МАРКШЕЙДЕРСЬКЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДКРИТИХ ГІРНИЧИХ РОБІТ

Тема №2. Опорні і знімальні маркшейдерські мережі в кар'єрах:

1. Опорні планові і висотні маркшейдерські мережі на кар'єрах, розрізах та копальнях.
2. Способи розвитку опорних мереж.
3. Зйомочні мережі і способи їх розвитку: експлуатаційні мережі, теодолітні ходи, аналітичні сітки, геодезичні засічки тощо.
4. Висотна зйомочна основа.
5. Призначення, види і способи зйомки подробиць: тахеометрична, мензульна, ординато-лінійна, стереоскопічна.
6. Нівелювання.

Автор: доцент Долгіх

Опорні планові і висотні маркшейдерські мережі на кар'єрах, розрізах та копальнях

- Роботи з побудови маркшейдерської опорної мережі на земній поверхні і знімання земної поверхні виконуються відповідно до вимог Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500, затвердженої наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України від 09 квітня 1998 р. № 56, зареєстрованої у Міністерстві юстиції України 23 червня 1998 р. за № 393/2833 (далі - ГКНТА-2.04.-02-98) та Порядку побудови Державної геодезичної мережі, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 07 серпня 2013 № 646 „Деякі питання реалізації частини першої статті 12 Закону України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність», інших діючих нормативно-правових актів у сфері топографо-геодезичної і картографічної діяльності.
- Створення (реконструкцію) маркшейдерської опорної мережі необхідно здійснювати за відповідним проєктом. Орієнтовний зміст проєктів на створення та реконструкцію маркшейдерської опорної мережі на земній поверхні наведено в Правилах виконання маркшейдерських робіт під час розробки родовищ рудних та нерудних корисних копалин. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 06 липня 2021 року № 884/36506, – 112 с. ...
- При виконанні робіт зі створення (реконструкції) маркшейдерської опорної мережі на поверхні підрядними організаціями проєкт виконання робіт, місця закладки центрів і реперів погоджується з головним маркшейдером гірничого підприємства.

Автор: доцент Долгіх

Опорні планові і висотні маркшейдерські мережі на кар’єрах, розрізах та копальнях

- Типи центрів в кар’єрах:

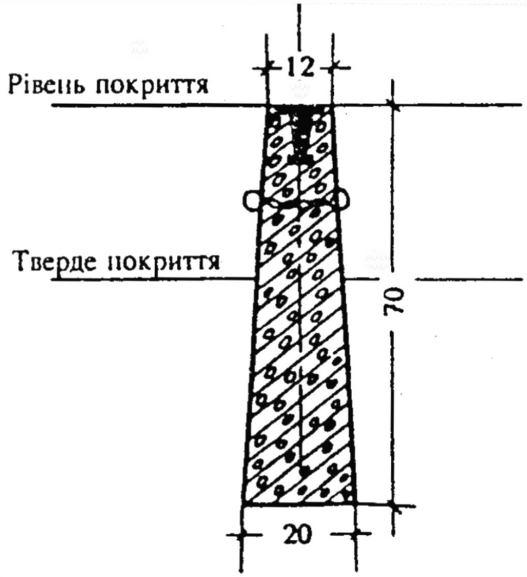


Рис. 1. Центр пункту полігонометрії 1 і 2 розрядів

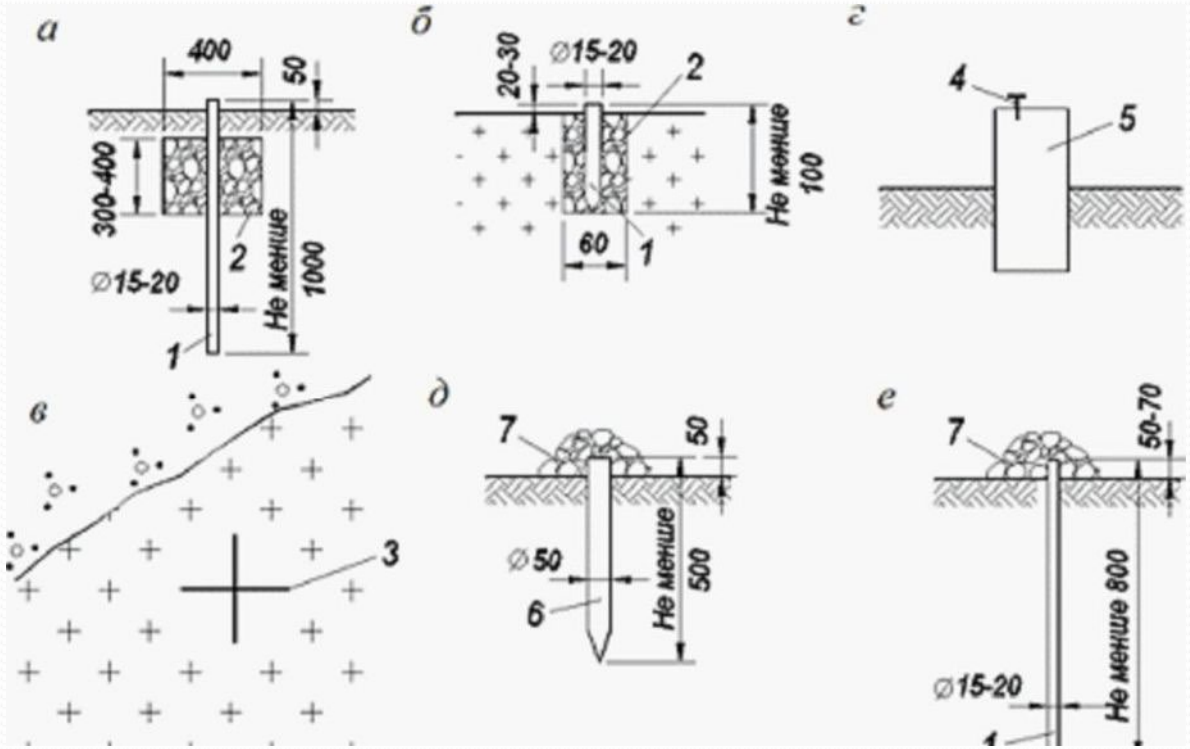


Рис. 2: а - постійний пункт у м’яких породах; б - постійний, пункт в скельних породах; в - тимчасовий пункт в скельних породах; г - тимчасовий пункт на стовпі; б, е - тимчасові пункти у м’яких породах; 1 - металева трубка або стрижень; 2 - бетон; 3 - хрестоподібна насічка; 4 - залізничний костиль; 5 - стовп; 6 - дерев’яний кілок; 7 - насип з каміння

Автор: доцент Долгіх

Опорні планові і висотні маркшейдерські мережі на кар’єрах, розрізах та копальнях

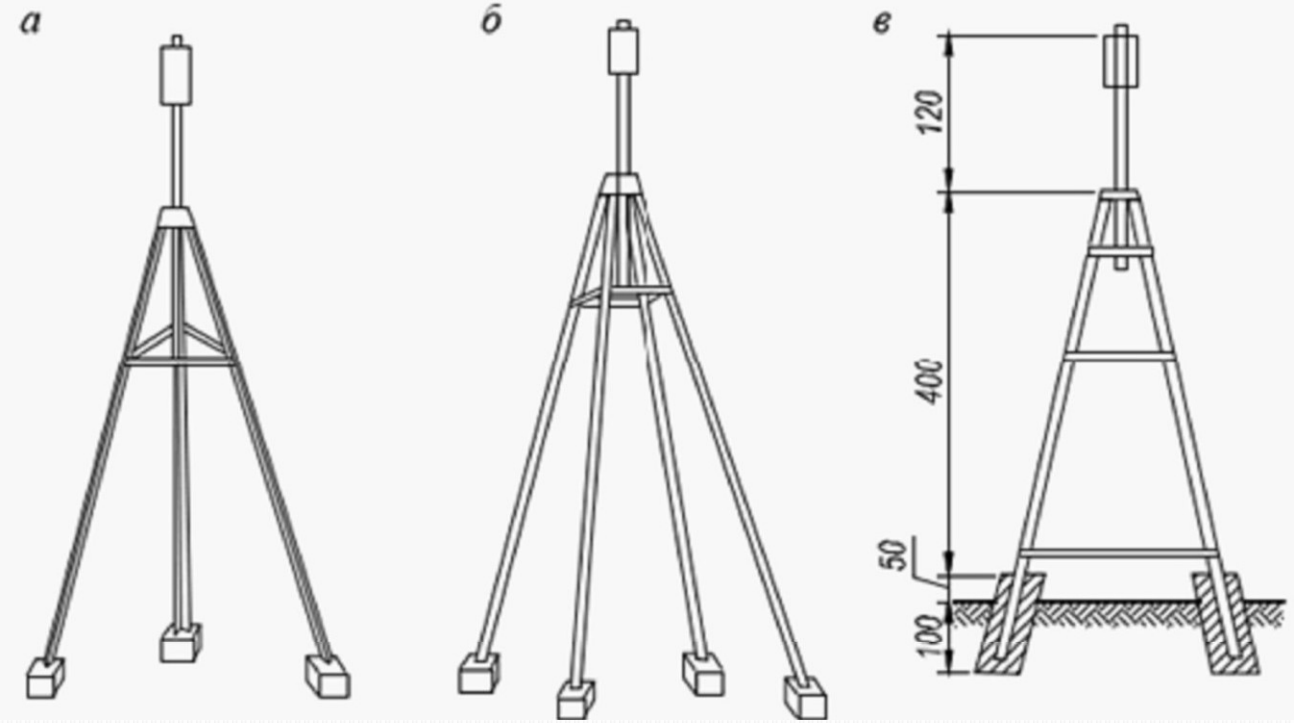


Рис. 3. Зовнішні знаки опорної мережі кар’єру:
а - тригранна піраміда з металевих труб або дерев’яних брусів;
б - чотиригранна піраміда з металевих труб, кутової сталі або дерев’яних брусів;
в – елементи знаку.

Автор: доцент Долгіх

Опорні планові і висотні маркшейдерські мережі на кар'єрах, розрізах та копальнях

- **Планова маркшейдерська опорна мережа**

Вихідними пунктами для планової маркшейдерської опорної мережі є пункти державних геодезичних мереж і мереж згущення, які розташовані поза зоною впливу гірничих робіт.

Планові маркшейдерські опорні мережі повинні спиратися не менше, ніж як на три вихідних пункти або на два пункти і дві вихідні сторони.

Щільність планової маркшейдерської опорної мережі для зйомки поточних змін на території здійснення господарської діяльності гірничого підприємства, у тому числі на територіях промислових майданчиків, приймають не менше чотирьох пунктів на 1 км² на забудованій частині, і не менше одного пункту на 1 км² - на незабудованій частині.

Середні квадратичні похибки визначення положення пунктів планової маркшейдерської опорної мережі відносно вихідних пунктів повинні бути не більше 0,1 м, а середні квадратичні похибки взаємного положення підхідних пунктів - не більше 0,03 м.

Автор: доцент Долгіх

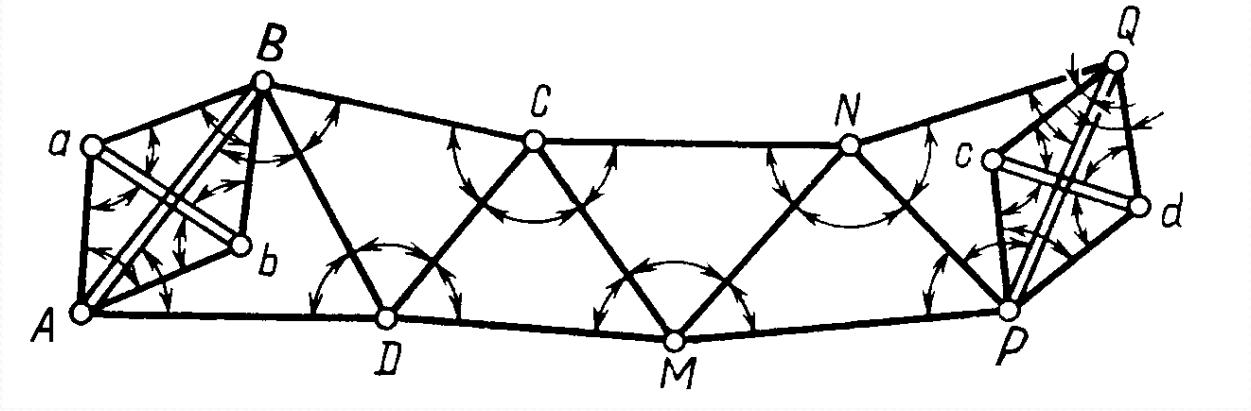
Опорні планові і висотні маркшейдерські мережі на кар'єрах, розрізах та копальнях

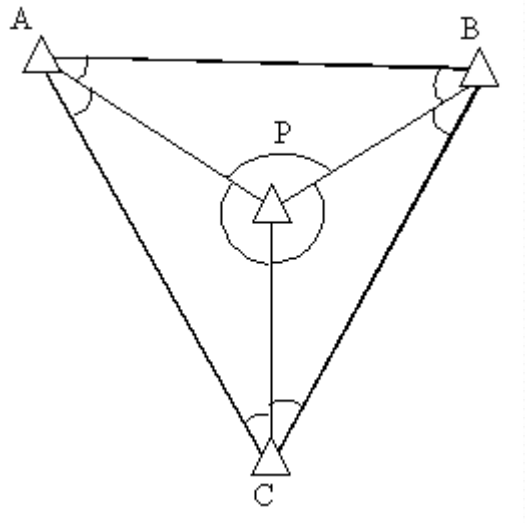
- Для знімання відкритих гірничих виробок пункти планової маркшейдерської опорної мережі розташовують, на бортах кар'єра (розрізу) або в безпосередній близькості від них. Необхідну кількість пунктів визначають з урахуванням перспективи розвитку гірничих робіт, розмірів і глибини кар'єра (розрізу), можливості використання пунктів для розвитку знімальної мережі.
- Пункти планової маркшейдерської опорної мережі, які використовуються в якості вихідних для визначення опорних реперів профільних ліній спостережних станцій при спостереженнях за деформаціями земної поверхні, за стійкістю бортів кар'єрів, відвалів розкривних порід, дамб та інших споруд шламо- і хвостосховищ, повинні розташовуватися в місцях, що забезпечують їх стійкість на весь період проведення спостережень.
- Планова маркшейдерська опорна мережа створюється методами тріангуляції, трилатерації, полігонометрії та їх сполученням відповідно до Правил… та Порядку побудови Державної геодезичної мережі.
- Визначення координат пунктів планової маркшейдерської опорної мережі може здійснюватися спостереженнями глобальних навігаційних супутникових систем.
- За точністю планова маркшейдерська опорна мережа може бути представлена у виді геодезичних мереж 4 класу, 1 і 2 розрядів.

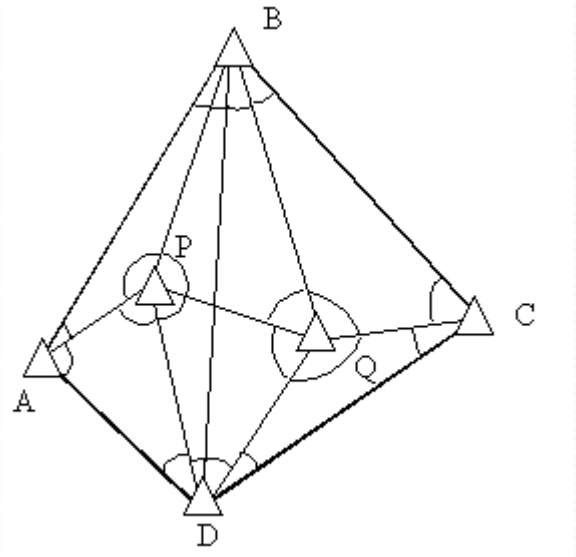
Автор: доцент Долгіх

Способи розвитку опорних мереж

ТРІАНГУЛЯЦІЯ







Автор: доцент Долгіх

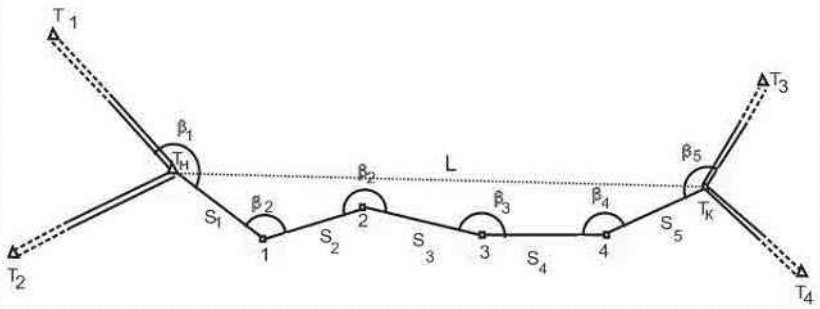
Способи розвитку опорних мереж
ТРІАНГУЛЯЦІЯ

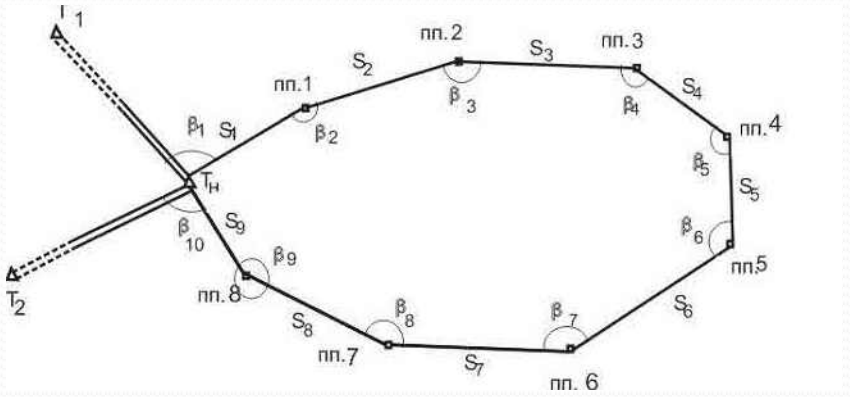
Показники тріангуляції	4 клас	1 розряд	2 розряд
Довжина сторони трикутника, км, не більше	5,0	5,0	3,0
Мінімально допустима величина кута, кутові градуси:			
у суцільній мережі	20	20	20
сполучного в ланцюжку трикутників	30	30	30
у вставці	30	30	20
Кількість трикутників між вихідними сторонами або між вихідним пунктом і вихідною стороною, не більше	10	10	10
Мінімальна довжина вихідної сторони, км	2	1	1
Граничне значення середньої квадратичної помилки кута, що обчислена за нев'язкими у трикутниках, кутові секунди	2	5	10
Гранично допустима нев'язка в трикутнику, кутові секунди	8	20	40
Відносна помилка вихідної (базисної) сторони, не більше	1:200000	1:50000	1:20000
Відносна помилка визначення довжини сторони в найбільш слабкому місці, не більше	1:50000	1:20000	1:10000

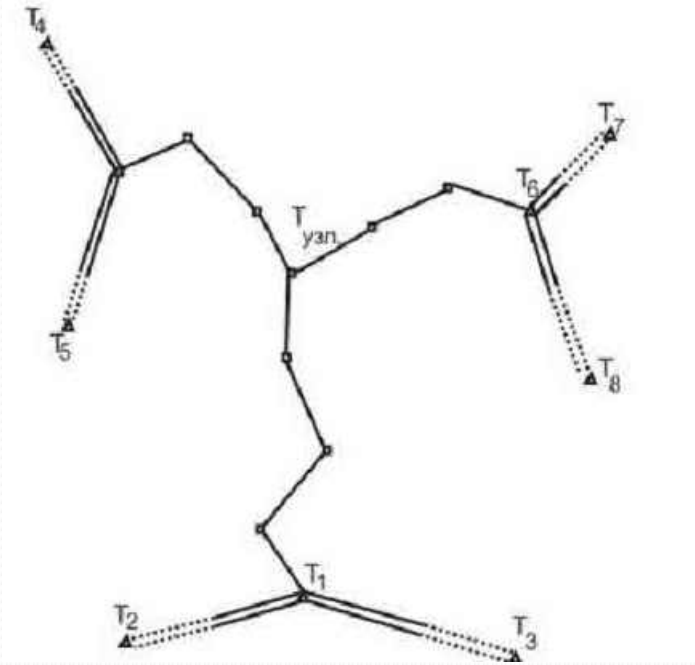
Автор: доцент Долгіх

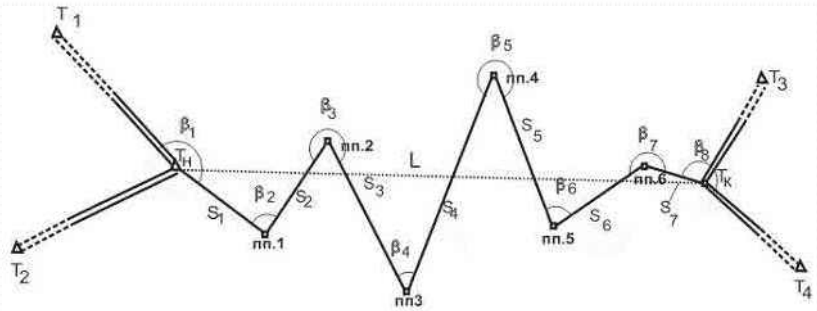
Способи розвитку опорних мереж

ПОЛІГОНОМЕТРІЯ









Автор: доцент Долгіх

Способи розвитку опорних мереж

ПОЛІГОНОМЕТРІЯ

Показники полігонометрії	4 клас	1 розряд	2 розряд
Гранична довжина ходу, км: окремого між вихідною і вузловою точками між вузловими точками	14,0 9,0 7,0	7,0 5,0 4,0	4,0 3,0 2,0
Граничний периметр полігону, км	40	20	12
Довжини сторін ходу, км: найбільша найменша середня	3,00 0,25 0,50	0,80 0,12 0,30	0,50 0,08 0,20
Кількість сторін у ході, не більше	15	15	15
Відносна помилка ходу, не більше	1:25000	1:10000	1:5000
Середня квадратична помилка виміряного кута (за нев'язками у ходах і в полігонах), кутові секунди, не більше	2-3	5	10
Середня квадратична помилка вимірювання довжини сторони, см: до 500 м від 500 до 1000 м понад 1000 м	 1 2 1:40000	 1 2 —	 1 — —

Автор: доцент Долгіх

Способи розвитку опорних мереж
ТРИЛАТЕРАЦІЯ

Показники трилатерації	4 клас	1 розряд	2 розряд
Довжина сторони трикутника, км	2–5	0,5–5	0,25–3
Мінімально допустима величина кута трикутника	30º	20º	20º
Кількість трикутників між вихідними сторонами або між вихідним пунктом і вихідною стороною	—	10	10
Мінімальна довжина вихідної сторони, км	2	1	1
Відносна середня квадратична помилка вимірювання сторони мережі	1/40000	1/20000	1/10000

Автор: доцент Долгіх

Способи розвитку опорних мереж
СУПУТНИКОВИЙ МЕТОД

Показник супутникового методу	4 клас	1 розряд
Тип супутникових приймачів (кількість частот)	1-2	1-2
Мінімальна кількість супутників, що спостерігаються одночасно	4	4
Інтервал реєстрації (дискретність) супутникових сигналів, сек.	15	15
Мінімальна висота положення супутників над горизонтом, градусів	15	15
Максимально допустиме значення GDOP	5	5
Відносна похибка визначення вектора-бази, не більше	1:25000	1:10000

Автор: доцент Долгіх

Зйомочні мережі і способи їх розвитку: експлуатаційні мережі, теодолітні ходи, аналітичні сітки, геодезичні засічки тощо

- На додаток до пунктів опорної мережі, яких недостатньо для зйомки, між ними розвивають знімальне обґрунтування. Густота пунктів знімального обґрунтування залежить від складності форми об‘єкту і масштабу плану. Пункти обґрунтування намагаються рівномірно розташовувати по площі та за певною системою. Це значно спрощує проведення зйомки і складання планів гірничих робіт.
- У залежності від конкретних умов зйомки можуть застосовуватись наступні види знімального обґрунтування:
- – аналітичні мережі;
- – теодолітні ходи;
- – експлуатаційні мережі (сітки);
- – профільні лінії.

Автор: доцент Долгіх

Зйомочні мережі і способи їх розвитку: експлуатаційні мережі, теодолітні ходи, аналітичні сітки, геодезичні засічки тощо

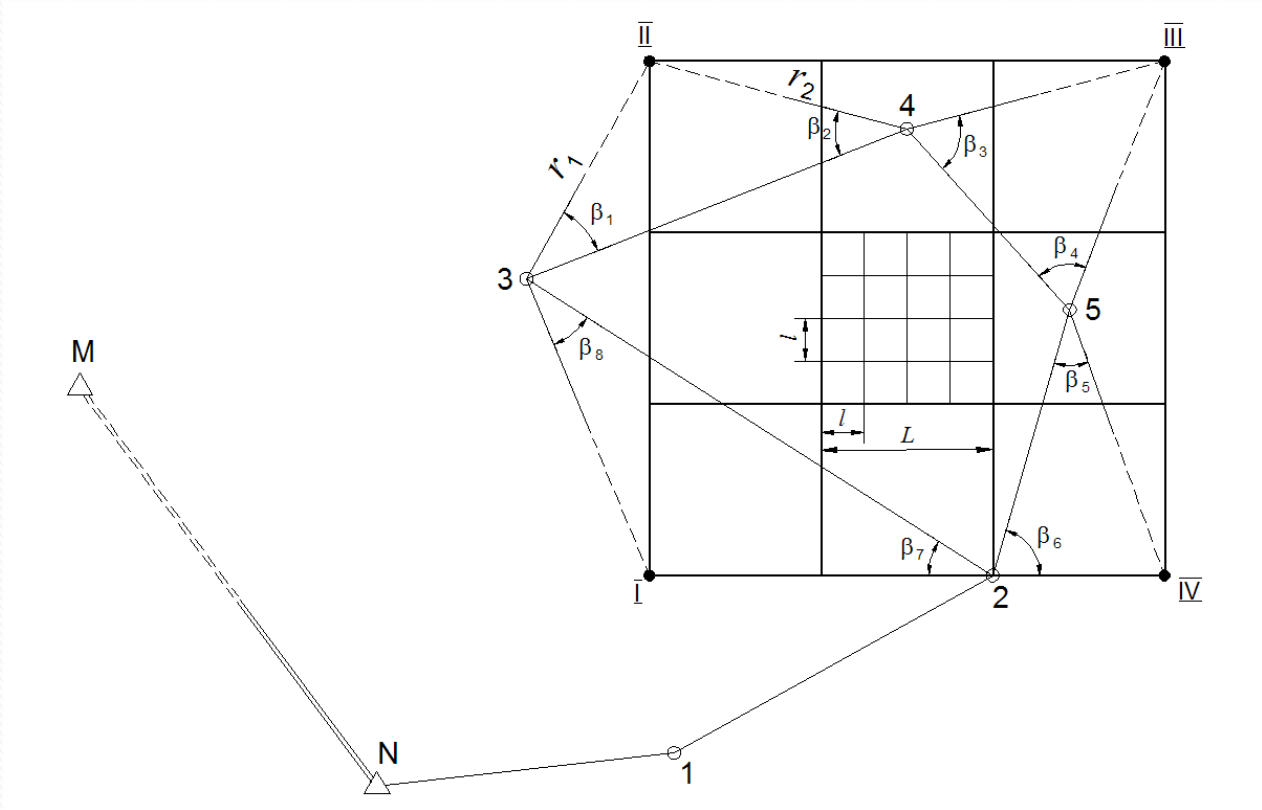
- *Аналітичні мережі* – це система пунктів, координати яких визначають способом тріангуляції, опираючись на пункти опорної мережі як вихідні. Для цього їх розташовують в вершинах трикутників із сторонами 100...1000 м, близьких за формою до рівнобічних. Застосовують такі мережі в умовах, де неможливі або ускладнені лінійні вимірювання.
- *Теодолітні ходи* – це найбільш розповсюджений спосіб розвитку знімального обґрунтування на відкритих розробках. Вони являють собою систему "полігонометричних ходів зниженої точності", що прокладаються звичайно на майданчиках уступів.
- *Експлуатаційні сітки* – це система пунктів, що розташовані у вершинах квадратів і прямокутників із сторонами 20..50 м і більше.

Експлуатаційні сітки розбивають на місцевості за заздалегідь складеним проектом, враховуючи умови місцевості і план розвитку гірничих робіт. Простіший спосіб розмічування такої сітки в натурі показаний на рис. 1.

Закріпивши на місцевості одну з вершин майбутньої сітки (точка 2), у межах контуру кар'єра прокладають замкнутий полігонометричний хід 2, 3, 4, 5 і обчислюються координати його вершини. Для цього хід прив'язують до пунктів тріангуляції або полігонометрії *M* і *N* полігонометричним ходом *N*-1-2. Знаючи координати точки 2, проектні дирекційні кути ліній сітки та, задаючись довжиною сторони квадрата сітки *L*, обчислюють координати кутових точок I, II, III, IV, як у звичайному полігоні.

Автор: доцент Долгіх

Зйомочні мережі і способи їх розвитку: експлуатаційні мережі, теодолітні ходи, аналітичні сітки, геодезичні засічки тощо



1

Рис. 1. Схема розмічування експлуатаційної сітки

Автор: доцент Долгіх

Зйомочні мережі і способи їх розвитку: експлуатаційні мережі, теодолітні ходи, аналітичні сітки, геодезичні засічки тощо

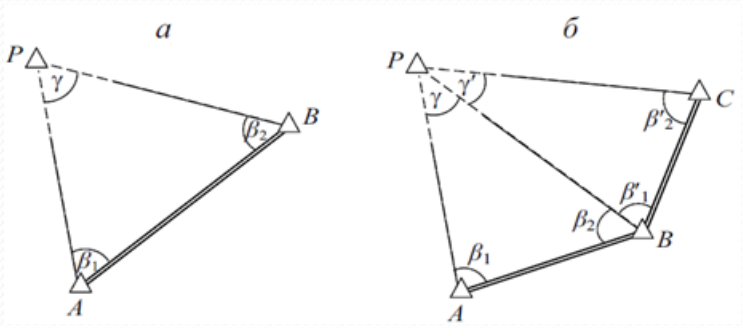


Рис.2. Пряма кутова засічка: *а* – з двох пунктів; *б* – з трьох пунктів

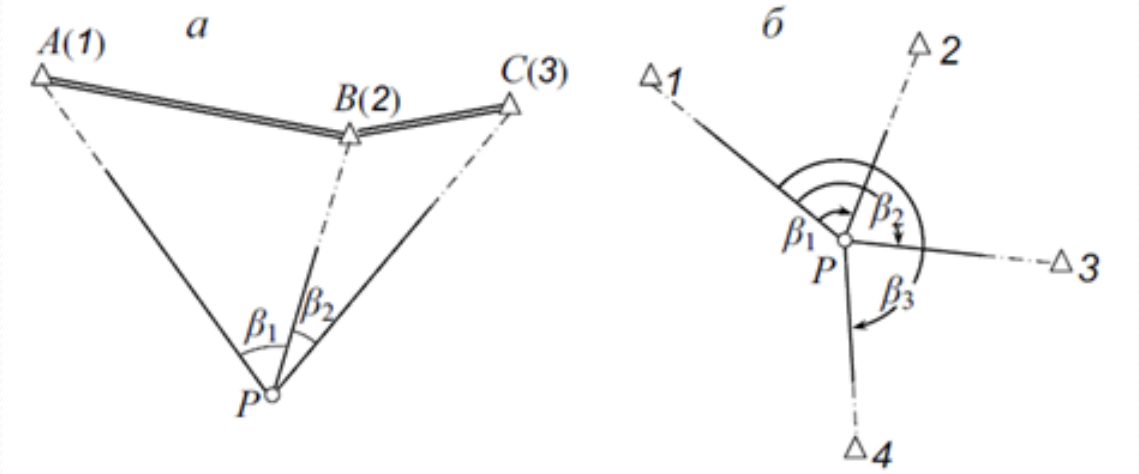


Рис. 3. Обернена кутова засічка: *а* – на три пункти; *б* – на чотири пункти

Автор: доцент Долгіх

Висотна опорна та зйомочна основа

Нівелювання IV класу

Нівелювання IV класу виконується нівелірами, що мають збільшення зорової труби не менше 25×, ціну поділки рівня не більше 25" (контактного – не більше 30") на 2 мм та нівелірами з самовстановлювальною лінією візування (НЗКЛ, Ni-025) та їм рівно точними.

При нівелюванні IV класу ходи прокладаються в одному напрямку. Довжина ходів не повинна перевищувати 8 км на забудованій території і 12 км – на незабудованій.

Для нівелювання IV класу застосовуються триметрові двосторонні рейки з шашковою шкалою.

Нормальна довжина променя візування 100 м. Якщо нівелювання виконують нівеліром, труба якого має збільшення не менше 30×, то при відсутності коливань зображення дозволяється збільшувати довжину візирного променя до 150 м. Висота променя над підстилаючою поверхнею повинна бути не менше як 0,2 м.

Нев'язки в ходах між вихідними пунктами та в полігонах повинні бути не більше $\pm 20\sqrt{L}$ (*мм*) при кількості станцій менше 15 на 1 км ходу, та $\pm 5\sqrt{n}$ (*мм*) на місцевості із значними кутами нахилу, коли кількість станцій більше 15 на 1 км ходу, де L – довжина ходу (полігону) в км; n – кількість станцій в ході (полігоні).

Автор: доцент Долгіх

Висотна опорна та зйомочна основа

Технічне нівелювання

- Ходи технічного нівелювання прокладають між двома вихідними пунктами у вигляді одиночних ходів або системи ходів з однією або декількома вузловими точками. Прокладання замкнутих ходів, що опираються обома кінцями на один і той самий вихідний пункт, не дозволяється. У мережу технічного нівелювання включаються всі пункти планових мереж згущення (полігонометрії, трилатерації, тріангуляції), які не включені в мережу нівелювання IV класу. Довжини ходів технічного нівелювання визначають в залежності від висоти перерізу рельєфу топографічного знімання.

Характеристика лінії	Довжини ходів (в км) при перерізах рельєфу:		
	0,25 м	0,5 м	1 м і більше
Між двома вихідними пунктами	2,0	8	16
Між вихідним пунктом та вузловою точкою	1,5	6	12
Між двома вузловими точками	1,0	4	8

Автор: доцент Долгіх

Висотна опорна та зйомочна основа

- Для виконання технічного нівелювання застосовуються нівеліри із збільшенням зорової труби не менше 20× та ціною поділки рівня не більше 45" на 2 мм, нівеліри із самовстановлювальною лінією візування, а також теодоліти з компенсатором або із рівнем при зоровій трубі.
- Нівелірні рейки повинні мати шашковий малюнок із сантиметровими або двосантиметровими поділками.
- Нівелювання виконують у одному напрямку. Нормальна довжина променя візування 120 м. За добрих умов видимості та спокійних зображеннях довжину променя можна збільшити до 200 м.
- Нев'язки нівелірних ходів або замкнутих полігонів не повинні перевищувати величин, що обчислені за формулою $fh = 50мм \cdot \sqrt{L}$ (мм), де L – довжина ходу (полігону) в км.
- На місцевості із значними кутами нахилу, коли кількість станцій на 1 км ходу більше 25, допустима нев'язка обраховується за формулою $f_h = 10\sqrt{n}$ (мм), де n – кількість штативів у ході (полігоні).

Автор: доцент Долгіх

Призначення, види і способи зйомки подробиць: тахеометрична, мензульна, ординато-лінійна, стереоскопічна.

Знімальна основа топографічних знімань

Для виконання топографічних знімань на основі пунктів планової маркшейдерської опорної мережі створюють знімальну основу, яка включає осьові пункти будівель, точки для знімання контурів будівель, споруд та підземних комунікацій на промислових майданчиках, інші пункти теодолітного знімання.

Знімальна основа може створюватися прокладанням теодолітних ходів, геодезичними засічками або супутниковими спостереженнями.

Розвиток знімальної основи шляхом визначення пунктів за радіальною (променевою) схемою рекомендується при підготовці геодезичної основи для знімань у відносно дрібних масштабах з висотами перерізу рельєфу 1 м, 2 м і більше, тобто в тих випадках, коли не потрібно одержання матеріалів високої точності.

Довжина теодолітних ходів між вихідними чи вузловими пунктами повинна бути не більше 1 км, загальна довжина системи полігонів допускається не більше 3 км.

Автор: доцент Долгіх

Призначення, види і способи зйомки подробиць: тахеометрична, мензульна, ординато-лінійна, стереоскопічна

- Кути у теодолітних ходах слід вимірювати одним повним прийомом теодолітом зі збільшенням зорової труби не менше 18 кратності та точністю відліків не менше 30" або електронним тахеометром відповідної точності.
- Вимірювання довжин виконують у прямому та зворотному напрямках (приладами) із середньою квадратичною погрішністю не більше 30 мм. Допускається використання рулеток для вимірювання довжини у ходах протяжністю менше 1,5 км.
- Поправки за приведення до поверхні референц-еліпсоїда і за приведення до проєкції Гауса слід вводити, якщо їх сума перевищує 1:15000 довжини сторони, що виміряється.
- Допустима лінійна нев’язка теодолітних ходів повинна бути не більше 1:2000 довжини ходу

Автор: доцент Долгіх

Призначення, види і способи зйомки подробиць: тахеометрична, мензульна, ординато-лінійна, стереоскопічна

- Пряму засічку виконують з трьох вихідних пунктів. Зворотна засічка проводиться за чотирма вихідними пунктами за умови, що пункт, положення якого визначається, не знаходиться поблизу кола, що проходить через три вихідних пункти.
- Кути між лініями засічок на пункті, положення якого визначається, повинні бути не менше 30° і не більше 150°. Відстань від пунктів, що визначаються, до вихідних не повинна перевищувати 3 км при зніманні в масштабі 1:5000 і 1 км при зніманні у масштабі 1:2000.
- Горизонтальні кути в геодезичних засічках вимірюють теодолітами із збільшенням зорової труби не менше 18 кратності і точністю відліків не менше 15" двома прийомами, а при використанні більш точного теодоліту – одним круговим прийомом.
- Висоти точок знімальної основи визначають геометричним нівелюванням технічної точності (технічне нівелювання) чи тригонометричним нівелюванням.
- Визначення координат кутових точок наданої у користування земельної ділянки (земельного відводу), кутів основних будівель та центрів колодязів підземних комунікацій на проммайданчиках необхідно робити прокладанням по них теодолітних ходів або полярним способом, а також з використанням супутникової навігаційної апаратури.

Автор: доцент Долгіх

Призначення, види і способи зйомки подробиць: тахеометрична, мензульна, ординато-лінійна, стереоскопічна

- При застосуванні полярного способу напрямки на точки необхідно виміряти з точністю не менше 1'. Відстані до точок земельного відводу, що знімають, чи кутів будівель промислового майданчика повинні бути не більше довжини рулетки. При великих відстанях використовують світловіддалеміри або електронні тахеометри. До виміряних довжин вводять поправки за нахил та приладові поправки.
- Контроль вимірювань повинен забезпечуватись визначенням координат з різних точок знімальної основи або вимірюванням відстаней між суміжними точками. Розбіжність між двома визначеннями координат або різниця між виміряною та обчисленою довжиною повинна бути не більше 0,5 м. Після закінчення робіт слід виконувати польовий контроль вимірювань. Контролю підлягає не менше 5 % точок жорстких контурів.
- Основне призначення маркшейдерських зйомок полягає перш за все у тому, що за даними цих зйомок складають плани поверхні і гірничих робіт, а також деякі інші креслення, за допомогою яких розв‘язуються важливі задачі, що пов‘язані із розробкою родовищ корисних копалин.
- Крім цього, дані, отримані в результаті таких зйомок, служать початковими (вихідними) для вирішення таких задач, як задавання напрямку гірничим виробкам, виконання різноманітних розбивок при будівництві, тощо.

Автор: доцент Долгіх

Маркшейдерські зйомки

- Враховуючи ту важливу роль, яку відіграють маркшейдерські зйомки у діяльності гірничого підприємства, вони повинні виконуватись своєчасно, забезпечувати необхідну повноту і *точність* планів і вирішення багатьох важливих задач.
- Метод маркшейдерських зйомок так, як і метод геодезичних зйомок, заснований переважно на *кутових і лінійних вимірюваннях.*
- У деяких випадках, крім цього, користуються методи фотограмметрії, властивості магнітного поля Землі, гіроскопічний ефект.
- За даними відповідних вимірів визначають координати окремих точок (пунктів), що закріплені на ділянці, яка підлягає зйомці. Ці пункти називають *пунктами обґрунтування зйомок*, від яких потім проводять зйомку подробиць.
- Для нанесення об`єкта на план спочатку по координатах наносять пункти обґрунтування зйомки і потім, користуючись нанесеною на план координатною сіткою, по виміряних елементах наносять подробиці об‘єкта.

Автор: доцент Долгіх

Маркшейдерські зйомки

- **Горизонтальна зйомка**
- *Спосіб ординат.* Припустимо необхідно виконати зйомку контуру кар'єру (нижню чи верхню бровку тощо) і нанести його на план у заданому масштабі. Для цього на контурі намічають характерні точки, які потім знімають. Так якийсь контур (рис. 4) цілком визначається його характерними точками *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*.
- Для зйомки цього контуру поблизу нього спочатку необхідно закріпити пункти планового обґрунтування (полігонометрію) *A*, *B*, *C* і визначити їх координати, за якими вони можуть бути нанесені на план.
- Якщо тепер лінію *AB* умовно прийняти за вісь абсцис з початком у точці *A*, а лінію, їй перпендикулярну, – за вісь ординат, то положення будь-якої точки контуру (у даному випадку точки *a*, *в*, *c*) відносно лінії *AB* можливо визначити їх умовними координатами, які згідно рис. 4 дорівнюють відповідним відрізкам:

$X'a = 0;\ X'b = Ab'\ X'c = Ac'$

$Y'a = Aa\ Y'b = b'b\ Y'c = c'c.$

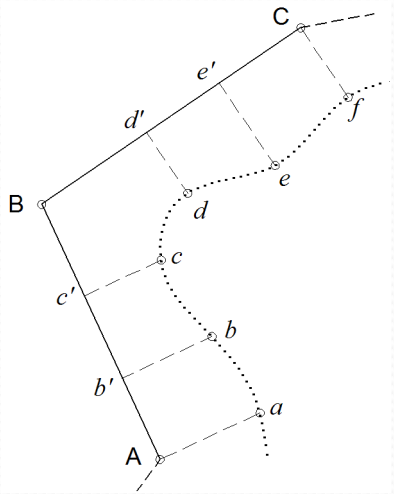


Рис. 4. Спосіб перпендикулярів

Автор: доцент Долгіх

Маркшейдерські зйомки

- *Спосіб полярних координат (полярних напрямків)* застосовують на відкритій місцевості для зйомки окремих місцевих предметів і характерних точок контуру, віддалених від теодолітного ходу.
- Сторону теодолітного ходу *AB* (рис. 5) приймають за полярну вісь, а вершину *A* (або *B*) за полюс. Для визначення планового положення точок (наприклад 1 і 2) достатньо виміряти горизонтальні кути *β1, β2* між вихідним напрямком *AB* і напрямком на знімальні точки і відстані *l1* і *l2* до цих точок.
- Горизонтальні кути вимірюють теодолітом технічної точності, а довжини (відстані) – сталевою стрічкою або нитковим далекоміром. Точкою установки теодоліта при зйомці ситуації полярним способом може бути одна із вершин теодолітного ходу або допоміжна опорна точка (*O*) на його стороні.

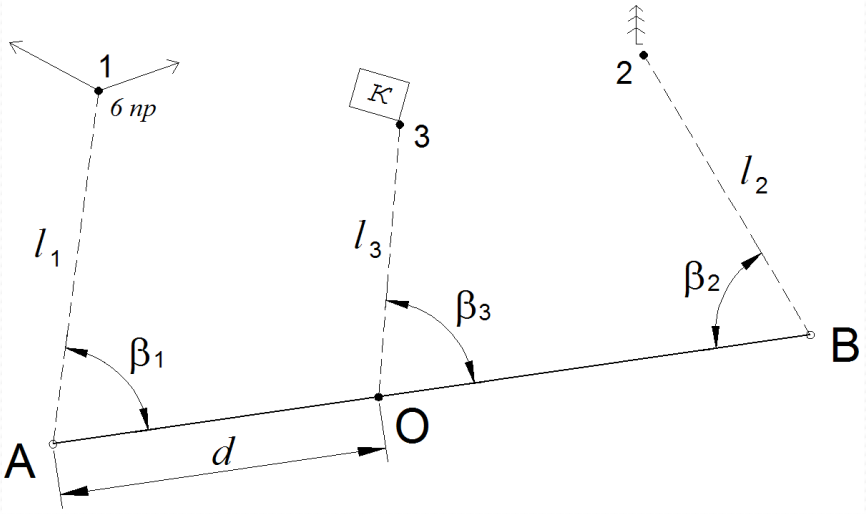


Рис. 5. Спосіб полярних координат

Автор: доцент Долгіх

Маркшейдерські зйомки

- *Спосіб засічок* (біполярних координат). Для зйомки важкодоступних точок на відкритій місцевості вигідно застосовувати спосіб кутових засічок. Для цього у точках *A* та *B* (рис. 6) за допомогою теодоліта заміряють кути γ і δ між стороною теодолітного ходу *AB* і напрямком на знімальну точку *N*.
- Точка *N* на плані буде розташовуватись на перетині напрямків, побудованих за цими кутами. Необхідно мати на увазі, що найбільш вигідним є випадок, коли кут при точці *N*, близький до 90º; засічки під кутом менше 30º і більше 150º дають неточне положення знімальних точок.

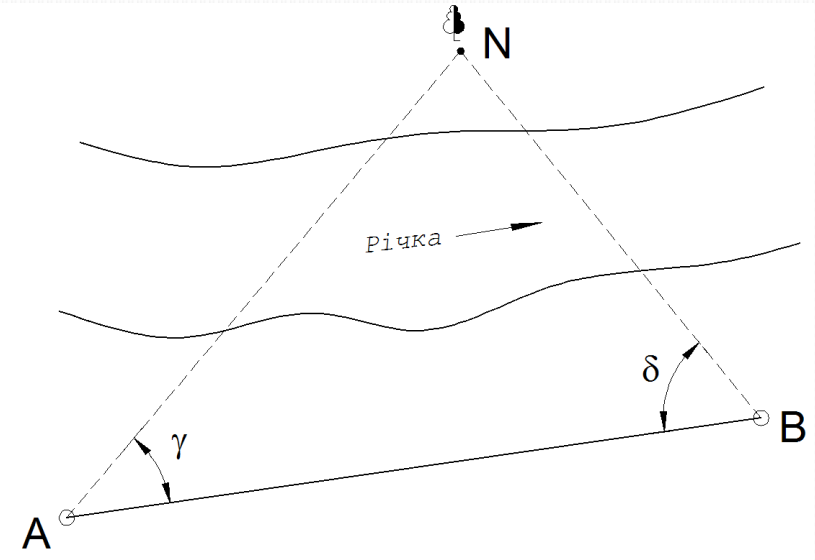


Рис. 6. Спосіб засічок

Автор: доцент Долгіх

Маркшейдерські зйомки

- При зйомці доступних об‘єктів з чітким окресленням (будови, інженерні споруди тощо), розташованих поблизу сторін теодолітного ходу, можливо використовувати спосіб лінійних засічок. Для цього на стороні *AB* (рис. 7) вибирають дві допоміжні точки O_1 і O_2, відрізок між якими *b* є базисом. З точок O_1 і O_2 стрічкою або рулеткою заміряють відстані *l1* і *l2* до точки *M*. Перетин лінійних засічок відрізками l_1 і l_2 визначають положення точки *M* на плані. При лінійних засічках форма трикутника O_1MO_2 повинна бути по можливості близька до рівностороннього, а довжини сторін не перевищувати довжину мірного приладу.

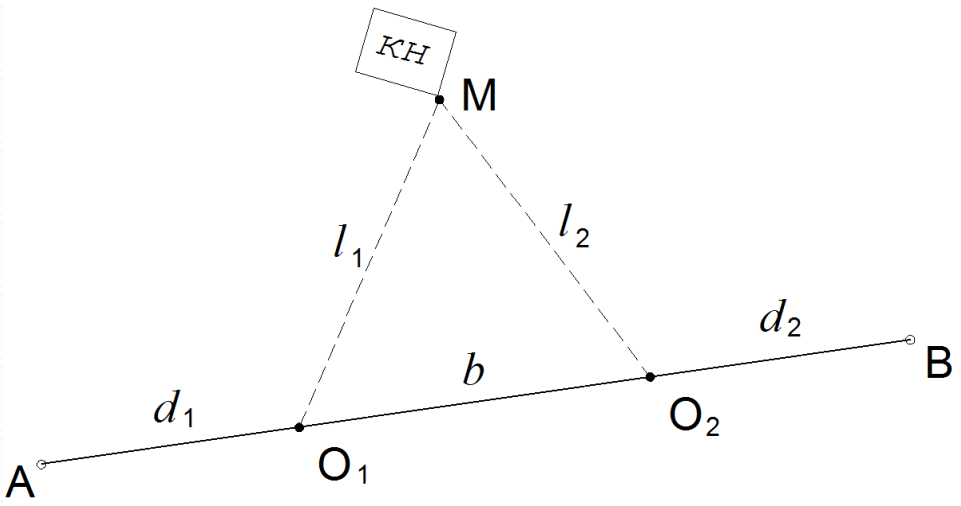


Рис. 7. Спосіб лінійних засічок

Автор: доцент Долгіх

Маркшейдерські зйомки

Вертикальна зйомка

- При вертикальній зйомці подробиць положення знімальних точок по висоті визначають одним із двох розглянутих раніше способів нівелювання – геометричного чи тригонометричного. В залежності від форми і розмірів об‘єкту і призначення зйомки проводиться площинне або поздовжнє нівелювання. Поздовжнє нівелювання застосовують при пошуках доріг або при визначенні фактичного положення по висоті існуючих доріг, або інших об‘єктів витягнутої форми. У цих випадках звичайно нівелюють вісь об‘єкту, а інколи і поперечники, щоб отримати уяву не тільки про вісь об‘єкту, а і деякої смуги, що примикає до його осі.
- За даними поздовжнього нівелювання складають профіль. Площинне нівелювання проводять на будівельних майданчиках. У цьому випадку площа розбивається на правильні фігури (звичайні квадрати) і визначають відмітки вершин квадратів.
- За відмітками вершин квадратів складають креслення рельєфу місцевості у вигляді горизонталей.
- Іноді необхідно визначити положення знімальних точок як в плані, так і по висоті. У цьому випадку застосовують тахеометричну зйомку, яка полягає в поєднанні полярного способу горизонтальної зйомки і тригонометричного нівелювання.

Автор: доцент Долгіх

Маркшейдерські зйомки

Складання плану поверхні за даними зйомки

- Складання плану місцевості розпочинають з розбивки на планшеті координатної сітки у вигляді квадратів зі стороною 10 см. Біля кожної лінії сітки виписують її координати *X* і *Y*. Потім по координатах на план наносять пункти планового обґрунтування (тріангуляції, полігонометрії, мікротріангуляції) і суміжні пункти з‘єднують допоміжними прямими лініями у тій послідовності, у якій зроблені виміри в натурі.
- Після цього на план наносять подробиці, для цього від пунктів і ліній обґрунтування, графічно, за допомогою транспортиру і масштабної лінійки відкладають відповідні кути і довжини, що виміряні при зйомці, керуючись при цьому абрисом, який складають у процесі зйомки. З‘єднуючи прямими або плавними лініями відповідні точки, отримують на плані зображення елементів ситуації (контури уступів, транспортні шляхи, межі гірничого чи земельного відвору тощо).
- Для зображення рельєфу біля нанесених на план за координатами точок виписують їхні висотні відмітки.
- У залежності від масштабу плану вибирають висоту перерізу рельєфу, шляхом інтерполяції знаходять точки поверхні землі з відмітками, що кратні прийнятій висоті перерізу.
- Отримані точки з однаковими відмітками з‘єднують плавними лініями – горизонталями.

Автор: доцент Долгіх

Маркшейдерські зйомки

- Так, наприклад, щоб зобразити рельєф поверхні землі з відмітками, що кратні 5,0 м, на дільниці, обмеженій точками *A*, *B*, *C*, *D* з відмітками відповідно 154,1; 156,2; 160,3; 150,2 (рис. 8) необхідно з‘єднати суміжні точки допоміжними прямими *AB*, *BC*, *CD*, *DA* і знайти на цих лініях точки, відмітки яких будуть кратними 5,0 м. Для знаходження на плані точок *m*, *n*, *k* і їм подібних на практиці часто користуються палеткою, яка являє собою систему паралельних на рівних відстанях одна від одної прямих ліній, накреслених на прозорому папері (кальці).
- Кожній лінії палетки умовно приписують відмітку, кратну лінії перерізу рельєфу. Кількість ліній палетки і відстань між ними, а також значення їх в[illegible] ньєфу, густоти знятих точок на плані і в[illegible] к земної поверхні).

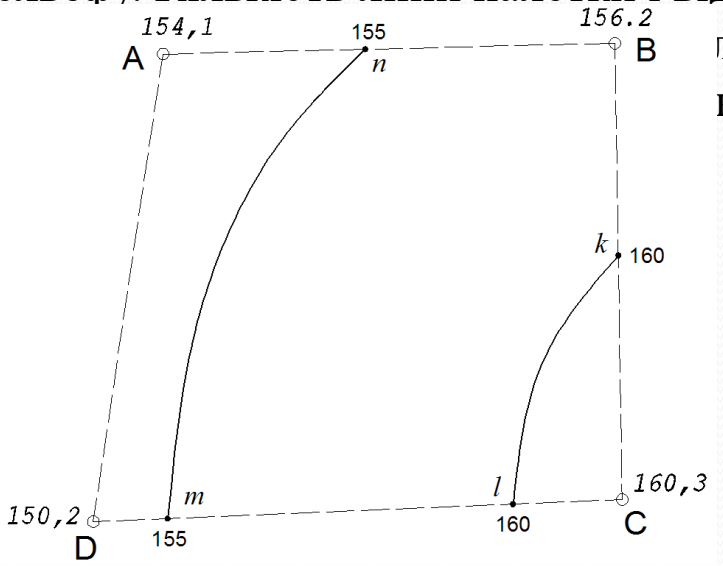


Рис. 8. Побудова горизонталей поверхні

Автор: доцент Долгіх

Маркшейдерські зйомки

- Профіль (вертикальний розріз поверхні землі) можливо побудувати за даними поздовжнього (або поперечного) нівелювання або по плану, на якому рельєф зображений горизонталями. Для цього за даними нівелювання на міліметровому папері накреслюють лінію умовного горизонту, уздовж якої в прийнятому горизонтальному масштабі намічають точки (пікети), відмітки яких визначили при нівелюванні (рис. 9).

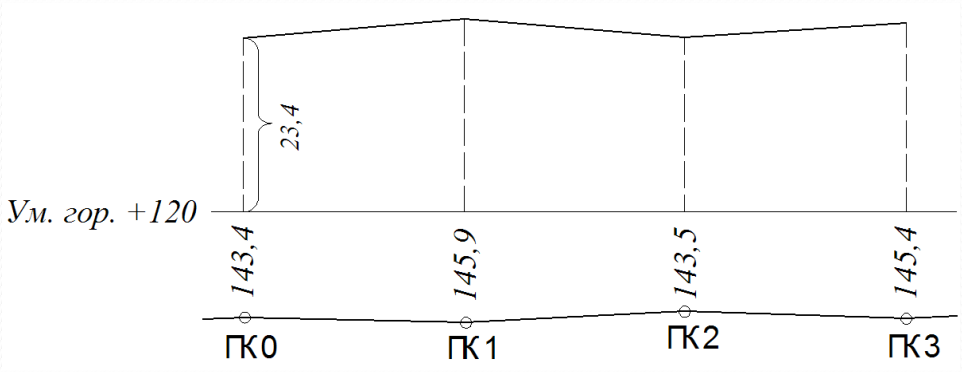


Рис. 9. Побудова профілю за даними поздовжнього нівелювання

Автор: доцент Долгіх

Нівелювання

- Розрізняють два способи геометричного нівелювання із середини і вперед.
- **Нівелювання із середини**: при визначенні перевищення між точками А і В (рис.) геометричним нівелюванням установлюють інструмент (нівелір) на однакових відстанях між точками А і В, а над точками установлюють вертикально рейки. Нівелір – це інструмент, в якого візирна вісь зорової труби після встановлення його на станції за рівнем, займає горизонтальне положення. Наводячи послідовно нівеліром на рейки беруть відліки *a* і *b*. Точка В, перевищення якої визначається, називається передньою точкою, а точка А, відносно якої визначається перевищення, називається задньою. Так само називаються рейки.

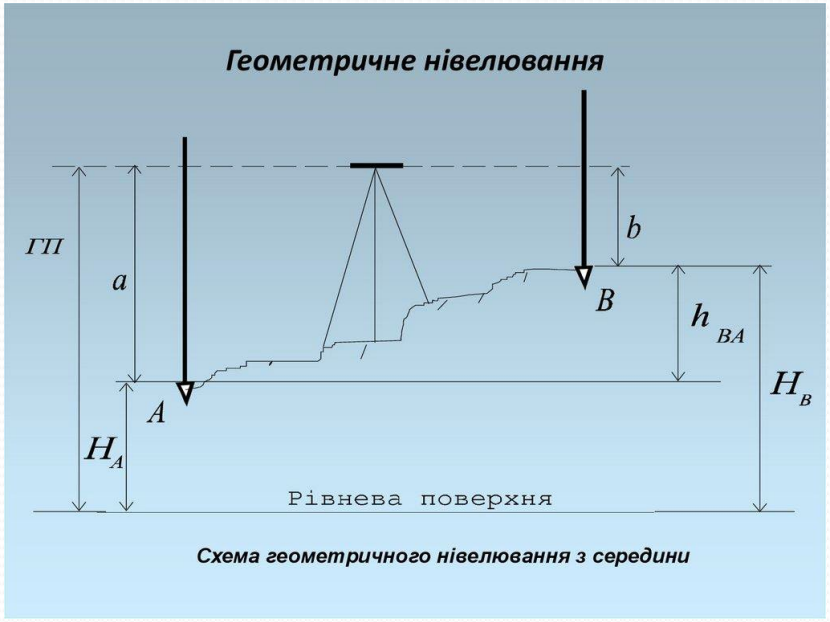


Рис. 10. Геометричне нівелювання з середини

Автор: доцент Долгіх

Нівелювання

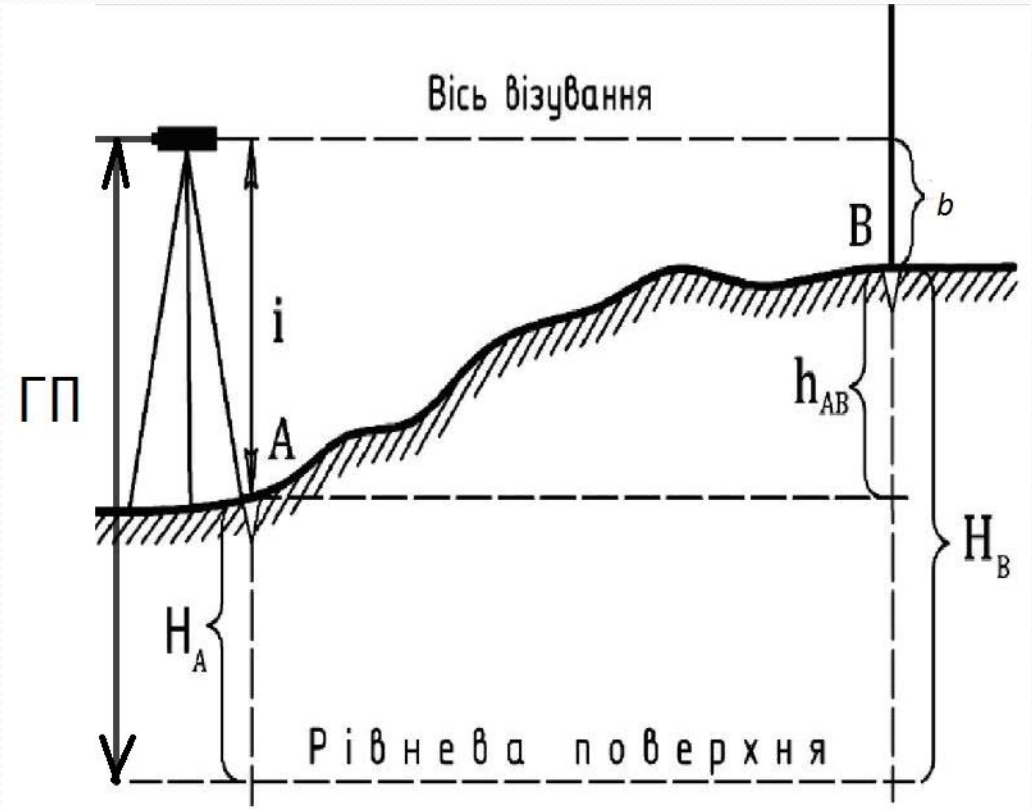


Рис. 11. Геометричне нівелювання вперед

Автор: доцент Долгіх

Нівелювання

Тригонометричне нівелювання

- Для визначення висот точок, геодезичної знімальної основи, при топографічному зніманні з перерізом рельєфу через 2 та 5 м, а також при топографічному зніманні місцевості, що вкрита горбами, з перерізом рельєфу через 1 м геометричне нівелювання може бути замінене тригонометричним.
- Вихідними пунктами для тригонометричного нівелювання є пункти тріангуляції, трилатерації і полігонометрії всіх класів і розрядів, висоти яких визначені геометричним нівелюванням. Вихідні пункти слід розташовувати не рідше ніж через п’ять сторін.
- У разі доброї видимості і використання приладів точністю 1" і 2" кількість сторін між вихідними пунктами в гірських районах може бути збільшена в 1,5 рази.
- Вертикальні кути при тригонометричному нівелюванні вимірюють на всі пункти, висоти яких не визначені з геометричного нівелювання. Вертикальні кути вимірюють одночасно з горизонтальними тими самими приладами в прямому і зворотному напрямках.
- Нев’язки по висоті в ходах і замкнутих полігонах не повинні перевищувати величин, обчислених за формулою $f_h = 0{,}04 S_{сер} \sqrt{n}$ (см), де , n – кількість ліній у ході (полігоні), S – довжина лінії в метрах

$$S_{сер} = \frac{[S]}{n}$$

Автор: доцент Долгіх

Нівелювання

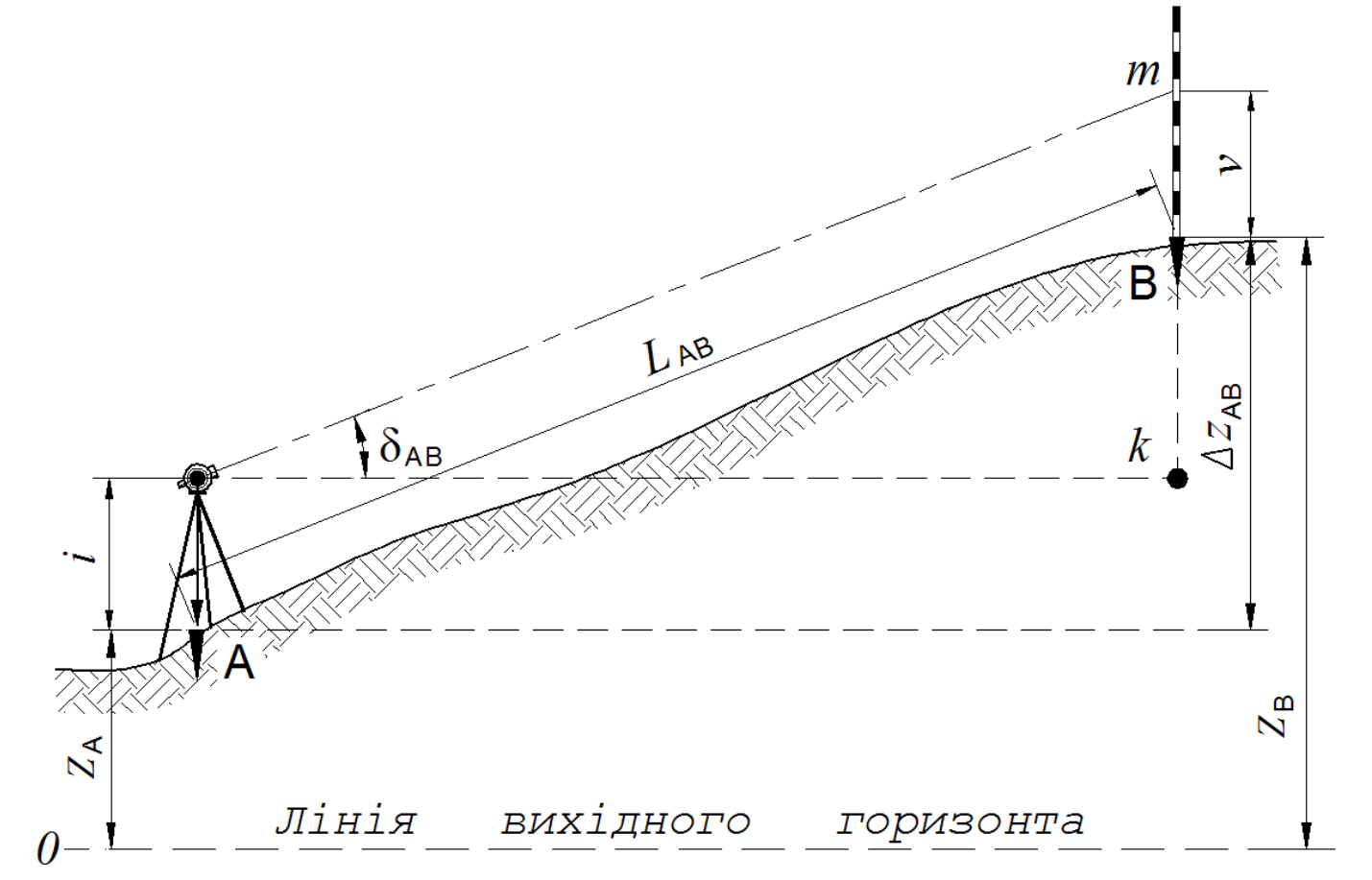


Рис.12. Схема тригонометричного нівелювання:
L_{AB} –відстань; δ_{AB} – кут нахилу; i – висота інструменту; υ –висота візування

Автор: доцент Долгіх

Нівелювання

- Сучасні нівеліри за конструктивними особливостями (способом формування лінії візування, способом визначення відліків по рейці і ін.) можна поділити на: *оптичні, цифрові та лазерні*.
- В *оптичних* нівелірах спостерігач візуально фіксує відлік по рейці і записує його в журнал вимірювань.
- Особливістю *цифрових* нівелірів є наявність вбудованого програмного забезпечення, електронного пристрою для зняття відліків за спеціальною штрих - кодовою рейкою з високою точністю. Після наведення зорової труби на рейку, фокусування зображення рейки і натискання клавіші програма автоматично обробляє результати вимірювання і відображає на дисплеї значення відліку по рейці і відстань до неї.
- *Лазерні* нівеліри засновані на використанні в нівелірі оптичного квантового генератора (лазера), що створює видиму візирну лінію або площину. При перетині видимою площиною спеціальної рейки, на ній висвітлюється горизонтальна світлова лінія, по якій беруть відлік.
- Згідно з державним стандартом нівеліри за точністю діляться на три групи:
- - високоточні типу Н-05, призначені для нівелювання I і II класів та дозволяють отримувати середні квадратичні похибки на 1 км ходу, що не перевищує ± (0,5 - 1,0) мм;
- - точні (типу 3Н-2КЛ, 4Н-2КЛ), призначені для нівелювання III і IV класів та дозволяють отримувати середні квадратичні похибки на 1 км ходу, що не перевищує ± 3,0 мм;
- технічні (типу 3Н-5Л) призначені для інженерно-технічних робіт та дозволяють виконувати нівелювання з точністю не нижче ± 5 мм на 1 км ходу.

Автор: доцент Долгіх

Нівелювання

Нівелір	**2Н-10КЛ**	**Н3**
Збільшення зорової труби, крат	21,5	30
Зображення	Пряме	Обернене
Кут поля	1 20	1 16
Найменша відстань для візування, м	0,9	2,0
Середня квадратична помилка 1 км ходу, мм	3,3	3,0
Середня квадратична помилка перевищення, мм	2,0	1,6
Ціна ділення круглого рівня, хв	20	10
Ціна ділення цилідничного рівня, с	-	15
Маса, кг	1,5	1,8

Автор: доцент Долгіх

Нівелювання



а



б



в

Оптичні нівеліри: а – нівелір технічної точності LaserLiner AL 22; б – точний нівелір B40 Sokkia; в – високоточний нівелір Leica NAK2.



а



б



в

Рис. 13. Лазерні ротаційні нівеліри а - Vega LR200; б - NEDO SIRIUS1 HV; в - Laserliner Revolution 310 S

Автор: доцент Долгіх

Нівелювання



а



б

Рис.14. Цифрові нівеліри: а – точний нівелір TOPCON DL-503;
б – високоточний нівелір Leica DNA03

Автор: доцент Долгіх