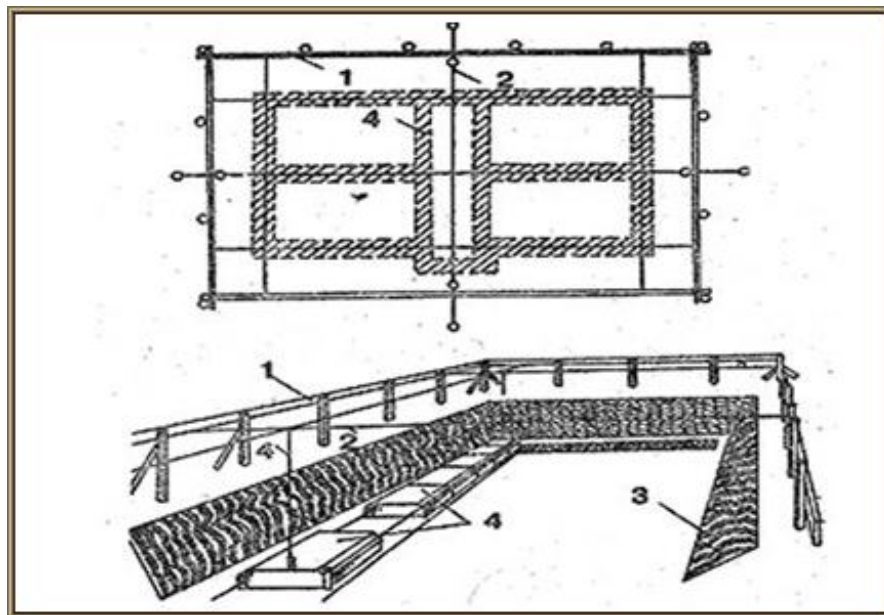


Рис. 13.1.1 Розбивка котловану під стрічковий фундамент:

- 1 – обноска; 2 – шнур (дрід);
3 – стіна котловану; 4 – плити фундаменту

При влаштуванні монолітних стрічкових фундаментів ширина котловану дещо збільшується з тим, щоб можна було без перешкод встановити і закріпити щитову опалубку..

При виїмці ґрунту систематично перевіряють глибину котловану за допомогою візира або геометричного нівелювання. Виїмка ґрунту за 5...10 см до проектної позначки дна котловану зупиняється. «Перебір» ґрунту (зайва виїмка) не допускається, оскільки це порушує природну структуру ґрунту.

Перед остаточним зачищенням дна котловану ретельно перевіряється візнрками або за допомогою нівеліра. На кожному перетині будівельних осей, але не рідше як через 4...5 м геометричним нівелюванням або за допомогою візирок встановлюють кілки на проектну позначку дна котловану.

Після остаточного зачищення дна котловану складають виконавчу схему. На дні котловану від напрямів поздовжніх і поперечних осей будинку розмічують сітку через 5... 8 м і нівелюють дно у вершинах сітки.

На виконавчій схемі позначають розміри котловану від основних осей і виписують позначки до риття котловану й фактичні позначки його дна.

В середині схеми наводять проектну позначку. Відхилення фактичних позначок дна котловану від проектної не повинні перевищувати 2... 3 см.

13.2 Геодезичні роботи при монтажі фундаментів

Методика проведення геодезичних розмічувальних робіт при монтажі фундаментів залежить від конструкції фундаментів. Розрізняють стрічкові і суцільні фундаменти (фундаментні плити).

Найширше застосовуються стрічкові фундаменти. За конструкцією вони поділяються на два типи: фундаменти (стрічки) для спирання суцільних несучих стін та фундаменти (стакани) для спирання ряду колон. За обладнанням їх підрозділяють на збірні та монолітні.

Монтаж збірних стрічкових фундаментів. Збірні стрічкові фундаменти під несучі стіни (рис.13.2.1) складаються з блоків зовнішніх стін 1, внутрішніх стін 2 і блоків-подушок 3.

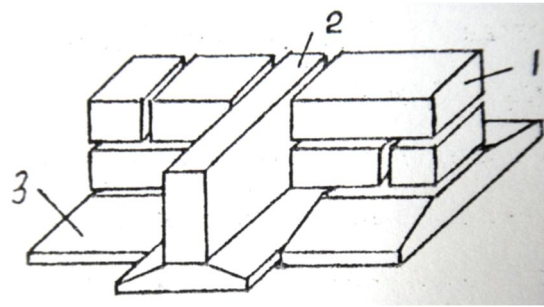


Рис. 13.2.1 **Схема монтажу блоків стрічкових підвалин**

Після остаточного зачищення дна котловану або траншеї під блоки-подушки 3 засипають шар піску. За допомогою візирок його вирівнюють і утрамбовують.

У житлово-цивільному будівництві фундаменти монтують з використанням струнного способу. Для цього спочатку вздовж основних осей, по обносках будинку натягують дроти 2 (рис.13.2.2). Підвішують до дротів ниткові виски і передають осі у котлован. Монтаж блоків фундаментів 3 виконують за нанесеними на блоки монтажними рисками, суміщаючи їх з вістрями вантажа висків 4.

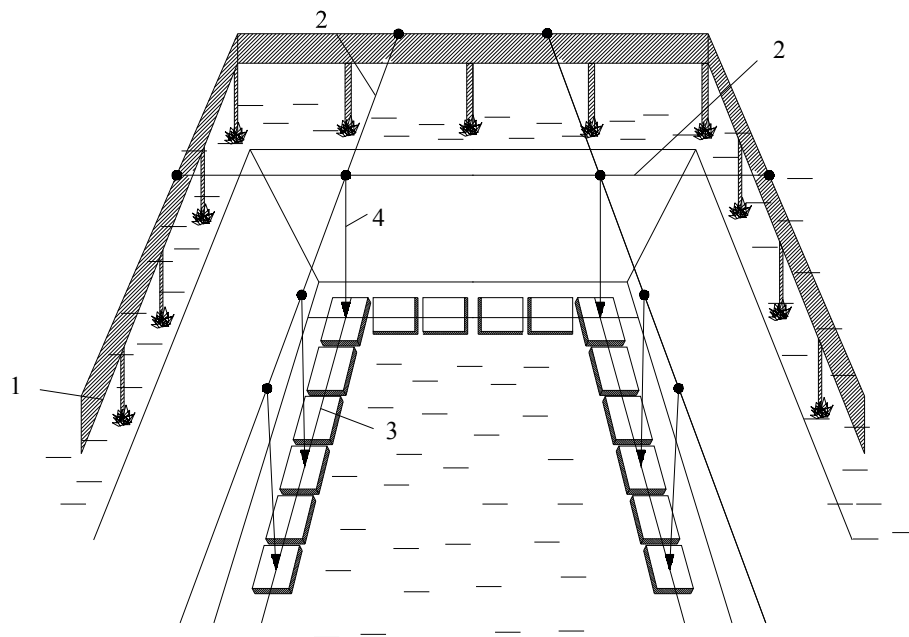


Рис. 13.2.2 **Монтаж блоків стрічкового фундаменту**

Спочатку вкладають блоки на кутах будівлі. Між ними через 15...20м встановлюють маячні блоки. Одночасно з встановленням блоків у плані нівелюють їх поверхню. Рейку встановлюють на кожному блоці на осьовій лінії. Відхилення окремих блоків у плані і за висотою не повинні перевищувати ± 10 мм

Між кутовими і маячними блоками по лінії фундаментів на відстані 5 мм від його грані натягують дріт. Орієнтуючись по дроту (шнуру), розмічують усі проміжні блоки. Після вкладання ряду блоків вертикальні шви між ними заповнюють бетоном. Так само монтують наступний ряд блоків – спочатку кутові і маячні, а потім проміжні. Водночас перевіряють вертикальність за допомогою звичайного нитковою виска, утримуючи його поблизу вертикальної площини фундаменту. Горизонтальність кожного блоку можна перевірити звичайним рівнем-ватерпасом.

При монтажі блоків для підведення підземних інженерних мереж (каналізації, водопроводу та ін.) залишають необхідні отвори. Висотне положення підведення визначається нівелюванням від робочих реперів, а при готовому фундаменті – від його верхнього зрізу (грані).

Розмічування стрічкових фундаментів з монолітного залізобетону. Стрічкові фундамент з монолітного залізобетону виконуються в опалубці. *Опалубкою* називають спеціальні огорожі у вигляді коробів, внутрішні розміри і форма яких відповідає проектним розмірам і формі фундаменту.

Геодезичні розмічувальні роботи при влаштуванні фундаментів з монолітного залізобетону полягають в установленні в проектне положення в плані і за висотою конструкцій опалубки.

Аналогічно монтажу блочних фундаментів вздовж осей опалубки натягують дроти 2 (рис.13.2.3). Підвісивши виски 3, передають осі фундаменту в котлован. Відносно висків встановлюють у плановому положенні нижні щити опалубки 4 і закріплюють розпорками 5. Одночасно від робочих реперів встановлюють опалубку за висотою. Установлення опалубки вздовж осей в плані і за висотою виконується окремими секціями (блоками). У деяких місцях передбачаються отвори для підведення підземних інженерних мереж.

Положення опалубки потім контролюється. Зміщення осей опалубки від проектного положення не повинно перевищувати 15 мм. Зміщення опалубки стін, колон, балок і прогонів допускається до 10 мм. Зменшення внутрішнього розміру в поперечних секціях опалубки не допускається. Збільшення не повинно перевищувати 5 мм.

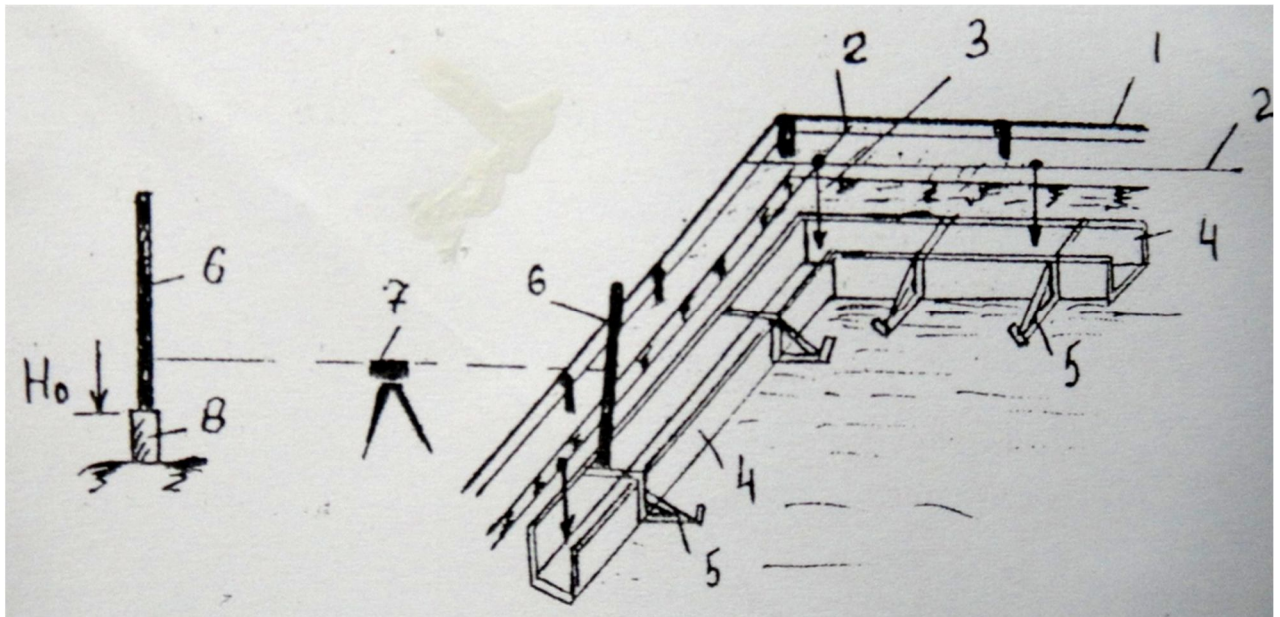


Рис. 13.2.3 Розмічування опалубки стрічкових підвалин

1 – обноска; 2 – шнур (дріт); 3 – стіна котловану; 4 – опалубка фундаменту;
5 – кріплення опалубки; 6 – рейки; 7 – нівелір; 8 – репер

Передачу осей на опалубку можна виконувати способом оптичного візування. Вертикальність опалубки перевіряється нитковим виском. Допускається відхилення від вертикалі ± 5 мм на 1 м висоти, але не більше як 20 мм на всю висоту конструкції.

Верхній зріз фундаменту виноситься геометричним нівелюванням і фіксується цвяхом. Під час укладання бетону між цвяхами натягують шнур (дріт).

Для надання фундаменту гладкої горизонтальної поверхні за допомогою нівеліра установлюють обрізки арматури, занурюючи їх у бетон, який ще не затвердів. Потім по верхніх кінцях арматури «затирають» бетонну суміш.

Після зняття опалубки поверхню фундаменту нівелюють у точках перетину осей і через 5...10 м у проміжку між осями. За допомогою висків виносять положення осей на поверхню фундаменту. В результаті вимірювань складають виконавчу схему, де вказують відхилення від проектних даних.

Розмічування при улаштуванні фундаментів під колони.
Залізобетонні фундаменти під колони бувають монолітні та збірні. Фундаменти висотою понад 35 см споруджують уступами.

Котловани для улаштування фундаменту під кожну колону, як правило, неглибокі. До початку монтажу фундаментів під кожну колону способом оптичного візування біля краю кожного котловану виносять осі симетрії колон (фундаменту) і закріплюють їх кілками (рис.13.2.4). При невеликих розмірах будівлі по всіх осях натягують по обносці дроти.

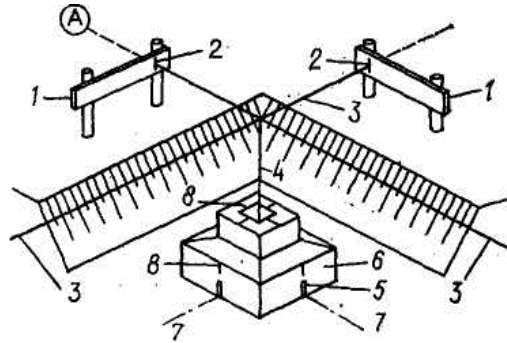


Рис. 13.2.5 Розмічування осей фундаменту під колону:

1 – обноска; 2,7,8 – риски осей фундаменту; 3 – дріт, що визначає положення осей; 4 – висок; 5 – кілочки-фіксатори; 6 – фундамент.

Установлення збірних фундаментів. Найпоширенішим збірним фундаментом під колону є блок стаканного типу (див. рис. 13.2.5).

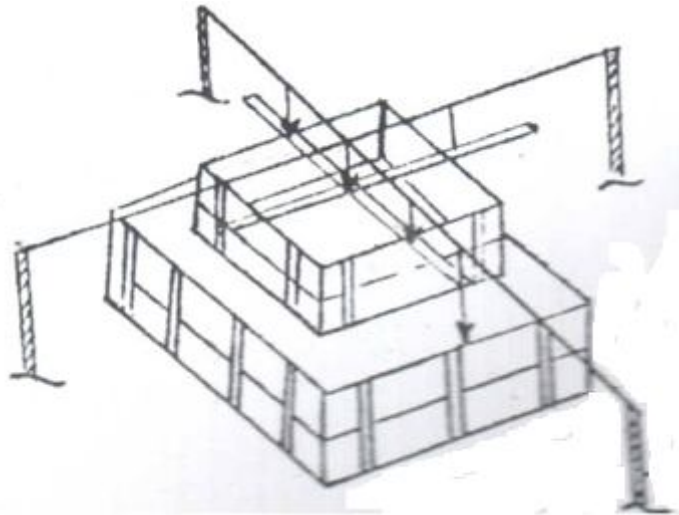


Рис. 13.2.6 Улаштування опалубки для колон

Установлення фундаментів з монолітного бетону. Технологія виконання геодезичних робіт із установлення фундаментів (рис.13.2.6) така сама. Спочатку виносять осі на дно котловану. Потім улаштовують опалубку. Остаточно установлену опалубку закріплюють. На стінки короба виносять проектні позначки, установлюючи їх трохи нижче. До

проектної позначки потім підливають бетонну суміш або влаштовують металеві прокладки під колони.

Якщо фундамент призначений для монтажу металевих колон, то в тіло фундаменту забетонують анкерні болти. Місцеположення болтів у плані і за висотою повинно точно відповідати розміщенню отворів на башмаку металевої колони.

Анкерні болти установлюють до бетонування фундаменту і ретельно перевіряють після вкладання бетонної суміші до її твердіння.

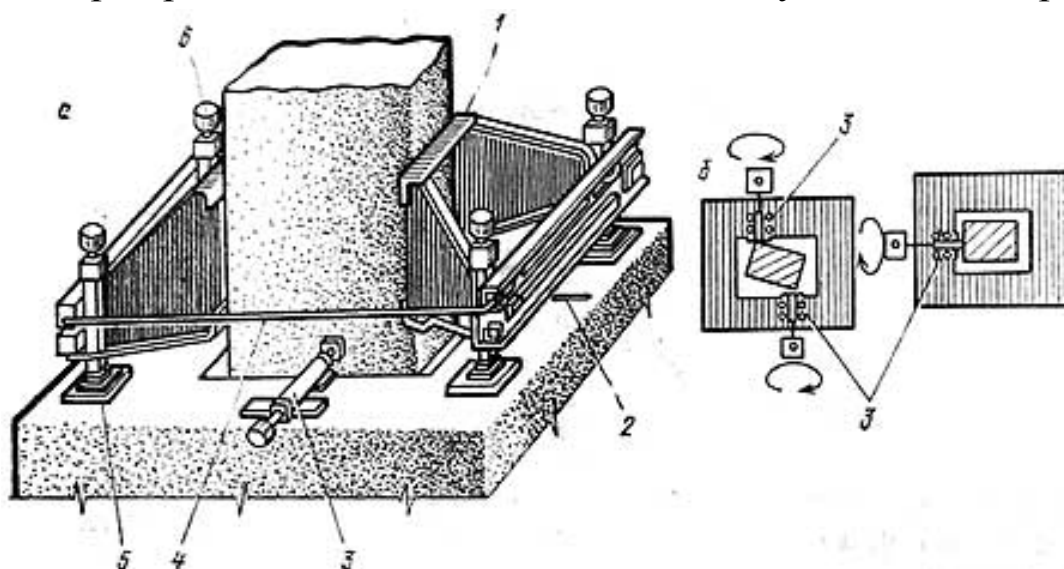


Рис. 13.2.7 Кондуктор для закріплення колони масою до 5т у стакани фундаментів:

а— загальний вид; б— схема рихтовки колон в плані;

1 — корпус; 2 — риски; 3 — горизонтальний домкрат;

4 — стяжний болт; 5 — підкладки; 6 — гвинтові домкрати кондуктора.

Точного установлення анкерних болтів відносно розмічувальних осей *A-A* і *I-I* досягають за допомогою кондукторів (рис.13.2.7). Останній являє собою жорстку металеву або дерев'яну раму з отворами для анкерних болтів. При будівництві фундаменту кондуктор встановлюється горизонтально на проектній позначці. Осі його суміщаються з розмічувальними осями і кондуктор закріплюється. В отвори кондуктора вставляють анкерні болти і опалубку заповнюють бетоном.

На фундаментах для монтажу технологічного обладнання біля кожного анкерного болта в бетоні роблять невеликі поглиблення

(колодязі). Це дає можливість при монтажі трохи відгинати болт, і отже зміщувати його положення.

Після закінчення робіт складають виконавчу схему, де в міліметрах вказують розміри: від осей до анкерних болтів, між ними, між осями суміжних фундаментів. До схеми додають таблицю позначок болтів і верху бетону.

Для виконавчої схеми на бетонну поверхню фундаменту методом оптичного візування виносять основні осі будівлі. Допоміжні осі визначають промірами рулеткою від основних осей. Якщо на місцевості закріплені допоміжні осі, то їх оптичним способом виносять на кожний фундамент. Осі на фундаменти виносять в одному напрямі, а потім в іншому (перпендикулярному) напрямі. На поверхні фундаменту вісь прокреслюють гострим інструментом і фарбують масляною фарбою.

Відстані до закладних частин і позначки визначаються з точністю до 1 мм. Розміри фундаменту і його частин вимірюють до 1 см.

13.3 Побудова розмічувальної мережі на вихідному монтажному горизонті. Передача осей на монтажні горизонти

Методика геодезичних робіт, викладена у попередніх пунктах, виконувалась на стадії зведення підземної частини будівлі. Вона завершується монтажем перекриття підлоги першого поверху. У практиці будівництва її називають нульовим або вихідним монтажним циклом.

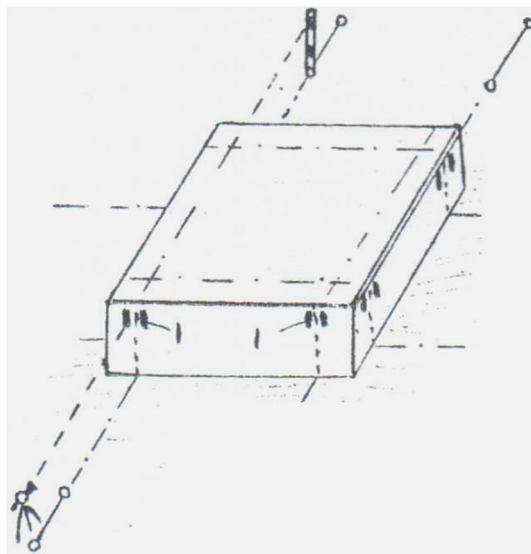
Склад будівельно-монтажних робіт, які виконуються вище вихідного монтажного горизонту, називають зведенням надземної частини будинку.

Для монтажу конструкцій надземної частини будівлі на вихідному монтажному горизонті створюється планова розмічувальна мережа. Пункти цієї мережи при зведенні будівлі використовуються як опорні для передачі координат на розташовані вище монтажні горизонти і для розмічування монтажних осей. *Монтажним горизонтом* називають перекриття, яке знаходиться в нижній основі елементів конструкцій, що монтуються.

Види і точність розмічувальної основи залежать від методів проведення будівельно-монтажних робіт, поверховості будівлі і конструктивних рішень.

Розмічувальну мережу створюють у вигляді правильних геометричних фігур. Найпростішою з них є закріплена створна лінія (рис.13.3.1). Сторони мережі повинні бути паралельні осям будинків і споруд. За формою вони, як правило, повторюють конфігурацію будинків або споруд.

У ряді випадків при невеликій поверховості будівлі (до 9 поверхів) основні осі будівлі безпосередньо закріплюють на її цокольній частині (рис.13.3.1). Для цього від закріплених на місцевості основних або головних осей на верхній частині цоколя будівлі за допомогою теодоліта намічають риски 1 з обох боків при двох положеннях круга КП і КЛ.



**Рис. 13.3.1 Схема перенесення та закріплення осей
на вихідному монтажному горизонті**

Масляною фарбою з обох боків на однаковій відстані проводять смуги для кращого зберігання.

По мірі зведення будівлі видимість між точками осі закривається. Тому закріплені на цоколі будинку риски осей служать надалі для перенесення і розмічування осей на розміщених вище монтажних горизонтах.

При зведенні будівлі підвищеної поверховості або підвищенні вимог до точності встановлення конструкцій у проектне положення

створюється внутрішня розмічувальна основа. Для цього на вихідний монтажний горизонт виносять головні або основні осі будинку або споруди. Від винесених осей намічають положення пунктів розмічувальної основи (рис.13.3.2).

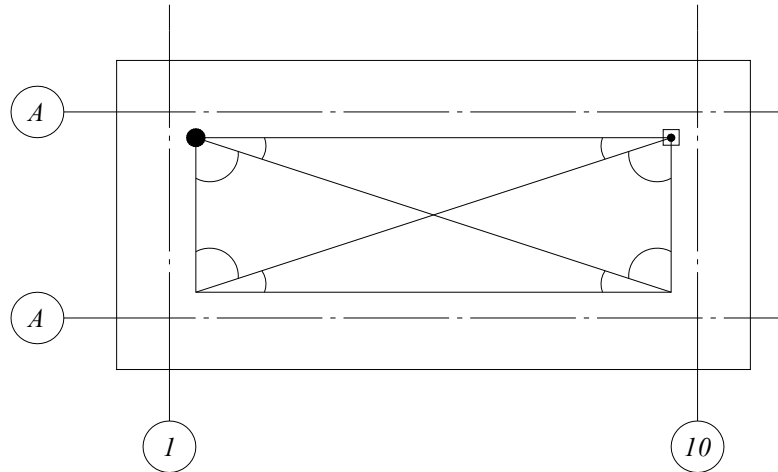


Рис. 13.3.2 **Схема побудови розмічувальної основи**

Пункти основи закріплюють обрізками арматури або використовують закладні частини в фундаментах або плитах перекриття. Центри знаків відмічають марками. Між точками мережі з високою точністю вимірюють усі кути та лінії. Мережу вирівнюють і обчислюють умовні координати точок мережі. Якщо вони не дорівнюють проектним відстаням, то положення окремих точок зміщують. Тобто роблять нове накернення відповідно до заданих проектних відстаней між пунктами вздовж взаємно перпендикулярних осей. Місцеположення пунктів вибирають так, щоб можна було встановити над ними геодезичні прилади.

Для забезпечення вимог, наведених у табл.9.1, планову розмічувальну основу на вихідному горизонті створюють з більш високою точністю, ніж на розташованих вище монтажних горизонтах.

По точках планової розмічувальної основи на вихідному монтажному горизонті прокладають нівелірний хід з прив'язкою його до двох робочих реперів, розміщених на будівельному майданчику.

На вихідному монтажному горизонті від пунктів розмічувальної основи виносять монтажні осі і встановлюють у проектне положення

елементи будівельних конструкцій першого поверху. Для встановлення конструкцій на розташованих вище монтажних горизонтах на них передають положення осей або пунктів розмічувальної основи.

Передача осей на монтажні горизонти. Точки осей або пунктів розмічувальної основи передають на розташовані вище монтажні горизонти двома способами : *похилого й вертикального проектування*.

Спосіб похилого проектування застосовується у випадках, коли вихідні осі будинку нанесені на цокольній частині будинку (рис.13.3.3). Він полягає у проектуванні колімаційною площиною теодоліта. Для цього на точці *A* закріплення осі будинку встановлюють теодоліт і приводять у робоче положення. Наводять візирну вісь зорової труби на точку *A'* (рис. 13.3.3). Одночасно встановлюють штатив з візирною маркою на монтажному горизонті приблизно у створі розмічувальної осі на відстані близько 50 см від площини зовнішньої стіни.

Потім, підіймаючи трубу, наводять її на візирну марку і суміщають візирну марку з перетином сітки ниток.

За допомогою оптичного або ниткового виска вісь марки проектують на перекриття і відмічають рисою. Такі ж дії виконують і при другому положенні вертикального круга. Отримують другу риску. Якщо вони не збігаються, то намічають середню риску в точці *A''*.

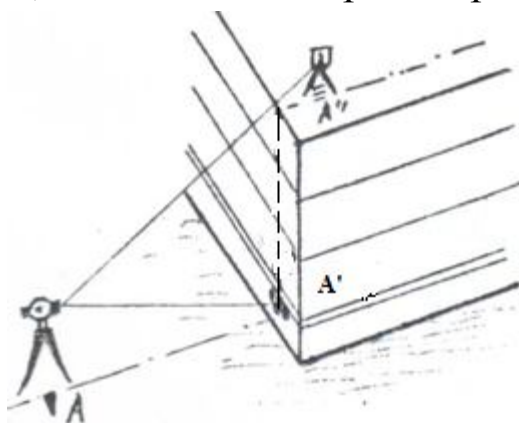


Рис. 13.3.3 Спосіб похилого проектування

Таким самим способом переносять точку цієї самої осі з протилежного боку будинку. Потім, встановивши теодоліт на перекритті замість візирної марки, за створом точок розмічують у необхідних місцях риски осі. Так само виносять інші осі на монтажний горизонт.

Спосіб похилого проектування можна застосовувати при перенесенні осей для будівель до 12 поверхів. Середня квадратична похибка перенесення осі на монтажний горизонт становить близько ± 2 мм.

Спосіб вертикального проектування застосовують для передачі осей при зведенні багатоповерхових будинків або споруд баштового типу. Суть способу полягає в тому, що точку розмічувальної основи, розташовану на перекритті вихідного горизонту, проектують на вищі монтажні горизонти по вертикалі через спеціальні отвори в перекриттях (рис. 13.3.4).

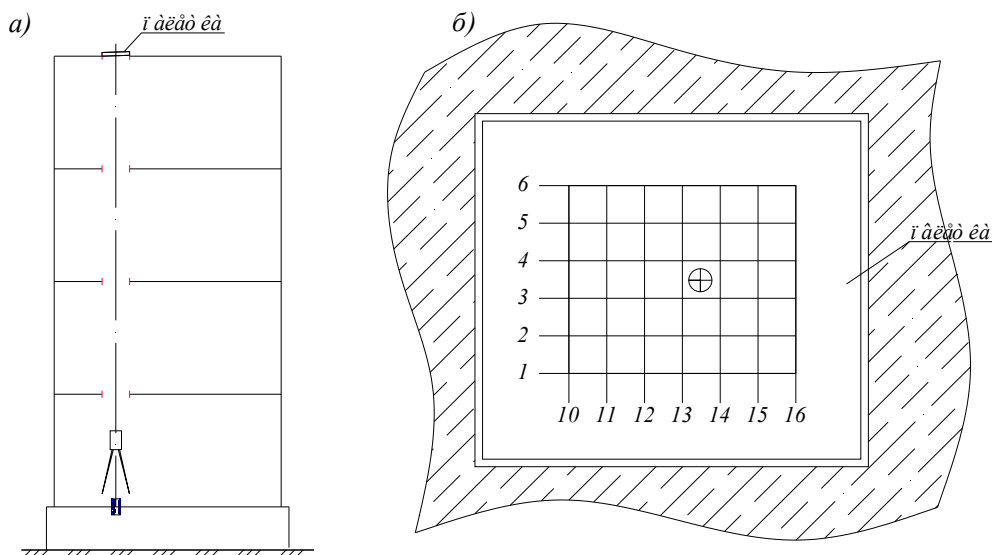


Рис. 13.3.4 Спосіб вертикального проектування

Проектування виконують за допомогою приладів вертикального проектування ОЦП, PZL та ін. Особливо ефективно застосування лазерних приладів.

Для передачі осей на вихідному горизонті над знаком центрують прилад вертикального проектування (ОЦП, PZL). На монтажному горизонті в отворі встановлюється прозора палетка (рис.13.3.4), яка має оцифровану сітку прямокутних координат. За допомогою візирного променя беруть відліки по палетці. Вони і вказують центр знака на монтажному горизонті. Аналогічно переносять інші пункти розмічувальної основи з вихідного на монтажний горизонт.

Залежно від технології монтажних робіт застосовують метод наскрізного або послідовного перенесення осей. При *наскрізному проектуванні* точки мережі передають зразу з вихідного на черговий монтажний горизонт. При *послідовному проектуванні* точки мережі передають з вихідного горизонту на другий, з другого на третій і т. д.

Передача осей методом вертикального проектування відбувається із середньою квадратичною похибкою ± 1 мм на 100 м висоти.

Висотною основою на монтажному горизонті є робочі реperi. Для цього використовують закладні деталі в конструкціях, штирі, скоби, пластини тощо. Позначки робочих реперів визначають методом геометричного нівелювання.

Після закінчення робіт щодо створення планової і висотної геодезичної розмічувальної основи складають виконавчу схему для кожного монтажного горизонту.

13.4 Геодезичні роботи при зведенні житлових і громадських будівель

Геодезичні роботи при зведенні надземної частини будівель полягають у розмічуванні осей елементів конструкцій на монтажному горизонті, встановленні конструкцій у проектне положення і контрольно-монтажних вимірюваннях точності монтажу конструкцій. Технологічна послідовність геодезичних робіт тісно пов'язана з технологією монтажних робіт. Тому при зведенні елементів збірних будинків технологічні операції монтажу конструкцій і геодезичних робіт взаємно пов'язані і супроводжують одна одну.

У будівництві багатоповерхових будівель широко застосовується збірний залізобетон. Із збірних залізобетонних конструкцій виконують каркаси, сходові марши, стіни і інші частини будівель. Найбільший розвиток набуло будівництво із застосуванням великопанельних конструкцій.

Будівлі, які зводяться з великих панелей, за конструкцією поділяються на великопанельні безкаркасні та каркасно-панельні.

Великопанельні безкаркасні будівлі (рис.13.4.1) конструюються з панелей, які утворюють стіни, перекриття і перегородки кімнат. Розміри панелей відповідають висоті поверху, крокам поперечних

перегородок і прогонам перекриттів. Таким чином, основним процесом при зведенні великопанельних безкаркасних будинків є монтаж – встановлення панелей в проектне положення.

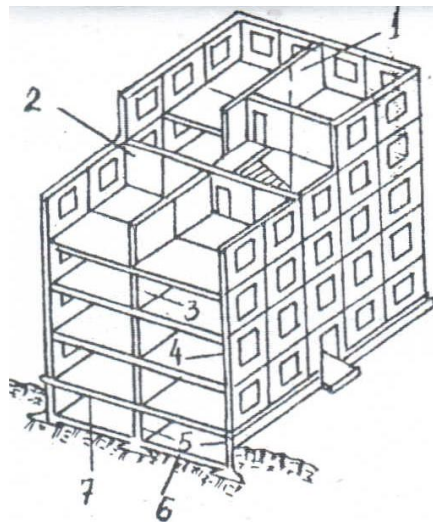


Рис. 13.4.1 **Схема безкаркасного великопанельного будинку:**

1 – несучі внутрішні стіни; 2 – поперечні панелі жорсткості;
3 – несучі поздовжні стіни; 4 – несучі зовнішні стіни; 5 – блоки стін підвалу;
6 – збірні фундаменти; 7 – перекриття першого поверху.

Каркасно-панельні будинки (рис.13.4.2) утворені з таких конструкцій: з колон (залізобетонних або металевих), ригелів, міжповерхових панелей і залізобетонних поясів. Колони і ригелі утворюють каркас будинку.

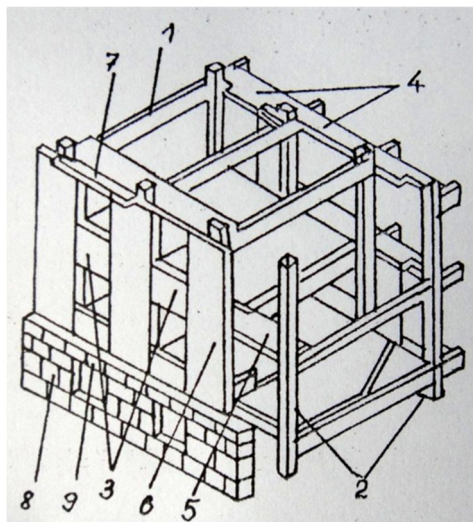


Рис. 13.4.2 **Схема каркасно-панельного будинку:**

1 – ригель; 2 – колони; 3 – міжповерхові перекриття;
4 – панелі перекриттів над коридором; 5 – плита перекриття;
6 – міжповерхова панель; 7 – проміжний залізобетонний пояс;
8 – бетонний стіновий блок; 9 – залізобетонна обв'язка.

На зведений каркас монтують перекриття та панелі зовнішніх стін. Після цього обладнують перегородки і санітарно-технічні пристрої. Колони каркаса виготовляють висотою у два поверхи. Тому монтаж каркаса ведеться ярусами висотою у два поверхи відразу. Методи геодезичних робіт при монтажі елементів будівельних конструкцій викладені в розділі 14. Тому опишемо тільки технологічну послідовність геодезичних робіт при зведенні надземної частини будівлі.

Геодезичні роботи при монтажі великопанельних безкаркасних будівель

Монтаж панелей надземної частини будівлі виконується після влаштування перекриття першого поверху. Геометричним нівелюванням визначають позначки характерних точок перекриття. У разі необхідності цементним розчином вирівнюють поверхню перекриття.

Від точок закріплення осей будинку на перекритті першого поверху за допомогою теодоліта розмічують головні і основні поздовжні та поперечні осі. При будівництві висотних будівель на перекритті першого поверху будують вихідну розмічувальну основу (рис. 13.3.2). Потім від неї розмічують поздовжні і поперечні осі будівлі.

Від винесених основних осей на перекриття виносять усі детальні (монтажні) осі. Для кожної панелі виносять дві риски осей у поздовжньому напрямі і одну – у поперечному напрямі. Риски наносять у напрямі візирної осі труби теодоліта. Вони служать для встановлення панелей у плановому положенні.

За допомогою геометричного нівелювання на перекритті визначають позначку робочого репера. Знаючи висоту панелі, геометричним нівелюванням визначають товщину підкладок (маяків) під кожну панель і встановлюють їх.

Монтаж починається з установлення кутових або маячних (орієнтирних) панелей на цементний розчин, який розстилають на 2...3 мм вище від позначки маяка. У плановому положенні панель встановлюють за рисками монтажних осей. Для підвищення точності установа панелей у плані застосовують фіксатори у вигляді

стержнів з арматури. Їх розміщують вертикально з двох боків від осей стін так, щоб панель опускалася між чотирма стержнями, що виступають над перекриттям. Фіксатори монтують за осями, які розмічують за допомогою теодоліта або дроту.

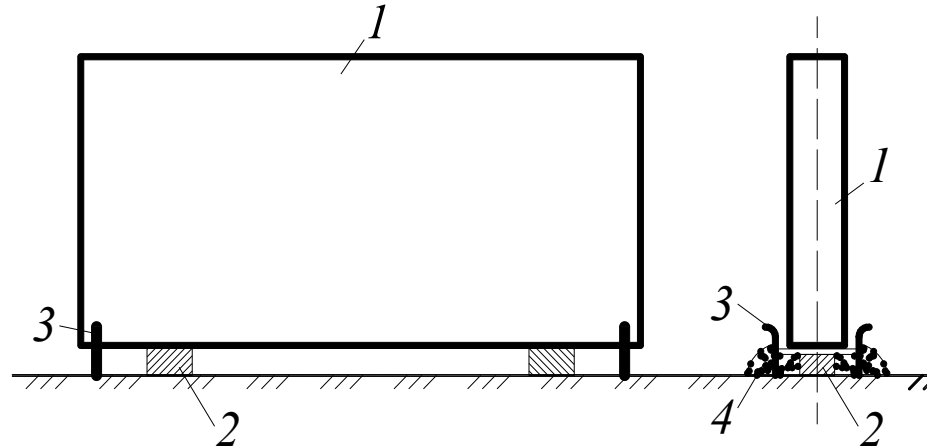


Рис. 13.4.3 Схема установлення панелей:

1 – панель; 2 – маяк; 3 – фіксатори; 4 – цементний розчин

Одночасно нівеліром контролюється правильність установлення верха панелі (рис.13.4.3). Потім за допомогою висок - рейки панель установлюють вертикально. Після цього панель закріплюють монтажним пристроєм. Аналогічно установлюють інші панелі на монтажному горизонті.

Після розміщення всіх панелей на монтажному горизонті виконують геодезичні контрольно – монтажні вимірювання. Вони полягають у тому, що від монтажних осей контролюють правильність установлення панелей у плані, висок-рейкою контролюють вертикальність панелей, а геометричним нівелюванням визначають позначки їх верху. Усі відхилення від проектного положення фіксуються на виконавчій схемі монтажного горизонту. Якщо відхилення недопустимі, то положення панелей виправляють.

Потім виконують монтаж перекриття 2-го поверху. В плановому положенні плити перекриття установлюють, орієнтуючись по осях верха установлених панелей. Цим закінчується монтаж конструкцій першого поверху.

Монтаж конструкцій другого поверху аналогічний. На перекриття способом похилого або вертикального проектування переносять осі.

Розмічують монтажні осі, установлюють маяки, фіксатори і виконують монтаж панелей. Робота закінчується контрольно – монтажними вимірюваннями і складанням виконавчих схем. Якщо положення панелі виправлялось, то виконують повторний контроль. Далі методика геодезичних розмічувальних і монтажних робіт повторюється.

Сучасні методи монтажу рекомендують фіксований монтаж панелей. Він полягає в тому, що кожна панель обладнана двома стержнями-фіксаторами і відповідними їм отворами внизу. Це забезпечує центрування верхньої панелі над нижньою. У цьому випадку необхідно з високою точністю виконати розмічування і монтаж панелей першого поверху.

Для забезпечення висотного положення панелей фіксатори виготовляють із гвинтовими шайбами-упорами. Вони виконують роль маяків.

Геодезичні роботи при монтажі каркасних будівель.

На перекритті першого поверху виконують геодезичне знімання установлених конструкцій і фіксують фактичне положення осей і позначок будівлі, нанесених на змонтованих конструкціях.

До початку монтажу на металеві оголовки колон наносять зубилом установочні риски. На монтажному горизонті розмічують монтажні осі. За допомогою теодоліта на оголовки вже змонтованих колон, що виступають вище від рівня перекриття, наносять риски осей. При цьому враховують різницю (нев'язки) між проектними і фактичними осями змонтованих колон.

Геометричним нівелюванням визначають позначки оголовків, що виступають, розташованих нижче колон або площадок опирання. Порівнявши їх з проектними, обчислюють товщину підкладок, щоб верх розташованої вище колони знаходився на проектній позначці.

Установлення колон виконують, орієнтуючись за винесеними рисками монтажних осей і рисками осей симетрії. Після монтажу колон за допомогою сталеві прокомпарованої рулетки вимірюють відстань між осями низу колон у поздовжньому і поперечному напрямках. При необхідності виправляють їх положення і тимчасово закріплюють.

Потім контролюють установлення колон за вертикаллю за допомогою теодоліта методом колімаційної площини або способом бокового нівелювання. Допоміжну вісь розмічують на відстані 1 м від проектної осі колон. Колони висотою на один поверх встановлюють за допомогою висок-рейки.

Для монтажу колон рекомендують спеціальні пристрої – кондуктори. Ці пристрої дозволяють утримувати колону в плановому положенні і за вертикаллю до моменту остаточного її закріплення. Після цього кондуктор знімають і використовують для установлення наступних колон.

Потім монтують ригелі. На ригелі укладають плити перекриття і сходові марші. Їх монтують із спеціальних пересувних майданчиків, які пересуваються по перекриттях розташованого нижче поверху.

Після закінчення збирання каркаса першого ярусу і остаточної зварки всіх його кутів установлюють стінові панелі. Монтаж починають з розміщення кутових стінових панелей, які служать маяками. Місця установлення панелей розмічають на цоколі або проміжному поясі. Після монтажу простінкових панелей і панелей-вставок виконують їх вивірку за вертикаллю.

Після закінчення монтажу кожного ярусу нівелюють верх двоповерхових стінових панелей. За даними нівелювання обчислюють позначку установлення проміжного залізобетонного пояса.

Вивірку залізобетонного каркаса виконують у такій послідовності:

- 1) за допомогою теодоліта і рулетки перевіряють установлення в плані кутових колон відносно монтажних осей;
- 2) між кутовими колонами натягують дріт і від нього перевіряють відстані між сусідніми зовнішніми та внутрішніми колонами;
- 3) перевіряють позначки верху і розміщення в плані ригелів і прогонів.

Зовнішні стіни вивіряють ділянками довжиною до 30 м. Спочатку суміщають основні панелі з гранями панелей нижнього поверху. Потім за допомогою приладів перевіряють фактичне положення верху крайніх панелей відносно монтажних осей. Між крайніми панелями натягують дріт і перевіряють положення проміжних панелей.

Виконання контрольно – монтажних вимірювань супроводжується складанням виконавчих схем із зазначенням усіх виявлених відхилень елементів конструкцій від проектного положення.

Потім приступають до монтажу наступного ярусу і т. д.

13.5 Геодезичні роботи при монтажі промислових будівель

Найбільш поширеними конструкціями промислових будівель є одноповерхові будівлі з крановим обладнанням (наприклад, будівлі домобудівного комбінату, машинобудівного заводу, тощо).

Конструктивно одноповерхові будівлі складаються із стовпчастих фундаментів, колон підкранових балок, ферм, балок або ферм і прогонів покрить, панелей (рис. 13.5.1).

Застосовують сталеві або залізобетонні колони. У поперечному напрямі вони зв'язані балками або фермами перекрить. Колони установлюють на збірні або монолітні залізобетонні фундаменти. Широко поширений спосіб з'єднання колон з фундаментом через закладні частини із закріпленням анкерними гвинтами. Підкранові балки залізобетонні, іноді сталеві таврового або двотаврового перерізу.

Багатоповерхові промислові будівлі проектують каркасними. Конструктивно вони складаються з колон, ригелів, панелей перекрить стінових панелей і сходових маршів.

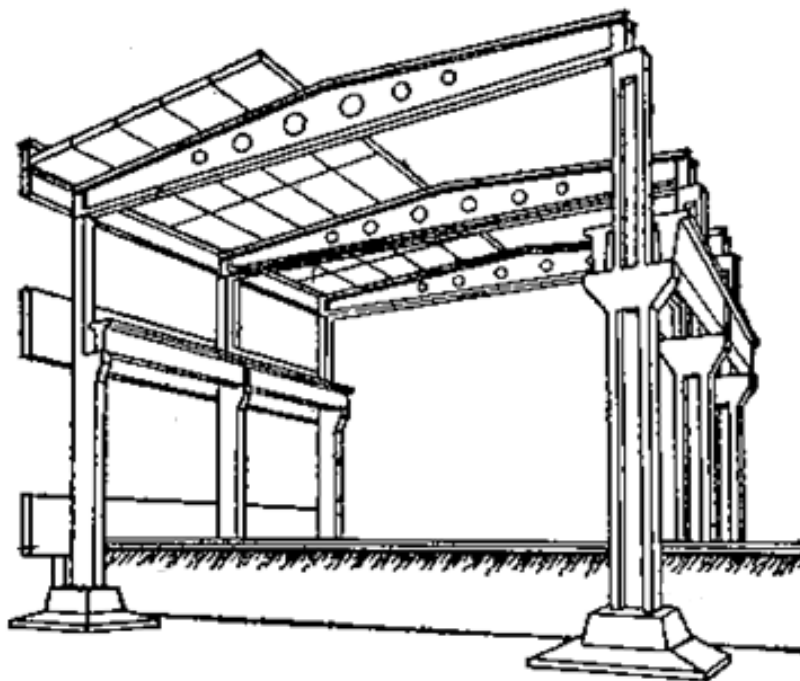


Рис. 13.5.1 Конструктивна схема промислової будівлі

Геодезичні роботи при монтажі конструкцій промислових будівель ведуть у такій послідовності:

1.Розмічування під установалення блоків або опалубки фундаментів під колони. При влаштуванні збірних фундаментів їх опускають у підготовлений котлован і суміщають риси на фундаменті з виносними осями у двох взаємно перпендикулярних напрямках. Потім за допомогою нівеліра визначають позначку дна стакана і обчислюють товщину шару підливання розчину так, щоб він був на проектній позначці низу колони. При другому способі фундаментний блок установлюють відразу так, щоб дно стакана, або поверхня монолітного фундаменту була на проектній позначці підшви колони без наступної підливки. Цей спосіб вимагає підвищеної точності геодезичних робіт і виготовлення конструкцій фундаменту і колони.

При третьому способі колони установлюють на сталеві опорні плити. В цьому випадку фундамент бетонують на 50...60 мм нижче від проектної позначки підшви плити. Потім установлюють готову плиту, суміщаючи риси осей на плиті з рисками осей на фундаменті. Положення плити за висотою перевіряється геометричним нівелюванням, а регулюється – за допомогою підйомних гвинтів так, щоб верх плити був на проектній позначці. Потім під плиту підливають цементний розчин.

2.Геодезичні роботи при монтажі колон. Після монтажу фундаментів встановлюють колони. їх тимчасово закріплюють. Геометричним нівелюванням перевіряють правильність установлення колон за висотою. Вертикальність колон перевіряють за допомогою висок-рейки, ниткового виска або колімаційної площини теодоліта.

Після кожного процесу будівельно-монтажних робіт виконуються контрольні - монтажні вимірювання. Після установлення фундаментів та колон виконується виконавче знімання їх у плані і за висотою із складанням виконавчих схем, на яких вказуються усі відхилення від проекту.

3.Геодезичні роботи при монтажі підкранових балок. Підкранові балки укладають на консолі колон. Перед укладанням підкранових балок на консолях торцевих (крайніх) колон наносять положення осей

балок. Для цього відкладають проектний розмір від внутрішньої грані колони до осі балки (рис.13.5.2). Установивши теодоліт у точці *I*, візують на точку *II*. Проектуючи колімаційною площиною (візирною віссю труби), намічають точки $a_1, a_2, \dots$ на консолях усіх колон.

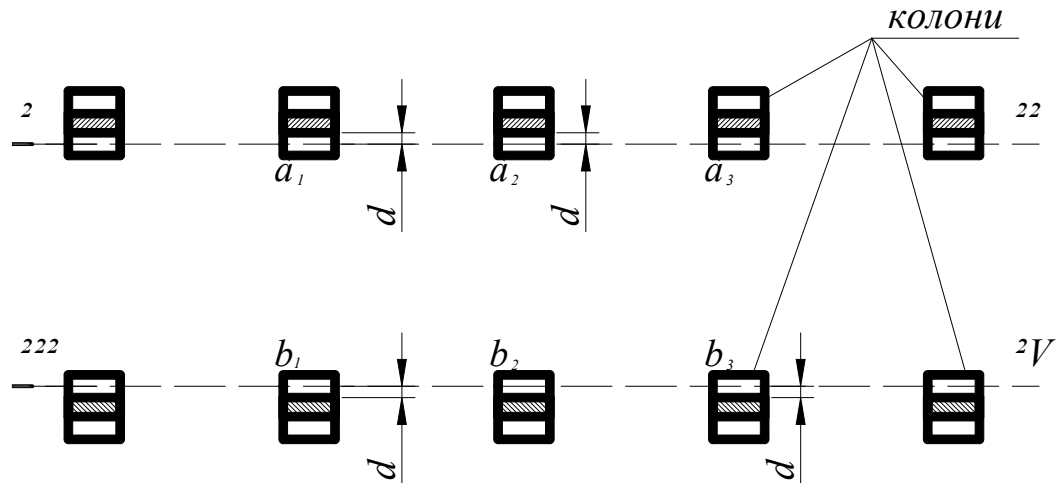


Рис. 13.5.2 Розмічування осей підкранових балок

Аналогічно розмічують осі по створу III -IV (точки $b_1, b_2, \dots$). Після цього вимірюють відстань d від точок осей до внутрішніх граней колон і надписують їх фарбою на колонах. Складають виконавчу схему.

Геометричним нівелюванням визначають позначки опорних площин консолей і нульових рисок на колонах. За обчисленими позначками консолей складають поздовжній профіль у великому вертикальному масштабі. За профілем намічають рівень встановлення підкранових балок, що відраховується від найвищої позначки. За цим рівнем (горизонтом) визначають товщину підкладок під підкранові балки. При монтажі підкранових балок суміщають риси осей балок з рисками розмічувальних осей, нанесених на консолях колон.

Вивірку підкранових балок виконують після монтажу основного каркасу будівлі та підкранових балок. Висотне положення балок контролюється геометричним нівелюванням. Для установаження нівеліра, при необхідності, обладнують спеціальний поміст. Опора для нівеліра повинна бути ізольована від підмостків для нівелювальника. Рекомендується застосовувати нівеліри-автомати. Рейки установажують на конус балки кожної консолі. Нівелюють і риси, нанесені на гранях консолей колон, що служать для контролю товщини підкладок.

Після закінчення робіт складають схему розміщення балок на консолях у плані відносно осей і вказують відхилення верху їх від проектного рівня.

4.Геодезичні роботи при монтажі підкранових колій. Підкранові колії закріплюють поверх підкранових балок після їх остаточного установлення в проектне положення теодолітом або виском (рис.13.5.3) – способами оптичного візування або струнним.

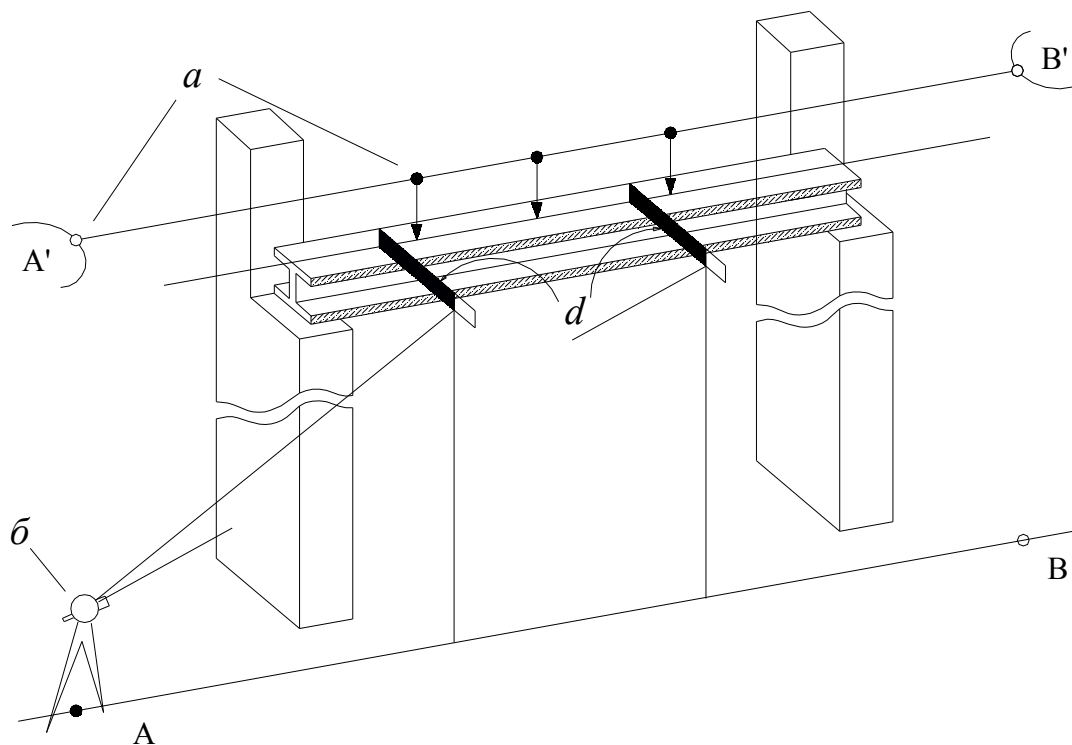


Рис. 13.5.3 Розмічування для монтажу підкранових колій

При **оптичному способі** на рівні підлоги виносять дві точки A і B розмічувальної осі на відстані d від осі рейок. Установлюють теодоліт у точці A і орієнтують візирну вісь труби на точку B . Наводять візирну вісь труби на рівень балки і горизонтально прикладають рейку з поділками. Рейку пересувають праворуч або ліворуч доти, доки відлік по рейці не дорівнюватиме d . За лівим кінцем рейки відмічають вісь колії. Таким самим способом визначають вісь підкранових колій у необхідних місцях.

У **струнному способі** на конструкціях будівлі по обох кінцях осі закріплюють скоби або інші пристрої. За допомогою теодоліта на них виносять точки осі колій A' і B' . Між точками A' і B' натягують струну.

До струни підвішують ниткові виски. При монтажі вісь колії суміщають з вістрям тягара виска.

Положення другої паралельної нитки колії можна визначати проміром рулеткою через прогон (рис.13.5.4). При вимірюваннях необхідно урахувати поправку за провисання

$$\Delta\lambda = \frac{\frac{8}{3}f^2}{l}, \quad (13.5.1)$$

Величину f вимірюють попередньо, натягнувши рулетку вздовж стіни.

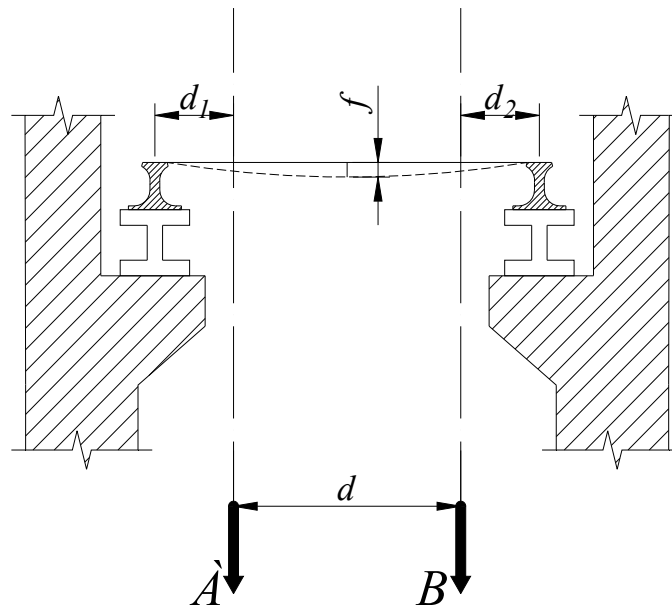


Рис. 13.5.4 Виміри віддалей між осями підкранових балок

Для вимірювання відстаней між осями підкранових рейок можна використувати теодоліт. Для цього на підлозі будівлі закріплюють паралельно осям колій на відстані d одна під одної дві прямі A і B . Способом бокового нівелювання визначають відрізки d_1 і d_2 від осей колій до прямих. Шукана відстань

$$l = d + d_1 + d_2, \quad (13.5.2)$$

Після закінчення монтажу виконуються контрольні-монтажні вимірювання положення колій у плані і за висотою. Якщо відхилення перевищують допустимі, то проводять рихтування (виправлення) підкранових колій як в плані, так і за висотою.

Після закінчення робіт складається виконавча схема планового і висотного положення підкранових балок і рейок.

13.6 Геодезичні роботи при зведенні монолітних будівель і споруд

Зараз широкого розвитку набуло будівництво будівель і споруд з монолітного залізобетону. Будівництво здійснюють методом поступового нарощування стін будівель. Для цього застосовують опалубку. Розрізняють переставну і ковзну опалубки. Всередині опалубки установлюється арматура і заливається бетоном. Після затвердіння бетону опалубку переставляють (пересувають) вгору. Знову влаштовують арматуру, заливають бетоном і т.д. Таким чином, конструкція будівлі виходить монолітною на всю її висоту.

При зведенні монолітних будівель спочатку улаштовують їх підземну частину. Виконують планово-висотне виконавче знімання конструкцій підземної частини будівлі. Розмічують осі на вихідному перекритті і визначають границі та рівень (горизонт) установлення коробів опалубки.

При зведенні будівлі за допомогою переставної опалубки (рис.13.5.5) на монтажному горизонті за наміченими границями установлюють коробки опалубки на висоту h . Перевіряють вертикальність коробів за допомогою теодоліта або виска-рейки і закріплюють їх. Потім установлюють арматуру і заливають бетоном.

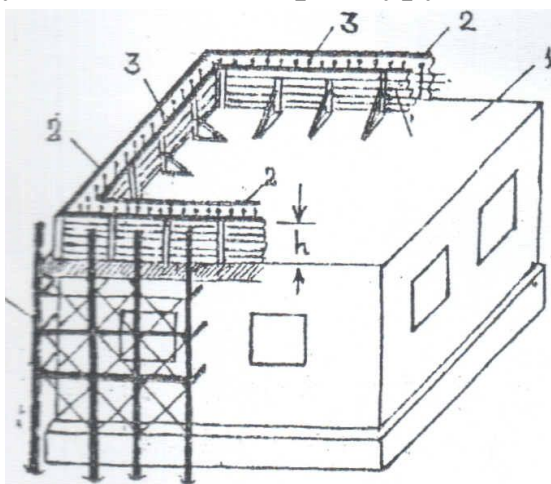


Рис. 13.5.5 Улаштування переставної опалубки

1 – перекриття монтажного горизонту; 2 – коробка опалубки;
3 – арматура; 4 – риштування

У процесі зведення улаштовують віконні, дверні та інші отвори і закладні частини в стінах і перегородках. Потім опалубку знімають і

нарошують до рівня позначки наступного вищого поверху. Знову переносять осі на перекриття і роботи повторюються в такій самій послідовності. Для проведення робіт і улаштування опалубки із зовнішнього боку будинку обладнують спеціальне риштування.

Під час установа опалубки контролюють правильність її положення у плані і за висотою. В плані положення опалубки визначають від закріплених на місцевості осей будівлі за допомогою теодоліта. Якщо всередині будівлі були закладені вихідні знаки розмічувальної основи (рис.13.3.2), то положення опалубки контролюють способом оптичної вертикалі, іноді нитковим виском. Для цього у зручних місцях опалубки або настилу закріплюють 3 або 4 координатні палетки (рис.13.3.4). За відліками визначають зміщення опалубки у плані.

Визначають позначки домкратів та верха опалубки способом геометричного або гідростатичного нівелювання з точністю до 1 мм. Позначки передаються від вихідного на монтажний горизонт за допомогою опущеної рулетки.

Вертикальність перевіряють висками, колімаційною площиною теодоліта або приладами вертикального проектування. У разі необхідності положення опалубки в плані і за висотою виправляється. Дуже перспективне застосування лазерних систем.

14 ГЕОДЕЗИЧНІ РОБОТИ ПРИ МОНТАЖІ ЕЛЕМЕНТІВ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

14.1 Завдання та зміст геодезичних робіт

Головне завдання геодезичного забезпечення будівництва полягає у зведенні будівель і споруд відповідно до запроектованих геометричних параметрів у точно заданому проектом місці. Це досягається завдяки точному виконанню усіх технологічних операцій: від виготовлення конструкцій до їх установа в проектне положення.

Геодезичні роботи супроводжують усі етапи будівельного виробництва. В темі 11 були розглянуті способи геодезичних розмічувальних робіт, які виконуються на стадії підготовки до монтажу будівельних конструкцій. Вони є загальними для усіх видів споруд незалежно від їх конструкції і місця будівництва. Вибір методу розмічувальних робіт значною мірою зумовлений необхідною точністю розмічування і можливістю його застосування в конкретних умовах. Вони служать основою для проведення будівельно-монтажних робіт.

При монтажних роботах виконується установа в проектне положення елементів і частин будівельних конструкцій: фундаментів, колон, панелей, балок, плит перекриття тощо. У промислових спорудах після монтажу будівельних конструкцій у проектне положення установається технологічне обладнання. Тому водночас із монтажем будівельних конструкцій можуть уставлятися закладні деталі для монтажу обладнання.

Монтаж будівельних конструкцій супроводжується геодезичними роботами. Вони повинні забезпечити установа елементів конструкцій у проектне положення із заданою точністю. Незалежно від конструктивних особливостей будівельних елементів і технологічного обладнання можна виділити основні методи виконання геодезичних робіт при установа в проектне положення. Основні види геодезичних робіт при монтажі будівельних конструкцій і обладнання: 1) установа і вивірення в плані; 2) установа і вивірення за висотою; 3) установа і вивірення за вертикаллю.

Монтаж елементів будівельних конструкцій і обладнання виконується відносно осей споруд. Його починають з контролю

винесення осей споруд. При будівництві розмічувальні осі, як правило, збігаються з осями симетрії споруд або з осями симетрії елементів конструкцій. Крім розмічувальних осей, для монтажних робіт часто доводиться вибирати монтажні осі так, щоб вони збігались або розміщувались на деякій відстані від площин конструкцій і обладнання. Монтажні осі намічають після старанного вивчення робочих креслень. Їх, як правило, надалі використовують для контролю точності монтажу елементів. Тому в ряді випадків монтажні осі закріплюють постійними знаками, домагаючись, щоб між ними і після монтажу збереглись видимість і можливість для проведення контрольних вимірювань.

Для висотного установалення будівельних конструкцій і технологічного обладнання на фундаментах, колонах, перекриттях тощо створюється мережа робочих реперів або установаються «маяки». Іноді їх розміщують на одному рівні, що полегшує процес установалення конструкцій за висотою.

Установалення конструкцій і обладнання в проектне положення вимагає високої точності. В проекті проведення робіт (ППР) наводяться допуски для проведення геодезичних вимірювань у період будівництва будівель і споруд.

До початку монтажу перевіряють геометричні розміри: довжину, ширину або товщину і висоту елементів будівельних конструкцій. Вони повинні відповідати проекту в межах допустимої точності виготовлення. Перевірка виконується за допомогою компарованої рулетки та інших інструментів: лінійок, трикутників, шаблонів тощо.

На елементи збірних конструкцій (фундаменти, колони, підкранові балки, ригелі, рами, ферми, прогоны, балки перекриття, панелі тощо) наносять риси, які визначають їх осі симетрії.

Приклад нанесення рисок на деякі елементи будівельних конструкцій показаний на рис.14.1.1. Для монтажу колон окрім осьових рисок наносять риску нульового горизонту. Оскільки вона при будівництві може бути закрита її рекомендується наносити на 10... 20 см і більше вище від позначки підлоги.

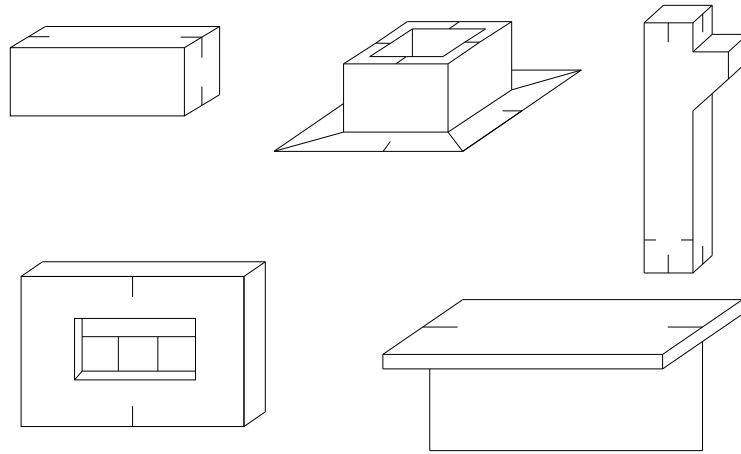


Рис. 14.1.1 Нанесення рисок на збірні елементи будівельних конструкцій

Монтаж будівельних конструкцій супроводжується геодезичними роботами. Після установлення конструкцій в проектне положення необхідно виконати контроль точності їх планово-висотного положення. Якщо відхилення неприпустимі, то виконують необхідні виправлення. Тільки після цього конструкцію остаточно закріплюють.

14.2 Способи встановлення і вивірення конструкцій у плані

При монтажі в плані установлюють низ конструкції. Монтаж виконується від монтажних осей по рисках симетрії, які нанесені на елементах конструкцій, або за їх зовнішніми гранями. При установленні в плані елементи конструкцій орієнтуються водночас по двох взаємноперпендикулярних осях. Тому для кожного елемента повинні бути задані напрями монтажних осей так, щоб вони забезпечували його установлення по осі із заданою точністю.

Геодезичні роботи, які виконуються для знаходження монтажних осей елементів, що монтуються, називаються детальним розмічуванням. При будівництві будівель і споруд застосовують переважно два способи завдання напрямку монтажних осей: 1) *оптичний*; 2) *струнний*. Нині широко запроваджуються 3) *лазерні прилади*.

При монтажі будівельних конструкцій виконують геодезичні контрольно-монтажні вимірювання або вивірення конструкцій. Вони полягають у контролі точності установлення елементів конструкцій відносно винесених монтажних осей, тому розмічуванню монтажних осей повинна бути приділена особлива увага. Геодезичні роботи

повинні виконуватися так, щоб завжди додатково контролювалась правильність винесення монтажних осей. Наприклад, додаткове вимірювання відстані між двома винесеними паралельними монтажними осями або вимірювання кутів між двома винесеними взаємно перпендикулярними монтажними осями. Методи геодезичних робіт при вивіренні конструкцій такі самі, як і при їх установленні.

При плановому установленні обладнання застосовується як **оптичний**, так і **струнний способи**. Однак при установленні високоточного обладнання застосовуються високоточні методи установлення і вивірення: *струнно-оптичний*, *дифракційний*, *коліматорний* та ін. Для цього застосовуються спеціальні прилади і пристрої.

Зупинимося на установленні деяких будівельних конструкцій житлових, громадських і промислових будівель.

При застосуванні **оптичного способу** за опорну (вихідну) лінію для детального розмічування монтажних осей править візирна вісь зорової труби теодоліта.

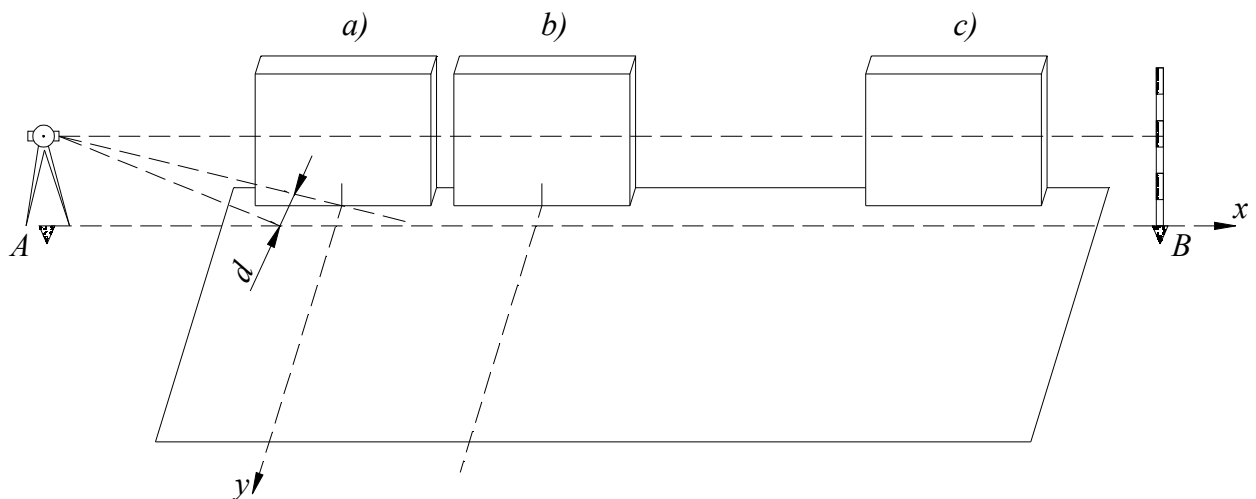


Рис. 14.2.1 Схема детального розмічування монтажних осей при установленні стінових панелей

Суть полягає в наступному. Є дві точки, розташовані на кінцях монтажної осі. Для розмічування монтажної осі (у вигляді рисок для кожного елемента) в початковій точці *A* установлюють теодоліт, у кінцевій точці *B* – віху або марку. Теодоліт центрують і горизонтують. Наводять візирну вісь на марку (віху) і закріплюють теодоліт. Потім, повертаючи трубу, наводять на поверхню, де установлюються

конструкції і в необхідних місцях проводять олівцем риски (рис.14.2.1). Доцільно застосовувати самоклеючий пластик з нанесеною рисою.

Місця рисок монтажних осей залежать від методу монтажу і виду конструкції. Так, для кожної конструкції, що має значну довжину (рис.14.2.2) намічають дві риски уздовж осі X . Залежно від методу монтажу їх намічають на осі, грані або на деякій відстані a від площини конструкції. По осі Y достатньо нанести одну риску осі. Вона намічається по осі конструкції, якщо на самій конструкції намічена риска її симетрії (рис.14.2.1, панелі a). Якщо монтаж ведеться по гранях панелей, то риска суміщається з гранню панелі (рис.14.2.1, панель c). При монтажі відстань a контролюється звичайними металевими лінійками з міліметровими поділками.

При монтажі елементів прямокутного перерізу для кожного елемента, як правило, виносять чотири риски по двох взаємно перпендикулярних осях (рис.14.2.2).

Аналогічно встановлюються закладні частини для монтажу металевих колон, обладнання та інших будівельних конструкцій. Встановлення низу конструкції в плані виконується суміщенням рисок осей на елементі з рисками монтажних осей.

Монтажні риски наносять при двох положеннях вертикального круга теодоліта. Монтажну риску проводять посередині двох одержаних точок. Допускається розмічування при одному крузі, якщо повністю усунена колімаційна помилка c .

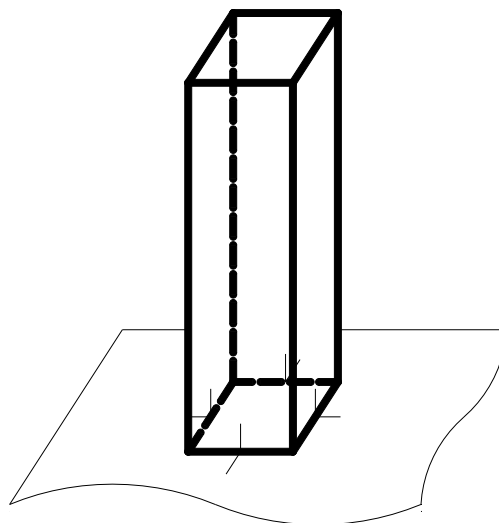


Рис. 14.2.2 Схема розмічування осей при монтажі колон

При застосуванні *лазерних приладів* розмічування монтажних рисок значно спрощується.

У цьому випадку їх проводять по центру світлової плями. Іноді немає можливості винести монтажні осі на раніше установлені будівельні конструкції. Тоді за монтажну вісь при установленні конструкцій і обладнання беруть візирну лінію зорової труби теодоліта. Якщо монтаж відбувається на одному рівні (на одній висоті), то використовують трубу нівеліра або інших спеціальних геодезичних приладів. У процесі монтажу риси осей елементів конструкцій суміщають з візирною віссю теодоліта. Наприклад, при монтажі збірних блоків стрічкового фундаменту (рис.14.2.3) теодоліт установлюють на точці *A* монтажної осі і візують уздовж неї по лінії *AB*.

При установленні в плановому положенні блока I монтажники за вказівкою спостерігача біля теодоліта пересувають блок доти, доки риси 1 і 2 не збіжаться з лінією візирної осі зорової труби. Монтаж блока II виконується за рисками 3, 4 і т.д. Цей спосіб застосовується у тих випадках, коли є пряма видимість між теодолітом і рисками установлюємих елементів конструкцій та обладнання.

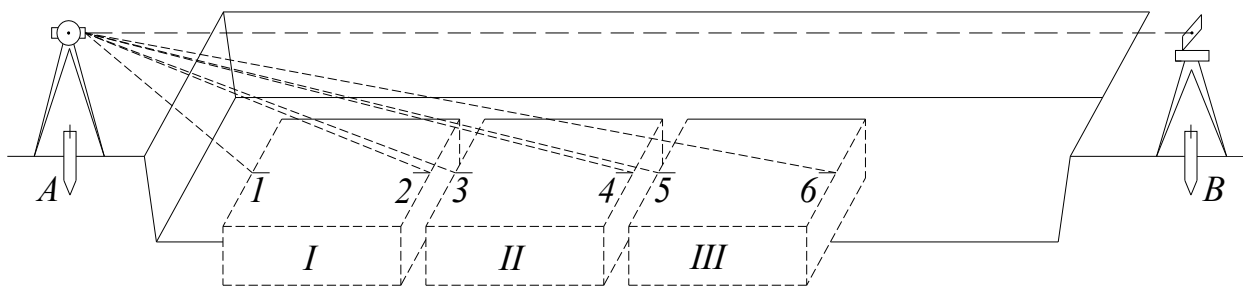


Рис. 14.2.3 Монтаж фундаментних блоків

При застосуванні лазерного теодоліта промінь лазера спрямовується по лінії *AB*. У процесі установлення монтажники самі суміщають риси елементів з видимою плямою лазерного променя. Це значно підвищує продуктивність й точність монтажних робіт.

Якщо монтажна вісь зміщена відносно осі симетрії елементів конструкцій на величину *a* (рис.14.2.4), то застосовується спосіб *бокового нівелювання*. Теодоліт установлюється у вихідній точці осі *A* і візується на віху або марку точки осі *B*.

При установленні панелі до двох її кінців прикладають лінійки (рейки) з поділками. Зорову трубу теодоліта візують на лінійки. За командою спостерігача кінці панелі пересувають так, щоб відліки по них дорівнювали b .

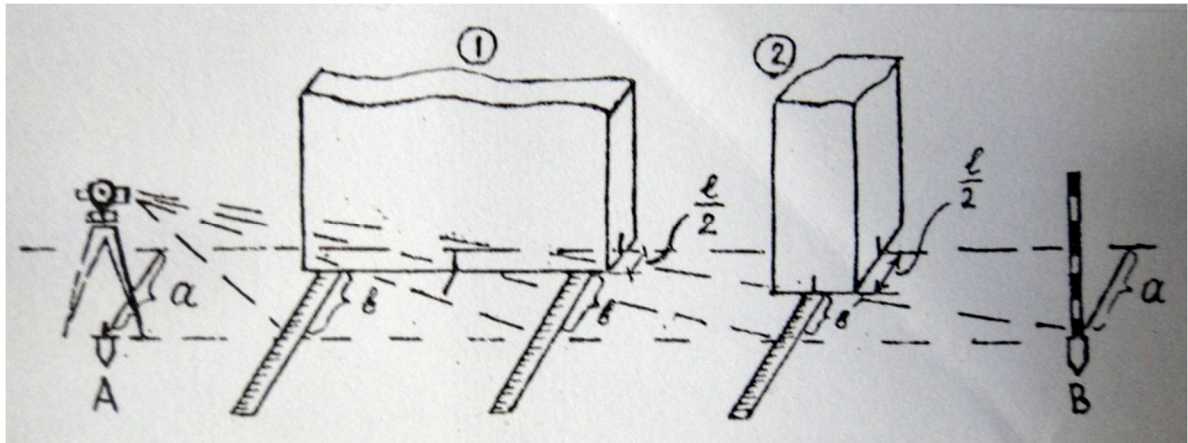


Рис. 14.2.4 Схема способу бокового нівелювання

Відлік b обчислюється за формулою $b = a - l/2$, де l – ширина або товщина елемента конструкції. Водночас суміщають штрих осі симетрії панелі. При установленні колон лінійку прикладають по центру до зовнішньої площини (рис.14.2.4). Якщо використовується лазерний теодоліт або візир, то монтажники по плямі лазерного променя спостерігають відлік і переміщують елемент так, щоб він дорівнював раніше обчисленому відліку b .

Спосіб бокового нівелювання широко застосовується при контрольно-монтажних вимірюваннях. У процесі вимірювань визначають фактичні значення відрізків b від площин або осей будівельних конструкцій і обладнання. Різниця між їх проектними і фактичними значеннями буде похибкою установлення конструкцій або обладнання в плані.

Основні джерела похибок способу:

- 1) вихідних даних (розмічування і закріплення монтажних осей) m_b ;
- 2) центрування теодоліта $m_{ц}$;
- 3) редукції візирних знаків m_p ;
- 4) візування $m_{вз}$;
- 5) фокусування $m_{фк}$;
- 6) впливу зовнішніх умов $m_{зн}$;

7) суміщення риски з візирною віссю або відліку в способі бокового нівелювання m_0 .

Середня квадратична похибка способу оптичного візування

$$m = \sqrt{m_b^2 + m_{\text{ц}}^2 + m_p^2 + m_{\text{вз}}^2 + m_{\text{фк}}^2 + m_{\text{зн}}^2 + m_0^2}, \quad (14.2.1)$$

Похибки центрування, редукції та відліку можна звести до мінімуму. При сприятливих зовнішніх умовах вимірювань точність способу визначається в основному похибками візування і фокусування. Похибка зростає паралельно довжині лінії, яка монтується. Для підвищення точності монтажні роботи починають із середини ділянки в напрямі до точки, на якій встановлений прилад. Потім переставляють прилад на кінцеву точку і виконують монтаж другої половини створу. Максимальна похибка монтажу конструкцій буде посередині монтажної осі.

Для зменшення похибок візування і фокусування застосовують **спосіб послідовних створів**.

Для цього монтажну вісь AB розбивають на n – приблизно однакових частин (рис.14.2.5). Теодоліт установлюють в точці A , а постійну марку – в точці B і візують за створом лінії AB .

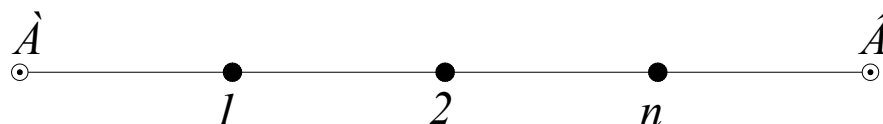


Рис. 14.2.5 Схема способу наступних створів

Спочатку установлюють конструкції між точками $A1$. Потім за допомогою рухомої марки встановлюють у створі лінії AB точку 1 . Переносять теодоліт в точку 1 . Візують на точку B і виконують монтаж уздовж ділянки осі між точками 1 і 2 .

Знову установлюють у створі точку 2 і т.д. У цьому способі теодоліт послідовно переставляють у точки $A, 1, 2, \dots$. Кожен раз візирну вісь орієнтують на марку в точці B . Монтаж ведуть послідовно на ділянках $A-1, 1-2, 2-3, \dots$ і т. д.

У способі послідовних створів похибку центрування необхідно зводити до мінімуму.

Струнний спосіб широко застосовується при монтажі будівельних конструкцій і обладнання. Суть способу полягає в тому, що на деякій висоті уздовж монтажною осі натягують струну (сталевий дріт або синтетичну нитку) діаметром 0,3...0,8 мм. Напрямок струни беруть за монтажну вісь. У необхідних місцях підвішують легкі ниткові виски, за допомогою яких установлюють елементи конструкцій або обладнання. Цим способом можна передати монтажну вісь на глибину (у котлован). При будівництві будівель і споруд струнний спосіб широко застосовується при монтажі конструкцій підземної частини будівлі збірних і монолітних фундаментів, при дослідженнях деформацій гідротехнічних гребель у процесі їх експлуатації.

Як і в оптичному способі методика установлення конструкцій у проектне положення залежить від розташування монтажною осі (струни) відносно осі симетрії елементів. На рис. 14.2.6 показаний монтаж фундаментних блоків у трьох випадках: по осі, грані і на деякій відстані від монтажною осі.

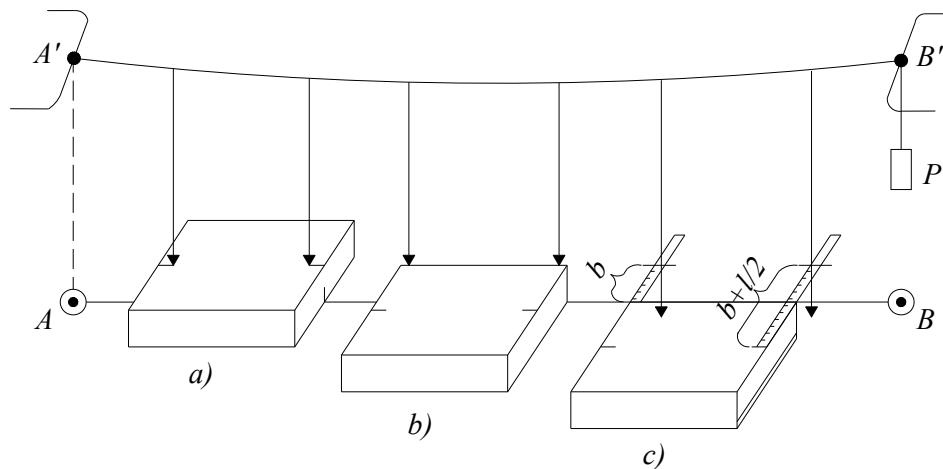


Рис. 14.2.6 Схема монтажу фундаментних блоків з допомогою струнного способу з орієнтацією:
а) по осі блока; в) по грані блока; с) із зміщенням блока.

До початку монтажу точки монтажною осі A і B за допомогою теодоліта переносять на спеціальні жорсткі пристрої для закріплення дротів (точки A і B). При монтажі обладнання їх переносять на стіни будівель тощо. Один кінець струни закріплюють, а до іншого через блок підвішують тягар P . У точках 1, 2, 3,... і т. д. підвішують легкі виски. Якщо струна (монтажна вісь) збігається з віссю симетрії

елемента, то в процесі монтажу rischi суміщають з вістрями висків (точки 1 і 2). Аналогічно установлюють блок, суміщаючи його грань з висками (точки 3 і 4). Якщо блок зміщений відносно монтажною осі, то в точках 5 і 6 підвішують виски. За допомогою лінійки контролюють відстань b від грані елемента, або від осі блока ($b+l/2$) (рис.14.2.6, блок b).

Іноді струну натягують тільки для невеликої ділянки монтажною осі, для установлення окремих елементів будівельних конструкцій. Так діють при будівництві фундаментів опор, які знаходяться на воді, або при установленні елементів збірних і опалубки монолітних фундаментів під колони промислових будівель. У цьому випадку способом оптичного візування виносять по дві точки на кожній осі поблизу елемента, що монтується (рис. 14.2.7) A, B і C, D . В цих точках установлюють кілки і натягують дві взаємно перпендикулярних струни. В точках 1, 2, 3 і 4 підвішують ниткові виски. Монтований блок фундаменту стаканного типу установлюють так, щоб rischi на фундаменті збіглися з вістрями всіх висків водночас.

Основні похибки струнного способу: коливання струни внаслідок пересування по довгій нитці висків, дія вітру і похибки проектування точок із струни на поверхню конструкції (коливання висків).

Недоліком способу є значне провисання струни на довгих створах. Тому доводиться високо підіймати точки A і B (рис. 14.2.7).

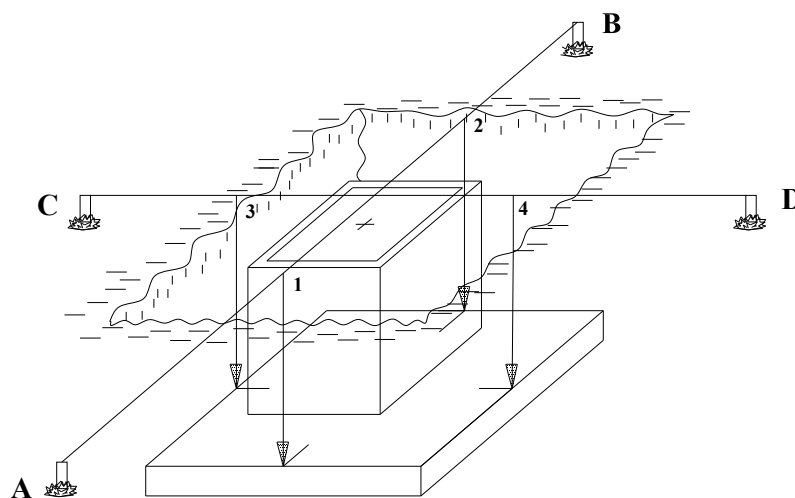


Рис. 14.2.7 Монтаж фундаменту під колону

При цьому збільшуються коливання як самої струни, так і висків. Помітно впливає вітер. Тому роботу на довгих створах необхідно виконувати в безвітряну погоду, щоб усунути вплив вітру на тягар і нитку виска. При сильному вітрі необхідно використовувати спосіб оптичного візування. Разом з тим струнний спосіб досить простий, зручний при монтажі і забезпечує необхідну точність.

14.3 Установлення і вивірення конструкцій за висотою

При монтажі елементів за висотою низ або верх конструкції установлюють на проектну позначку від робочих реперів, які є на монтажному горизонті. Верх конструкції повинен знаходитися в горизонтальній площині. Тому установлення колон виконується за однією точкою, панелей – за двома точками, плит перекриття – за трьома або чотирма точками.

При будівництві будівель і споруд установлення за висотою виконується переважно способом геометричного нівелювання. При монтажі конструкцій будівель в межах монтажного горизонту перспективне застосування має гідростатичне нівелювання.

Спосіб геометричного нівелювання – найбільш поширений при установленні конструкцій і окремих точок на проектну висоту. Залежно від методу монтажних робіт, типу конструкції і необхідної точності методика установлення і вивірення конструкцій за висотою різна. Розглянемо типові схеми використання способу геометричного нівелювання при встановленні і вивіренні деяких елементів конструкцій.

Монтаж стінових панелей. Стінові панелі монтують тільки після вивірення монтажного горизонту. Для цього за допомогою геометричного нівелювання визначають позначки поверхні перекриття на монтажному горизонті. При монтажі верх стінових панелей повинен бути в одній горизонтальній площині. Водночас позначки поверхні монтажного горизонту, як правило, відрізняються від проектних і висоти їх трохи різняться внаслідок похибок виготовлення. Щоб установити верх панелі на проектну висоту, під її низ установлюють підкладки - маяки (рис. 14.3.1) або утворюють шар цементного розчину для вирівнювання.

Підкладки-маяки товщиною P можна установити заздалегідь. Для цього, від вихідного робочого репера H_{Rp} визначають позначки монтажного горизонту H_{MG} в місцях установлення панелей (рис. 14.3.1). Знаючи проектну позначку верху панелей H_{np} , товщина підкладок-маяків

$$P = H_{np} - l - H_{MG}. \quad (14.3.1)$$

На кожну панель установлюють два маяки. При монтажі стінова панель ставиться на підкладки-маяки і водночас суміщається з монтажними осями в плані.

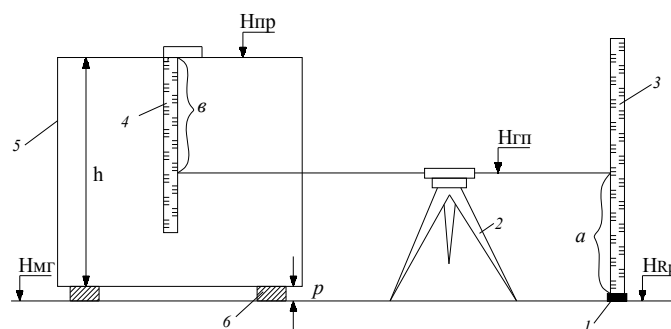


Рис. 14.3.1 Схема установлення і вивірення панелі за висотою:

- 1-робочий репер на монтажному горизонті; 2-нівелір; 3-нівелірна рейка;
4-підвісна нівелірна рейка; 5-панель; 6-підкладка-маяк

При вільному монтажі підкладка установлюється в процесі монтажу панелі. Для цього нівелір установлюється на монтажному горизонті і від вихідного репера визначають позначку горизонту приладу:

$$H_{ГП} = H_{Rp} + a, \quad (14.3.2)$$

де a – відлік по рейці на репері.

На попередньо установлену панель навішується підвісна рейка (рис. 14.3.1). Остання, довжиною 1,5...2 м із сантиметровими поділками у верхній частині має виступ для навішування на конструкцію. Нульова поділка рейки збігається з верхньою гранню конструкції. Підписи поділок зростають від верху до низу. Відлік, який повинен бути по підвісній рейці в момент, коли верх панелі знаходиться на проектній позначці:

$$b = H_{np} - H_{ГП}. \quad (14.3.3)$$

Взявши відлік b' , спостерігач легко визначає товщину підкладки

$$P = b - b'. \quad (14.3.4)$$

і повідомляє монтажникам. Панель трохи піднімається. Установлюються підкладки і панель знову опускається. Спостерігач контролює установлення панелі за висотою. Якщо відлік за підвісною рейкою дорівнює обчисленому відліку b , то за висотою панель установлена правильно. Це є водночас і вивіренням установлення панелі за висотою.

Якщо раніше були установлені підкладки-маяки, то вивірення установленної панелі виконується за допомогою підвісної рейки. Відхилення допускається в межах точності монтажу елементів конструкцій за висотою l . Для контролю горизонтальності верхньої грані рейку підвішують у двох точках по краях панелі.

Аналогічно установлюються за висотою і інші елементи будівельних конструкцій. Якщо конструкція має велику висоту l , то можна підвісити рулетку так, щоб її нуль збігся з верхньою гранню конструкції.

При установленні панелей за висотою перспективне застосування лазерних нівелірів. Особливо приладів типу «Геоплан», які задають на монтажному горизонті видиму світлову площину Нгп. При монтажі робочі самі контролюють величину відліку b за підвісною рейкою і видимою прямою лазерного променя без вказівок спостерігача. Це веде до підвищення продуктивності праці і якості монтажних робіт.

При установленні стінових панелей за висотою застосовують гідростатичне нівелювання, яким визначають невеликі перевищення. Тому при монтажі визначають позначки точок на монтажних горизонтах H_{MG} від вихідних робочих реперів. За формулою (14.3.3) обчислюють товщину підкладок-маяків. При контролі гідростатичним нівелюванням визначають позначки верху підкладок-маяків:

$$H_m = H_{np} - l. \quad (14.3.5)$$

Гідростатичне нівелювання застосовують в основному при установленні та вивіренні опорних площин конструкцій, площин і напрямних колій технологічного обладнання. Цей метод досить зручний при укладанні вирівнюючого шару на монтажному горизонті.

Монтаж колон. При зведенні будівель і споруд застосовують металеві або збірні залізобетонні колони. В обох випадках установлення колон за висотою виконується переважно способом геометричного нівелювання.

Металеві колони установлюються на заздалегідь вивірені опорні деталі або бетонні поверхні. Точність виготовлення металевих колон висока. Тому при монтажі достатньо установити площину опирання металевої колони на проектну висоту і тоді її верх або консоль відповідатиме проектній позначці. Низ металевої колони називають башмаком. Башмак колони скріплюється з опорною поверхнею анкерними болтами. За опорну поверхню можуть правити шайби з гайками на анкерних болтах, укладені металеві балки, заздалегідь забетонована опорна поверхня.

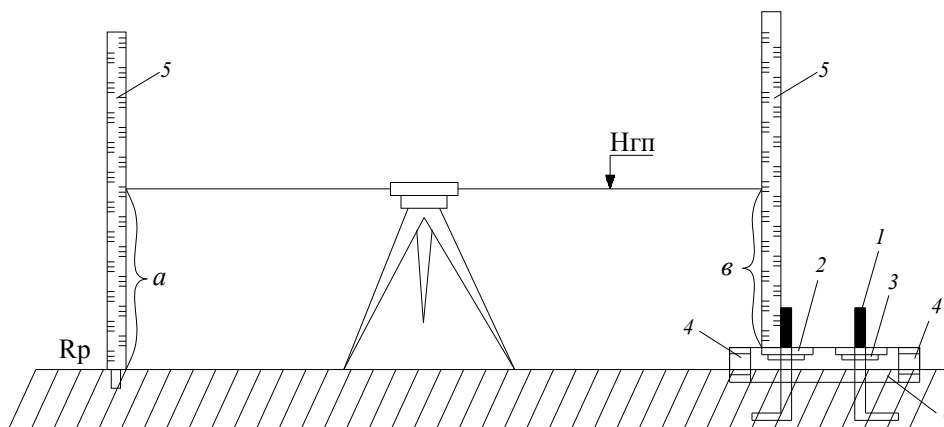


Рис. 14.3.2 Установлення шайби з гайкою анкерного болта на проектну позначку: 1 – анкерний болт; 2-шайба; 3-гайка; 4-закладні деталі; 5-рейки; 6-шар цементного розчину

При монтажі колон геометричним нівелюванням від робочих реперів установлюють опорну поверхню на проектну позначку низу башмака колони (рис.14.3.2). На вихідному робочому репері і опорній поверхні (шайбі) установлюють рейки. На репері беруть відлік a . За формулами (14.3.2) і (14.3.4) обчислюють горизонт нівеліра $H_{ГП}$, і шуканий відлік b . Якщо відлік по рейці не дорівнює відліку b то гайку 3 на опорному болту 1 повертають, щоб відлік дорівнював b . Так установлюють усі опорні поверхні на проектну позначку низу колони. Потім заливають вирівнюючий шар цементного розчину.

Установлюють колону. Суміщають з монтажними осями по вертикалі і закріплюють.

Збірні залізобетонні колони установлюють на фундаменти стаканного типу, перевіряючи перед цим їх розміри. На колону наноситься риска, яка відповідає рівню підлоги монтажного горизонту (частіше всього риску ставлять на відстані 1,5 м від площини основи). Від неї вимірюють розміри до консолей і верха колони (рис.14.3.3).

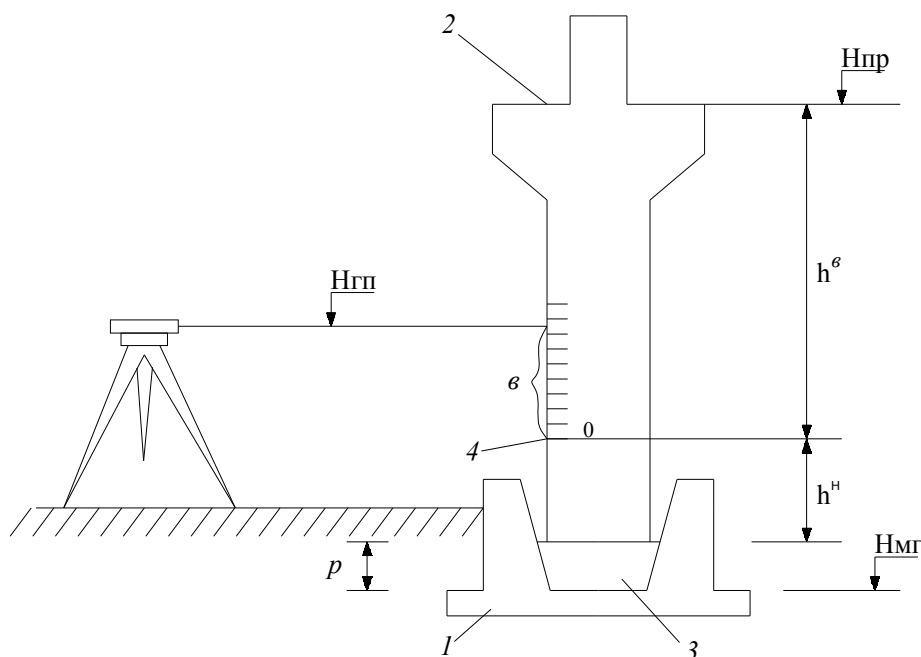


Рис. 14.3.3 Установлення по висоті збірної залізобетонної колони:

1-фундаментний блок; 2- консоль; 3-підливка цементного розчину;
4-горизонтальна монтажна риска

Спочатку на проектний рівень установлюють фундамент стаканного типу. Для цього визначають позначку дна котловану і зачисткою ґрунту доводять її до проектного рівня. Стакан фундаменту виготовляють так, щоб його дно було нижчим від проектного рівня на 50...80 мм. Потім установлюють блок фундаменту в плані. Нівелюють дно стакана і обчислюють товщину підливки цементного розчину дна стакана за формулою (14.3.4), беручи за позначку монтажного горизонту $H_{мг}$ фактичну позначку дна котловану. На дно стакана заливають шар цементного розчину товщиною P . Після його затвердіння встановлюють колону, суміщаючи монтажні риски осі симетрії колони і блока фундаменту.

При вивіренні установлення колони за висотою використовують нанесену горизонтальну риску. До неї прикладають нуль рейки і беруть відлік b , який повинен дорівнювати обчисленому відліку (рис.14.3.3).

Якщо колона має невелику висоту, то можна до консолі підвісити підвісну рейку. Тоді шукана величина відліку обчислюється за формулою

$$b = H_{ГП} - (H_{np} - l''). \quad (14.3.6)$$

Використання лазерних нівелірів суттєво полегшує монтаж колон за висотою. Створюється можливість візуального постійного контролю відліків за рейкою в процесі установлення колони за висотою.

Технологія монтажу впливає на технологію геодезичного обслуговування монтажних робіт, але методи установлення конструкцій у проектне положення залишаються однаковими. Інколи цементний розчин підливають в процесі монтажу колони. При цьому колону за допомогою крана установлюють за висотою по відліку b і заклинюють. Після цього зазори заливають бетоном. Розроблені і спеціальні монтажні пристрої – кондуктори, які при монтажі дозволяють регулювати положення колони в плані та за висотою. Після закріплення колони в стакані фундаменту кондуктор знімається.

При монтажі балки або ригеля визначають позначки H_{MG} опорних площин консолей. Порівнюють їх з проектними. Знаючи проектну позначку верху балки – H_{np} і її товщину (висоту) l , обчислюють товщину підкладок P за формулою (14.3.4) (рис.14.3.4).

Після монтажу балок виконують вивірення. Для цього за допомогою нівеліра визначають позначки верху балок у місцях опирання на консолі колон. Для визначення позначок верхніх площин ригеля H_{MG} і при вивіренні, нівелір установлюється на спеціальні помости. Позначка горизонту нівеліра визначається за допомогою підвісної рулетки від вихідних реперів.

Аналогічна схема геодезичних вимірювань зберігається при монтажі прогонів, мостів, ригелів при будівництві каркасних і каркасно-панельних будівель, тощо.

Як видно з викладеного, геодезичне забезпечення монтажу будівельних конструкцій за висотою полягає в установленні на

проектну позначку низу конструкції з урахуванням її висоти. Цим досягається встановлення верхніх опорних частин будівельних конструкцій на проектну висоту.

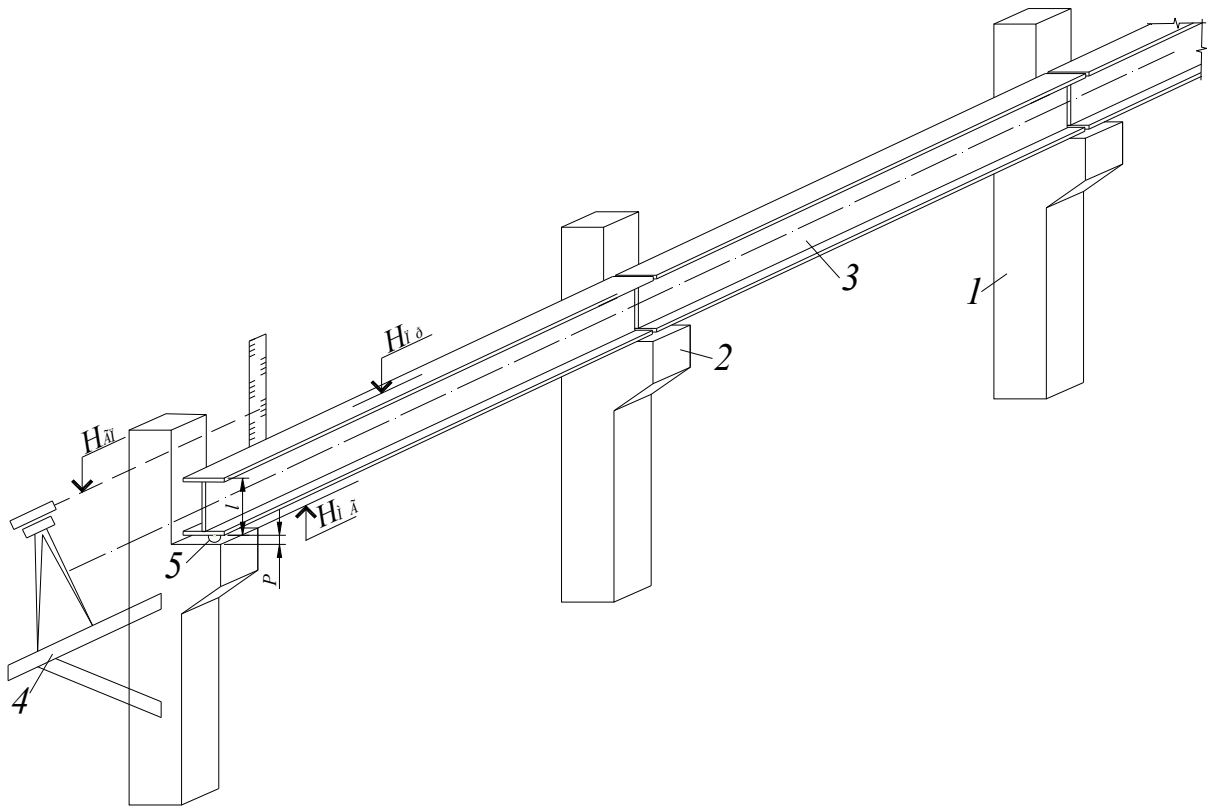


Рис. 14.3.4 **Схема монтажу та вивірення по висоті підкранових балок:**

1 – колона; 2 – консоль; 3 – підкранова балка;
4 – поміст для установлення нівеліра; 5 – підкладки

Похибки установлення і вивірення конструкцій за висотою такі самі, як і при винесенні точки із заданою позначкою.

14. 4 Установлення і вивірення конструкцій за вертикаллю

Установлення за вертикаллю осей або площин симетрії, зовнішніх поверхонь і граней виконується після остаточного монтажу конструкції в плані та за висотою. Цим досягається установлення в планове положення верху конструкції. Невертикальність конструкцій приводить до зменшення площин опирання верхніх конструкцій, виникненню додаткових напруг і згинального моменту.

Ураховуючи важливість установлення за вертикаллю кожна конструкція попередньо вивіряється і тільки після цього закріплюється (остаточно фіксується).

Залежно від вимагаємої точності будівельні конструкції і осі технологічного обладнання установлюють у вертикальне положення різними способами: 1) за виском, 2) за допомогою колімаційної площини теодоліта, 3) за оптичною вертикаллю приладів вертикального проектування (візирного променя зеніт-лотів), 4) способом бокового нівелювання, 5) за допомогою лазерних приладів.

1. Застосування висків

Це один з найбільш простих способів установлення і вивірки за вертикаллю будівельних конструкцій, який має широке застосування. При установленні у вертикальне положення панелей, колон та інших елементів конструкцій невеликої висоти застосовують висок – рейки. Найбільш простою конструкцією є висок-рейка з нитковим виском (рис.14.4.1). Це дерев'яна планка з виступом для підвішування на конструкції. По центру планки кріпиться нитковий висок. У нижній частині наноситься шкала поділок.

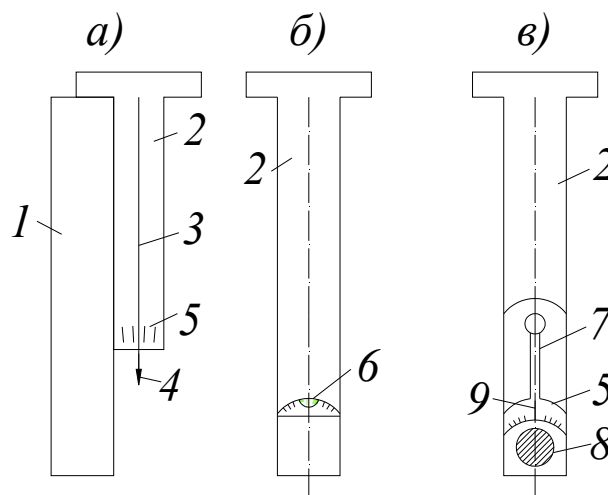


Рис. 14.4.1 Висок-рейки: а) з нижнім виском; б) з рівнем; в) з маятниковим виском. 2-планка виска-рейки; 3-нитка виска; 4-вантаж виска; 5-шкала; 6-циліндричний рівень; 7-штанга маятникового виска; 8-вантаж; 9-стрілка

При монтажі висок-рейка підвішується на конструкцію, яку нахиляють доти, доки нитка не буде збігатися з центром шкали поділок. У цей момент вісь конструкції буде паралельна нитці виска, а отже, вертикальною. При вивіренні висок-рейка підвішується на установлену деталь і за шкалою визначається величина відхилення від вертикалі. Довжина висок-рейки повинна дорівнювати приблизно 0,8 висоти конструкції. Щоб зменшити коливання нитки під впливом вітру,

використовують важкі виски або нитку розміщують у трубі. Під час роботи захищають тягар виска від впливу вітру. Оскільки звільнитися від впливу повітряних потоків практично неможливо, можна застосувати висок-рейку з циліндричним рівнем (рис.14.4.1). Вона частіше використовується для установлення конструкцій за вертикаллю, але менш зручна при їх вивіренні. Зменшити дію вітру можна застосувавши висок-рейку з механічним (маятниковим) виском (рис.14.4.1 в). До вантажа маятникового виска кріпиться стрілка 9, за допомогою якої за шкатою 5 можна визначити відхилення конструкції від вертикалі.

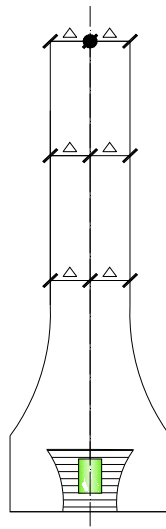


Рис. 14.4.2 **Визначення вертикальності нитковим виском**

При вивіренні за вертикаллю споруд баштового типу (телебашти, димові труби, силосні башти тощо) застосовують довгі ниткові виски (рис.14.4.2). При будівництві споруд баштового типу на нульовому горизонті закріплюється центр споруди. При вивіренні з монтажного горизонту опускають нитковий висок. Вантаж виска поміщають у посудину з водою і тирсою або маслом. Після згасання коливань виска визначають відносне відхилення виска від точки – центра споруди. За величиною відхилення визначають відхилення від вертикалі і вносять відповідні виправлення у положення конструкцій.

Нитковий висок використовують при монтажі конструкцій прямовисних шахтних стволів, метро тощо. Точність вертикального установлення за допомогою ниткових висків у середньому становить 1/1000 висоти при сприятливих умовах вимірювань.

При вивірненні монтажу конструкцій від нитки виска визначають відрізки Δ (рис.14.4.2) до площини конструкцій. Порівнюючи їх з проектними величинами, визначають шукані відхилення від вертикалі.

2.Проектування колімаційною площиною

Спосіб установлення і вивірення конструкцій за допомогою колімаційної площини теодоліта досить простий і часто застосовується в умовах будівельного майданчика.

Для установлення колони за вертикаллю теодоліт установлюється на деякій відстані від неї (точка I_1 , рис.14.4.3). Звичайно відстань d знаходиться у межах 0,7-1,5 висоти конструкції. Теодоліт горизонтують і наводять візирну вісь на нижню осьову риску. Потім піднімають трубу вгору, візуючи на верхню осьову риску. Колону за командою спостерігача нахиляють так, щоб верхня риска збіглась з перетином сітки ниток зорової труби теодоліта. При цьому колона буде установлена за вертикаллю в одній площині. Для установлення колони за вертикаллю у другій взаємно перпендикулярній площині використовують водночас два теодоліти (рис.14.3.3). При наявності одного теодоліта його переносять у точку I_2 і аналогічно установлюють колону за вертикаллю в другій площині.

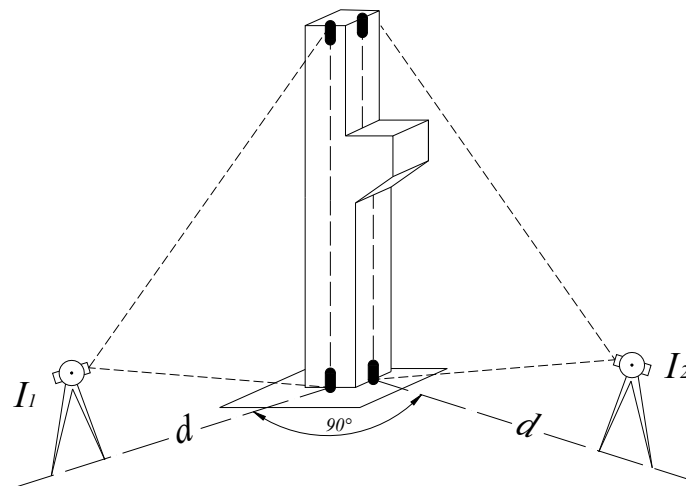


Рис. 14.4.3 Установлення у вертикальне положення колон оптичним або лазерними теодолітами

При вивірненні вертикальності колони спочатку візирну вісь труби наводять на верхню риску. Потім візують на нижню риску. Відхилення риски від перетину сітки ниток становить величину неvertикальності колони в лінійній мірі – Δ .

Ухил і кут нахилу

$$i = \frac{\Delta}{l}, \quad (14.4.1)$$

$$v = \frac{\Delta}{l} \rho. \quad (14.4.2)$$

де l – висота колони;

$$\rho = 2 \cdot 10^5 \text{ см.}$$

Аналогічно виконується установлення і вивірення за вертикаллю інших елементів будівельних конструкцій за допомогою колімаційної площини теодоліта.

Основними джерелами похибок способу похилого візування є: 1)нахил осі обертання приладу m_H ; 2)візування m_B ; 3)вплив нестворності установлення теодоліта m_C ; 4)вплив зовнішніх умов m_{3H} . Сумарна похибка:

$$m = \sqrt{m_H^2 + m_B^2 + m_C^2 + m_{3H}^2}. \quad (14.4.3)$$

Вплив нахилу осі обертання теодоліта не усувається навіть при візуванні при двох положеннях вертикального круга. Тому ціна поділки рівня теодоліта повинна відповідати точності установлення конструкцій за вертикаллю. Якщо відома величина похибки нахилу осі обертання теодоліта, то необхідна ціна поділки рівня :

$$\tau'' = \frac{2m_H}{l} \rho'' . \quad (14.4.4)$$

Середня квадратична похибка нестворного установлення теодоліта відносно напрямку монтажною осі

$$m_C = m_{\text{ц}} \frac{\Delta d}{d}. \quad (14.4.5)$$

де $m_{\text{ц}}$ – середня квадратична похибка центрування;

Δd – відстань на горизонтальній площині між осьовими монтажними рисками на конструкції.

Якщо риси знаходяться в одній вертикальній площині, то похибка $m_C = 0$.

При проектуванні вертикальної площини візирний промінь часто проходить поблизу конструкцій. Виникає значна бокова рефракція. Тому рекомендується установлення і вивірення конструкцій виконувати вранці і ввечері або в похмуру погоду.

Установлення і вивіренн за вертикаллю будівельних конструкцій виконують і за допомогою лазерних теодолітів. Порядок роботи попередній. При установленні верхню риску суміщають з центром видимої лазерної плями. Зараз розроблені спеціальні насадки, які розвертають промінь у вертикальний сектор (рис. 14.4.3). При монтажі на конструкції отримують видиму вертикальну пляму. Це дозволяє водночас спостерігати за верхом і низом конструкції.

3. Спосіб оптичної вертикалі

Він базується на використанні приладів вертикального проектування. Застосовується при будівництві висотних будівель, споруд баштового типу і зведенні монолітних будівель та споруд у ковзній опалубці.

При будівництві багатоповерхових будівель у напрямі візирних променів у перекриттях роблять наскрізні отвори.

Ідея способу полягає в наступному. На вихідному (нульовому) горизонті закладають опорні точки поблизу конструкцій. У спорудах баштового типу (телевишки, димові труби) з невеликими геометричними розмірами в плані вихідна точка може бути закріплена в центрі (рис.14.4.4).

Над точкою встановлюють прилади вертикального проектування PZL, ОЦП, лазерні. Приводять візирну вісь або лазерний промінь у вертикальне положення. Від напрямку візирної осі або лазерного променя вимірюють відрізки Δ . За ними і обчислюють величину відхилення конструкції від проектного положення за вертикаллю.

При зведенні монолітних будівель та споруд у ковзній опалубці застосовують лазерні системи. На центральному вихідному пункті I встановлюють лазерний нівелір (рис.14.4.4). У пунктах 1, 2,... та інших на штативах встановлюють призми, які заломлюють падаючий на них лазерний промінь під кут 90° і спрямовують його на прозорі палетки, з координатною сіткою, установлені на риштування ковзної опалубки, за якими контролюють положення опалубки відносно вертикального променя.

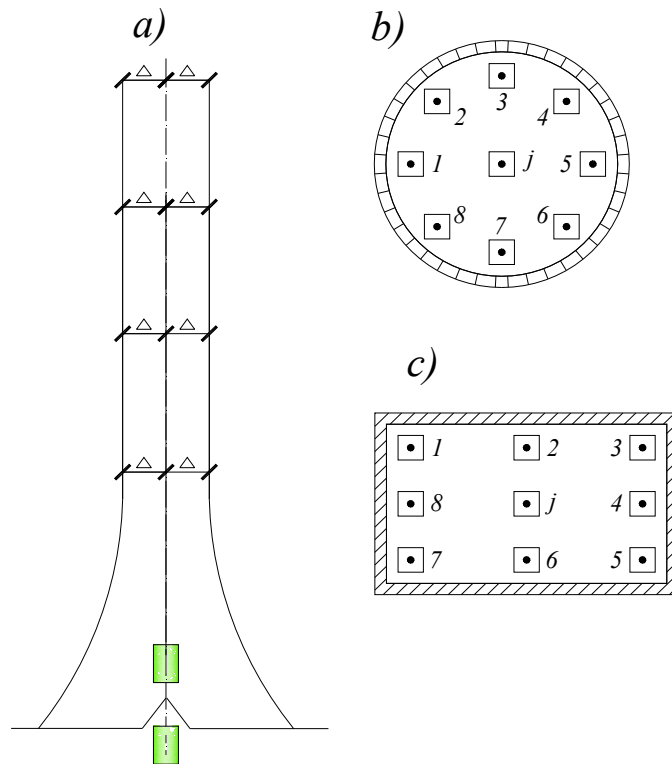


Рис. 14.4.4 Визначення вертикальності споруд баштового типу

В необхідних випадках виконують корегування зсуву опалубки в плані. В теперішній час на риштуванні обладнують спеціальні фотодатчики. Вони автоматично визначають відхилення опалубки від проектного положення і подають команду на гідродомкрати. В результаті цього опалубка автоматично встановлюється в проектне положення. При переміщенні опалубки вгору зберігається вертикальність монолітних стін будівлі або споруди.

При вивіренні вертикальності конструкцій способом оптичної вертикалі вимірюють відрізки між площиною конструкції та вертикальним оптичним або лазерним променем.

Основні похибки способу оптичної вертикалі: 1) приведення візирної осі або проміня, лазера в прямовисне положення m_{Π} ; 2) візування $m_{вз}$; 3) центрування $m_{ц}$; 4) впливу зовнішніх умов $m_{зн}$. Сумарна середня квадратична похибка способу

$$m = \sqrt{m_{\Pi}^2 + m_{вз}^2 + m_{ц}^2 + m_{зн}^2}. \quad (14.4.6)$$

Великий вплив на точність побудови оптичної вертикалі чинять зовнішні умови: бокова рефракція, коливання зображення, недостатня

освітленість. У конкретних умовах слід вживати всі необхідні заходи для послаблення впливу цих факторів.

4. Спосіб бокового нівелювання

Спосіб бокового нівелювання або бокового візування заснований на використанні колімаційної площини теодоліта, електронних теодолітів і тахеометрів з лазерним променем. Його застосовують для установлення конструкцій за вертикаллю. Однак найбільш ефективно використання способу бокового нівелювання при одночасному вивіренні вертикальності ряду установлених будівельних конструкцій (рис.14.4.5).

Для установлення конструкцій (колон, панелей тощо) (рис.14.4.5), у вертикальне положення або визначення їх нахилу вздовж осі AB на монгажному горизонті розмічують лінію $A'B'$ паралельно осі AB на відстані a . У точці A' установлюють теодоліт і візують на марку, встановлену в точці B' . До низу конструкції горизонтально прикладають рейку з поділками. Наводять візирну вісь труби на рейку і беруть відлік b_H . Потім рейку прикладають до верхнього краю конструкції (рис.14.4.5) і візують зорвоюю трубою. Колону (панель) нахиляють так, щоб відлік по рейці b_H дорівнював відліку b_H .

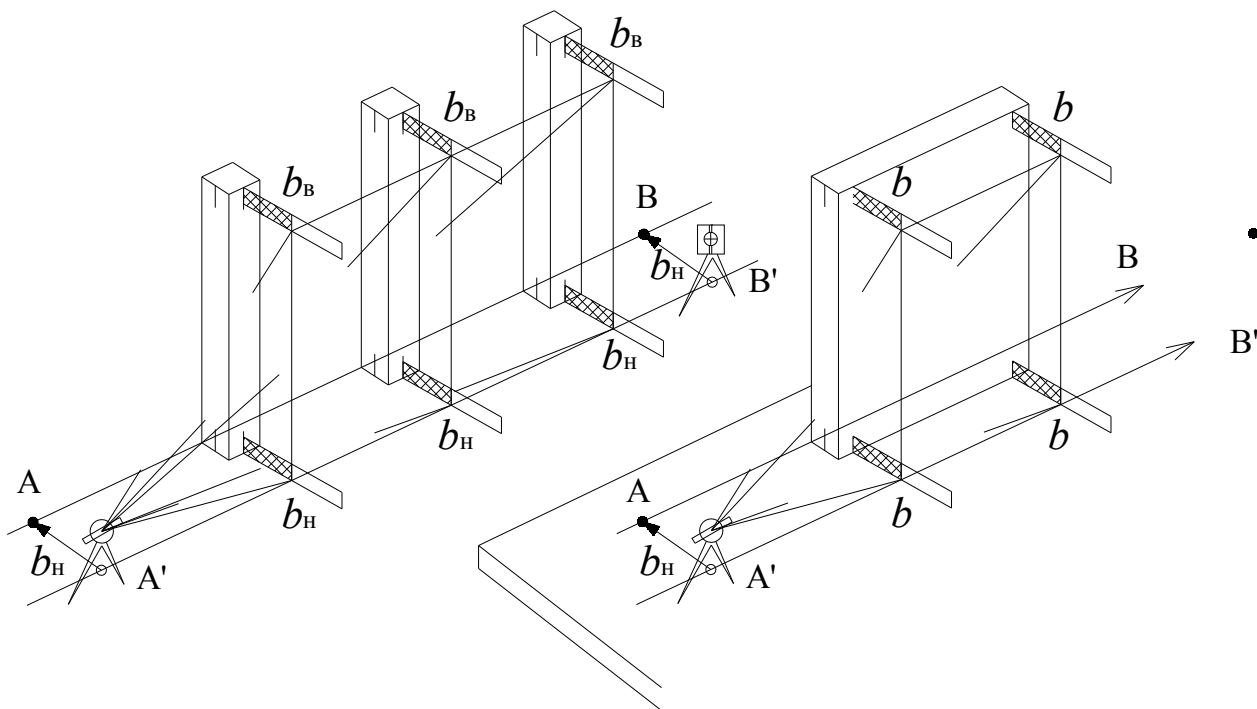


Рис. 14.4.5 Схема установлення і вивірення конструкцій за вертикаллю способом бокового нівелювання

Слід зазначити, що для установлення конструкцій, близьких за розмірами до квадратного перерізу, теодоліт необхідно установити другий раз (рис.14.4.5) і перевірити вертикальність у перпендикулярній площині. При установленні конструкцій, витягнутих у довжину (панелей тощо), достатньо одного установлення теодоліта. Причому рівність відліків за двома нижніми рейками (рис.14.4.5) одночасно вкаже на паралельність поздовжньої осі симетрії конструкції і монтажної осі.

Спосіб бокового нівелювання застосовують при установленні конструкцій за вертикаллю замість способу проектування колімаційною площиною в тих випадках, коли за умовами будівельного майданчика немає можливості установлення теодоліта за віссю симетрії конструкції.

Застосування лазерних теодолітів з насадками, які розвертають лазерний промінь у вертикальну площину, значно полегшують і прискорюють монтаж конструкцій за вертикаллю. При цьому водночас можна установлювати низ конструкції в плановому положенні, а саму конструкцію – за вертикаллю. При монтажі відліки по рейкам спостерігаються візуально за світловою смугою лазерної площини або плями лазерного проміння.

Найчастіше спосіб бокового нівелювання застосовується при вивіренні (контролі) за вертикаллю будівельних конструкцій. Схема робіт аналогічна. При цьому послідовно прикладають рейку по низу і по верху елементів конструкцій і беруть відліки b_i . Різниця відліків верху і низу конструкції характеризує її поперечний нахил у лінійних одиницях

$$\Delta b = b_{\text{ні}} - b_{\text{ві}}. \quad (14.4.7)$$

Водночас нестворність конструкцій по низу

$$\Delta a_i = a - b_{\text{ві}}. \quad (14.4.8)$$

Вона характеризує точність планового встановлення конструкцій. Основні похибки способу бокового нівелювання:

- 1) похибка побудови паралельного створу m_c ;
- 2) похибка центрування теодоліта $m_{\text{ц}}$ і редукції візирного знака m_p ;
- 3) похибка нахилу осі обертання труби m_n ;

4) похибка відліку по рейкці m_b ;

5) вплив зовнішніх умов $m_{\text{зн}}$.

Загальна середня квадратична похибка способу бокового нівелювання

$$m = \sqrt{m_c^2 + m_{\text{ц}}^2 + m_{\text{р}}^2 + m_{\text{н}}^2 + m_b^2 + m_{\text{зн}}^2}. \quad (14.4.9)$$

Оскільки при установленні і вивіренні конструкцій за вертикаллю перші три похибки однаково впливають на нижні і верхні відліки, то в різницях (14.4.7) вони виключаються. Тому точність установлення і вивірення конструкцій за вертикаллю.

$$m = \sqrt{m_{\text{н}}^2 + 2m_b^2 + m_{\text{зн}}^2}. \quad (14.4.10)$$

При цьому

$$m = \frac{0,5\tau'' l}{\rho''}; \quad (14.4.11)$$

$$m_b = 0,03t + 0,2 \frac{dm}{v}, \quad (14.4.12)$$

де τ'' – ціна поділки циліндричного рівня теодоліта;

l – висота конструкції;

t – ціна поділки рейки;

d – відстань від теодоліта до рейки;

v – збільшення труби.

Методика вимірювань повинна зводити до мінімуму вплив зовнішніх умов.

15 ВИКОНАВЧІ ЗНІМАННЯ

Виконавчі знімання проводять для виявлення відповідності будівель і споруд проектним даним. Вони полягають у визначенні фактичного положення в плані і по висоті основних конструктивних елементів будівель і споруд, підземних комунікацій, технологічного обладнання. Виконавчі знімання бувають поточні і остаточні.

Поточні виконавчі знімання проводять в процесі будівництва. Вони характеризують якість будівельно-монтажних робіт на кожному етапі. Зніманням підлягають основні і розмічувальні осі, дно котловану, фундаменти, підземні комунікації, стіни і поверхи будівель, колони, закладні деталі для монтажу конструкцій, ліфти, підкранові колії тощо.

Планове виконавче знімання виконується відносно розмічувальної геодезичної основи полярним методом, лінійними і кутовими засічками, способами перпендикулярів і створів. Висотне – методом геометричного нівелювання від реперів висотної геодезичної основи споруди. В залежності від висоти конструкції вертикальність визначають рейкою-виском (при висоті до 5 м), способом похилого проектування і бокового нівелювання. Вертикальність відповідних конструкцій перевіряють вертикальним проектуванням.

Підземні комунікації підлягають виконавчим зніманням до засипки землею. Зніманням в плані підлягають всі колодязі, підземні камери, точки повороту, вводу і виводу. Координати даних точок визначають відносно пунктів опорної мережі аналітичним способом.

По результатах виконавчих знімань споруд складають початковий поточний виконавчий план, на який своєчасно наносять всі зміни ситуації на будівельному майданчику. Плани підземних комунікацій складають у масштабах 1:500... 1:1000.

По завершенні будівництва складають остаточний виконавчий план, на якому показують фактичне положення будівель і споруд. Виконавчий план є важливим документом при експлуатації будівель і споруд.

Результати виконавчих знімань наносять на спеціальні креслення і схеми в масштабі робочих креслень (а іноді і в більших масштабах), на

яких фіксують проектні і фактичні розміри, величини відхилень (рис.15.1)

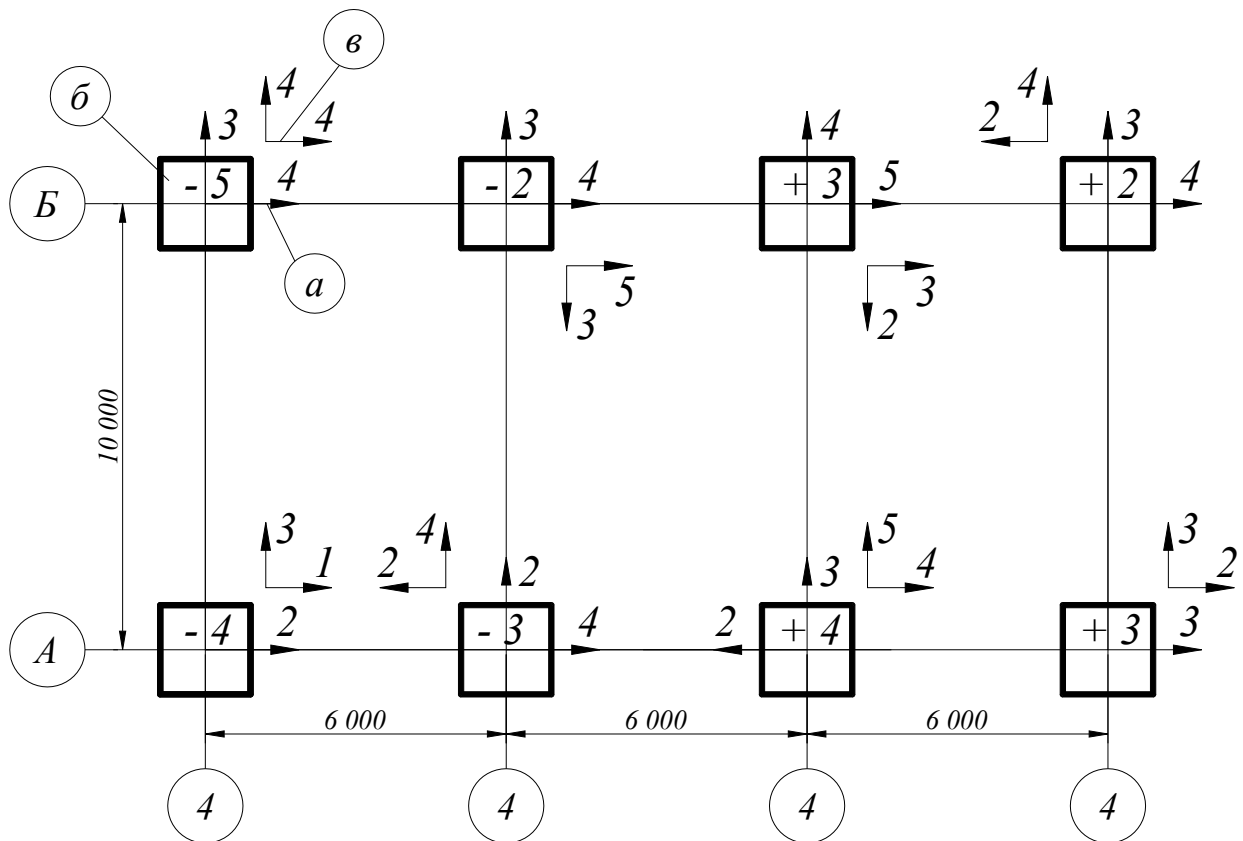


Рис. 15.1 Виконавча схема монтажу колон:

- а) величина зміщення в плані; б) зміщення за висотою;
в) зміщення від вертикалі

Виконавчі схеми по реакторним відділенням АЕС складають на кожне приміщення у вигляді розгорнення стін, на які наносять всі закладні деталі, трубні канали і величини їх відхилень від проектного положення.

Аналіз поточної виконавчої документації дозволяє по величинам відхилень оцінити якість робіт і прийняти рішення про перехід будівельних робіт до наступного етапу.

При несвоєчасному зніманні підземних комунікацій визначення їхнього місцезнаходження проводять з використанням трубокабелешукачів. Середня квадратична похибка визначення положення комунікацій в плані і по висоті складає ± 10 см.

Вертикальне знімання проводиться геометричним або тригонометричним нівелюванням на всій площі, вільній від забудови, по проїздам і на бетонних майданчиках різного призначення. На

спланованих ділянках характер поверхні відображають виписаними висотами. При нівелюванні проїздів розмічують поперечники через 20 м, по яких визначають висоту відмостки, бровки проїжджої частини, лотків, осей проїздів. Нівелюванню підлягають: колодязі, водостічні ґрати, тротуари, відмостки будівель і чиста підлога, входи, прямки. Ці дані використовують при складанні виконавчого генерального плану.

16 ГЕОДЕЗИЧНІ РОБОТИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

16.1 Загальні відомості про деформації будівель і споруд

Під дією природних умов і техногенних факторів в процесі експлуатації будівлі і споруди можуть змінити своє положення в горизонтальній і вертикальній площинах, особливо на територіях, що зазнають впливу підземних гірничих робіт. Це викликає їх деформації у вигляді тріщин, прогинів, перекосів, кренів. Несвоєчасне прийняття відповідних заходів захисту приводить до часткового або повного руйнування будинків, аварій на підземних комунікаціях, порушень в роботі технологічного обладнання. Тому в умовах експлуатації за будинками і спорудами необхідно проводити геодезичні спостереження по визначенню виникаючих осідань і деформацій.

При рівномірних осіданнях будівля чи споруда рівномірно переміщується у вертикальній площині. При нерівномірному осіданні в основному внаслідок різної щільності ґрунтів або через несприятливий вплив гідрогеологічних та техногенних умов, підземних гірничих робіт виникають суттєві деформації будівель і споруд: значні крени, тріщини, розломи.

Зміщення в горизонтальній площині, або зсув виникає, як правило, при значних нахилах будівель або при розміщуванні їх на схилах.

При проектуванні будівель і споруд проводять розрахунок їх стійкості і міцності, прогнозують можливі величини зміщень, які не повинні перевищувати допустимих.

Існуюча методика розрахунку деформацій не враховує всіх факторів, які впливають на стійкість споруд, тому величини розрахункових деформацій є приблизними і потребують уточнення в процесі експлуатації будівель і споруд.

Спостереження за деформацією будівель і споруд повинні проводитись з перших років експлуатації і до стабілізації. Періодичність спостережень установлюють залежно від швидкості протікання процесу деформацій, складності і висоти будівель і споруд, характеру ґрунтів основи. В початковий період часовий інтервал між

спостереженнями установлюють на основі проектних рекомендацій або нормативних документів і по мірі отримання інформації уточнюють.

Своєчасне виявлення просторово-часових деформацій інженерних споруд і якісна їх кількісна оцінка геодезичними методами дозволяє своєчасно застосувати необхідні заходи для подальшої безаварійної експлуатації цих споруд.

16.2 Розміщення реперів і марок для спостереження за осіданням

Спостереження за осіданням будівель і споруд проводять відносно сталих нівелірних знаків (фундаментальних реперів), розташованих за межею зони впливу різноманітних факторів, що забезпечує їх збереження і незмінність висотного положення. Для контролю незмінності висотного положення закладають не менше трьох вихідних реперів. За вихідні беруть реperi державних нівелірних мереж, або закладають спеціальні глибинні фундаментальні реperi. Найбільш поширеними типами ґрунтових реперів є трубчаті та свайні. Верхня частина ґрунтового репера має сферичну головку.

В досліджуваних будівлях і спорудах по периметру закладають осадкові марки або реperi, по яких проводять геодезичні вимірювання і визначають величини осідання. Осадкові марки розміщують приблизно на однаковому рівні через 10-20 м по периметру з урахуванням форми і конструктивних особливостей споруди. Закладка здійснюється в несучі конструкції, фундаменти по обидві сторони від деформаційних швів в зроблені отвори глибиною до 100 мм з наступним бетонуванням. Осадкові марки являють собою стержні або кутики довжиною 120-150 мм, закладені в конструкцію під кутом так, щоб зверху була фіксована точка. Для складних споруд розроблюють спеціальні конструкції реперів.

16.3 Методи визначення осідання будівель і споруд

Найбільш поширеним методом дослідження осідання будівель і споруд є геометричне нівелювання. Осідання будівель і споруд визначають по результатах періодичних спостережень осадкових марок відносно вихідних реперів.

В залежності від типу споруди і характеру очікуваних деформацій розробляють програму спостережень, яка повинна бути оптимальною в часі і забезпечувати необхідну точність вимірювань.

Інтервал між циклами спостережень вибирається в залежності від характеру ґрунту в основі і швидкості протікання деформаційного процесу.

Спостереження за особливо складними спорудами (ГЕС, ДРЕС, АЕС) або висотними (труби, телебашти, мачти) починають одночасно з будівництвом фундаментів і виконують по методиці високоточного геометричного нівелювання в прямому і зворотньому напрямках, при двох горизонтах нівеліра з похибкою в перевищеннях, не більше $\pm 0,3$ мм. Нівелювання виконують нівеліром типу Н05 з інварними штриховими рейками.

16.4 Методи визначення горизонтальних зміщень будівель і споруд

Спостереження за зміщеннями – зсувами будівель і споруд проводиться одночасно з визначенням осідання або з періодичністю 2-4 рази на рік. Визначення горизонтальних зміщень виконують відносно планових знаків, розміщених за межею деформаційної зони. Прийнятими на практиці методами вимірювання горизонтальних зміщень є: *створний, тригонометричний, комбінований і фотограмметричний способи.*

Найбільш поширений спосіб – *створний* – полягає в тому, що на споруді між опорними пунктами *A* і *B* (рис.16.4.1) закріплюють марки 1,2, ... у створі по лінії *AB*. Величини зміщень марок відносно створу вимірюють високоточним теодолітом, установленим над опорним пунктом *A* або *B*, і пересувної марки з міліметровою шкалою, яка послідовно установлюється на спостережних точках. Можливо визначення зміщень паралактичним методом.

В *тригонометричному способі* (тріангуляція або засічки) зміщення точок визначають порівнянням координат і напрямів спостережних точок, які періодично вимірюють з опорних пунктів *A*, *B*, *C* спеціально створеної мережі тріангуляції.

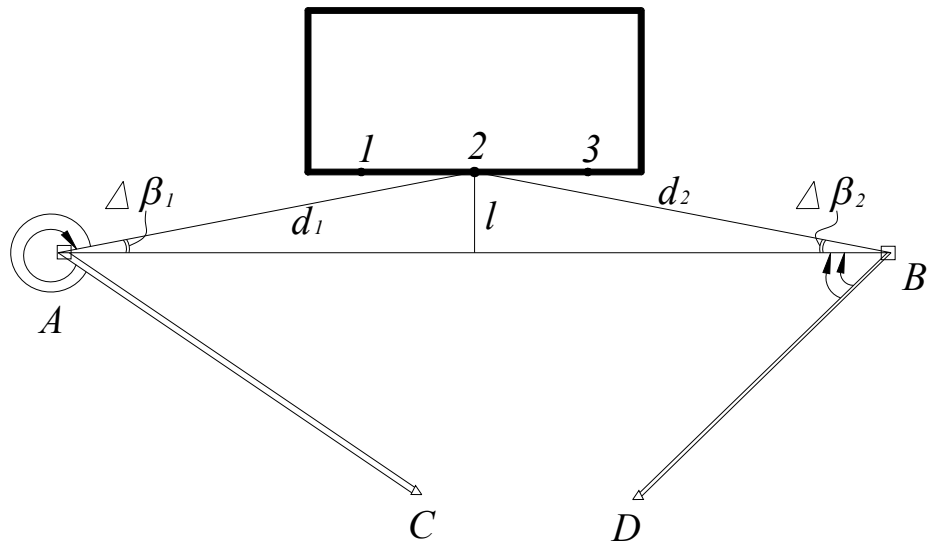


Рис. 16.4.1 Схема визначення зміщень точок споруди створним способом

Якщо умови рельєфу чи форма споруди не дозволяє застосувати розглянуті способи, то застосовують *комбінований* спосіб визначення зміщення, який поєднує створний і тригонометричний способи.

Фотограмметричний спосіб полягає в періодичному фотографуванні фототеодолітом споруди, на якій закріплені марки, з двох опорних пунктів вимірюного базису. Обробляючи попарно фотознімки на стереокомпараторі або стереоавтографі, визначають всі три координати спостережних марок. По різниці координат в періодично проведених циклах обчислюють величини деформацій у плані і по висоті.

16.5 Визначення кренів високих споруд

Відхилення геометричної осі споруди в вертикальній площині називається **креном**. Він виникає від нерівномірного осідання основи споруди, при нахилах земної поверхні в процесі проведення підземних гірничих робіт, при перерозподілі центру ваги висотної споруди.

На цей час нема достатньо обґрунтованих допусків на граничні величини кренів для різних типів висотних споруд. Тому в проектах їх задають на основі розрахунків, виходячи із стійкості споруди .

Крен фундаменту або споруди вимірюють одним з наведених методів: проектування, координування, вимірювання кутів або напрямів, фотограмметрії, механічними способами з використанням кренометрів прямих і обернених висків.

Крени цивільних будівель і споруд найпростіше визначаються способом вертикального проектування. В цьому способі на двох взаємно перпендикулярних осях споруди на відстані $\geq 1,5$ висоти споруди закладають постійні геодезичні пункти спостережень за кренами. На цих пунктах періодично установлюють теодоліти і при двох положеннях вертикального круга проектують верхню точку споруди на нівелірну рейку, покладену у основи споруди горизонтально перпендикулярно до спостерігача. Отримані на рейках відрізки між проекціями на них верхнього і нижнього перерізів являють собою вектори горизонтальних складових крена, а повний крен дорівнює сумі цих векторів.

Серед інших способів визначення кренів слід відзначити спосіб координат.

ЛІТЕРАТУРА

1. Войтенко С.П. Інженерна геодезія / С.П.Войтенко. – К.: «Знання», 2000. – 557с.
2. Войтенко С.П. Геодезичні роботи в будівництві / С.П.Войтенко. – К.: КНУБА, 1993. – 135с.
3. Войтенко С.П. Основи інженерної геодезії / С.П.Войтенко, Г.М.Литвин, Р.Г.Юрковський та інші. – Одеса: «Папірус», 2000. – 185с.
4. Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 / Розробили Гайдай С.А. та інші. – К.: «Фотопрінт», 2001. – 254с.
5. Юрківський Р.Г. Інженерна геодезія / Р.Г.Юрківський – К.: НМК ВО, 1991. – 218с.
6. Юрківський Р.Г. Перенесення на місцевість проекту споруди / Р.Г.Юрківський – К.: НМК ВО, 1991. – 100с.

Навчальне видання

**Войтенко Степан Петрович
Юрковский Ростислав Георгійович
Вільданова Надія Ростиславівна
Маліна Ірина Анатоліївна**

Основи інженерної геодезії