



Міністерство освіти і науки України
Харківський національний
університет будівництва та архітектури
Кафедра інженерній геодезії
Комп'ютерний учбово-методичний комплекс по
інженерній геодезії. Серія «Геодезія в архітектурі»

Криворучко В.

Інженерна геодезія

Серія "Геодезія в архітектурі"

Харків 2017



УДК 528.4



Міністерство освіти і науки України
Харківський національний
університет будівництва та архітектури
Кафедра інженерної геодезії
Комп'ютерний учбово-методичний комплекс
по інженерній геодезії серія «Геодезія в архітектурі»

ІНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗІЯ

Серія «Архітектура»

навчальний посібник для студентів спеціальності «Архітектура й містобудування»

Харків 2017

УДК 528.4(075.8)

Криворучко В. Т. Інженерна геодезія. Комп'ютерний учбово-методичний комплекс по інженерній геодезії. Інженерна геодезія. Серія «Геодезія в архітектурі»: Навчальний посібник для студентів спеціальності «Архітектура й містобудування». - Харків: - ХНУБА, 2017. - 156 с.

Іл. 207, табл. 7, список літ. - 7 назв.

Схвалене учбово-методичною комісією архітектурного факультету ХНУБА в м. Харкову.

Рецензенти:

© Видавництво ХНУБА, 2017

© Криворучко В. Т.

Зміст

ВСТУП.....	8
1 ПОНЯТТЯ В ГЕОДЕЗІЇ.....	10
1.1 Визначення геодезії як однієї з галузей науки.....	10
1.2 Місце геодезії в економіці й обороні країни.....	10
1.3 Склад і зміст геодезичних науково - технічних дисциплін.....	10
1.4 Зв'язок науки «Геодезія» з іншими науковими дисциплінами	11
2 ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ ГЕОДЕЗІЇ.....	12
2.1 Сутність основних завдань геодезії	12
2.2 Методи зображення топографічних об'єктів у геодезії	13
2.3 Методи проектування, що застосовуються в геодезії.....	13
2.4 Форма й розміри Землі. Призначення земного еліпсоїда.....	15
2.5 Поняття про рівневу поверхню, та і її призначення.....	16
2.6 Позначка точки, перевищення.....	16
2.7 Вертикальний кут, ухил, зв'язок між перевищенням, відстанню й ухилом	17
2.8 Системи координат що, застосовуються в геодезії	17
2.9 Системи висот	20
2.10 Орієнтування	20
2.11 Зв'язок між різними азимутами	21
2.12 Поняття про дирекційні кути. Обчислення дирекційних кутів.....	21
2.13 Пряма геодезична задача.....	22
2.14 Зворотна геодезична задача	23
2.15 Способи обчислення координат і позначок. Планові й висотні ходи	23
2.16 Умови, що виникають у планових ходах	24
2.17 Умови, що виникають у висотних ходах.....	25
2.18 Поняття про нев'язання, види нев'язань	25
3 ТОПОГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ.....	26
3.1 Види й сутність топографічних матеріалів	26
3.2 Структура топографічної карти.....	29
3.3 Номенклатура топографічних матеріалів.....	30
3.4 Масштаб, графічна точність матеріалів	33
3.5 Умовні знаки топографічних карт і планів	34
3.6 Зображення рельєфу на топографічних картах і планах	34
3.7 Рішення задач на картах	36
4 ВИМІРИ.....	44
4.1 Поняття про виміри. Погрішності вимірів	44
4.2 Результат вимірів. Оцінка точності вимірів.....	46
4.3 Основні види геодезичних вимірів	52
4.4 Сутність вимірів горизонтальних кутів.....	52

4.5	Сутність вимірів вертикальних кутів теодолітом.....	53
4.6	Сутність лінійних вимірів	54
4.7	Сутність нівелювання.....	54
4.8	Сутність топографічних зйомок.....	56
4.9	Геодезичні прилади	56
5	КУТОВІ ВИМІРИ.....	58
5.1	Будова теодоліту	58
5.2	Установка теодоліта в робоче положення.....	60
5.3	Перевірки теодоліта.....	62
5.4	Вимір горизонтальних кутів	67
6	НІВЕЛЮВАННЯ.....	71
6.1	Будова нівелірів.....	71
6.2	Нівелірні рейки.....	72
6.3	Установка нівеліра в робоче положення	73
6.4	Перевірки нівелірів.....	74
6.5	Способи нівелювання	77
7	ЛІНІЙНІ ВИМІРИ	82
7.1.	Склад приладів лінійних вимірів (механічні, оптичні, електронні).....	82
7.2.	Перевірки мірних приладів.....	84
7.3.	Виконання вимірів механічними мірними приладами	84
8	ГЕОДЕЗИЧНІ МЕРЕЖІ.....	87
8.1.	Види геодезичних мереж і їх сутність	87
8.2	Державні геодезичні мережі	90
8.3	Точність геодезичних мереж	92
8.4	Знімальні мережі	93
9	ТОПОГРАФІЧНІ ЗЙОМКИ	102
9.1	Сутність, види й способи топографічних зйомок.....	102
9.2	Контурна (теодолітна) зйомка.....	102
9.3	Нівелірна зйомка	103
9.4	Тахеометрична зйомка	104
9.5	Загальні поняття про фотографічні методи топографічних зйомок.....	108
9.6	Складання топографічних планів.....	111
10	ОСНОВИ ГЕОДЕЗИЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ	119
10.1	Сутність геодезичного проектування	119
10.2	Горизонтальне планування	119
10.3	Вертикальне планування.....	125
10.4	Проектування горизонтального майданчика	131
10.5	Проектування похилого майданчика.....	135
11	ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА	137

11.1	Склад робіт на етапі будівництва.....	137
11.2	Розмічувальні роботи	137
11.3	Геодезичне забезпечення геометричних параметрів споруджень і конструкцій.....	142
11.4	Монтаж конструкцій.....	145
11.5	Геодезичне забезпечення бетонних робіт	147
11.6	Передача позначок на монтажні обрії	148
11.7	Виконавчі зйомки.....	149
11.8	Елементи виконавчих зйомок.....	151
	СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ.....	155

ВСТУП

Курс «Інженерна геодезія» складається із чотирьох дисциплін: «Основи геодезії», «Геодезична практика», спецкурси: «Архітектурна фотограмметрія» і «Геодезичне забезпечення архітектурного проектування». Перші дві дисципліни «Основи геодезії» і «Геодезична практика» є нормативними дисциплінами. Зміст основних (нормативних) дисциплін регламентується державними документами «ГСВОУ ОХК» і «ГСВОУ ОПП» спеціальності «Архітектура й містобудування». Спецкурси входять до складу виборних дисциплін, їх зміст визначається державними кваліфікаційними характеристиками й виробничою практикою, а навантаження - виходячи зі змісту цих дисциплін і факультетського ліміту навантаження.

Метою курсу «Інженерна геодезія» є одержання студентами теоретичних знань і практичних навичок по інженерній геодезії для професійного виконання фахівцями-архітекторами своїх функціональних обов'язків.

Комп'ютерний учбово-методичний комплекс по інженерній геодезії серія «Архітектура» повністю відповідає ідеям ECTS до системи вищої освіти України він забезпечує:

мобільності студентів у процесі навчання й гнучкості підготовки фахівців, враховуючи швидко змінювані вимоги національного й міжнародного ринків роботи;

можливості навчання студентів по індивідуальній варіативній частині освітньо-професійної програми, яка формується по вимогах замовників і по бажанням студента й впливає на саморозвиток;

стимулює учасників навчального процесу досягнення високої якості вищої освіти;

забезпечує безперервний і якісний контроль знань студентів.

Мобільність навчання забезпечується наявністю комп'ютерного учбово-методичного комплексу по інженерній геодезії серія «Геодезія в архітектурі» на CD диску й повного учбово-методичного забезпечення в Інтернеті. Крім того, передбачаються інтернет-консультації викладачів, які ведуть курс. Таким чином, студент має можливість самостійно освоювати дисципліни, не залежно від місця його розташування.

Якщо студент пропустив заняття, він, використовуючи учбово-методичні матеріали на CD диску або в Інтернеті, самостійно освоює пропущений матеріал. Самостійні лабораторні роботи виконуються під керівництвом лаборанта, який видає інструменти, консультує студентів і в спеціальному зошиті реєструє студента.

Особливий вид занять представляє геодезична практика. Вона виконується на спеціальній ділянці - полігоні. Студентам надається можливість самостійно виконати весь комплекс геодезичних робіт для проектування реального об'єкту. Практика максимально наближена до реального виробництва. Вибирається реальний об'єкт проектування. Студенти розбиваються на бригади. Зі членів бригади вибирається бригадир. У процесі практики ведеться щоденник, у якому втримується графік робіт, щоденні завдання й звіт про виконану роботу. За ма-

теріалами зйомки виконується архітектурне проектування об'єкта. Практика закінчується конкурсом проектів. Як у реальному виробництві бригадир оцінює роботу кожного студента на основі коефіцієнта трудової участі, яка виражається в умовних балах. На основі цих балів викладач оцінює роботу кожного студента. Спецкурси є варіативною частиною підготовки фахівців. Студентові, або замовникові, який фінансує навчання, надається право в межах прийнятого напрямку коректувати програми варіативної частини курсу.

Прийняті наступні поняття. «Курс» - комплекс дисциплін, які ставляться до одного наукового напрямку. «Дисципліна» - комплекс знань одного напрямку в межах одного курсу. Таким чином, поняття «Курс» віднесене до наукового напрямку «Інженерна геодезія», у яке входить: «Основи геодезії», «Геодезична практика», «Архітектурна фотограмметрія» і «Геодезичне забезпечення архітектурного проектування».

Положення основних (нормативних) дисциплін є обов'язковими, а параметри варіативних (допоміжних) дисциплін носять рекомендаційний характер.

Дійсний посібник відноситься до дисципліни «Основи геодезії».

1 ПОНЯТТЯ В ГЕОДЕЗІЇ

1.1 Визначення геодезії як однієї з галузей науки

Геодезія – наука, що вивчає засоби й методи визначення й забезпечення форми, розмірів і положення об'єктів.

Основними задачами геодезії є:

основна пряма задача – визначення форми, розмірів і положення об'єктів;

основна зворотна задача – забезпечення форми, розмірів і положення об'єктів.

1.2 Місце геодезії в економіці й обороні країни

Геодезія застосовується практично у всіх галузях економіки, де необхідно визначати й забезпечувати форму, розміри й положення об'єктів: у машинобудуванні, у землевпорядженні, у сільському господарстві, у будівництві, у медицині, в електроніці, у навігації, у медицині та ін. Наприклад, у медицині геодезія застосовується в комп'ютерній томографії. Геодезичні методи використовуються в мікроелектроніці при проектуванні й виготовленні мікросхем. Застосування геодезії в будівництві показано в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Склад геодезичних робіт у будівництві

<i>Стадія будівництва</i>	<i>Склад геодезичних робіт</i>
<i>Проектування</i>	<i>Добір, складання й перетворення геодезичних матеріалів, картометричні виміри, розрахунки проектних координат і позначок, розрахунки точності вимірів, складання й відстеження генпланів</i>
<i>Будівництво</i>	<i>Розмічувальні роботи, забезпечення геометричних параметрів будинків і споруджень, забезпечення монтажу конструкцій, контрольні виміри й виконавчі зйомки</i>
<i>Експлуатація</i>	<i>Контроль стану будинків і споруджень, геодезичне забезпечення їх ремонту й реконструкції</i>

В обороні геодезія використовується для навігації, керування стріляноюю, в аерокосмічній розвідці та ін.

Геодезія є основою сучасних геоінформаційних систем і кадастру.

1.3 Склад і зміст геодезичних науково - технічних дисциплін

Геодезія як наука складається з декількох наукових розділів, що забезпечують розв'язок її основних задач. Склад наукових розділів геодезії наведений у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Склад наукових розділів геодезії

<i>Наука</i>	<i>Визначення</i>
<i>Геодезія</i>	<i>Вивчає засоби й способи визначення й забезпечення форми, розмірів і положення об'єктів</i>
<i>Інженерна геодезія</i>	<i>Вивчає засоби й способи визначення й забезпечення форми, розмірів і положення об'єктів будівництва</i>
<i>Прикладна геодезія</i>	<i>Вивчає засоби й способи визначення й забезпечення форми, розмірів і положення об'єктів у різних галузях техніки</i>
<i>Вища геодезія</i>	<i>Вивчає засоби й способи створення головного геодезичного обґрунтування</i>
<i>Астрономічна геодезія</i>	<i>Вивчає геодезичні засоби й способи астрономічних визначень геодезичних величин</i>
<i>Геодезична гравіметрія</i>	<i>Вивчає геодезичні засоби й способи гравіметричних визначень геодезичних величин</i>
<i>Космічна геодезія</i>	<i>Вивчає космічні засоби й способи визначення й забезпечення форми, розмірів і положення об'єктів</i>
<i>Сфероїдальна геодезія</i>	<i>Теоретичний розділ вищої геодезії, що вивчає теоретичні основи визначення геометричних параметрів сферичних поверхонь</i>
<i>Фотограмметрія</i>	<i>Вивчає засоби й способи обробки космічних і наземних фотознімків для створення топографічних матеріалів</i>
<i>Топографія</i>	<i>Вивчає засоби й способи створення топографічних матеріалів</i>
<i>Гідрографія</i>	<i>Вивчає топографію й режим водоймищ для навігації</i>
<i>Землевпорядження</i>	<i>Вивчає засоби й способи визначення й забезпечення форми, розмірів і положення земельних ресурсів</i>
<i>Маркшейдерія</i>	<i>Інженерна геодезія підземного будівництва й об'єктів видобутку корисних копалин</i>

1.4 Зв'язок науки «Геодезія» з іншими науковими дисциплінами

Зв'язок науки «Геодезія» з іншими науковими дисциплінами показана на рис. 1.1.



Рис.1.1 - Зв'язок геодезії з іншими дисциплінами

2 ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ ГЕОДЕЗІЇ

2.1 Сутність основних завдань геодезії

Для розв'язання інженерних задач використовуються різні способи відображення об'єктів. Такими способами є: графічний, аналітичний (цифровий), макетний, модельний.

Основою всіх цих способів є цифрова модель об'єкта, що представляє собою сукупність параметрів, які характеризують форму, розміри, положення об'єкта і його властивості. Найбільш раціональним методом створення цифрових моделей є метод координат.

Для розв'язку основних завдань геодезії необхідно розв'язати проблеми визначення координат точок об'єкту й винос точки об'єкту в задану точку простору.

Структурна логічна схема науки «Геодезія» показана на рис. 2.1.

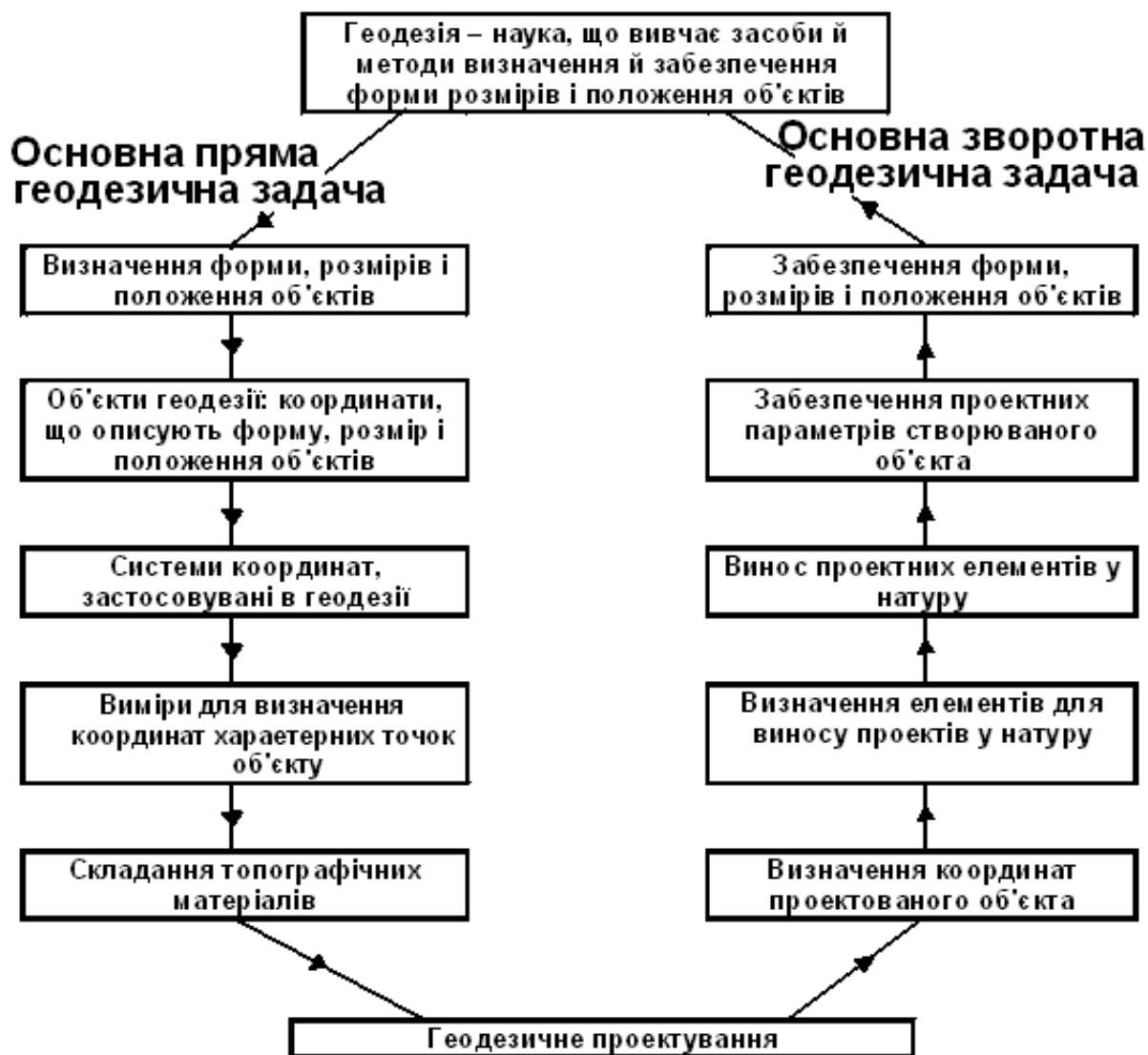


Рис. 2.1 - Структурно логічна схема науки «Геодезія»

Як показано на рис. 2.1 геодезія являє собою замкнений цикл операцій, що полягають із визначення й забезпечення форми, розмірів і положення об'єктів.

У будівельній галузі визначення науки «Геодезія» буде мати вигляд.

Геодезія – наука, що вивчає засоби й методи визначення й забезпечення форми, розмірів і положення об'єктів на земній поверхні з метою складання топографічних матеріалів і будівництва на цій поверхні об'єктів.

Реалізація основних завдань геодезії в будівництві складається з наступних етапів:

пряма основна задача

- 1) топографічні зйомки, складання топографічних матеріалів;
перехідний етап від прямої до зворотної задачі
- 2) архітектурне, будівельне й геодезичне проектування;
зворотна основна задача
- 3) винос проекту на місцевість;
- 4) будівництво;

завершальний етап

- 5) зйомка побудованих об'єктів (виконавчі зйомки).

Будівельний процес складається із трьох типів операцій: розмічувальні роботи, забезпечення геометричних параметрів спорудження й виконавчі зйомки. По проектних координатах здійснюється винос проекту спорудження на місцевість і будівництво об'єкту.

Цикл замикається визначенням координат характерних точок побудованого спорудження. Цей етап називається «Виконавчі зйомки». Основне їхнє завдання контроль якості будівництва, тобто визначається відповідність побудованого спорудження й проекту.

2.2 Методи зображення топографічних об'єктів у геодезії

Об'єкти можуть зображуватися наступними методами:

- 1) метод проектування;
- 2) аналітичний метод, метод цифрової моделі;
- 3) метод віртуальної моделі;
- 4) метод макетування.

2.3 Методи проектування, що застосовуються в геодезії

Застосовуються два методи проектування, ортогональне й центральне. Ортогональне проектування виходить шляхом проектування характерних точок об'єкта на поверхню проектування паралельними променями, перпендикулярними поверхні проектування, рис. 2.2.

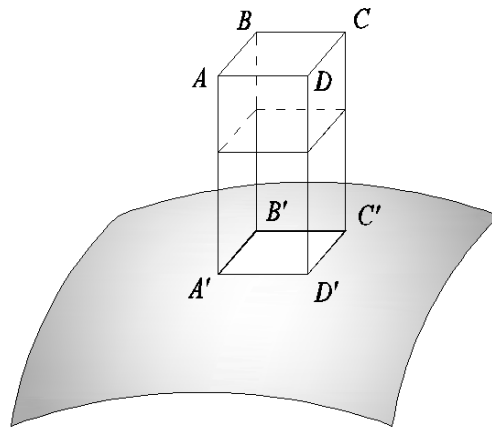


Рис. 2.2 - Ортогональне проектування

Поверхня, на яку здійснюється проектування, називається поверхнею відносності.

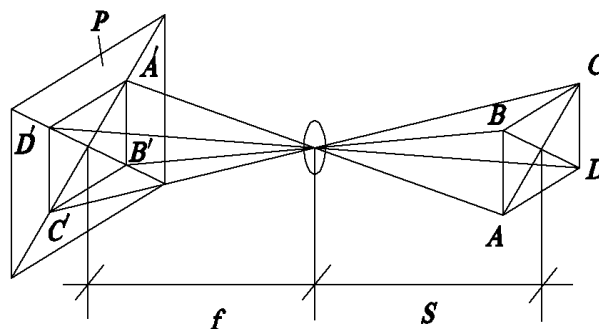
У якості поверхні відносності в геодезії застосовується площина, сфера або поверхні математично певних фігур.

Якщо проектування ведеться вертикальними променями на горизонтальну площину, то в результаті проектування одержуємо план. Якщо проектування ведеться горизонтальними променями на вертикальну площину – у результаті проектування одержуємо профіль, рис. 2.3.



Рис. 2.3 - Горизонтальне й вертикальне проектування

Широке поширення в геодезії одержало так зване центральне проектування, рис. 2.4, - проектування через одну центральну точку. Даний метод використовується у фото топографічних зйомках.



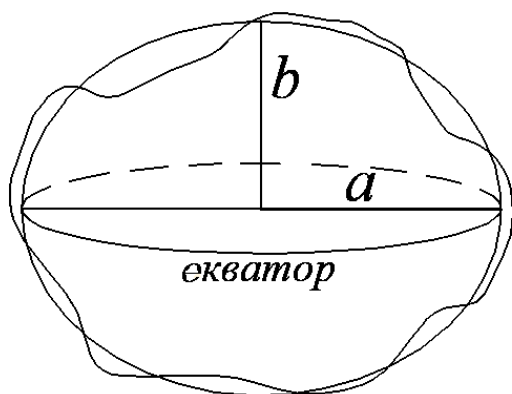
f – фокусна відстань; S – дальність; P – площина проектування.

Рис. 2.4 - Центральне проектування

2.4 Форма й розміри Землі. Призначення земного еліпсоїда

Земля має складну й неправильну форму. Максимальна різниця найвищих і найнижчих точок на земній поверхні становить порядку 20 км. Внаслідок обертання Землі за рахунок відцентрової сили вона виявляється сплющеною на полюсах. На такій фігурі складно забезпечити єдність вимірів, створити координатну сітку й вибрати поверхню відносності, на яку можливе проектування всіх топографічних об'єктів. Для усунення цих складностей необхідна математична модель Землі, яка б максимально наближалася до реальної земної поверхні й була б математично визначена.

Такою фігурою є фігура, утворена обертанням еліпса навколо малої осі. Причому цей еліпсоїд повинен мати такі розміри й зорієнтований у тілі Землі таким чином, щоб відхилення поверхні Землі від поверхні еліпсоїда були мінімальними. Фігура, утворена обертанням навколо малої осі еліпсом, називається еліпсоїд. А еліпсоїд, щонайкраще вписаний у реальну поверхню Землі називається земний еліпсоїд. Для території України щонайкраще підходить еліпсоїд Красовського його параметри наступні, рис. 2.5.



$$a = 6378245.000$$

$$b = 6356863.019$$

$$\alpha = \frac{a-b}{a} = 0.00335233$$

Рис. 2.5 - Земний еліпсоїд

Для всієї Землі прийнятий Загально земний еліпсоїд, з наступними параметрами: Общеземной эллипсоид

$$a = 6378137.0$$

$$b = 6399521.686$$

$$\alpha = \frac{a-b}{a} = 0.00335281$$

Загально земний еліпсоїд застосовується для зв'язку між собою регіональних еліпсоїдів.

Земний еліпсоїд є в масштабах усієї Землі поверхнею відносності на яку проектують усі земні об'єкти при виконанні картографування Землі.

Другим призначенням земного еліпсоїда є те, що він використовується як основа градусних вимірів на земній поверхні, використовуваних як система геодезичних координат.

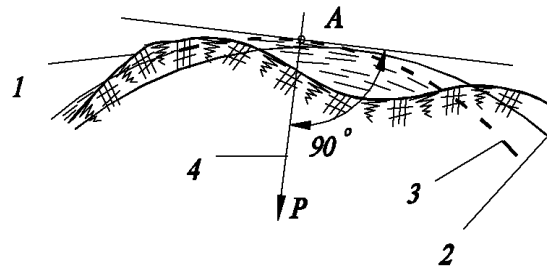
Для дрібномасштабного картографування як модель Землі застосовується куля радіус якої складає 6371 км.

Якщо розмір ділянки не перевищує 20×20 км, то в якості поверхні відносності застосовується площина.

2.5 Поняття про рівневу поверхню, та її призначення

З уроків географії середньої школи відомо, що висоти точок визначаються щодо рівня світового океану. Положення водної поверхні залежить від напрямку сили ваги. Щільність Землі не рівномірна, отже, і водна поверхня земної кулі являє собою складну математично не певну фігуру.

Поверхня в кожній точці якої дотична перпендикулярна напрямку сили ваги називається рівневою поверхнею, рис. 2.6.



1-земна поверхня; 2-геоїд; 3-еліпсоїд; 4-напрямок сили ваги.

Рис. 2.6 - Рівнева поверхня, геоїд, земний еліпсоїд

Рівнева поверхня є поверхнею щодо якої визначаються висоти точок і встановлюються геодезичні прилади, які використовують для їхньої установки рідинні рівні.

Рівнева поверхня, що збігається із середнім рівнем світового океану утворюють фігуру, яка називається **геоїд**. Відносно геоїда визначаються всі висоти Землі.

2.6 Позначка точки, перевищення

Позначка точки

- відстань від точки до рівневої поверхні. Різниця позначок точок називається **перевищення**, рис. 2.7

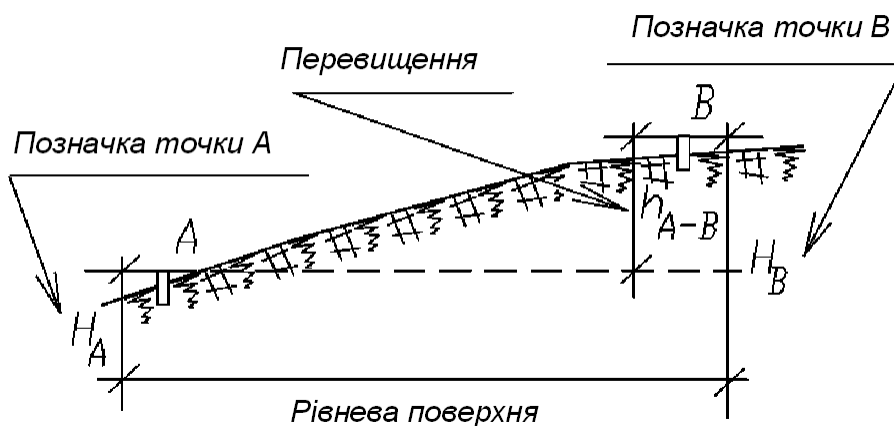


Рис. 2.7- Позначки і перевищення

Перевищення h обчислюється по формулі:

$$h = H_B - H_A, \quad (2.1)$$

де: H_A, H_B - позначки точок.

2.7 Вертикальний кут, ухил, зв'язок між перевищенням, відстанню й ухилом

Кут у вертикальній площині між лінією горизонту й лінією поверхні, називається *кутом нахилу*, рис. 2.8.

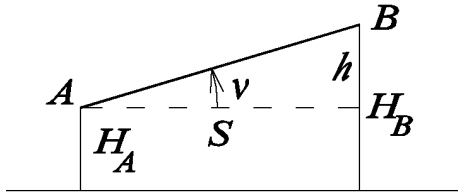


Рис. 2.8 - Вертикальний кут, ухили

ня на одиницю відстані.

Тангенс кута нахилу (Tgv) називається *ухилом* (i). Між перевищенням і ухилом існує наступна залежність:

$$i = \frac{h}{S}, \quad (2.2)$$

де h – перевищення;
 S – відстань.

Ухил показує зміну величини перевищення на одиницю відстані.

2.8 Системи координат що, застосовуються в геодезії

Система координат це умовна система, що визначає положення точки відносно умовно прийнятої системи відліку. У якості систем відліку в геодезії застосовуються лінії, дуги й кути. Найпоширеніші дві групи систем координат, глобальні й локальні системи координат. До глобальних (загально земних) систем координат відноситься географічна (геодезична) система координат, система координат Гаусса-Крюгера й просторова прямокутна система.

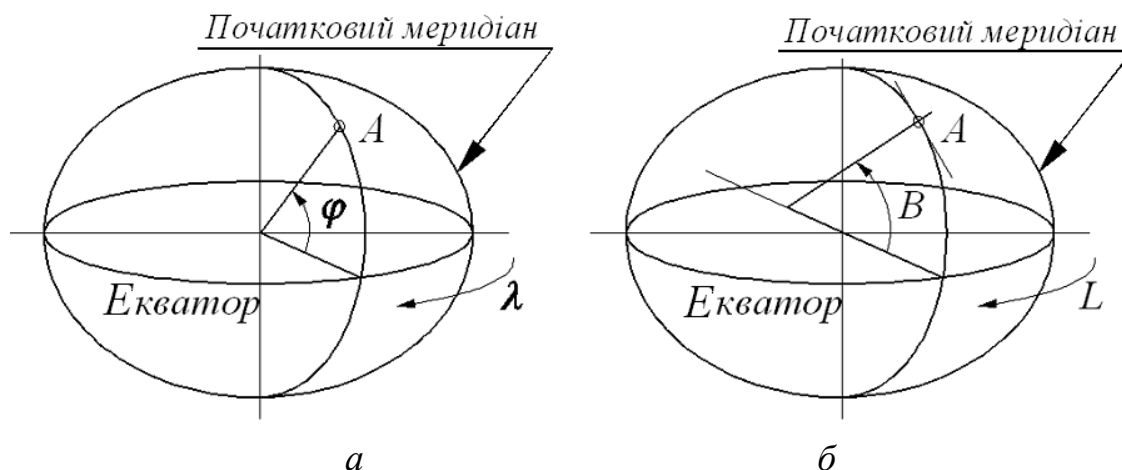
Локальні системи координат застосовуються на окремих ділянках. Вони наступні:

- плоска прямокутна система координат;
- полярна система координат;
- створна система координат;
- перпендикулярна система координат;
- лінійна зарубка;
- кутова зарубка.

Географічна (геодезична) система координат

Параметрами географічної системи координат, рис. 2.9а, є широта φ і довгота λ . Широта точки це кут між площиною екватора й стрімкою лінією, що проходить через обумовлену точку. Довгота – двохгранний кут λ між площиною початкового меридіана й площиною меридіана, що проходить через задану точку.

Геодезична система координат, рис. 2.9б, відрізняється від географічної тим, що відлік координат ведеться не від земної кулі, а від еліпсоїда й широта визначається щодо нормалі в обумовленої точки A (нормаль це перпендикуляр до поверхні еліпсоїда в точці визначення координат).



a – географічна система координат; *б* – геодезична система координат

Рис. 2.9 - Географічна система координат

Просторова прямокутна система координат

Положення точки *A*, рис. 2.10, визначається щодо координатних осей «*X*», «*Y*», «*Z*». За вісь *Z* ухвалюється вісь обертання Землі, вісь *X* лежить у площині початкового меридіана, а вісь *Y* доповнює систему до правої.

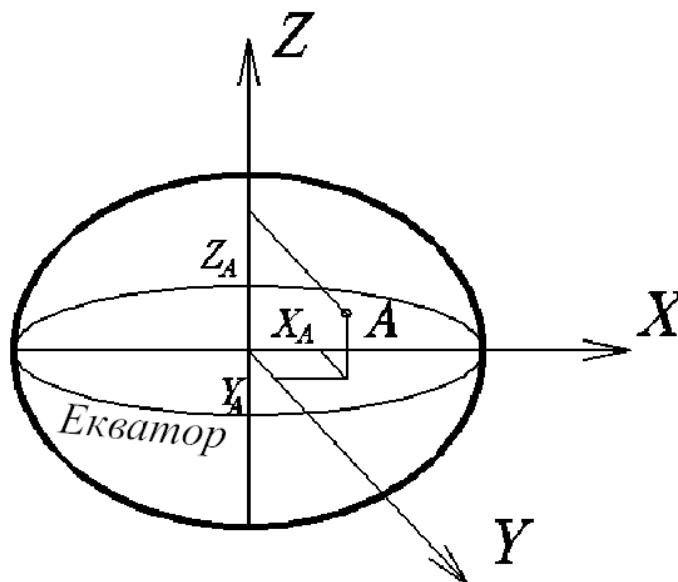


Рис. 2.10 - Просторова прямокутна система координат

Система координат Гаусса-Крюгера

Уся земна куля меридіанами ділиться на три або шести градусні зони. У кожній зоні формується своя система плоских прямокутних координат. Координати точки *A* визначаються номером зони й прямокутними координатами цієї точки в системі координат зони, рис. 2.11. За вісь *X* ухвалюється центральний (осьовий) меридіан зони, вісь *Y* - проекція екватора.

Для запобігання негативних значень координат *Y* осьовий меридіан умовно перееноситься у західному напрямку на 500км.

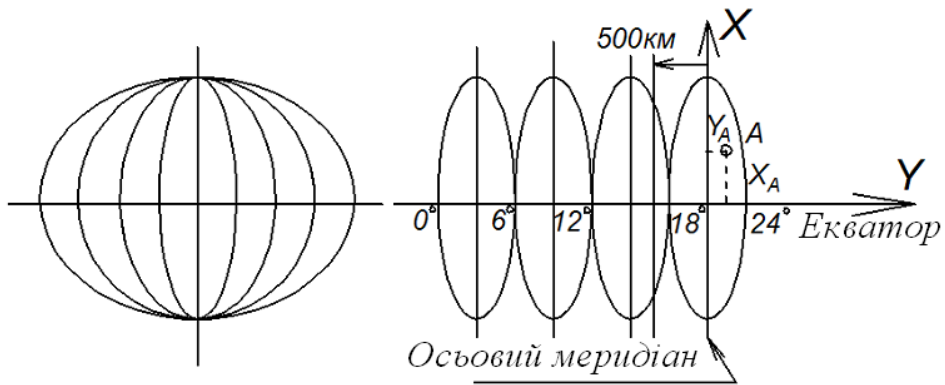


Рис. 2.11 - Система координат Гауса-Крюгера

Наприклад, точка, рис. 2.11 має наступні координати $X=6385\text{км}$, $Y=3708\text{км}$. Це означає, що точка A розташована в третій зоні, на відстані 6385км від екватора, і на відстані 208 км на схід від осьового меридіана.

Системи локальних координат

Положення точки C у створній системі координат визначається фактом знаходження точки C на лінії AB і відстанню a .

Положення точки C у перпендикулярній системі координат визначається відстанню a і довжиною перпендикуляра b .

Полярна система координат найбільш універсальна система. Точка C у цій системі координат визначається полярним кутом α і відстанню r .

У прямокутній системі координат положення точки A визначається довжинами перпендикулярів (координати X_A , Y_A точки), опущеними із точки A на координатні осі.

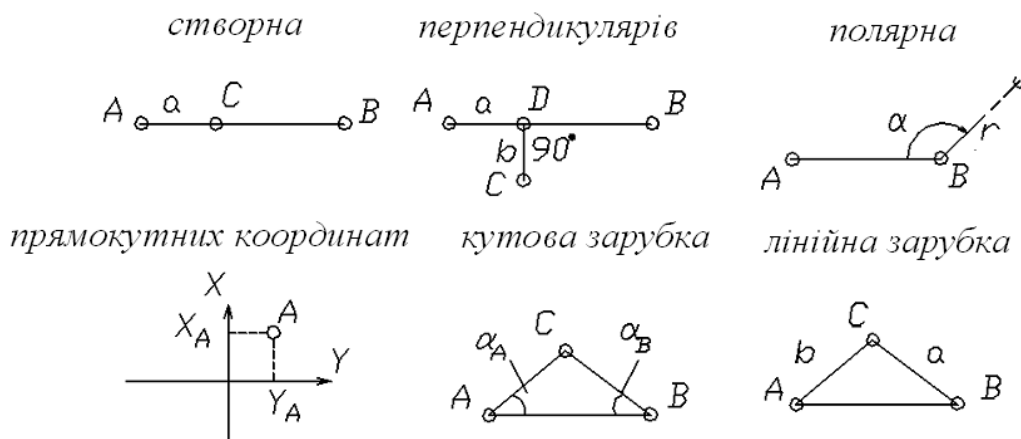
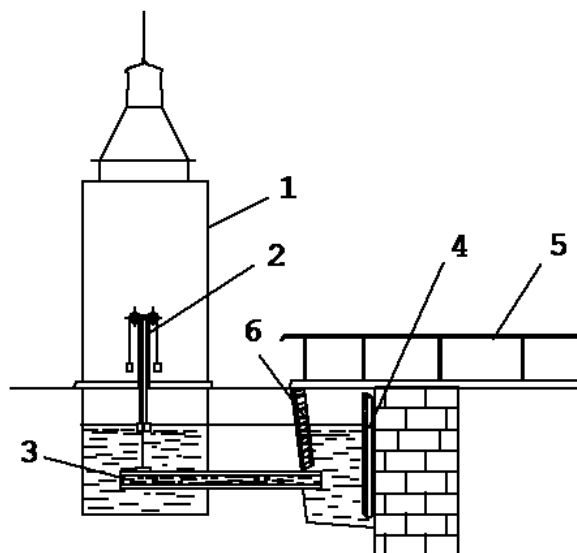


Рис. 2.12 - Системи локальних координат, застосовувані в геодезії

Кутова зарубка характеризується кутовими параметрами α_A і β_B . Положення точки C у системі координат «Лінійна зарубка» визначається відстанями a і b .



1 - вежа; 2 - урівнено-кранний пристрій; 3 – труба; 4 – футшок;
5- міст; 6 - сходи.

Рис. 2.13 - Кронштадтський футшок

2.9 Системи висот

Застосовується абсолютна й відносна системи висот. Позначки точок в абсолютній системі висот в Україні визначаються щодо середнього рівня Балтійського моря, який зафіксований на спеціальному футшоку, установленому на підвалині мосту одного з каналів у Кронштаді, рис. 2.13. Відносна система висот ухвалюється в кожному конкретному випадку індивідуально. Наприклад, у будівництві, рис. 2.14, за нульову позначку ухвалюється позначка підлоги першого поверху або верху фундаменту, і всі позначки визначаються щодо прийнятої точки будівельного нуля.

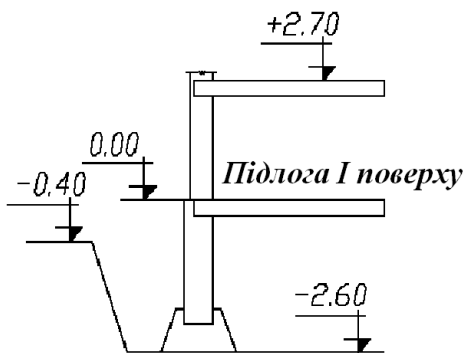


Рис. 2.14 - Система висот будівельного об'єкта

2.10 Орієнтування

Поняття про орієнтування, сутність азимутів їх види

Орієнтування – це визначення напрямку щодо початкового. У якості початкового напрямку в геодезії ухвалюється північний напрямок меридіана.

Кут між північним напрямком меридіана по ходу годинної стрілки й заданим напрямком називається **азимутом**. Залежно від використовуваного початкового меридіана, рис. 2.15, азимути підрозділяються на: дійсні (геодезичні) магнітні й дирекційні кути. Дійсний азимут орієнтується по північному напрямкові дійсного меридіана, магнітні – по магнітному, Дирекційний – по осьовому меридіану.

Кут, відлічуваний від найближчого кінця меридіана назвається *румбом*.

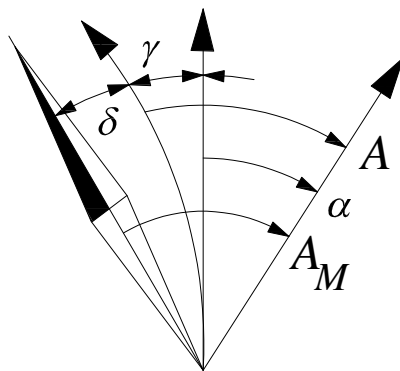
2.11 Зв'язок між різними азимутами

Залежність між азимутами, згідно рис. 2.15 описується формулами (2.3), (2.4).

$$\gamma = A - \alpha; \quad (2.3)$$

$$\delta = A - A_M, \quad (2.4)$$

де γ - зближення меридіанів;
 A - дійсний азимут;
 α - дирекційний кут;
 δ - схилення магнітної стрілки;
 A_M - магнітний азимут.



A – дійсний азимут; A_M – магнітний азимут; α - дирекційний кут

Рис. 2.15 - Азимути

Співвідношення румбів і азимутів наведено на рис. 2.16.

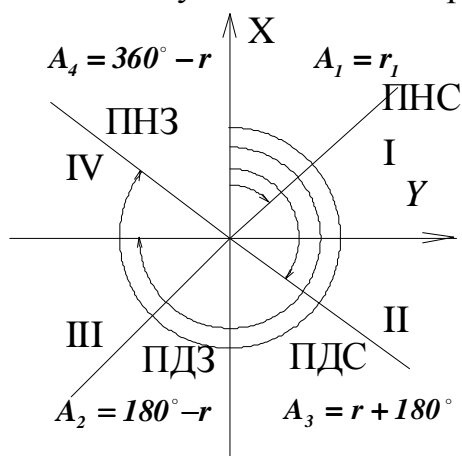


Рис. 2.16 - Зв'язок азимута й румба

2.12 Поняття про дирекційні кути. Обчислення дирекційних кутів

Дирекційний кут це азимут, відлічуваний по ходу годинникової стрілки від північного напрямку осевого меридіану, або лінії йому паралельної, до заданого напрямку. Значення дирекційних кутів змінюються від 0° до 360° . Для

обчислення дирекційного кута лінії В-С необхідно значення початкового дирекційного кута α_{AB} , і горизонтальний кут β_B , рис. 2.17. Якщо обмірювані лінії по ходу горизонтальні кути, то шуканий дирекційний кут α_{BC} можна одержати слідуєчим способом. Продовжимо лінії А-В. Дирекційний кут лінії В-В' буде рівний $\alpha_{BB'} = \alpha_{AB}$ початковому дирекційному куту. Розвернувши лінію В-В' на 180° і розгорнувши цю лінію на обмірюваний кут β_b одержимо шуканий дирекційний кут α_{BC}

$$\alpha_{BC} = \alpha_{AB} \pm 180^\circ + \beta_B^I . \quad (2.5)$$

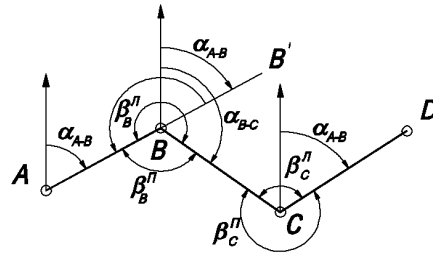


Рис. 2.17 - Обчислення дирекційних кутів

Дана формула слушна для ліволежачих горизонтальних кутів. Для праволежачих горизонтальних кутів формула (2.5) має вигляд:

$$\alpha_{BC} = \alpha_{AB} \pm 180^\circ + \beta_B^I . \quad (2.6)$$

В загальному виді формули обчислення дирекційних кутів наведені нижче:

$$\begin{aligned} \alpha &= \alpha_0 - \beta_{ППРА} \pm 180^\circ ; \\ \alpha &= \alpha_0 + \beta_{ЛЕВ} \pm 180^\circ , \end{aligned} \quad (2.7)$$

де α_0 – попередній дирекційний кут;
 α - наступний дирекційний кут;
 $\beta_{ЛЕВ}, \beta_{ПРАВ}$ – ліві й праві по ходу горизонтальні кути.

2.13 Пряма геодезична задача

Дане завдання безпосередньо пов'язана з основним завданням геодезії, тобто, визначення форми, розмірів і положення об'єктів.

Пряма геодезична задача - обчислення координати точки В по координатах початкової точки А, дирекційному куту й відстані, рис. 2.18.

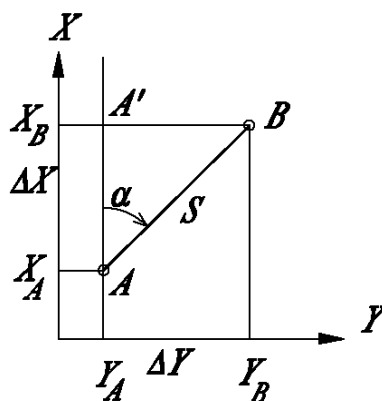


Рис. 2.18 - Пряма геодезична задача

Якщо умовно прийняти, що $X_B - X_A = \Delta X$ - збільшення координат X і $Y_B - Y_A = \Delta Y$ - збільшення координат Y , тоді з $\triangle AA'B$ координати точки B (пряма геодезическая задача) можна обчислити по наступних формулах:

$$\begin{aligned} X_B &= X_A + \Delta X; \\ Y_B &= Y_A + \Delta Y; \\ \Delta X &= S \cos \alpha; \\ \Delta Y &= S \sin \alpha. \end{aligned} \quad (2.8)$$

2.14 Зворотна геодезична задача

Зворотна геодезична завдання – визначення відстані й дирекційного кута по координатах двох точок. Дане завдання необхідне для забезпечення форми, розмірів і положення об'єктів (основна зворотна геодезична задача).

З $\triangle AA'B$ одержимо, рис. 2.18

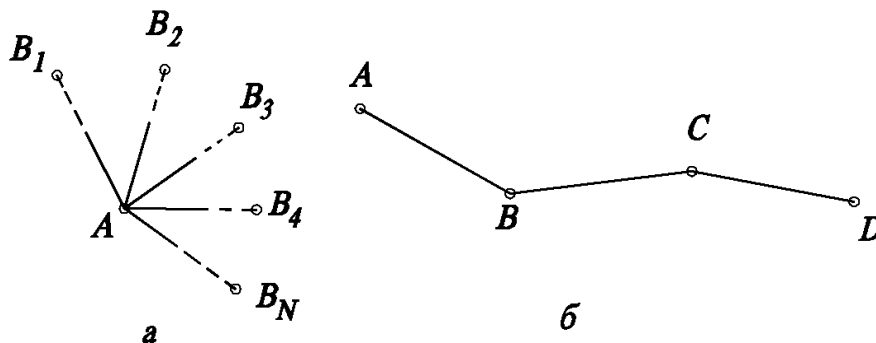
$$\alpha = \operatorname{arCtg} \frac{\Delta Y}{\Delta X} + 180^\circ n, \quad (2.9)$$

де $n = 1$ при $\Delta X \leq 0$, $n = 2$ при $\Delta X \geq 0$. Якщо $\alpha > 360^\circ$, то $\alpha = \alpha - 360^\circ$.

$$S = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \frac{\Delta X}{\cos \alpha} = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha}. \quad (2.10)$$

2.15 Способи обчислення координат і позначок. Планові й висотні ходи

Існують два способи обчислень координат і позначок – паралельний і послідовний, рис. 2.19.



a – спосіб паралельного визначення координат і позначок; *b* – спосіб послідовного визначення координат і позначок

Рис. 2.19 - Способи обчислення координат і позначок

При паралельному способі обчислення від однієї початкової точки (точка A) обчислюються координати або позначки декількох обумовлених точок. При послідовному способі обчислень від початкової точки послідовно обчислюються координати або позначки всіх наступних точок.

Послідовне визначення координат і позначок називається *плановими й висотними ходами*.

2.16 Умови, що виникають у планових ходах

У замкнених планових ходах виникають два типи геометричних умов: умови кутів і координат. Сума всіх внутрішніх кутів багатокутника (замкнені ходи) повинна рівнятися $180^\circ(n-2)$, де n – число внутрішніх кутів, рис. 2.20.

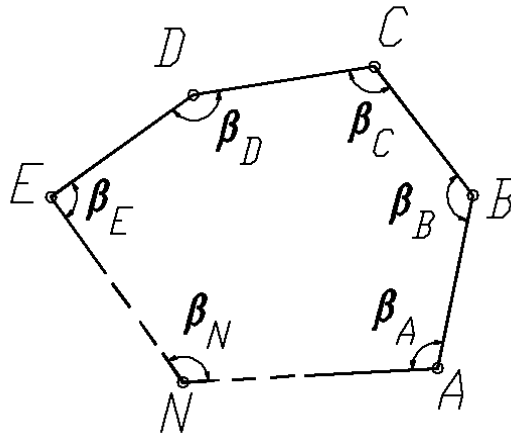


Рис. 2.20 - Умова кутів у замкнених планових ходах

Таким чином, умова кутів має вигляд

$$\Sigma\beta = 180^\circ(n-2), \quad (2.11)$$

де $\Sigma\beta$ - сума внутрішніх кутів у ході; n – число кутів.

У розімкнутих ходах умова кутів базується на різниці початкового й кінцевого дирекційних кутів, 2.21.

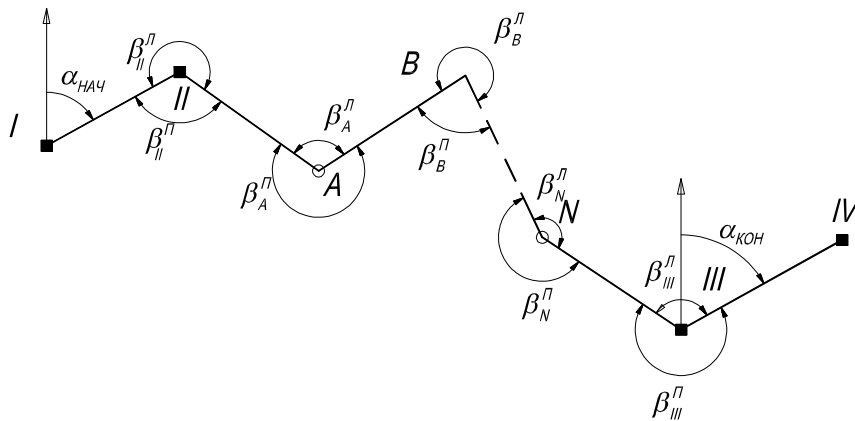


Рис. 2.21 - Умова кутів у розімкнутих планових ходах

В цьому випадку, умова кутів має вигляд:

$$\begin{aligned} \Sigma\beta &= \Sigma(\alpha_{\text{кін}} - \alpha_{\text{поч}})180^\circ n - \text{для лівих кутів;} \\ \Sigma\beta &= \Sigma(\alpha_{\text{поч}} - \alpha_{\text{кін}})180^\circ n - \text{для правих кутів,} \end{aligned} \quad (2.12)$$

де $\Sigma\beta$ - сума внутрішніх кутів у ході;

n – число кутів;

$\alpha_{\text{поч}}$, $\alpha_{\text{кін}}$ – початковий і кінцевий дирекційні кути.

Умови координат утворюються виходячи з особливостей векторів.

Представивши замкнений хід у вигляді системи замкнених векторів, рис. 2.22, одержимо:

$$\begin{aligned}\Sigma\Delta X &= 0; \\ \Sigma\Delta Y &= 0,\end{aligned}\tag{2.13}$$

де $\Delta X, \Delta Y$ – збільшення координат.

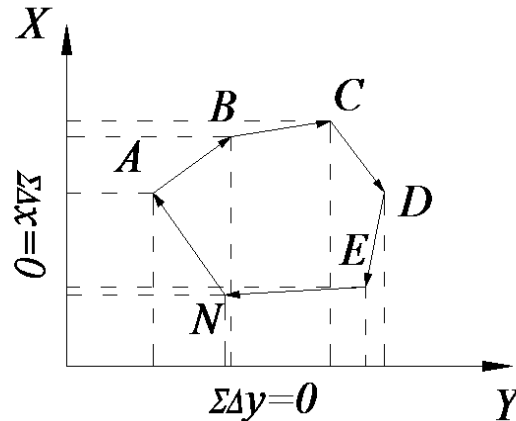


Рис. 2.22 - Умова координат у замкнених планових ходах
У розімкнених ходах умова координат має вигляд:

$$\begin{aligned}\Sigma\Delta X &= X_{\text{кін}} - X_{\text{поч}}; \\ \Sigma\Delta Y &= Y_{\text{кін}} - Y_{\text{поч}},\end{aligned}\tag{2.14}$$

де $X_{\text{поч}}, X_{\text{кін}}, Y_{\text{поч}}, Y_{\text{кін}}$ – початкові й кінцеві координати.

2.17 Умови, що виникають у висотних ходах

У висотних ходах виникають умови перевищень. Наприклад, сума перевищень у замкненому нівелірному ході повинна бути рівна 0 ($\Sigma h = 0$). У розімкнених висотних ходах сума обмірюваних перевищень повинна рівнятися різниці позначок кінцевої й початкової точок.

2.18 Поняття про нев'язання, види нев'язань

Нев'язання це різниця отриманого параметра і його теоретичного значення. У кутових умовах утворюється кутове нев'язання f_β яке рівно:

$$f_\beta = \Sigma\beta_{\text{от}} - \Sigma\beta_{\text{теор}},\tag{2.15}$$

де $\Sigma\beta_{\text{от}}$ - отримана сума кутів;

$\Sigma\beta_{\text{теор}}$ - теоретична сума кутів.

Сума обчислених збільшень у замкнених планових ходах утворюють нев'язання в збільшеннях координат $\Sigma\Delta X = f_x$; $\Sigma\Delta Y = f_y$. Аналогічно обчислюються й нев'язання висотних ходах $\Sigma\Delta h = f_h$.

3 ТОПОГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ

3.1 Види й сутність топографічних матеріалів

До топографічних матеріалів відносяться:

- топографічні карти;
- фото плани;
- топографічні плани;
- топографічні профілі;
- топографічні схеми (абриси);
- цифрові моделі;
- віртуальні моделі;
- макети.

Топографічна карта – зменшене подібне зображення ділянки земної поверхні, що виконане в умовних знаках і в заданому масштабі з урахуванням кривизни Землі. Топографічні карти застосовуються в тому випадку, коли погрішності за рахунок кривизни Землі порівнянні з погрішностями вимірів, у цьому випадку проектування здійснюється на земній еліпсоїд. Зразок топографічної карти наведений на рис. 3.1

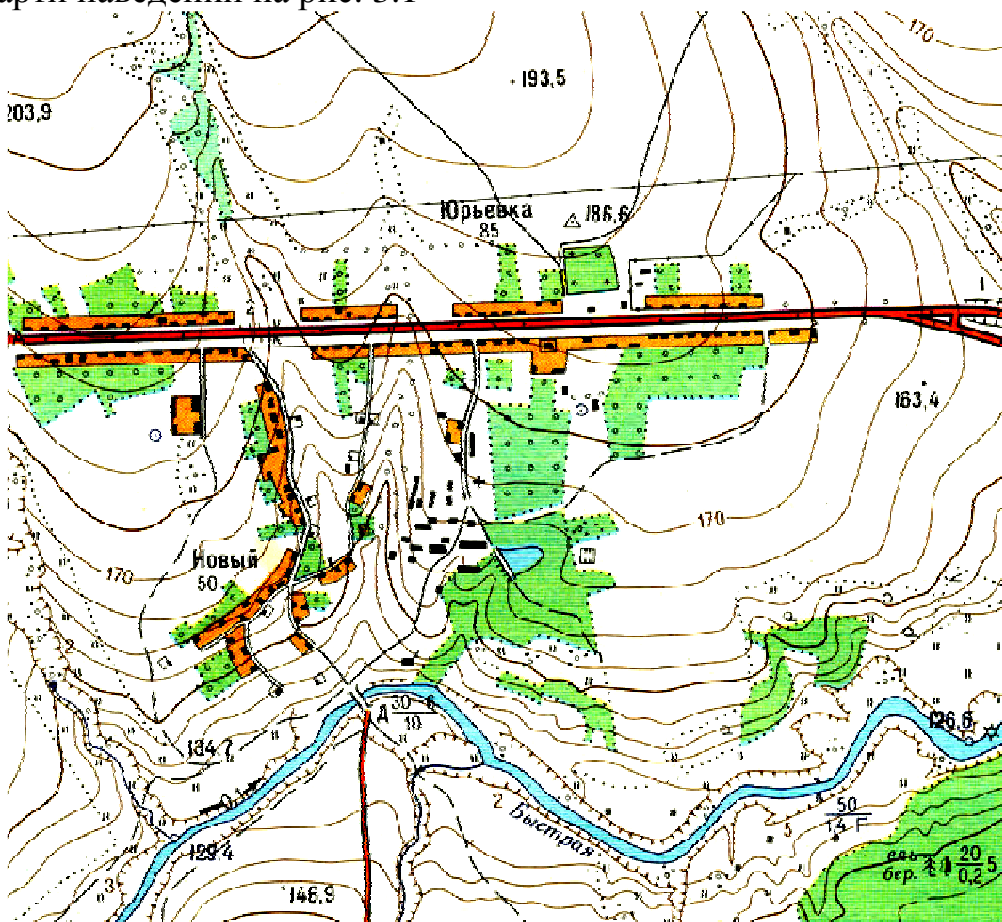


Рис. 3.1 - Фрагмент топографічної карти

Фото план – зменшене подібне фотозображення ділянки земної поверхні, що виконане в заданому масштабі за матеріалами фотограмметричної обробки топографічних фотознімків. Зразок фото плану наведений на рис. 3.2.



Рис. 3.2 - Фрагмент фото плану

Топографічний план – зменшене подібне зображення ділянки земної поверхні, що виконане в умовних знаках і в заданому масштабі без обліку кривизни Землі. Топографічні плани застосовуються в тому випадку, коли погрішності за рахунок кривизни Землі значно нижче погрішностей вимірів, у цьому випадку проектування здійснюється на площину. Зразок топографічного плану наведений на рис. 3.3.

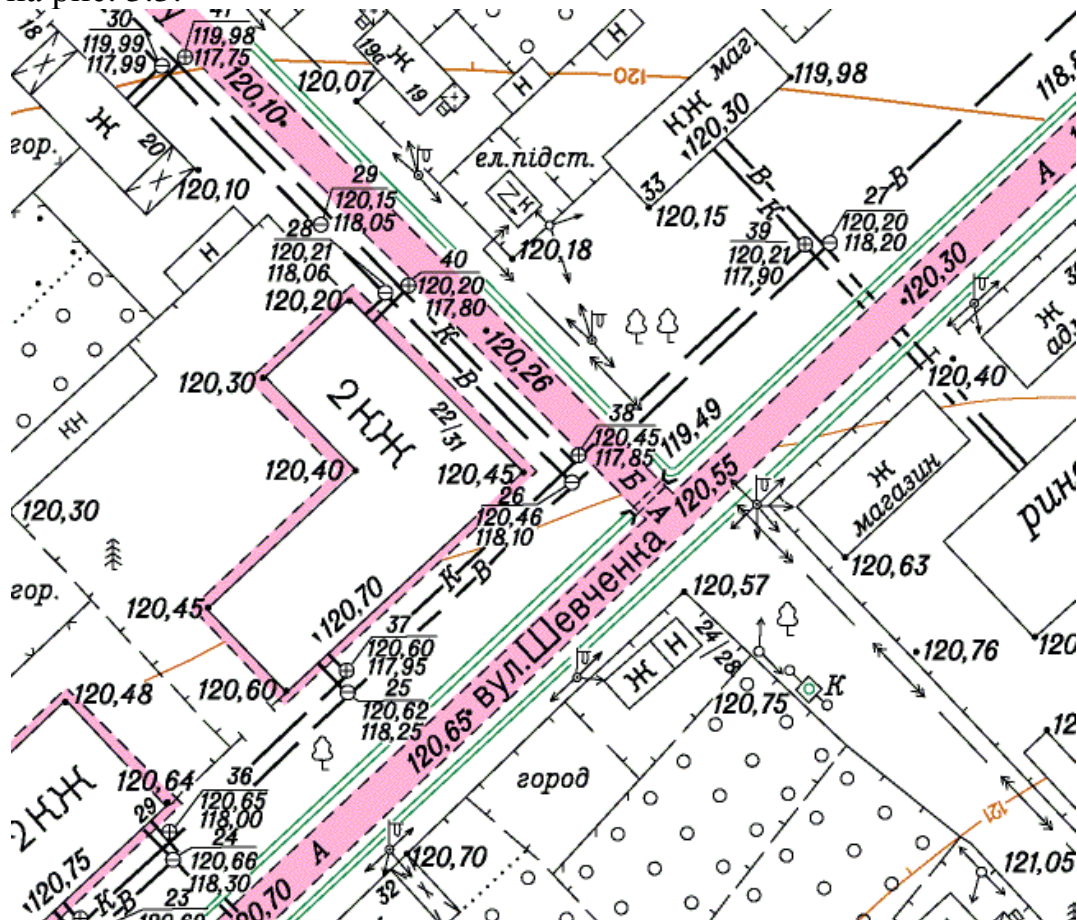


Рис. 3.3 - Фрагмент топографічного плану

Топографічний профіль – вертикальний розріз місцевості, побудований по заданому напрямкові в прийнятих горизонтальному й вертикальному масштабах. Зразок топографічного профілю наведений на рис. 3.4.

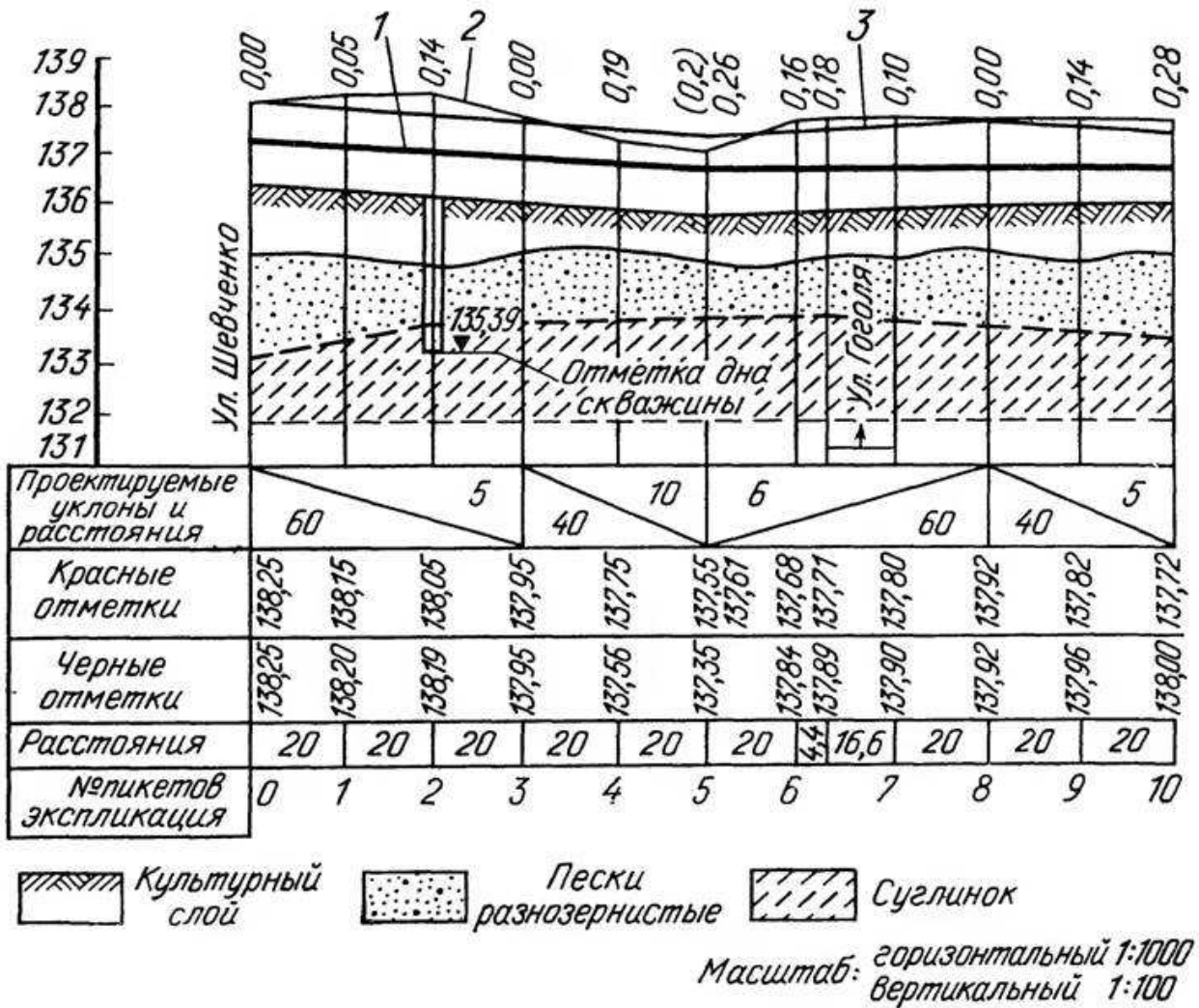


Рис. 3.4 - Фрагмент профілю

Топографічні схеми (абрис) - зменшене подібне зображення ділянки земної поверхні, виконане без обліку масштабу.

Топографічні схеми супроводжують усі види геодезичних робіт. При виконанні топографічних зйомок складаються абрис, схеми вимірів. Обробка матеріалів супроводжується розрахунковими схемами. Зразок абрису контурної зйомки наведений на рис. 9.5.

Цифрова модель – аналітична модель місцевості, побудована у вигляді матриці, що містить характеристики й властивості об'єктів, виражених у цифровому виді. Зразком цифрової моделі, може служити польовий журнал топографічної зйомки, табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Зразок цифрової моделі (фрагмент журналу топографічної зйомки)

Дата 6.06.99

Спостерігач Осадчук І.

Станція № 2 $i=1.45$ $MO=-1'$

$H_{СТАН} = 120,54$

$H_{РАБ} = 120,99$

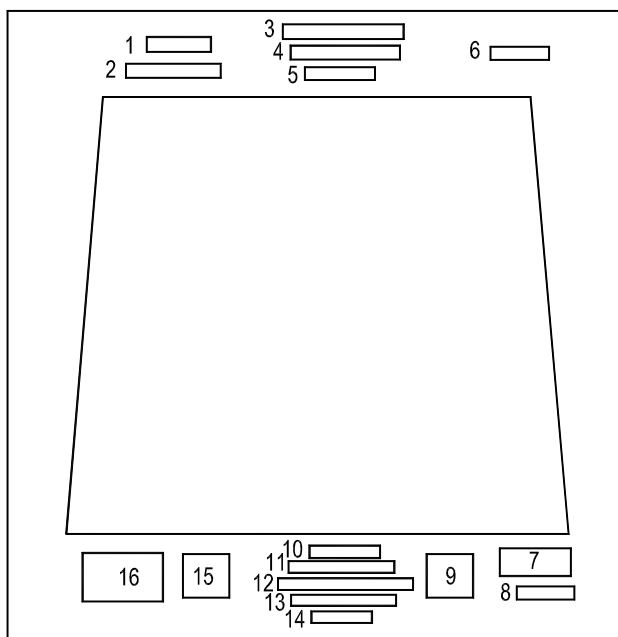
№ точ	Далеко-мірна від-стань м	Відлік по гор-риз ко-ругу °	Відлік по верти-кал ко-ругу °	МО	Вертик кут °	Гориз про-екція від-стані м	h м	H м	Примітка
т.3	86.50	0 0.0	Л 1 15	-1.0	1 16	86.50	1.91	122.90	орієнт тчк
			П -1,17						
85	122.5	351 24.0	-0 15.0		-0 14.0	122.5	-0.50	120.49	бордюр
86	107.0	12 12.5	-0 24.0		-0 23.0	107.0	-0.72	120.27	.-.
87	85.0	26 45.6	- 0 10			85.0	-0.22	120.77	стовп
...
т.3	86.50	0 0.0	Л 1 16	-1.0	1 16	86.50	1.91	122.90	орієнт тчк
			П -1,18						

У табл. 3.1 характеристикою моделі є цифрова інформація, поміщена в колонках 1-9, текстова інформація (колонки 1, 10) ставляться до властивостей моделі. Для введення їх у матрицю текстова інформація замінюється цифровим умовним кодом.

3.2 Структура топографічної карти

Зарамкове оформлення

Зміст зарамкового оформлення презентовано на рис. 3.9 і табл.3.2.



1 - система координат; 2 - назва території яка зображена на даному аркуші; 3 - найменування відомства, що підготував, що й видав карту; 4 - номенклату-

ра аркуша й назва найбільш значного населеного пункту (для карт масштабу 1:200 000 і 1:500 000 — тільки назва населеного пункту); 5 - номер і рік видання (на картах масштабу 1:200 000 і 1:500 000 номенклатура, номер і рік видання вказуються нижче підписи «гриф карти»); 6 - гриф карти; 7 - метод і рік зйомки, або рік складання й початкові матеріали, по яких складена карта; рік підготовки до видання й видання карти; 8 - виконавці; 9 - шкала закладень (тільки на картах масштабу 1:25 000, 1:50 000 і 1:100 000); 10 - числовий масштаб; 11 - величина масштабу; 12 - лінійний масштаб; 13 - висота перетину (на карті масштабу 1:500 000 тут же дається шкала щаблів висот); 14 - система висот (за винятком карти масштабу 1:500 000); 15 - схема взаємного розташування вертикальної лінії координатної сітки, дійсного й магнітного меридіанів і величини схилення магнітної стрілки, зближення меридіанів і виправлення напрямку (за винятком карти масштабу 1:500 000); 16 - дані про схилення магнітної стрілки, зближенні меридіанів і річному схиленню магнітної стрілки (ці відомості на карті масштабу 1:500 000 не даються) []

Рис. 3.9 - Зарамкове оформлення топографічних карт

3.3 Номенклатура топографічних матеріалів

Номенклатура топографічних карт ця система позначень карт, що характеризують їхній масштаб і район зйомки. Основою разграфки топографічних карт є аркуші карт масштабу 1:1000000, які одержувані, якщо поверхню земної кулі розділити на ділянки шириною 6° по довготі й 4° по широті, рис. 3.7. Шифр (номенклатура) карти масштабу 1:1000000 утворюється номерами колон і індексами рядів. Колони нумеруються із заходу на схід через 6, починаючи від 180° меридіана. Таким чином, номер колони K може бути визначений по формулі

$$K = 31 + \frac{\lambda_0}{6}, \quad (3.1)$$

де λ_0 - довгота найближчого до заданої точки меридіана, довгота якого кратна 6° .

При $\lambda = 36^\circ 46'$, $\lambda_0 = 36$, одержимо $K = 37$.

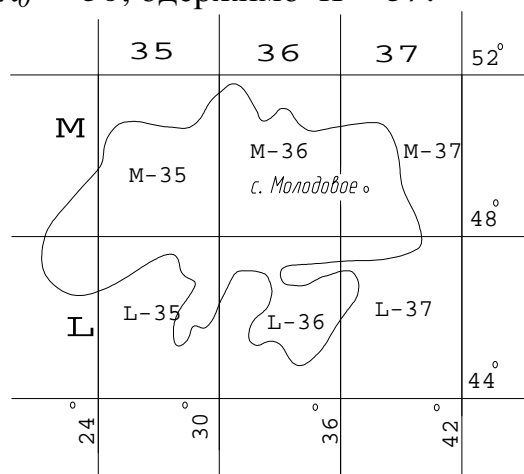


Рис. 3.7 - Разграфка аркушів карти масштабу 1:1000000

Ряди позначаються латинськими буквами, їх рахунок ведеться з екватора через 4° по широті. Порядковий номер індексу ряду обчислюється по формулі

$$R = \frac{\varphi_0}{\varphi}, \quad (3.2)$$

де φ_0 - значення широти, найближчої до шуканої точки паралелі, кратної 4°;
 φ - значення широти шуканої точки.

При $\varphi = 50^\circ 02'$, $\varphi_0 = 48^\circ$ одержимо $R = 12$. Порядковому номеру 12 відповідає латинська буква «M». Отже, аркуш топокарти масштабу 1:1000000 на якій розташований населений пункт с. Молодовое буде мати номенклатуру M-37.

У границях аркуша карти масштабу 1:1000000, рис. 3.8, розміщуються чотири аркуші карти масштабу 1:500000, кожний аркуш якої позначається заголовними буквами російського алфавіту. Таким чином, с. Молодовое буде розташовано на аркуші карти масштабу 1:500000, що має номенклатуру M-37-А. Аналогічно, у границях аркуша карти масштабу 1:1000000 розміщуються 36 аркушів карт масштабу 1:200000 (позначаються римськими цифрами) або 144 аркуша карти масштабу 1:100000 (позначаються арабськими цифрами).

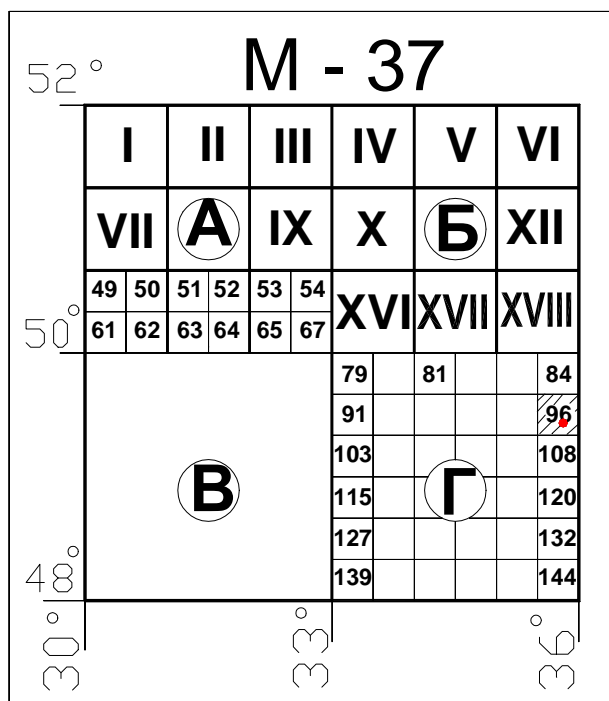


Рис.3.8 - Схема утвору номенклатури дрібномасштабних топографічних карт

Щоб з'ясувати на якому аркуші карти перебуває заданий населений пункт необхідно визначити координати границь аркушів. Розміри аркушів карт у кутовій мері і їх номенклатура наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Розміри рамок планшетів

Масштаб	Номенклатура	Розміри рамок, °, ', "	
		по широті	по довготі
1:1000000	M-37	4°	6°
1:500000	M-37-A	2°	3°
1:200000	M-37-XVIII	40'	60'
1:100000	M-37-62	20'	30'
1:50000	37-62-Г	10'	15'
1:25000	62-г-А	5'	7'30"
1:10000	Г-а-3	2'30"	3'45"
1:5000	M-37-62-(233)	1'15"	1'25.5"
1:2000	M-37-62-(233в)	25"	37.5"

Аркуш карти масштабу 1:100000 є основою формування номенклатури аркушів великомасштабних топографічних карт.

У границях аркуша карти масштабу 1:100000 буде 4 аркуша карти масштабу 1:50000 (M-37-62-Г) і 256 аркушів карти масштабу 1:5000 (M-37-62(233)).

Формування номенклатури аркушів карт інших масштабів проілюстроване на рис. 3.9 і 3.10 і коментарів не вимагає.

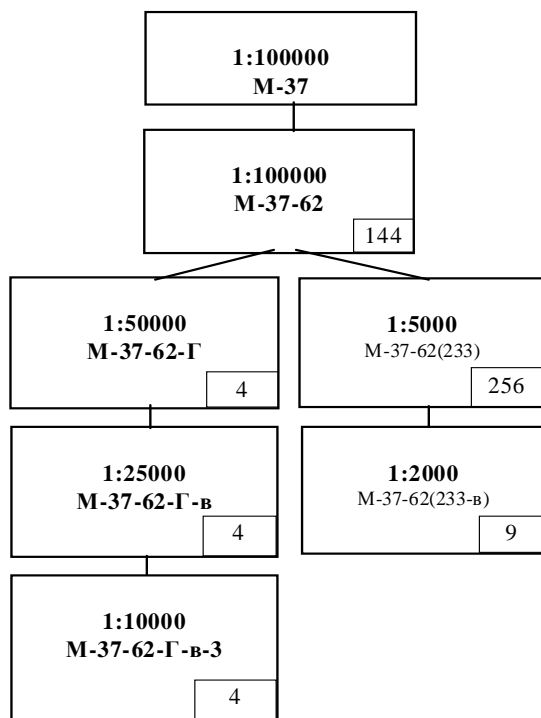


Рис. 3.9 - Схема формування номенклатури крупномасштабних топографічних карт

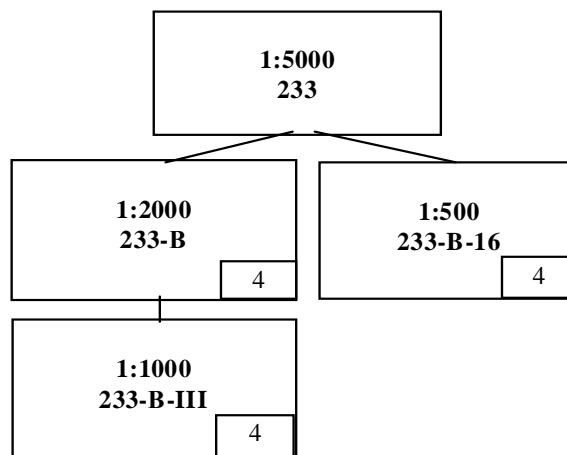


Рис. 3.10 - Схема формування номенклатури крупномасштабних топографічних планів

3.4 Масштаб, графічна точність матеріалів

Масштаб - це відношення довжини відрізка на топографічному матеріалі до відповідного до відрізка на місцевості.

Топографічні матеріали мають стандартизований ряд масштабів: 1:1000000, 1:500000, 1:200000, 1:100000, 1:50000, 1:25000, 1:10000, 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.

Масштаб виражається: у числовій формі (1:10000), іменованої (в 1см 100м) і лінійної, рис.3.11.

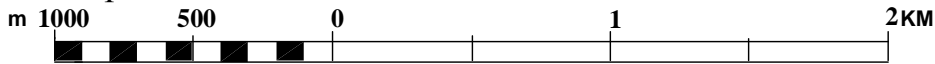


Рис. 3.11 - Лінійний масштаб

Для забезпечення максимальної точності графічних побудов і вимірів застосовуються спеціальні масштабні лінійки, виконані у вигляді поперечного масштабу, рис. 3.12. Відлік по масштабній лінійці рівний: 27.58 одиниці.

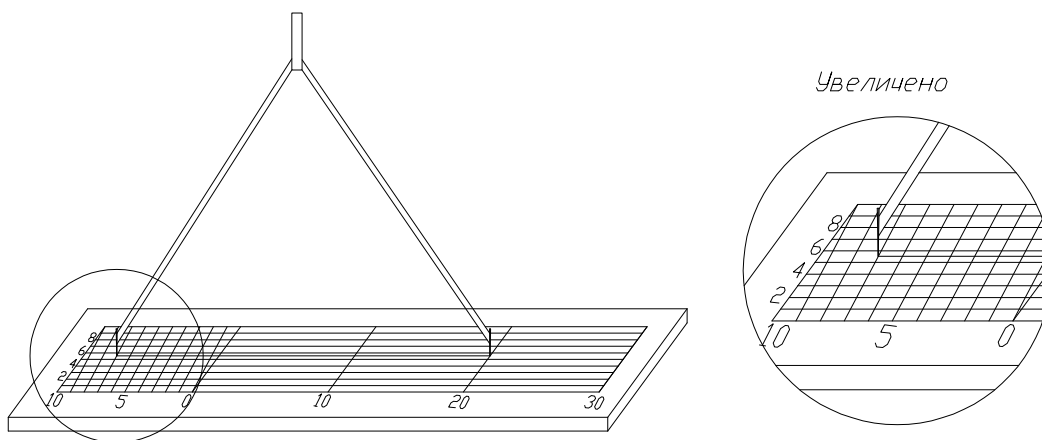


Рис. 3.12 - Поперечний масштаб

Лінійний масштаб поміщений на всіх топографічних картах. Це забезпечує облік деформації паперу на якій надрукована карта й дозволяє приводити копії до заданого масштабу в процесі їх електронного копіювання.

Точність графічних побудов (точність визначення лінійних параметрів графічними методами) $m_{ГРАФ}$ складає 0.3мм. Таким чином, графічна точність топографічних матеріалів $m_{ПЛАН}$ визначається виходячи з масштабу цього матеріалу, тобто

$$m_{ПЛАН}=0.3M, \quad (3.3)$$

де M – знаменник масштабу топографічного плану.

Наприклад, для топографічних матеріалів масштабу 1:500 графічна точність складе $0.3\text{мм} \times 500 = 150\text{мм}$.

Для топографічних матеріалів, складених у цифровому виді, поняття графічної точності не існує. Щоб мати можливість судити про точність матеріалу вводиться поняття еквівалентного масштабу.

Еквівалентний масштаб визначається точністю безпосередньо топографічної зйомки. Знаменник еквівалентного масштабу обчислюється по наступній формулі:

$$M_{\text{ЭКВ}} = \frac{\sigma_{\text{зйом}}}{m_{\text{ГРАФ}}}, \quad (3.4)$$

Де $\sigma_{\text{зйом}}$ – точність зйомки;
 $m_{\text{ГРАФ}}$ – точність графічних побудов.

Наприклад, якщо зйомка виконано з точністю 15см, те знаменник еквівалентного масштабу зйомки буде рівний

$$150\text{мм} : 03\text{мм} = 500.$$

Отже, еквівалентний масштаб такого матеріалу становить 1:500.

Точність висотних параметрів топографічних матеріалів у більшості випадків визначається 1/10 перетину рельєфу. Іншим критерієм, що визначають точність висотних параметрів, є точність написання позначок точок на плані. Вона рівна половині значення останньої значущої цифри позначки. Наприклад, на плані позначки представлені числами із двома знаками після коми. Отже, точність такого числа становить $0.5 \times 1 \text{ см} = 5\text{мм}$.

3.5 Умовні знаки топографічних карт і планів

Умовними знаками називається система позначень елементів ситуації й рельєфу на топографічних картах і планах.

Умовні знаки класифікуються за формою, розміру, типу, області застосування та ін.

За формою умовні знаки бувають точкові, контурні й фонові. Виходячи з області застосування, знаки підрозділяються на наступні види: рельєф, гідрографія; рослинний покрив, населені пункти, інженерні спорудження, орієнтирні знаки. Особливе місце в умовних знаках займає числова й текстова інформація. Текстова інформація підрозділяється на особисті назви окремих елементів, наприклад назва населених пунктів, вершин та ін. написів, що пояснюють, характеризують окремі об'єкти, наприклад; «ялина» - порода дерев, «бур» - шпара «пар» - пором та ін. Числовими величинами характеризуються позначки точок і горизонталей, технічні характеристики об'єктів, наприклад: « $\frac{285-5 \times 4}{5}$ », де 285 - довжина поромної переправи, 5×4 - розмір порома, 5 - вантажопідйомність.

Умовні знаки бувають масштабовані й немасштабні. Знаки, які можуть виражатися в масштабі карти називаються масштабовані умовні знаки. Якщо розмір об'єкта не виражається в масштабі карти, то цей об'єкт зображується немасштабні умовними знаками.

3.6 Зображення рельєфу на топографічних картах і планах

Рельєф на картах і планах зображується горизонталями. **Горизонталь** - крива замкнена лінія, усі точки якої мають рівні позначки, рис.3.13.

Відстань між горизонталями по вертикалі (на рис. 3.13 величина h) називається **висотою перетину рельєфу**. Даний параметр є однієї з основних характеристик зображення рельєфу на топографічних матеріалах, що характеризує ступінь деталізації його зображення. Горизонтальна проекція відстані між гори-

зонталями (на рис. 3.13 величина a) характеризує величину ската рельєфу, даний параметр називається *закладенням горизонталей*.

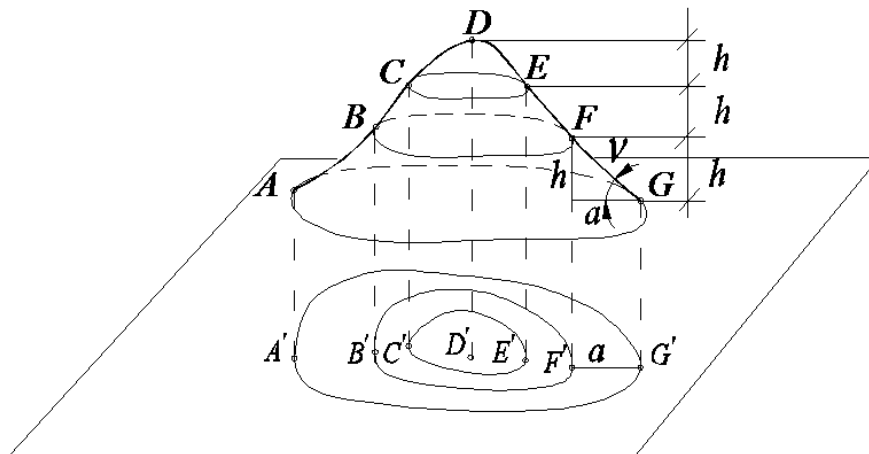


Рис.3.13 - Зображення рельєфу горизонталями

По величині перетину рельєфу й закладенню горизонталі обчислюється *кут нахилу* v лінії (крутість ската)

$$v = \text{arcTg} \frac{h}{a}, \quad (3.5)$$

де h - висота перетину рельєфу;
 a - закладення горизонталей.

Кут нахилу - кут у вертикальній площині між площиною горизонту й заданим напрямком. Величина нахилу поверхні Землі, крім кута нахилу характеризується *ухилом* - тангенсом кута нахилу. Ухил являє собою величину зміни перевищення на одиницю відстані. На практиці величина ухилу може виражатися у відсотках, промілях і в натуральних значеннях тангенса. *Наприклад, якщо ухил становить 10%, отже, через кожні сто метрів відстані позначка поверхні Землі змінюється на 10м.*

Таким чином, ухил рівний:

$$i = \frac{h}{S}; \quad (3.6)$$

де h - перевищення;
 S - горизонтальне прокладання.

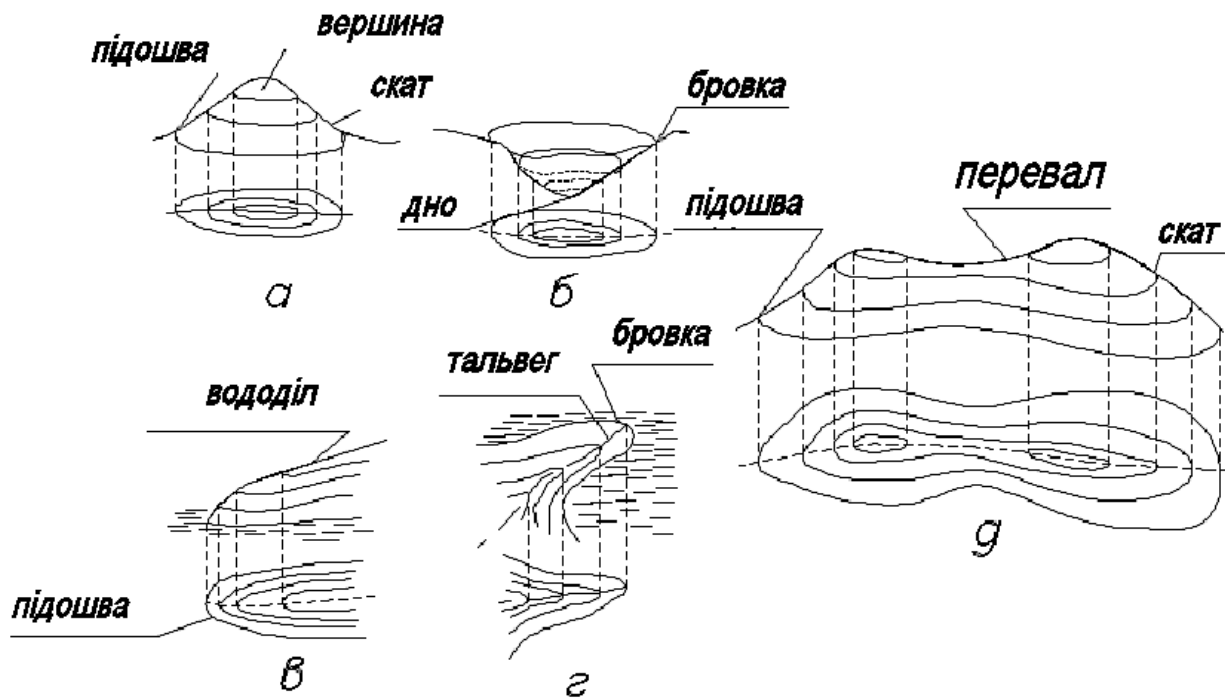
Знаючи ухил, відстань між точками й позначку початкової точки, є можливість обчислити позначку другої точки:

$$H = H_0 + iS, \quad (3.7)$$

аналогічно, по позначкам точок і відстані між ними обчислюється ухил:

$$i = \frac{H - H_0}{S} \quad (3.8)$$

Рельєф місцевості можна представити як сукупність його елементарних форм. Основні форми рельєфу і їх зображення в горизонталях наведено на рис. 3.14.



а - гора (висота); б - улоговина; в - хребет; г - лощина; д - сідловина

Рис. 3.14 - Основні форми рельєфу

3.7 Рішення задач на картах

У процесі архітектурного проектування на топографічних матеріалах доводиться вирішувати наступні основні задачі: визначення відстаней, визначення координат і позначок точок, визначення азимутів, складання профілів, визначення площ та ін. Ці задачі можуть бути вирішені графічно безпосередньо по топографічних матеріалах або на комп'ютері.

Визначення відстаней на топографічних матеріалах

Задано на топографічній карті дві точки *A* і *B*, необхідно визначити відстань S_{AB} , рис.3.15.

За допомогою циркуля-вимірника (або лінійки) виміряється по карті відрізок a_s . Для одержання значення відстані даного відрізка з точністю графічних побудов необхідно скористатися масштабною лінійкою з поперечним масштабом.

Шукана відстань S_{AB} обчислюється по формулі

$$S_{AB} = a_s M, \quad (3.9)$$

де a_s - відстань у мм між точками *A* і *B*, обмірюване по карті;

M - знаменник масштабу карти.

Приклад, у результаті вимірів по карті отримане $a_s = 28.5\text{мм}$, масштаб карти 1:25000, тоді відстань між точками *A* і *B* буде дорівнювати:

$$S_{AB} = 28.5 \times 25000 = 712500\text{мм} = 712.5\text{м}.$$

Якщо масштаб карти невідомий (наприклад, карта отримана методом ксерокопіювання), то додатково потрібно виміряти відстань c_s між лініями коор-

динатної сітки, у цьому випадку у формулу (3.9) замість номінального знаменника масштабу вводиться значення знаменника масштабу, отримане в результаті обчислень

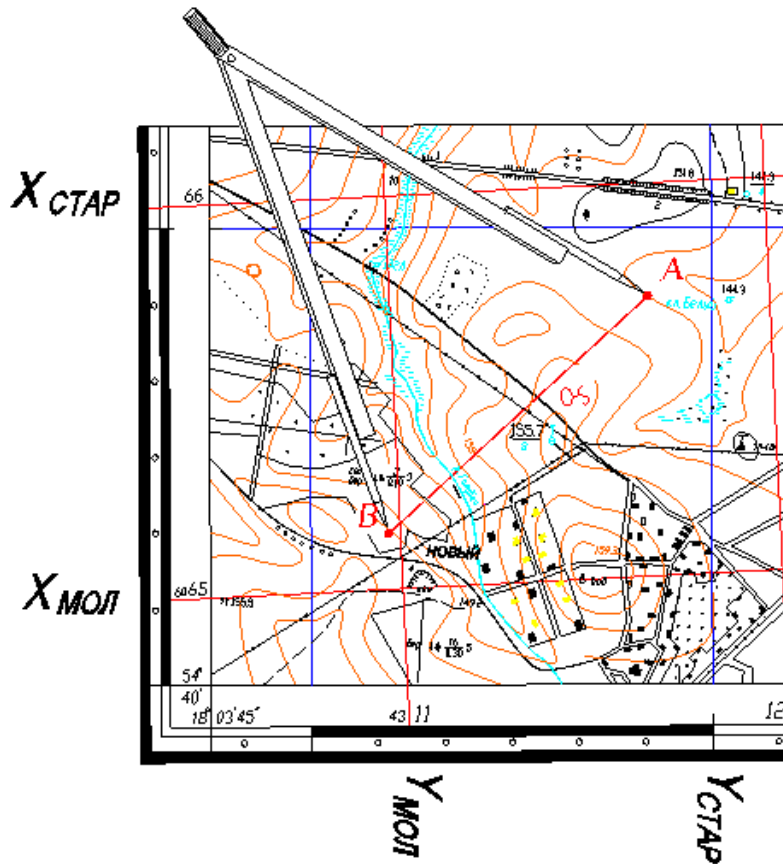


Рис. 3.15 - Вимір відстані за допомогою циркуля-вимірника.

$$M = \frac{L_{СТАР} - L_{МОЛ}}{c_s}; \quad (3.10)$$

де $L_{СТАР}, L_{МОЛ}$ – старші й молодші значення сітки прямокутних координат;

c_s - відстань між лініями координатної сітки.

Якщо напрямок лінії AB північ-південь, то замість $L_{СТАР}$ і $L_{МОЛ}$ береться $X_{СТАР}$ і $X_{МОЛ}$, а якщо захід-схід, то $Y_{СТАР}$ і $Y_{МОЛ}$.

Приклад. При $c_s = 39.5\text{мм}$, $X_{СТАР} = 6066\text{км}$, $X_{МОЛ} = 6065\text{км}$, $a_s = 28.5\text{мм}$, одержимо

$$M = \frac{6066 - 6065}{39,5} = \frac{1000000(\text{мм})}{39,5(\text{мм})} = 25316,5.$$

Підставивши отримане значення знаменника масштабу у формулу (3.9) одержимо шукану відстань S_{AB}

$$S_{AB} = 28.5 \times 25316,5 = 721520\text{мм} = 721,5\text{м}.$$

Визначення прямокутних координат

Для визначення прямокутних координат, насамперед, визначається квадрат координатної сітки, у якому розташовується шукана точка. На рис. 3.19 цей

квадрат обмежений координатами: $X_{МОЛ} = 6066км$, $Y_{СТАР} = 6067км$ і $Y_{МОЛ} = 4307км$, $Y_{СТАР} = 4308км$.

Прямокутні координати точки визначаються по формулах:

$$\begin{aligned} X_A &= X_{МОЛ} + \frac{X_{СТАР} - X_{МОЛ}}{c_x} a_x; \\ Y_A &= Y_{МОЛ} + \frac{Y_{СТАР} - Y_{МОЛ}}{c_y} a_y, \end{aligned} \quad (3.11)$$

Контрольні формули:

$$\begin{aligned} X_A &= X_{СТАР} - \frac{X_{СТАР} - X_{МОЛ}}{c_x} b_x; \\ Y_A &= Y_{СТАР} - \frac{Y_{СТАР} - Y_{МОЛ}}{c_y} b_y, \end{aligned} \quad (3.12)$$

де $X_{СТАР}$, $X_{МОЛ}$, $Y_{СТАР}$, $Y_{МОЛ}$ - відповідно, значення координат координатної сітки, найближчі до обумовленої точки;

a_x , a_y - відстані від відповідної молодшої лінії координатної сітки до точки A ;

c_x , c_y - відстані між відповідними лініями координатної сітки;

b_x , b_y - відстань від старшої лінії сітки до обумовленої точки.

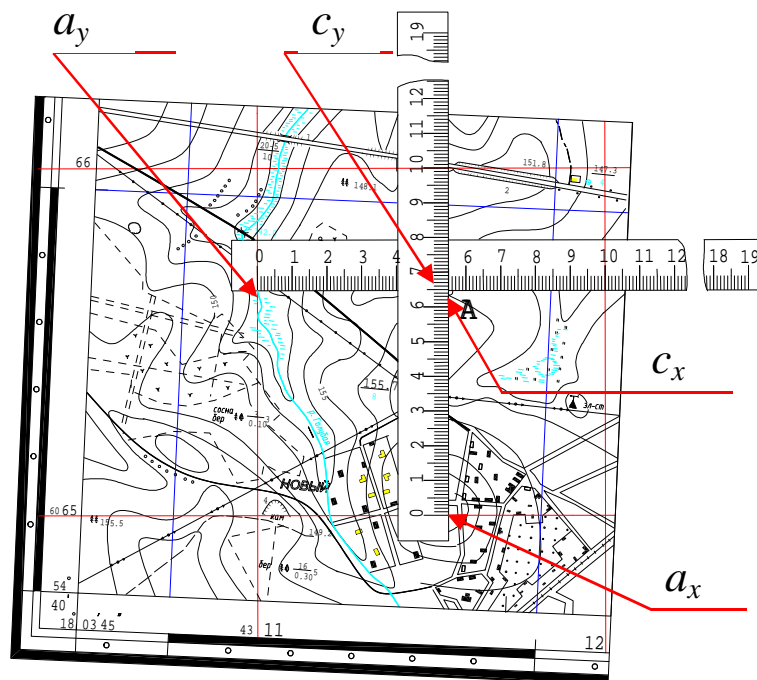


Рис. 3.16 - Визначення прямокутних координат

Приклад. У результаті вимірів по карті отримане: $a_x = 29.3мм$, $c_x = 39.8мм$, $a_y = 19.5мм$, $c_y = 40.1мм$. Точка A розташована у квадраті з координатами: $X_{МОЛ} = 6066км$, $X_{СТАР} = 6067км$, $Y_{МОЛ} = 4307км$, $Y_{СТАР} = 4308км$.

$$X_A = 6066000 + \frac{6067000 - 6066000}{39.8} 29.3 = 6066736 \text{ м};$$

$$Y_A = 4307000 + \frac{4308000 - 4307000}{40.1} 19.5 = 4307486 \text{ м}.$$

Визначення географічних координат

Дане завдання вирішується повністю аналогічно попередньої, тільки виміри виконуються щодо сітки географічних координат. На картах сітка географічних координат не нанесена явно; меридіанами й паралелями є внутрішня рамка аркуша карти, а по границях карти є шкали, рис. 3.17, цифрування яких відповідає координатній сітці географічних координат.

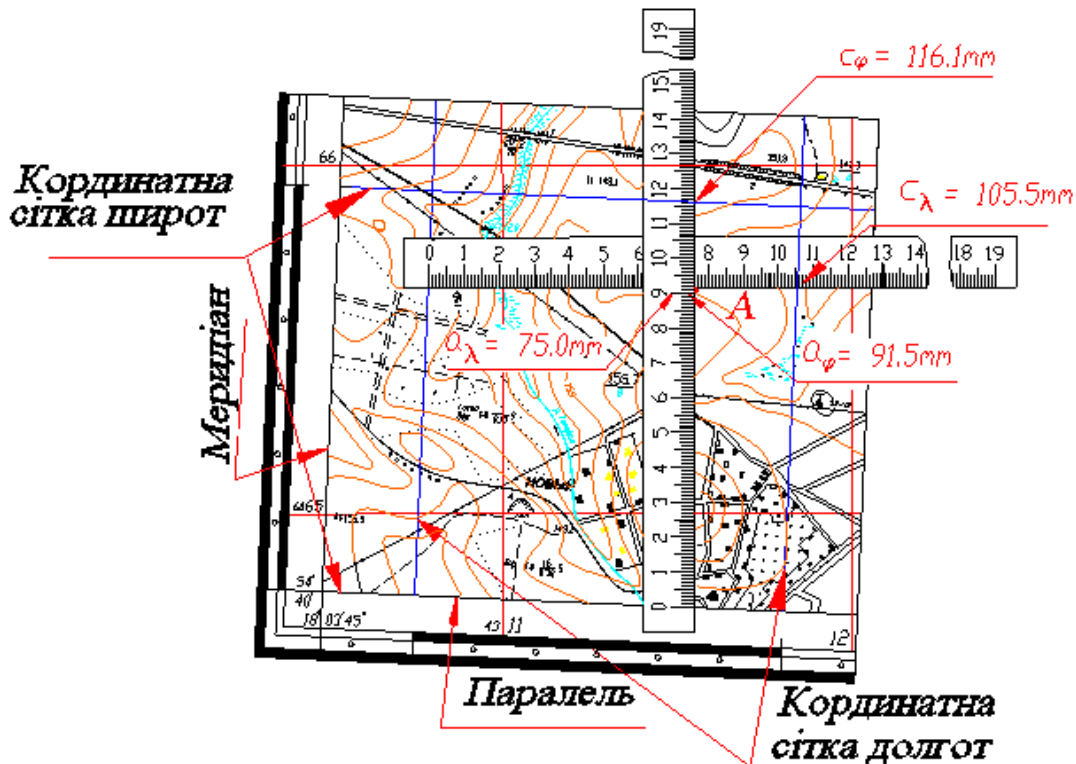


Рис. 3.17 - Визначення географічних координат

Для відновлення сітки необхідно з'єднати відповідні розподіли координатних шкал і від отриманій сітці виконати виміру, тобто виміряти відстані (a_φ , a_λ) від молодших значень сітки до обумовленої точки й відстані (c_φ , c_λ) між лініями сітки, тоді географічні координати точки A будуть рівні:

$$\begin{aligned} \varphi_A &= \varphi_{\text{МОЛ}} + \frac{\varphi_{\text{СТАР}} - \varphi_{\text{МОЛ}}}{c_\varphi} a_\varphi; \\ \lambda_A &= \lambda_{\text{МОЛ}} + \frac{\lambda_{\text{СТАР}} - \lambda_{\text{МОЛ}}}{c_\lambda} a_\lambda, \end{aligned} \quad (3.13)$$

Контрольні формули:

$$\begin{aligned} \varphi_A &= \varphi_{\text{СТАР}} - \frac{\varphi_{\text{СТАР}} - \varphi_{\text{МОЛ}}}{c_\varphi} b_\varphi; \\ \lambda_A &= \lambda_{\text{СТАР}} - \frac{\lambda_{\text{СТАР}} - \lambda_{\text{МОЛ}}}{c_\lambda} b_\lambda, \end{aligned} \quad (3.14)$$

де $\varphi_{\text{МОЛ}}$, $\varphi_{\text{СТАР}}$, $\lambda_{\text{МОЛ}}$, $\lambda_{\text{СТАР}}$ - координати найближчих до точки A ліній координатної сітки географічних координат;

a_φ, a_λ - відстані від ліній координатної сітки, що мають молодші значення, до обумовленої точки;

c_φ, c_λ - відстані між лініями координатної сітки географічних координат;

b_φ, b_λ - відстань від старшої лінії сітки до обумовленої точки.

Приклад. У результаті вимірів по карті отримане: $a_\varphi = 91.5\text{мм}$, $c_\varphi = 116.1\text{мм}$, $a_\lambda = 75.0\text{мм}$, $c_\lambda = 105.5\text{мм}$. Точка A розташована в чотирикутнику з координатами: $\varphi_{\text{МОЛ}} = 54^\circ 41'$, $\varphi_{\text{СТАР}} = 54^\circ 42'$, $\lambda_{\text{МОЛ}} = 18^\circ 00'$, $\lambda_{\text{СТАР}} = 18^\circ 01'$.

$$\varphi_A = 54^\circ 41' + \frac{60''}{116.1} 91.5 = 54^\circ 40' 47.3'';$$

$$\lambda_A = 18^\circ 04' + \frac{60''}{116.1} 105.5 = 18^\circ 04' 54.5''.$$

Визначення позначок точок

Для визначення позначки точки необхідно визначитися з позначками горизонталей, найближчих до обумовленої точки. Значення позначок горизонталей визначаються: по підписах горизонталей, по позначках точок з урахуванням висоти перетину рельєфу, по позначках пікетних точок. Згідно рис. 3.18 при висоті перетину рельєфу рівної 2.5м, Позначка молодшої горизонталі рівна 152.5м, Позначка старшої - 155м. Позначка точки рівна

$$H_A = H_{\text{МОЛ}} + \frac{H_{\text{СТАР}} - H_{\text{МОЛ}}}{c_h} a_h, \quad (3.15)$$

Контрольна формула:

$$H_A = H_{\text{СТАР}} - \frac{H_{\text{СТАР}} - H_{\text{МОЛ}}}{c_h} b_h, \quad (3.16)$$

де $H_{\text{МОЛ}}, H_{\text{СТАР}}$ - позначки старшої й молодшої горизонталей;

a_h - відстань від молодшої горизонталі до точки A ;

c_h - відстань між старшої й молодшої горизонталями;

b_h - відстань від старшої горизонталі до обумовленої точки.

Приклад. У результаті вимірів по карті отримане: $a_h = 9.5\text{мм}$, $c_h = 27.0\text{мм}$, при $H_{\text{МОЛ}} = 150\text{м}$, $H_{\text{СТАР}} = 152.5\text{м}$.

$$H_A = 150.0 + \frac{2.5}{27.0} 9.5 = 150.9\text{м}$$



Рис. 3.18 - Визначення позначки точки

Визначення азимутів

Азимут напрямку, як відомо, це кут, відлічуваний по ходу годинникової стрілки від північного кінця меридіана, що проходить через початкову точку напрямку, до заданого напрямку. Азимут може визначатися за допомогою транспортира.

Якщо визначається дійсний азимут, то транспортер орієнтується по дійсному меридіану. Дирекційний кут визначається щодо вертикальної лінії сітки прямокутних координат, рис. 3.19.

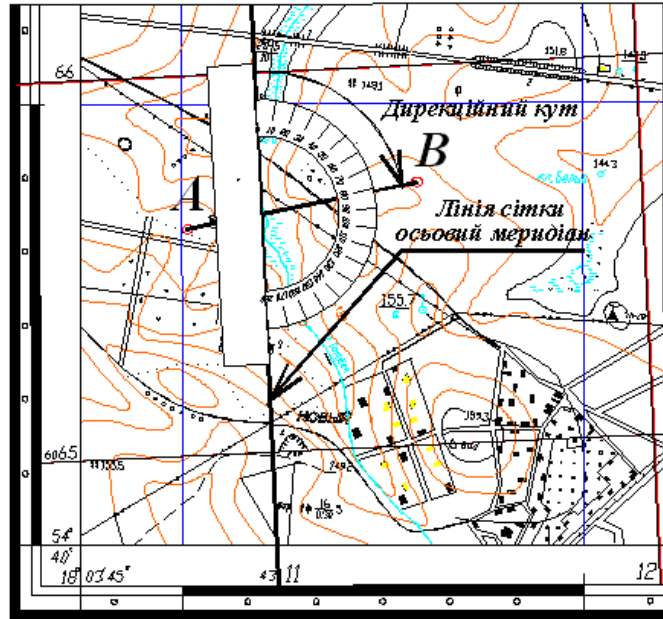


Рис. 3.19 - Визначення дирекційного кута лінії

Зворотний азимут рівний $A_{ОБР} = A \pm 180^\circ$; аналогічно визначається зворотний дирекційний кут - $\alpha_{ОБР} = \alpha \pm 180^\circ$

Графо-аналитичний розв'язок завдань

Більшість завдань, розв'язуваних на топографічних матеріалах супроводжуються аналітичними розрахунками. Наприклад, довжину відрізка можна одержати по координатах кінців цього відрізка.

Відстань S_{AB}

$$S_{AB} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}, \quad (3.17)$$

де $\Delta X, \Delta Y$ - різниці координат точок.

Перевищення h_{AB}

$$h_{AB} = H_B - H_A. \quad (3.18)$$

Ухил i_{AB}

$$i_{AB} = \frac{h_{AB}}{S_{AB}}. \quad (3.19)$$

Дирекційний кут α_{AB}

$$\alpha_{AB} = \text{arcTg}\left(\frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}\right) + 180n, \quad (3.20)$$

де $n = 1$ при $X_B - X_A < 0$; $n = 2$ при $X_B - X_A > 0$. Якщо $\alpha_{AB} > 360^\circ$, то $\alpha_{AB} = \alpha_{AB} - 360^\circ$.

Складання профілю по заданій лінії

Профіль є графіком, на якому на горизонтальній осі показані відстані, а на вертикальній - позначки. Він може будуватися по картографічних матеріалах і за матеріалами польових робіт. Для побудови профілю по картографічних матеріалах на лінії траси (осі профілю) намічаються: початок профілю, кути повороту осі профілю, характерні точки ситуації й рельєфу, кінець профілю, рис. 3.20.

Визначаються відстані від точки початку траси до характерних точок ситуації й рельєфу й позначки цих точок. Дуже часто трасу профілю ділять на відрізки довжиною по 100м, кінці стометрових відрізків називаються *пикетами*.

Щоб побудувати профіль рекомендується числову інформацію попередньо записати, у так званій писаний профіль, що представляє собою таблицю, зразок якої наведено у табл. 3.4.

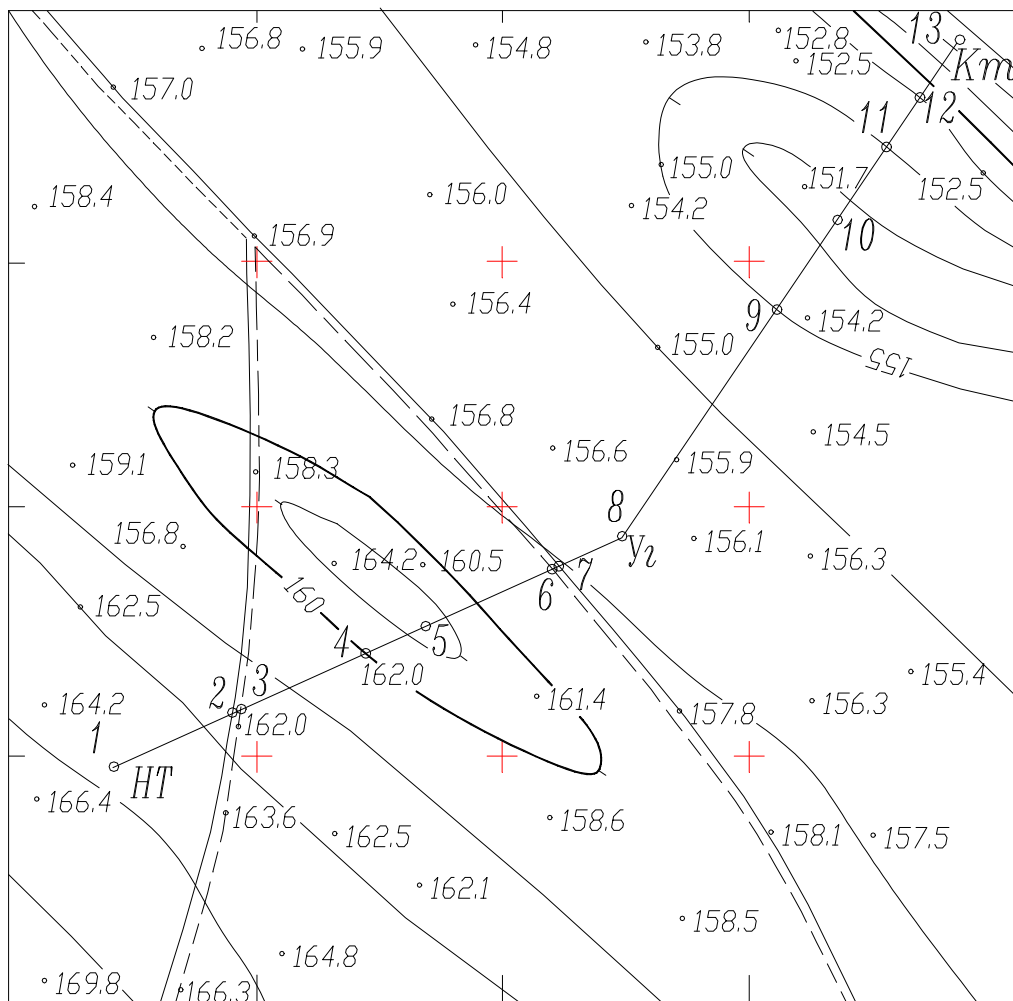


Рис. 3.20 - Складання профілю по картографічних матеріалах

Таблиця 3.4 - Писаний профіль

№ точки	Відстань від початку траси	Відстань між точками	Позначки	Примітка
1	0		164.3	початок траси
		52.45		
2	52,45		162.0	узбіччя ґрунт дороги
		5.36		
3	57,81		162.0	-.-
		52.85		
4	110,66		162.0	підощва пагорба
		27.72		
5	138,38		164.2	вершина пагорба
		55.64		
6	194,02		157.6	узбіччя ґрунт дороги
		4.12		
7	198,14		157.6	-.-
		28.30		
8	226,44		156.5	кут повороту
		113.16		
9	339,60		154.9	брівка вилучення
		42.59		
10	382,19		151.7	дно вилучення
		36.15		
11	418,34		152.5	брівка ями
		21.58		
12	439,92		155.0	підощва схилу
		29.90		
13	469,82		163.0	кінець траси

Для кращої наочності вертикальний масштаб профілю робиться в 10 раз крупніше горизонтального. Зразок поздовжнього профілю, побудованого за даними табл. 3.4 наведений на рис. 3.21.

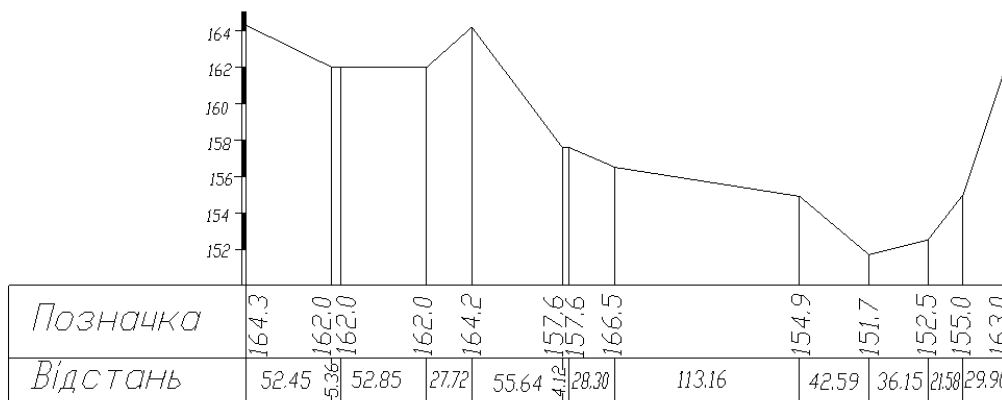


Рис. 3.21 - Поздовжній профіль

4 ВИМІРИ

4.1 Поняття про виміри. Погрішності вимірів

Виміром називається визначення числового значення фізичних величин за допомогою технічних засобів у встановлених одиницях вимірах. Під **фізичною величиною** мається на увазі кількісна характеристика певних властивостей об'єкта. Наприклад, більшість об'єктів характеризують розміри, вага, обсяг та ін. Кожне із цих властивостей є фізичною величиною, тому що характеризується відповідним числовим значенням. Фізична величина, значення якої рівно одиниці, називається одиницею вимірів. В інженерно-геодезичній практиці використовуються в основному дві величини - довжина й кут. Довжиною називають відстань між двома точками, певне по прямій або кривій. Кут - це поворот радіус-вектора, що виходить із точки, від одного напрямку до іншого. Основною одиницею лінійних вимірів прийнятий метр (*m*), обумовлений як 1650763,73 довжини хвилі у вакуумі випромінювання, відповідного до переходу між рівнями $2p^{10}$ і $5d^5$ атома кріптону 86. За одиницю виміру плоского кута прийнятий радіан - кут між двома радіусами круга, що опираються на дугу, довжина якої дорівнює радіусу. У геодезії в якості постійної застосовується величина ρ'' , рівна числу кутових одиниць в одному радіані (206265").

Значення фізичної величини, що точно відбиває якісні й кількісні характеристики властивостей об'єкта називається дійсним значення фізичної величини. Значення фізичної величини, визначене експериментальним шляхом, найбільш близьке до дійсного значення цієї величини для даного рівня техніки, називаються **дійсним значенням** фізичної величини. **Точність** вимірів це ступінь наближення результату вимірів до його дійсного значення. Відхилення результату вимірів від його дійсного значення називається **погрішністю вимірів**.

$$\Delta x_i = x_i - X, \quad (4.1)$$

де x_i - результат вимірів;

X - дійсне значення обмірюваної величини.

Виміри діляться на дві групи - **прямі** й **непрямі**. Під прямими вимірами маються на увазі виміри, результат яких отриманий шляхом безпосереднього порівняння засобу вимірів з вимірюваною величиною. Наприклад, при виконанні лінійних вимірів засіб вимірів рулетка порівнюється з вимірюваною величиною, результат вимірів буде рівний

$$x = Aq, \quad (4.2)$$

де q - одиниця вимірів;

A - число одиниць вимірів.

Вимір, результат якого є функцією обмірюваних величин, називається **непрямим виміром**.

Площа прямокутної ділянки визначається як добуток довжини ділянки на його ширину

$$F = ab, \quad (4.3)$$

де a і b - розміри ділянки.

У загальному виді непрямі виміри можна представити у вигляді вираження

$$y = F(x_1, x_2, \dots, x_i). \quad (4.4)$$

По характеру виникнення погрішності бувають: грубі, систематичні й випадкові.

Грубими погрішностями називаються погрішності, які на багато відрізняються від іншого ряду погрішностей і обумовлені промахами, прорахунками та ін.

Наприклад, виконано п'ять вимірів одного відрізка: **100.285м, 100.290м, 101.289м, 100.285м, 100.279м**. Очевидно, що третій результат (**101.289м**) містить грубу погрішність, тому що він значно відрізняється від іншого ряду результатів. Грубі погрішності повинні бути виявлені, а результати вимірів, що їх містили виключені з обробки.

Систематичні погрішності - погрішності, що носять закономірний характер, який може бути описаний відповідними математичними залежностями. Обмірюваний стометровий відрізок, результат вимірів наступний: **100.103м, 100.106м, 100.099м, 100.111м, 100.100м, 100.106м, 100.102м, 100.100м, 100.103м, 100.102м**. У всіх наведених результатах присутній постійна частина рівна 100мм. Очевидно, що реальна довжина мірного приладу відрізняється на 100мм від його номінальної довжини, що і є причиною систематичної погрішності. Систематичні погрішності виявляються, а їх дії виключаються або послабляються. Існує кілька способів виявлення й виключення систематичних погрішностей:

вимір різними виконавцями, різними приладами й у різний час;

вимір при різних положеннях шкал або різними шкалами (основній і додатковій);

виміри в прямому й зворотному напрямках.

Випадкові погрішності - це погрішності, що з'являються випадковим образом, що не мають певної закономірності, що й володіють властивостями випадкових чисел:

1) рівні по величині випадкові погрішності, але різні по знаках зустрічаються однаково часто;

2) малі по абсолютній величині випадкові погрішності зустрічаються частіше, чим більші;

3) випадкові погрішності по абсолютній величині не перевершують заданої межі;

4) сума випадкових погрішностей значного числа вимірів прагне до нуля.

Наведені властивості ілюструються рис. 4.1, де по вертикальній осі наведені частоти появи результату, по горизонтальній осі дана числова вісь результатів. Найбільша кількість результатів лежить у межах $(-m) \div (+m)$, властивість 2. Графік симетричен, тобто частоти появ рівних по абсолютній величині, але

різних за знаком однакові, властивість 1. Тому що графік симетричен, то й сума погрішностей (позитивних і негативних) буде дорівнювати нулю, властивість 4. Погрішності по абсолютній величині мають межу, властивість 3, на графіку це $3m$, дана межа називається *граничною погрішністю*.

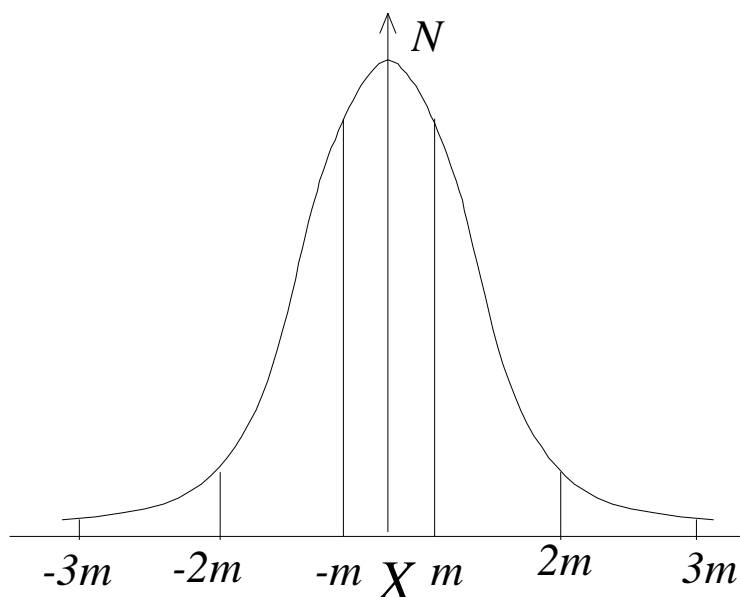


Рис.4.1 - Властивості випадкових погрішностей

4.2 Результат вимірів. Оцінка точності вимірів

При багаторазових вимірах однієї й тієї ж величини неможливо одержати однаковий результат вимірів, тому що до складу результату обов'язково входить погрішність вимірів. У загальному виді результат вимірів може бути представлений у вигляді інтервалу

$$x_0 \pm tm, \quad (4.5)$$

де x_0 - ймовірне значення вимірюваної величини;

m - критерій точності;

t - коефіцієнт ступеня довіри.

Наука, що вивчає способи одержання достовірних результатів вимірів і обґрунтуванням вибору методики й засобів вимірів для одержання результату із заданою точністю, називається *теорією погрішностей вимірів*.

Пряма задача теорії погрішностей є одержання достовірних результатів вимірів (*Оцінка точності вимірів*). Для одержання результату вимірів необхідно знайти: ймовірне значення вимірюваної величини x_0 , критерій точності m і прийняти ступінь довіри t до отриманого результату.

Зворотна задача теорії погрішностей є технічне обґрунтування вибору методики й засобів вимірів для одержання результату із заданою точністю (*розрахунок точності вимірів*). Кожний процес складається з ряду елементарних процесів, що супроводжуються певними погрішностями

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \dots + \Delta_n, \quad (4.6)$$

Якщо задана сумарна погрішність процесу Δ , то при розрахунках точності необхідно визначити значення складових погрішностей $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ і виходячи із цих значень обґрунтувати вибір методики й засобів вимірів.

Маємо ряд результатів вимірів $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ однієї й тієї ж величини, дійсне значення якої рівно X . Запишемо значення дійсних погрішностей

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= x_1 - X; \\ \Delta_2 &= x_2 - X; \\ \Delta_3 &= x_3 - X; \\ &\dots\dots\dots; \\ \Delta_n &= x_n - X, \end{aligned} \tag{4.7}$$

визначимо суму одержаних рівнянь й розділимо на число вимірів n

$$\frac{\sum \Delta_i}{n} = \frac{\sum x_i}{n} - X. \tag{4.8}$$

По четвертій властивості випадкових погрішностей $\sum_{i \rightarrow \infty} \Delta_i \rightarrow 0$ (сума випадкових погрішностей при $n \rightarrow \infty$ буде прагнути до нуля), отже,

$$\frac{\sum x_i}{n} \rightarrow X. \tag{4.9}$$

Таким чином, величина $\frac{\sum x_i}{n}$, що є середнім арифметичним значенням результату вимірів, буде найбільш близькою величиною до дійсного значення результату, тобто буде ймовірним значенням вимірюваної величини

$$x_0 = \frac{\sum x_i}{n}. \tag{4.10}$$

Різниця результату вимірів x_i і його ймовірним значенням x_0 називається *ймовірною погрішністю* v_i

$$v_i = x_i - x_0. \tag{4.11}$$

Величина m у вираженні (4.5) називається критерієм точності. Маємо ряд результатів вимірів $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ і відповідні їм дійсні погрішності $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \dots, \Delta_n$. Природно, що кожна з погрішностей не може бути критерієм точності, тому що вона характеризує тільки один вимір. Критерій точності повинен бути узагальненою характеристикою всіх вимірів. Середнє арифметичне значення з дійсних погрішностей не може бути критерієм точності, тому що воно при великій кількості вимірів буде прагнути до нуля (властивість 4). Якщо

узяти середнє арифметичне значення абсолютних значень погрішностей $(\frac{\sum |\Delta_i|}{n})$, то збільшена погрішність в одному з вимірів буде розподілена на число вимірів і на критерії точності суттєво не виявить впливу. Наприклад, маємо ряд погрішностей: -1.3, +1.6, -1.5, +5.0, -1.8, +1.3, -1.1, -1.2, +1.2, середнє значення з абсолютних значень даного ряду склало $16.0/9=1.78$, тобто результат має той же порядок, що і всі наведені погрішності за винятком величини 3.0. Під-

вищена погрішність одного результату належним чином не виявилася в отриманому критерії.

Критерій точності повинен задовольняти наступним вимогам:

критерій повинен характеризувати весь ряд вимірів;

критерій не повинен залежати від знаків погрішностей вимірів;

збільшення абсолютного значення хоча б однієї погрішності в ряді результатів повинне бути відбите в критерії. Таким властивостям задовольняє середнє квадратичне значення погрішностей вимірів

$$m = \pm \sqrt{\frac{\sum \Delta_i^2}{n}}. \quad (4.12)$$

Підставивши у вираження (4.12) наведені вище погрішності одержимо

$$\sqrt{\frac{\sum (1.3^2 + 1.6^2 + 1.5^2 + 5.0^2 + 1.8^2 + 1.3^2 + 1.1^2 + 1.2^2 + 1.2^2)}{9}} = \sqrt{\frac{40.52}{9}} = \pm 2.12.$$

Таким чином, збільшення погрішності одного виміру вплинули на величину середньої квадратичної погрішності, тобто розглянутий критерій виявився чутливим до змін результатів навіть одного виміру.

Середню квадратичну погрішність вимірів можна обчислити по наступних формулах:

$$m = \pm \sqrt{\frac{\sum \Delta_i^2}{n}} - \text{формула Гауса}; \quad (4.13)$$

$$m = \pm \sqrt{\frac{\sum v_i^2}{n-1}} - \text{формула Бесселя}; \quad (4.14)$$

$$m = \pm \sqrt{\frac{\sum d_i^2}{2n-2}} - \text{формула по різницях подвійних вимірів}, \quad (4.15)$$

де Δ_i - дійсна погрішність;
 v_i - ймовірна погрішність;
 d_i - різниця подвійних вимірів.

Таким чином, у вираженні (4.5) критерій точності m можна визначити по формулах (4.13), (4.14), (4.15).

Ступінь довіри представимо у вигляді діаметра мішені, у яку необхідно потрапити.

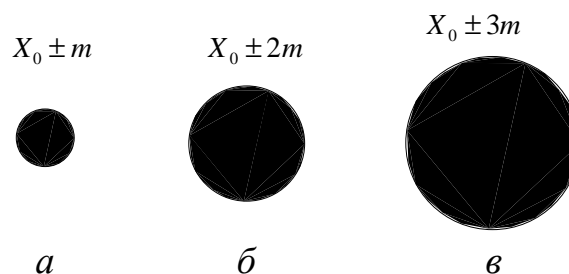


Рис. 4.4 - Ступінь довіри до результату вимірів

Якщо мішень маленька (діаметр рівний $x_0 \pm 1m$), рис. 4.4a, то з 100 випробувань (у нашому випадку вимірів) 77 результатів потраплять у мішень, тобто

будуть у межі $x_0 \pm 1m$, а імовірність буде рівна 0.77. Розширивши мішень до діаметра $x_0 \pm 2m$, рис. 4.4б, одержимо для 100 вимірів 95 влучень, отже, імовірність буде рівна 0.95. Зробивши мішень діаметром $x_0 \pm 3m$ і побільшавши число вимірів, одержимо число вірних влучень рівне 997, рис. 4.4в, імовірність 0.997. Отже, чим більше коефіцієнт ступеня довіри t , тим більше ймовірність результату вимірів. Наприклад, якщо результат вимірів відстані в 1км представити як 1 ± 0.5 км, те практично з імовірністю 1 можна сказати що даний результат вірний, тому що допустити погрішність у вимірах в 0.5км на відстані 1км дуже важко. Якщо цей же результат записати як 1 ± 0.010 км, то ймовірність даного результату менш 1, тому що для його одержання необхідно виконати виміру з погрішністю не перевищуючої 10м на 1 км.

У будівельній практиці для загально технічних вимірів коефіцієнт ступені довіри ухвалюється $t=2$, для високоточних - $t=3$.

Величина tm - називається **граничною погрішністю** вимірів і служить критерієм для відбраковування результатів вимірів, що мають грубі погрішності.

Коефіцієнти t ступені довіри можуть бути визначені залежно від числа вимірів по табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Коефіцієнти ступені довіри для різного числа вимірів при різних ймовірностях

Імовірність	0.95	0.9545	0.99	0.9973
Число вимірів	Коефіцієнт ступеня довіри t			
2	4.30	4.52	9.92	18.5
3	3.18	3.31	5.84	9.20
4	2.78	2.87	4.61	6.63
5	2.57	2.65	4.04	5.50
6	2.45	2.52	3.71	4.91
7	2.31	2.36	3.36	4.28
10	2.23	2.28	3.17	3.88
20	2.08	2.13	2.85	3.42
		2.00		3.00

Розглянемо приклад обробки результатів лінійних вимірів. Виконано 10 вимірів рулеткою одного відрізка, результати вимірів наведені в табл.4.2.

Таблиця 4.2 - Обробка результатів лінійних вимірів

Число вимірів, n	Результат вимірів x_i , м	Ймовірна погрішність v_i , мм	v_i^2
1	27.575	4	16
2	27.570	1	1
3	27.569	-2	4

Продовження таблиці 42

Число вимірів, n	Результат вимірів x_i , м	Ймовірна погрішність v_i , мм	v_i^2
4	27.572	1	1
5	27.568	-3	9
6	27.570	1	1
7	27.572	1	1
8	27.569	-2	4
9	27.571	0	0
10	27.570	-1	1
Σ	275.709	0	39

$$x_0 = \frac{\Sigma x_i}{n} = \frac{275.709}{10} = 27.571 \text{ м}, v_i = x_i - x_0,$$

контроль $\Sigma x_i = 0$. $m = \pm \sqrt{\frac{\Sigma v_i^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{39}{9}} = \pm 2.08 \text{ мм.}$

Прийнявши ймовірність $P=0.997$, визначимо по табл. 4.2 коефіцієнт ступеня довіри, який для $n = 10$ буде рівний $t = 3.88$, запишемо остаточний результат вимірів

$$27.571 \pm 3.88 \times 0.00208 = 27.571 \pm 0.008 \text{ м.}$$

Іноді цікаво знати точність визначення середньої квадратичної погрішності, вона може бути визначена по формулі

$$m_m = \frac{m}{\sqrt{2n}}, \quad (4.16)$$

При оцінці точності деяких вимірів зручно користуватися не абсолютними значеннями погрішностей, а відносними. Наприклад, виконане вимірювання двох відрізків, один довжиною 100 см з точністю $\pm 1 \text{ см}$ і другий - довжиною 1 км із точністю 1 м . Яке із цих вимірів точніше? Для об'єктивної оцінки таких вимірів застосовуються відносні погрішності

$$\frac{\Delta}{X} \text{ або } \frac{m}{x_0}. \quad (4.17)$$

підставивши результати вимірів у вираження (4.17) одержимо,

$$\text{в I випадку } \frac{1}{100/1} = \frac{1}{100};$$

$$\text{в II випадку } \frac{1}{1000/1} = \frac{1}{1000}.$$

Отже, вимір II точніше, тому що його погрішність становить $1/1000$ обмірюваної довжини (0.001), у той час точність виміру I - $1/100$ (0.01).

Дуже часто виміри виконуються парами, наприклад, пряме й зворотне. У цьому випадку є можливість обчислити середню квадратичну погрішність по різницях подвійних вимірів

$$m = \pm \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{2n-2}}, \quad (4.18)$$

де d - різниця подвійних вимірів;
 n - число пар вимірів.

Розглядаючи результати вимірів, можна помітити, що не всі виміри виконуються з однаковою точністю. Наприклад, одна група кутів вимірялася трьома прийманнями, інша - шістьма. Виміри, виконані з однаковою точністю, називаються **рівноточні**, а виміру, виконані з різною точністю називаються **нерівноточні**. Для оцінки точності нерівноточних вимірів вводиться поняття **ваги** вимірів, чим більше точність вимірів, тим більше й вага, отже,

$$P = \frac{C}{m^2}, \quad (4.19)$$

де C - коефіцієнт пропорційності;
 m - середня квадратична погрішність.

У якості початкових значень для обчислення ваги вимірів можуть застосовуватися середні квадратичні погрішності вимірів, число станцій або кутів, число приймань і інші показники, що впливають на точність вимірів.

Ймовірне значення обмірюваної величини нерівноточних вимірів визначається її ваговим середнім \bar{x}

$$\bar{x} = \frac{x_1 P_1 + x_2 P_2 + x_3 P_3 + \dots + x_n P_n}{\sum P}, \quad (4.20)$$

де x_i - результат вимірів;
 P_i - вага вимірів.

Для прикладу розглянемо обробку системи нівелірних ходів, схема яких наведена на рис. 4.3.

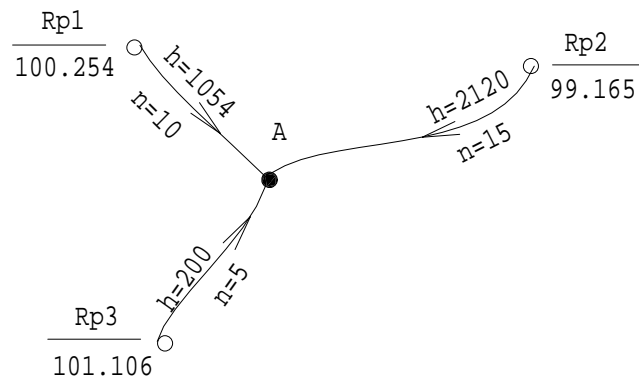


Рис 4.3 - Визначення вагового середнього

Необхідно обчислити позначку точки A. У даному прикладі в якості ваги використовується величина обернено пропорційна числу нівелірних станцій

$$P = \frac{c}{n}, \quad (4.21)$$

де n - число нівелірних станцій;
 c - коефіцієнт пропорційності.

$$P_1 = \frac{10}{10} = 1;$$

$$P_2 = \frac{10}{15} = 0.67;$$

$$P_3 = \frac{10}{5} = 2,$$

виходячи з формули (4.20) одержимо

$$H_A = \frac{101.308 \times 1 + 101.285 \times 0.67 + 101.302 \times 2}{3.67} = 101.303 \text{ м.}$$

Більшість вимірів являють собою комплекс елементарних дій, що є джерелом погрішностей. Сумарна погрішність при декількох складових погрішностей буде рівна

$$m^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial x_1} \right)^2 m_1^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2} \right)^2 m_2^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n} \right)^2 m_n^2. \quad (4.22)$$

Виразення (4.22) дозволяє одержати формули обчислення середньої квадратичної погрішності функції обмірюваних величин:

$$1) z = kx - m_z = km_x;$$

$$2) z = x \pm y - m_z = \pm \sqrt{m_x^2 + m_y^2}; \quad (4.23)$$

$$3) z = x \sin y - m_z = \pm \sqrt{(m_x \sin y)^2 + \left(\frac{m_y x \sin y}{\rho''} \right)^2}.$$

Наприклад, необхідно обчислити погрішність визначення збільшень координат, якщо відстань S обмірювана з погрішністю m_s , а кутові виміри виконані з точністю m_α . Збільшення координат обчислюються по формулі

$$\Delta x = S \cos \alpha.$$

Згідно формули (4.22) маємо

$$m_{\Delta x}^2 = (m_s \cos \alpha)^2 + \left[\frac{(\sin \alpha) m_\alpha S}{\rho''} \right]^2, \quad (4.24)$$

де m_s – погрішність лінійних вимірів;

m_α – погрішність кутових вимірів;

α – дирекційний кут;

S – відстань;

ρ'' – число кутових величин в одному радіані.

4.3 Основні види геодезичних вимірів

У геодезії застосовуються наступні виміри:

вимір горизонтальних і вертикальних кутів – кутові виміри;

вимір відстаней – лінійні виміри;

вимір перевищень – нівелювання.

4.4 Сутність вимірів горизонтальних кутів

Кутові виміри бувають горизонтальні й вертикальні.

На місцевості є два напрямки AB і AC . Необхідно визначити кут β між цими напрямками, рис. 4.4.

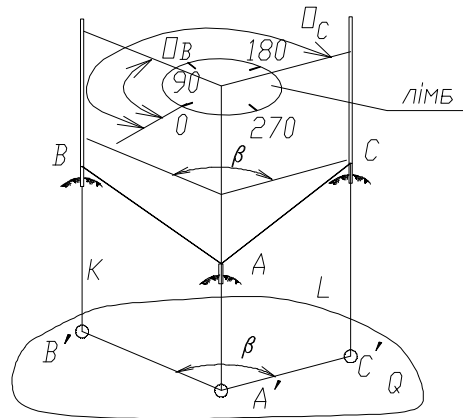


Рис. 4.4 - Сутність кутових вимірів

Так як в геодезії всі лінії проєктують на площину, то горизонтальним кутом β буде кут $\angle B'A'C'$, утворений, проєкціями ліній AB і BP на площину Q .

Для вимірів даного кута необхідна міра, якою буде коло із градусними розподілами, яке називається *лімбом*. Лімб горизонтально встановлюється над вершиною кута (точка A). Лінія перетинання вертикальної площини K з лімбом утворюють відлік O_B , а лінія перетинання площини L - дасть відлік O_C . Різниця цих відліків буде рівна вимірюваному горизонтальному куту

$$\beta = O_C - O_B. \quad (4.25)$$

Таким чином, горизонтальний кут між двома напрямками AB і AC буде двохграний кут, утворений двома вертикальними площинами, що проходять через дані напрямки.

4.5 Сутність вимірів вертикальних кутів теодолітом

Вертикальний кут, рис. 4.5 це кут у вертикальній площині, утворений горизонтальною площиною $H - H'$ й заданим напрямком. Горизонтальна площина формується циліндричним рівнем. Заходом вимірів вертикальних кутів є лімб вертикального круга. Вертикальний кут v дорівнює

Циліндричний рівень

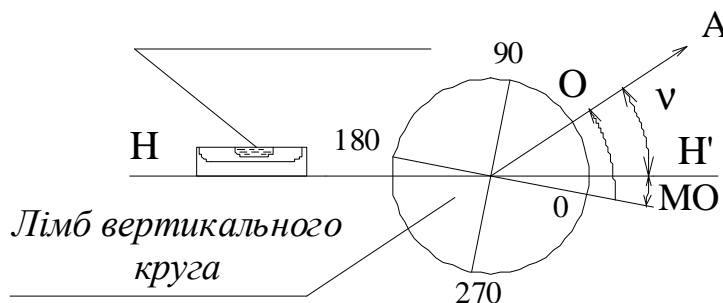


Рис. 4.5 - Сутність виміру вертикальних кутів

$$v = O_A - MO, \quad (4.26)$$

де O_A - відлік по лімбу вертикального круга;

МО - місце нуля вертикального круга (кут між нульовим діаметром лімба й лінією горизонту при горизонтальному положенні лінії візування).

Для вимірів горизонтальних і вертикальних кутів на місцевості застосовується спеціальний геодезичний прилад - *теодоліт*.

4.6 Сутність лінійних вимірів

Довжина лінії *D*, рис. 4.6, що з'єднує дві точки по найкоротшій відстані, називається *дальністю*. В обчисленнях використовується *горизонтальна проекція* вимірюваної лінії *AB*, лінія *A'B'*, значення якої обчислюється по формулі

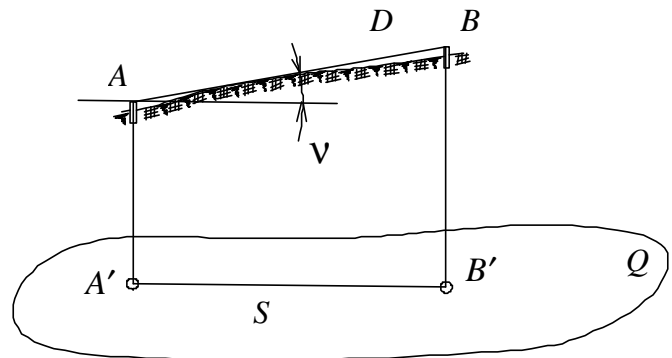


Рис. 4.6 Сутність лінійних вимірів

$$S = D \cos \nu, \quad (4.27)$$

де *D* - дальність, результат виміру по земній поверхні;
ν - кут нахилу лінії.

Відстані на місцевості вимірюються механічними, оптичними й електронними приладами лінійних вимірів.

До механічних приладів ставляться: землемірні стрічки, мірні дроти, рулетки, відстаньоміри та ін. До оптичних приладів - оптичні далекоміри. У цей час найбільше поширення одержали електронні радіо й світлодалекоміри.

4.7 Сутність нівелювання

Нівелювання - цей вимір перевищень. Маємо на місцевості дві точки *A* і *B*, рис. 4.7.

Якщо відома позначка точки *A* - H_A , то позначка точки *B* буде рівна

$$H_B = H_A + h_{AB}, \quad (4.28)$$

де h_{AB} - перевищення точки *B* над точкою *A* ($h_{AB} = H_B - H_A$).

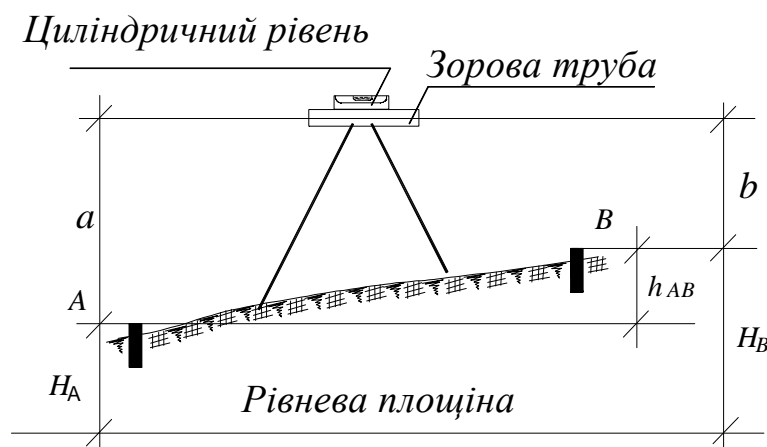


Рис. 4.7 - Сутність геометричного нівелювання

Отже, для визначення позначки точки B необхідно знати позначку початкової точки A і перевищення між цими точками. Перевищення h_{AB} може бути обмірюване за допомогою зорової труби й сполученого з нею циліндричного рівня, що формує горизонтальну лінію візування

$$h = a - b, \quad (4.29)$$

де a і b - відповідно, відстані від точок A і B до горизонтальної лінії візування.

Дані відстані вимірюються спеціальною лінійкою, в геодезії вона називається **нівелірною рейкою**. Величини a і b будуть відліками по рейках, якщо їх нульові відліки збігаються із точками A і B .

Спосіб нівелювання, при якому перевищення визначається щодо горизонтальної лінії візування, називається **геометричним нівелюванням**, а прилад для виміру перевищень - **нівелір**.

Спосіб нівелювання, при якому перевищення визначається за допомогою похилої лінії візування, називається **тригонометричним нівелюванням**.

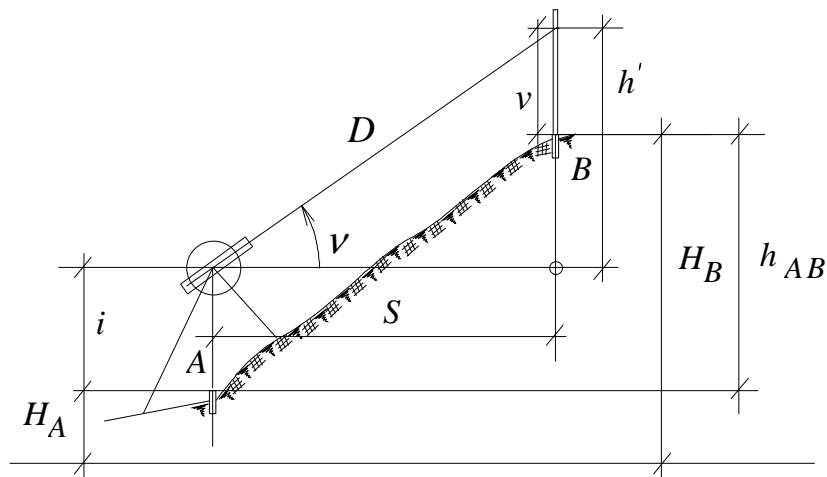


Рис. 4.8 - Сутність тригонометричного нівелювання

Згідно рис. 4.8 позначка H_B точки B рівна

$$H_B = H_A + i + h' - \nu, \quad (4.30)$$

де H_A - позначки точки A ;

i - висота інструмента;

ν - висота візування;

$$h' = S \operatorname{tg} \nu;$$

ν - кут нахилу;

S - горизонтальна проекція відстані, яка дорівнює $S = D \cos \nu$.

Перевищення h_{AB} можна одержати з формули:

$$h = S \operatorname{tg} \nu + i - \nu \quad (4.31)$$

Тригонометричне нівелювання виконується теодолітом.

4.8 Сутність топографічних зйомок

Будь-яка ділянка земної поверхні можна представити як сукупність розташованих на ньому об'єктів. Положення й розмір кожного об'єкту визначається координатами його характерних точок, рис. 4.9.

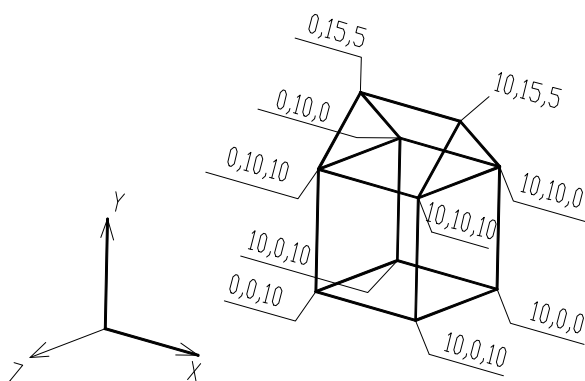


Рис. 4.9 - Об'ємне зображення об'єкта

Щоб одержати цифрову модель ділянки земної поверхні, придатну для складання топографічного матеріалу, необхідно визначити ці координати.

Топографічною зйомкою називається визначення координат характерних точок елементів ситуації й рельєфу для одержання цифрової моделі об'єкта, що знімається.

Види топографічних зйомок визначаються способами визначення координат. Найпоширенішими є наступні види топографічних зйомок:

- 1) надземна фото топографічна зйомка;
- 2) наземна фотографічна зйомка;
- 3) наземна інструментальна зйомка;
- 4) зйомка за допомогою приладів супутникового визначення місця розташування об'єктів.

Визначити координати характерних точок ситуації й рельєфу буде можливо тільки за умови, що в районі зйомки є закріплені точки із задалегідь певними координатами й висотами, **точки планово-висотного обґрунтування**.

Одержання топографічних матеріалів можна розділити на три самостійні процеси:

- 1) створення знімального планово-висотного обґрунтування;
- 2) зйомка;
- 3) складання топографічних матеріалів.

4.9 Геодезичні прилади

У сучасній геодезичній практиці застосовуються: прилади кутових і лінійних вимірів, нівеліри, електронні тахеометри й інші прилади. На рис. 4.10 показані найпоширеніші з них.



Теодоліт 4Т30П



3Н-5Л



Лазерна рулетка Leica Disto X310



Тахеометр –SOKKIA NET05X



Система для супутникового визначення місця розташування



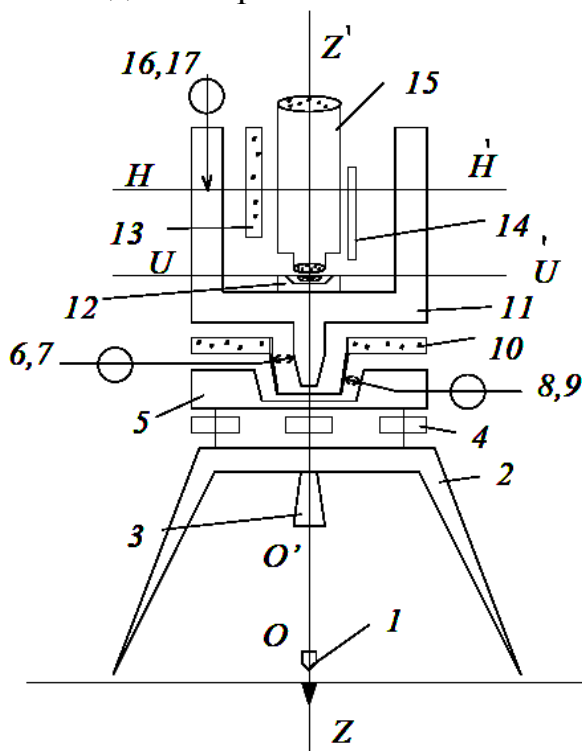
Рулетки

Рис. 4.10 - Геодезичні прилади

5 КУТОВІ ВИМІРИ

5.1 Будова теодоліту

Теодоліт - оптичний геодезичний прилад, призначений для вимірів горизонтальних і вертикальних кутів, відстаней і магнітного азимута. Схема теодоліта наведена на рис. 5.1.



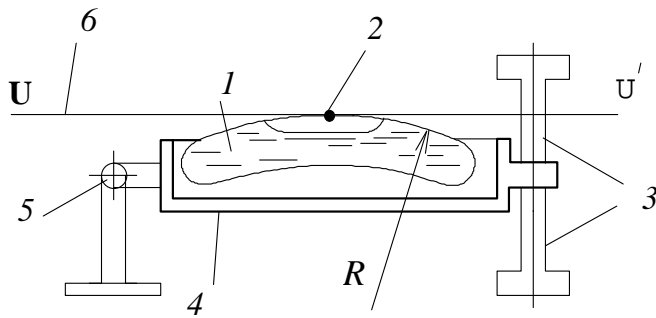
На рис. 5.1 цифрами позначені:
1 – висок; 2 – штатив; 3 - становий гвинт; 4 - піднімальні гвинти; 5 - трегерна підставка. 6, 7 - закріпний і навідний гвинти алідади; 8,9 - закріпний і навідний гвинти лімба; 10 - лімба горизонтального круга; 11 – алідада; 12 - циліндричний рівень; 13 - лімба вертикального круга; 14 - відліковий пристрій; 15 - зорова труба. 16,17 - закріпний і навідний гвинти труби.

Рис. 5.1 - Схема теодоліта

На штативі 1, за допомогою станового гвинта 3 закріплюється трегерна підставка 5 з піднімальними гвинтами 4. Теодоліт центрується над точкою за допомогою виска 1. У втулці підставки 5 міститься лімба 10, що представляє собою скляне коло з вигравіруваними на ньому розподілами. У втулці лімба 10 міститься алідада 11, на горизонтальній осі HN' якої закріплена зорова труба 15. Для виміру вертикальних кутів теодоліт оснащений лімбом вертикального круга 13. Відліки по лімбах беруться за допомогою відлікового мікроскопа 14. Лімба 10 горизонтального круга з'єднується із трегерною підставкою за допомогою закріпного гвинта лімба 8, і з алідадною частиною лімба за допомогою закріпного гвинта алідади 6. Наведення труби теодоліта на об'єкт здійснюється навідними гвинтами лімба 9, алідади 7, труби, 17. Для приведення лімбу горизонтального круга до горизонту використовується циліндричний рівень 12, конструкція якого наведена на рис. 5.2.

У циліндричній обоймі 4 розміщується ампула 1, внутрішня поверхня якої являє собою дугоподібну поверхню з радіусом R . Верхня точка 2 цієї поверхні називається **нуль-пунктом**. Дотична до внутрішньої поверхні ампули в нуль-пункті називається **віссю рівня** (вісь UU'). Положення осі рівня **регулюється** за допомогою **юстіровочних гвинтів** 3 рівня. Корпус рівня кріпиться до приладу на шарнірі 5.

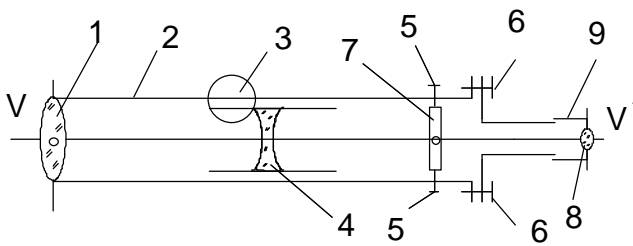
Наведення теодоліта на об'єкт здійснюється за допомогою зорової труби, рис. 4.13. У циліндричному корпусі 2 установлені об'єктив 1 і окуляр 8. Окуляр



1 - ампула; 2 - нуль-пункт; 3- юстіровочні гвинти рівня; 4 - корпус рівня; 5 - шарнір; UU' - вісь рівня, дотична до внутрішньої поверхні ампули в точці нуль-пункту

Рис. 5.2 - Циліндричний рівень

називається **візирною віссю VV'** . Діафрагма являє собою металеве кільце, рис. 5.4, зі скляною вставкою з вигравіруваними лініями сітки. Так як діафрагма закріплюється в корпусі труби за допомогою юстіровочних гвинтів, отже, положення візирної осі **регулюється**.

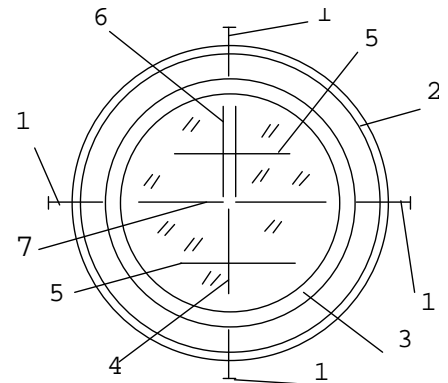


1 - об'єктив; 2 - корпус; 3 - кремальєра; 4 - фокусуюча лінза; 5 - юстіровочні гвинти сітки ниток; 6 - монтажні гвинти окуляра; 7 - діафрагма; 8 - окуляр; 9 - фокусуюче кільце окуляра

Рис. 5.3 - Зорова труба

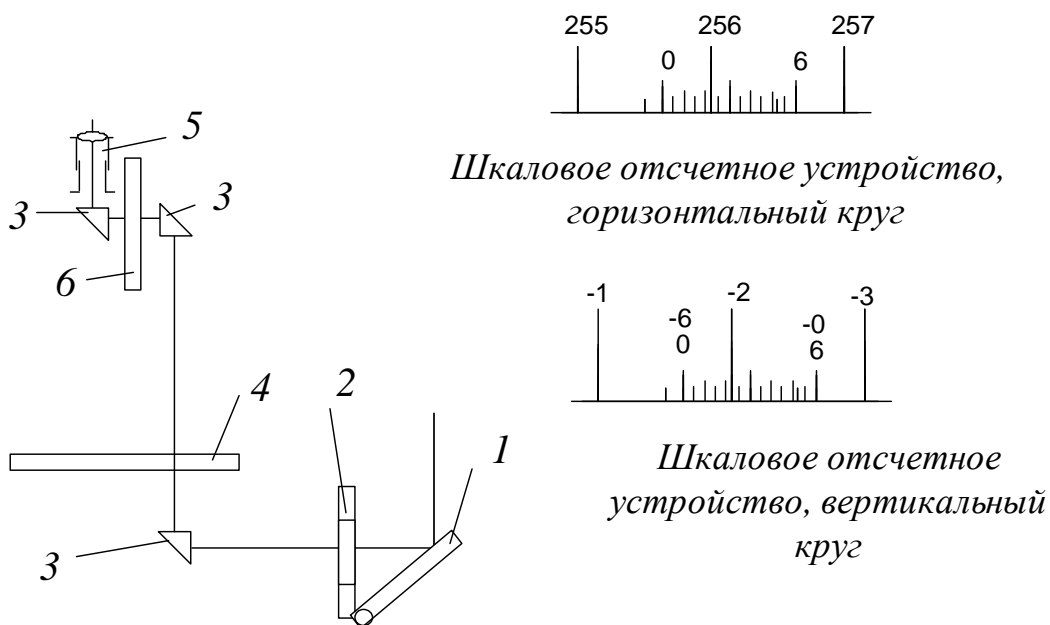
Для фокусування сітки ниток використовується фокусуюче кільце 9, рис. 5.3.

Відлікові пристрої сучасних теодолітів являють собою складну оптичну систему, рис. 5.5, яка здійснює передачу відліків з лімбу у відліковий мікроскоп. бісектор



1 - юстіровочні гвинти сітки. 2 - корпус зорової труби. 3 - діафрагма. 4 - вертикальна нитка сітки. 5 - далекомірні нитки. 6 - бісектор сітки ниток. 7 - горизонтальна нитка

Рис. 5.4 - Сітка ниток



Отсчет по шкаловому отсчетному устройству горизонтального круга равен $256^{\circ} 22'$.

Отсчет по шкаловому отсчетному устройству вертикального круга равен $-2^{\circ} 38'$.

Отсчет по штриховому отсчетному устройству равен $255^{\circ} 34'$.

Рис. 5.5 - Відлікові пристрої

Загальний вид теодоліта Т30 наведений на рис. 5.6.

5.2 Установка теодоліта в робоче положення

Установка теодоліта в робоче положення здійснюється в такій послідовності.

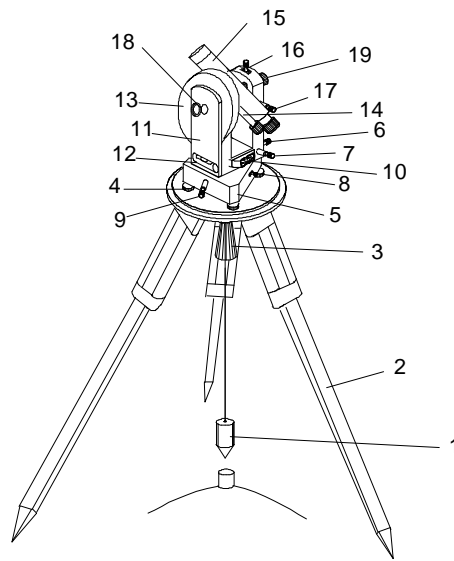
1) відкріплюються закріпні гвинти ніжок штатива й висуваються ніжки таким чином, щоб головка штатива була на рівні плечей спостерігача;

2) установлюється теодоліт на штатив;

3) приводяться всі елементи керування теодолітом у початковий стан, тобто, усі навідні й піднімальні гвинти встановлюються в середнє положення, закріпний гвинт лімба закріплюється, інші закріпні гвинти повинні бути відкріплені, різкість труби наструюється на середню дальність (порядку 100м), установлюється різкість сітки ниток і відліків;

4) за допомогою виска центрується теодоліт над точкою, яке здійснюється у два етапи; на першому етапі приблизно сполучається центр виска із центром точки, переміщаючи штатив, остаточне центрування здійснюється шляхом пе-

реміщення теодоліта по головці штатива, попередньо при цьому послабивши становий гвинт;



1 - висок; 2- штатив; 3 - становий гвинт; 4 - піднімальні гвинти; 5 - тригерна підставка; 6 – 7 - закріпний і навідний гвинти алідади; 8, 9 - закріпні й навідні гвинти лімба; 10 - лімб горизонтального круга; 11 - алідада; 12 - циліндричний рівень; 13 - лімб вертикального круга; 14 -; відліковий пристрій; 15 - зорова труба; 16,17 - закріпний і навідний гвинти труби; 18 - вікно відлікового пристрою; 19 - кремальєра

Рис. 5.6 - Загальний вид теодоліта Т30

5) розвертається теодоліт так, щоб циліндричний рівень був паралельний двом піднімальним гвинтам, рис.5.7а, обертаючи ці гвинти в протилежному напрямку, виводиться пухирець рівня в нуль-пункт;

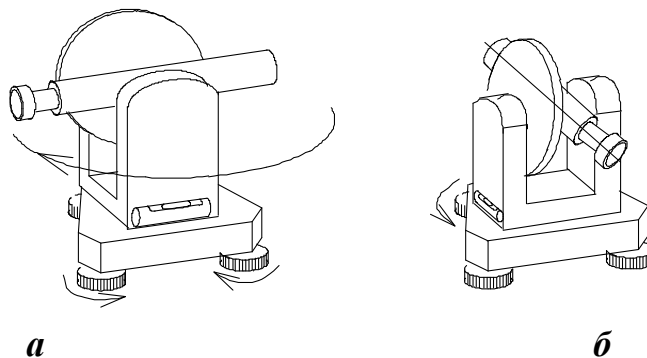


Рис. 5.7-горизонтирование теодоліта

б) розвертається труба теодоліта на 90°, рис. 5.7б, і третім піднімальним гвинтом виводиться пухирець рівня в нуль-пункт;

7) для контролю розвертається труба теодоліта ще на 180° й перевіряється положення пухирця рівня.

5.3 Перевірки теодоліта

Перевірки теодоліта це комплекс дій, спрямованих на забезпечення механічних, оптичних і геометричних умов теодоліта.

Перевірки проводяться у два етапи. На першому етапі контролюється умова і якщо умова не виконується, то проводиться другий етап - юстирування.

Механічні умови слідуючи:

- 1) усі механічні вузли повинні бути працездатні;
- 2) рухливі вузли повинні обертатися вільно без затримок і скрипів;
- 3) теодоліт, установлений на штативі, повинен стояти жорстко без люфтів.

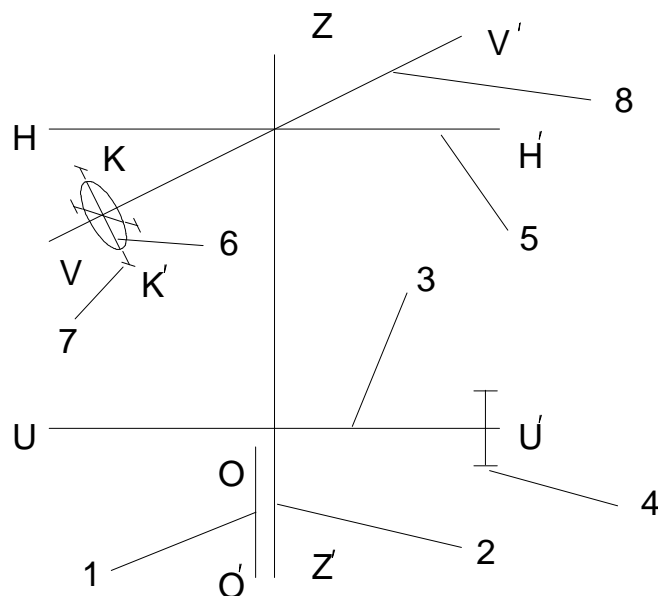
Контроль механічних умов здійснюється методом огляду й при необхідності теодоліт направляється в ремонт.

Оптичні умови це якість зображень об'єкта, сітки ниток і відліків:

- 1) зображення об'єктів, сітки ниток і відліків повинні бути різкими;
- 2) фокусування труби повинне забезпечувати фокусування об'єктів у межах діапазону, установленого технічним паспортом приладу;
- 3) освітленість відліків повинна бути рівномірною.

Оптичні умови, так як і механічні, перевіряються методом огляду. Самостійне регулювання оптики категорично забороняється, отже, при виявленні недоліків в оптиці приладів вони повинні бути спрямовані в ремонтну майстерню.

Геометричні умови, рис. 5.8, визначають співвідношення основних геометричних осей теодоліту:



1 - вісь OO' пристрою, що центрує; 2 - вертикальна ZZ' вісь обертання теодоліта; 3 - UU' вісь циліндричного рівня; 4 - юстировочні гвинти рівня; 5 - горизонтальна NN' вісь обертання труби; 6 - вертикальна нитка сітки ниток; 7 - юстировочні гвинти сітки ниток; 8 - візирна VV' вісь зорової труби

Рис. 5.8 - Схема основних осей теодоліта

- 1) вісь OO' пристрою, що центрує, повинна збігатися з вертикальною ZZ' віссю обертання теодоліту (перевірка пристрою, що центрує);
- 2) вісь UU' циліндричного рівня повинна бути перпендикулярної вертикальній осі ZZ' обертання теодоліту (перевірка циліндричного рівня);
- 3) вертикальна вісь ZZ' обертання теодоліту повинна бути перпендикулярна горизонтальній осі HH' обертання труби (перевірка рівності підставок);
- 4) візирна вісь VV' зорової труби повинна бути перпендикулярна горизонтальній осі обертання труби HH' ; (перевірка колімаційної погрішності);
- 5) вертикальна нитка KK' сітки ниток повинна лежати в одній площині з візирною віссю VV' зорової труби (перевірка сітки ниток);
- б) місце нуля вертикального круга повинне бути постійним і близьким к нулю (перевірка місце нуля вертикального круга).

Перевірка циліндричного рівня (умова 2)

Теодоліт установлюється в робоче положення, розвертається труба таким чином, щоб рівень був паралельний двом піднімальним гвинтам, обертаючи ці гвинти, виводиться пухирець рівня в нуль-пункт. Розвертається труба на 90° й обертанням третім піднімальним гвинтом виводиться також пухирець рівня в нуль-пункт. Розгорнувши теодоліт ще на 90° , контролюється положення пухирця рівня. Умова вважається виконаним, якщо величина зсуву пухирця рівня з нуль-пункту не перевищила 1-2 розподілу, а якщо ні, то робиться повторно юстирування.

Юстирування рівня може бути виконана двома способами. Якщо величина зсуву пухирця рівня не перевищила 2-3 розподілу то, обертаючи юстировочні гвинти рівня, виводиться пухирець рівня на половину величини зсуву. При значних відхиленнях пухирця рівня від нуль-пункту в процесі перевірок застосовується другий спосіб юстировки. Труба встановлюється так, щоб рівень був паралельний двом піднімальним гвинтам і цими гвинтами виводиться пухирець рівня в нуль-пункт. Розвертається труба на 120° , тобто рівень буде паралельний двом іншим гвинтам, і також виводиться пухирець рівня в нуль-пункт, обертаючи при цьому тільки третім піднімальним гвинтом. Після розвороту труби ще на 120° юстировочними гвинтами рівня виводиться пухирець у нуль-пункт.

Перевірка сітки ниток (умова 5)

Вертикальна нитка сітки ниток повинна лежати в колімаційній площині.

Порушення цієї умови приводить до погрішностей у вимірах кутів, якщо при виконанні наведення на об'єкт труба наводиться не на центр сітки ниток, а на верхню частину вертикальної нитки сітки, рис. 5.9.

Порядок виконання перевірки наступний.

Підвішується висок, рис. 5.10, на відстані 6-8м від теодоліту й наводиться труба теодоліта на нитку виска. Умова вважається виконаним, якщо вертикальна нитка сітки ниток збіжиться з ниткою виска. А якщо ні, то необхідно виконати юстировку. Для цього послабляються монтажні гвинти б окуляра, рис. 5.3, і він розвертається навколо своєї осі до повного збігу ниток виска й сітки.

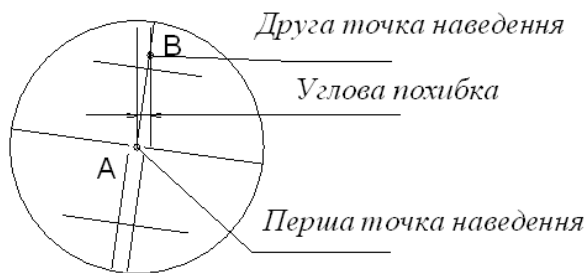


Рис. 5.9 - Погрішність за рахунок неправильної установки сітки ниток

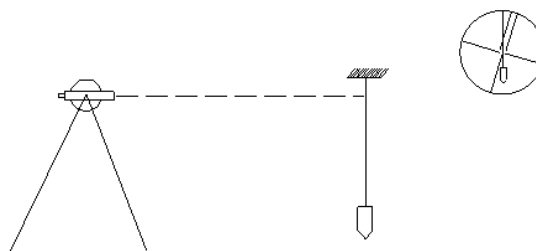


Рис.5.10 - Перевірка сітки ниток

Перевірка рівності підставок (умова 3)

Горизонтальна вісь обертання труби HH' повинна бути перпендикулярна вертикальній осі обертання теодоліта ZZ' .

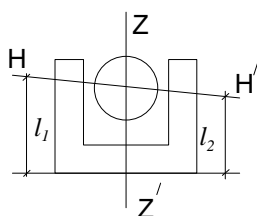


Рис. 5.11 - Рівність підставок

Якщо горизонтальна вісь HH' труби не перпендикулярна вертикальній осі ZZ' обертання теодоліта, рис. 5.11, то труба буде обертатися в похилій площині, отже, проекція візирної осі буде похила. Порушення цієї умови особливо сильно позначається при виконанні вертикального проектування, наприклад, при монтажі колон.

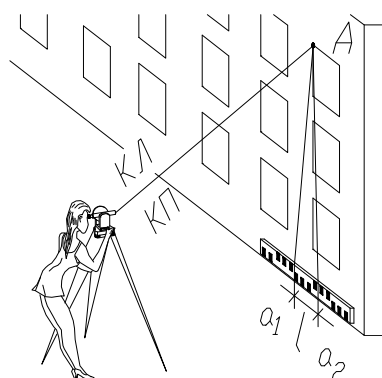


Рис. 5.12 - Перевірка рівності підставок

Теодоліт встановлюється на відстані 30-40м від високої стіни, рис. 5.12, у нижній частині якої горизонтально встановлюється рейка. При двох положеннях вертикального круга ($KП$ і $КЛ$) наводиться труба теодоліта на чітку добре видиму точку A , розташовану у верхній частині стіни. Опускаючи трубу, точка проектує вниз, і проводиться відлічування по рейці, відліки a при $КЛ$ і a' при $КП$.

Умова вважається виконаною, якщо довжина відрізка l , отриманого як різниця відліків $a - a'$, видимого в трубу (рис. 5.13), не перевищує ширини бісектор сітки ниток.

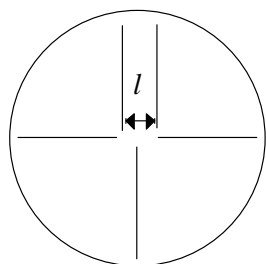


Рис. 5.13 - Умова перевірки рівності підставок

Якщо умова не виконується, теодоліт необхідно направити в ремонтну майстерню.

Перевірка колімаційної погрішності (умова 4)

Візирна вісь VV' труби повинна бути перпендикулярна горизонтальній осі обертання труби HH' . Якщо дана умова не виконується, то при наведенні труби теодоліта на точку A , рис. 5.14, за рахунок не перпендикулярності осі обертання труби й візирної осі, відлік, одержуваний по горизонтальному лімбу, не буде дорівнювати куту між нульовим діа-

метром лімба й візирною віссю. Кут ϵ між перпендикуляром до осі обертання труби й візирною віссю називається *колімаційною погрішністю*.

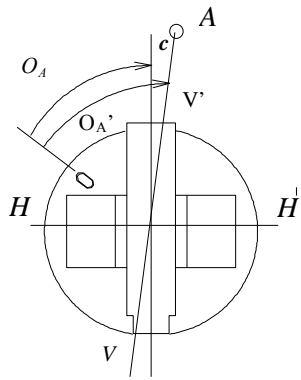


Рис. 5.14 - Колімаційна погрішність

Перевірка виконується в такій послідовності.

Установлюється теодоліт, приводиться в робоче положення. Послідовно при двох положеннях вертикального круга (*КЛ* і *КП*), наводиться труба теодоліта на вилучений об'єкт із чітко вираженим вертикальним контуром (точка *A*), проводяться відліки по горизонтальному кругу $O^{ЛІВ}$ і $O^{ПРАВ}$, рис. 5.16.

Обчислюється колімаційна погрішність

$$c = \frac{O^{ЛІВ} - O^{ПРАВ} \pm 180^\circ}{2}, \quad (5.1)$$

де $O^{ЛІВ}, O^{ПРАВ}$ - відліки по горизонтальному кругу.

Умова вважається виконаною, якщо величина колімаційної погрішності c не перевищує подвійної точності теодоліта, тобто $|c| < 2t$ (для теодоліта типу *T30* $t = 30''$). Якщо умова не виконана, то виконується юстирування, для чого обчислюється середній відлік O , рівний:

$$O = \frac{O^{ЛІВ} + O^{ПРАВ} \pm 180^\circ}{2}. \quad (5.2)$$

Установлюється даний відлік на лімбі горизонтального круга, при цьому, центр сітки ниток не збіжиться із точкою *A*. Небагато послабивши верхній юстировочний гвинт сітки ниток, обертаючи горизонтальні юстировочні гвинти, сполучається центр сітки ниток і зображення точки *A*.

Перевірка значення місця нуля (МО) вертикального круга (умова б)

Місце нуля вертикального круга повинне бути постійним і близьким до нуля.

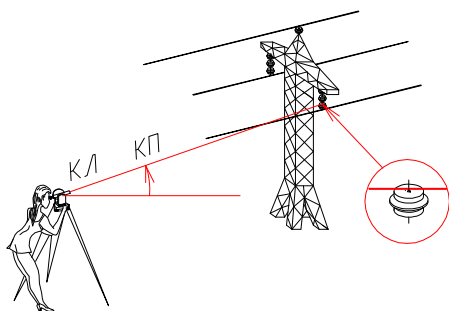


Рис. 5.17 - Перевірка місця нуля вертикального круга

(*КЛ* і *КП*) і проводиться відлічування по вертикальному кругу V^I, V^{II} .

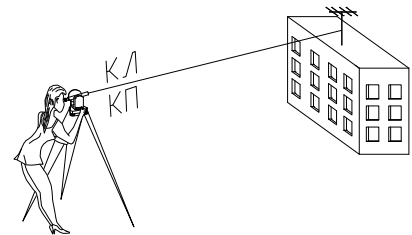


Рис. 5.16 - Перевірка колімаційної погрішності

Так як вертикальний кут відлічується від лінії обрію, обумовленого віссю циліндричного рівня, то положення цієї осі безпосередньо впливає на точність вимірів.

Теодоліт установлюється на штативі, приводиться в робоче положення.

Вибирається вилучена добре видима точка (точка *A*) із чітким горизонтальним контуром, рис. 5.17.

Наводиться труба на точку *A* послідовно при двох положеннях вертикального круга

При узятті відліків по вертикальному кругу необхідно контролювати положення рівня. Якщо пухирець рівня вийшов з нуль-пункту, обертанням піднімальних гвинтів він виводиться в нуль-пункт і коректується наведення труби.

Обчислюється значення місце нуля

$$MO = \frac{V^I + V^{II}}{2}, \quad (5.3)$$

де V^I, V^{II} - відлік по вертикальному кругу при крузі ліво й крузі право.

Умова вважається виконаною, якщо значення місця нуля, що одержані по різних об'єктах в межах подвійної точності інструмента (I') рівні між собою. Бажане, щоб значення місце нуля було близьким до нуля. Щоб виконати дану вимогу обчислюється «правильний» відлік, відповідний до відліку на точку A при нульовому значенні місця нуля вертикального круга

$$V = \frac{V^I - V^{II}}{2}. \quad (5.4)$$

Обчислений відлік V , устанавлюється на вертикальному крузі, контролюючи положення пухирця рівня, і, спостерігаючи об'єкт наведення (точку A). Обертанням вертикальних гвинтів сітки ниток сполучається центр сітки ниток із точкою A .

Примітка. Формули обчислення значень місце нуля й вертикального круга залежать від індивідуальних особливостей теодоліта. Їх необхідно уточнювати по інструкції для експлуатації конкретного приладу.

Перевірка пристрою, що центрує (умова 1)

Вісь пристрою, що центрує, повинна збігатися з вертикальною віссю обертання теодоліта.

На відстані порядку 5м від теодоліта забивається кілочок, рис. 5.18. Пере-

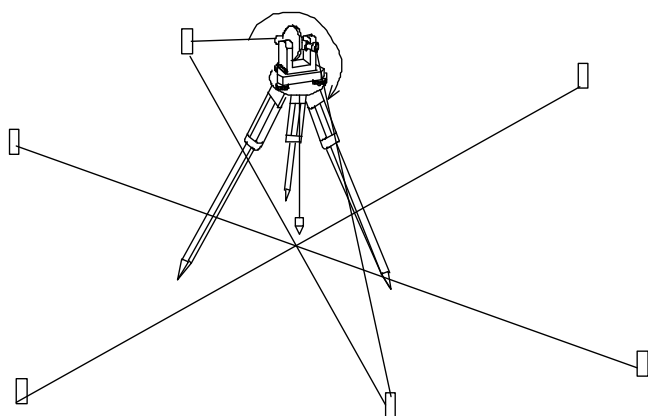


Рис. 5.18 - Перевірка пристрою, що центрує

вівши трубу теодоліта через zenit також на відстані 5м, у колімаційній площині забивається другий кілочок. Аналогічно забиваються ще 4 кілочка, попередньо розвертаючи теодоліт на 120° . З'єднавши протилежні кілочки шпагатом, одержимо на землі проекцію вертикальної осі обертання теодоліта. Умова вважається виконаним, якщо висок збігається з перехрестями шпагатів. Якщо умова не виконується то, підгинаючи скобу кріплення виска, сполучається центр виска з перехрестями шпагатів.

5.4 Вимір горизонтальних кутів

Існує кілька способів виміру горизонтальних кутів, найпоширеніші з них наступні:

- спосіб прийомів;
- полярний спосіб.

Спосіб прийомів застосовується в роботах технічної точності. Виміри виконуються при двох положеннях вертикального круга (два напівприйома), причому кожний напівприйом незалежний друг від друга, що забезпечується зміною положення лімба при переході з одного напівприйома на інший на кут порядку, 90° , рис. 5.19.

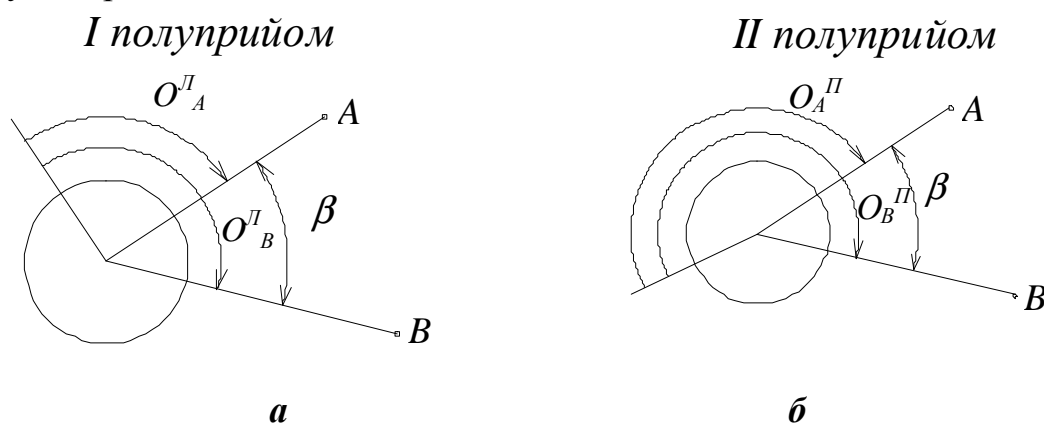


Рис. 5.19 - Спосіб прийомів

При крузі ліво, рис. 5.19а, послідовно наводиться труба на точки A і B і проводиться відлічування по горизонтальному кругу (відліки O_A^I й O_B^I). Обчислюється горизонтальний кут

$$\beta_I = O_B^I - O_A^I; \quad (5.5)$$

На цьому перше напівприйом закінчений.

Відкріплюється лімб, і труба розвертається на кут приблизно рівний 90° , потім лімб закріплюється. Труба переводиться через зеніт, і аналогічні виміри виконуються при крузі право, рис. 5.19б, одержуючи відліки O_A^{II} й O_B^{II} . Обчислюється друге значення горизонтального кута

$$\beta_{II} = O_B^{II} - O_A^{II}. \quad (5.6)$$

Контролюється якість виміру шляхом обчислення різниці отриманих кутів і порівняння її з допуском.

Допуск на різницю кутів, отриманих у напівприйомах для вимірів технічної точності, складає $1'$

$$|\beta_I| - |\beta_{II}| \leq \pm 1', \quad (5.7)$$

Якщо даний допуск витриманий, обчислюється остаточне значення обмірюваного кута

$$\beta = \frac{\beta_I + \beta_{II}}{2}, \quad (5.8)$$

а якщо ні, то повторюється один з напівприймів, причому повторні виміри виконуються при іншій установці лімба.

Полярний спосіб виміру кутів, рис. 5.20, застосовується в основному при виконанні топографічних зйомок, коли необхідно виконати виміри полярних кутів на велику кількість напрямків.

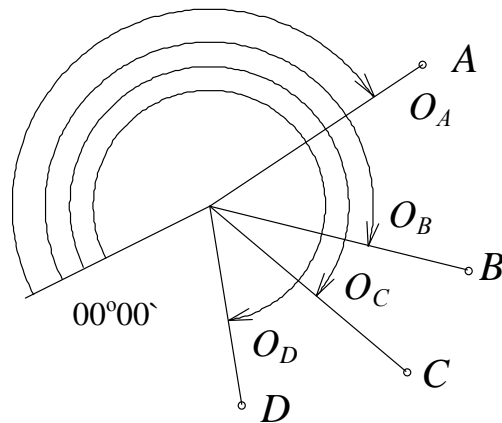


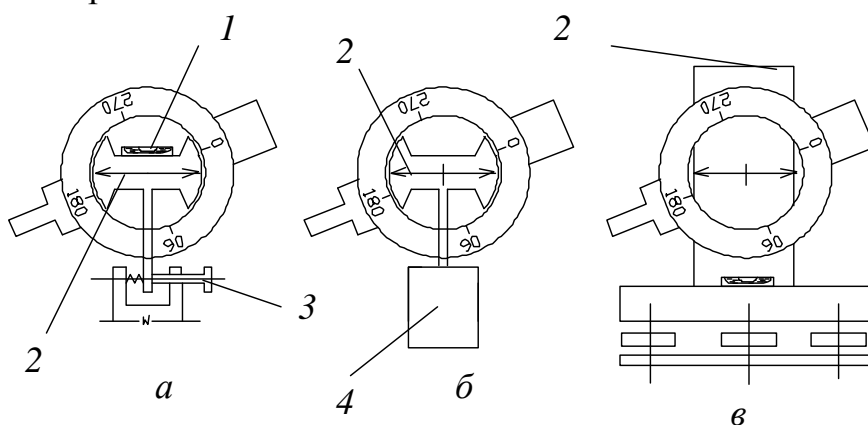
Рис. 5.20 - Полярний спосіб виміру кутів

Нульовий відлік лімба орієнтується на початковий напрямок. Потім туба теодоліта послідовно наводиться на всі вимірювані точки й проводиться відлічування по горизонтальному кругу. Відліки на вимірювані напрямки будуть дорівнює вимірюваним кутам.. Виміри виконуються при одному колі теодоліта.

5.4 Вимір вертикальних кутів

Задача застосовується при тригонометричному нівелюванні, при визначенні висоти споруджень і при виконанні топографічних зйомок.

При вимірах вертикальних кутів слід звернути увагу, що в сучасних теодолітах вертикальний круг може мати спеціальний циліндричний рівень при алідаді вертикального круга, рис. 5.21а, компенсатор, рис. 5.21б, або в якості рівня вертикального круга використовується основний рівень лімба горизонтального круга, 5.21в. Схема вузлів різної конструкції для вимірів вертикальних кутів наведені на рис. 5.21.



*а - алідада з рівнем; б - алідада з компенсатором; в - алідада без рівня й компенсатора з єдиним рівнем лімба горизонтального круга;
1- рівень при алідаді вертикального круга; 2 - алідада вертикального круга; 3 - мікрометричний гвинт алідади вертикального круга; 4 -компенсатор.*

Рис. 5.21 - Конструкції вузлів лімба вертикального круга

Крім конструктивних особливостей лімба вертикального круга мають різне цифрування, рис. 5.22.

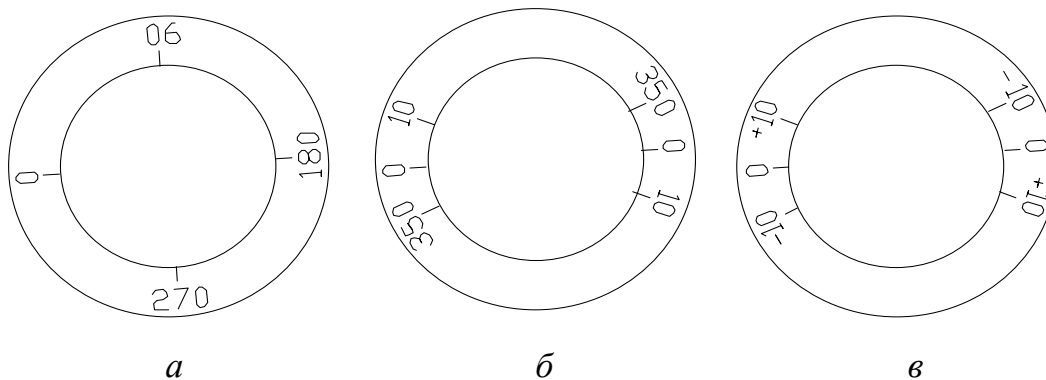


Рис. 5.22 - Схеми цифрування лімбів вертикального круга

Незалежно від конструкцій теодолітів, цифрування лімбів вертикального круга при положенні теодолітів коло ліво й кутах нахилу більше нуля виконана від 0° до 90° :

Установлюється теодоліт на початкову точку й приводиться в робоче положення. При крузі ліво наводиться труба теодоліта на вимірювану точку й, контролюючи положення рівня при алідаді вертикального круга, або при його відсутності при лімбі горизонтального, проводиться відлічування по вертикальному кругу, відлік $V_{ЛЕВ}$.

Установлюється труба теодоліта в положення круг право й аналогічне наводиться труба теодоліта на вимірювану точку, контролюючи положення рівня при алідаді вертикального круга, або при його відсутності при лімбі горизонтального круга, проводиться відлічування по вертикальному кругу, відлік $V_{ПРАВ}$.

Обчислюється значення місце нуля вертикального круга

$$MO = \frac{V_{ЛЕВ} + V_{ПРАВ}}{2}. \quad (5.9)$$

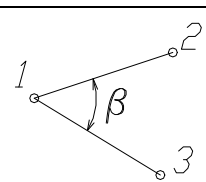
Дана формула слушна для лімбів, цифрованих згідно рис. 5.18в. Для інших типів лімбів (рис. 5.18а й 5.18б) замість відліків при крузі право, щоб можна було скористатися формулою (5.10) необхідно використовувати доповнення цих відліків до 180° для лімбів згідно рис. 4.28а й до 360° для лімбів згідно 4.28б. Контролюється значення місце нуля, воно не повинне відрізнятись більш ніж на $1-2'$ від значення, отриманого при перевірках теодоліта. Обчислюється значення вертикального кута

$$v = V_{ЛЕВ} - MO = MO - V_{ПРАВ} = \frac{V_{ЛЕВ} - V_{ПРАВ}}{2}. \quad (5.10)$$

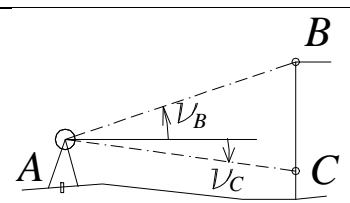
Так як виміри вертикальних кутів безконтрольні, необхідно їх повторити, змінивши при цьому висоту інструмента.

Зразок форми записів кутових вимірів наведений у табл. 5.1 і 5.2.

Таблиця 5.1 – Зразок записи результатів виміру горизонтальних кутів

Точка установки теодоліта	Точка візування	Відлік по гориз. кругу, °	Обмірюваний кут, °	Середній кут, °	Схема вимірів
	2	30 23.5			
1 КЛ			85 17.5		
	3	115 41.0		85 17.8	
	2	117 54.0			
1 КП			85 18.0		
	3	203 12.0			

Таблиця 5.2 – Зразок записи результатів виміру вертикальних кутів

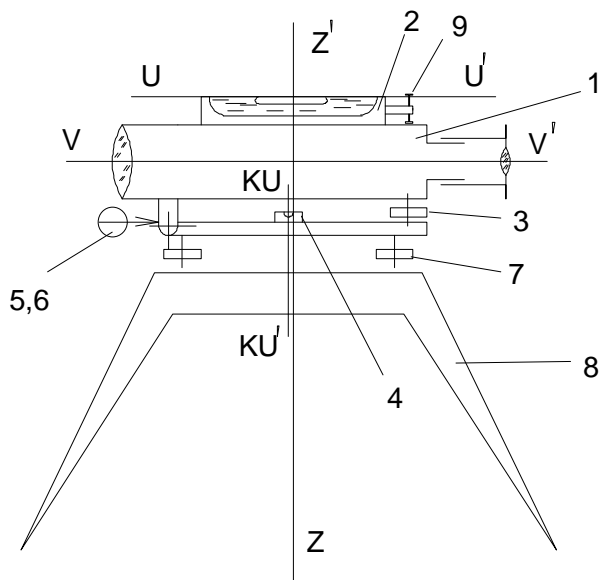
Точка устан. теодол.	Точка візування	Відлік по вертик. кругу	МО, °	Кут нахилу ν , °	Схема вимірів
	B	КЛ 9 14.6	+0.4	9 14.2	
A		КП - 9 13.8			
	C	КЛ -6 38.6	+0.3	-6 38.3	
		КП 6 39.2			

6 НІВЕЛЮВАННЯ

6.1 Будова нівелірів

Нівелір - оптичний геодезичний прилад, призначений для вимірів перевищень, вони бувають з рівнем на зоровій трубі (рівневі нівеліри) й нівеліри з компенсатором.

Конструкція нівеліра з рівнем на зоровій трубі наведена на рис. 6.1.



1 - зорова труба; 2 - циліндричний рівень; 3 - елеваційний гвинт; 4 - круглий рівень; 5, 6 - закріпний і навідний гвинти труби; 7 - піднімальні гвинти; 8 - штатив; 9 - юстировочні гвинти циліндричного рівня

Рис. 6.1 - Схема рівневого нівеліру

В **рівневих** нівелірах циліндричний рівень 2 закріплений на зоровій трубі. Для забезпечення горизонтальності лінії візування необхідно щоб була виконана умова

$$VV' \parallel UU', \quad (6.1)$$

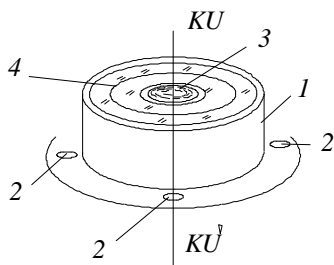
де VV' - візирна вісь;

UU' - вісь циліндричного рівня.

Дана умова називається головною умовою нівеліра. Приведення візирної осі до горизонту здійснюється елеваційним гвинтом 3.

Крім циліндричного рівня, нівелір має круглий рівень, рис. 6.2, який призначений для установки нівеліра в робоче положення.

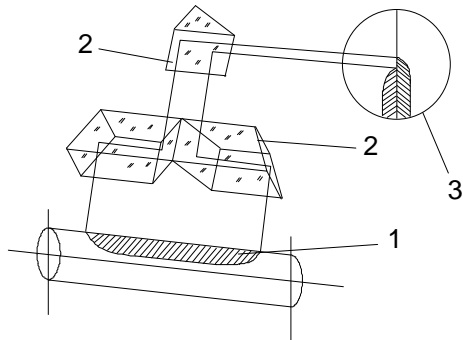
Для оперативного контролю положення пухирця циліндричного рівня, його кінці за допомогою спеціальної оптичної системи, рис. 6.3, проєктують у поле зору зорової труби. Такий рівень називається контакт-



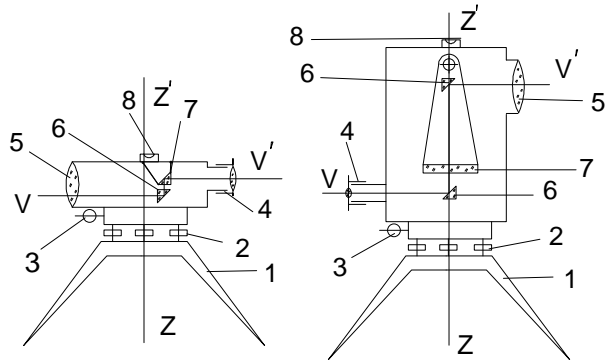
1 - корпус; 2 - юстировочні гвинти; 3 - пухирець рівня; 4 - більша окружність

Рис.6.2 - Круглий рівень

ним рівнем. У момент вимірів, спостерігаючи в трубу, елеваційним гвинтом виводяться кінці пухирця рівня в контакт, тобто сполучаються в єдину дугу, і в момент контакту проводиться відлічування по рейці.



1 - пухирець рівня; 2 - призмове система; 3 - поле зору труби
Рис. 6.3 - Схема контактного рівня

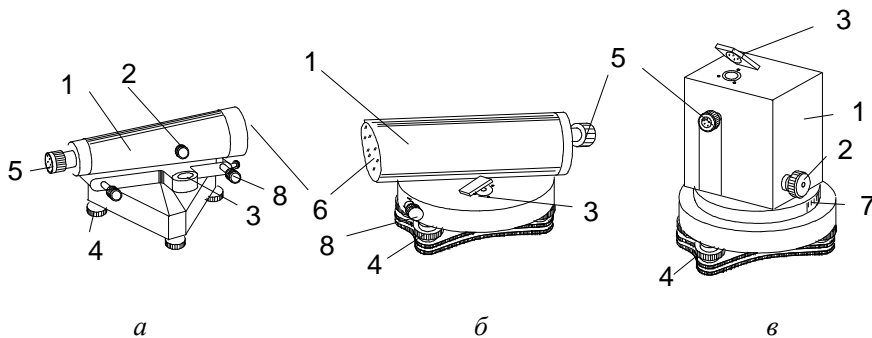


1 – штатив; 2 - піднімальні гвинти; 3 - навідний гвинт труби; 4 – окуляр; 5 – об'єктив; 6 – призма; 7 – компенсатор; 8 - круглий рівень

Рис. 6.4 - Нівелір з компенсатором

Крім рівневих нівелірів промисловість випускає нівеліри із самоустановлювальною лінією візування - **нівелір з компенсатором**, рис. 6.4.

Загальний вид найпоширеніших нівелірів наведений на рис. 6.5.



а - нівелір рівневий Н-3; б - нівелір з компенсатором Н-3К; в - нівелір з компенсатором і з лімбом горизонтального круга Н10КЛ;

1 - зорова труба; 2 – кремальєра; 3 - круглий рівень; 4 - піднімальні гвинти; 5 – окуляр; 6 – об'єктив; 7 - вікно лімба горизонтального круга; 8 - навідний гвинт

Рис. 6.5 - Загальний вид технічних нівелірів

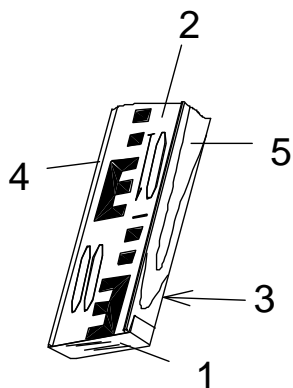
6.2 Нівелірні рейки

Для виконання нівелювання застосовуються спеціальні нівелірні рейки. Конструкція однієї з них наведена на рис. 6.6.

Рейка складається із двох шкал, основний і додаткової. Цифрування основної шкали починається з нуля, а додаткової з відліку, що перевищує величину 4000.

Відлік по п'яті рейки додаткової шкали називається постійної рейки.

На різних ділянках рейки різниця відліків по основній і додатковій шкалах завжди рівна постійної рейки, ця властивість забезпечує контроль правильності узяття відліків і однозначності

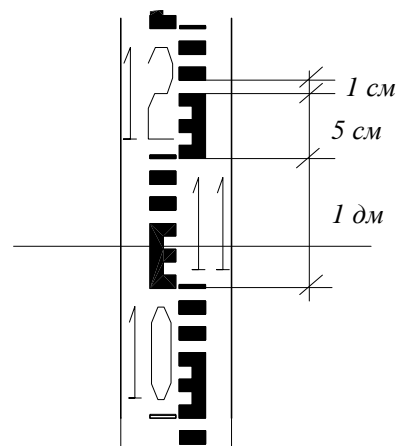


1 - п'ятка рейки; 2 - основна (чорна шкала); 3 - додаткова (червона шкала); 4 - ребра жорсткості

Рис.6.6 - Дерев'яна нівелірна рейка

при установці рейки. Цифрування рейок, рис.6.7, здійснена через 1дм. Дециметровий інтервал розбитий на два п'ятисантиметрові інтервали. Ціна розподілу рейки становить 1см.

При узятті відліку по рейці відліковим індек-



Відлік по рейці рівний 1132

Рис. 6.7 - Цифрування нівелірної рейки

сом є середня нитка сітки ниток. Відлік складається з молодшого, щодо відлікового індексу, значення дециметра (11), цілого числа сантиметрів від початку одинадцятого дециметра до відлікового індексу (3) і число міліметрів береться на око (2), отже, відлік рівний

$$11\text{дм} + 3\text{см} + 2\text{мм} = 1132\text{мм.}$$

Відліки по рейці завжди беруться до міліметрів і записуються у вигляді чотиризначного цілого числа.

6.3 Установка нівеліра в робоче положення

Перед початком роботи з нівеліром усі елементи керування повинні бути встановлені таким чином:

- 1) піднімальні гвинти повинні бути в середньому положенні;
- 2) закріпний гвинт труби повинні бути відкріплені;
- 3) навідний гвинт труби повинен бути в середньому положенні;
- 4) елеваційний гвинт повинен бути в середньому положенні;
- 5) установка окуляра труби повинна відповідати різкому зображенню сітки ниток і кінців пухирця циліндричного рівня.

Установка нівеліра в робоче положення здійснюється в такій послідовності:

- 1) відкріплюються закріпні гвинти ніжок штатива й висуваються ніжки таким чином, щоб головка штатива була на рівні плечей спостерігача;
- 2) установлюється нівелір на штатив;
- 3) установлюється нівелір зі штативом між вимірюваними точками;
- 4) приводяться всі елементи керування нівеліром у початковий стан;

5) визначається положення пухирця рівня й напрямок його переміщення убік нуля-пункту, рис.6.8;

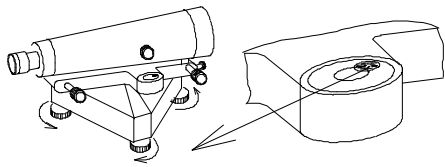


Рис. 6.8 – Приведення до горизонту нівеліра

його руху.

б) вибирається один з піднімальних гвинтів, найбільш відповідний напрямку переміщення пухирця, і, обертаючи його, переміщається пухирець убік нуля-пункту, якщо при русі пухирець змістився від необхідного напрямку то, обертаючи одночасно два, що залишилися піднімальних гвинта, коректується напрямок

6.4 Перевірки нівелірів

Перевірки нівеліра це комплекс дій, спрямований на забезпечення механічних, оптичних і геометричних умов нівеліра.

Перевірки проводяться у два етапи. На першому етапі контролюється умова і якщо умова не виконується, то проводиться другий етап – ремонт, регулювання або юстирування.

До механічних умов відносяться:

- 1) усі механічні вузли повинні бути працездатні;
- 2) рухливі вузли повинні обертатися вільно без затримок і скрипів;
- 3) нівелір, установлений на штативі повинен стояти жорстко без люфтів;

Контроль механічних умов здійснюється методом огляду й при необхідності нівелір направляється в ремонтну майстерню.

До оптичних умов відносяться:

- 1) зображення об'єктів, сітки ниток і пухирця рівня повинні бути різкими;
- 2) фокусування труби повинна забезпечувати фокусування об'єктів у межах діапазону, установленого технічним паспортом приладу;
- 3) освітленість пухирця рівня повинна бути рівномірної;

Оптичні умови, також як і механічні, перевіряються методом огляду. Самостійне регулювання оптики категорично забороняється, отже, при виявленні порушень в оптиці приладів вони повинні бути направлені в ремонтну майстерню.

Геометричні умови - це співвідношення його основних осей. Схема основних осей нівеліра наведена на рис. 6.9. Склад основних геометричних умов наступний:

- 1) вісь $KUKU'$ круглого рівня повинна бути паралельної вертикальній осі ZZ' обертання нівеліра (перевірка круглого рівня);
- 2) візирна вісь VV' повинна бути горизонтальна; для рівневих нівелірів візирна вісь повинна бути паралельної осі UU' циліндричного рівня - головна умова нівеліра (перевірка головної умови нівеліра);

3) у нівелірах з компенсатором діапазон роботи компенсатора повинен бути в межах знаходження пухирця круглого рівня у великій окружності (перевірка компенсатора).

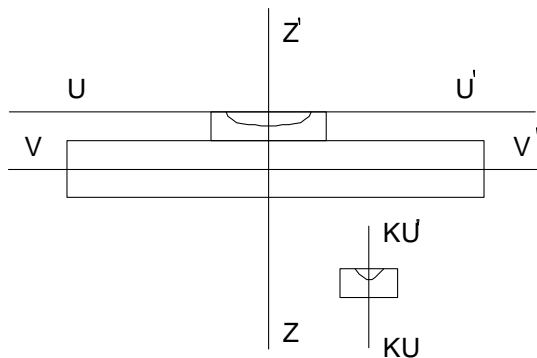


Рис. 6.9 - Геометричні умови нівеліра

Розвертається труба нівеліра на 180°, рис. 6.10б.

Перевірка круглого рівня

Вісь круглого рівня повинна бути паралельна вертикальній осі обертання нівеліра.

Установлюється нівелір, приводиться в робоче положення.

Розвертається труба нівеліра таким чином, щоб юстировочні гвинти рівня й піднімальні гвинти, займали протилежне положення, рис. 6.10а. Виводиться пухирець рівня в нуль-пункт.

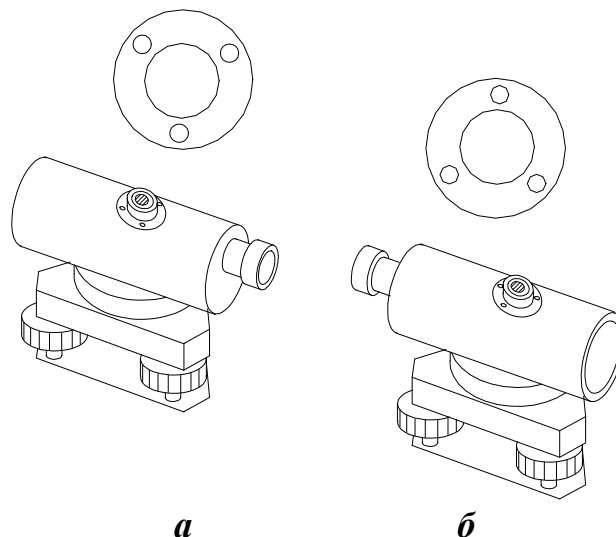


Рис. 6.10. Перевірка круглого рівня нівеліра

Якщо пухирець рівня вийшов за межі великої окружності, то проводиться юстирування рівня.

Для проведення юстировки, одним з юстировочних гвинтів рівня зміщується пухирець рівня на половину величини відхилення частина, що залишився, відхилення пухирця усувається відповідним піднімальним гвинтом.

Перевірка головної умови нівеліра

Вісь циліндричного рівня повинна бути горизонтальною (для рівених нівелірів - вісь циліндричного рівня повинна бути паралельною візирної осі труби). Дана умова є головною умовою нівеліра.

На відстані порядку 100м друг від друга, рис. 6.11, намічаються дві точки.

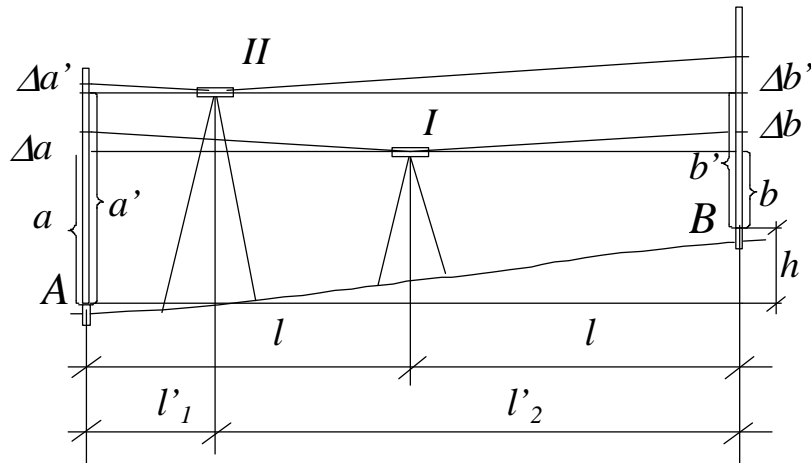


Рис. 6.11 - Перевірка головної умови нівеліра

У якості точок необхідно вибрати тверді точки із чіткою й однозначною верхньою поверхнею, наприклад, можна використовувати характерну точку, узятую на бордюрном камені. Якщо підходящих точок не знайдене, то забиваються два кілочки довжиною порядку 15см.

Виміряється відстань між обраними точками й знаходиться точка, розташована строго посередині між ними. У дану точку встановлюється нівелір.

Приводиться нівелір у робоче положення. Установлюється рейка на точку A і беруться відліки $a^{ЧОР}$ і $a^{ЧЕР}$, контролюючи різницю п'ят, тобто обчислюючи різницю $a^{ЧЕР} - a^{ЧОР}$.

Установлюється рейка в точку B , і беруться відліки $b^{ЧОР}$ і $b^{ЧЕР}$, контролюючи різницю п'ят, тобто обчислюючи різницю $b^{ЧЕР} - b^{ЧОР}$, допуск 5 мм.

Обчислюється перевищення h , рівне:

$$h^{ЧОР} = a^{ЧОР} - b^{ЧОР}; \quad h^{ЧЕР} = a^{ЧЕР} - b^{ЧЕР}, \quad (6.2)$$

якщо $|h^{ЧОР} - h^{ЧЕР}| < 5 \text{ мм}$, то

$$h = (h^{ЧОР} + h^{ЧЕР})/2. \quad (6.3)$$

При установці нівеліра строго посередині між вимірюваними точками, погрішності Δa і Δb за рахунок не горизонтальності лінії візування рівні між собою. Маємо

$$h = a + \Delta\alpha - b - \Delta\beta,$$

при $\Delta a = \Delta b$, одержимо $h = a - b$, отже, навіть якщо візирна вісь труби негоризонтальна, а нівелір установлений посередині між вимірюваними точками отримане перевищення буде вільно від погрішностей за рахунок не горизонтальності лінії візування.

Установлюється нівелір на мінімальній відстані від однієї із точок і аналогічно виміряється перевищення між цими ж точками, одержавши величину h' . У цьому випадку, $h' = a' + \Delta a' - b' - \Delta b'$, але тому що відстань від нівеліра до точки A мало в порівнянні з відстанню від нівеліра до точки B , те величина $\Delta a'$ близька до нуля, отже, погрішність $\Delta b'$ повністю ввійде у вимірюване перевищення

$$h' = a' - b' - \Delta b'. \quad (6.4)$$

Умова вважається виконаним, якщо різниця $|h - h'| < 5$ мм; а якщо ні, то виконується юстирування.

При установці нівеліра в однієї із точок (положення II, рис. 6.11) обчислюється відлік на далеку рейку, рівний $X = a' - h$, де a' - відлік по близькій рейці; h - перевищення, обмірюване із середини. Для рівневих нівелірів, обчислений відлік X установлюється по рейці, обертаючи елеваційний гвинт; при цьому пухирець циліндричного рівня зійде з нуля-пункту. Обертаючи юстировочні гвинти рівня, приводиться пухирець рівня в нуля-пункт.

У нівелірів з компенсатором, обертанням юстировочні гвинтів сітки ниток, установлюється по рейці обчислений відлік X .

Існує другий спосіб перевірки, називаний подвійним нівелюванням. Між двома точками, рис. 6.12, двічі виміряється перевищення в прямому й зворотному напрямках. Умова вважається виконаним, якщо $h_{ПР} = h_{ОБР}$ (допуск 8 мм), а якщо ні, то виконується юстирування. Для чого обчислюється «правильне» перевищення h

$$h = \frac{h_{ПР} + h_{ОБР}}{2}, \quad (6.5)$$

подальший хід проведення юстирування аналогічний попередньому способу перевірки.

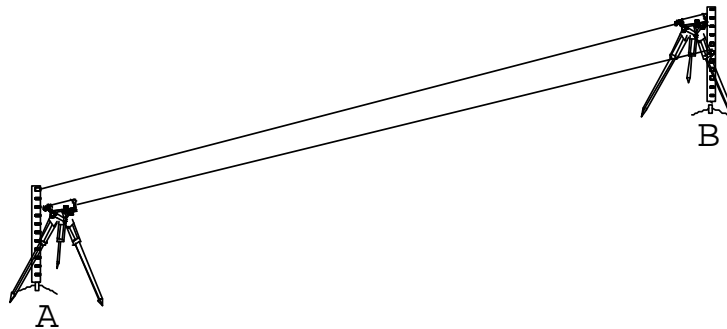


Рис. 6.12 - Подвійне нівелювання

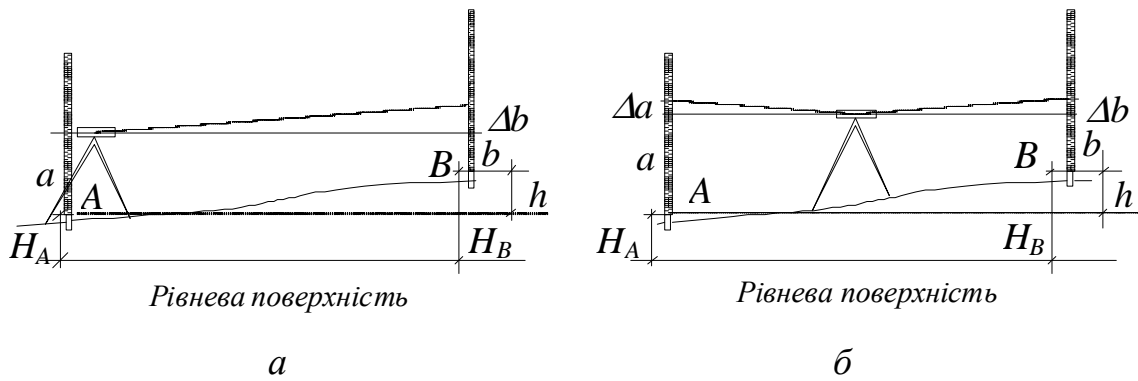
Перевірка компенсатора

У нівелірах з компенсатором діапазон роботи компенсатора повинен бути в межах знаходження пухирця круглого рівня в межах великої окружності.

Рейка встановлюється на відстані порядку 15-20м від нівеліра й наводиться на неї труба. Обертаючи один з піднімальних гвинтів, контролюється відлік по рейці. Умова вважається виконаним, якщо відлік по рейці залишається незмінним при знаходженні пухирця рівня в межах великої окружності, а якщо ні, то нівелір направляється в ремонтну майстерню.

6.5 Способи нівелювання

Існують наступні способи нівелювання: уперед і нівелювання із середини, рис. 6.13, послідовне нівелювання й нівелювання поверхні.



a - вперед; *б* - нівелювання із середини

Рис. 6.13 - Способи нівелювання

При виборі способу нівелювання слід урахувувати, що при нівелюванні із середини, якщо відстані від нівеліра до рейок рівні між собою, погрішності Δa і Δb за рахунок не горизонтальності лінії візування компенсуються, тобто, $\Delta a = \Delta b$; при нівелюванні вперед уся погрішність Δb входить у вимірюване перевищення.

Точка установки нівеліра називається **нівелірною станцією**; точки установки рейок, залежно від того чи беруть участь вони в передачі позначок чи ні, називаються **сполучні** (точки, що беруть участь у передачі позначок) і **проміжні** (точки, що не беруть участь у передачі позначок), рис. 6.14.

Якщо напрямок нівелірного ходу A, B, C, D , то для станції I точка A - задня, а точка B - передня, а для станції II точка B буде задньою, а точка C - передньою.

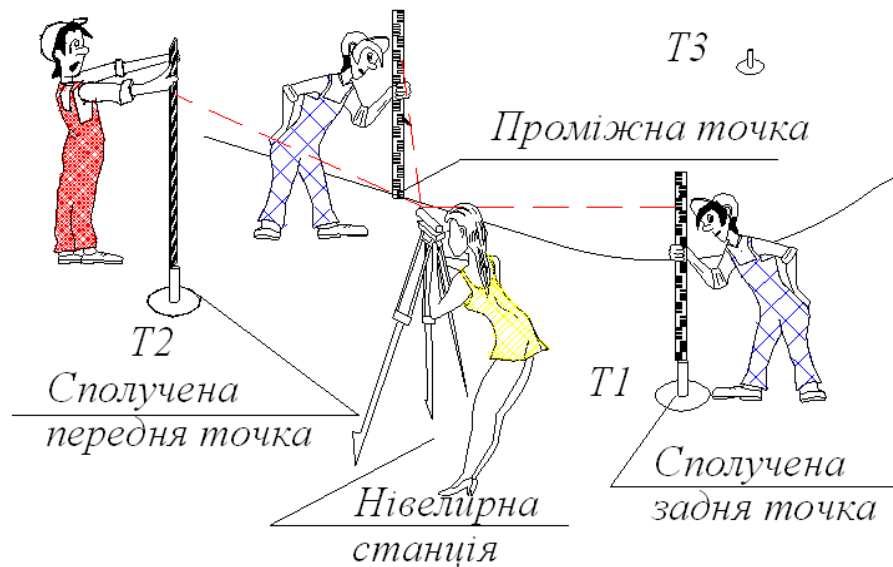


Рис. 6.14. Проміжні й сполучні нівелірні точки

Перевищення h_{AB} між точками A і B рівно

$$h = a - b, \tag{6.6}$$

де a - відлік по задній по ходу рейці;
 b - відлік по передній по ходу рейці.

Допустимо що, відома позначка H_A точки A . Необхідно визначити позначки H_B і H_C точок B і C , причому точка B буде сполучної, а точка C - проміжна, рис. 6.15.

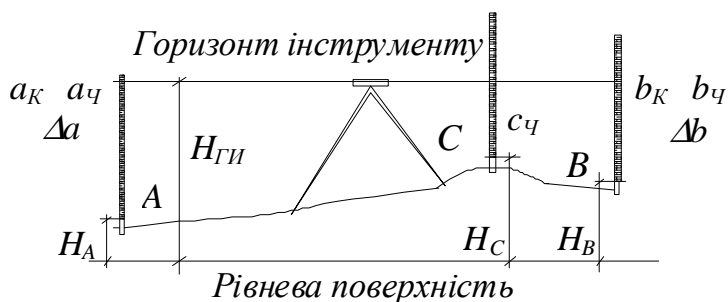


Рис. 6.15 - Визначення позначок точок

Нівелір устанавлюється посередині між сполучними точками й приводиться в робоче положення. На точки A і B устанавлюються нівелірні рейки. Труба нівеліра наводиться на задню точку, точку A и проводиться відліки по основній шкалі, відлік $a_{чОР}$, і по додатковій шкалі, відлік

$a_{чЕР}$, рейки. Контролюється різниця п'ят

$$\Delta a = a_{чЕР} - a_{чОР}, \quad (6.7)$$

якщо різниця п'ят відрізняється не більше ніж на 5мм від постійної рейки, то труба нівеліра направляється на точку B . Аналогічні відліки беруться по рейці, устанавленій на точці B , відліки $b_{чОР}$, $b_{чЕР}$ і контролюється різниця п'ят

$$\Delta b = b_{чЕР} - b_{чОР}, \quad (6.8)$$

якщо допуск витриманий, рейка встанавлюється на проміжну точку C и проводиться відлічування тільки по чорній стороні рейки, відлік $c_{ч}$.

Обчислюються перевищення по чорних і червоних сторонах рейки

$$h_{чОР} = a_{чОР} - b_{чОР}; \quad (6.9)$$

$$h_{чЕР} = a_{чЕР} - b_{чЕР}. \quad (6.10)$$

Контролем буде дотримання умови $h_{чОР} = h_{чЕР}$, допуск 5мм. Якщо допуск витриманий, обчислюється середнє перевищення

$$h = 0.5(h_{чОР} + h_{чЕР}). \quad (6.11)$$

Одержавши середнє перевищення, є можливість обчислити позначку точки B , яка рівна

$$H_B = H_A + h. \quad (6.12)$$

Для обчислення позначок проміжних точок вводиться поняття «**Горизонт інструмента**» під яким мається на увазі лінія візування. Позначка горизонту інструмента $H_{ГИ}$ - відстань від рівневою поверхнею до лінії візування нівеліра, згідно рис. 6.15 позначка горизонту інструмента рівна:

$$H_{ГИ}^A = H_A + a_{чОР}; \quad (6.13)$$

$$H_{ГИ}^B = H_B + b_{чОР}. \quad (6.14)$$

З виражень (5.13), (5.14) видне, що позначка горизонту інструмента обчислюється двічі - по позначці точки A і по позначці точки B , що дозволяє контролювати обчислення й виміру. Якщо $|H_{ГИ}^A - H_{ГИ}^B| \leq 5\text{мм}$, то

$$H_{ГИ} = \frac{H_{ГИ}^A + H_{ГИ}^B}{2}. \quad (6.15)$$

Знаючи позначку горизонту інструмента, не важко обчислити позначку проміжної точки

$$H_C = H_{ГІ} - c_{ЧОР}, \quad (6.16)$$

де $c_{ЧОР}$ - відлік по чорній стороні рейки, установлені на проміжній точці С.

Результати вимірів записуються в нівелірний журнал, зразок якого наведений у табл. 6.1.

Таблиця 6.1 - Журнал технічного нівелювання

№ стан	№ точ	Відліки по рейках			Перевищення			Позначки	
		задній	передн.	про-між.	вирах.	середн.	випр.	ГІ	точок
	A	$a_{ЧОР}$	$b_{ЧОР}$		$a_{ЧОР}-b_{ЧОР}$	$\frac{a_{ЧОР} + b_{ЧЕР}}{2}$		$H_A + a_{ЧОР}$	H_A
I		$a_{ЧЕР}$	$b_{ЧЕР}$		$a_{ЧЕР}-b_{ЧЕР}$	2		$H_B + b_{ЧОР}$	
	B	$a_{ЧЕР}-a_{ЧОР}$	$b_{ЧЕР}-b_{ЧОР}$					$\frac{H_{ГІ}^{ЧОР} + H_{ГІ}^{ЧЕР}}{2}$	$H_A + h$
	C			$c_{ЧОР}$				2	$H_{ГІ}-C_{ЧОР}$
	A	1000	1053		-0053	-0054		121.200	20.200
I		5785	5839		-0056			<u>121.199</u>	
	B	4785	4786					121.199	20.146
	C			0960					20.136

Послідовне нівелювання, рис. 6.16, застосовується при необхідності визначення позначок декількох точок, розташованих на значному видаленні друг від друга. Перевищення h між точками А і В дорівнює сумі обмірюваних перевищень.

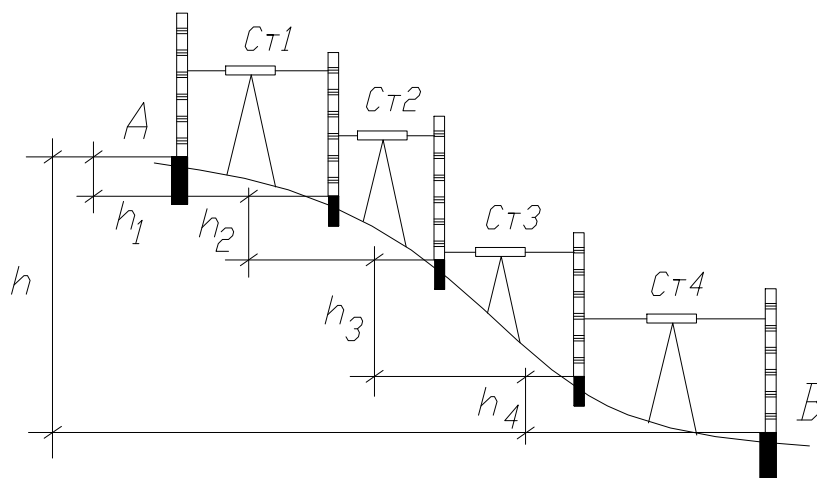
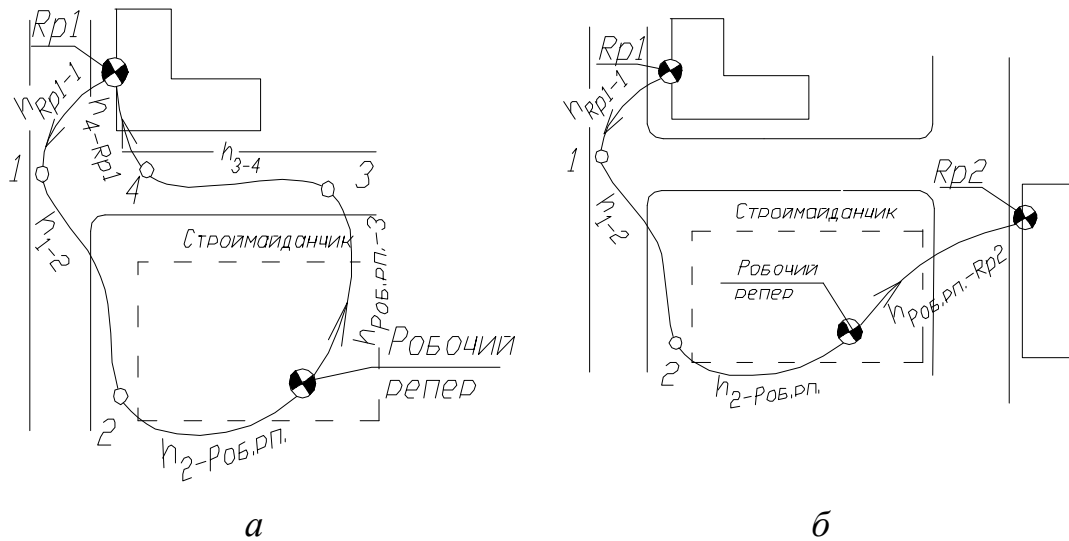


Рис. 6.16. Послідовне нівелювання

$$h_{AB} = \sum h_i, \quad (6.17)$$

Наприклад, необхідно визначити позначку тимчасового репера, закладеного на строймайданчику, рис. 6.17. Позначка робочого репера визначається від реперів міської нівелірної мережі.

Якщо позначка робочого репера визначається від одного початкового репера, то нівелірний хід робиться у вигляді замкненої петлі. Такий нівелірний хід називається замкненим, рис. 6.17а. Хід між двома початковими реперами називається розімкнутим, рис. 6.17б.



а – замкнений нівелірний хід; *б* – розімкнутий нівелірний хід

Рис. 6.17. Види нівелірних ходів

Якщо виміри виконані вірно, то сума перевищень у замкненому нівелірному ході буде близька до нуля, тобто $\sum h = 0$. У розімкнутому нівелірному ході сума обмірюваних перевищень повинна рівнятися різниці позначок початкових точок $\sum h = (H_{RP2} - H_{RP1})$. Розглянуті властивості дозволяють контролювати якість вимірів.

При приведенні поверхні до проектного виду, наприклад при виконанні вертикального планування, застосовується **нівелювання поверхні**. Ділянка ділиться на квадрати або поперечники, рис. 6.18.

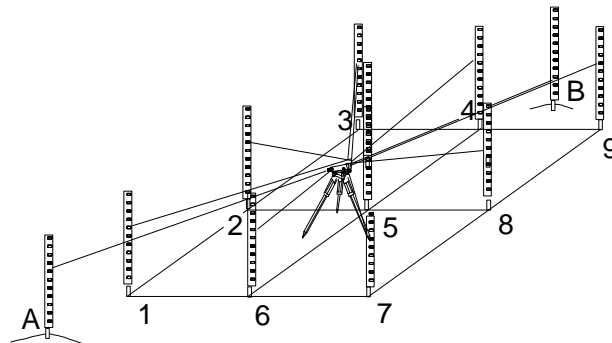


Рис 6.18. Нівелювання поверхні

Нівелір встановлюється посередині майданчика. Рейка встановлюється на одну з початкових точок з відомою позначкою, точка *A*, і проводиться відлічування по чорній і червоної сторонам рейки, контролюючи різницю п'ят ($a_{\text{ЧЕР}}$, $a_{\text{ЧОР}}$, $b_{\text{ЧЕР}} - b_{\text{ЧОР}}$). Потім рейка послідовно встановлюється на всі контрольні точки й проводиться відлічування тільки по чорній стороні рейки, відліки c_i . Роботи на станції завершуються, установивши рейку на другу опорну або сполучну точку, зробивши відлічування по чорній і червоної сторонам рейки й також, контролюється різниця п'ят, ($b_{\text{ЧЕР}}$, $b_{\text{ЧОР}}$, $a_{\text{ЧЕР}} - a_{\text{ЧОР}}$). Результати вимірів записуються в стандартний нівелірний журнал, табл. 6.1.

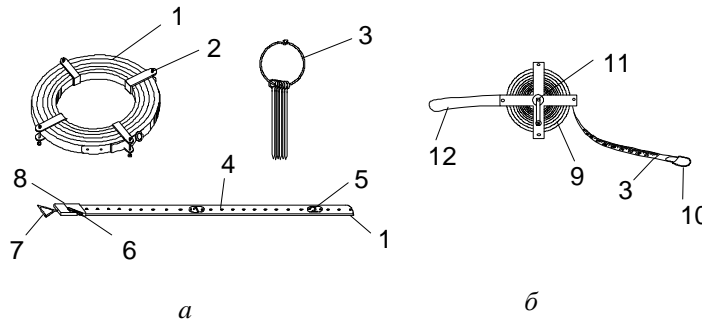
7 ЛИНІЙНІ ВИМІРИ

7.1. Склад приладів лінійних вимірів (механічні, оптичні, електронні)

Прилади лінійних вимірів можна розділити на три групи:

- 1) механічні;
- 2) оптичні;
- 3) електронні.

До механічних мірних приладів відносяться: землемірні стрічки, рулетки, базисні прилади, відстаноміри.



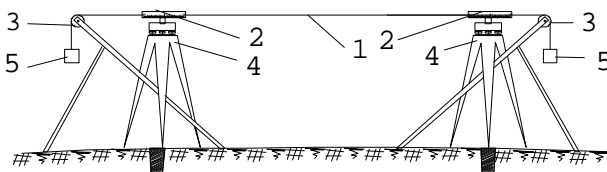
a - землемірна стрічка; *б* - рулетка

1 - полотно стрічки; *2* - кільце; *3* - комплект шпильок; *4* - дециметровий розподіл; *5* - метровий розподіл; *6* - гачок; *7* - ручка; *8* - нульовий звітний індекс; *9* - полотно рулетки; *10* - кільце; *11* - ручка для намотування полотна рулетки; *12* - ручка

Рис. 7.1 - Штрихові механічні прилади лінійних вимірів

По типу шкал механічні мірні прилади підрозділяються на штрихові й шкалові. До штрихових приладів ставляться мірні стрічки, рис. 7.1*а* й рулетки, рис. 7.1*б*.

У шкалових приладах лінійних вимірів цифруються не все мірне полотно, а тільки кінцеві шкали. Зразком шкалових мірних приладів є базисний прилад, рис. 7.2.



1 - інварний дріт; *2* - шкала; *3* - блок; *4* - штатив із цілком; *5* - вантаж.

Рис. 7.2. Базисний прилад

Конструкції оптичних приладів лінійних вимірів (оптичні далекоміри) засновані на особливостях зорових труб змінювати величину поля зору при зміні відстаней до об'єкта.

Маємо зорову трубу, рис. 7.3, з діафрагмою, що обмежує поле зору.

Відстань D рівно:

$$D = 0.5l \operatorname{Ctg} \frac{\varphi}{2},$$

(7.1)

Де l – різниця відліків по рейці ($l = O_B - O_H$);

φ - кут поля зору труби, обмежений далекомірними нитками.

Відстань між далекомірними нитками підібране таким чином, щоб величина $0.5c \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = 100$. Ця величина називається коефіцієнтом далекоміра K . Таким чином, вираження (7.1) буде мати вигляд:

$$D = Kn, \quad (7.2)$$

де n – різниця відліків по рейці, відлічуваних по далекомірних нитках;
 K – коефіцієнт далекоміра.

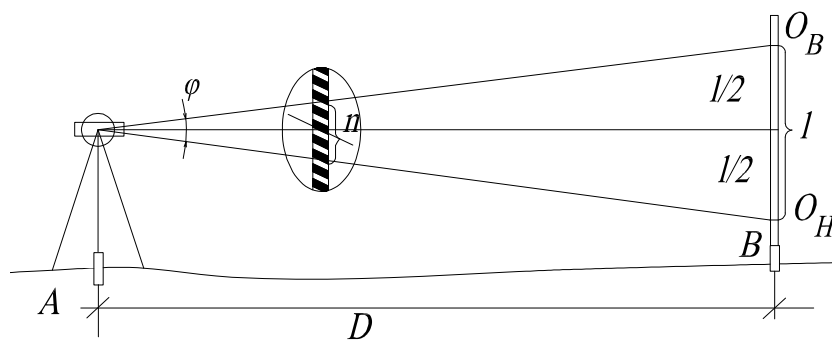


Рис. 7.3 - Схема оптичного далекоміра

Відносна погрішність найбільш точних оптичних далекомірів становить $\frac{1}{5000}$, нитяним далекоміром теодолітів можна виміряти відстані з точністю

$$\frac{1}{300}.$$

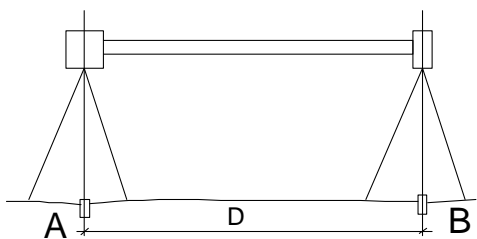


Рис. 7.4 - Принцип вимірів електронним далекоміром

ся *світлодалекомірами*.

На точці A встановлюється прийомо-передавач, рис. 7.4, а на точці B - відбивач або ретранслятор. Сформований передавачем сигнал проходить дистанцію в прямому й зворотному напрямках, отже, має місце залежність

$$2D = c\tau; \quad (7.3)$$

де c - швидкість поширення електромагнітних коливань;

τ - час проходження дистанції сигналом.

Зараз промисловість випускає світлодалекоміри, що мають точність вимірів у межах від 1:25000 до 1:1000000. Зовнішній вигляд одного зі світлодалекомірів наведений на рис. 7.5.

Принцип дії електронних далекомірів заснований на вимірі часу проходження електромагнітними коливаннями вимірюваної дистанції. Якщо діапазон частот далекоміра лежить у межах радіочастот, то такі далекоміри називаються *радіодалекомірами*, якщо діапазон частот відповідає світловим частотам, те дані прилади називаються



Рис. 7.5 - Лазерна рулетка Disto D8

Компарування - це контроль фактичної довжини мірного приладу шляхом порівняння його зі зразковим засобом вимірювання. У результаті компарування складається рівняння мірного приладу, що має вид:

$$l = l_0 + \delta l_K + \alpha(t - t_0); \quad (7.3)$$

де l_0 - номінальна довжина мірного приладу;

δl_K - виправлення за компарування;

α - коефіцієнт лінійного розширення матеріалу, з якого зроблений мірний прилад;

t_0 - нормальна температура (19С°);

t - температура компарування.

7.2. Перевірки мірних приладів

Перевірки приладів лінійних вимірів це дії, спрямовані на забезпечення основних умов приладів. До складу перевірок механічних мірних приладів входить:

контроль цілісності полотна рулетки;

контроль розподілів рулетки;

польове компарування (визначення фактичних довжин сантиметрових, дециметрових і метрових інтервалів; визначення фактичної довжини всієї рулетки).

7.3. Виконання вимірів механічними мірними приладами

Лінійні виміри виконуються на земній поверхні й на будівельних конструкціях. На земній поверхні лінійні виміри виконуються для визначення розмірів об'єктів, виносі проектів у натуру, при виконанні топографічних зйомок. Перед виконанням вимірів лінія очищається від перешкод, кінці її закріплюються кілочками. Якщо довжина вимірюваної лінії перевищує довжину мірного приладу, то на кінцевій точці вмовляється вішка (шматок арматур або рівна дерев'яна планка), необхідна для забезпечення прямолінійності вимірів. Виміри починають із початкової точки *A*, рис. 7.6, рулетка розпускається, нуль її сполучається із центром точки *A*. Другий кінець рулетки направляєтья по напрямковій вішці, візуально контролюючи створність. Натягнувши стрічку, по кінцевій ризикові вставляється в землю шпилька (шматок сталевого дроту діаметром 6-8мм).

Далі нуль рулетки сполучається із центром шпильки й виміри тривають, вставляючи другу, третю шпильку доти, не залишився відрізок (домірювання), який буде менше довжини мірного при-

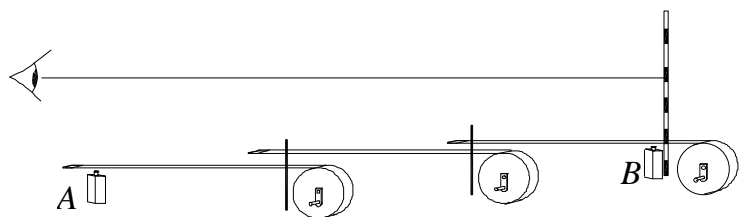


Рис. 7.6 - Лінійні виміри

ладу. Нуль рулетки сполучається з останньою шпилькою й береться відлік по центру точки B . Точність відлічування по рулетці при ціні розподілу 1мм становить порядку 0.5мм, але відліки фіксуються тільки з точністю 1мм.

Загальна відстань між точками A і B буде дорівнювати:

$$S_{A-B} = nl + D, \quad (7.4)$$

де l – довжина мірного приладу;

n – число укладань мірного приладу;

D – домір, залишок вимірюваної відстані довжина якого менше довжини мірного приладу.

Кожна лінія вимірюється двічі в прямому й зворотному напрямках. Якщо різниця результатів вимірів не перевищує $1/2000$ усієї відстані, то обчислюється середнє значення, а якщо ні, то виміри повторюються.

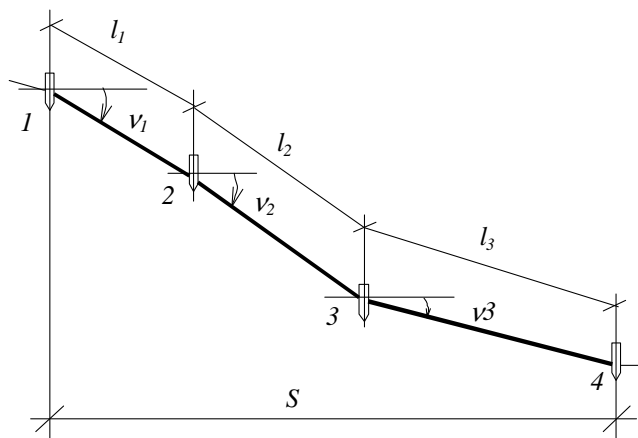


Рис. 7.7 - Лінійні виміри на схилах

Будівельні деталі й конструкції перед монтажем, як правило, повинні бути обміряні на відповідність їх розмірів паспортним даним. Найбільше надійно розміри таких деталей можна одержати способом сполучень, рис. 7.8. Розмір l деталі буде дорівнює різниці відліків a'_1 і a'_2 , виконаних по кінцях деталі

$$l' = a'_2 - a'_1. \quad (7.6)$$

Повторний вимір здійснюється переміщенням стрічки по деталі й повторним зняттям відліків a''_1 і a''_2 ,

$$l'' = a''_2 - a''_1 \quad (7.7)$$

Якщо $\frac{1}{l'(l' - l'')} \leq \frac{1}{2000}$ то,

виміри вважаються вірними. Остаточний результат буде дорівнювати:

$$l = \frac{l' + l''}{2}. \quad (7.8)$$

При вимірах на схилах лінія розбивається кілочками на ділянки із приблизно рівними ухилами, рис. 7.7, і кожна ділянка вимірюється окремо.

Загальна відстань між точками буде рівно

$$S = \sum (l_i \cos v_i); \quad (7.5)$$

де l_i - обмірювані відрізки;

v_i - кути нахилу відповідного відрізка.

Кути нахилу вимірюються теодолітом.

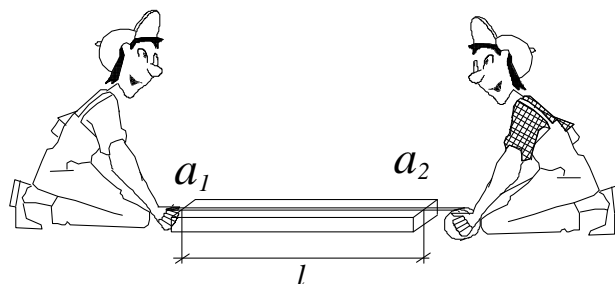


Рис. 7.8 - Визначення розмірів будівельних деталей

При виконанні обмірювань виникає необхідність визначати відстані між вертикальними поверхнями, рис. 7.9.

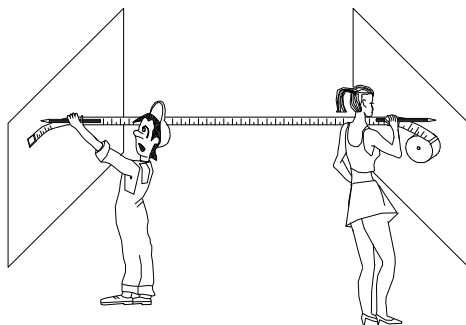


Рис. 7.9 - Визначення відстаней між двома вертикальними поверхнями

У цьому випадку до стрічки рулетки із двох сторін підставляються олівці, які підводяться до стін, натягаючи рулетку. Після сполучення кінців олівців зі стінами до них підводить стрічка рулетки й проводиться відлічування по шкалах. Аналогічно виконуються виміри між горизонтальними поверхнями.

8 ГЕОДЕЗИЧНІ МЕРЕЖІ

8.1. Види геодезичних мереж і їх сутність

Геодезичні мережі це система пунктів, закріплених на земній поверхні з відомими координатами й висотами.

Геодезичні мережі бувають: планові й висотні; державні й відомчі; основні, знімальні й розмічувальні.

Залежно від способу побудови мережі підрозділяються на: *полігональні, триангуляцію, трилатерацію, комбіновані (аналітичні), будівельні сітки й супутникові мережі.*

Полігональні мережі являють собою систему окремих ходів, рис. 8.1, або полігонів, рис. 8.2, у яких обмірювані кути й відстані.

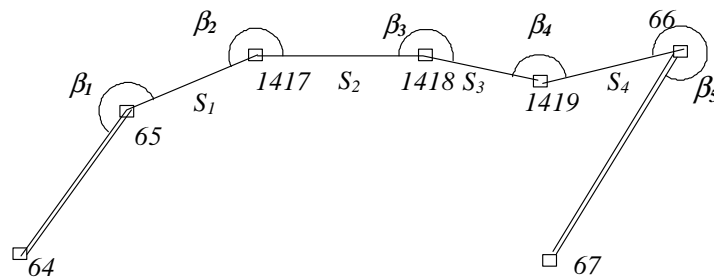


Рис. 8.1 - Полігональна мережа у вигляді розімкнутого ходу

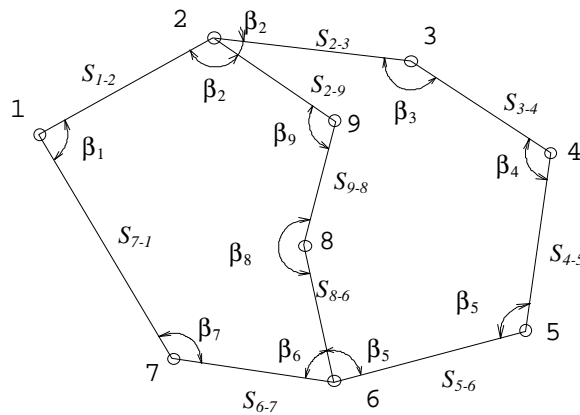


Рис 8.2 - Замкнені полігональні мережі

Координати пунктів мережі обчислюються по наступних формулах:

$$X = X_0 + \Delta X;$$

$$Y = Y_0 + \Delta Y;$$

$$\Delta X = S \cos \alpha;$$

$$\Delta Y = S \sin \alpha;$$

$$\alpha = \alpha_0 + \beta_{\text{ЛІВ}} \pm 180^\circ;$$

$$\alpha = \alpha_0 - \beta_{\text{ПРАВ}} \pm 180^\circ,$$

(8.1)

де X_0, Y_0 - координати попередньої від обумовленої точки;

X, Y - координати обумовленої точки;
 $\Delta X, \Delta Y$ - збільшення координат;
 S - горизонтальна проекція відстані;
 α - дирекційний кут;
 $\beta_{ЛІВ}$ - ліволежачий по ходу горизонтальний кут;
 $\beta_{ПРАВ}$ - праволежачий горизонтальний кут.

Мережі, побудовані з ланцюжків трикутників, у яких по обмірюваних кутах і базису обчислюються відстані й згодом координати, називаються триангуляційними мережами або **триангуляцією**, рис. 8.3.

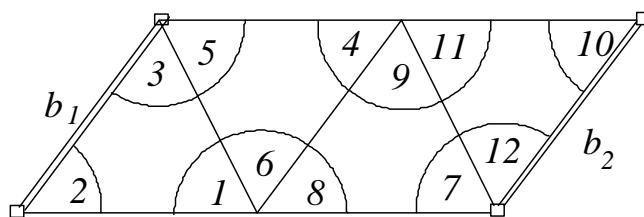


Рис. 8.3 - Триангуляція

Для обчислення відстаней у мережах триангуляції застосовується теорема синусів.

$$b_2 = b_1 \frac{\sin(2) \sin(5) \sin(8) \sin(11)}{\sin(1) \sin(4) \sin(7) \sin(10)} \quad (8.2)$$

Мережі, утворені ланцюжками трикутників з обмірюваними сторонами називаються мережами **трилатерації**, рис. 8.4.

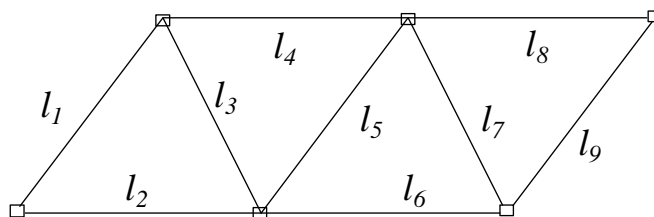


Рис. 8.4 - Трилатерація

У трилатерації значення кутів виходять із розв'язку трикутників, використовуючи теорему косинусів

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos(C), \quad (8.3)$$

де a, b, c – сторін трикутника;
 C – кут, що лежить напроти сторони c .

Трилатерація застосовується при відсутності можливості виконання кутівих вимірів.

Для підвищення точності визначення координат пунктів застосовують комбіновані мережі, тобто сполучаються кутові й лінійні виміри, такі мережі називаються **аналітичними**, рис. 8.5.

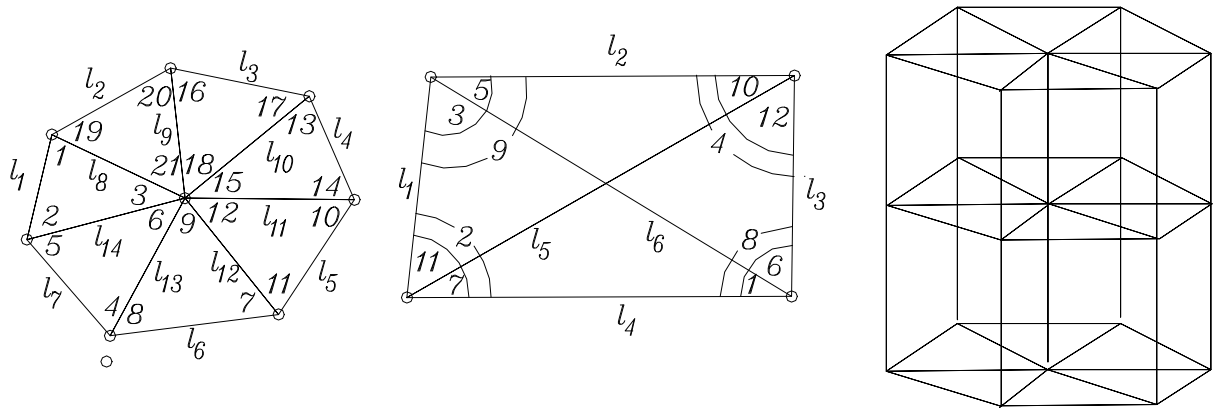


Рис. 8.5 - Аналітичні мережі

Аналітичні мережі застосовуються як обґрунтування на спеціальних високоточних або унікальних спорудженнях. Форма мережі залежить від виду об'єктів; наприклад, у багатоповерховому будівництві застосовуються просторові аналітичні мережі.

У будівництві, особливо на великих промислових об'єктах застосовуються спеціальні мережі, осі яких паралельні основним осям об'єктів, а координати пунктів наведені до проектних значень і кратні десяткам або сотням метрів. Такі мережі називаються будівельна сітка, рис. 8.6.

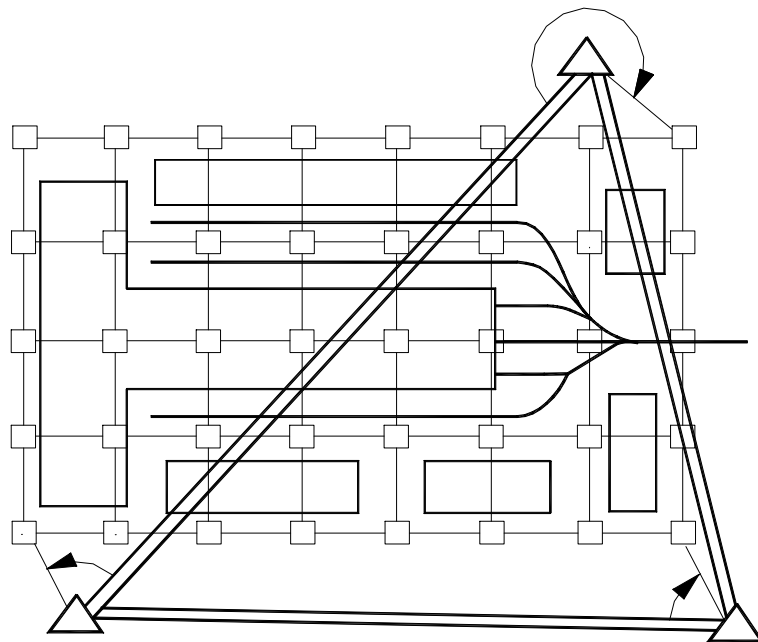


Рис. 8.6 - Будівельна сітка

Розмічувальні мережі бувають зовнішні й внутрішні. Зовнішні мережі застосовуються для виносу в натуру всього будинку в цілому. Внутрішні Розмічувальні мережі використовуються для розбивки окремих вузлів будинків.

На рис. 8.6 показане використання триангуляції для розбивки будівельної сітки.

Трилатерацію зручно застосовувати в тих випадках, коли кутові виміри не можуть дати необхідної точності, наприклад в розмічувальних мережах на цоколі будинку, рис. 8.7.

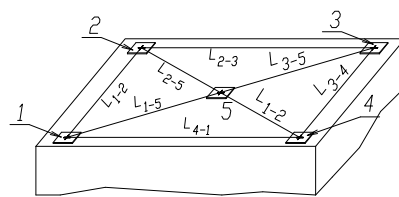


Рис. 8.7 - Використання трилатерації

Якщо виконується розбивка окремого будинку, то вона може виконуватися з використанням полігональних мереж, рис. 8.8.

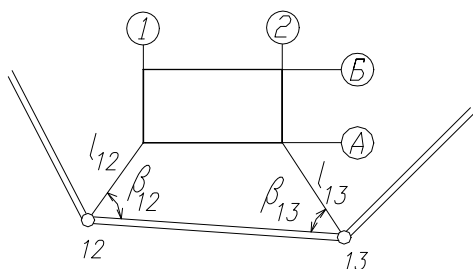


Рис. 8.8 - Використання полігональних мереж для розбивки окремих будинків

8.2 Державні геодезичні мережі

Основним національним геодезичним обґрунтуванням є державні геодезичні мережі. Вони будуються у вигляді триангуляції й полігонометрії.

Основними державними мережами в цей час є загальнодержавні триангуляційні мережі, рис. 8.9, що полягають із триангуляційних і полігонометричних мереж 1-4 класів. Схема мережі 1 класу наведена на рис. 8.9.

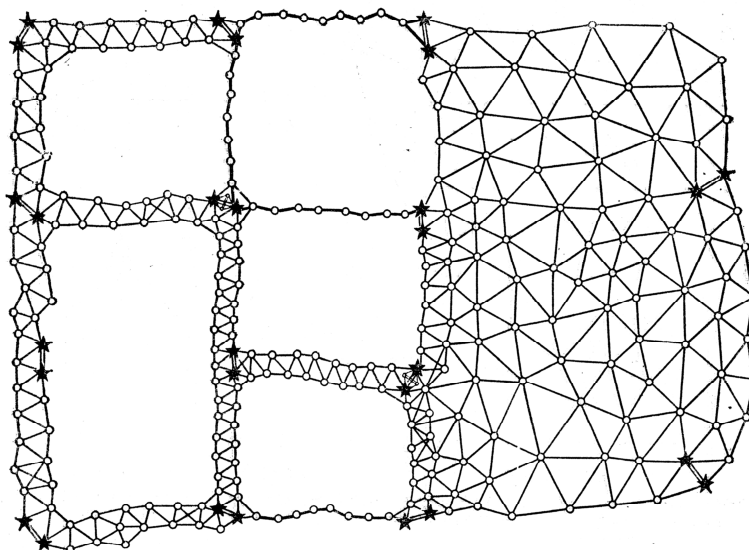


Рис. 8.9 - Схема триангуляційної мережі 1 класу

В останні десятиліття у зв'язку з розвитком супутникових технологій з'явилися супутникові геодезичні мережі, рис. 8.10.

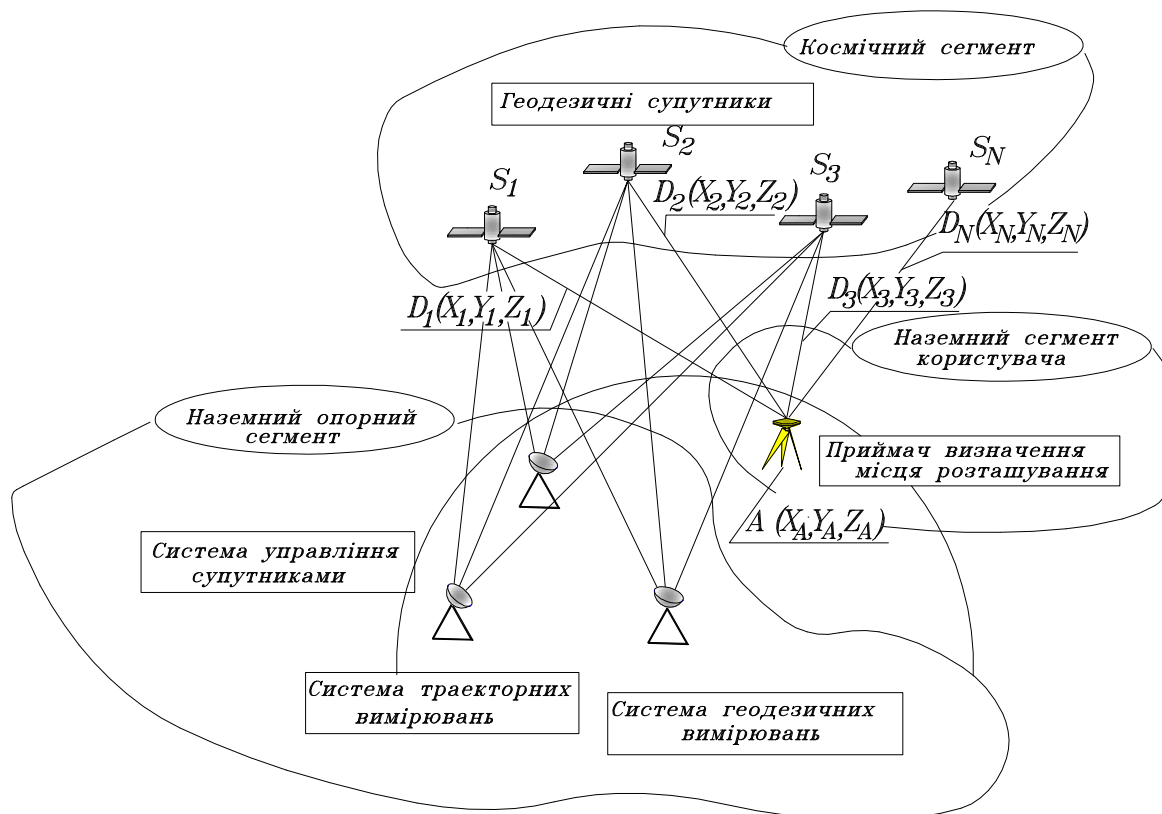


Рис. 8.10 – Супутникова система визначення місця розташування

Супутникова система визначення місця розташування – це сукупність трьох сегментів: наземного опорного сегмента, космічного сегмента й наземного сегмента користувача.

Наземний опорний сегмент складається із системи керування супутниками, системи траєкторних вимірів і системи геодезичних вимірів. Система керування супутниками забезпечує контроль параметрів супутників, формує інформаційні сигнали супутників, передає їх користувачам. Траєкторії супутників визначає система траєкторних вимірів. Визначення геодезичних координат усіх елементів системи здійснює система геодезичних вимірів.

Космічний сегмент являє собою орбітальне угруповання супутників (порядку 24), що обертаються на кругових орбітах на відстані порядку 200000 км над Землею з періодом обігу близько доби.

Користувацький сегмент являє собою польові приймачі супутникової системи визначення місця розташування. За допомогою цих приймачів здійснюється визначення координат точок земної поверхні.

Система траєкторних вимірів систематично визначає координати всіх супутників, апроксимує їх на будь-який заданий час і через систему керування супутниками передає цю інформацію на борт супутників.

Для визначення місця розташування точки $A(X_A, Y_A, Z_A)$ приймач системи супутникового визначення місця розташування (ПСВМ) одержує інформацію із

Таблиця 8.2 – Точність висотних геодезичних мереж

Клас мережі	Нев'язання в полігонах, мм	Точність виміру перевищень на одній станції, мм
<i>I</i>	$3\sqrt{L}$	0,15
<i>II</i>	$5\sqrt{L}$	0,5
<i>III</i>	$10\sqrt{L}$	1
<i>IV</i>	$20\sqrt{L}$	3
Технічний	$50\sqrt{L}$	10

8.4 Знімальні мережі

Польові роботи

До геодезичного знімального обґрунтування відносяться: мережі теодолітних ходів і технічного нівелювання. Геодезичні мережі будуються у вигляді замкнених і розімкнених ходів, що опираються на пункти обґрунтування вищих класів, на ділянках зі складним рельєфом застосовується обґрунтування, побудоване у вигляді триангуляційних, аналітичних або трилатераційних мереж.

В окремих випадках мережі будуються без прив'язки до початкових пунктів; у цьому випадку мережі називаються вільні. Якщо хід має прив'язку тільки з одного боку, такий хід називається висячий; у даних ходах відсутня можливість контролю. Рекомендується висячі ходи замикати, тобто виконувати виміру в прямому й зворотному напрямках.

Роботи зі створення планово-висотного знімального обґрунтування починаються з рекогносцировки (обстеження) ділянки робіт. Обстежаються початкові пункти, вибираються напрямки ходів, закріплюються пункти. Пункти закріплюються дерев'яними кілочками, рис. 8.11, або металевими штирями довжиною порядку 1м. Для кращого збереження вони обкопуються окопкою діаметром порядку 1м.

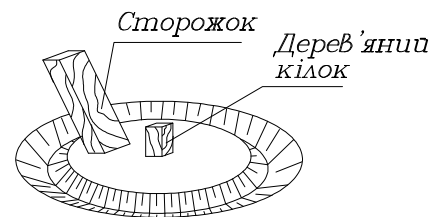


Рис. 8.11 - Закріплення точок теодолітного ходу

Виконуються кутові й лінійні виміри, нівелювання. Результати вимірів записуються в польові журнали з обов'язковим складанням схем вимірів. Здійснюється польова обробка журналів, остаточно уточнюються схеми вимірів;

Польові роботи вважаються закінченими, якщо повністю оброблені журнали, складені схеми вимірів і журнали перевірені керівником робіт.

Зразок остаточної схеми теодолітного ходу наведена на рис. 8.12.

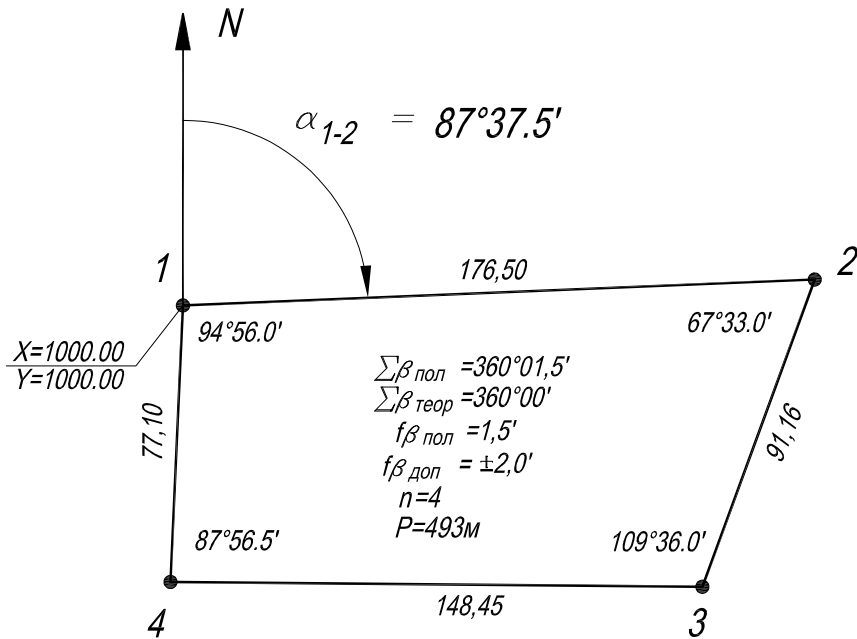


Рис. 8.12 - Схема теодолітного ходу

У процесі польових робіт зі створення знімального обґрунтування виконуються елементи контурної (теодолітної) зйомки, координуються відповідальні елементи ситуації (кути будинків, кварталів та ін.), нівелюються окремі елементи ситуації (оглядові колодязі, кути будинків, осі проїздів, бордюри та ін.)

Обчислення координат теодолітного ходу

Уписується зі схеми теодолітного ходу у відомість обчислення координат, табл. 8.3, номери точок (колонка 1), обмірювані кути (колонка 2), обмірювані відстані, наведені до обр'ю (колонка 5).

Обчислюється сума обмірюваних кутів

$$\Sigma\beta_{\text{ОДЕР}} = \Sigma\beta_{\text{ВИМІР}} \quad (8.5)$$

Теоретично сума обмірюваних кутів повинна задовольняти наступній умові:

$$\Sigma\beta_{\text{ОДЕР}} = \Sigma\beta_{\text{ТЕОР}}, \quad (8.6)$$

де $\Sigma\beta_{\text{ОДЕР}}$ - отримана сума обмірюваних горизонтальних кутів;

$\Sigma\beta_{\text{ТЕОР}}$ - теоретична сума горизонтальних кутів.

Для замкненого теодолітного ходу вона рівна

$$\Sigma\beta_{\text{ТЕОР}} = 180^\circ (n - 2), \quad (8.7)$$

де n - число внутрішніх кутів теодолітного ходу.

Для розрахунків теоретичної суми кутів розімкнутого теодолітного ходу необхідно знати дирекційні кути початкових сторін

$$\Sigma\beta_{\text{ТЕОР}} = \alpha_{\text{ПОЧ}} - \alpha_{\text{КИН}} + 180^\circ n \quad \text{- для ліволежачих горизонтальних кутів;}$$

$$\Sigma\beta_{\text{ТЕОР}} = \alpha_{\text{КИН}} - \alpha_{\text{ПОЧ}} + 180^\circ n \quad \text{- для праволежачих горизонтальних кутів;}$$

де $\alpha_{\text{ПОЧ}}$ - дирекційний кут початкової сторони;

$\alpha_{\text{КИН}}$ - дирекційний кут кінцевої сторони.

Різниця отриманої й теоретичної сум кутів утворюють кутове нев'язання $f\beta$

$$f\beta = \Sigma\beta_{\text{ОДЕР}} - \Sigma\beta_{\text{ТЕОР}}, \quad (8.8)$$

вона характеризує якість кутових вимірів. Обчислена кутова нев'язанню не повинна перевищувати допустимому

$$f\beta_{\text{ПРИП}} = 1\sqrt{n}, \quad (8.9)$$

де n – число кутів.

А якщо ні, то кутові виміри необхідно повторити.

Якщо кутове нев'язання не перевищує допустиме нев'язання, то обчислюються виправлення в обмірювані кути

$$\delta_{\beta} = -\frac{f\beta}{n}; \quad (8.10)$$

сума виправлень повинна рівнятися кутовому нев'язанню, узятій із протилежним знаком,

$$\Sigma\delta_{\beta} = -f\beta. \quad (8.11)$$

Таблиця 8.3 – Зразок відомості обчислень координат

№ тчк	Вимір. кути, °	Виправ. кути, °	Дирекц. кути, °	Відстан м.	Виравов. прирости в м		Випровлен. прирости в м		Координати, м	
					ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	X	Y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1					+1	-1			<u>1000,00</u>	<u>1000,00</u>
	-0,3		<u>87 37,5</u>	176,50	+7,31	+176,35	+7,32	+176,34		
2	67 33,0	67 32,7			+1	-1			1007,32	1176,34
	-0,4		200 04,8	91,16	-85,62	-31,30	-85,61	-31,31		
3	109 36,0	109 35,6			+1	-1			921,71	1145,03
	-0,4		270 29,2	148,46	+1,26	-148,45	+1,27	-148,46		
4	87 56,5	87 56,1							922,98	996,57
	-0,4		2 33,1	77,10	+77,02	+3,43	+77,02	+3,43		
1	94 56,0	94 55,6							<u>1000,00</u>	<u>1000,00</u>
			<u>87 37,5</u>							
2										

360 01.5 **360**

493,22

$f_x = -0,03$

f_y

$= +0,03$

$\Sigma\Delta X =$

0,00

$\Sigma\Delta Y =$

0,00

$$\Sigma\beta_{\text{ПОЛ}} = 360^{\circ}01.5';$$

$$\Sigma\beta_{\text{ТЕОР}} = 360^{\circ};$$

$$f\beta = +1.5';$$

$$\Sigma\beta_{\text{ДОП}} = 1'\sqrt{n}.$$

$$f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{0,03^2 + 0,03^2} = \pm 0,03;$$

$$\frac{f_s}{S} = \frac{1}{P/f_s} = \frac{1}{493,22/0,03} = \frac{1}{16441} \leq \frac{1}{2000}.$$

Виправлення вводяться в обмірювані кути, у табл. 8.3 виправлення записані над значеннями обмірюваних кутів (колонка 2).

Обчислюються виправлені кути.

$$\beta_{\text{ВИПР}} = \beta_{\text{ВИМІР}} + \delta_{\beta}. \quad (8.12)$$

Правильність уведення виправлень контролюється умовою

$$\Sigma\beta_{\text{ВИПР}} = \Sigma\beta_{\text{ТЕОР}}; \quad (8.13)$$

Проконтролювавши правильність уведення виправлень в обмірювані кути, обчислюються дирекційні кути

$$\begin{aligned}\alpha &= \alpha_0 + \beta_{ЛІВ} \pm 180 \\ \alpha &= \alpha_0 - \beta_{ПРАВ} \pm 180\end{aligned}\quad (8.14)$$

де $\beta_{ЛІВ}$, $\beta_{ПРАВ}$ - відповідно ліволежачи й праволежачи по ходу виправлені горизонтальні кути.

Контроль - обчислений по ходу початковий дирекційний кут повинен бути рівний початковому;

Наступний етап обчислень це обчислення збільшень координат

$$\begin{aligned}\Delta X &= S \cos \alpha \\ \Delta Y &= S \sin \alpha\end{aligned}\quad (8.15)$$

При обчисленні збільшень координат слід звернути увагу на їхні знаки, вони відповідають знакам функцій синус і косинус дирекційних кутів; для контролю можна скористатися наступним співвідношенням:

$$\begin{aligned}\text{якщо } 0 < \alpha < 90^\circ, & \text{ те } \Delta X > 0, \Delta Y > 0; \\ \text{якщо } 90^\circ < \alpha < 180^\circ, & \text{ те } \Delta X < 0, \Delta Y > 0; \\ \text{якщо } 180^\circ < \alpha < 270^\circ, & \text{ те } \Delta X < 0, \Delta Y < 0; \\ \text{якщо } 270^\circ < \alpha < 360^\circ, & \text{ те } \Delta X > 0, \Delta Y < 0.\end{aligned}$$

Числове значення приростів контролюється теоремою Піфагора

$$S = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}.\quad (8.16)$$

Обчислені прирости координат записуються в колонки 6,7 відомості обчислення табл. 8.3.

Сума приростів координат дозволяє здійснити контроль якості лінійних вимірів. Якщо в обмірюваних лініях є погрішності, то остання точка теодолітного ходу не збіжиться з початковою, рис. 8.12, тобто утворюється абсолютне лінійне нев'язання f_s по якій здійснюється контроль якості лінійних вимірів

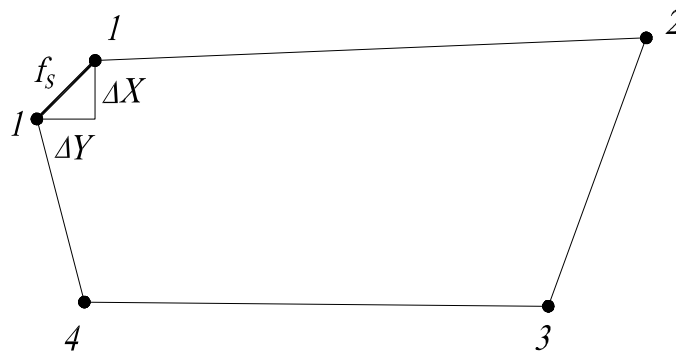


Рис. 8.13 - Лінійне нев'язання теодолітного ходу

$$\frac{f_s}{S} \leq \frac{1}{2000},\quad (8.17)$$

де S - довжина теодолітного ходу (для замкненого ходу - периметр полігона)

$$f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2},\quad (8.18)$$

де f_x, f_y - відповідно, нев'язання в приростах координат.

Нев'язання в приростах координат рівні різниці отриманих і теоретичних сум приростів координат

$$\begin{aligned} f_x &= \sum \Delta X_{ОДЕР} - \sum \Delta X_{ТЕОР}, \\ f_y &= \sum \Delta Y_{ОДЕР} - \sum \Delta Y_{ТЕОР}. \end{aligned} \quad (8.19)$$

Для замкненого теодолітного ходу теоретична сума приростів координат дорівнює нулю, отже, нев'язання в приростах координат рівні

$$\begin{aligned} f_x &= \sum \Delta X, \\ f_y &= \sum \Delta Y; \end{aligned} \quad (8.20)$$

$$\begin{aligned} \sum \Delta X_{ТЕОР} &= X_{КІН} - X_{ПОЧ}; \\ \sum \Delta Y_{ТЕОР} &= Y_{КІН} - Y_{ПОЧ}, \end{aligned} \quad (8.21)$$

таким чином, для розімкнутого полігона нев'язання в збільшеннях координат будуть рівні

$$\begin{aligned} f_x &= \sum \Delta X - X_{КІН} - X_{ПОЧ}; \\ f_y &= \sum \Delta Y - Y_{КІН} - Y_{ПОЧ}, \end{aligned} \quad (8.22)$$

де $X_{КІН}$, $Y_{КІН}$, $X_{ПОЧ}$, $Y_{ПОЧ}$ - відповідно, координати кінцевої й початкової точок.

Завершивши обчислення нев'язань у приростах координат (8.20), (8.22), абсолютного лінійного нев'язання (8.17) і проконтролювавши лінійне нев'язання на відповідність допуску (8.16), обчислюються виправлення в приростах координат

$$\begin{aligned} \delta_x &= -\frac{f_x}{P} S_i, \\ \delta_y &= -\frac{f_y}{P} S_i, \end{aligned} \quad (8.23)$$

де S_i - обмірювана відстань у сотнях метрах;

P - периметр полігона або довжина теодолітного ходу в сотнях метрів.

Контролем правильності обчислення приростів координат буде дотримання наступного умови:

$$\begin{aligned} \sum \delta_x &= -f_x, \\ \sum \delta_y &= -f_y. \end{aligned} \quad (8.24)$$

Виправлення записуються над обчисленими приростами координат у колонках 6 і 7 відомості, табл. 8.3.

Якщо умова (8.23) виконане, то обчислюються виправлені прирости координат

$$\begin{aligned} \Delta X_{ВИПР} &= \Delta X + \delta_x, \\ \Delta Y_{ВИПР} &= \Delta Y + \delta_y; \end{aligned} \quad (8.25)$$

$$\begin{aligned} \text{контроль} - \sum \Delta X_{ВИПР} &= 0, \\ \sum \Delta Y_{ВИПР} &= 0, \end{aligned} \quad \text{для замкненого теодолітного ходу;} \\ \sum \Delta X_{ВИПР} &= X_{КІН} - X_{ПОЧ}, \\ \sum \Delta Y_{ВИПР} &= Y_{КІН} - Y_{ПОЧ}. \end{aligned} \quad \text{для розімкнутого теодолітного ходу.}$$

Завершальною операцією обробки теодолітного ходу є обчислення координат

$$\begin{aligned} X &= X_0 + \Delta X; \\ Y &= Y_0 + \Delta Y, \end{aligned} \quad (8.26)$$

де X, Y - координати наступних точок;
 X_0, Y_0 - координати попередніх точок;
 $\Delta X, \Delta Y$ - виправлені прирости координат.

Нівелювання точок теодолітного ходу

Виробництво нівелювання точок теодолітного ходу складається з декількох операцій. Складається схема вимірів, попередньо ознайомившись із розміщенням реперів і підходів до них, зразок схеми наведений на рис. 8.13. Установлюється нівелір між вимірюваними точками, таким чином, щоб відстань між точками й нівеліром було приблизно однаковим, наприклад, між $Rp1$ і точкою 3, рис.8.14. Приводиться нівелір у робоче положення. Установлюється рейка на задню точку, на рис. 8.14 задньої буде точка $Rp1$.

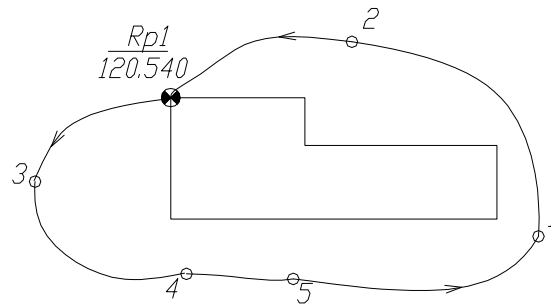


Рис. 8.13 - Схема нівелювання точок теодолітного ходу

Наводиться труба нівеліра на задню точку. В рівневих нівелірах елеваційним гвинтом сполучаються кінці пухирця циліндричного рівня в єдину дугу, рис.8.15. У нівелірах з компенсатором легким постукуванням по корпусу приладу або невеликим поворотом піднімального гвинта контролюється робота компенсатора, якщо компенсатор виправлений, то при порушенні коливань корпусу нівеліра відлік по рейці повинен бути незмінним.



Рис.8.14 - Прив'язка до репера

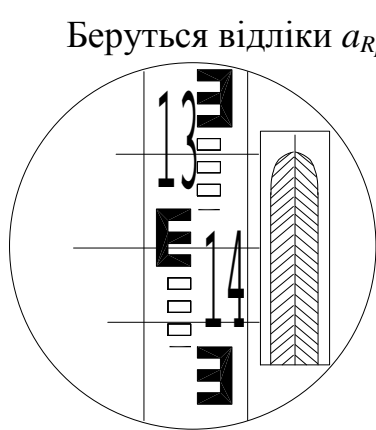


Рис. 8.15 - Поле зору нівеліра

Беруться відліки $a_{Rp}^{ЧОР}$, $a_{Rp}^{ЧЕР}$ по чорній і червоній сторонам рейки, контролюючи різницю п'ят ($a_{Rp}^{ЧЕР} - a_{Rp}^{ЧОР}$), вона не повинна відрізнятись від постійної рейки більш ніж на 5мм. Записуються ці відліки в польовий журнал.

Установлюється рейка на передню точку. Наводиться труба нівеліра на передню точку. В рівневих нівелірах елеваційним гвинтом сполучаються кінці пухирця циліндричного рівня в єдину дугу, рис. 8.15. У нівелір з компенсатором легким постукуванням по корпусу або невеликим поворотом піднімального гвинта контролюється робота компенсатора.

Беруться відліки $b_3^{ЧОР}$, $b_3^{ЧЕР}$ по чорній і червоної сторонам рейки, контролюючи різницю п'ят ($b_3^{ЧЕР} - b_3^{ЧОР}$), вона не повинна відрізнятись від постійної рейки більш ніж на 5мм. Якщо на станції є точки, позначки яких необхідно визначити, послідовно встановлюється рейка на ці точки й проводиться відлічування по чорній стороні рейки, відлік c_i .

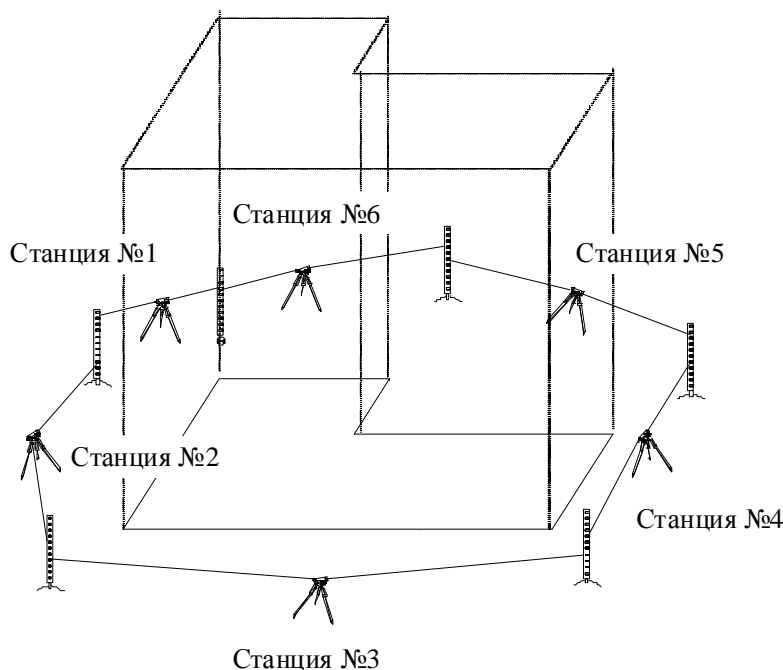


Рис. 8.17 - Схема виробництва нівелювання

Записуються ці відліки в польовий журнал. Обчислюються перевищення по чорній і червоної сторонам рейки

$$h_{ЧОР} = a_{Rp}^{ЧОР} - b_3^{ЧОР}; \quad (8.27)$$

$$h_{ЧЕР} = a_{Rp}^{ЧЕР} - b_3^{ЧЕР}$$

Установлюється нівелір на наступній станції й аналогічно виконуються виміри наступного перевищення, рис. 8.17.

Роботи завершуються замиканням ходу на початковому реперові $Rp1$.

Форма нівелірного журналу наведена в табл.8.4.

Таблиця 8.4 - Журнал нівелювання точок теодолітного ходу

№ ст	№ тчк	Відліки по рейках			Перевищення			Позначки	
		задній	передній	проміж	обчислений	середні	виправлений	ГІ	точок
	Rp1	1620	1645		-0025	+1		122.160	<u>120.540</u>
1		6402	6429		-0027	-0026	-0025	122.160	
	m3	4782	4784					122.160	120.515
	1			1580					120.580
	2			1495					120.665
	m3	1595	1847		-0252	+1			120.515
2		6380	6630		-0250	-0251	-0250		
	m4	4785	4783						120.265
	2	0736	1426		-0690	+1			121230
6		5520	6212		-0692	-0691	-0690		
	Rp1	4784	4786						<u>120.540</u>
Контроль		<u>17226</u> 17220 -6	-17220		-13	-6	0000		

$$fh = -6 \text{ мм}$$

$$fh_{\text{прип}} = 50\sqrt{L} = 50 \times \sqrt{0.78} = 44 \text{ мм.}$$

Контроль:

$$\sum a_{\text{ЗАДН}} - \sum b_{\text{ПЕРЕД}} = 2 \sum h_{\text{ВИРАХ}}; \quad (8.28)$$

$$2 \sum h_{\text{ВИРАХ}} = \sum h_{\text{СЕРЕД}}. \quad (8.29)$$

Якщо умови не виконані, необхідно відрядково перевірити усю арифметику, звернувши увагу на знаки перевищень і тільки після чого зробити контрольні виміри. При пошуку погрішностей при виконанні нівелювання в першу чергу необхідно звернути увагу на ті станції в яких були погрішності або які-небудь проблеми.

Обчислюється нев'язання в перевищеннях

$$fh = \sum h_{\text{СЕРЕД}}. \quad (8.30)$$

Контролюється припуск нев'язання

$$fh_{\text{прип}} = 50\sqrt{L}, \quad (8.31)$$

де L - довжина ходу в км.

Якщо отримане нев'язання неприпустиме, то необхідно перевірити повторно журнал і тільки після чого провести контрольні виміри. Обчислюються виправлення в перевищення

$$\delta_n = -\frac{fh}{n} \quad (8.32)$$

де n - число станцій у нівелірному ході.

Обчислюються виправлені перевищення

$$h_{\text{ВИРАХ}} = h_{\text{СЕРЕД}} + \delta_n \quad (8.33)$$

Контролюється правильність обчислення виправлених перевищень

$$\sum h_{\text{ВИПР}} = 0 \quad (8.34)$$

Обчислюються позначки точок:

$$\begin{aligned} H_3 &= H_{Rp1} + (h_{\text{ВИПР}})_{Rp1-3}; \\ H_4 &= H_3 + (h_{\text{ВИПР}})_{3-4}; \\ H_5 &= H_4 + (h_{\text{ВИПР}})_{4-5}; \\ H_1 &= H_5 + (h_{\text{ВИПР}})_{5-1}; \\ H_2 &= H_1 + (h_{\text{ВИПР}})_{1-2}; \\ H_{Rp1} &= H_2 + (h_{\text{ВИПР}})_{2-Rp1}. \end{aligned} \quad (8.35)$$

Уписуються виправлені перевищення й позначки точок у схему нівелювання польового журналу.

Зразок оформленої схеми нівелювання наведено на рис.8.18.

На станціях на яких є проміжні точки обчислюється Позначка обрїю інструмента станції:

$$H_{\text{ГП}} = \frac{H_{\text{ГП}}^A + H_{\text{ГП}}^B}{2}, \quad (8.36)$$

- де $H_{\text{ГП}}^A$ - Позначка обрїю інструмента, певна по задній точки;
 $H_{\text{ГП}}^B$ - Позначка обрїю інструмента, певна по передній точки;
 $H_{\text{ГП}}^A = H_A + a_{\text{ЧОР}}$;
 $H_{\text{ГП}}^B = H_B + b_{\text{ЧОР}}$.

Дана робота вважається завершеної якщо, повністю оброблений журнал, тобто: обчислені всі перевищення, зроблений посторінковий контроль, обчислена нев'язка, обчислені виправлення й виправлене перевищення, обчислені позначки й складена схема.

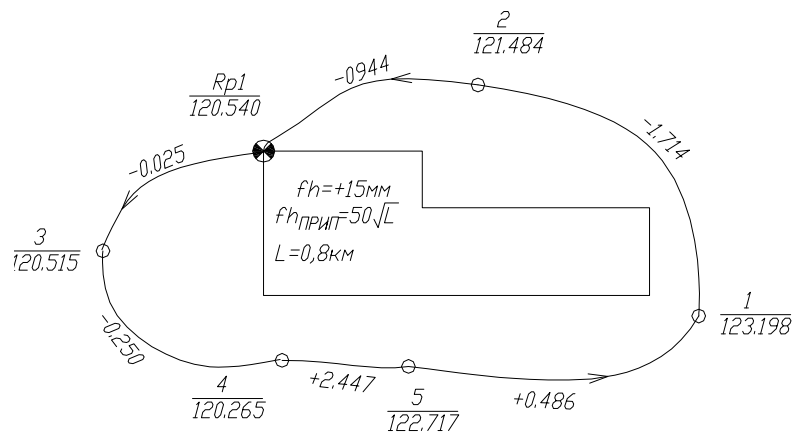


Рис.8.18 - Зразок повністю заповненої схеми нівелірного ходу

9 ТОПОГРАФІЧНІ ЗЙОМКИ

9.1 Сутність, види й способи топографічних зйомок

Топографічна зйомка це визначення координат елементів ситуації й рельєфу з метою одержання топографічних матеріалів.

Процес одержання топографічних матеріалів складається із двох етапів – топографічна зйомка й складання матеріалів.

Види зйомки визначаються методикою й засобами вимірів, застосовуваними для зйомки. Найпоширеніші наступні види наземних зйомок:

- 1) контурна (теодолітна);
- 2) нівелірна;
- 3) тахеометрична;
- 4) фототопографічна;
- 5) супутникова;
- 6) комбінована.

Способи зйомок ситуації визначаються використовуваними для зйомки системами координат. Вони слідує:

- створна;
- перпендикулярна;
- полярна;
- кутова й лінійна зарубки;
- прямокутних координат.

9.2 Контурна (теодолітна) зйомка

Контурна зйомка це вид зйомки, при якій координати характерних точок ситуації визначаються в процесі прокладки теодолітних ходів такими способами: створним, полярним, перпендикулярів, зарубок, координат. При виконанні кутових вимірів виконується зйомка елементів ситуації полярним способом, вимірюючи кути й відстані. Якщо лінійні виміри ускладнені, то застосовується кутова зарубка. При виконанні лінійних вимірів створним способом визначаються положення об'єктів, що перетинають лінію вимірів, а способом перпендикулярів фіксуються об'єкти, що перебувають поруч із вимірюваною лінією. Якщо відстані до контурів, що знімаються, не перевищують довжини мірного приладу, то рекомендується застосовувати спосіб лінійної зарубки.

У процесі зйомки ведеться польовий абрис, рис. 9.1, на якому схематично показуються всі елементи ситуації й приводяться результати лінійні вимірів.

Теодолітна зйомка, як правило, використовується в якості доповнень до інших видів зйомки або застосовується при проведенні коректури існуючих топографічних планів.

дві суміжні точки обґрунтування, рис. 9.3. На ділянках зі складним рельєфом прокладається нівелірний хід, у якості сполучних точок використовуються будь-які підходящі точки, а вершини квадратів нівелюються як проміжні точки. Зразок нівелювання майданчика по квадратах з декількох нівелірних станцій показаний на рис. 9.4.

Зразок запису журналу нівелювання по квадратах наведений у табл. 9.1.

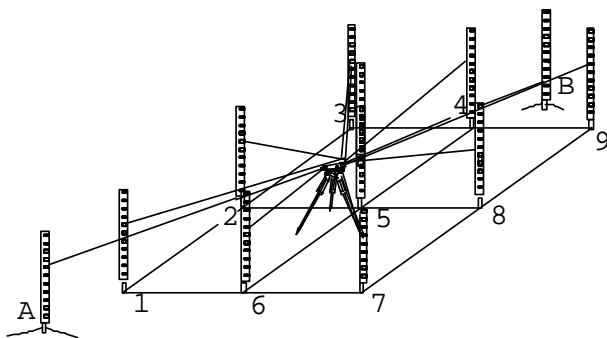


Рис. 9.3 - Нівелювання сітки квадратів

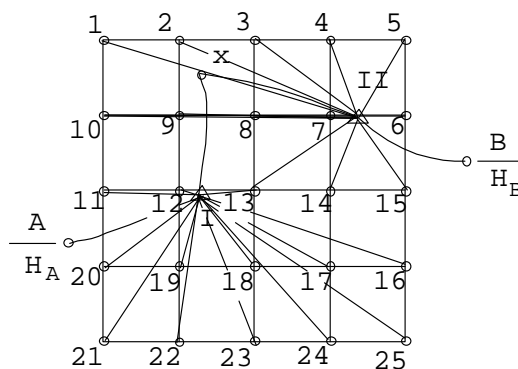


Рис. 9.4 - Нівелювання квадратів з декількох нівелірних станцій

Таблиця 9.1 - Журнал нівелювання по квадратах

№ ст	№ тчк	Відліки по рейках			Перевищення			Позначки	
		задній	передн	проміж	обчислений	середні	виправлений	ГІ	точок
	m2	0635	2934		-2299	+2		123,755	<u>123.120</u>
1		5417	7720		-2303	-2302	-2300	<u>123,754</u>	
	m3	4782	4786					123,754	<u>120.820</u>
	1			1235					122.519
	2			1195					122.559

Конт- роль		6052	10654		-4602 -4602	-2302	-2300		

$$fh = \sum h_{\text{СЕРЕД}} - (n_3 - n_2) = -2302 - (-2300) = -2\text{мм},$$

$$fh_{\text{ПРИП}} = 10\sqrt{n} = 10\sqrt{1} = 10\text{мм}..$$

9.4 Тахеометрична зйомка

При тахеометричній зйомці планове положення характерних точок ситуації й рельєфу визначається полярним способом, висотне - тригонометричним нівелюванням, рис. 9.5. Зйомка виконується теодолітом-тахеометром.

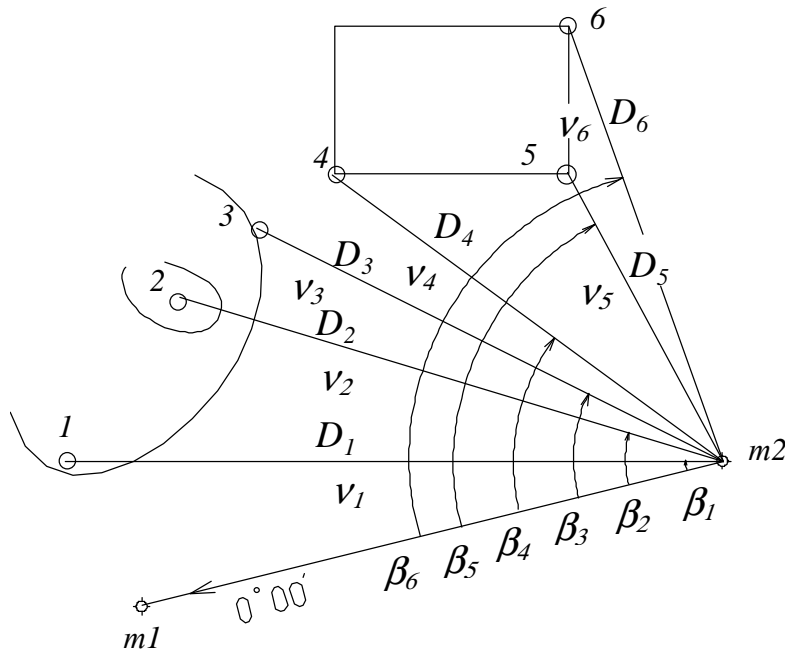


Рис. 9.5 - Тахеометрична зйомка

Горизонтальні кути визначаються відліками по горизонтальному колу при орієнтуванні нуля лімба на суміжну точку планово-висотного обґрунтування.

Позначка точки, B , що знімається, рис. 9.6, рівна:

$$H_B = H_A + h' + i - V, \quad (9.1)$$

де H_A - позначка точки обґрунтування;

$h' = Stg v$;

V - висота візування;

i - висота інструмента.

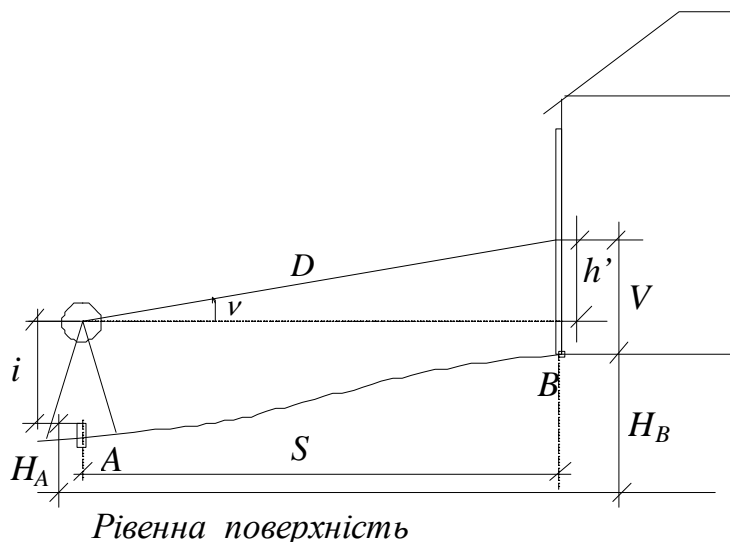


Рис. 9.6 - Тригонометричне нівелювання

Робота на тахеометричній станції складається із двох етапів. На першому етапі встановлюється теодоліт на знімальну станцію, вимірюється висота інструмента, тахеометр приводиться в робоче положення. Складається абрис

зйомки, рис. 9.7. На задню точку виконуються контрольні виміри, визначається місце нуля, далекомірна відстань і виконується орієнтування нуля лімба на цю точку.

На другому етапі виконується безпосередньо зйомка. Послідовно встановлюється рейка на всі пікетні точки, проводиться відлічування по горизонтальному кругу, визначається далекомірна відстань і виконується відлік по вертикальному кругу.

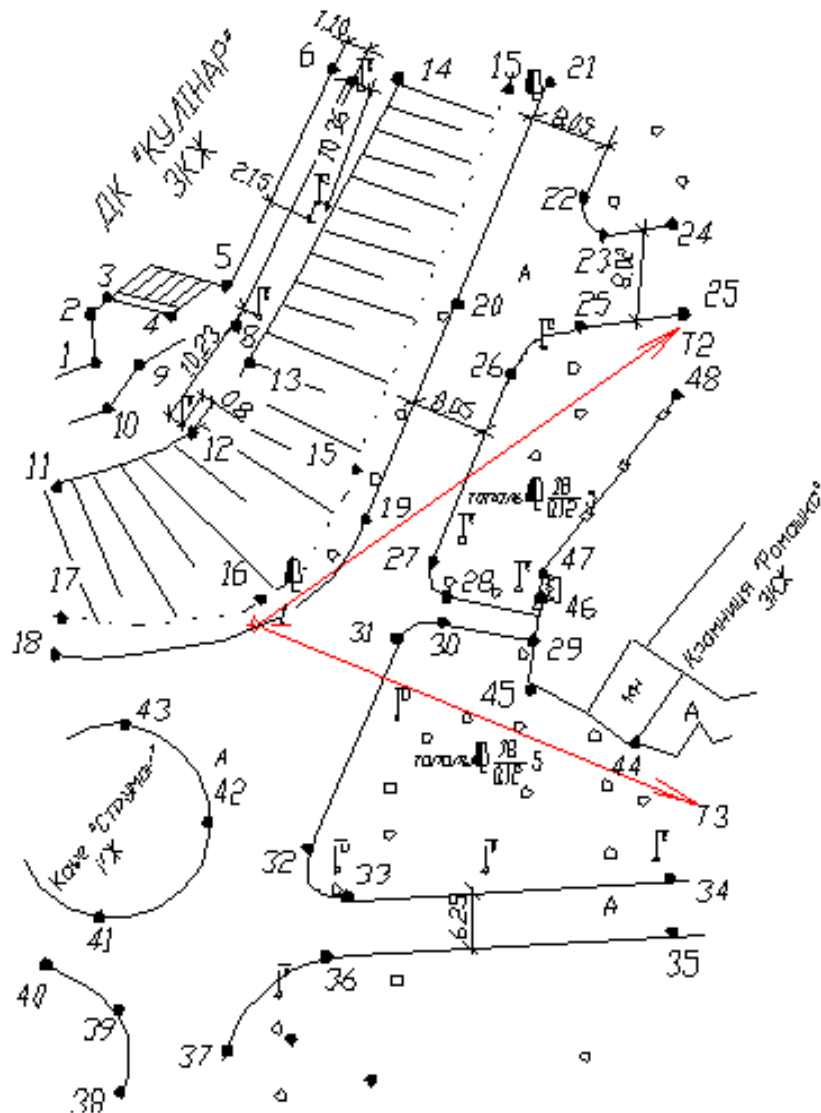


Рис. 9.7 - Абрис тахеометричної зйомки

Роботи на станції завершуються контрольним наведенням труби на орієнтирну точку й повторним визначенням далекомірної відстані, місце нуля й контролюється орієнтування. Відхилення відліку по горизонтальному кругу при повторному наведенні на орієнтирну точку не повинне перевищувати $2'$, різниця відстаней, певних на початку й наприкінці роботи на станції не повинна перевищувати $1/200$, а різниця значень місце нуля, певних на початку й наприкінці роботи на станції не повинне перевищувати $2'$.

Результати вимірів записуються в польовий журнал, форма якого наведена в табл. 9.2.

Таблиця 9.2 - Журнал тахеометричної зйомки

Дата 6.06.99

Спостерігач Осадчук І.

Станція № 2 $i=1.45$ $МО=-1'$

$H_{СТАН} = 120,54$

$H_{РОБ} = 120,99$

№ точ	Далекомірна відстань м	Відлік по горизонт кругу ° '	Відлік по вертикал кругу ° '	МО	Вертик кут ° '	Гориз проєкція відстані м	h м	H м	Примітки
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
т.3	86.50	0 0.0	Л 1 15	-1.0	1 16	86.50	1.91	122.90	орієнт точка
			П -1 17						
1	122.5	351 24.0	-0 15.0		-0 14.0	122.5	-0.50	120.49	бордюр
2	107.0	12 12.5	-0 24.0		-0 23.0	107.0	-0.72	120.27	-*-
3	85.0	26 45.6	- 0 10			85.0	-0.22	120.77	стовп
т.3	86.50	0 0.0	Л 1 16	-1.0	1 16	86.50	1.91	122.90	орієнт точка
			П -1 18						

Обробка журналу тахеометричної зйомки виконується в такій послідовності:

1) уписуються позначки станцій у тахеометричний журнал з журналу нівелювання точок теодолітного ходу;

2) обчислюються робочі позначки для кожної станції

$$H_{РОБ} = H_{СТ} + i - v, \quad (9.2)$$

де i - висота інструмента;

v - висота візування;

$H_{СТ}$ - позначка станції;

робочі позначки записуються в журнал нижче позначок станцій;

3) обчислюються значення місця нуля для кожної станції

$$МО = \frac{КЛ + КП}{2}, \quad (9.3)$$

ці значення теоретично повинні бути однаковими, допускається розбіжність до 2', якщо одне зі значень місця нуля визначене помилково, то для даної станції використовується середнє значення місця нуля, обчислене по інших станціях;

4) обчислюються значення кутів нахилу

$$v = КЛ - МО; \quad (9.4)$$

5) обчислюються горизонтальне прокладання ліній

$$S = D \cos v, \quad (9.5)$$

де D - далекомірна відстань;

v - кут нахилу, якщо $v < 3^\circ$, те $S = D$;

б) обчислюються перевищення

$$h = Stg v; \quad (9.6)$$

7) обчислюються позначки пікетних точок

$$H_{\text{пик}} = H_{\text{роб}} + h. \quad (8.7)$$

Горизонтальні кути визначаються відліками по горизонтальному кругу при орієнтуванні нуля лімба на суміжну точку планово-висотного обґрунтування.

Позначка точки, що знімається, B , рис. 9.4, рівна:

$$H_B = H_A + h' + i - V, \quad (9.1)$$

де H_A - позначка точки обґрунтування;

$$h' = Stg v;$$

V - висота візування;

i - висота інструмента.

Повна автоматизація процесу вимірів і передачі польової інформації досягається об'єднанням в одному приладі теодоліта з автоматичною реєстрацією



Рис. 9.8 - Електронний тахеометр

відліків (кодового теодоліта), світлодалекоміра й комп'ютера. У цьому випадку інформація, одержувана при зйомці, попередньо обробляється на внутрішньому комп'ютері й за допомогою спеціальної електронної картки, або по дроту передається на подальшу обробку. Зовнішній вигляд електронного тахеометра подібної конструкції наведений на рис. 9.8.

9.5 Загальні поняття про фотографічні методи топографічних зйомок.

мок.

Фотографічне зображення являє собою центральну проекцію об'єкта зйомки. Якщо відомі параметри зйомки, відстань S , фокусна відстань об'єктива фотокамери f , кути розвороту фотокамери щодо об'єкта, то по знімках є можливість визначати координати елементів ситуації, рис. 9.9.

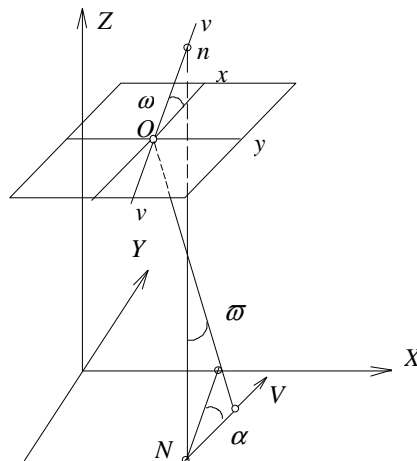


Рис 9.9 - Залежність між координатами місцевості й знімка

Формули загальної залежності між координатами точки місцевості й знімка мають вигляд

$$\begin{aligned} X - X_s &= (Z - Z_s) \frac{a_1(x - x_0) + a_2(y - y_0) - a_3f}{c_1(x - x_0) + c_2(y - y_0) - c_3f}; \\ Y - Y_s &= (Z - Z_s) \frac{b_1(x - x_0) + b_2(y - y_0) - b_3f}{c_1(x - x_0) + c_2(y - y_0) - c_3f}, \end{aligned} \quad (9.7)$$

де $a_1 = \cos\alpha \cos\chi - \sin\alpha \sin\omega \sin\chi$;
 $a_2 = -\cos\alpha \sin\chi - \sin\alpha \sin\omega \cos\chi$;
 $a_3 = -\sin\alpha \cos\chi$;
 $b_1 = -\cos\omega \sin\chi$;
 $b_2 = \cos\omega \cos\chi$;
 $b_3 = -\sin\omega$;
 $c_1 = \sin\alpha \cos\chi + \sin\alpha \sin\omega \sin\chi$;
 $c_2 = -\sin\alpha \sin\chi + \cos\alpha \sin\omega \cos\chi$;
 $c_3 = \cos\alpha \cos\omega$, $X_s, Y_s, \alpha, \omega, \chi$ - елементи зовнішнього орієнтування фотокамери;

x_0, y_0, f - елементи внутрішнього орієнтування фотокамери.

Координата Z (позначка точки) визначається по стереопарі фотознімків, рис. 9.10.

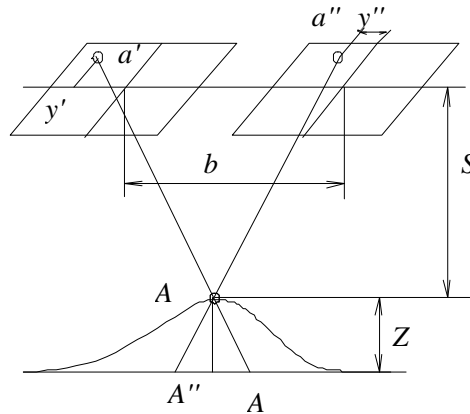


Рис 9.10 – Стереоскопічна зйомка

$$Z = \frac{S\Delta p}{b + \Delta p}, \quad (9.8)$$

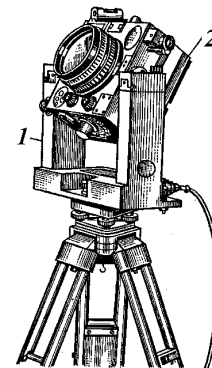
де S - відстань зйомки;

$\Delta p = y' - y''$;

b - базис фотографування.

Наука, що вивчає методи й засоби вимірів по фотозображеннях, називається фотограмметрія.

Фотозйомка буває наземної, аерокосмічної. Для наземної фотозйомки використовуються фототеодоліти, рис. 9.11, для аерокосмічної фото-



1-теодоліт; 2-фотокамера

Рис. 9.11 - Фототеодоліт

зйомки застосовуються спеціальні фотоапарати.

Аерокосмічні способи зйомки застосовуються при картографуванні великих ділянок земної поверхні й при топографічних зйомках масштабів від 1:5000 і дрібніше для промислового й цивільного будівництва. Так, наприклад, тільки один знімок, зроблений з орбітальної космічної станції фіксує площа близько 200000 км².

Фототеодолітна зйомка застосовується на локальних ділянках земної поверхні з більшою кількістю елементів ситуації, наприклад при зйомках геологічних розрізів, архітектурних пам'ятників та ін.

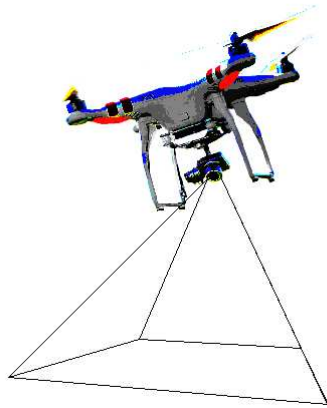


Рис. 9.12 -Безпілотний літальний апарат

Досягнення в області електроніки дозволили створити навігаційне встаткування для літальних апаратів масою не більш 1 кг. Що у свою чергу привело до створення геодезичних безпілотних літальних апаратів для аерознімання, рис. 9.12. Якщо вартість однієї години польоту пілотованих літальних апаратів становить кілька тисяч гривень, то для безпілотників, що працюють на аккумуляторах досить усього кілька сот ватів електроенергії.

У результаті обробки знімків одержують цифрові моделі місцевості, фотоплани й топографічні плани, рис. 9.13-9.14.

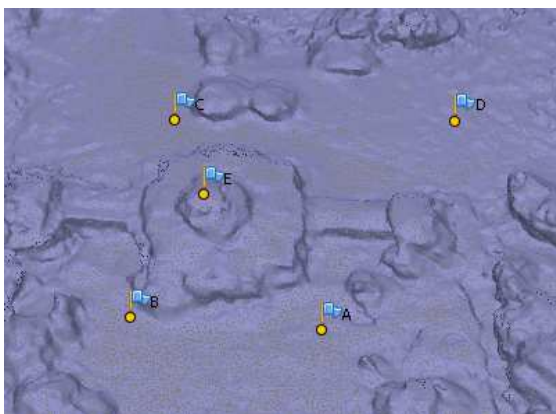


Рис. 9.13 - Каркасна модель



Рис. 9.14 -Текстурірована модель

Результатом обробки матеріалів зйомки виходить топографічний план ділянки місцевості, рис. 9.15.

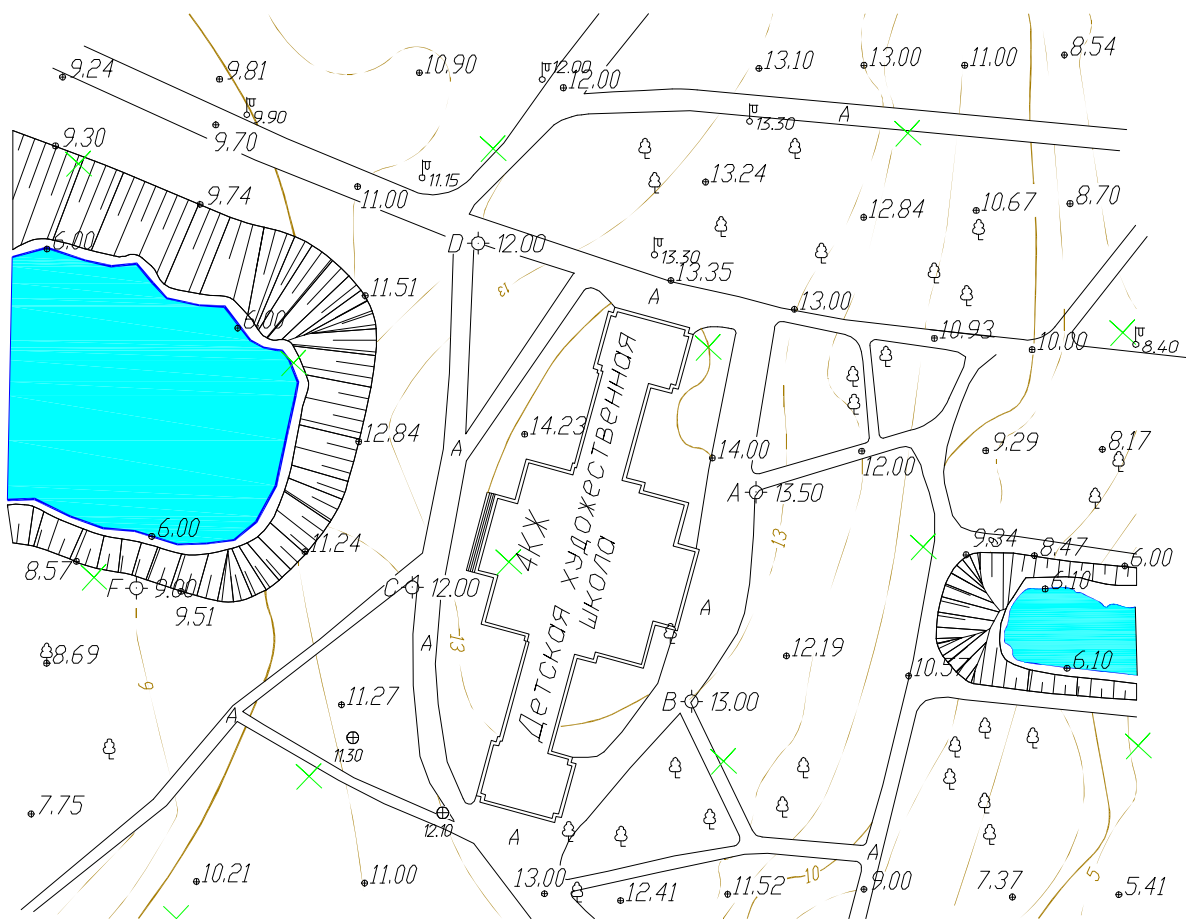


Рис. 9.15 - Топографічний план

9.6 Складання топографічних планів

Початковими матеріалами для складання топографічних планів є оброблені польові матеріали топографічних зйомок. Склад цих матеріалів наступний:

- 1) абрисы топографічних зйомок;
- 2) відомості обчислень координат планово-висотного обґрунтування;
- 3) нівелірні журнали;
- 4) журнали тахеометричних зйомок.

Розбивка координатної сітки

Робота зі складання плану починається з підготовки ватману й розбивки координатної сітки. План складається на ватмані в стандартних форматах виходячи з масштабу й площі зйомки.

Координатна сітка для великомасштабних планів має клітки розміром 10 на 10 см. Для її розбивки застосовуються спеціальні лінійки, наприклад лінійка Дробишева, довжиною порядку 100 см. Якщо спеціальна лінійка відсутня, то для розбивки сітки можна застосовувати звичайну вивірену лінійку довжиною 1м.

Проводяться діагоналі, рис. 9.16, і від точки перетинання діагоналей відкладаються рівні відрізки a , кінці яких утворюють прямокутник, що є основою побудови координатної сітки. На основі даного прямокутника, відкладаючи по його сторонах десяти сантиметрові відрізки, будується сітка.

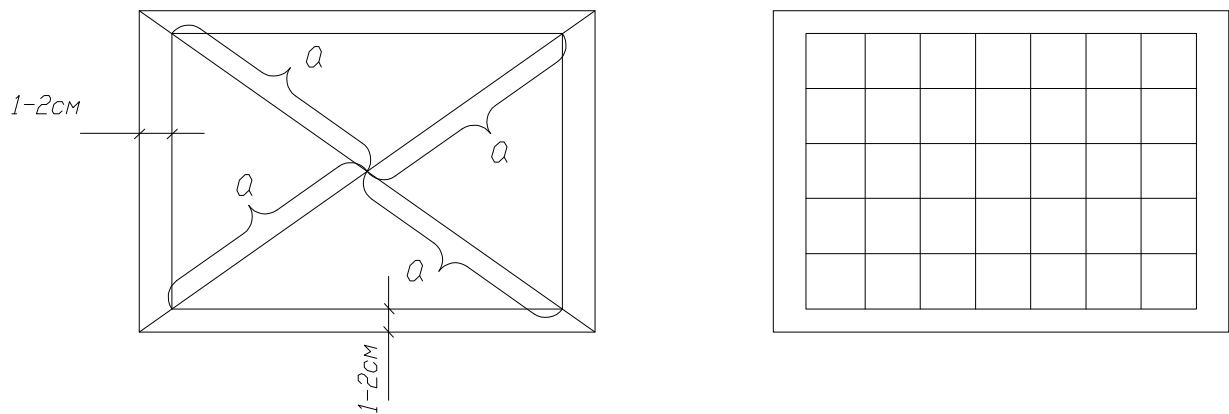


Рис. 9.16 - Розбивка координатної сітки методом діагоналей

Для контролю якості розбивки сітки проводяться діагональні лінії, максимальні довжини сторін трикутників погрішностей, одержуваних у вершинах квадратів, не повинні перевищувати 1мм.

Цифрування ліній координатної сітки

Лінії координатної сітки повинні бути цифровані таким чином, щоб план повністю помістився в рамки аркуша ватману. Для цього обчислюються середні координати точок теодолітного ходу:

$$X_0 = \frac{\sum X_i}{n}, \quad Y_0 = \frac{\sum Y_i}{n}; \quad (9.9)$$

де X_i, Y_i – координати точок теодолітного ходу.

Ці значення будуть координатами середніх ліній сітки, рис. 9.17.

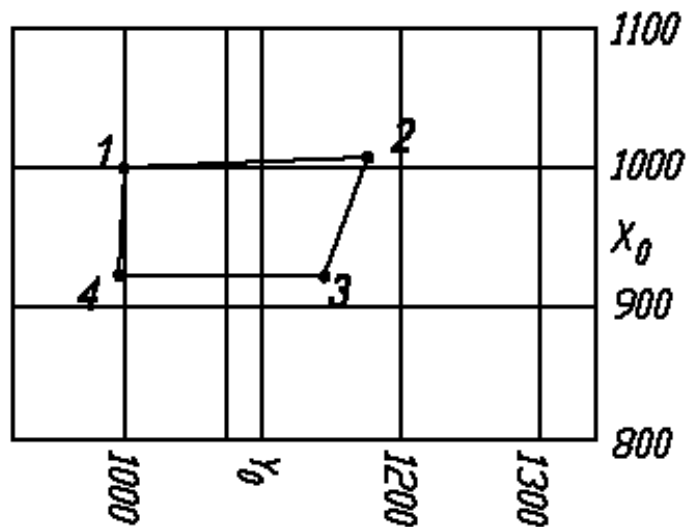


Рис. 9.17 - Цифрування координатної сітки

На око по координатах наносяться точки теодолітного ходу. Проводиться границя зйомки, рис. 9.18.

лодшого значення найближчої цієї точки лінії координатної сітки по осі

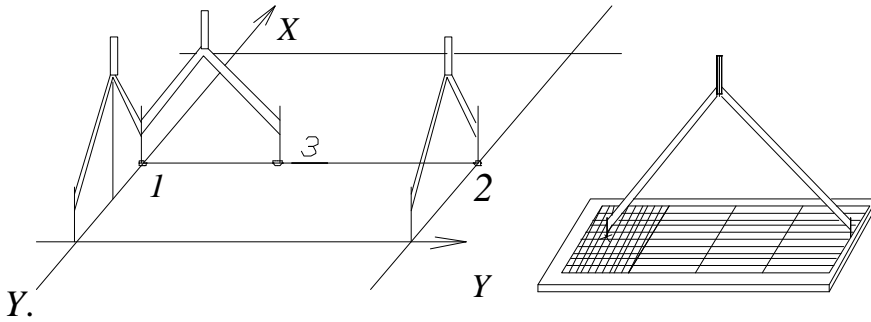


Рис. 9.20 - Накладка точок планово-висотного обґрунтування

Точка обґрунтування позначається умовним знаком, наведеним на рис. 9.21

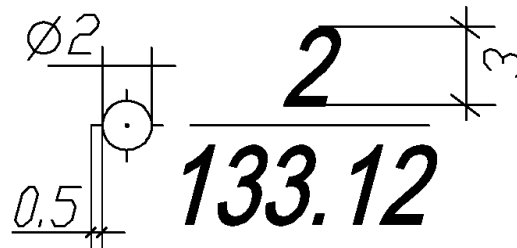


Рис. 9.21 - Умовна позначка точки планово-висотного обґрунтування

Контролем правильності накладки точок обґрунтування буде рівність (у межах графічної точності плану 0.4мм) відстаней між суміжними точками обґрунтування, обмірюваними за планом, і вписаними з відомості обчислень координат з урахуванням масштабу плану.

Складання плану

На основі абрисів зйомки наноситься ситуація. Для побудови тахеометричної частини плану використовується круговий транспортир – тахеограф, рис. 9.22.

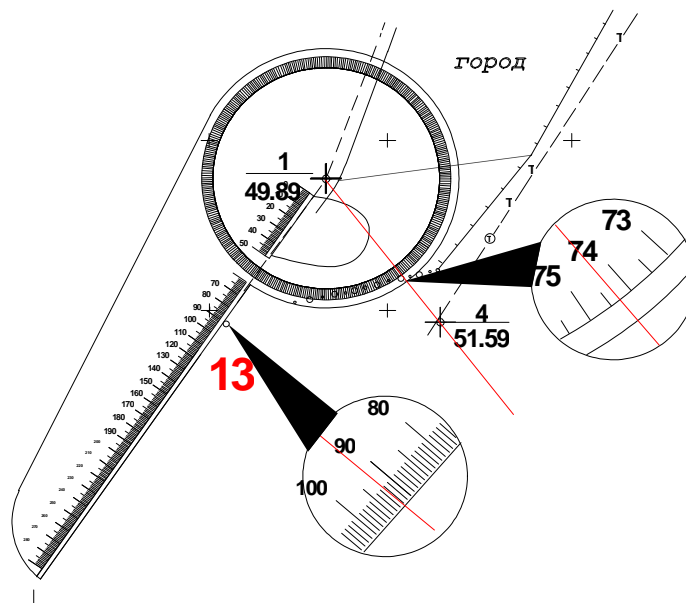


Рис. 9.22 - Накладка точок по полярних координатах

На плані проводиться допоміжна лінія, що з'єднає опорну й орієнтирну точку. В опорну точку вставляється голка й на неї одягається тахеограф.

Розвертається тахеометр таким чином, щоб відлік по його круговій шкалі дорівнював горизонтальному куту на задану пікетну точку ($74^{\circ} 30'$). По лінійці відкладається задана відстань ($92.3\text{мм} - 92.3\text{м}$) і робиться укол. Одержуємо необхідну пікетну точку. Ставиться номер пікету й аналогічно накладаються інші точки. Після завершення накладки точок на першій станції, алогічно наносяться всі інші пікетні точки інших станцій.

Нанесення позначок точок

Позначки пікетних точок наносяться на план відповідно до їхніх номерів з журналів тахеометричної й нівелірних зйомок.

Проведення горизонталей

Горизонталі проводяться виходячи з позначок пікетних точок і схеми (кістяка) рельєфу, складеної в процесі зйомки. На першому етапі на плані стрілками показуються напрямки скатів місцевості, рис. 9.23, складається кістяк рельєфу.

По позначках пікетів визначається форма рельєфу. У даному прикладі чітко проглядаються дві вершини (129.34м і 129.05м) і схили, що відходять від цих вершин. Таким чином, представлений на рис. 9.23, рельєф є сідловиною.

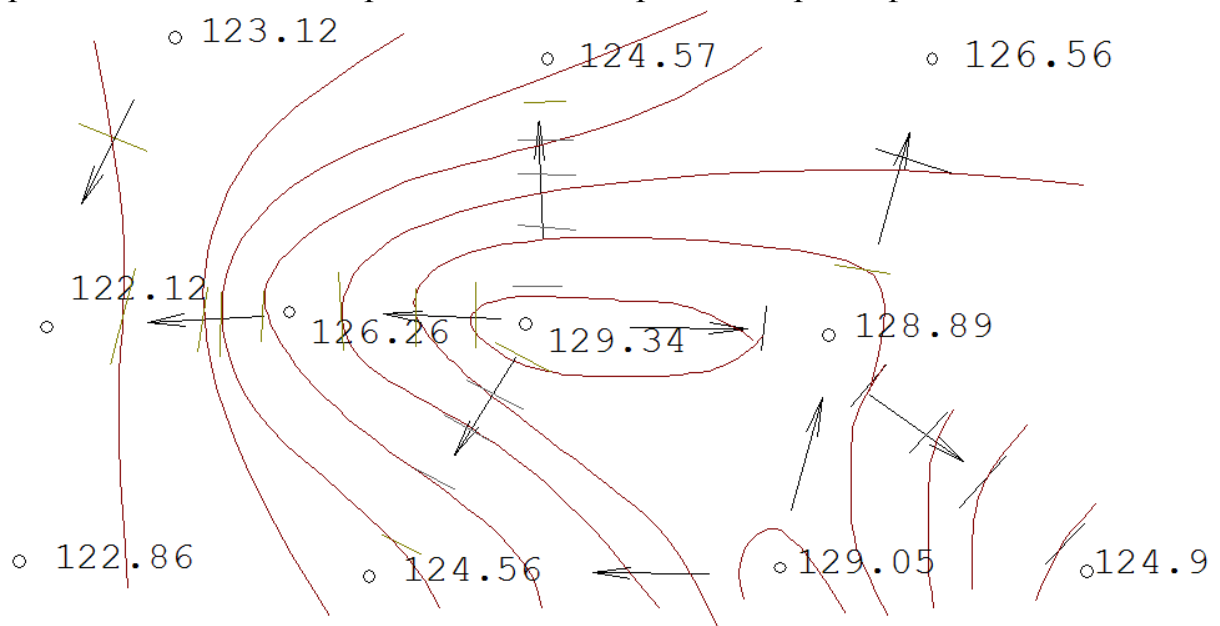


Рис. 9.23 - Попереднє проведення горизонталей

Між суміжними пікетними точками проводяться риски, відповідні до позначок кратним висоті перетину рельєфу (наприклад, 1м). Так на рис. 9.24 між точками 129.34 м і 126.26 м маємо точки 127 м, 128 м, 129 м. Через ці точки будуть проведені відповідні горизонталі. З'єднавши точки з рівними позначками, одержимо зображення рельєфу.

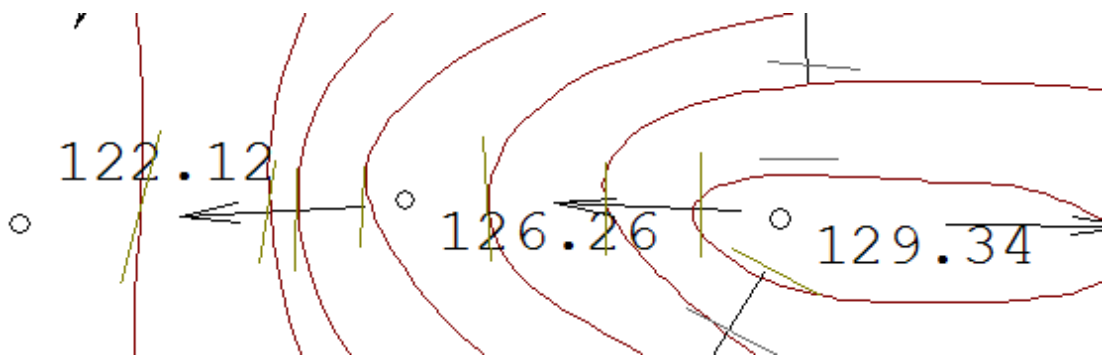


Рис. 9.24 - Наближена інтерполяція горизонталей

Остаточне уточнення положення горизонталей і їх згущення виконується на основі графічної інтерполяції за допомогою палетки.

На аркуші паперу (можна використати міліметровку) розміром порядку 10 на 10 см, рис. 9.25, проводяться горизонталі лінії, які цифруються згідно з діапазоном позначок точок плану.

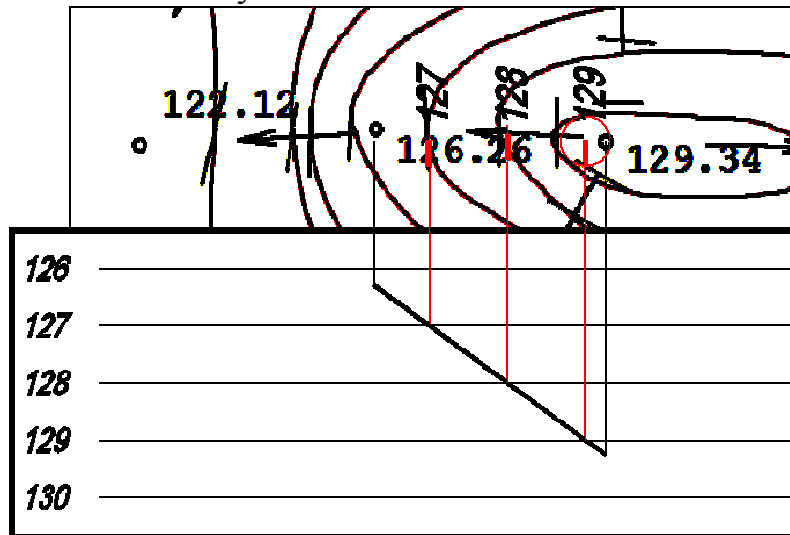


Рис. 9.25 - Палетка

Отримана палетка прикладається до двох точок, між якими необхідно провести горизонталі. Від цих точок на палетку опускаються два перпендикуляри, довжина яких відповідає позначкам цих точок. Кінці перпендикулярів з'єднуються прямою лінією. Проекції на план точок перетинання ліній, що з'єднують два перпендикуляри з горизонтальними лініями палетки дадуть точки проходження відповідних горизонталей.

Остаточне оформлення плану

Після складання контурного, нівелірного й тахеометричного планів ми одержимо план комбінованої зйомки.

План викреслюється згідно із умовними знаками, рис. 9.26 [].

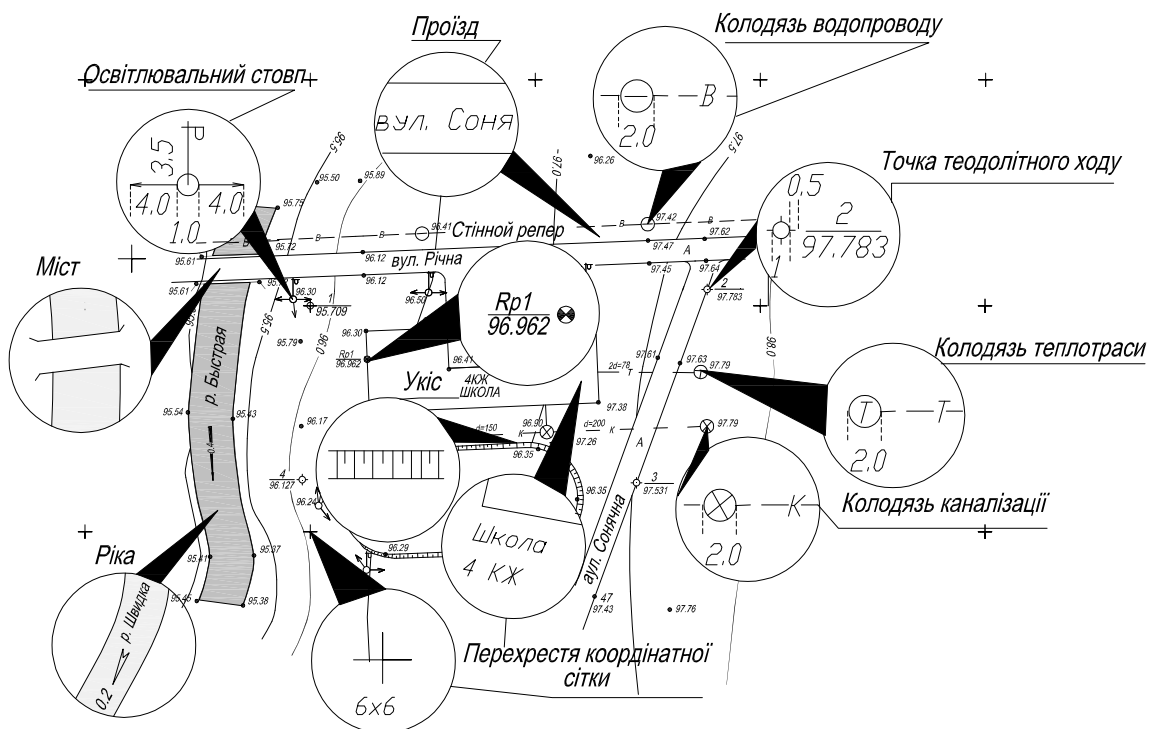


Рис. 9.26 - Умовні знаки

Креслення плану на початку здійснюється олівцем. Потім він викреслюється тушшю. Порядок креслення плану тушшю повинен бути наступний, рис. 9.27:

1) виконується відмивання ріки;

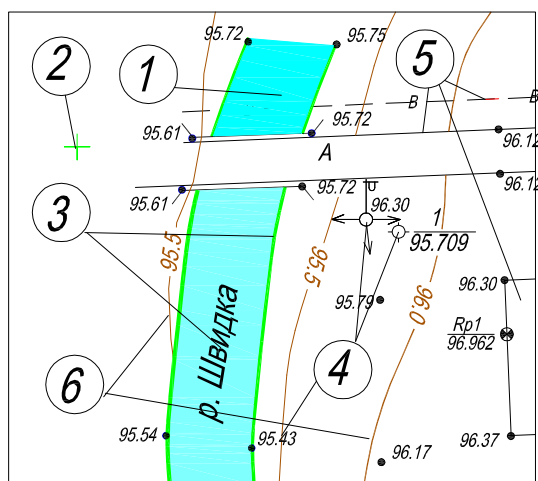


Рис. 9.27 - Порядок оформлення плану

- 2) обводяться перетинання координатної сітки, точки обґрунтування, службові написи;
 - 3) наноситься берегова лінія ріки й назва ріки;
 - 4) наносяться точечні об'єкти;
 - 5) наносяться комунікації й уся інша ситуація;
- б) викреслюється рельєф.

Остаточне оформлення плану

Остаточне оформлення топографічних матеріалів виконується у відповідність із діючими нормативними документами ЕСКД і [].

Можливі два типи оформлення стандартне й планшетне []. Зразок стандартного оформлення планів наведений на рис. 9.28, 9.29.

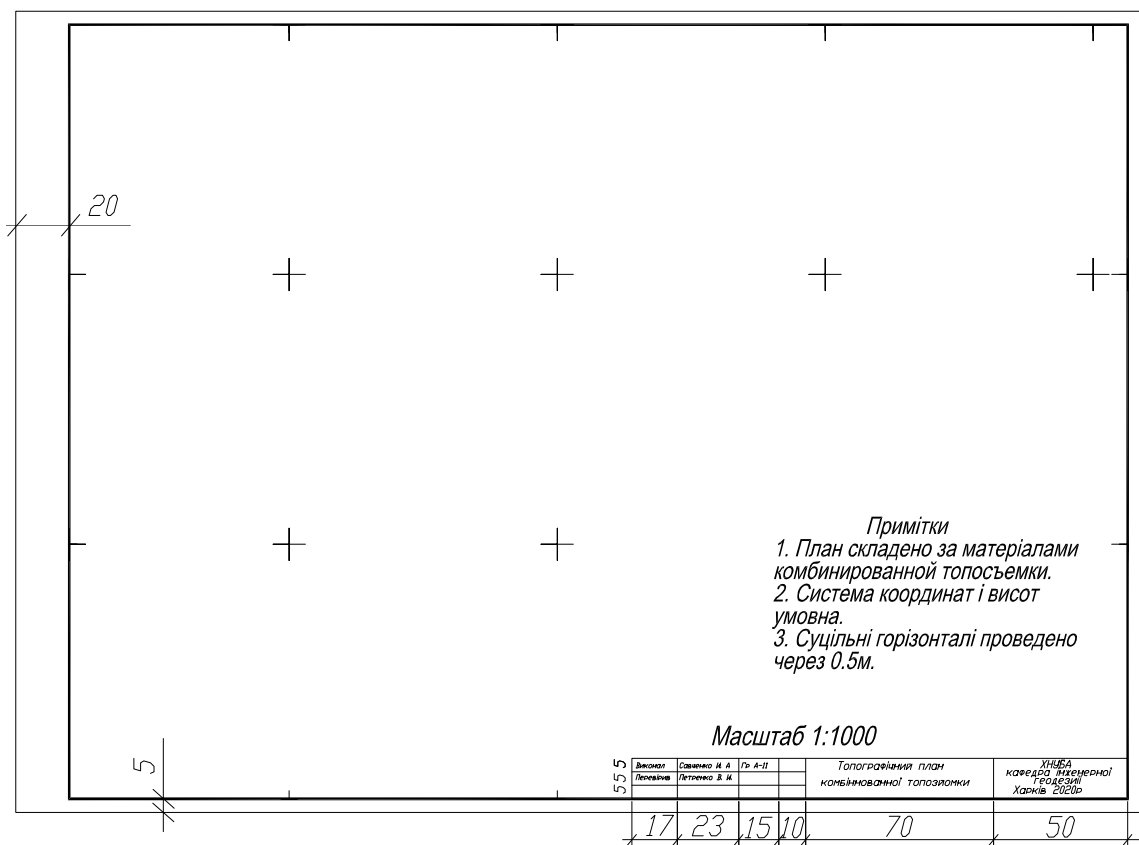


Рис. 9.28 - Стандартне оформлення плану

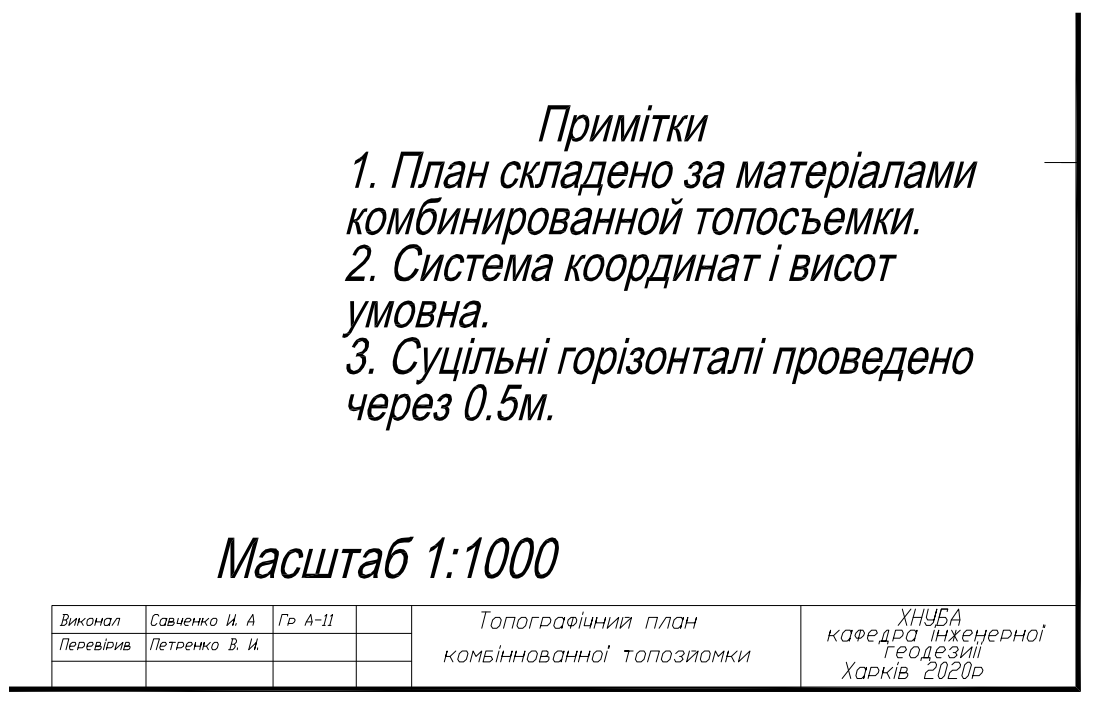


Рис. 9.29 - Підписи плану

10 ОСНОВИ ГЕОДЕЗИЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

10.1 Сутність геодезичного проектування

Геодезичне проектування це комплекс геодезичних робіт з визначення координат проєктованих об'єктів. Геодезичне проектування складається з горизонтального й вертикального планування об'єктів.

10.2 Горизонтальне планування

Горизонтальне планування – розв'язок питань планового розміщення об'єктів. Створюється архітектурний проєкт, рис. 10.1.

На його основі в АСAD або в іншому векторному редакторі будується схема кварталу, уточнюються розміри будинків, проїздів, відстаней між об'єктами.

Початковим матеріалом на якому здійснюється проектування є топографічний план, який одержують за результатами геодезичних вишукувань, рис. 10.2.

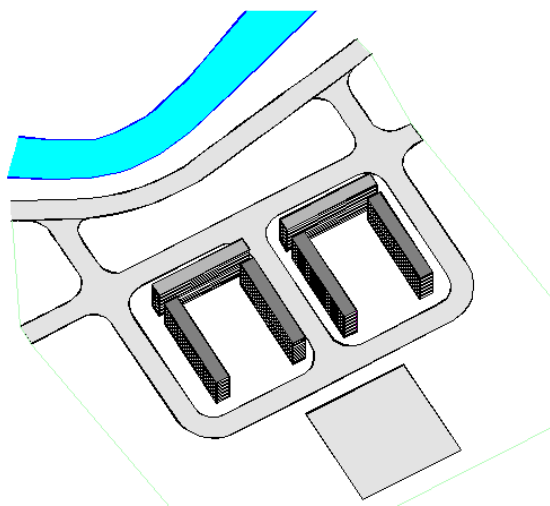


Рис. 10.1 - Фрагмент архітектурного проекту

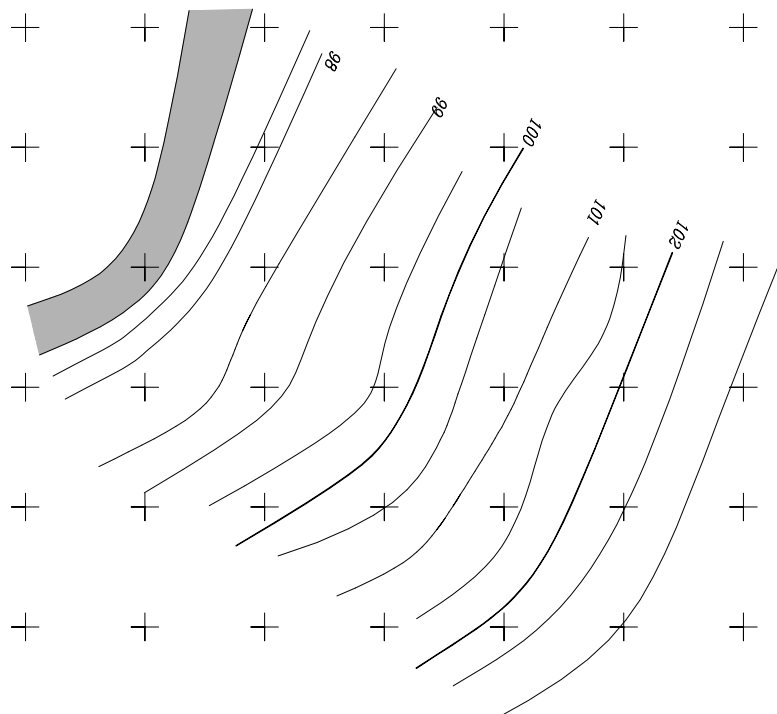


Рис. 10.2 - Топографічний план ділянки

Схема розміщується на топографічному плані, виконується сполучення проекту й місцевості, рис. 10.3.

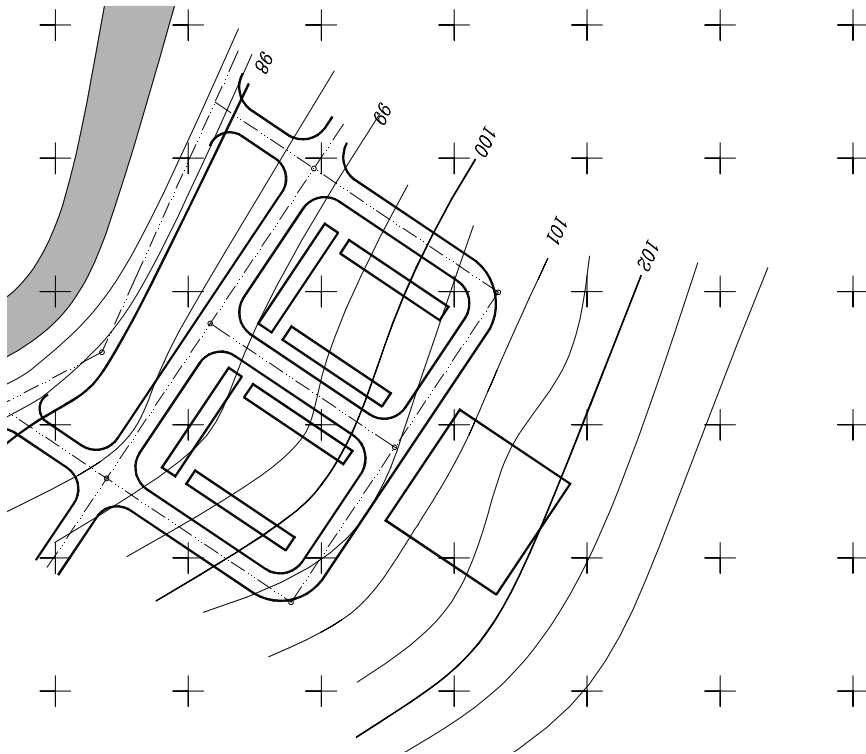


Рис. 10.3 - Розміщення проекту на плані

Виникає проблема вибору системи відліку координат. Можна залишити систему координат плану, але в цьому випадку координатні осі не будуть паралельні основним осям споруджень, або прийняти так звану будівельну систему координат, рис. 10.4.

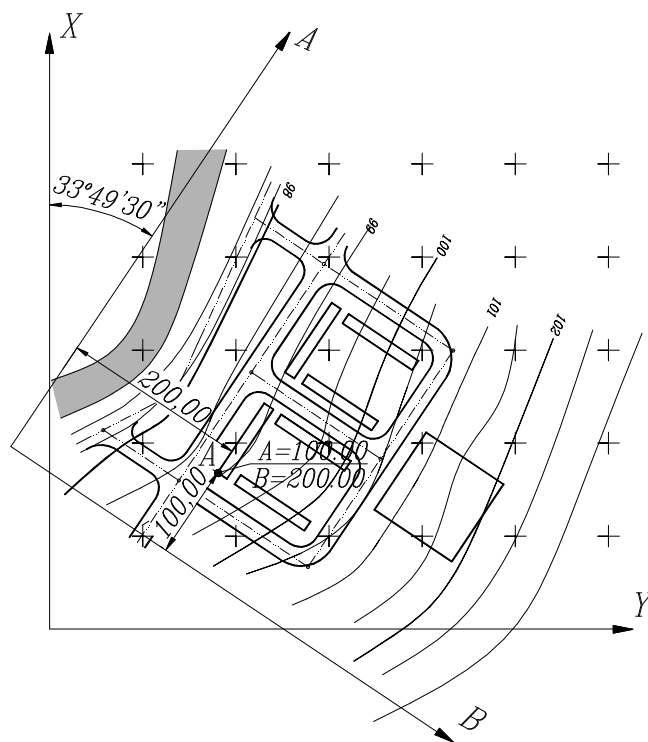


Рис. 10.4 - Будівельна система координат

Початок нової системи координат насамперед вибирається з розрахунку того, що всі координати будуть позитивними. У нашому випадку, крім цієї умови, координати крайнього кута будинку прийняті $A=100.00\text{м}$, $B=200.00\text{м}$. Завдяки цій умові координати всіх кутів будинків будуть кратними одному метру. План розвертається на кут повороту систем координат і переноситься таким чином, щоб точка A мала координати $A=100.00\text{м}$, $B=200.00\text{м}$. При цьому слід мати на увазі, геодезична й комп'ютерні системи координат мають різний напрямок. Отже, при прив'язці плану до будівельної системи координат треба поміняти осі місцями. Вісь « A » буде « Y », а вісь « B » - « X ». Після перетворення координат маємо, рис. 10.5.

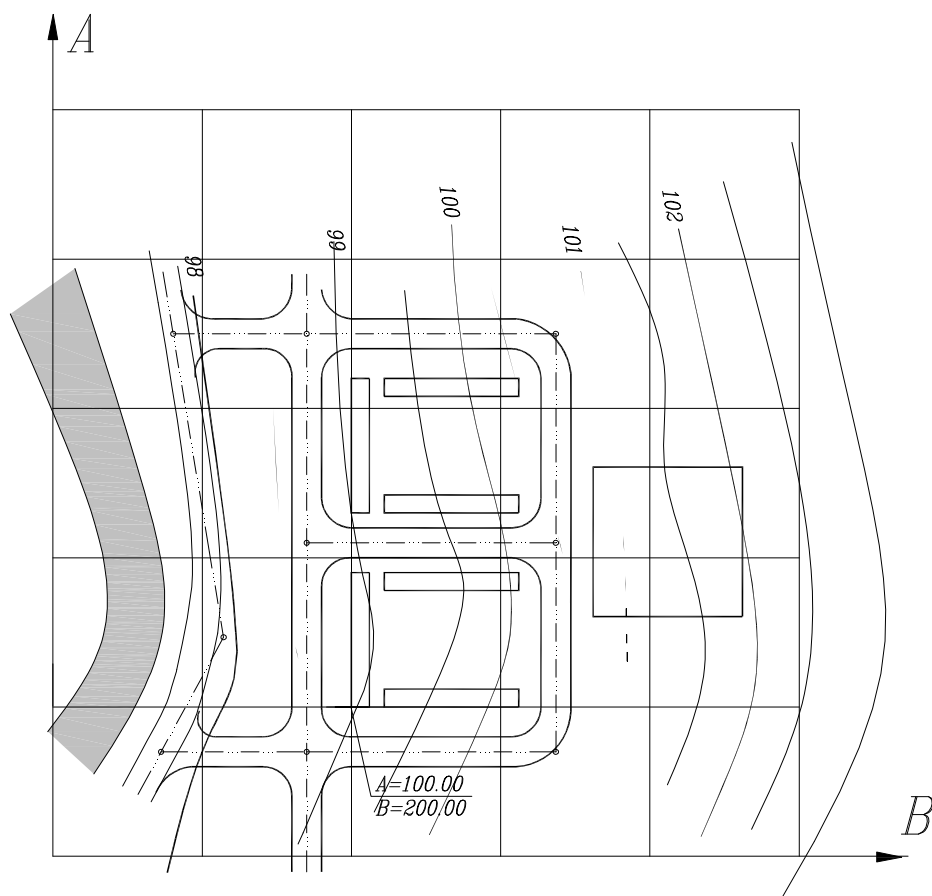


Рис.10.5 - План у будівельній системі координат

Наступною проблемою є проблема визначення проектних координат характерних точок проекту. В АСАДЕ є спеціальна команда «Координати», яка перебуває в меню «Відомості». Але в цьому випадку координати визначаються окремо по кожній точці. Цю ж задачу можна розв'язати інакше, визначати відразу всі проектні координати. Вибираються основні точки, координати яких необхідно визначити. Такими точками будуть кути повороту осей проїздів, кутові точки будинків кварталу й кути спортивного майданчика. Нумеруються всі ці точки й вони з'єднуються полілінією. При проведенні полілінії необхідно стежити за режимом прив'язки, рис. 10.6.

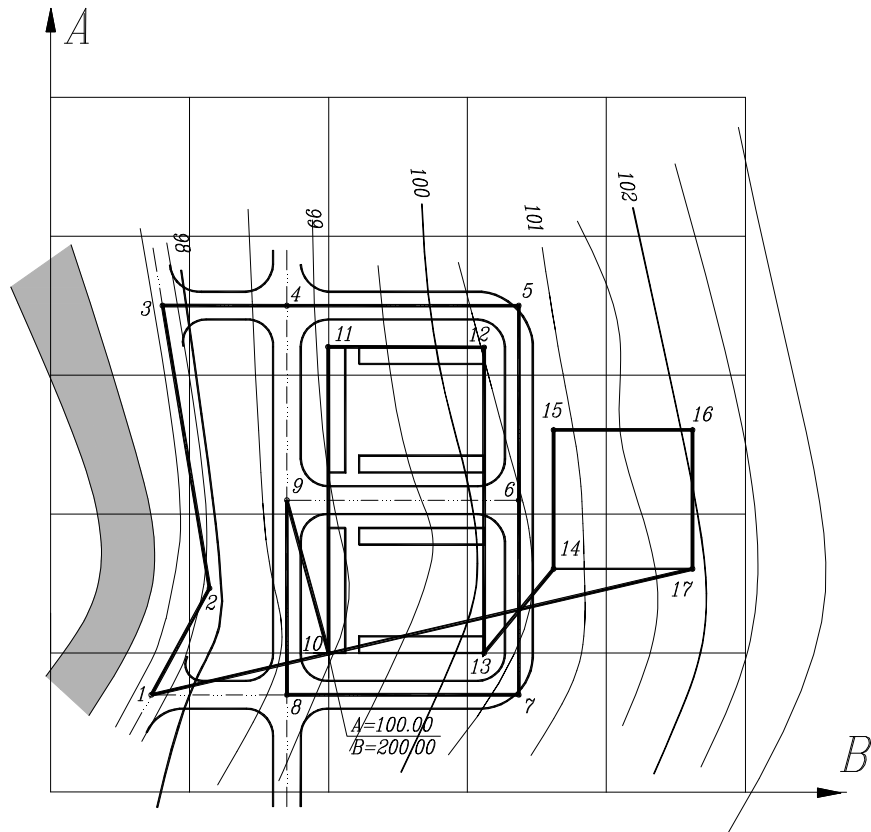


Рис. 10.6 - Визначення проектних координат

Виділяється ця полілінія й по команді «Список» у текстовому вікні виводяться всі проектні координати, рис. 10.7.

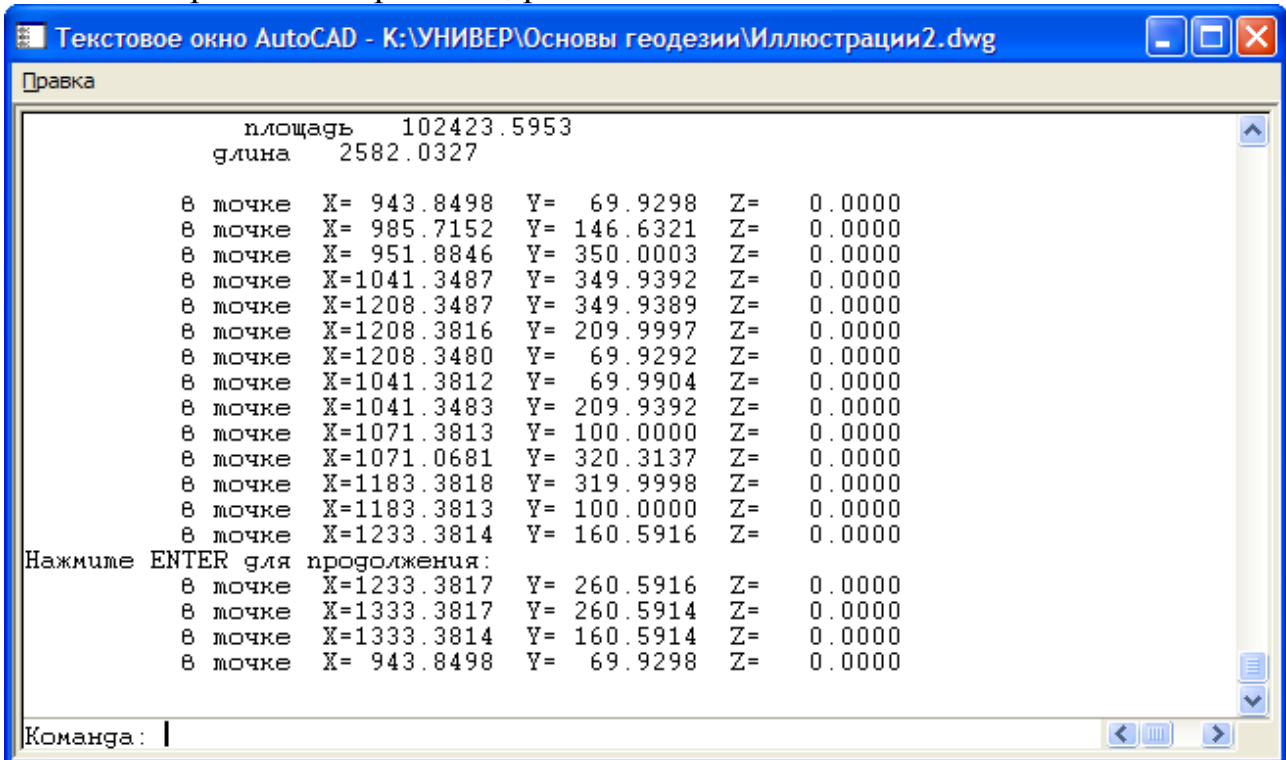


Рис. 10.7 - Проектні координати основних точок проекту

Ці координати можуть бути поміщені на проект або записані в спеціальну таблицю. Для формування таблиці координат, через буфер вони переносяться на сторінку WORD.

у точці X= 72.4685 Y= 69.9298 Z= 0.0000

у точці X= 114.3339 Y= 146.6321 Z= 0.0000

у точці X= 80.5033 Y= 350.0003 Z= 0.0000

у точці X= 170.0000 Y= 350.0000 Z= 0.0000

у точці X= 337.0000 Y= 350.0000 Z= 0.0000

у точці X= 337.0000 Y= 210.0000 Z= 0.0000

у точці X= 337.0000 Y= 70.0000 Z= 0.0000

у точці X= 170.0000 Y= 70.0000 Z= 0.0000

у точці X= 170.0000 Y= 210.0000 Z= 0.0000

у точці X= 200.0000 Y= 100.0000 Z= 0.0000

у точці X= 200.0000 Y= 320.0000 Z= 0.0000

у точці X= 312.0000 Y= 320.0000 Z= 0.0000

у точці X= 312.0000 Y= 100.0000 Z= 0.0000

у точці X= 362.0001 Y= 160.5916 Z= 0.0000

Натисніть ENTER для продовження:

у точці X= 362.0004 Y= 260.5916 Z= 0.0000

у точці X= 462.0004 Y= 260.5914 Z= 0.0000

у точці X= 462.0001 Y= 160.5914 Z= 0.0000

у точці X= 72.4685 Y= 69.9298 Z= 0.0000

Віддаляється «Натисніть ENTER для продовження:». Замість « у точці X=», « Y=», « Z= 0.0000» ставиться знак табуляції.

72.4685 69.9298

114.3339 146.6321

80.5033 350.0003

170.0000 350.0000

337.0000 350.0000

337.0000 210.0000

337.0000 70.0000

170.0000 70.0000

170.0000 210.0000

200.0000 100.0000

200.0000 320.0000

312.0000 320.0000

312.0000 100.0000

362.0001 160.5916

362.0004 260.5916

462.0004 260.5914

462.0001 160.5914

72.4685 69.9298

Виділяється цей текст і на нього накладається таблиця.

Таблиця 10.1 – Заготовка таблиці проектних координат

	72.4685	69.9298	
	114.3339	146.6321	
	80.5033	350.0003	
	170.0000	350.0000	
	337.0000	350.0000	
	337.0000	210.0000	
	337.0000	70.0000	
	170.0000	70.0000	
	170.0000	210.0000	
	200.0000	100.0000	
	200.0000	320.0000	
	312.0000	320.0000	
	312.0000	100.0000	
	362.0001	160.5916	
	362.0004	260.5916	
	462.0004	260.5914	
	462.0001	160.5914	
	72.4685	69.9298	

Після нескладної доробки виходить остаточна таблиця проектних координат, табл. 10.2.

Таблиця 10.2 – Проектні координати основних точок проекту

<i>№ точк</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>H</i>
<i>1</i>	<i>69.930</i>	<i>72.468</i>	
<i>2</i>	<i>146.632</i>	<i>114.400</i>	
<i>3</i>	<i>350.000</i>	<i>80.503</i>	
<i>4</i>	<i>350.000</i>	<i>170.000</i>	
<i>5</i>	<i>350.000</i>	<i>337.000</i>	
<i>6</i>	<i>210.000</i>	<i>337.000</i>	
<i>7</i>	<i>70.000</i>	<i>337.000</i>	
<i>8</i>	<i>70.000</i>	<i>170.000</i>	
<i>9</i>	<i>210.000</i>	<i>170.000</i>	
<i>10</i>	<i>100.000</i>	<i>200.000</i>	
<i>11</i>	<i>320.000</i>	<i>200.000</i>	
<i>12</i>	<i>320.000</i>	<i>312.000</i>	
<i>13</i>	<i>100.000</i>	<i>312.000</i>	
<i>14</i>	<i>160.592</i>	<i>362.000</i>	
<i>15</i>	<i>260.592</i>	<i>362.000</i>	
<i>16</i>	<i>260.592</i>	<i>462.000</i>	
<i>17</i>	<i>160.592</i>	<i>462.000</i>	
<i>1</i>	<i>69.930</i>	<i>72.468</i>	

хонь здійснюється по типових поперечниках проїздів, рис. 10.10.

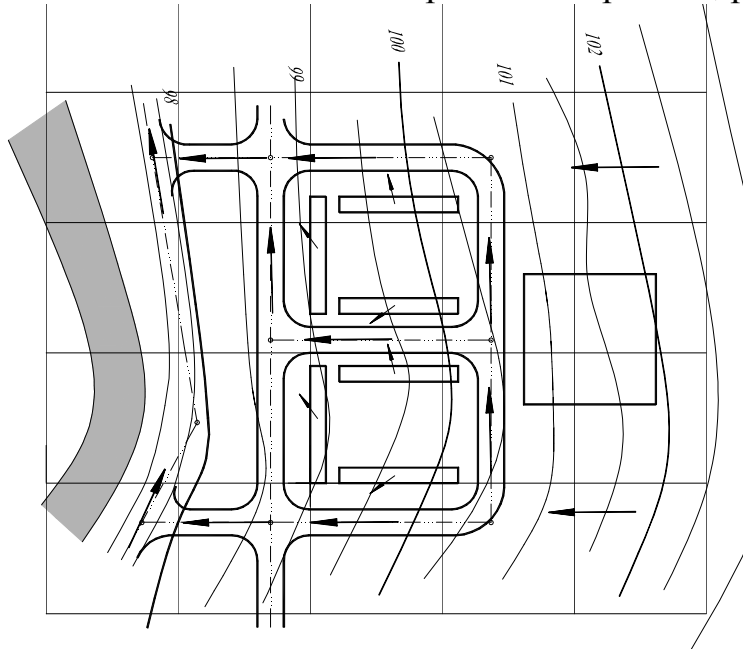


Рис. 10.9 - Організація водовідведення

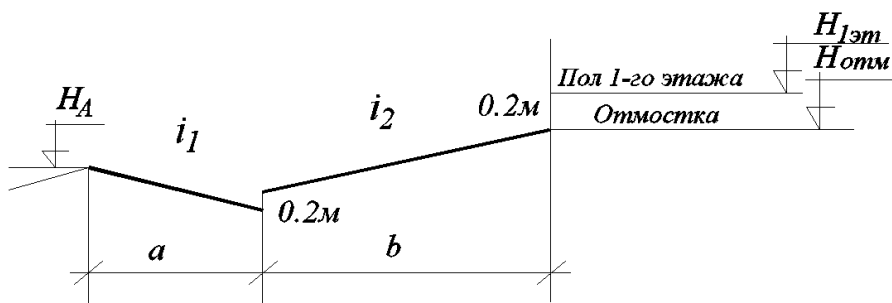


Рис. 10.10 - Типовий поперечник проїзду

Усі проектні позначки проекту поєднуються за допомогою проектного профілю проїздів. Структурна схема цього профілю наведена на рис. 10.11.

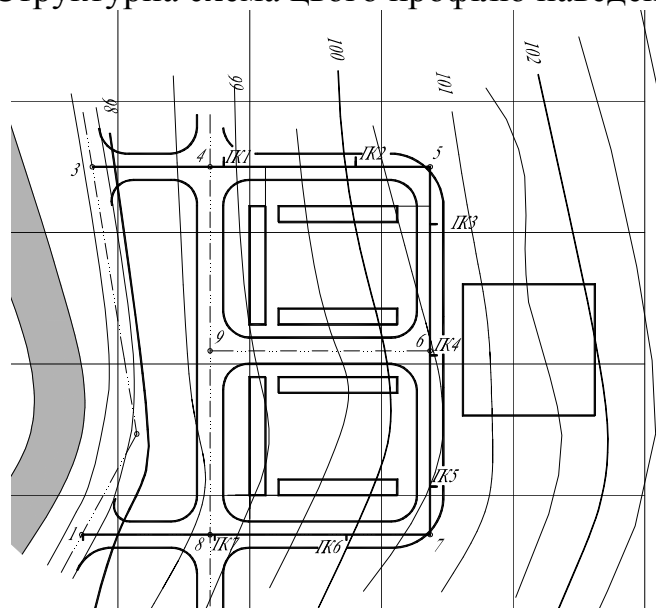


Рис. 10.11 - Схема осей поздовжніх профілів

Позначка підлоги I поверху (позначка будівельних нулів будинків) повинна бути на 20 см вище максимальної позначки землі будинку, рис. 10.12.

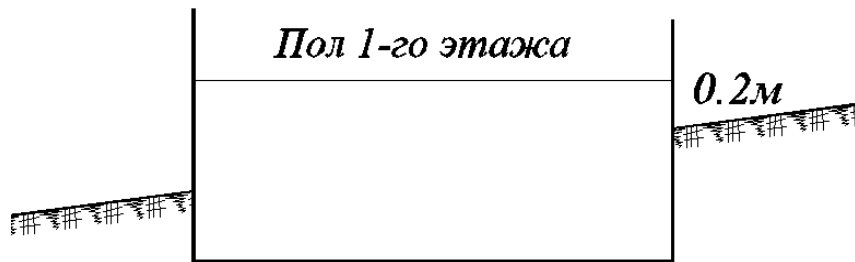


Рис. 10.13 - Положення підлоги I поверху

У процесі проектування вертикального планування виникає необхідність вирішувати питання висотного розміщення комунікацій, висотного узгодження різних поверхонь, позначок проїзних частин і тротуарів. Подібні задачі вирішуються на поперечних профілях майданчика.

Крім майданного вертикального планування в процесі проектування вирішуються завдання проектування похилих і горизонтальних майданчиків.

Майданне вертикальне планування

Після проведення осі профілю, рис. 10.14, намічаються точки на кутах будинків, вони необхідні для визначення позначок підлоги першого поверху й із цих точок опускаються перпендикуляри на осі проїздів, підстави цих перпендикулярів утворюють точки A_i , рис. 10.15.

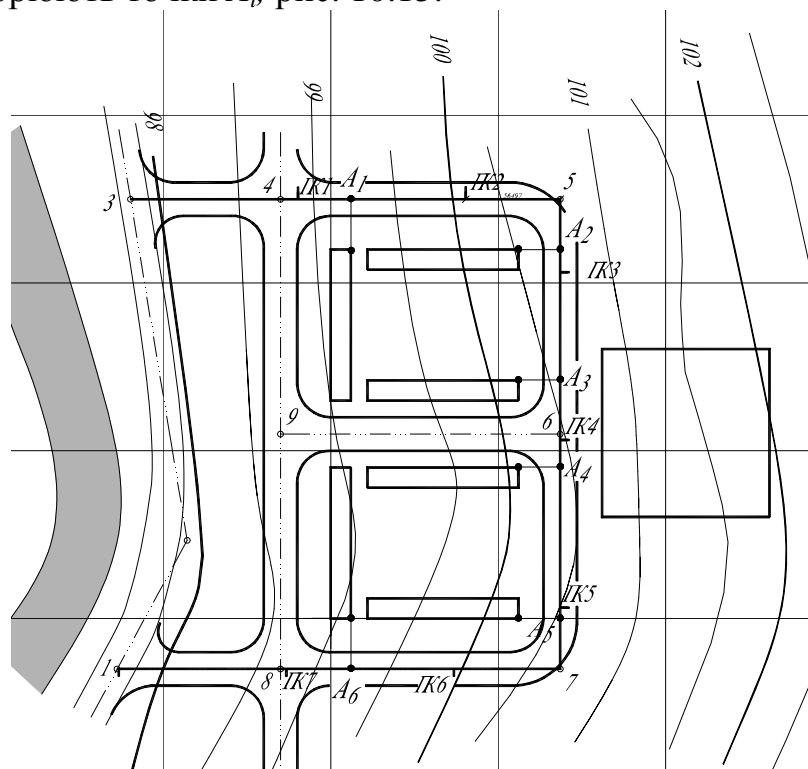


Рис. 10.14 - Схема створних точок для розрахунків позначок підлоги першого поверху будинків

Профіль будується у два етапи. На першому етапі складається, так званий, писаний профіль, табл. 10.3.

Таблиця 10.3 – Писаний профіль

<i>№ п/п</i>	<i>Пікетажне значення</i>	<i>Відстань</i>	<i>Позначка</i>	<i>Примітка</i>
1	ПК0		97.70	3
		89.46		
2	ПК0+89.46		98.75	4
		10.54		
3	ПК1		98.89	
		31.56		
4	ПК1+31.56		99.20	A ₁
		68.44		
5	ПК2		100.14	
		31.50		
	ПК2+31.50		100.56	A ₂
		25.00		
6	ПК2+56.50		100.80	5
		30.00		
	ПК2+86.50		100.75	A ₃
		13.50		
7	ПК3		100.73	
		64.24		
8	ПК3+64.24		100.56	A ₄
		32.25		
9	ПК3+96.49		100.47	6
		3.51		
10	ПК4		100.46	
		16.50		
11	ПК4+16.50		100.41	A ₅
		83.50		
12	ПК5		100.45	
		6.50		
13	ПК5+6.50		100.57	A ₆
		30.00		
14	ПК5+36.50		100.75	7
		63.50		
15	ПК6		98.95	
		61.60		
16	ПК6+61.60		99.23	A ₇
		38.40		
17	ПК7		98.75	
		3.50		
18	ПК7+3.50		98.70	8
		96.50		
19	ПК8		97.80	
		1.00		
20	ПК8+1		97.75	1

При проектуванні вертикального планування прагнуть забезпечити баланс земляних робіт, тобто умова при якій проектний обсяг вилучення повинен бути дорівнює проектному обсягу насипу.

Результат проектування вертикального планування представляється у вигляді спеціальної картограми, відомостей обчислення обсягів земляних робіт, креслень організації рельєфу або вводиться в генеральний план.

Проектування починається з вибору методики й прийняття орієнтовних планувальних позначок. Для цього по основних осях проектованого майданчика, будуються профілі на яких прорисовуються проїзні частини, підстави будинків, майданчика, комунікації й інші спорудження.

Зразок такого профілю наведений на рис. 10.15. Даний профіль необхідний для одержання проектних позначок точок A_i осей проїздів, які є основою розрахунків позначок нулів підлоги першого поверху.

Розрахунки позначок підлоги першого поверху

Складається схема розрахунків позначки підлоги першого поверху, рис. 10.10. Визначаються по генплану відстані a - відстань від осі проїзду до бордюру й b - відстань від бордюру до будинку.

Позначки підлоги перших поверхів вимощень будинків обчислюються по наступній формулі:

$$\left. \begin{aligned} N_{III} &= N_A - 0.02a + 0.20 + 0.02b + 0.2 \\ N_{ВИМ} &= N_A - 0.02a + 0.20 + 0.02b \end{aligned} \right\}, \quad (10.1)$$

де N_A – проектна Позначка осі проїзду;
 a – відстань від осі проїзду до бордюру;
 b – відстань від бордюру до будинку.
 Усі розрахунки виконуються в табл. 10.4.

Таблиця 10.4 - Розрахунки проектних позначок підлоги першого поверху й вимощень будинків

№ тчк	N_A	a	b	Позначка вимощення $N_{ОТМ}$	Позначка підлоги першого поверху $N_{ІЭТ}$
A1	99.26	10.00	20.00	99.66	99.86
A2	100.63	10.00	20.00	101.03	101.23
A3	100.37	10.00	20.00	100.77	100.97
A4	100.23	10.00	20.00	100.63	100.83
A5	99,83	10.00	20.00	100.23	100.43
A6	98.77	10.00	20.00	99.17	99.37

Обчислені позначки вимощень і підлог перших поверхів будинків, фактичні й проектні позначки характерних ситуації вписуються в генеральний план об'єкта, рис. 10.16.

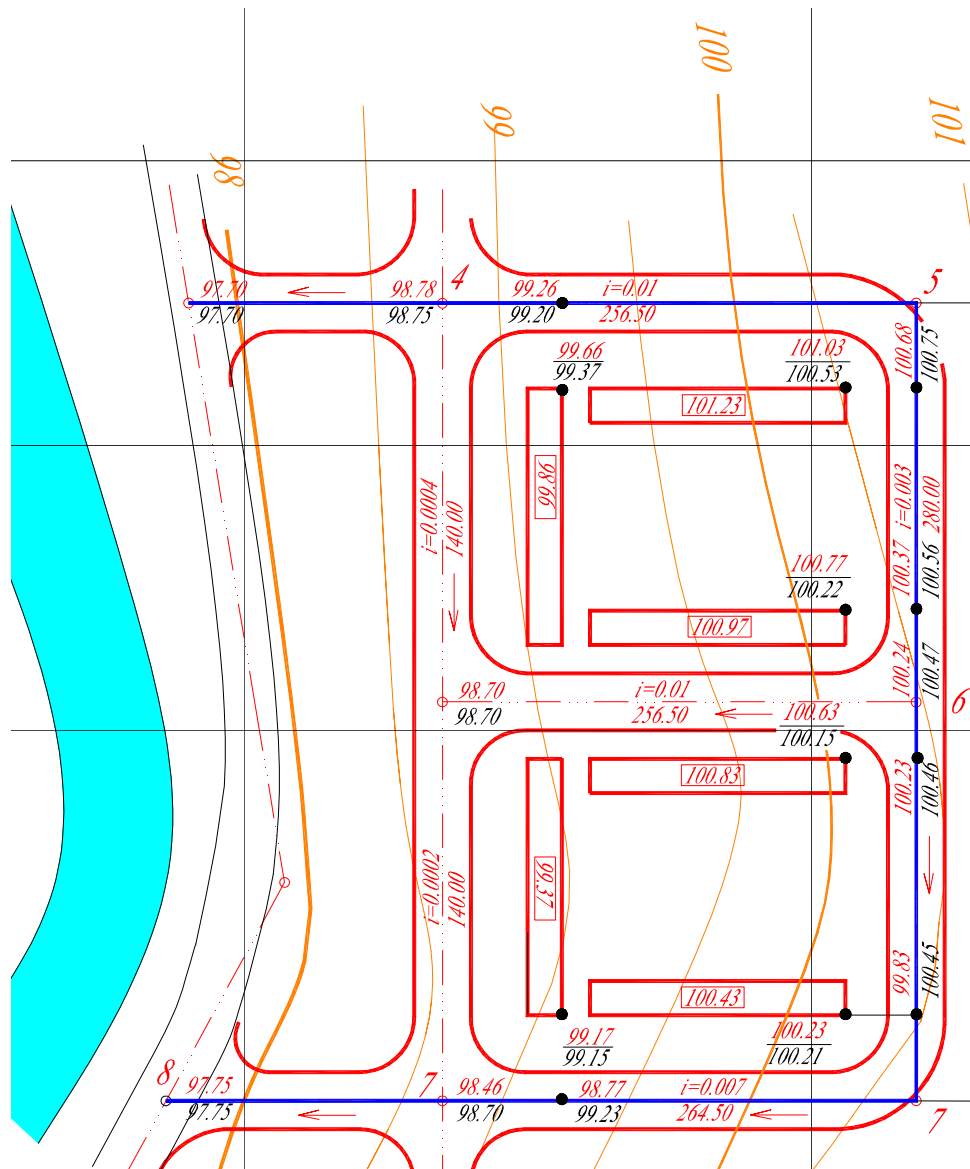


Рис. 10.16 - Висотна частина генерального плану кварталу

Для більш якісного виконання вертикального планування забудови рекомендується додатково до профілю проїзду становити поперечні профілі, що перетинають проєктований майданчик.

10.4 Проектування горизонтального майданчика

На топографічному плані викреслюється сітка квадратів у межах проєктованого майданчика. При використанні матеріалів нівелювання по квадратах у якості сітки використовується мережа квадратів нівелювання. Графічно із плану визначаються позначки усіх вершин квадратів (при використанні матеріалів нівелювання по квадратах позначки вершин квадратів беруться безпосередньо з журналу нівелювання).

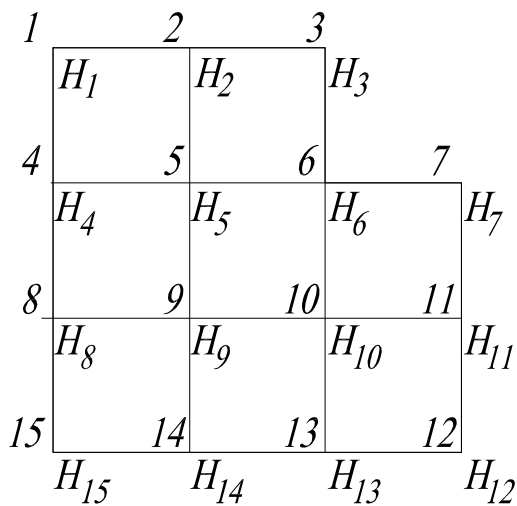


Рис. 10.17 - Заготовка для картограми земляних робіт

варіанті, планувальна позначка H_{01} , перебуває вище поверхні землі. У цьому випадку для забезпечення горизонтування майданчика необхідне завезення ґрунту. У другому випадку, планувальна позначка H_{02} , перебуває нижче поверхні землі;

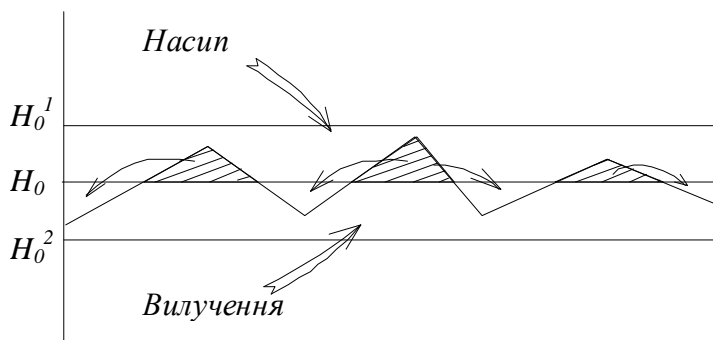


Рис. 10.18 - Варіанти вертикального планування

Основним документом вертикального планування майданчика є картограми земляних робіт, яка має статус креслення. Для її підготовки на аркуші паперу, відповідного до розмірів майданчика формату, будується сітка квадратів, аналогічна сітці на плані або сітці нівелювання по квадратах, рис. 10.17, і в неї вписуються всі фактичні позначки вершин квадратів.

Для приведення до горизонту майданчика необхідно розрахувати її планувальну позначку H_0 . Розташування проекційної горизонтальної площини, щодо якої виконується перетворення рельєфу, може мати три варіанти, рис.10.18. У першому

випадку, планувальна позначка H_{01} , перебуває вище поверхні землі. У цьому випадку для забезпечення горизонтування майданчика необхідно завезення ґрунту. У другому випадку, планувальна позначка H_{02} , перебуває нижче поверхні землі; отже, щоб майданчик був горизонтальний ґрунт необхідно вивезти. Третій випадок, планувальна позначка H_0 обрана з урахуванням балансу земляних робіт, тобто сума вилучення дорівнює сумі насипу. У цьому випадку виробництво вертикального планування здійснюється без вивозу й завезення ґрунту.

Обчислення планувальної позначки з урахуванням балансу земляних робіт здійснюється по формулі

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4n} \quad (10.2)$$

де H_1 - позначки вершин квадратів, що належать тільки одному квадрату, на рис. 1.7 це наступні вершини: 1, 3, 7, 12, 15;

H_2 - позначки вершин квадратів, що належать двом квадратам, на рис. 1.7 це вершини: 2, 4, 8, 11, 13, 14;

H_3 - позначки вершин квадратів, що належать трьом квадратам, на рис. 1.7 вершина 6;

H_4 - позначки вершин квадратів, що належать чотирьом квадратам на рис. 1.7 це вершини: 5, 9, 10,

n - кількість вершин квадратів.

№ вершины	Проектная отметка
Рабочая отметка	Фактическая отметка

Розрахована проектна планувальна позначка H_0 записується на картограмі вище фактичної позначки, рис. 10.19.

Різниця проектної H_0 і фактичної H_i позначок дає робочу позначку h_i , яка є числовим значенням, що показує величину насипу або вилучення

$$h_i = H_0 - H_i, \quad (10.3)$$

де H_0 - проектна планувальна позначка:

H_i - фактична позначка.

Робочі позначки вписуються під номерами вершин квадратів, рис. 10.19.

Рис. 10.19 - Цифрування вершин квадратів

Точки, робочі позначки яких дорівнюють нулю, називаються **точками нульових робіт**, рис. 10.20, їх положення визначається відстанями x до найближчих вершин квадратів

$$x = \frac{l}{|h_1| + |h_2|} |h_2|, \quad (10.4)$$

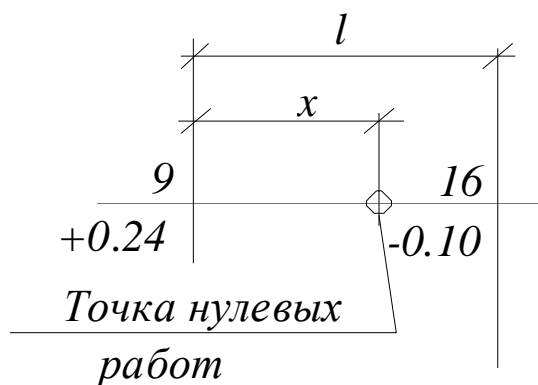


Рис. 10.20 - Точка нульових робіт

де l - розмір сторони квадрата;

h_1, h_2 - робочі позначки вершин квадрата до якого належить дана точка.

Наприклад, при $l = 40\text{м}$, $h_1 = 0.24\text{м}$, $h_2 = -0.10\text{м}$, одержимо

$$x = \frac{40}{0.34} 0.10 = 11.76 \text{ м.}$$

Обчислені відстані записують на картограмі олівцем.

З'єднавши точки нульових робіт, одержуємо лінії нульових робіт (проектні горизонталі з позначкою нуль).

Таким чином, проектований майданчик буде розділений на дві зони - зону вилучення й зону насипу, рис.10.21

Обсяг кожної із зон обчислюється по формулі

$$V_i = S_i h_{\text{СЕРЕД}}, \quad (10.5)$$

де S_i - площа основи;

$h_{\text{СЕРЕД}}$ - середня робоча позначка.

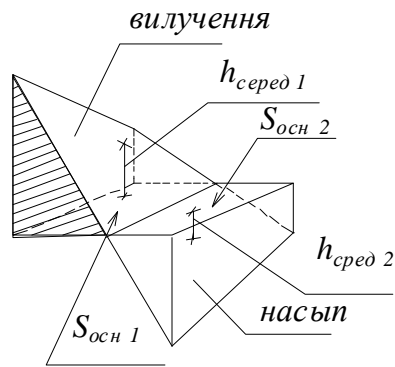


Рис. 10.21 - Обчислення обсягів земляних робіт

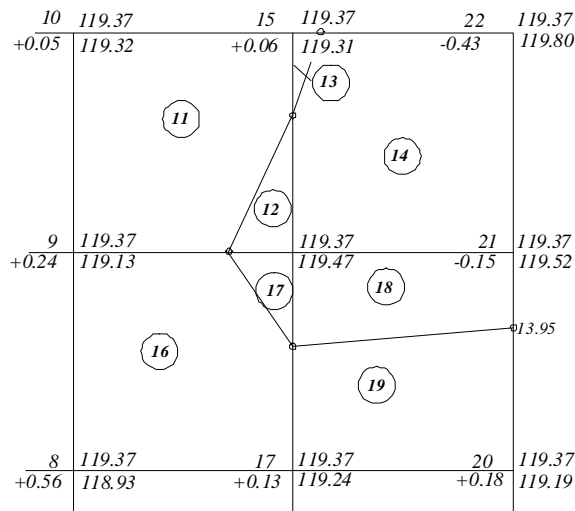


Рис. 10.22 - Розрахунки обсягів земляних робіт

Для обчислення обсягів, фігури, отримані лініями нульових робіт, нумеруються й для кожної з них обчислюються площі основи, $S_{осн}$, і середні робочі позначки кожної фігури, $h_{серед}$, рис. 10.22.

Обчислення обсягів земляних робіт проводиться в спеціальній відомості, зразок якої наведений у табл. 10.5.

Таблица 10.5 - Відомість обчислення обсягів

Вилучення				Насып			
№ фігури	Площа фігури	Середня робоча позначка	Обсяг	№ фігури	Площа фігури	Середня робоча позначка	Обсяг
2	316	0,15	47,4	1	84	0,04	3,36
3	400	0,51	204,00	5	313	0,09	28,17
4	400	0,81	324,00	10	400	0,28	112,00
6	87	0,05	4,35	11	247	0,10	24,70
7	387,5	0,17	65,88	14	400	0,23	52,00
8	400	0,48	192,00	15	319	0,67	213,73
...
$\Sigma =$	3377,9		954		2621,1	947	

$$\frac{954 - 947}{1901} 100\% = 0,4\% < 8\%$$

У процесі обчислень контролюються суми площ підстав

$$S_{ЗАГ} = \Sigma S_{НАС} + \Sigma S_{ВИЛ} \quad (10.6)$$

і обчислені обсяги. Різниця обсягів зон вилучення й насипи повинна задовольняти наступній умові:

$$\frac{V_{НАС} - V_{ВИЛ}}{V_{НАС} + V_{ВИЛ}} 100\% < 8\%. \quad (10.7)$$

10.5 Проектування похилого майданчика

Для більшості майданчиків необхідно при проектуванні передбачати відвід поверхневих вод, це досягається шляхом проектування похилого майданчика. Напрямок ухилу майданчика може бути задане проектно або визначатися загальним ухилом місцевості. Маємо майданчик, рис.1.23, проектний ухил i спрямований від точки A до точки B . Аналогічно, як і при проектуванні горизонтального майданчика використовується сітка квадратів, на яку вписуються позначки вершин квадратів. Нахил майданчика здійснюється навколо центральної точки, називаної центром ваги (ЦВ). Позначка цієї точки обчислюється по формулі (10.8) обчислення проектної планувальної позначки для горизонтального майданчика. Планове положення точки центру ваги для прямокутних майданчиків визначається перетинання діагоналей площі. Якщо майданчик має форму більш складну чому прямокутник, то точку ЦВ знаходять по її обчисленій позначці, інтерполюючи між точками з позначками найбільш близькими позначці точки ЦВ.

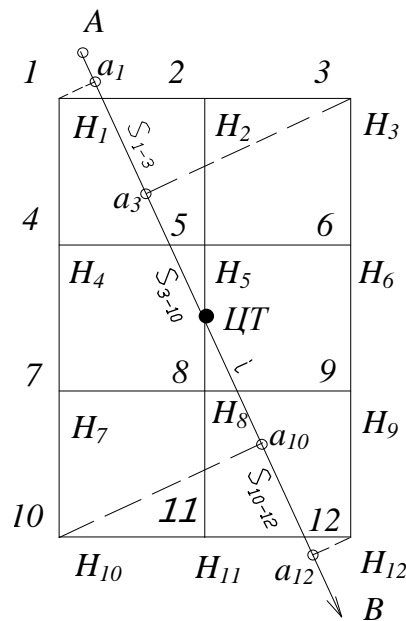


Рис. 10.23 - Вертикальне планування похилого майданчика

З кутових точок майданчика (вершини 1, 3, 10 і 12) опускаються перпендикуляри на лінію AB , одержавши точки a_1, a_3, a_{10} і a_{12} . Графічно із плану визначаються відстані по лінії AB між отриманими точками й точкою $ЦВ$: $a_1 - a_3$ відстані S_{1-3} , $a_3 - ЦВ$ відстань $S_{3-ЦТ}$, $ЦВ - a_{10}$ відстань $S_{ЦВ-10}$, $a_{10} - a_{12}$ відстань S_{10-12} . По цих відстанях, використовуючи в якості початкової позначки позначку точки $ЦВ$ і проектний ухил i , обчислюються проектні позначки точок a_1, a_3, a_{10} і

a_{12} , які будуть дорівнюють проектним позначкам $\bar{H}_1, \bar{H}_3, \bar{H}_{10}$ і \bar{H}_{12} вершин майданчика

$$\bar{H} = \bar{H}_0 + iS, \quad (10.8)$$

де \bar{H} - проектна обумовлена точка;

\bar{H}_0 - проектна початкова точка;

i - проектний ухил,

S - відстань від початкової до обумовленої точки.

Одержавши проектні позначки кутів майданчика, нескладно обчислити проектні ухили по периметру майданчика й по всіх його лініях, і на основі цих ухилів обчислити проектні позначки всіх вершин майданчика. Подальший хід обчислень ні чому не відрізняється від розрахунків по горизонтальному майданчику; також обчислюються робочі позначки, будується лінія нульових робіт і обчислюються обсяги.

11 ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА

11.1 Склад робіт на етапі будівництва

На етапі будівництва виділяються три етапи робіт: Розмічувальні роботи, геодезичні роботи із забезпечення геометричних параметрів споруджень, контрольні виміри й виконавчі зйомки.

11.2 Розмічувальні роботи

Сутність і види розмічувальних робіт

Основним завданням розмічувальних робіт на будь-якому етапі будівництва об'єктів є винос проекту в натуру, тобто знаходження на місцевості й на спорудженні характерних точок елементів проєктованого спорудження.

Розмічувальні роботи підрозділяються на зовнішні й внутрішні. Зовнішні розмічувальні роботи це винос у натуру всього об'єкта в цілому, розбивка окремих його вузлів відноситься до внутрішніх розмічувальних робіт.

Способи розбивки повністю відповідають системам координат у яких отримані параметри, що розбиваються. Вони наступні.

Створний спосіб

Положення точок, що розмічаються, 1 і 2, рис. 11.1, визначається: фактом знаходження їх на лінії створу AB і відстанями l_1 і l_2 . Створ формується теодолітом, що установлений на одній з опорних точок. Лінійні виміри виконуються, як правило, рулеткою. Даний спосіб застосовується при розбивках лінійних елементів об'єктів.

Спосіб перпендикулярів

Спосіб перпендикулярів, рис. 11.2, є продовженням створного способу. Положення точок 3 і 4 визначається створним положенням точок 1 і 2 і довжинами перпендикулярів b_3 і b_4 . Даний спосіб застосовується при детальній розбивці елементів об'єктів, коли довжини перпендикулярів становлять не більш 3м.

Розбивка виконується за допомогою теодоліта й рулетки. Створним способом виносяться точки 1 і 2 і потім по перпендикулярах відкладаються відстані b_3 і b_4 .

Спосіб кутової зарубки

Положення проєктної точки 3 визначається кутами зарубки β_1 і β_2 , рис. 11.3.

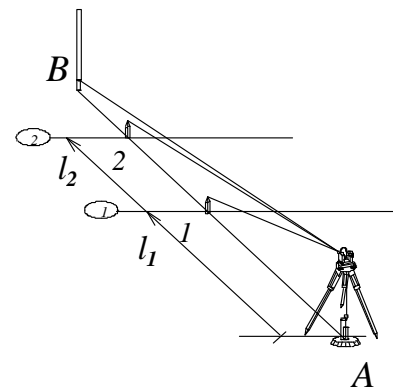


Рис. 11.1 - Створний спосіб розбивки

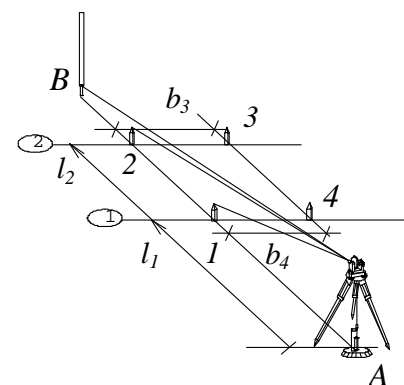


Рис. 11.2 - Спосіб перпендикулярів

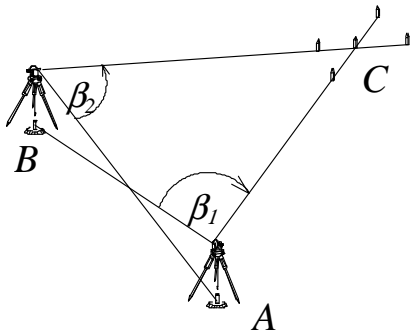


Рис. 11.3 - Кутова зарубка

Даний спосіб застосовується в тих випадках, коли лінійні виміри між опорними, що й розбиваються точками утруднені або відсутні прилади лінійних вимірів. Розбивка виконується теодолітом. Із точки A розмічувального обґрунтування відкладається проектний кут β_1 і по отриманому напрямкові закріплюються два кілочки. Аналогічні виміри виконуються із точки B , відкладаючи кут β_2 . З'єднавши отримані точки шпагатом, одержують шукану точку C .

Спосіб лінійної зарубки

Положення точки C визначається відстанями L_A і L_B від опорних точок до обумовленої, рис. 11.4. Даний спосіб застосовується при відсутності приладів кутових вимірів і точка, що виноситься, перебуває від опорних точок на відстані менше довжини мірного приладу. Розбивка виконується за допомогою рулетки. Від опорних точок робляться по дві лінійні зарубки, що закріплюються кілочками. Перетинання ліній, утворених цими зарубками, дадуть шукану точку C .

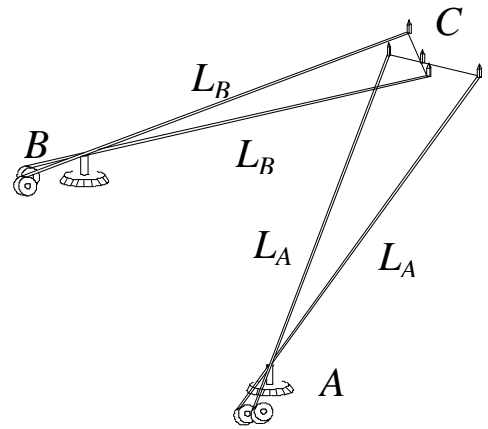


Рис. 11.4 - Спосіб лінійної зарубки

Полярний спосіб

Даний спосіб, рис. 11.5, найбільш універсальний і застосовується найбільше часто при виконанні розбивки основних осей об'єктів.

Положення точки визначається полярним кутом β і відстанню S . Розбивка виконується теодолітом, який установлюється на опорну точку й від опорного напрямку виноситься проектний кут β , по отриманому напрямку відкладається проектна відстань S .

Спосіб прямокутних координат

При будівництві великих промислових об'єктів у якості розмічувального обґрунтування застосовують будівельну сітку. У цьому випадку винос у природу проектованих об'єктів виконується способом прямокутних координат, рис. 11.6.

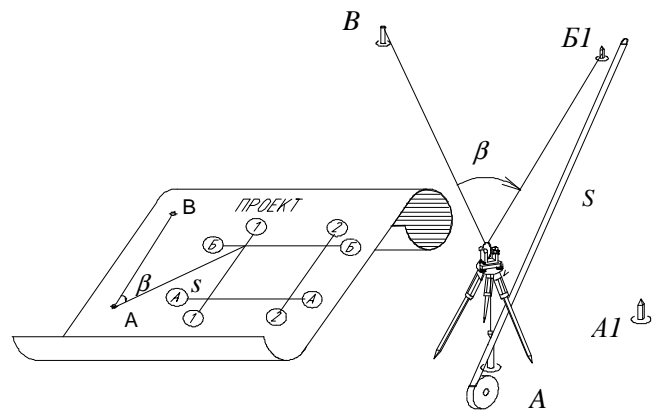


Рис. 11.5 - Полярний спосіб розбивки

По двом лініям сітки квадратів відкладаються значення ординат (величина a), отримані точки тимчасово закріплюються. По отриманій лінії відкладається значення абсциси, (величина b).

Результати вимірів записуються в журнал, форма якого наведена в табл. 11.1.

Таблиця 10.1 Винос проектного кута

Теодоліт T30 №67888888 Дата 07.03.05 Виконавець Хоменко Ф.О.

Тчк устан. теод	Точка візування	Відлік по горизонтальному колу	Горизонтальний кут	Середній кут
<i>Винос проектного кута</i>				
	<i>B</i>	<i>120 25.0</i>		
<i>A кл</i>			<u>19 36.5</u>	
	<i>C</i>	<i>140 01.5</i>		
	<i>B</i>	<i>12 41.5</i>		
<i>Акп</i>			<u>19 36.5</u>	
	<i>C</i>	<i>32 18.0</i>		
<i>Вимір винесеного кута</i>				
	<i>B</i>	<i>257 36.5</i>		
<i>Акп</i>			<i>19 37.5</i>	
	<i>C</i>	<i>237 59.0</i>		
	<i>B</i>	<i>11 02.5</i>		<i>19 37.0</i>
<i>Акп</i>			<i>19 36.5</i>	
	<i>C</i>	<i>301 26.0</i>		

При виносі проектного кута високоточним способом роботи виконуються в три етапи. На першому етапі виконується винос технічним способом. На другому етапі виконується точний вимір винесеного кута. Для чого винесений кут вимірюється декількома прийманнями, звичайно від 4 до 6 приймань. У результаті якого одержують фактичне значення винесеного кута. На третьому етапі виконується редукування винесеного кута. Для чого обчислюється кутова помилка виносу $\Delta\beta$

$$\Delta\beta = \beta_0 - \beta_f, \quad (11.3)$$

де β_0 - проектний кут;

β_f - фактичний (обмірюваний) кут.

По величині кутової помилки $\Delta\beta$ обчислюється лінійний елемент редукації, рівний

$$\Delta l = S \Delta\beta / \rho, \quad (11.4)$$

де S - відстань до точки, що виноситься;

$\Delta\beta$ - кутова помилка;

ρ - число кутових одиниць в одному радіані $\rho = 206265''$.

Потім винесена точка переноситься на величину Δl .

Винос проектної позначки

Положення проектної точки C визначається відстанню з від горизонту інструмента, рис. 11.8, до цієї точки

$$c = H_{ГІ} - H_C; \quad (11.5)$$

де $H_{ГІ}$ - позначка горизонту інструмента; H_C - проектна позначка.

Позначка горизонту інструмента $H_{ГІ}$ дорівнює сумі позначки точки й відліку по рейці, установленій на цій точці, отже

$$H_{ГІ} = H_A + a, \quad (11.6)$$

де H_A - позначка точки A ;
 a - відлік по рейці, установленій на точці A .

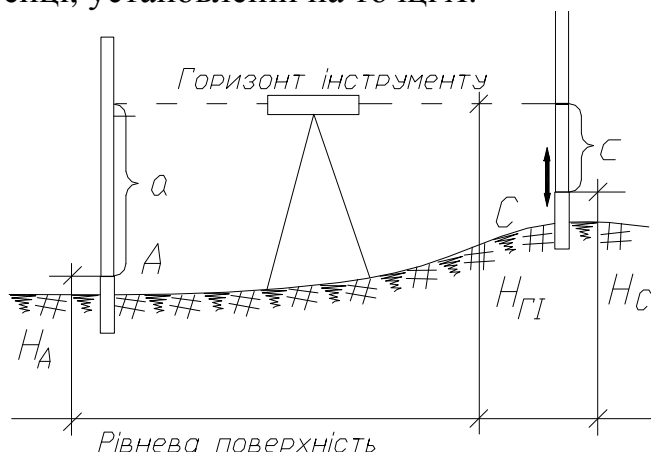


Рис. 11.8 - Винос проектної позначки

На практиці завдання вирішується таким чином:

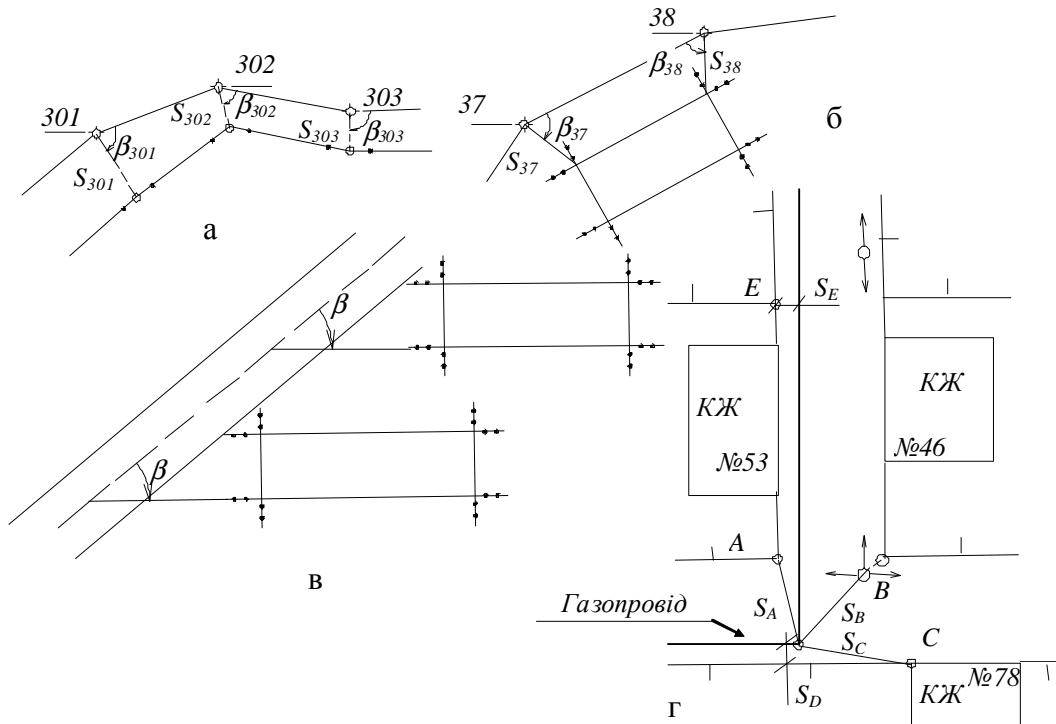
- 1) складається схема вимірів;
- 2) нівелір установлюється між точкою з відомою й обумовленою позначками й приводиться в робоче положення;
- 3) рейка встановлюється на точку з відомою позначкою й проводиться відлічування по чорній і червоної сторонам рейки, контролюючи різницю п'ят;
- 4) по формулі (11.6) обчислюються позначки горизонту інструмента для чорної й червоної сторонам рейки, різниця цих позначок повинна бути дорівнює значенню постійної рейки;
- 5) обчислюються по формулі (11.5) проектні відліки для обумовленої точки Z ;
- 6) рейка встановлюється в точку C и, переміщаючи рейку по вертикалі домагаються, щоб відліки по основній і додатковій шкалах рейки були рівні обчисленим відлікам c ;
- 7) позначку отриманої точки контролюють нівелюванням;
- 8) результати вимірів записуються в нівелірний журнал, зразок якого наведений у табл. 11.2.

Таблиця 11.2 - Винос проектної позначки

№ станц.	№№ точок	Відліки по рейках			Перевищення			Позначки	
		задній	передн.	про-між.	вирах	середн	випр	ГІ	точок
	A	1210	0650					121660	120.450
1		5995	5435					126445	
	C	4785	4785					4785	121.010
					<i>Контрольні виміри</i>				
	A	1352	0794		+0558				120.450
2		6133	5577		+0556	+0557			
	C	4781	4783						121.007

Плановим обґрунтуванням розмічувальних робіт є геодезичні мережі, вони можуть бути спеціальними (розмічувальні мережі) і загальнотехнічні - триангуляція, полігонометрія або теодолітні ходи.

Від пунктів геодезичного обґрунтування, використовуючи розглянуті способи розбивки, виносять основні осі споруджень, різні варіанти розбивки наведені на рис. 11.9.



а - розбивка лінійних споруджень на відкритих ділянках; б - розбивка окремих будинків; в - розбивка від осей магістралей; г - розбивка лінійних споруджень від місцевих предметів

Рис. 11.9 - Варіанти розбивки споруджень

11.3 Геодезичне забезпечення геометричних параметрів споруджень і конструкцій

Склад робіт

При виконанні робіт із забезпечення геометричних параметрів споруджень і конструкцій виконуються наступні роботи:

- забезпечення геометричних параметрів земляних робіт;
- монтаж конструкцій;
- забезпечення геометричних параметрів цегельної кладки й бетонних робіт;
- передача осей і позначок на монтажні обрії.

Забезпечення геометричних параметрів земляних робіт;

При проходці котловану контролюються лінійними промірами його геометричні параметри, контролюється позначка дна котловану. Контроль позначки дна котловану може здійснюватися нівеліром або за допомогою найпростішої визирки, рис. 11.10.

У процесі проведення земляних робіт однієї з розповсюджених завдань є винос лінії заданого ухилу.

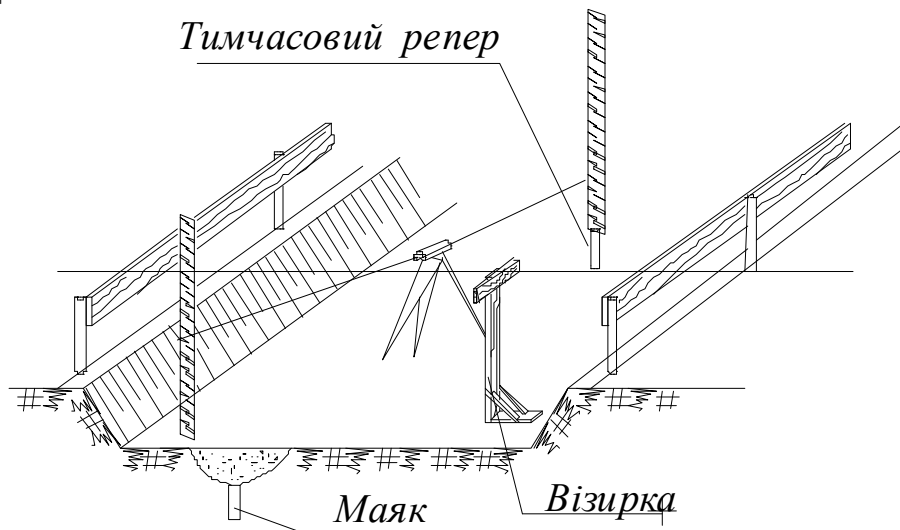


Рис. 11.10 - Контроль позначки дна котловану

Дана задача застосовується при виконанні вертикального планування, монтажі встаткування, монтажі каналізації.

Існують два способи виносу. Спосіб горизонтального променя й спосіб похилого променя.

Спосіб горизонтального променя

Задача виконується в такій послідовності:

- 1) по заданому напрямкові закріплюються точки, рис. 11.11;
- 2) виміряються відстані l_i між цими точками;

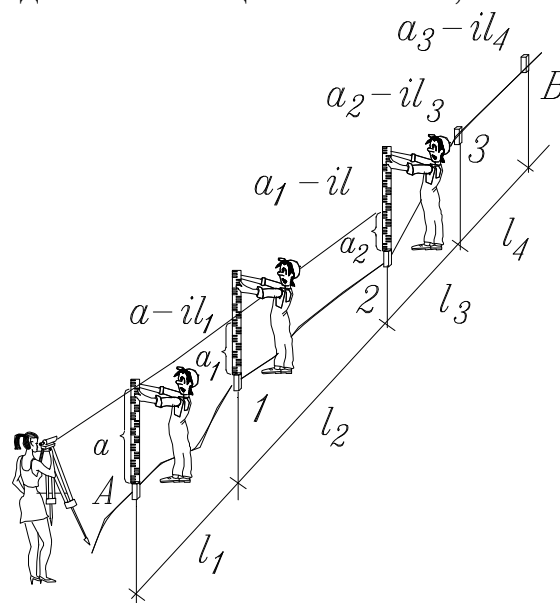


Рис.11.11 - Схема виносу лінії заданого ухилу способом горизонтального променя

3) установлюється нівелір таким чином, щоб відстань від нівеліра до найближчої точки було більш 3м, і він приводиться в робоче положення;

4) встановлюється рейка на першу контрольну точку й проводиться відлічування по чорній стороні рейці, відлік a_1 ;

5) обчислюються проектні перевищення між точками

$$h_k = l_k i, \quad (11.7)$$

де l_k - відстань між точками;

i - проектний ухил;

6) обчислюються проектні відліки для кожної контрольної точки

$$a_k = a_{k-1} - h_i. \quad (11.8)$$

7) послідовно встановлюється рейка на кожну контрольну точку й, переміщаючи рейку по вертикалі (забиваючи кілочок), домагаються, щоб відлік по рейці був дорівнює обчисленому відліку a_k .

8) результати вимірів записуються в польовий журнал, табл. 11.3.

Таблиця 11.3 – Результати виносу лінії проектного ухилу

№ тчк	Відстань, мм	Проектний ухил	Перевищення, мм	Відліки по рейці
1				1265
	3000	+0.015	+0045	
2				1220
	3000	+0.015	+0045	
3				1175
	3000	+0.015	+0045	
4				1130
	3000	+0.015	+0045	
5				1085
	3000	+0.015	+0045	
6				1040
	3000	+0.015	0045	
7				995

Спосіб похилого променя

Даний спосіб застосовується в основному при монтажі встаткування, або трубопроводів, при виконанні вертикального планування лінійних об'єктів. Для його реалізації необхідно попередньо на місцевості закріпити початкову й кінцеві точки, на рис. 11.12 це точки A і N , таким чином, щоб лінія AN мала проектний ухил.

Установлюється теодоліт (можна нівелір) над точкою A і виміряється висота інструмента a . На точку N встановлюється рейка. Наводиться труба приладу на рейку на відлік a , який дорівнює висоті інструменту. Якщо виміри виконуються нівеліром, то нахил труби здійснюється піднімальними гвинтами. Послідовно встановлюючи рейку на всі проміжні точки й переміщаючи рейку по вертикалі, домагаються, щоб відліки по рейці були рівні величині a .

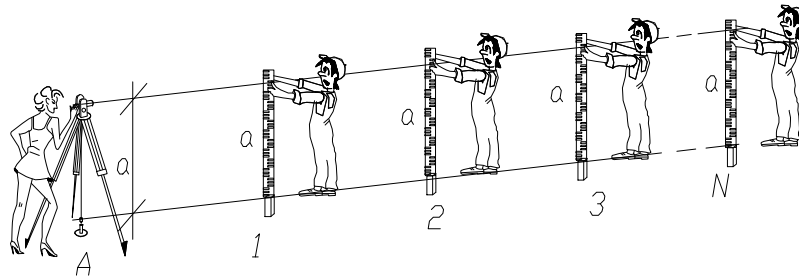
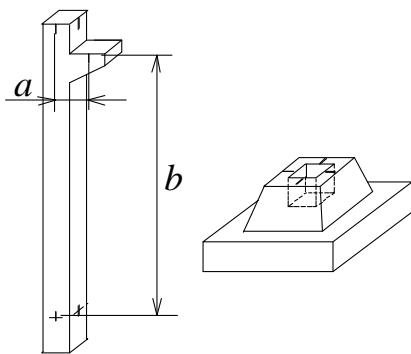


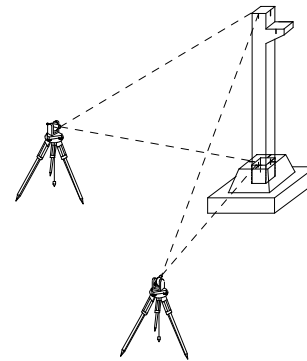
Рис. 11.12 - Винос лінії заданого ухилу способом похилого променя

11.4 Монтаж конструкцій

Монтаж конструкцій, також як і зведення споруджень у цілому здійснюється в три етапи: розбивка, геодезичне забезпечення монтажу, рис. 11.13, і контрольні виміри, рис. 11.14.



Розмітка колон



Установка колон

Рис. 11.13 – Монтаж колон

Елементом розбивки конструкцій є її обмірювання й нанесення осьових міток. Наприклад, на колоні, обміряються поперечники, маркуючи положення осей колон. У верхній частині колони відкладається проектна відстань a від осі колони до середини консолі, намічаючи вісь підкранової балки. Також відкладається проектна відстань b від поверхні консолі до хвостової частини колони, намічаючи поперечною рисою верхню границю установки колони.

Для монтажу колон необхідні два теодоліти або спеціальні рівні. Теодоліти застосовуються коли спорудження відноситься до 1-3 класів точності, на інших спорудженнях вертикальність колон можна забезпечувати спрощеними способами, наприклад виском.

Два теодоліти встановлюються в площинах взаємно перпендикулярних осей, рис. 11.14. Колона вставляється в стакан фундаменту, контролюючи її висотне положення по горизонтальній монтажній мітці. Закріплюючи колону в стакані дерев'яними клинами, сполучають осьові мі-

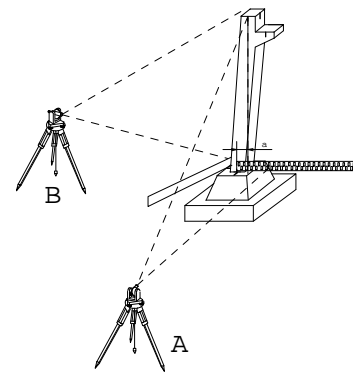


Рис. 11.14 - Контроль вертикальності колон

тки колони й стакану. Контролюючи теодолітами вертикальність, виводиться колона в прямовисне положення. Після остаточного контролю збігу монтажних міток і вертикальності колони вона закріплюється остаточно, тобто закріплюється бетонним розчином.

Роботи з монтажу колони завершуються контрольними вимірами; контролюється збіг монтажних міток і вертикальність колони шляхом проектування у двох взаємно перпендикулярних площинах верхню осьову мітку на рейку, п'яти яких сполучені з нижніми осьовими мітками, рис. 11.14. Допуск на вертикальність колон згідно з нормативними вимогами для будинків 2 класу точності становить 10мм.

Перед монтажем стінових панелей на колонах розмічаються горизонтальні й вертикальні монтажні осі й процес монтажу панелей полягає в сполученні монтажних осей на колонах і панелях, рис. 11.15.

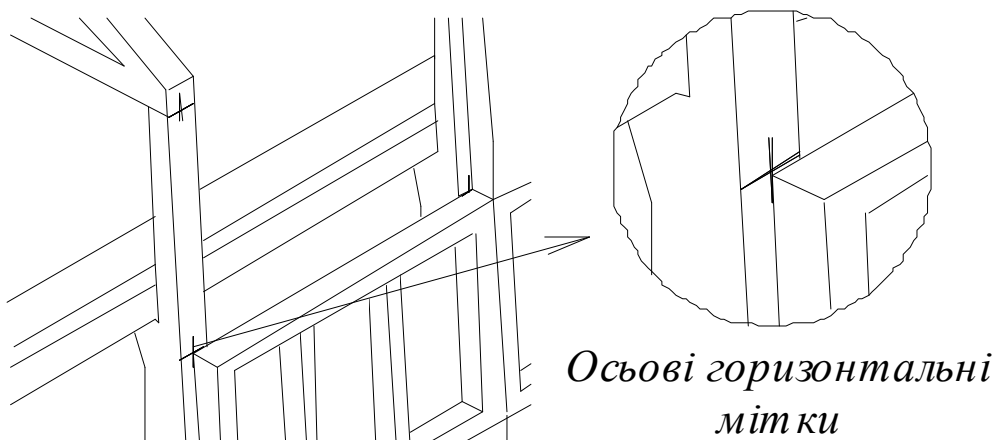


Рис. 11.15 - Монтаж стінових панелей

Монтаж ферм особливих геодезичних робіт не вимагає, перед монтажем виконується обмірювання поверхонь сполучень із колонами й намічаються монтажні мітки. При монтажі візуально монтажні мітки ферми сполучаються з мітками колон.

Зараз у будівництві досить розповсюджений метод бетонування з використанням ковзного опалублення. Висока швидкість і якість бетонування - основні особливості даного методу. Принцип бетонування із застосуванням ковзного опалублення показаний на рис. 11.16.

Каркас із щитами опалубки встановлюється на фундамент. Через порожні гвинти домкратів пропускаються арматурні стрижні. Після заливання бетону, використовуючи домкрати й стрижні, опалубка піднімається. Процес повторюється.

При використанні методу ковзного опалублення основним завданням геодезичних робіт є забезпечення установки опалубки в задане положення.

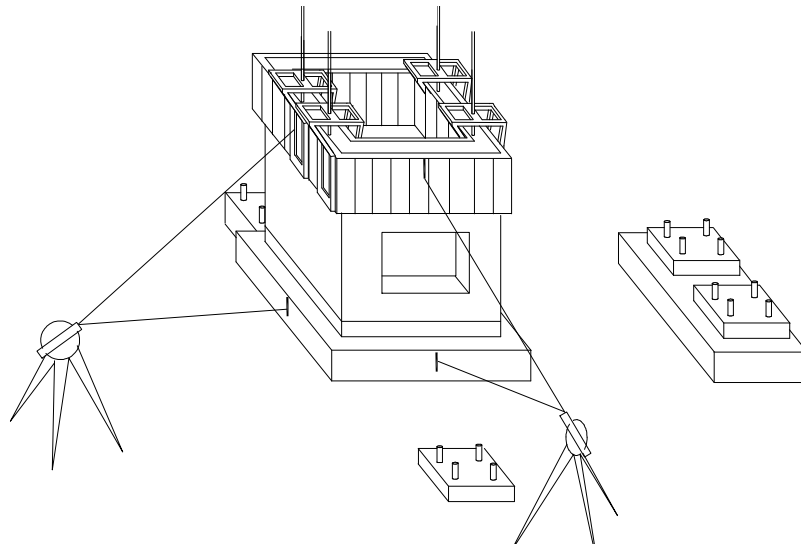


Рис. 11.16 - Геодезичне забезпечення монтажу ковзного опалублення

11.5 Геодезичне забезпечення бетонних робіт

Найбільший обсяг бетонних робіт виконується при зведенні фундаментів. Конструкція фундаменту залежить від ряду факторів і в першу чергу від несучої здатності підстави. Найбільш поширені три типи фундаментів: цокольний, стрічковий і фундаменти колонного типу. Розмічувальні роботи для зведення фундаменту необхідно виконувати по обноскові, яка може бути суцільний, рис. 11.17, або створний, рис. 11.18, 11.19.

Роботи зі зведення фундаменту завершуються його виконавчою зйомкою, яка виконується методом лінійних промірів щодо будівельних осей.

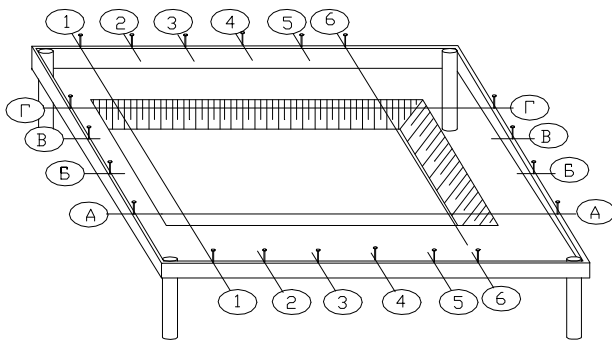


Рис. 11.17 - Суцільна обноска

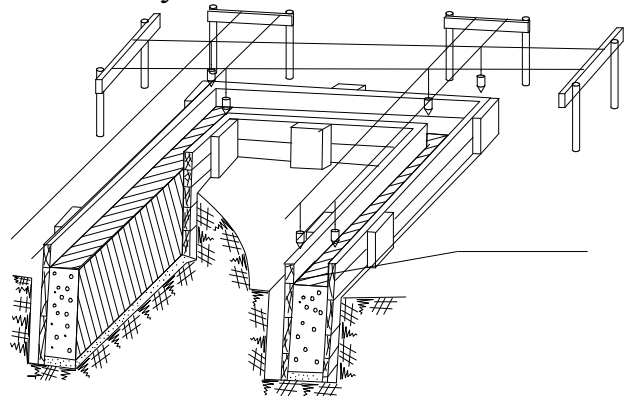


Рис. 11.18 - Створна обноска для стрічкового фундаменту

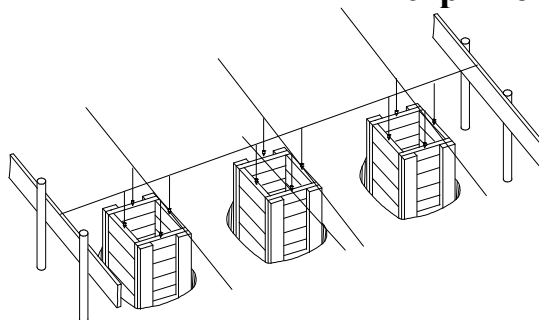


Рис. 11.19 - Створна обноска для фундаментів колонного типу

11.6 Передача позначок на монтажні обрії

Висотне забезпечення на монтажних горизонтах виконується від спеціально закладених робочих реперів. Для визначення їх позначок здійснюється передача позначки із зовнішнього репера на робочий репер. Якщо позначка передається на дно котловану то, можливо застосовувати метод послідовного нівелювання, рис. 11.20, або метод рулетки, рис. 11.21.

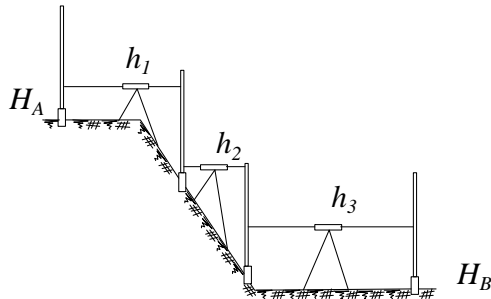


Рис. 11.20 - Передача позначки послідовним нівелюванням

Позначка робочого репера в котловані при використанні методу послідовного нівелювання рівна:

$$H_B = H_A + \sum h, \quad (11.9)$$

де H_B – позначка робочого репера в котловані;

H_A - позначка початкової точки;

$\sum h$ – сума перевищень між робочими реперами на поверхні і в котловані.

Якщо позначка передається за допомогою рулетки, то для її обчислення використовується наступне вираження:

$$H_B = H_A + a + (O_H - O_B) - b, \quad (11.10)$$

де a - відлік по рейці, установленій на вихідній точці A ;

O_H, O_B - відліки по рулетці;

b – відлік по рейці, установленій на верхній точці B .

Роботи з передачі позначок повинні виконуватися з обов'язковим контролем, тобто нівелювання повинні бути в прямому й зворотному напрямках.

Передача осей на монтажні обрії

Забезпечення вертикальності будинків здійснюється за рахунок твердого зв'язку його осей на всіх монтажних горизонтах. Для чого на кожний монтажний горизонт передаються основні осі спорудження, закріплені на базовому горизонті або поза будинком.

Існує дві групи способів передачі осей – похилим і вертикальним проектуванням.

Передача осей способом похилого проектування здійснюється за допомогою теодоліту, рис. 11.22, 11.23.

Передача осей по вертикалі методом вертикального проектування здійснюється за допомогою спеціального виска, рис. 11.24 або методом оптичного вертикального проектування за допомогою спеціального зенит-приладу, рис. 11.25.

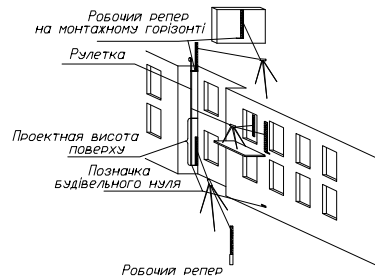


Рис. 11.21 - Передача позначок за допомогою рулетки

Найбільше універсальним способом передачі осей по вертикалі при використанні теодоліту для загальногромадянських будинків висотою до 40м є спосіб бічного нівелювання, рис. 11.23. На деякій відстані від споруджуваного будинку закладаються технологічні базиси, паралельні основним осям спорудження. Теодоліт устанавлюється на одну із точок базису, орієнтуючи його колімаційну площину по другій точці.

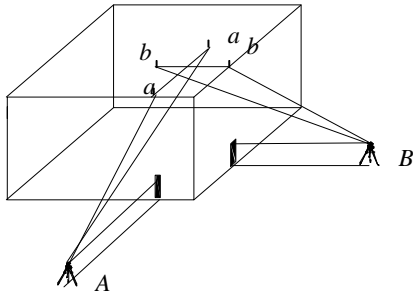


Рис. 11.22 - Передача осей за допомогою теодоліта

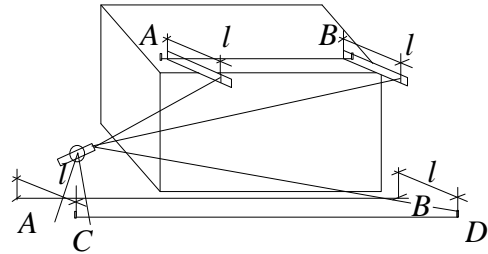


Рис. 11.23 - Передача осей на монтажний Горизонт методом бічного нівелювання

На монтажному горизонті горизонтально встановлюється рейка. Переміщуючи рейку в горизонтальній площині, домагаються, щоб відлік по рейці дорівнював відстані від технологічного базису до осі.

Найбільш точна передача осей по вертикалі здійснюється за допомогою спеціальних приладів вертикального проектування, рис. 11.24, 11.25.

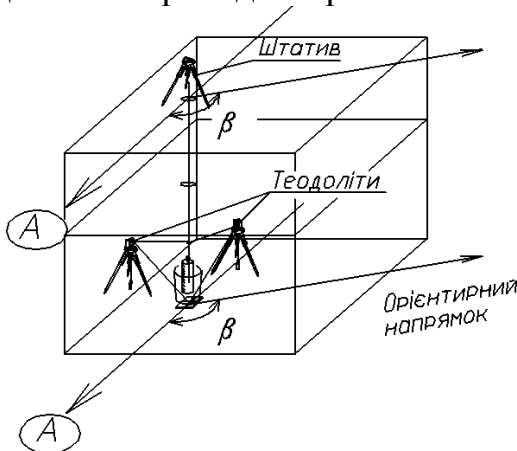


Рис. 11.24 - Передача осей по вертикалі за допомогою виска

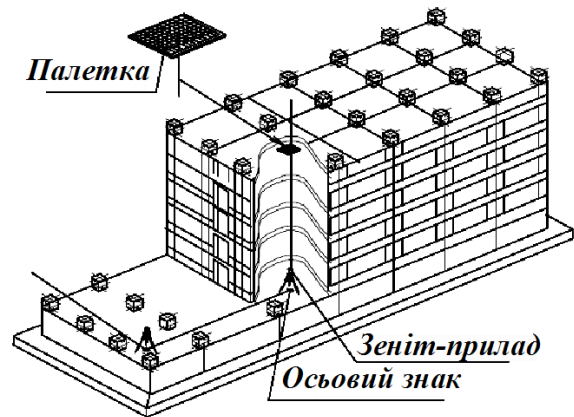


Рис. 11.25 - Передача осей за допомогою прибору-зеніт-приладу

11.7 Виконавчі зйомки

Виконавчі зйомки - це зйомки побудованих споруджень, вузлів, блоків. Призначення виконавчих зйомок наступне.

- 1) контроль якості будівництва;
- 2) сполучення різних етапів будівництва;
- 3) складання експлуатаційної документації;
- 4) авторський нагляд;
- 5) сполучення існуючих і реконструйованих споруджень вузлів;
- 6) початковий матеріал для проектування.

11.8 Елементи виконавчих зйомок

Визначення прямолінійності

Ця задача вирішується при виконанні виконавчих зйомок і при контролі геометричних параметрів об'єктів.

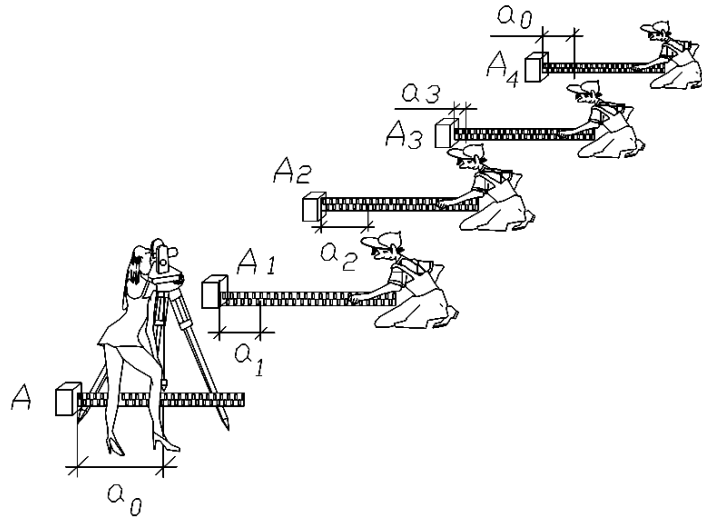


Рис. 11.29 - Схема вимірів прямолінійності

На відстані порядку 1 м від першої колони А встановлюється теодоліт і вимірюється відстань a_0 від теодоліту до колони, рис. 11.29. К останньої колони А4 горизонтально встановлюється рейка. Наводиться труба теодолітна на відлік a_0 . Послідовно приставляється рейка до кожної колони і виконається відлічування по рейці на кожній колоні, відліки a_i .

Величина відхилення від прямої лінії буде рівна

$$\Delta a_i = a_i - a_0, \quad (11.11)$$

де a_i - відлік по рейці;

a_0 - відстань між теодолітом і колоною.

Визначення висоти об'єкту

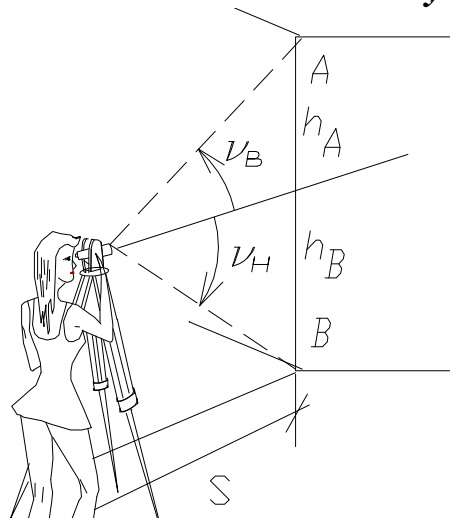


Рис. 11.30 - Визначення висоти об'єкта

На відстані 1.5 висоти об'єкту встановлюється теодоліт, рис. 11.30, і вимірюється відстань S від точки установки теодоліту (точка Z) до спорудження (точка B). Висота об'єкта H рівна:

$$H = h_A + h_B, \quad (11.12)$$

де h_A - відстань від підстави об'єкта до лінії горизонту інструмента;
 h_B - відстань від лінії обрію інструмента до верхньої точки об'єкту.

Для одержання зазначених величин необхідно виміряти вертикальні кути ν_A й ν_B . Висота H обчислюється по формулах

$$H = S(\operatorname{tg} \nu_A + \operatorname{tg} \nu_B); \quad (11.13)$$

$$H = S \operatorname{tg} \nu_A + S \operatorname{tg} \nu_B. \quad (11.14)$$

Визначення крену об'єкта

Ця задача застосовується при виконанні контрольних вимірів і виконавчих зйомок.

На основі попередньо складеної схеми вимірів, встановлюється теодоліт на відстані, порядку 30м від спорудження в створі однієї зі стін, наприклад, у точці A , рис. 11.31.

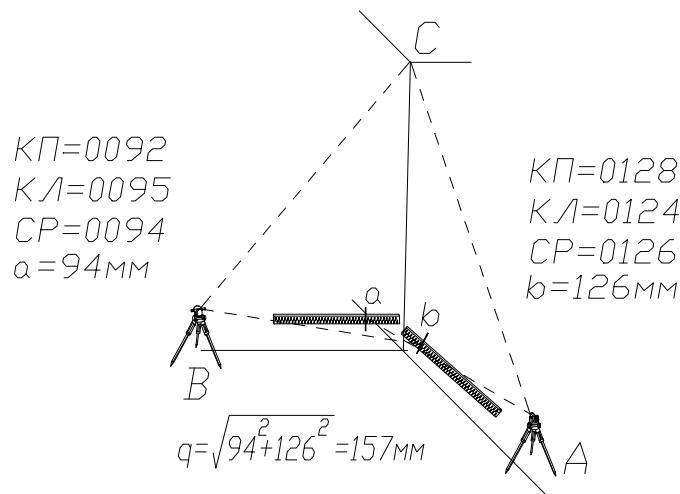


Рис. 11.31 - Визначення крену спорудження

Приставляється горизонтально рейка до стіни по напрямкові на теодоліт. Послідовно при двох положеннях труби теодоліта ($KП$ і $KЛ$) наводиться труба на верхню точку стіни (точка C). Проектується ця точка на рейку, беруться відліки по рейці a_1, a_2 , обчислюється середній відлік a .

Установлюється теодоліт у точку B і аналогічно, знаходять відліки b_1, b_2 і обчислюється відлік b .

Визначається значення крену $q = \sqrt{a^2 + b^2}$.

Нівелювання поверхні

У процесі виконавчої зйомки котловану виникає необхідність нівелювання його дна. Дана задача також застосовується при виконанні вертикального планування й контролі горизонтальності поверхонь.

Контрольована поверхня розбивається на квадрати або прямокутники, що фіксується на схемі розбивки. Вершини квадратів або прямокутників нумеруються. Установлюється нівелір, таким чином, щоб відстані від вершин квадра-

тів до нівеліра були однакові, і приводиться нівелір у робоче положення. По-слідовно встановлюється рейка на всі контрольні точки, рис. 11.32, і проводиться відлічування по чорній стороні рейки, відліки c_i . Дані відліки записуються в колонку "Проміжні відліки" журналу нівелювання, зразок якого наведений у табл. 11.4. Якщо не пред'являються вимоги до конкретної позначки поверхні, то ухвалюється умовне значення горизонту інструмента, наприклад, $H_{ГИ} = 10.000\text{м}$, яке записується в колонку «Позначки горизонту інструмента» нівелірного журналу. Обчислюються позначки контрольних точок

$$H_I = H_{ГИ} - c_i; \quad (11.15)$$

обчислені позначки записуються в колонку «Позначки точок» журналу нівелювання.

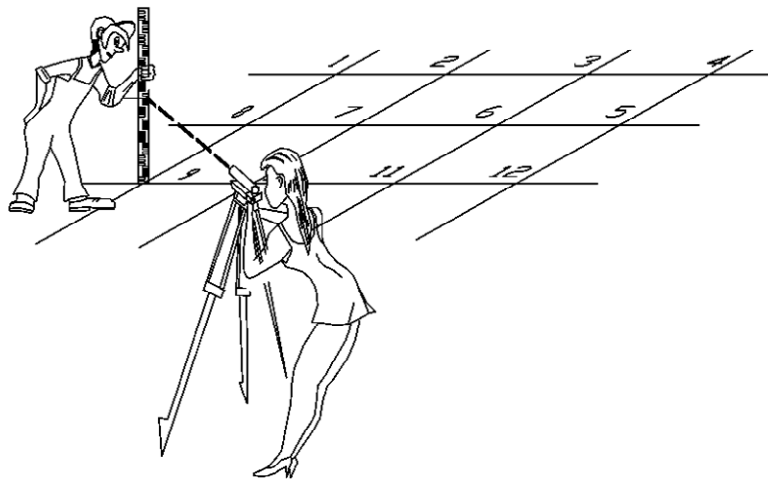


Рис.11.32 - Нівелювання поверхні

Таблиця 11.4 - Журнал нівелювання поверхні

Нівелір *H10* № *985555* Дата *22.04.09* Виконавець *Коротченко Г.Р.*

№ станц.	№№ точок	Відліки по рейках			Перевіщення			Позначки	
		задній	перед.	пром.ж.	вирах.	середн	випр	ГІ	точок
	1			1245				10.000	8.755
1	2			1110					8.890
	3			1325					8.675
	4			1098					8.908
	5			1205					8.797
	6			1323					8.677
	7			1154					8.846
	8			1465					8.535
	9			1305					8.695
	10			0985					9.015
	11			1465					8.535
	12			1454					8.546

На схему вимірів уписуються фактичні позначки точок, рис. 11.33.

1	8.53	2	8.53	3	8.53	4	8.53
-23	8.76	-36	8.89	-15	8.68	-38	8.91
8	8.53	7	8.53	6	8.53	5	8.53
0	8.53	-32	8.85	-15	8.68	-27	8.80
9	8.53	10	8.53	11	8.53	12	8.53
-17	8.70	-49	9.02	-1	8.54	-2	8.55

Рис. 11.33 - Схема вертикального планування

Фактичні позначки вписуються в правий нижній кут вершин квадратів. Позначки вписуються з точністю до двох знаків після коми (з точністю до сантиметра). У верхній лівий кут на схемі записуються номери вершин. Вибирається планувальна позначка. Якщо здійснюється планування дна котловану, то в якості планувальної позначки береться мінімальна позначка, якщо ж здійснюється приведення до горизонту бетонної або іншої аналогічної поверхні, то в якості планувальної позначки береться максимальна позначка. У даному прикладі в якості планувальної позначки беремо мінімальну позначку ($H_{MIN} = 8.53m$). Планувальна позначка записується червоним кольором у верхньому правому куті кожної вершини квадрата. Обчислюються робочі позначки

$$h_i = H_{III} - H_i; \quad (11.16)$$

де H_{III} - планувальна позначка;
 H_i - фактична позначка i - тієї точки.

Робочі позначки в сантиметрах записуються на схемі в лівому нижньому куті вершини під її номером.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. *Войтенко С. П. Інженерна геодезія: підручник// С.П. Войтенко. - К: Знання, 2009*
2. *Гайдай С.А., Защипась С.Я. і ін. Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500./Міністерство екології й природних ресурсів України, 2001.*
3. *Криворучко В. Т. Комп'ютерний учбово-методичний комплекс по інженерній геодезії серія «Геодезія в архітектурі». Диск CD. - Харків: ХНУБА, 2017*
4. *Криворучко В. Т. Геодезична практика. Методичний посібник для студентів спеціальності «Архітектура і містобудування». - Харків: ХНУБА, 2017*
5. *Криворучко В. Т. Методичний посібник для виконання розрахунково-графічних робіт з курсу «Основи геодезії» для студентів спеціальності «Архітектура і містобудування». – Харків: ХНУБА, 2017.- 72 с.*
6. *Криворучко В. Т. Методичні вказівки до проведення лабораторних і практичних робіт з дисципліни «Основи геодезії» для студентів спеціальності «Архітектура й містобудування» /Харківський національний університет будівництва і архітектури - Х.: ХНУБА, 2017. - 60 с.*
7. *В. Т. Криворучко. Программа курса «Инженерная геодезия» для студентов специальности «Архитектура и градостроительство»: Нормативный документ. - Харьков.: ХНУСА, 2017. – 36с.*

Навчальне видання

Комп'ютерний учбово-методичний комплекс по інженерній геодезії. Серія «Геодезія в архітектурі». Інженерна геодезія. Серія «Геодезія в архітектурі»: Навчальний посібник для студентів спеціальності «Архітектура й містобудування». - Харків: Вид-во - ХНУБА, 2017. /Харківський національний університет будівництва і архітектури, автор: Криворучко В. Т., - Х.: ХНУБА, 2017. - Харків: кафедра інженерної геодезії ХНУБА 2017 р.

Автор: Криворучко Володимир Тимофійович

Копіювання й розмноження без згоди автора заборонене

Відповідальний за випуск Т. А. Наливайко

За редакцією автора

План 2017 поз
Електронне видання.

Подп.до друку

Зам. №

Безкоштовно

ХНУБА, 61002, Харків вул. Сумська, 40
