МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

І.В. Калинич, М.Р.Ничвид, М.А.Туряниця

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

З ВИКОНАННЯ РОБІТ

з дисципліни

«ІНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗІЯ»

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

І.В. Калинич, М.Р.Ничвид, М.А.Туряниця

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ З ВИКОНАННЯ РОБІТ

з дисципліни

«ІНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗІЯ»

для студентів 3 курсу денної та заочної форми навчання за напрямом підготовки

6.080101 «Геодезія,картографія і землеустрій»

193 «Геодезія та землеустрій» та 6.103 «Науки про землю»

ЗАТВЕРДЖЕНО:
На засіданні кафедри
землевпорядкування та кадастру
протокол №7 від 26.06.2015 р.

ПОГОДЖЕНО:
методичною радою географічного факультету
протокол № 7 від 29.04.2016 р.

СХВАЛЕНО:
редакційно-видавничою радою університету
протокол № 7 від 29.04.2016 р.

УЖГОРОД 2016

Укладачі: Калинич І.В., Ничвид М.Р., Туряниця М.А.

Лабораторний практикум з виконання лабораторних робіт з дисципліни "Інженерна геодезія". Для студентів 3 курсу з напряму підготовки 6.080101 «Геодезія,картографія і землеустрій». 193 «Геодезія та землеустрій» та 6.103 «Науки про землю» . - Ужгород.: видавництво, 2016, с.114

Лабораторний практикум розроблений відповідно до програми дисципліни "Інженерна геодезія та геодезичні роботи в землеустрої" для підготовки бакалаврів, рекомендовані кафедрою землевпорядкування та кадастру і затверджені до видання Радою географічного факультету Ужгородського національного університету.

Лабораторний практикум містить рекомендації з виконання 6 лабораторних робіт з курсу " Інженерна геодезія "

Рецензенти: *Грицюк Т.Ю*. к.т.н. доц. кафедри інженерної геодезії Івано-Франківського національного технічного університету нафти та газу

Жиган М.В. головний інженер ДП«Закарпатгеодезцентр»

ВСТУП

Дисципліна "Інженерна геодезія та геодезичні роботи в землеустрої " вивчається студентами 3 курсу з напряму підготовки "Геодезія, картографія та землеустрій ". Ця дисципліна покликана дати майбутньому фахівцю знання для успішного виконання робіт в галузі на різних стадіях проектування, будівництва та експлуатації інженерних споруд.

Курс інженерної геодезії студенти проходять в п’ятому та шостому семестрах, спираючись при цьому на знання, отримані при вивченні геодезії, теорії математичної обробки вимірювань, математики, фізики, радіоелектроніки та ін. Тому при освоєнні навчального матеріалу основна увага зосереджена на складі та змісті інженерно-геодезичних робіт і технології їх виконання в загальному процесі проектно-вишукувальних, будівельно-монтажних робіт та експлуатації інженерних споруд. Теоретичні питання інженерної геодезії, окремі способи і методи вимірювань і обробки їх результатів, а також спеціальні геодезичні прилади та обладнання вивчаються стосовно конкретних видів інженерно-геодезичних робіт. Лабораторний практикум є невід'ємною та істотною складовою частиною навчального процесу з вивчення інженерної геодезії. Його метою є:

повідомити студентам необхідні відомості про сучасні методи проведення інженерно-геодезичних робіт

прищепити навички перевірки дослідним шляхом результатів теоретичного розрахунку.

Лабораторні роботи можна умовно поділити на три групи. До першої групи належать роботи з організації інженерно-геодезичних робіт

До другої групи - технологія геодезичних розмічувальних робіт Третю групу складають геодезичні роботи при плануванні та забудові міських територій

При описі лабораторних робіт наводяться:

їх цілі та зміст,

опис і характеристики геодезичних приладів,

методики практичного виконання робіт,

методики обробки результатів.

Передбачається, що при підготовці до виконання кожної лабораторної роботи студент повинен вивчити не тільки відомості, наведені в цьому практикумі, але і навчальний матеріал, викладений на аудиторних заняттях і в рекомендованій навчальній літературі.

З кожної лабораторної роботи видається завдання; наводиться список початкових матеріалів і використаної документації; описуються етапи виконання роботи.

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ЩОДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Лабораторні роботи виконуються студентами самостійно під методичним керівництвом викладача. Усі роботи є індивідуальними, тобто кожен студент виконує свій варіант. Перед виконанням кожної лабораторної роботи студент зобов'язаний вивчити відповідний теоретичний матеріал, використовуючи при цьому підручники та навчальні посібники (див. Список літератури), а також конспекти лекцій.

Лабораторні роботи оформляються на аркушах формату А4, поля 2 см з усіх боків. Текст набирається гарнітурою *TimesNewRoman* 14, міжрядковий інтервал 1,5.

Після виконання лабораторної роботи студент пред'являє викладачеві технічний звіт на перевірку, усуває зауваження і захищає роботу індивідуально.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1
КАМЕРАЛЬНЕ ТРАСУВАННЯ ТА ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЯНКИ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ

Загальна частина. Трасою називається вісь проектованої лінійної споруди, позначена на місцевості, нанесена на топографічну карту і фотоплан або задана координатами основних крапок в цифровій моделі місцевості. Основними елементами траси є:план (проекція траси на горизонтальну плоскість); подовжній профіль (вертикальний розріз). Початкова і кінцева точки траси визначаються в завданні на проектування. Пряма лінія, що з'єднує ці точки, називається повітряною прямою. Внаслідок наявності на місцевості різних перешкод, траса, як правило, не є повітряною прямою, а являє собою складну просторову лінію, що складається:

- в плані - з прямих ділянок різного напрямку, які можуть сполучатися (наприклад, авто і залізниці) круговими і перехідними кривими;
- в поздовжньому профілі - з ліній різного ухилу, які можуть з'єднуватися між собою вертикальними кривими (авто і залізні дороги).

Параметри траси: найменші допустимі радіуси колових кривих R_{min}, найбільші або найменші допустимі ухили i_{min}, i_{max} та інші задаються технічними умовами на її проектування.

Трасуванням називається комплекс інженерно-вишукувальних робіт з вибору траси, що відповідає всім вимогам технічних умов і що вимагає найменших витрат на будівництво та експлуатацію інженерно-лінійної споруди. Як правило, розробляється кілька варіантів траси, а оптимальний варіант знаходиться шляхом техніко-економічного порівняння конкуруючих варіантів. Трасування називається камеральним, якщо виконується по топографічних картах і планам або стереофотограмметричним моделям місцевості, і польовим, якщо роботи

виконуються безпосередньо на місцевості. Як правило, спочатку виконується камеральне трасування, а потім польові роботи (польове трасування).

При проектуванні лінійних споруд, для яких ухили місцевості не є визначальними (лінії електропередачі, зв'язку), а також автомобільних і залізних доріг на рівнинній місцевості, положення траси визначається контурними перешкодами, тобто трасування ведуть «Вільним ходом». При цьому трасу прокладають по напрямку повітряної прямої, обходячи при цьому, по можливості, перешкоди (населені пункти, озера, цінні ліси, сільськогосподарські угіддя, родовища корисних копалин, заборонені зони і т. д.). Кожен кут повороту дає деяке подовження траси, відносна величина якого підраховується за формулою:

$$\lambda = \frac{AC - AB}{AB}, \qquad (1.1)$$

де AB – довжина повітряної траси;

AC – довжина проектованої траси.

Залежно від величини кута повороту, відносне подовження буде рівне:

- в градусах: 10º 20º 30º 40º 50º 60º;
- у відсотках: 1,5% 6,4% 15,5% 30,5% 55,5% 100%.

Звідси випливає, що кути повороту 10-20 градусів незначно подовжують трасу. Для отримання найбільш короткою траси необхідно дотримуватися наступних правил трасування:

а) трасу прокладати по прямій лінії від одної контурної перешкоди до іншої. Необхідність відхилення траси від прямої лінії та призначення кута повороту в кожному випадку повинні бути обґрунтовані;

б) вершину кутів повороту вибирати проти середини перешкоди з таким розрахунком, щоб траса обгинала цю перешкоду;

в) кути повороту прагнути мати по можливості найменші, щоб мінімально подовжувати трасу.

Положення траси автомобільних, залізниць і деяких інших лінійних споруд в гірських районах визначається головним чином рельєфом місцевості. Так як ухили гірської місцевості перевершують допустимі ухили траси i_{max}, то трасування ведеться «напруженим ходом », коли кожна лінія задається граничним ухилом. Щоб витримати цей ухил, доводиться подовжувати трасу, тобто інакше виробляти розвиток проектованої лінії. Залежно від характеру місцевості застосовують різні прийоми розвитку лінії: звивини, петлі, спіралі, серпантини.

При трасуванні в гірських районах дотримуються наступних правил:

- трасу прокладають з граничним допустимим ухилом;
- кути повороту, радіуси колових кривих і довжини прямих підбирають з урахуванням зміни рельєфу.

ЗАВДАННЯ

ТРАСУВАННЯ АВТОДОРОГИ ПО КАРТІ МАСШТАБУ 1: 25 000. СКЛАДАННЯ ПРОФІЛЮ. ДЕТАЛЬНЕ РОЗМІЧУВАННЯ КРИВИХ

1. Виконати камеральне трасування ділянки під'їзної автодороги 4-й категорії протяжністю 3-4 км (початкова та кінцева точки задаються викладачем). Трасування виконується методом «вільного ходу» і / або методом «напруженого ходу» (за гранично допустимому ухилу). Геодезичним транспортиром виміряти кути повороту траси, а за допомогою вимірювача і масштабної лінійки - довжини прямих. Призначити оптимальні радіуси кривих.

2. Розрахувати елементи колових кривих (Т, Б, Д, К), обчислити пікетажні значення початку і кінця колових кривих для кожного кута повороту.

3. Розбити пікетаж траси через кожні 100 м. Визначити позначки пікетів і плюсових точок. Скласти відомість наведеного пікетажу (пікети і плюсові точки, їх відмітки).

4. Скласти відомість прямих і кривих

5. Скласти поздовжній профіль траси автодороги в масштабах: 1: 25 000 - горизонтальний; 1: 500 - вертикальний на міліметровому папері. Горизонтальний і вертикальний масштаби вибираються залежно від масштабу карти і рельєфу.

6. Розробити проект червоної лінії за умови мінімального обсягу земляних робіт і зразкового рівності обсягів виїмки і насипу, розрахувати проектні ухили і робочі позначки, визначити обсяги земляних робіт.

7. Скласти пояснювальну записку, яка містить: технологію виконання робіт (склад, зміст робіт та порядок їх виконання, методи і способи, геодезичні прилади і т. д.), обґрунтування прийнятих рішень, відповіді на контрольні питання.

8. Виконати контрольне проектування поздовжнього профілю в Digitals.

9. Підготовка даних для детального розмічування колових кривих.

Методика виконання завдання

1. Виконати камеральне трасування ділянки під'їзної автодороги 4-ї категорії протяжністю 3-4 км.

На топографічній карті масштабу 1: 25 000 викладач задає точки *A* і *B* (початок і кінець автошляхи). Ці точки з'єднуються прямою лінією, яка називається повітряною прямою. Перед початком проектування траси необхідно вивчити ситуацію, гідрографію і рельєф району траси:

- визначити перешкоди, які необхідно обійти обов'язково (населені пункти, цінні лісопосадки тощо), а також перешкоди, які бажано обійти (лісопосадки, сільськогосподарські угіддя та ін.);
- визначити заболочені ділянки, по яких проходження траси небажано; перетинаються річки і струмки, через які необхідно будівництво мостів; озера, які необхідно обійти;
- визначити ділянки з ухилами місцевості i_m, що перевищують гранично допустимі ухили траси i_{max};

- визначити місця найкращого перетину траси з наявними на місцевості лінійними спорудами (залізниць і автодоріг, ліній зв'язку та ін), річками, струмками та ін.

Далі починають прокладати трасу автодороги «вільним ходом» в районах, де $i_m < i_{max}$, або «напруженим ходом», де $i_m > i_{max}$. При цьому слід обходити перешкоди або знаходити компромісні рішення по їх перетинанню. Критерієм оптимальності траси є найменша сума витрат на будівництво та експлуатацію автодороги. Відносно до проектування траси це виражається в наступному:

- довжина траси автодороги L - мінімальна і в ідеалі $L = AB$;
- обсяг земляних робіт (насипи і виїмки) (V - мінімальний);
- баланс земляних робіт: $V_{\text{насипи}} = V_{\text{виїмки}}$.

Оскільки район проектування має великі перепади відміток, то потрібно використати прийом камерального трасування: знаходження на топографічній карті в заданому напрямку лінії граничного допустимого ухилу для даної категорії траси. У даній роботі дана дорога четвертий категорії, тобто граничний допустимий ухил трасування i_m = 60 ‰. Трасування в гірській місцевості вимагає дотримання наступних правил: 1) трасу вести граничним ухилом, дотримуючись так званої лінії нульових робіт. Ухил зменшувати (або робити рівним нулю) лише на окремих майданчиках, заданих за технічними умовами;
2) елементи плану траси і висотні позначки землі підбирати з урахуванням теоретичного профілю;
3) кути повороту і їх величини призначати, виходячи з умов дотримання ухилу трасування, при цьому уникати малих радіусів кривих.

Параметри трасування відповідають заданій викладачем категорії автодороги. Для траси IV категорії приймають: мінімальний радіус кругової кривої - 250 м; мінімальну величину прямої вставки між круговими кривими - 100 м; гранично допустимий ухил $i_m = 60\,‰ = 0{,}060$; ширину проїжджої частини - 15 м.

Зауваження: теоретично між точками *A* і *B* можна прокласти незліченну кількість варіантів траси. Завдання полягає в проектуванні траси, оптимальної за вищевказаним критерієм. Таким чином, план траси, запроектований на топографічній карті, буде складатися з прямолінійних відрізків, з'єднаних горизонтальними круговими кривими (рис. 1).

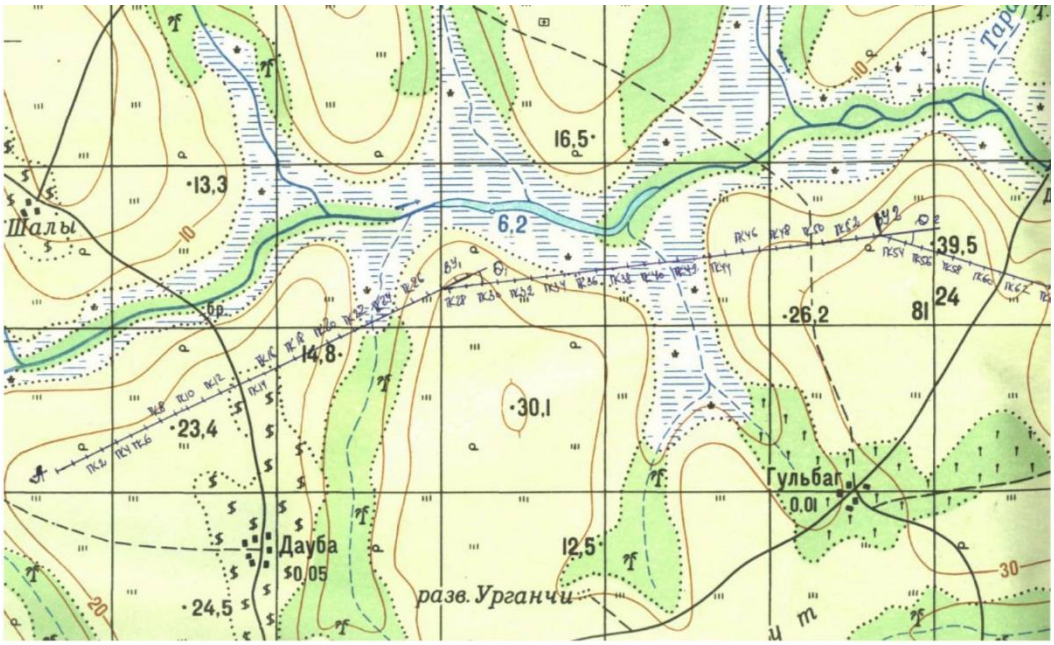


Рис.1.1. План траси автомобільної дороги на топографічній карті масштабу 1:25000 (фрагмент)

Після нанесення траси на карту вимірюють геодезичним транспортиром кути поворотів траси, а з допомогою вимірювача і масштабної лінійки - довжини прямих відрізків. Аналізуючи ситуацію і рельєф в районах, прилеглих до вершин кутів поворотів, призначають радіуси колових кривих *R*, які з’єднують прямолінійні ділянки. Загальне правило - чим більше радіус, тим краще.

Оскільки траса на ділянках колових кривих зсувається від заздалегідь наміченої, то можуть з'являтися і нові перешкоди. Тому, як правило, величину радіуса обмежують ці нові перешкоди, а також величини сполучених прямолінійних ділянок. Зазвичай для автодоріг IV категорії радіус колової кривої знаходиться в інтервалі 250 м<*R*<2000 м, середній радіус *R* = 500 м.

2. Розрахувати елементи колових кривих

Елементи колових кривих: Т (тангенс), Б (бісектриса), Д (домер) і К (довжина кругової кривої) розраховуються за відповідними формулами або визначаються за таблицями:

$$T = Rtg\frac{\theta}{2} = 600 \times tg\frac{19^{\circ}}{2} = 102{,}3 \text{ м;} \quad (1.2)$$

$$Д = R\left(2tg\frac{\theta}{2} - \frac{\pi\theta}{180^{\circ}}\right) = 2T - K = 600 \times \left(2tg\frac{19^{\circ}}{2} - \frac{\pi 19^{\circ}}{180^{\circ}}\right) = 5{,}1 \text{ м;} \quad (1.3)$$

$$Б = \frac{R}{\cos\frac{\theta}{2}} - R = \frac{600}{\cos\frac{19^{\circ}}{2}} - 600 = 6{,}1 \text{ м;} \quad (1.4)$$

$$K = R\frac{\pi\theta}{180^{\circ}} = 600 \times \frac{\pi 19^{\circ}}{180^{\circ}} = 100{,}4 \text{ м,} \quad (1.5)$$

де R – радіус кругової кривої;

θ – кут повороту траси.

Геометричний зміст елементів колових кривих показаний на рис. 1.2.

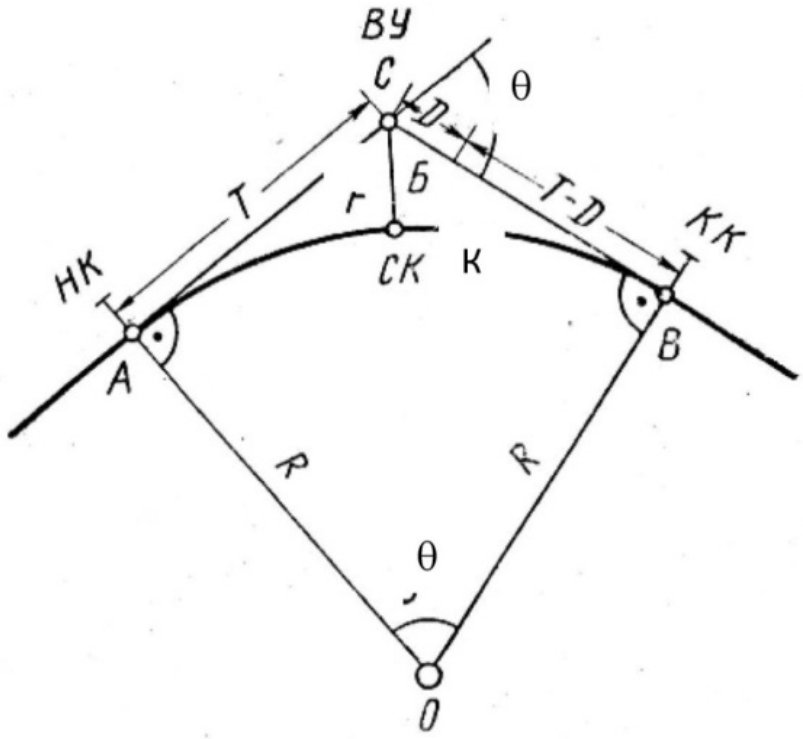


Рис. 1.2. Основні елементи колової кривої

Всі обчислені дані заносять в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Розрахунок елементів колових кривих

Радіус, кут / Периметр	R=600 м; θ=19º	R=700 м; θ=21º	R=800 м; θ=17º	R=900 м; θ=20º
Т	102,3 м	133,3 м	128,4 м	162,3 м
К	199,4 м	256,2 м	240,2 м	315,4 м
Б	6,1 м	14,3 м	8,1 м	18,4 м
Д	5,2 м	10,1 м	16,3 м	9,2 м

3. Розбити пікетаж траси через 100 м

Пікети на трасі встановлюють через кожні 100 м. Крім цілих пікетів в натурі визначаються плюсові точки: рельєфні - характерні перегини рельєфу місцевості та контурні – це споруди, водотоки, межі угідь тощо, що перетинаються трасою. Чорні позначки пікетів і плюсових точок визначаємо інтерполюванням.

Визначаємо позначки пікетів і плюсових точок. Після обчислення пікетажних значень НК і КК, наносимо їх на трасу (НК - початок кругової кривої, КК - кінець кругової кривої, СК - середина кругової кривої).

Приклад розрахунку пікетажних значень НК, КК, СК. Пікетних значення (ПК) початку (НК), кінця (КК) і середини кривої (СК) знаходять з виразів:

$$\text{ПК НК} = \text{ПК ВУ} - \text{Т} = 2997{,}5 - 102{,}3 = 2695{,}2 \text{ м;} \quad (1.6)$$

$$\text{ПК КК} = \text{ПК НК} + \text{К} = 2695{,}2 + 199{,}4 = 2894{,}6 \text{ м;} \quad (1.7)$$

$$\text{ПК СК} = \text{ПК НК} + \frac{\text{К}}{2} = 2695{,}2 + \frac{199{,}4}{2} = 2794{,}9 \text{ м,} \quad (1.8)$$

де ПК ВУ - пікетажне значення відповідної вершини кута повороту.

Контрольними формулами є:

$$\text{ПК КК} = \text{ПК ВУ} + \text{Т} - \text{Д} = 2797{,}5 + 102{,}3 - 5{,}2 = 2894{,}6 \text{ м;} \quad (1.9)$$

$$\text{ПК СК} = \text{ПК КК} - \frac{\text{К}}{2} = 2894{,}6 - \frac{199{,}4}{2} = 2794{,}9 \text{ м.} \quad (1.10)$$

Скласти відомість наведеного пікетажу (пікети і плюсові точки, їх позначки) (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Відомість проведеного пікетажу (фрагмент)

Номера пікетів і плюсових точок	Відмітки (м)	Примітки
А	20,8	Початок траси
ПК 1	20,4	
ПК 2	20,0	
ПК 3	18,9	
ПК 4	17,5	
ПК 5	18,0	
ПК 6	20,3	
ПК 7	21,7	
ПК 8	21,7	
ПК 9	21,3	
ПК 10	22,2	
ПК 11	22,3	
ПК 12	21,8	
ПК 12+25	21,8	Кордон вирубаного лісу
ПК 13	21,2	
ПК 13+30	21,2	Перетин з путівцем
ПК 14	20,9	
ПК 14+77	20,9	Кордон вирубаного лісу
ПК 15	20,5	
ПК 16	20,1	
ПК 17	17,2	
ПК 18	11,0	
ПК 19	9,4	
ПК 20	9,3	
ПК 21	9,8	
ПК 22	12,5	
ПК 22+60	12,5	Кордон заболоченої ділянки річки
ПК 23	16,0	
ПК 23+40	12,5	Спад річки Карасу
ПК 24	20,0	
ПК 25	21,0	
ПК 26	21,2	
ПК 26+95,2	19,9	Початок колової кривої
ПК 27	14,5	
ПК 27+97,5	11,8	Вершина кута повороту
ПК 28	10,0	
ПК 28+94,6	9,8	Кінець колової кривої
ПК 29	9,6	
ПК 30	9,8	

4. Відомість прямих і кривих

Для складання відомості прямих і кривих треба визначити прямокутні координати вершин кута, розрахувати румби та дирекційні кути сторін траси.

4.1. Обчислення дирекційного кута початкової сторони траси А-ВК1. Обчислюємо прирости координат

$$\begin{aligned}\Delta X &= X_{BK1} - X_A \\ \Delta Y &= Y_{BK1} - Y_A\end{aligned}, \quad \text{потім румб та дирекційний кут.}$$

4.2. Обчислення дирекційного кута кінцевої боку траси ВК1-В. Обчислюємо прирости координат

$$\begin{aligned}\Delta X &= X_B - X_{BR1} \\ \Delta Y &= Y_B - Y_{RK1}\end{aligned}$$

Відомість прямих і кривих наведена в додатку 1.3

5. Скласти поздовжній профіль траси автодороги

На пройдену ділянку траси складають поздовжній профіль в горизонтальному масштабі 1:25 000 і вертикальному масштабі 1:500. В якості характерних точок профілю беруть пікетні і плюсові точки. Поздовжній профіль ділянки дороги 4-ї категорії представлений в додатку 1.1.

6. Розробити проект червоного профілю

При складанні проекту червоного профілю враховують такі умови:

1. Ухил проектної лінії червоного профілю не повинен перевищувати граничний ухил трасування $i_{пр} \leq i_{тр}$.

2. Ухил, рівний нулю, проектувати лише на невеликих ділянках.

3. Крок проектування повинен бути не менше 400 м.

4. Об'єм земляних робіт повинен бути мінімальним: $V_{насипи} = V_{виїмки}$, тобто сумарний об'єм виїмок повинен приблизно дорівнювати сумарному об'єму насипів.

Поздовжній ухил проектної лінії обчислюємо за формулою:

$i_{пр.} = \Delta h / S,$

де Δh - різниця проектних відміток початку і кінця лінії проектного ухилу;

S - довжина лінії проектного ухилу.

Проектні позначки точок профілю визначаються по обчисленому ухилу і відстані між точками профілю і обчислюються за формулою:

$$H_i = H_{i-1} + i \times \Delta S, \tag{1.11}$$

де H_i- обчислювана проектна відмітка точки;

H_{i-1} - проектна відмітка попередньої пікетної (плюсової) точки;

S - відстань між попередньою пікетною (плюсової) точкою і даною.

Робочі позначки визначаються як різниця проектних відміток і відміток природного рельєфу:

$$h = H_{\text{проек.}} - H_{\text{прир.}}$$

Для обчислення об'єму земельних робіт знайдено точки «нульових» робіт на поздовжньому профілі. Положення точки нульових робіт (рис. 3) знаходимо за формулою:

$$x = \frac{|h_1| \times a}{|h_1| + |h_2|}, \tag{1.12}$$

де h_1, h_2- робочі позначки;

a - відстань між двома сусідніми пікетними (плюсовими) точками;

x - відстань між точкою нульових робіт і пікетною точкою, робоча відмітка якої дорівнює h_1.

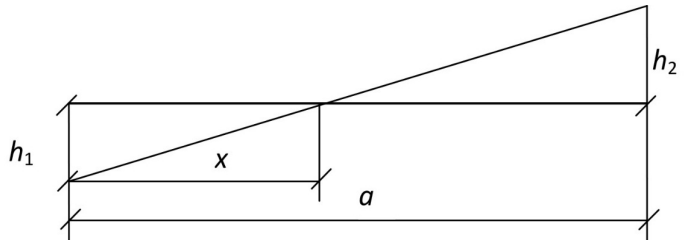


Рис. 1.3 Схема визначення положення точки нульових робіт

7. Елементарні площі для насипу і виїмки (рис. 1.4) обчислюються за формулами:

$$S_{\text{нас}} = \frac{15+(15+3h_p)}{2} \times h_p, \; S_{\text{виїм}} = \frac{17+(17+3h_p)}{2} \times h_p, \tag{1.13}$$

де $h_{p.}$ – робоча відмітка *i*-го пікету.

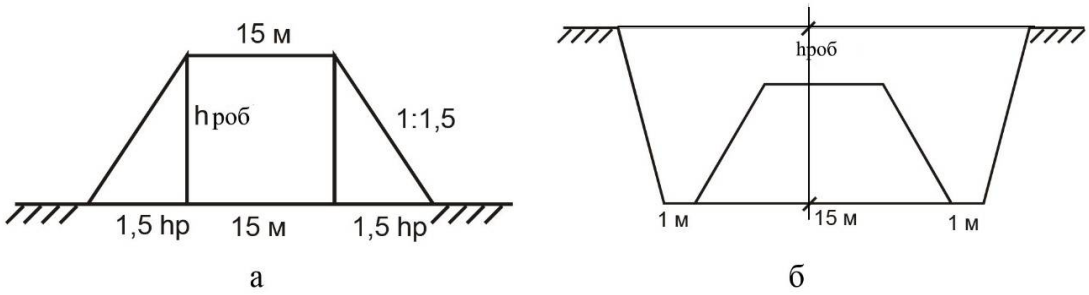


Рис. 1.4 Обчислення елементарної площі: а – насип; б – виїмка

Якщо розбити весь земляний масив на елементарні ділянки, то обсяг кожної елементарної ділянки можна визначити як об'єм елементарної фігури за наближеною формулою (рис. 5.):

$$V_{З.Р.} = \frac{S_i + S_{i+1}}{2} \times l_{i,i+1}, \qquad (1.14)$$

де S_i і S_{i+1} - площі *i*-го і *i*+1 поперечних перерізів, що проходять через сусідні пікетні точки *i* і *i*+1;

$l_{i,i+1}$ - відстань між сусідніми пікетами (позитивними точками).

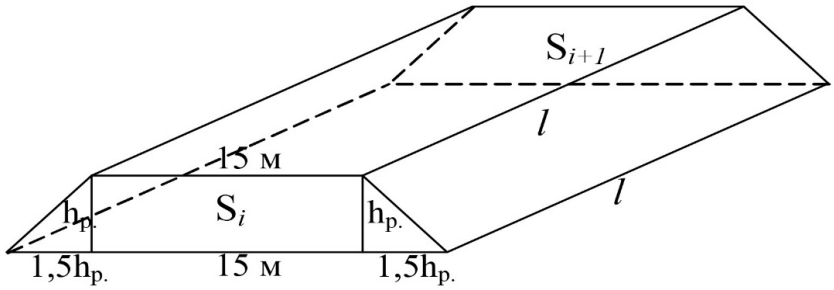


Рис. 1.5. Обчислення елементарного об'єму

Обчислення об'єму земляних робіт наведено в додатку 1.2.

8. Виконати контрольне проектування поздовжнього профілю в Digitals

Проектування поздовжнього профілю в Digitals виконується на цифровому варіанті топографічної карти за методикою, зазначеної в керівництві користувача Digitals.

9. Підготовка даних для детального розмічування колових кривих

Підготовка даних для детального розмічування колової кривої здійснювалася методом прямокутних координат та подовжених хорд. На кутах повороту траси нівелювання доріг, трубопроводів, каналів виконують вставки кривих і перераховують по них пікетаж. Для заокруглень застосовують різні криві. Так, на дорожніх трасах прямі ділянки (вставки) і колові криві додатково спрягаються перехідними кривими зі змінним радіусом. В якості кривих зазвичай приймають найбільш прості з них – колові дуги великих радіусів (колові криві).

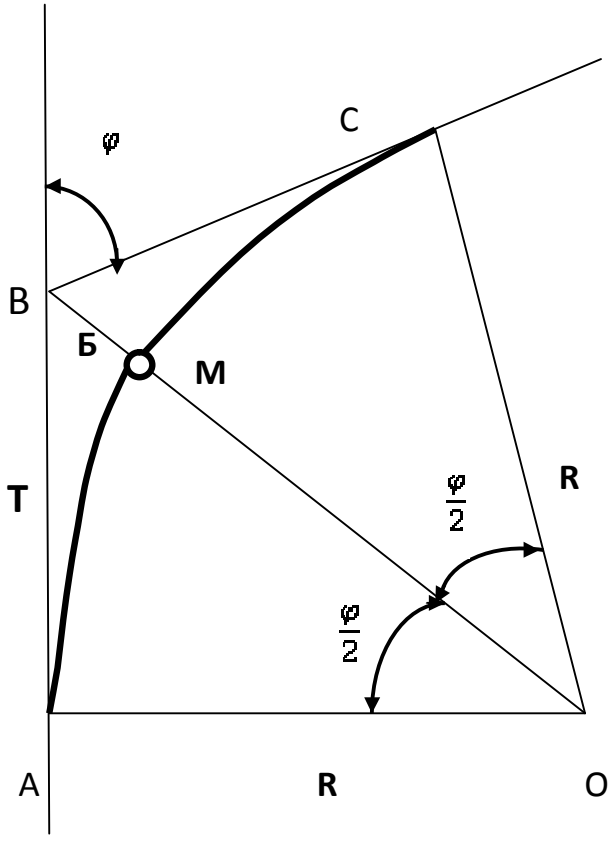


Рис.1.2.1 Основні елементи колової кривої

На рис.1.2.1 наведена колова крива,

де: φ - кут повороту траси; ***R*** – радіус колової кривої; АВ=ВС=***Т*** – тангенси (довжини дотичних); АМС=***К*** – довжина кривої, або крива; ВМ=***Б*** – бісектриса; ***Д*** – домір, ***Д=2Т-К***.

кут повороту траси φ обчислюється за кутом β (рис.1.2.2) або безпосередньо вимірюють на місцевості теодолітом.

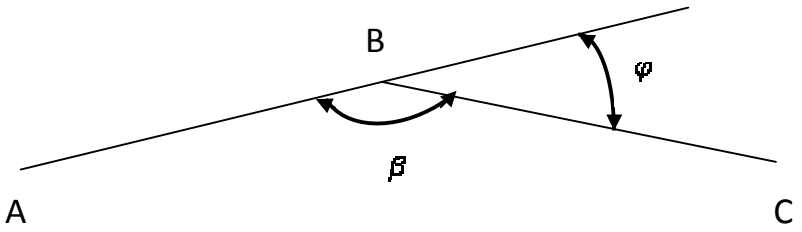


Рис.1.2.2 Вимірювання (обчислення) кута повороту траси

Радіус колової кривої R вибирається згідно з технічних нормативів для проектування споруди і в залежності від місцевих умов. Якщо φ та R відомі, то елементи колової кривої знаходяться за таблицями «Розмічування колових кривих» (В.Н.Ганьшина, Л.С.Хренова та ін.) або вираховують за формулами:

$$T = R \times tg\frac{\varphi}{2}, \tag{1.2.1}$$

$$K = R\frac{\pi \times \varphi^{\circ}}{180^{\circ}}, \tag{1.2.2}$$

$$\text{Б} = \text{OB} - \text{OM} = \frac{R}{cos\frac{\varphi}{2}} - R = \frac{R}{cos\frac{\varphi}{2}}\left(1 - cos\frac{\varphi}{2}\right), \tag{1.2.3}$$

$$\text{Б} = \frac{2Rsin^2\frac{\varphi}{4}}{cos\frac{\varphi}{2}} = R\left(sec\frac{\varphi}{2} - 1\right), \tag{1.2.4}$$

$$\text{Д} = 2\text{Т} - \text{К} = R\left(2tg\frac{\varphi}{2} - \frac{\pi\varphi^{\circ}}{180^{\circ}}\right), \tag{1.2.5}$$

З формул видно, що всі елементи кривої пропорційні радіусу R. На цій залежності розраховані табличні дані для R=1000 м і їх можна переобчислити для величин різного радіуса, перемножуючи значення Т, К, Б, Д на коефіцієнт R/1000.

Початок (А), кінець (С) та середина кривої (М) на рис.1.2.1 – називаються головними точками кривої. Для детального розмічування колової кривої, окрім її головних точок, на місцевості криву позначають ще декількома точками, які розташовуються, як правило, на рівних

інтервалах між собою k (1, 2, 5, 10, 20 м). Вибір значення k залежить від радіуса та призначення кривої. Чим менший радіус колової кривої, тим меншою повинна бути величина k.

Детальне розмічування кривої виконують з точок початку або кінця кривої до її середини. Найбільш часто використовують способи прямокутних координат, кутів та хорд, продовжених хорд та полярних координат.

1. Спосіб прямокутних координат

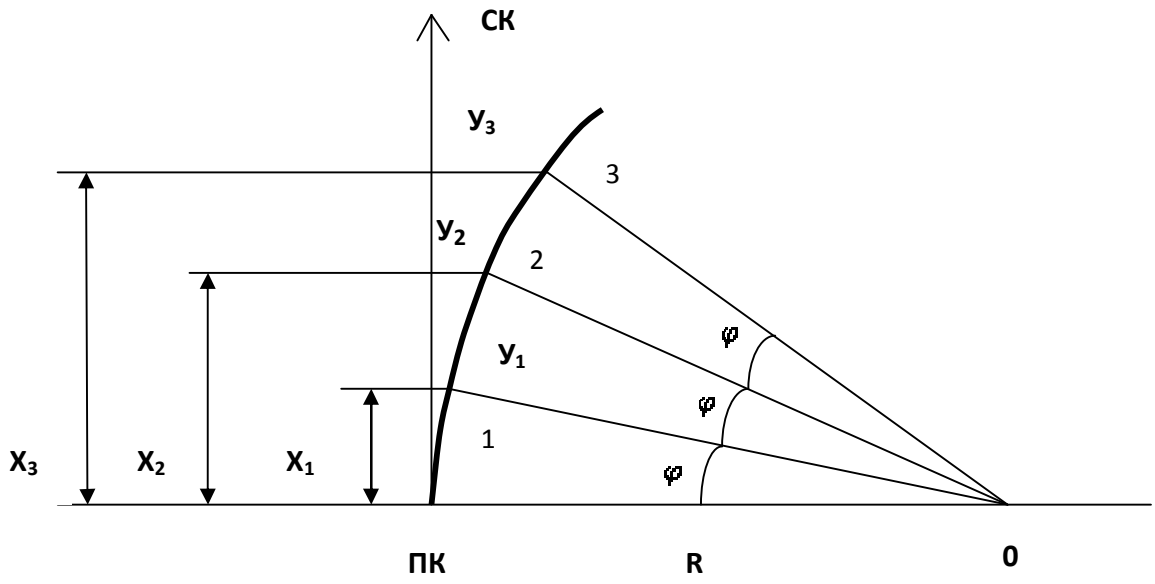


Рис. 1.2.3. Розмічування колової кривої способом прямокутних координат

При розмічуванні колової кривої способом прямокутних координат радіусом R, необхідно розташувати точки 1,2,3 і т.д. через інтервал, тобто віддаль між ними по кривій. Виразимо величину центрального кута через його дугу. Очевидно, що

$$\varphi = \frac{180 \times k}{\pi \times R} \qquad (1.2.6)$$

Далі, згідно рис.1.2.3, запишемо:

$$X_1 = R \sin \varphi \qquad Y_1 = 2R sin^2\left(\frac{\varphi}{2}\right) \qquad (1.2.7)$$

$$X_2 = R \sin 2\varphi \qquad Y_2 = 2R sin^2(\varphi) \qquad (1.2.8)$$

$$X_3 = R \sin 3\varphi \qquad Y_3 = 2R sin^2(3/2\varphi) \qquad (1.2.9)$$

При великому куті повороту і значній довжині кругової кривої, коли ординати будуть досягати значних розмірів, загальний кут повороту траси можна розділити на дві частини і тим самим одну криву замінити двома кривими.

Способом координат виконують також винесення пікетів на криву.

Для цього за різницею точок, наприклад, ПК-8 і ***ПК*** (рис.1.2.4) знаходять довжину кривої (100,00-22,70=77,30). В таблицях для цього значення знаходять ***к-х=0,21 м, у=4,97 м.***

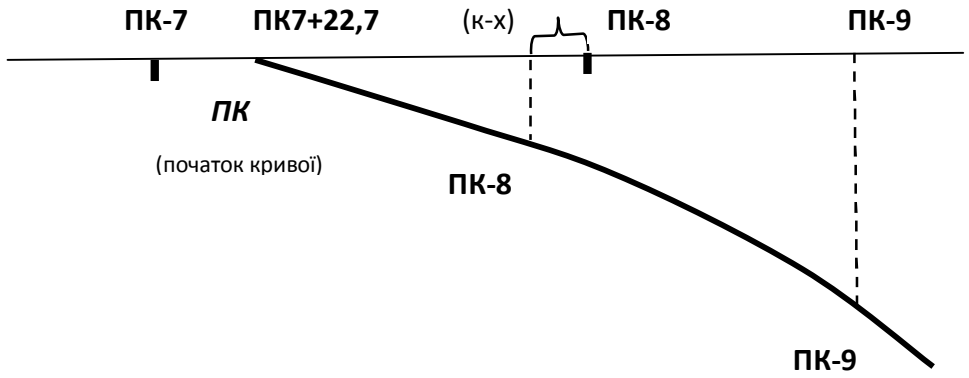


Рис. 1.2.4. Винесення пікетів на криву

Побудова точок 1,2,3…(рис.1.2.3) на місцевості полягає у відкладанні на стрічці (рулетці) від точки ***ПК*** за напрямком дотичної ***СК*** абсцис $\mathbf{X_1}$, $\mathbf{X_2}$, $\mathbf{X_3}$…, а також побудові перпендикулярів до лінії ***ПК-СК*** за допомогою екера і відкладанні на них рулеткою ординат $\mathbf{Y_1}$, $\mathbf{Y_2}$, $\mathbf{Y_3}$… .

Розмічування фрагменту колової кривої способом прямокутних координат вам пропонується виконати графічно.

Для цього використовують наступні вихідні дані:

- Радіус кривої **R**=50 м + N (порядковий номер студента в журналі викладача – в метрах)
- Центральний кут φ ($\varphi = 2°30$).

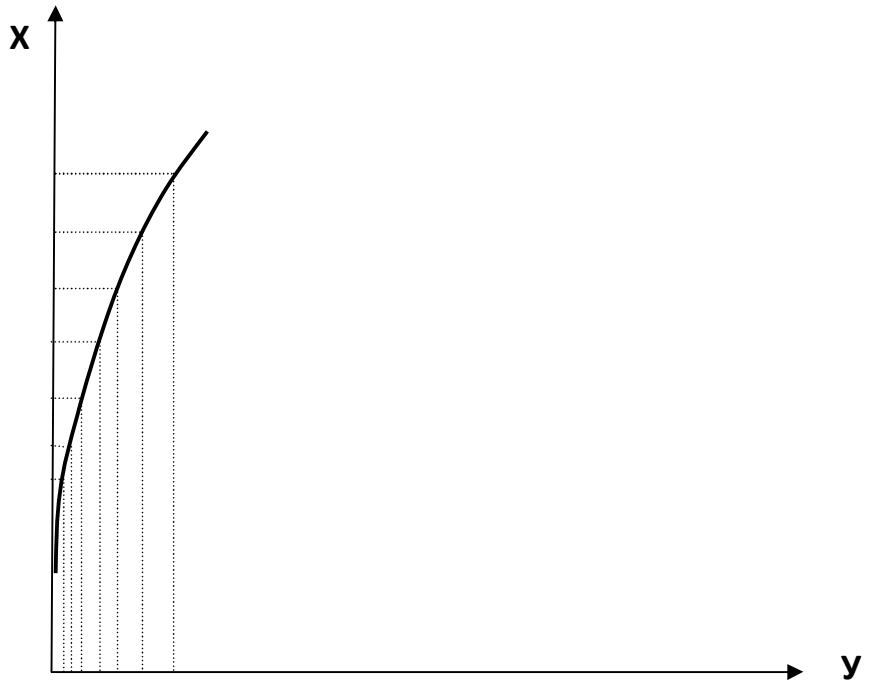
Обчислення виконують в таблиці 1.(при R=58 м, $\varphi = 2°30$)

Таблиця 1.2.1

Зведені результати обчислень

№№	φ°	$\sin\varphi$	$R\sin\varphi$ (X)	$n\left(\frac{\varphi}{2}\right)^{0}$	$Sin^2 n\left(\frac{\varphi}{2}\right)$	$2R.sin^2 n\left(\frac{\varphi}{2}\right)$ (Y)
1	2	3	4	5	6	7
1	02 30	0,0436	2,5288	01 15	0,0005	0,0580
2	05 00	0,0871	5,0518	02 30	0,0019	0,2204
3	07 30	0,1305	7,5690	03 45	0,0043	0,4988
4	10 00	0,1736	10,0688	05 00	0,0076	0,8816
5	12 30	0,2164	12,5512	06 15	0,0119	1,3804
6	15 00	0,2588	15,0104	07 30	0,0170	1,9720
7	17 30	0,3001	17,4058	08 45	0,0231	2,6796
8	20 00	0,3420	19,8360	10 00	0,0302	3,5032

Використовуючи значення **X**,**Y** викреслити фрагмент розмічування колової кривої в масштабі **1:200.**



1:200

2. Спосіб продовжених хорд

По радіусу кривої і заданій довжини хорди (рис.5), знаходять довжини відрізків, які називаються в таблицях для розмічування колових кривих проміжними та крайніми переміщеннями. Розмічування виконують за допомогою двох рулеток або мірних стрічок без застосування теодоліта.

Положення першої точки 1 на кривій визначають лінійною засічкою з базису ***ПК-А***=s, що відкладають стрічкою за напрямком тангенса ***ПК-Х***. притримуючи в точці ***ПК*** (початок кривої) нульовий штрих мірної стрічки, а в точці ***А*** – початковий штрих рулетки, за їх допомогою засікають радіусами-векторами ***ПК-1=s*** і ***А-1=Y*** точку 1. Закріпивши точку 1, протягують стрічку по продовженні хорди ***ПК-1*** і в точці 2` на віддалі 1-2`=s ставлять шпильку; з отриманого базису 1-2` лінійно з відрізками ***s*** і ***k*** положення точки 2 на кривій. Величину ***k*** визначають з подібністю рівнобедрених трикутників ***1-2`-2*** і ***ПК-0-1.*** Запишемо:

$$\frac{k}{s} = \frac{s}{R}, \quad \text{звідки} \quad k = \frac{s^2}{R}$$

Кут ***А-ПК-1***=$\varphi/2$, то можна прийняти, що $Y = \frac{k}{2}$.

Наступні точки кривої 3,… відкладають аналогічно попередній.

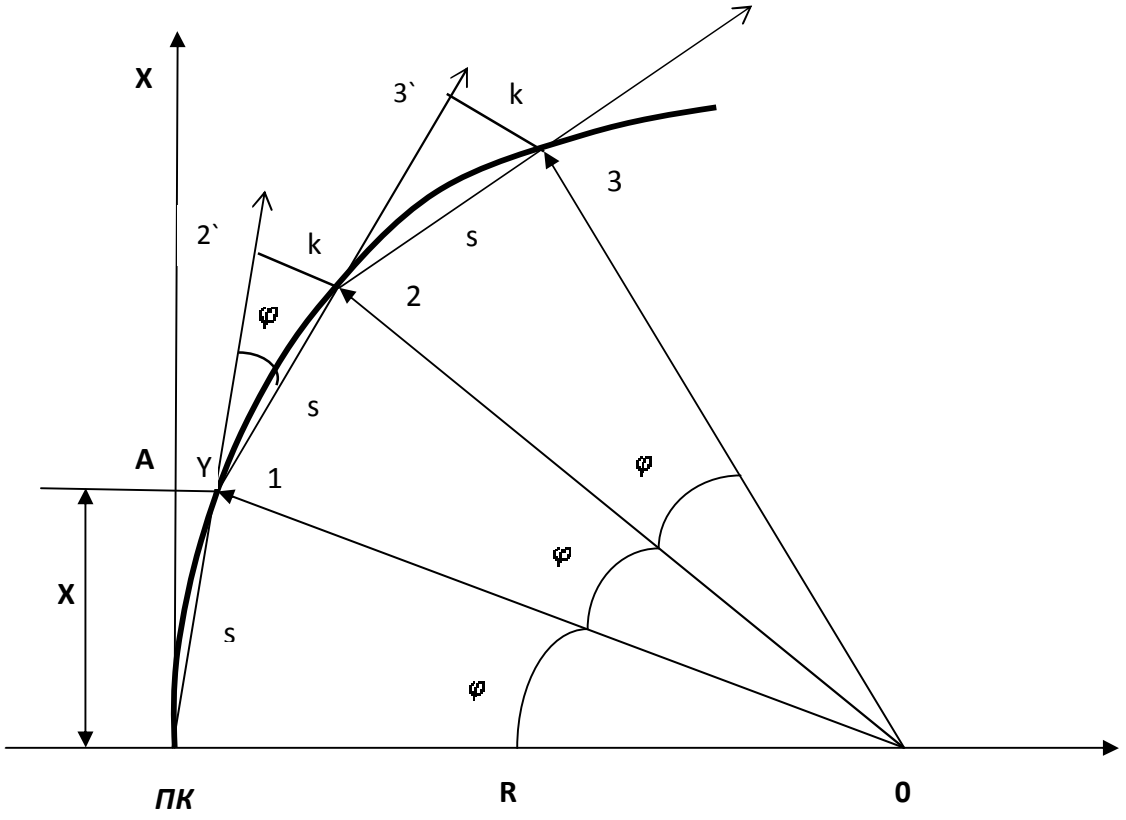


Рис.1.2.5 Розмічування колової кривої способом продовжених хорд

Вам пропонується виконати графічну побудову фрагменту розмічування колової кривої способом продовжених хорд.

Вихідні дані наступні:

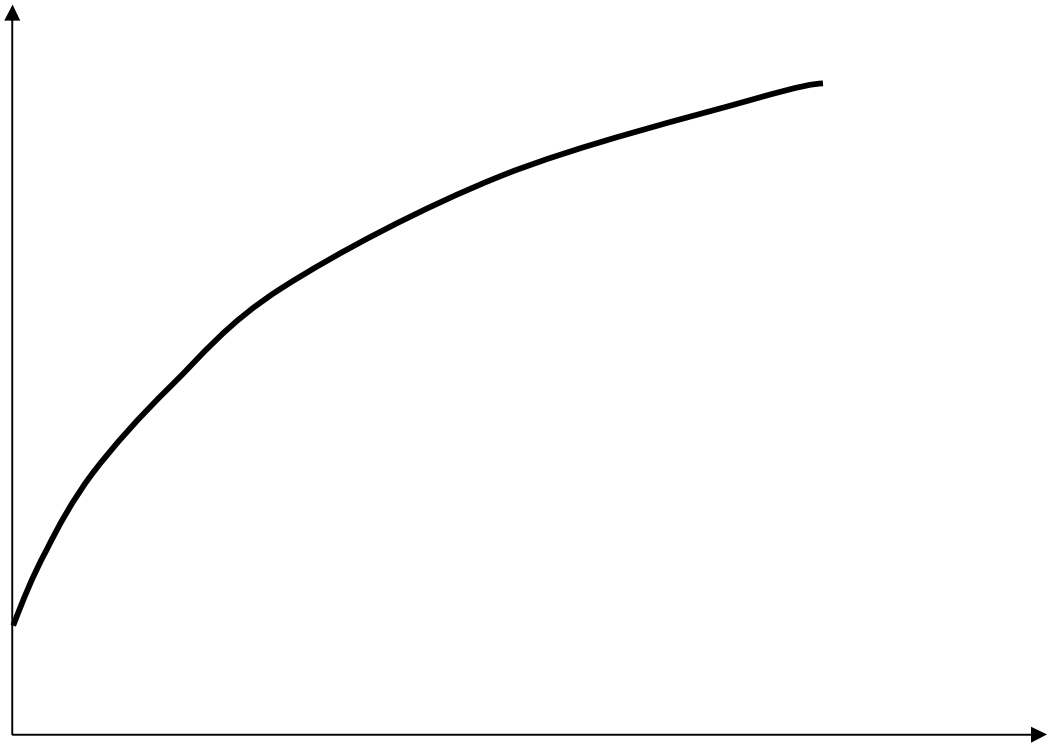
- Радіус кривої **R**=100 м + N (порядковий номер студента в журналі викладача – в метрах)
- Центральний кут φ ($\varphi = 10°$).

Обчислення виконати в таблиці 2. (при R=108 м, $\varphi = 10°$)

Таблиця 1.2.2

Зведені результати обчислень

R	$\varphi°$	$\frac{\varphi}{2}°$	$\sin\frac{\varphi}{2}$	2R	$s = 2R\sin\frac{\varphi}{2}$	s^2	$k = \frac{s^2}{R}$
1	2	3	4	5	6	7	8
108	10	5	0,087	216	18,792	353,14	3,2695



1:1000

При виконанні роботи студент повинен самостійно скласти повздовжній профіль траси автодороги, обчислити обсяг земляних робіт на трасі.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що таке «траса автодороги»?

2. Методи трасування (перерахувати).

3. У чому суть камерального трасування?

4. Способи камерального трасування (перерахувати).

5. Що таке «пікетаж»?

6. Елементи траси.

7. Елементи кругової кривої.

8. Що таке «поздовжній профіль»?

9. Яка інформація зображується на поздовжньому профілі?

10. Що таке «чорний профіль», «червоний профіль», проектні ухили?

11. Які умови необхідно виконувати при проектуванні "червоного" повздовжнього вертикального профілю

12. Як обчислюються "робочі" позначки.

13. Які дані необхідні для обчислення обсягу земляних робіт.

14. Перерахувати способи розмічування колових кривих.

МАТЕРІАЛИ, ЗАПРОПОНОВАНІ ДО ЗДАЧІ

1. Проект траси автодороги на карті масштабу 1: 10 000, 1: 25 000.

2. Відомість розрахунку елементів колових кривих.

3. Відомість пікетажу.

4. Відомість прямих і кривих

5. Поздовжній профіль траси з проектом червоної лінії.

6. Відомість обчислення обсягів земляних робіт.

8. Креслення розмічування колової кривої.

9. Пояснювальна записка.

Усі матеріали підшиваються в папку, швидкозшивач.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2
ПРОЕКТУВАННЯ І ПЕРЕНЕСЕННЯ В НАТУРУ БУДІВЕЛЬНОЇ СІТКИ

Мета роботи – надбання студентами практичних навичок у виконанні комплексу геодезичних розрахунків, пов'язаних з проектуванням і створенням на місцевості будівельної сітки.

Розрахунково-графічну роботу студенти виконують за індивідуальними варіантами, що відрізняються між собою даними відносно розмірів будівельної сітки. Робота складається з пояснювальної записки, яка містить також розрахункову частину та графічних додатків.

ЗАВДАННЯ: запроектувати на карті масштабу 1:25000 будівельну сітку у вигляді прямокутника зі сторонами 2×3 км

1. Навести короткий опис топографії і топографо-геодезичної забезпеченості території, що виділена під промисловий майданчик (на карті – прямокутник зі сторонами 2×3 км - додаток).
2. Описати призначення, точність і способи детального розміщення будівельної сітки.
3. Скласти проект будівельної сітки. Назначити схему перенесення в натуру її вихідного напрямку. Вирахувати дані для винесення в натуру вихідного напрямку.
4. Скласти проект тріангуляції і полігонометрії. Вирахувати точність тріангуляції та полігонометричних ходів першого і другого порядків.
5. Описати методику і вказати основні допуски кутових і базисних вимірів в тріангуляції, метод врівноваження, систему координат. Описати методику кутових і лінійних вимірів, метод врівноваження полігонометрії.
6. Описати процес редукування будівельної сітки. Вирахувати для прикладу кутовий і лінійний елементи редукції одного пункту сітки. Скласти схематичне креслення редукування.

7. Описати процес контрольних вимірів на будівельній сітці.

8. Зробити короткий опис знаків тріангуляції, полігонометрії і знаків закріплення будівельної сітки.

9. Створити каталог координат.

Графічні додатки

1. Навчальна карта з проектом будівельної сітки.

2. Схема виносу в натуру вихідного напрямку будівельної сітки (на карті і окремо на кальці).

3. Проект геодезичної основи будівельної сітки: тріангуляція і полігонометрія (на карті і окрема на кальці).

4. Креслення знаків тріангуляції, полігонометрії і знаків закріплення будівельної сітки (після редукування) – на ватмані.

Матеріали для проектування: ділянка навчальної карти масштабу 1:10000 або 1:25000 з позначеним на ній районом робіт.

Порядок виконання роботи

1.Опис топографії ділянки, виділеної під промисловий майданчик, студенти роблять з позиції умов виконання геодезичних робіт: площа ділянки, яку належить освоїти; характер ситуації та рельєфу; очікувані умови виконання тріангуляційних і полігонометричних робіт (видимість, забудованість, заболоченість та інші топографічні особливості території).

Топографо-геодезичну забезпеченість ділянки студенти повинні оцінити в певній послідовності:

А)Тріангуляція: кількість та розміщення пунктів (на ділянці і за її границями), клас, висоти сигналів, системи координат;

Б)Полігонометрія: наявність пунктів; їх кількість та розташування;

В)Зйомка: масштаб, висота перерізу рельєфу.

2.Для перенесення проекту промислової споруди в натуру і для забезпечення виконавчих зйомок побудованих об’єктів використовують будівельну сітку. Що стосується точності будівельної сітки, то в даній

розрахунково-графічній роботі студентам пропонується виходити при її створенні з вимог, при яких середня квадратична помилка взаємного положення пунктів сітки не повинна перевищувати у відносній мірі 1:10000.

Студентам необхідно описати також способи детальної розмічування будівельної сітки: осьовий спосіб та спосіб. В даному випадку для створення будівельної сітки студентам рекомендується спосіб редукування, який має ряд переваг і застосовується при будівництві будівельних сіток будь-якого розміру. Основними етапами цього методу є:

1) винесення в натуру вихідного напрямку;

2) розмічування (і тимчасове закріплення) сітки в першому наближенні;

3) визначення фактичних координат пунктів приблизно розбитої сітки;

4) обчислення елементів редукування та польове редукування;

5) кінцеве закріплення вершин сітки;

6) контрольні виміри.

3.Оскільки в практиці перевагу віддають сіткам квадратів, як найбільш простим для складання розмічувальних креслень, причому дуже розповсюджені сітки квадратів зі стороною 200 м, - то студентам пропонується запроектувати саме таку будівельну сітку, але яка має різні загальні розміри відповідно індивідуальному завданню. Разом з тим студентам необхідно описати, коли доцільно створювати сітки різної густини і конфігурації. Проектування будівельної сітки, як правило, виконується на основі генерального плану споруди з урахуванням розмірів окремих її елементів (цехів, будівель, доріг) і розташування головних осей. Оскільки в завданні на проектування генплан відсутній, то студентам буде достатньо розмістити будівельну сітку вказаних в індивідуальному завданні розмірів безпосередньо на карті (коли є карта М 1:10000) або на створеному схематичному плані М 1:10000 (коли є карта М 1:25000) і

назначити схему перенесення в натуру вихідного напряму сітки. Винесення на місцевість вихідного напрямку будівельної сітки полягає у винесенні та закріплені на місцевості трьох точок, які визначають два любих взаємно-перпендикулярних напрямків сітки. В окремих випадках на місцевості можуть бути закріплені тільки дві точки, які визначають один напрямок сітки. Ці точки виносять в натуру від пунктів геодезичної основи, розташованих на ділянці, виділеній під промисловий майданчик, як правило, способом прямої кутової засічки або полярним способом. При цьому елементи виносу знаходять шляхом розв'язування обернених задач між пунктами геодезичної основи, координати яких є в каталозі, та точкою, яка виноситься і координати якої знімають графічно з карти. В результаті точності такого перенесення вихідного напрямку складає 0,2-0,3 мм а масштабі карти. Однак це не має суттєвого значення, оскільки на величину цієї помилки зміститься на місцевості весь комплекс запроектованих споруд. Враховуючи цей момент, студенти можуть знімати графічно з карти М 1:10000 координати потрібних точок але величини графічних помилок рахувати віднесеними до масштабу 1:2000 (масштаб генплану). На кінець, оскільки студенти працюють з учбовою картою і не мають координат пунктів геодезичної основи, то координати цих пунктів студенти також знімають графічно з карти.

Під час проектування будівельної сітки бажано, щоб 1-2 пункти тріангуляції або полігонометрії співпадають з вершинами сітки. Це спрощує винесення вихідного напрямку та переобчислення координат із системи будівельної в геодезичну систему координат. В результаті студенти повинні описати, від яких найближчих пунктів геодезичної основи виносяться в натуру точки вихідного напрямку і яким способом, а також вирахувати для кожного способу елементи виносу.

Цей розділ роботи слід закінчити зазначенням способу розмічування сітки в першому наближенні та очікуваних при цьому величин помилок в положенні пунктів. Описуючи спосіб розмічування,

необхідно відобразити не тільки саму техніку розмічування, але й врахувати ті природні ускладнення, які можуть виникнути в процесі польових робіт під впливом місцевих умов (річки, болота, ліси, відсутність видимості), а також коротко описати знаки закріплення вершин будівельної сітки після її розмічування в першому наближенні (додаток 2.3).

4.Студентам необхідно коротко описати методи визначення фактичних (точних) координат тимчасових пунктів будівельної сітки: тріангуляція в поєднанні з полігонометрією, полігонометрія, трилатерація, мікротріангуляція, метод засічок проф. Дурнева А.І., метод чотирикутників без діагоналей, метод многокутників. Більш детально необхідно зупинитись на першому методі, який пропонується студентам в даній роботі.

При складанні проекту тріангуляції на території будівельного майданчика слід прагнути до створення простих за формою мереж (геодезичний чотирикутник, центральна система, ряд трикутників), щоб при цьому взаємна видимість між пунктами переважно забезпечувалась на землі, тобто з висоти штатива приладу, встановленого над центром знаку. В деяких випадках для забезпечення нормальних умов проходження візирного променю можуть бути запроектовані прості піраміди висотою до 8-12 м і тільки у виняткових умовах – сигнали висотою 8-10 м.

Тріангуляційні пункти, як правило, суміщають із закріпленими на місцевості тимчасовими точками сітки, причому один із пунктів приймають за початок умовної системи координат. Дві протилежні сторони сітки, розташовані в найбільш сприятливих для безпосередніх вимірів умовах, приймають як базиси. Базисами, по можливості, повинні бути більш короткі сторони сітки. Дирекційний кут одного з базисів приймають таким, що дорівнює 0º00`00`` або 90º00`00`` (рис.2.1).

Проект полігонометрії складають таким чином, щоб визначити координати всіх інших пунктів будівельної сітки. Для цього по периметру

сітки між пунктами тріангуляції проектуються витягнуті полігометричні ходи першого порядку. По пунктах, що знаходяться в середині сітки, проектують полігометричні ходи другого порядку (рис. 2.1). Відповідно полігометрії першого та другого порядків можуть бути прокладені першого та другого розрядів. Довжини сторін таких ходів дорівнює стороні будівельної сітки, тобто 200 метрів.

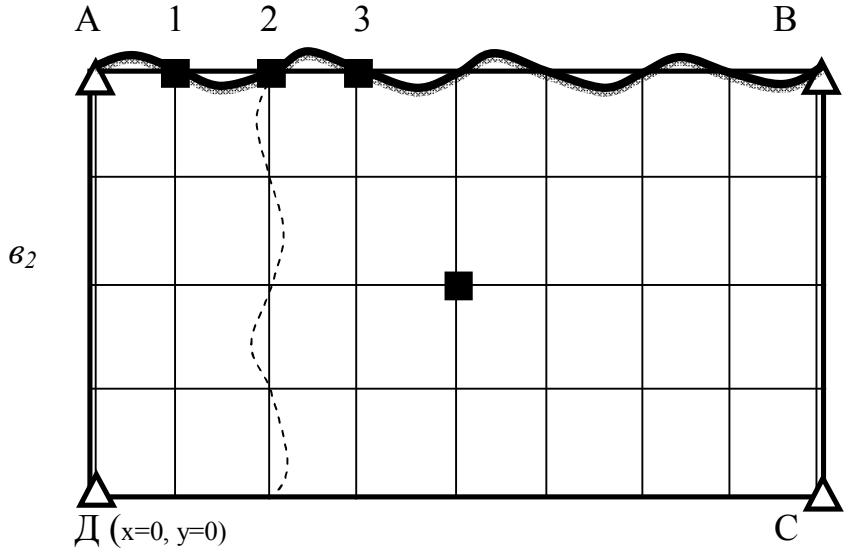


Рис.2.1. Схема проекту полігонометричних ходів

Позначення:
А,В,С,Д – пункти тріангуляції, $в_1$,$в_2$ – базиси;
1,2,3… - пункти будівельної сітки;

- хід полігонометрії першого порядку;

- хід полігонометрії другого порядку.

При проектуванні геодезичних мереж з метою визначення координат пунктів будівельної сітки слід виходити з того, що сітка повинна, по-перше, забезпечити розбивку основних осей споруд і, по-друге, зйомку для складання виконавчого генерального плану. В останньому випадку важливо витримати з необхідною точністю загальне розташування її пунктів. Граничні помилки положення пунктів сітки відносно вихідних не повинні перевищувати 10 см при середній помилці 5 см (оскільки більшість виконавчих генпланів складається в масштабі 1:500).

Схема виносу в натуру головного напрямку будівельної сітки (калька – бани, всі елементи виносу: засічки – червоним кольором, будівельна сітка – чорним, горизонталі – коричневим, річка - синім).

Досвід розмічування великих промислових комплексів показує, що в більшості випадків для забезпечення необхідної точності виносу в натуру основних осей споруд середні квадратичні помилки у взаємному положенні сусідніх пунктів будівельної сітки повинні бути такими, щоб середня квадратична помилка в довжині її сторони була в границях 1:10000, відповідно помилка визначення дирекційного кута – 20". Для окремих об’єктів, при відсутності технологічних зв’язків між спорудами точність може бути знижена в 1,5-2 рази.

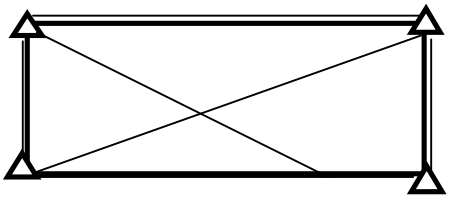
Для забезпечення розмічування споруд за висотою у відповідності з наведеними допусками помилка у взаємному положенні сусідніх пунктів сітки в середньому повинна складати 2-3 мм.

В даній роботі необхідно виконати перерахунок точності кутових і базисних вимірів в тріангуляції, а також кутових і лінійних вимірів в полігонометрії 1-го і 2-го порядків, тобто трирозрядої геодезичної мережі. При цьому, треба мати на увазі, що кожний попередній ступінь мережі повинен впливати суттєво на точність визначення її пунктів.

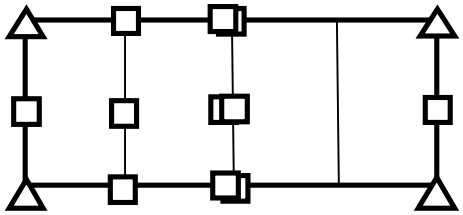
Звичайно вважають, що помилки положення пунктів попередніх ступенів повинні бути в 1,5-2 рази менше, ніж наступний. Доцільно застосовувати більш ґрунтовий критерій, коли точність кожного окремого ступеня вираховують, приймаючи граничну помилку m в положенні пунктів геодезичного обґрунтування рівною 0,2 мм масштабі виконавчої зйомки, яку можна також прийняти за величину середньої квадратичної помилки положення пункту в самому слабкому місці будівельної сітки (на рис. 2.1 це буде т. Е).

Нижче наведена схема планової основи будівельної сітки відповідно до трьох ступенів розвитку будівельної сітки (тріангуляція, полігонометрія 1, 2 розрядів).

Схема планової основи будівельної сітки



△ - тріангуляція 1 класу.



△ - полігонометрія 1 розряду

□ - полігонометрія 2 розряду

Точність їх знаходять за такими формулами:

$$m_1 = m/K^2 Q \quad (2.1)$$

$$m_2 = m/KQ \quad (2.2)$$

$$m_3 = m/Q \quad (2.3)$$

де m_1, m_2, m_3 – середні квадратичні помилки положення пунктів тріангуляції, полігонометрії 1-го порядку і полігонометрії 2-го порядку відповідно; *m = 0,2 мм*M* - положення пункту в слабому місці сітки; М – знаменник масштабу виконавчої зйомки; К - коефіцієнт пониження точності при переході від однієї стадії розвитку обґрунтування до другої, більш низької; коефіцієнт

$$Q = \sqrt{1 + \frac{1}{K^2} + 1/K^4}. \quad (2.4)$$

Для знімання в масштабі 1:500, при К=1,5 (Q=1,28) одержимо $m_1 = \pm 3{,}5$ см; $m_2 = \pm 5{,}2$ см; $m_3 = \pm 7{,}8$ см.

Якщо прийняти К=2 (Q=1,15), то $m_1 = \pm 2{,}2$ см; $m_2 = \pm 4{,}4$ см; $m_3 = \pm 8{,}8$ см, тобто значно зростають вимоги до точності першого і другого ступенів розвитку обґрунтування.

В тому випадку, якщо у формулі (2.1) *m* прийняти рівною середній помилці, тобто ±5 см (для масштабу 1:5000), тоді точність всіх ступенів геодезичної мережі зросте в два рази.

Якщо на будівельному майданчику знімання в масштабі 1:500 виконується лише на невеликій території, то обґрунтуванням для цього знімання може бути деяка локальна мережа, а розрахунок точності обґрунтування на весь майданчик слід виконувати, виходячи із основного масштабу його зйомки.

Студентам пропонується виконати наведені вище розрахунки для будівельних сіток з конкретними розмірами і вихідними даними відносно коефіцієнта *K* та масштабу знімання.

Попередній розрахунок точності тріангуляції

Знаходять відносну лінійну помилку в стороні тріангуляції АВ (або СД) у вигляді аліквотного дробу (з чисельником одиниця):

$$\frac{m_{AB}}{AB} = \frac{m_{TP}}{AB}, \tag{2.5}$$

де $m_{TP} = m_1$.

Від відносної помилки переходять до помилки в шостому знаку логарифму сторони за формулою

$$\frac{m_{AB}}{AB} = \frac{m_{lgAB}}{M \times 10^6}, \tag{2.6}$$

де M=0,4343 – модель десяткових логарифмів.

З формули (3) можна знайти:

$$m_{lgAB} = \frac{m_{AB}}{AB} \times 0{,}4343 \times 10^6 \tag{2.7}$$

Значення m_{lgAB} одержують в одиницях шостого знаку логарифму. Вважають, що базиси в мережі тріангуляції повинні бути виміряні в три рази точніше, ніж слабка сторона, тобто

$$m_{lgAД} = m_{lgBC} = \frac{1}{3} m_{lgAB} \tag{2.8}$$

Відомо, що середні квадратичні помилки в логарифмі слабкої сторони і базису можуть бути зв’язані співвідношенням

$$m_{lgAB}^2 = m_{lgAД}^2 + km_\beta^2 \sum_1^n R, \quad (2.9)$$

де k – коефіцієнт, який залежить від форми мережі тріангуляції (k=0,40 – для мережі з геодезичних чотирикутників, k=0,45 – для мережі з центральних систем, k=0,67 – для мережі з трикутників); m_β–середня квадратична помилка вимірюваного кута; R – помилка геометричного зв'язку трикутника, значення якої в одиницях шостого знаку логарифма, може бути одержана по значеннях зв'язуючи кутів з таблиці, наведеної в додатку 2.1. Значення R може бути також знайдена за формулою

$$R = \delta_\alpha^2 + \delta_\beta^2 + \delta_\alpha \times \delta_\beta, \quad (2.10)$$

Де δ_α і δ_β – змінні логарифмів синусів зв'язуючи кутів α і β трикутників при зміні кутів на 1` (α і β вимірюють транспортиром з точністю 1º); n – кількість трикутників.

Таким чином, із формули (2.9) може бути знайдена помилка m_β (в секундах), яка й буде характеризувати точність мережі тріангуляції, що створюється для визначення координат пунктів будівельної сітки. Значення цієї помилки є вихідним для підбору прикладу, який забезпечив би необхідну точність кутових вимірів. Рахують, що значення m_β містить в собі помилку за центрування $m_ц$, редукцію $m_р$, помилки впливу зовнішніх умов $m_{з.у}$, приладні помилки $m_п$, помилки власних вимірів $m_{вл.в}$, тобто

$$m_\beta^2 = m_ц^2 + m_р^2 + m_{з.у}^2 + m_п^2 + m_{вл.в}^2 \quad (2.11)$$

Приймаючи приблизно однаковий вплив цих помилок, знаходять:

$$m_{вл.в}^2 = m_\beta/\sqrt{5} \quad (2.12)$$

Оскільки в мережі тріангуляції кути передбачається вимірювати способом колових прийомів (як найбільш доцільним в даному випадку), то необхідну кількість прийомів визначають із формули:

$$m_{вл.в}^2 = \frac{1}{n}\left(m_v^2 + \frac{m_0^2}{2}\right), \quad (2.13)$$

де *n*– кількість прийомів; m_v – помилка візування:$m_v'' = 40'' / V^x$, V^x – збільшення труби теодоліта. Маючи середню квадратичну помилку m_v, граничну помилку одержують як $2 \times m_v''$;m_o – гранична помилка відліку.

Таким чином, підбір теодоліта і визначення необхідної кількості прийомів роблять так. Для певного теодоліта, враховуючи його технічні характеристики, знаходять m_v і m_o (додаток 2.2), а потом кількість прийомів *n* за формулою

$$n = \frac{m_v^2 + m_o^2/2}{m_{вл.в}^2} \qquad (2.14)$$

Якщо *n* отримують у вигляді дробу, то його треба округлити до цілого більшого числа. Кількість прийомів повинна бути 2-6. Коли з розрахунків *n* одержують великим, то необхідно взяти більш точний теодоліт, коли ж – малим, то треба взяти менш точний прилад і повторити знову розрахунки для визначення *n*.

Попередня оцінка точності полігонометрії

При розрахунках точності вимірювання кутів і ліній в полігонометричних ходах першого і другого порядків використовують формули очікуваної середньої квадратичної помилки М визначення положення кінцевої точки витягнутого полігонометричного ходу, який опирається з двох кінців на сторони з вихідними дирекційними кутами:

при вимірюванні сторін підвісними мірними приладами

$$M^2 = \mu^2 L + \lambda^2 L^2 + \frac{m^2 \beta}{\rho^2} \times \frac{n+3}{12} L^2; \qquad (2.15)$$

при вимірюванні сторін світлодалекомірами – два рази для 1 і 2 розрядів

$$M^2 = n \times m_\zeta^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \times \frac{n+3}{12} L^2. \qquad (2.16)$$

$$M^2 = m_2^2$$

у формулах (2.15) і (2.16) η і λ – коефіцієнт впливу випадкових помилок і систематичних помилок при вимірюванні ліній; L – довжина полігонометричного ходу: *L*=*S***n*; *S*– середня довжина ліній; n – кількість

ліній в ході; m_β– середня квадратична помилка вимірювання кута; m_s – середня квадратична випадкова помилка вимірювання лінії.

Вирази (2.15) і (2.16) може переписати так:

$$M^2 = m_t^2 + m_u^2 \qquad (2.17)$$

де m_tі m_u– поздовжній і поперечний зсуви кінцевої точки полігонометричного ходу.

Оскільки розрахунки виконують для витягнутого ходу, то доцільно скористатися принципом рівних впливів, тобто що $m_t = m_u = M/\sqrt{2}$.

Приймаючи послідовно $M = m_2$і $M = m_3$, знаходять m_tі m_u для полігонометрії першого і другого порядків. Це дозволяє визначити значення величин μ, m_s і m_β, які входять в формули (2.15) і (2.16) і характеризують точність лінійних і кутових вимірів в полігонометрії першого і другого порядків:

$\mu = \frac{30m_t}{\sqrt{900L+L^2}}$, при цьому вважають, що $\lambda = \mu/30$; якщо обчислення значення μ рівне 0,0003, то вимірювання ліній необхідно виконувати інварною проволокою, якщо $\mu = 0{,}0008$ – стальною проволокою, якщо ж $\mu = 0{,}002$ – шкаловою лентою;

значення $m_s = m_t/\sqrt{n}$ дає можливість підібрати необхідний світлодалекомір для вимірювання ліній в ходах полігонометрії першого і другого порядків (додаток 2.2); обчислюють також відносну помилку m_s/S;

значення m_β обчислюють за формулою

$$m_\beta = \frac{m_u \times \vartheta}{L}\sqrt{\frac{12}{n+3}}, \qquad (2.18)$$

а потім, як це було показано у випадку тріангуляції, підбирають необхідний теодоліт для кутових вимірів в полігонометрії першого і другого порядків (додаток 2.2).

5. Рекомендації відносно методики виконання кутових і базисних вимірів в тріангуляції студенти повинні дати відповідно до інструкції. При цьому необхідно попередньо встановити, до якого класу може бути віднесена запроектована мережа. Це робиться на основі виконання в попередньому пункті розрахунків помилок вимірювання кутів і базисів. Клас тріангуляції призначають, як правило, з деяким запасом точності. Наприклад, якщо розрахунок показав, що в тріангуляції кути повинні вимірюватися з помилкою $m_\beta = 2",5$, то слід рекомендувати вести спостереження по програмі 4 класу ($m_\beta = 2"$).

Основуючись на відомостях, які наведені в інструкції, необхідно описати методику вимірювання кутів, допуски на станції, методи центрування приладу, умови та час виконання спостереження, допустимі нев'язки в трикутниках.

Вимоги до базисних вимірів повинні ґрунтуватися на знайденій за формулою (2.6) помилкою $m_{АД}/АД$ і повинні бути дані для двох випадків: при вимірюванні підвісними мірними приладами і світлодалекомірами. В першому випадку необхідно вказати: допуски на розходження (Н-3), розходження перевищень, одержаних по двох сторонах рейки, перелік поправок, які вводять у виміряну довжину базису, та інші технічні і методичні характеристики. В другому випадку – тип світлодалекоміра, необхідну кількість прийомів, умови вимірів, перелік поправок.

Студентам пропонується назвати рекомендований метод врівноваження мережі тріангуляції і перелічити виникаючі в мережі рівняння.

Систему координат на промисловому майданчику, як правило, приймають умовною, тобто в даній роботі студенти повинні самі вибирати початок координат і орієнтування мережі. Зручніше всього за початок такої системи прийняти пункт тріангуляції в південно-західній частині майданчика. Цьому пункту приписують координати X=1000 м і У=1000 м.

одному із напрямків, який виходить з початкового пункту (як правило базису), надають значення вихідного дирекційного кута 0º00`00`` або 90º00`00``. Рекомендована таким чином система координат дозволяє мати на всій території майданчика додатні координати пунктів, що зручно при виконанні різних розрахунків.

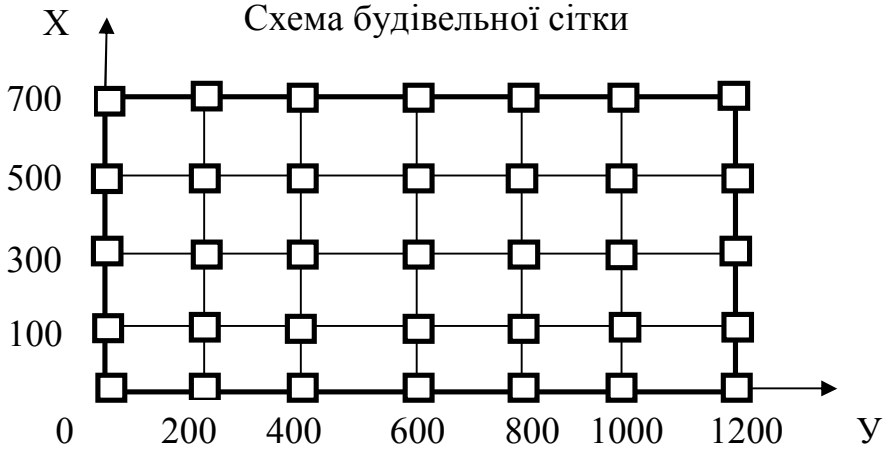
Рекомендації відносно методики вимірювання кутів і ліній в полігонометрії студенти можуть взяти з відповідних розділів інструкції з урахуванням розряду, до якого повинна бути віднесена запроектована мережа ходів. Тут також необхідно вказати тип теодоліта, метод вимірювання кутів, кількість прийомів, допуски на станціях і в ходах, точність центрування приладу і марок та інші дані, які відносяться до процесу вимірювання кутів і ліній. При вимірюванні ліній світлодалекоміром необхідно рекомендувати застосування світлодалекоміра бажано того ж типу, що і в тріангуляції при вимірюванні базисів.

Врівноважування полігонометричних ходів, прокладених по пунктах будівельної сітки, звичайно виконують в два етапи: ходи першого порядку врівноважують як витягнуті між пунктами тріангуляції, ходи другого порядку між точками ходів першого порядку. Більш докладно методику врівноваження мережі полігонометричних ходів студенти повинні описати у відповідності до вказівок інструкцій.

6. Процес переміщення пунктів будівельної сітки в їх проектне положення називається редукуванням будівельної сітки. Для цього обчислюють елементи редукції: кутовий β і лінійний S, і редукування кожного пункту сітки виконують полярним способом, як показано на рис.2.2. Елементи β і S визначають за координатами приблизно закріплених на місцевості точок (наприклад, п.9` і п.8`) і їх проектних координат (п.9) шляхом розв'язування обернених задач відповідно по сторонах 9`-8` і 9`-9. При цьому β знаходять до секунд, а S – до міліметрів.

Для прикладу кожному студенту в індивідуальному завданні даються фактичні координати п. 9` і 8` і проектні координати п. 9. Необхідно обчислити елементи редукції, скласти схематичне креслення редукування і описати детально процес редукування, тобто так, якби ця робота виконувалася в полі на одному з пунктів будівельної сітки.

Схема будівельної сітки



Назва пунктів	Координати, м	
	X	У
8`	100,000	1100,000
9`	100,000	1000,000
9	99,983	999,994

Розрахунок елементів редукування пунктів будівельної сітки

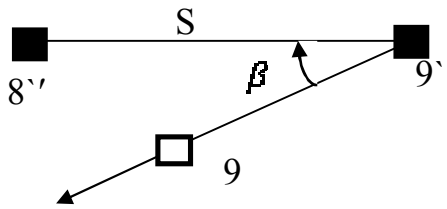


Рис.2.2 Полярний спосіб редукування кожного пункту сітки

$$\tan \alpha_{9-8'} = \frac{100{,}006}{0{,}017} = 5882{,}705882 \qquad \alpha_{9-8'} = 89^{\circ}59'24'',9$$

S=100,006=100,006 м

$$\tan \alpha_{9-9'} = \frac{0{,}006}{0{,}017} = 0{,}352941179 \qquad \alpha = 19^{\circ}26'24'',1$$

S=0,018

$$\beta = \alpha_{9_8'} - \alpha_{9_9'} = 70°33'0'',77$$

7. Основне завдання контрольних вимірів полягає в перевірці правильності редукування пунктів сітки і в одержанні даних про точність її побудови. Студентам необхідно описати методику контрольних вимірів і вказати допустимі відхилення в довжинах сторін і прямих кутах сітки.

8. В заключному пункті розрахунково-графічної роботи студенти повинні навести креслення і короткий опис знаків тріангуляції полігонометрії і постійних знаків, якими закріплюються вершини будівельної сітки (додаток 2.3).

Підсумком виконання роботи є пояснювальна записка, зміст якої повинен відображати всі етапи геодезичних робіт при створенні будівельної сітки. Пояснювальна записка супроводжується необхідними розрахунками, рисунками і схематичними кресленнями. Все це повинно бути оформлене належним чином. Навчальна карта, схема, винесення в натуру вихідного напрямку і проект геодезичного обґрунтування будівельної сітки, а також креслення знаків додаються до пояснювальної записки.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3
ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ПРОЕКТУ НІВЕЛІРНОЇ МЕРЕЖІ ЗАБУДОВАНОЇ ТЕРИТОРІЇ

Мета роботи – надбання студентами практичних навичок у виконанні комплексу геодезичних розрахунків, пов'язаних з оцінкою проекту міської нівелірної мережі методом послідовних наближень і методом вагових коефіцієнтів.

Робота складається з пояснювальної записки, яка містить описову та розрахункову частину, висновки. Лабораторну роботу студенти виконують за індивідуальним варіантами, що відрізняються між собою даними відносно розмірів нівелірної мережі.

Зміст роботи

1. Виконати оцінку точності проекту нівелірної мережі III класу з двома вихідними реперами та чотирма вузловими точками:

а) методом послідовних наближень;

б) методом вагових коефіцієнтів.

Порівняти одержані результати та зробити висновки відносно доцільності застосовування зазначених вище методів.

2. Згустити нівелірну мережу III класу нівелірними ходами IV класу.

Визначити найбільш слабкі точки і ланки в мережі IV класу.

Вихідні дані

Кожному студенту видається схема нівелірної мережі III класу (див. рис.1) та розміри ланок цієї мережі:

по горизонталі A = 3,0 км+(N/10) км,

по вертикалі B = 4,0 км+(N/10) км,

де N – номер прізвища студента за списком.

РпI, РпII – вихідні репери II класу,

1, 2, 3, 4 – вузлові репери III класу.

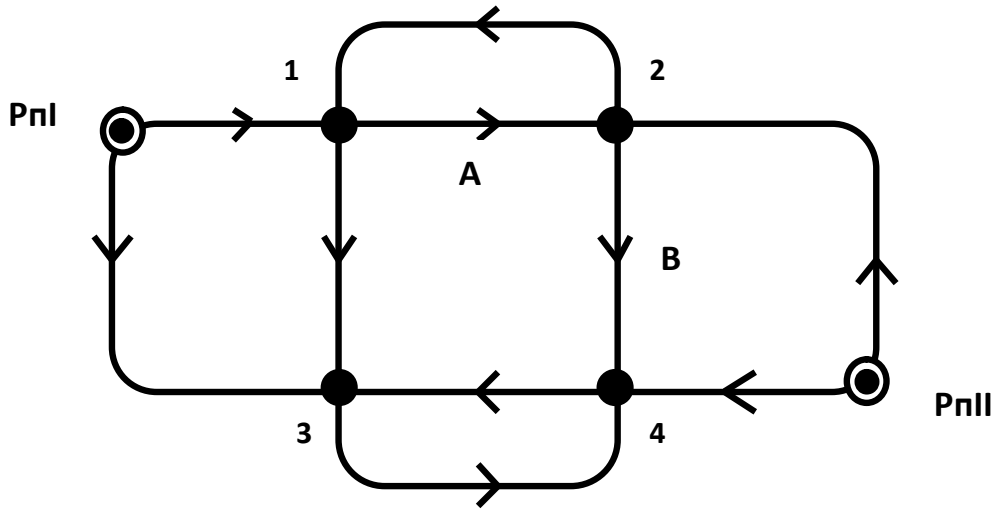


Рис.3.1 Схема нівелірної мережі

В наведеному нижче прикладі:

$$A = 2{,}5 \text{ км},$$

$$B = 3{,}3 \text{ км}.$$

Приступаючи до роботи, студенти повинні детально ознайомитися з вимогами до точності та з основними положеннями про проектування висотної мережі на забудованій території і описати це у вступі до роботи.

Відповідно до змісту роботи, яка практично складається з двох розділів, спочатку необхідно виконати розрахунки для нівелірної мережі III класу, а потім – IV класу.

В першій частині першого розділу необхідно виконати оцінку точності проекту нівелірної мережі (рис.3.1) методом послідовних наближень. При цьому спочатку студентам пропонується ознайомитись з основними положеннями цього методу, послідовністю обчислень і коротко описати їх.

В даній нівелірній мережі доцільно оцінити очікувану точність визначення відміток вузлових точок 1, 2, 3, 4. Для цього в першому наближенні вираховують очікувані середні квадратичні похибки для всіх ходів, які йдуть від вихідних точок з індексом *i* до кожної вузлової точки з індексом *k*. Наприклад, для вузлової точки 1 це будуть такі чотири ходи:

РпІ-1, 3-1, 2-1 (хід довжиною в одну ланку) і 2-1 (хід довжиною в три ланки). Помилки m_{ik} вираховують за формулою

$$m = \eta\sqrt{L}, \tag{3.1}$$

де η – коефіцієнт впливу випадкових помилок при нівелюванні, віднесений на 1 км ходу (для III і IV класів η дорівнює відповідно 4 мм і 8 мм [2]; *L* – довжина ходу в км.

Ваги визначення положення деякої вузлової точки *k*по кожному ходу одержують як

$$\mathrm{P} = \frac{c}{m^2} \tag{3.2}$$

де *c* в даному випадку доцільно прийняти рівним 100.

Знаходять суму ваг для точки *k*в першому наближенні (P_k) І наб., а потім і середню квадратичну помилку визначення її положення

$$(m_k^2) = \frac{c}{(P_k)} \tag{3.3}$$

В кожному наступному наближенні в ходах, які йдуть від вузлових точок k, необхідно врахувати помилки m_kцих точок, одержані в попередньому наближенні, і загальну помилку M_{ik} по ходу сторони ik знаходиться як сума помилок

$$M_{ik}^2 = m_{ik}^2 + m_k^2 \tag{3.4}$$

при цьому у всіх наближеннях помилки вихідних реперів РпІІ і РпІІ – приймаються рівні нулю.

Наближення виконуються до тих пір, доки для однієї і тієї ж вузлової точки в двох останніх наближеннях не одержимо практично однакові значення помилок (розходження можуть бути в границях точності обчислень).

Для зручності обчислення за формулами (3.1) – (3.4) пропонується виконувати в таблиці (див. табл. 3.1).

У другій частині першого розділу необхідно виконати оцінку точності даного проекту методом вагових коефіцієнтів. Для цього студентам спочатку необхідно коротко описати теоретичні основи зазначеного вище методу, який застосовується для оцінки точності мережі у випадку врівноваження її параметричним методом. Нагадаємо послідовність робіт при оцінці точності цим методом:

1. Показують стрілками довільні напрямки нівелірних ходів (див. рис.3.1) і по кожному ходу складають рівняння поправок, користуючись при цьому правилом, що коефіцієнти при поправках беруться із знаком «+», якщо хід іде на вузлову точку, то зі знаком «-», якщо хід іде від вузлової точки, а також враховуючи те, що для вихідних реперів РпI і РпII поправки дорівнюють нулю. Наприклад, для ходів РпI – 1, РпI – 3, 1 – 2 і 2 – 1 рівняння будуть мати відповідний вигляд:

$$+1(1)+l_{\text{РпI}-1}=0;\quad +1(3)+l_{\text{РпI}-3}=0;$$

$$-1(1)+1(2)+l_{1-2}=0;\ -1(2)+1(1)+l_{2-1}=0. \qquad (3.5)$$

У всіх 10-ти рівняннях типу (3.5), які виникають в даній мережі (мал.3.1), вільні члени $l_{i-k}=0$, оскільки відсутні дані вимірювань.

2. Складають таблицю коефіцієнтів рівнянь поправок (табл. 3.2).

В цьому випадку при обчисленні ваг $P = C/L$ значення C доцільно взяти рівним 10.

Таблиця 3.1

Оцінка нівелірної мережі III класу методом послідовних наближень

Номер вузлової точки k	Номер вихідної точки i	L_{ik}, км	m_{ik}^2	P_{ik}	Наближення							
					I		II		III		IV	
					M_{ik}^2	P_{ik}	M_{ik}^2	P_{ik}	M_{ik}^2	P_{ik}	M_{ik}^2	P_{ik}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	РпI	2,5	40,00	2,50	40,00	2,50	40,00	2,50	40,00	2,50	40,00	2,50
	2	2,5	40,00	2,50	56,23	1,78	59,57	1,68	60,20	1,65	60,28	1,66
	2	9,1	145,60	0,69	161,83	0,62	165,17	0,60	165,80	0,60	165,88	0,60
	3	3,3	52,80	1,89	69,03	1,45	72,37	1,38	73,00	1,37	73,08	1,37
			13,19	7,58	15,74	6,35	16,23	6,16	16,31	6,13	16,31	6,13
2	1	2,5	40,00	2,50	53,19	1,88	55,74	1,79	56,23	1,78	56,31	1,78
	1	9,1	145,60	0,69	158,79	0,63	161,34	0,62	161,83	0,62	191,91	0,62
	РпII	5,8	92,80	1,08	92,80	1,08	92,80	1,08	92,80	1,08	92,80	1,08
	4	3,3	52,80	1,89	65,99	1,52	68,54	1,46	69,03	1,45	69,11	1,45
			16,23	6,16	19,57	5,11	20,20	4,95	20,28	4,93	20,28	4,93
3	4	2,5	40,00	2,50	53,19	1,88	55,74	1,79	56,23	1,78	56,31	1,78
	4	9,1	145,60	0,69	158,79	0,63	161,34	0,62	151,83	0,62	161,91	0,62
	РпI	5,8	92,80	1,08	92,80	1,08	92,80	1,08	92,80	1.08	92,80	1,08
	1	3,3	52,80	1,89	65,99	1,52	68,54	1,46	69,03	1,45	69,11	1,45
			16,23	6,16	19,57	5,11	20,20	4,95	20,28	4,93	20,28	4,93
4	РпII	2,5	40,00	2,50	40,00	2,50	40,00	2,50	40,00	2,50	40,00	2,50
	2	3,3	52,80	1,89	69,03	1,45	72,37	1,38	73,00	1,37	73,08	1,37
	3	2,5	40,00	2,50	40,00	1,78	59,57	1,68	60,20	1,66	60,28	1,66
	3	9,1	145,60	0,69	145,60	0,62	165,17	0,60	165,80	0,60	165,88	0,60
			13,19	7,58	15,74	6,35	16,23	6,16	16,31	6,13	16,31	6,13

Таблиця 3.2

Коефіцієнти рівнянь поправок

Назва ходів	$\mathcal{L}_{ik}$, км	*P*	Номер вузлової точки				S	*Pa* 1	*Pв* 2	*Pc* 3	*Pd* 4	PS
			a/1	*в/2*	*c/3*	*d/4*						
РпІ-1	2,5	4,00	+1	0	0	0	+1	4,00	0	0	0	4,00
РпІ-3	5,8	1,72	0	0	+1	0	+1	0	0	1,72	0	1,72
1-2	2,5	4,00	-1	+1	0	0	0	-4,00	4,00	0	0	0
2-1	9.1	1,10	+1	-1	0	0	0	1,10	-1,10	0	0	0
РпІІ-2	5,8	1,72	0	+1	0	0	+1	0	1,72	0	0	1,72
РпІІ-4	2,5	4,00	0	0	0	+1	+1	0	0	0	4,00	4,00
2-4	3,3	3,03	0	-1	0	+1	0	0	-3,03	0	3,03	0
1-3	3,3	3,03	-1	0	+1	0	0	-3,03	0	3,03	0	0
4-3	2,5	4,00	0	0	+1	-1	0	0	0	4,00	-4,00	0
3-4	9,1	1,10	0	0	-1	+1	0	0	0	-1,10	1,10	0
			0	0	+2	+2	+4	-1,93	1,59	7,65	4,13	11,44

3. Складають таблицю коефіцієнтів нормальних рівнянь (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Коефіцієнти нормальних рівнянь

	a]	b]	c]	d]	S]
[Pa	12,13	-5,10	-3,03	0	4,00
[Pb		9,85	0	-3,03	1,72
[Pc			9,85	-5,10	1,72
[Pd				12,13	4,00
[PS					

4. Із методу найменших квадратів відомо, що для оцінки точності визначення відмітки вузлової точки 1 треба в системі нормальних рівнянь замість невідомих підставити вагові коефіцієнти з відповідними індексами, замість вільного члена першого рівняння поставити -1, а в усіх інших рівняннях – нулі. В результаті для вузлової т.1 систему нормальних рівнянь напишемо так:

$$\left.\begin{aligned} [Paa]Q_{11}+[Pab]Q_{12}+[Pac]Q_{13}+[Pad]Q_{14}-1=0\\ [Pab]Q_{11}+[Pbb]Q_{12}+[Pbc]Q_{13}+[Pbd]Q_{14}+0=0\\ [Pac]Q_{11}+[Pbc]Q_{12}+[Pcc]Q_{13}+[Pcd]Q_{14}+0=0\\ [Pad]Q_{11}+[Pbd]Q_{12}+[Pcd]Q_{13}+[Pdd]Q_{14}+0=0 \end{aligned}\right\} \quad (3.6)$$

Для вузлової т.2 в системі нормальних рівнянь (3.6) вагові коефіцієнти будуть такі: $Q_{21},Q_{22},Q_{23},Q_{24}$, а вільні члени: 0, -1, 0, 0.

Для вузлової т.3: $Q_{31},Q_{32},Q_{33},Q_{34}$; 0, 0, -1, 0.

Для вузлової т.4: $Q_{41},Q_{42},Q_{43},Q_{44}$; 0, 0, 0, -1.

Оскільки в усіх чотирьох системах типу (3.6) коефіцієнти при невідомих Q_{mn} відповідно однакові, то можна розв'язувати тільки одну систему рівнянь з чотирма самостійними стовпцями вільних членів, причому обчислення доцільно виконувати по схемі Гаусса такого виду, як в таблиці 3.4. Для визначення значень вагових коефіцієнтів Q_{ik}, потрібно використати спосіб Ганзена.

Знаходимо:

$$Q_{44}=\frac{1}{[dd.3]}.$$

$$Q_{43} = Q_{34} = -\frac{[cd.2]}{[cc.2]} Q_{44}.$$

$$Q_{42} = Q_{24} = -\frac{[bc.1]}{[bb.1]} Q_{43} - \frac{[bd.1]}{[bb.1]} Q_{44}..$$

$$Q_{41} = Q_{14} = -\frac{[ab]}{[aa]} Q_{42} - \frac{[ac]}{[aa]} Q_{43} - \frac{[ad]}{[aa]} Q_{44}.$$

$$Q_{33} = -\frac{[cd.2]}{[cc.2]} Q_{34} + \frac{1}{[cc.2]},$$

$$Q_{32} = Q_{23} = -\frac{[bc.1]}{[bb.1]} Q_{33} - \frac{[bd.1]}{[bb.1]} Q_{34},$$

$$Q_{31} = Q_{13} = -\frac{[ab]}{[aa]} Q_{32} - \frac{[ac]}{[aa]} Q_{33} - \frac{[ad]}{[aa]} Q_{34},$$

Вагові коефіцієнти Q_{21} і Q_{22} знаходимо з еквівалентних рівнянь:

$$[aa]Q_{21} + [ab]Q_{22} + [ac]Q_{23} + [ad]Q_{24} = 0,$$
$$[bb.1]Q_{22} + [bc.1]Q_{23} + [bd.1]Q_{24} = 1,$$

$$Q_{22} = -\frac{[bc.1]}{[bb.1]} Q_{23} - \frac{[bd.1]}{[bb.1]} Q_{24} + \frac{1}{[bb.1]},$$

$$Q_{21} = Q_{12} = -\frac{[ab]}{[aa]} Q_{22} - \frac{[ac]}{[aa]} Q_{23} - \frac{[ad]}{[aa]} Q_{24}.$$

$$Q_{11} = -\frac{[ab]}{[aa]} Q_{12} - \frac{[ac]}{[aa]} Q_{13} - \frac{[ad]}{[aa]} Q_{14} + \frac{1}{[aa]},$$

Всі обчислення зручно проводити в схемі 3.4 яка є продовженням схеми Гаусса—Дулітля.

В результаті розв'язування системи рівнянь визначають всі коефіцієнти (вони вираховуються в схемі Гаусса таким чином, як і корелати). Контролем в процесі розв'язування є умова $Q_{mn} = Q_{nm}$ (при $m \neq n$).

5. Очікувані середні квадратичні помилки визначення положення вузлових точок знаходять за квадратичними коефіцієнтами Q_{mn}(при $m=n$).

$$M_k^2 = \eta^2 c\, Q_{mn}, \ (k=m=n=1, 2, 3, 4) \qquad (3.7)$$

В рівнянні (3.7) при обчисленнях необхідно прийняти $\eta = 4$ мм, С = 10.

Параметричний метод дозволяє практично без додаткових обчислень визначити вагові коефіцієнти, а відтак, і середні квадратичні помилки в перевищеннях між несумісними реперами.

$$\frac{1}{p_{mn}} = Q_{mm} + Q_{nn} - 2Q_{mn} \tag{3.8}$$

Якщо оцінку проекту виконувати на комп'ютері, то достатньо скласти матрицю N коефіцієнтів при невідомих поправках в системі нормальних рівнянь. За допомогою комп'ютера отримаємо обернену вагову матрицю N^{-1}з відповідними ваговими коефіцієнтами.

В заключній частині першого розділу студентам пропонується виконати порівняння знайдених методом послідовних наближень і методом вагових коефіцієнтів очікуваних середніх квадратичних помилок відповідних вузлових точок і зробити висновки. (таблиця 3.5)

В другому розділі роботи спочатку необхідно коротко описати, яким чином на забудованій території виконується згущення нівелірних мереж III класу нижчим класом і зробити таке згущення на деякій локальній ділянці даної мережі. Оскільки далі передбачається визначити самі слабкі точки і ланки в мережі IV класу та значення помилок для них, то має зміст згустити середню ділянку вихідної мережі III класу (як це показано на рис. 3.2) – тоді т. *д* буде самою слабкою всієї мережі.

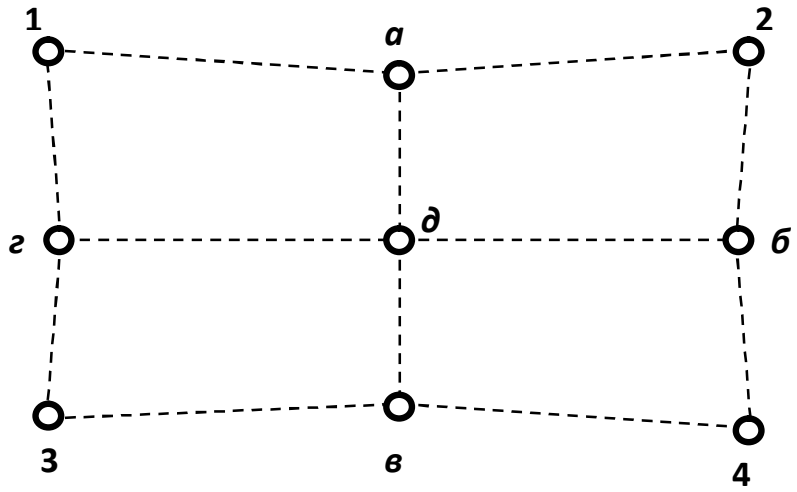


Рис.3.2. Схема згущення вихідної мережі III класу нівелірними ходами IV класу

Для визначення самих слабких точок і ланок мережі IV класу в другій частині розділу необхідно знайти очікувані середні квадратичні помилки положення точок *а, б, в, г, д.*

Таблиця 3.4

Розв’язок нормальних рівнянь за схемою Гаусса

	Pa]	Pb]	Pc]	Pd]	Ps]	$l(Q_1)$	$l(Q_2)$	$l(Q_3)$	$l(Q_4)$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
[a	12,13	-5,10	-3,03	0	4,00	-1	0	0	0
E_1	(-1)	0,4204	0,2498	0	-0,3298	0,0824	0	0	0
[b		9,85	0	-3,03	1,72	0	-1	0	0
П		-2,1440	-1,2738	0	1,6816	-0,4204	0	0	0
[b1		7,7060	-1,2738	-3,03	3,4016	-0,4204	-1	0	0
E_2		(-1)	0,1653	0,3932	-0,4415	0,0546	0,1298	0	0
[c			9,85	-5,10	1,72	0	0	-1	0
П			-0,7569	0	0,9992	-0,2498	0	0	0
$П_1$			-0,2106	-0,5008	0,5623	-0,0695	-0,1653	0	0
[c2			8,8825	-5,6008	3,2815	-0,3193	-0,2653	-1	0
E_3			(-1)	0,6305	-0,3695	0,0359	0,0186	0,1126	0
[d				12,13	4,00	0	0	0	-1
П				0	0	0	0	0	0
$П_1$				-1,1914	1,3375	-0,1653	-0,3932	0	0
$П_2$				-3,5313	2,0695	-0,2013	-0,1042	-0,6305	0
[d3				7,4073	7,4070	-0,3666	-0,4974	-0,6305	-1
E_4				(-1)	-1,0000	0,0495	0,0671	0,0851	0,135

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
[d				12,13	4,00	0	0	0	-1
П				0	0	0	0	0	0
$П_1$				-1,1914	1,3375	-0,1653	-0,3932	0	0
$П_2$				-3,5313	2,0695	-0,2013	-0,1042	-0,6305	0
[d3				7,4073	7,4070	-0,3666	-0,4974	-0,6305	-1
E_4				(-1)	-1,0000	0,0495	0,0671	0,0851	0,135

Таблиця 3.5

Порівняння помилок

№ вузлової точки	M^2 ваг. коеф	M^2 наб. мет.	M ваг. коеф	M наб. мет.	Δ M, мм
1	21,60	16,31	4,65	4,04	0,61
2	26,61	20,28	5,16	4,50	0,66
3	26,61	20,28	5,16	4,50	0,66
4	21,60	16,31	4,65	4,04	0,61

Так для т. *а* розрахунки слід виконувати по двох ланках: 1-*а* і 2-*а*, а помилку по них обчислювати за формулою (3.1); при цьому помилки вихідних точок 1 і 2 необхідно враховувати згідно з формулою (3.2) – значення помилок цих точок треба взяти за результатами методу вагових коефіцієнтів. Остаточно помилку т. *а* визначимо як середнє вагове

$$M_a^2 = \frac{M_a'^2 \times M_a''^2}{M_a'^2 + M_a''^2} \qquad (3.9)$$

В формулі (3.9): $M_a'^2 = m_{1-a}^2 + m_1^2$ і $M_a''^2 = m_{2-a}^2 + m_2^2$, де m_{1-a} і m_{2-a} – помилки по ланках 1-а і 2-а, а m_1 і m_2 – помилки вихідних точок 1 і 2.

Аналогічно можуть бути знайдені помилки точок *б, в, г.*

Визначимо помилки вузлових точок *а, б, в, г* нівелірної мережі IV класу.

$m_{1-a}^2 = \eta^2 \times S_{1-2}$, ($\eta = 8$ мм, $S_{1-a} = \frac{L_{1-2}}{2} = 1{,}25$ км).

$m_{1-a}^2 = 80{,}00$; $M_{1-a}^2 = 101{,}60$; $M_a^2 = 52{,}02$;

$m_{2-a}^2 = 80{,}00$; $M_{2-a}^2 = 106{,}61$; $M_a = 7{,}21$;

$S_{2-б} = \frac{L_{2-1}}{2} = 1{,}65$ км.

$m_{2-б}^2 = 105{,}60$; $M_{2-б}^2 = 132{,}21$; $M_б^2 = 64{,}83$;

$m_{4-б}^2 = 106{,}60$; $M_{4-б}^2 = 127{,}20$; $M_б = 8{,}05$;

$S_{4-в} = 1{,}25$ км.

$m_{4-в}^2 = 80{,}00$; $M_{4-в}^2 = 101{,}60$; $M_в^2 = 52{,}02$;

$m_{3-в}^2 = 80{,}00$; $M_{3-в}^2 = 106{,}61$; $M_в = 7{,}21$;

$S_{3-г} = 1{,}65$ км.

$m_{3-г}^2 = 105{,}60$; $M_{3-г}^2 = 132{,}21$; $M_г^2 = 64{,}83$;

$m^2_{1-г} = 106{,}60$; $M^2_{1-г} = 127{,}20; M_2 = 8{,}05$ мм.

Нарешті, для того щоб визначити очікувану помилку відмітки т. *д*, необхідно виконати такі обчислення по чотирьох ланках: *а-д, б-д, в-д, г-д* і остаточно помилку т. *д* знайти як величину, обернену сумарній вазі цієї точки з чотирьох ходів. При цьому необхідно заздалегідь також враховувати помилки вихідних точок *а, б, в, г,* одержані за формулою (3.9).

Таблиця 3.6

Обчислення помилки вузлової точки *д* в нівелірній мережі IV класу

Визначувана вузлова точка *k*	Вихідна вузлова точка *i*	Довжина ходу S_{ik}	M^2_{ik}	P_{ik}
д	*а*	1,65	157,62	6,34
	б	1,25	144,83	6,90
	в	1,65	157,62	6,34
	г	1,25	144,83	6,90

$Рд = \sum P_{ik} = 26{,}48$

$M^2_д = \frac{C}{P_д} = 37{,}76,$ (с = 1000); $M_д$ = 6,14 мм.

За результатами цих обчислень необхідно конкретно визначити самі слабі ланки і точку в мережі IV класу і виписати значення помилок для них.

На закінчення студенти повинні зробити загальні висновки по всій роботі.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4
ПІДГОТОВКА ДАНИХ ДЛЯ ВИНОСУ В НАТУРУ ПРОЕКТІВ СПОРУД

Перед винесенням в натуру проекту інженерної споруди необхідно виконати спеціальну геодезичну підготовку, яка передбачає його аналітичний розрахунок, геодезичну прив'язку складання розмічувальних креслень, розробку проекту виробництва геодезичних робіт. Для виносу споруди в натуру необхідно мати на місцевості геодезичні пункти з відомими координатами. Координати пунктів геодезичної розмічувальної основи визначають за результатами вимірів, проведених при її створенні. Координати точок, що належать спорудженню, визначають графічно або обчислюють аналітично. При цьому використовуються основні креслення проекту: генеральний план, робочі креслення, профілі всіх частин споруди, план організації рельєфу, профілі доріг, підземних комунікацій. Розрізняють три способи геодезичної підготовки проекту: аналітичний, графоаналітичний і графічний.

Для виносу проекту в натурі незалежно від способу проектування всі його геометричні елементи повинні бути строго математично пов'язані між собою і з наявними на майданчику капітальними будівлями і спорудами. При аналітичному розрахунку проекту вирішується ряд типових геометричних задач. Найбільш поширеними є пряма і зворотна геодезичні задачі. Результати геодезичної підготовки проекту відображають на розмічувальних кресленнях. Креслення є основним документом, за яким в натурі виконуються розмічувальні роботи. Його складають в масштабі 1: 500 ... 1: 2000, а іноді і крупніше. На розмічувальному кресленні показують: контури винесених будівель і споруд; їх розміри і розташування осей; розмічувальні елементи, значення яких підписують прямо на кресленні.

Способи розмічувальних робіт:

1) способи прямої і оберненої кутової засічки;

2) Спосіб кутової засічки застосовують для розмічування недоступних точок, що знаходяться на значній відстані від вихідних пунктів.
3) спосіб лінійної засічки - цей спосіб зазвичай застосовують для розмічування осей, будівельних конструкцій у випадку, коли проектна відстань не перевищує довжини мірного приладу;
4) спосіб полярних координат - широко застосовують при розбивці осей будівель, споруд і конструкцій з пунктів теодолітних або полігонометричних ходів, коли ці пункти розташовані порівняно недалеко від винесених у натуру точок;
5) спосіб створної засічки - застосовують для виносу різних осей будівель і споруд, а також монтажів осей конструкції та технологічного обладнання;
6) створно-лінійний спосіб - дозволяє визначити проектне положення винесеної у натуру точки;
7) спосіб прямокутних координат - застосовують при наявності на майданчику або цеху будівельної сітки в системі координат, в якій задане положення всіх головних точок і осей проекту;
8) спосіб бокового нівелювання - широко застосовують для виносу осей при детальному розмічуванні і для встановлення будівельної конструкцій в проектне положення.

ЗАВДАННЯ: ПІДГОТОВКА ДАНИХ ГРАФОАНАЛІТИЧНИМ МЕТОДОМ ДЛЯ ВИНЕСЕННЯ В НАТУРУ ЧЕРВОНИХ ЛІНІЙ І ОСЕЙ СПОРУД

Порядок виконання роботи

1. Підготувати топографічну основу. На аркуш ватману нанести сітку квадратів розміром 3 х 4 дм. Координатні осі оцифрувати в масштабі 1: 1000. Нанести за координатами пункти полігонометрії.

2. Нанести графічно точки А, В'. Виміряти координати А, В'. Обчислити дирекційний кут лінії АВ = АВ`;

3. Прийняти для подальшої роботи в якості вихідних даних:

- координати точки А;
- дирекційний кут лінії АВ = АВ`;
- проектні розміри взаємно перпендикулярних червоних ліній: АВ = 200 м, АС = 150 м.

3. Обчислити координати точок В, С; нанести їх на топооснову.
5. Обчислити кути і відстані для винесення в натуру точок А, В, С від пунктів

полігонометрії одним із способів (пряма кутова засічка, лінійна засічка, полярний спосіб).

6. Отримані дані для винесення в натуру нанести на топооснову.
7. Обчислити оцінку точності винесення в натуру усіх точок.
8. Скласти пояснювальну записку з описом технології розмічувальних робіт (склад, зміст робіт та порядок їх виконання, методи і способи, геодезичні прилади і т. д.); обґрунтувати прийняті рішення;

Порядок виконання роботи

1. Підготувати топографічну основу. Координатні осі оцифрувати в масштабі 1: 1 000. Нанести по координатах пункти полігонометрії.

Координати пунктів полігонометрії вибрати наступні:

x_{236}= 1 222,82 м; x_{237} = 1 124,30 м; x_{238} = 1 017,87 м; x_{276} = 1 213,33 м;

y_{236} = 1 573,04 м; y_{237} = 1 617,76 м; y_{238} = 1 675,40 м; y_{276} = 1 765,91 м.

2. Нанести точки А і В`. Визначити графічно координати точок А і В` за допомогою поперечного масштабу і вимірювача і обчислити дирекційний кут $\alpha_{A-B'}$. Координати точок, які визначаються подані в табл. 4.1

Таблиця 4.1

Прямокутні координати визначуваних точок

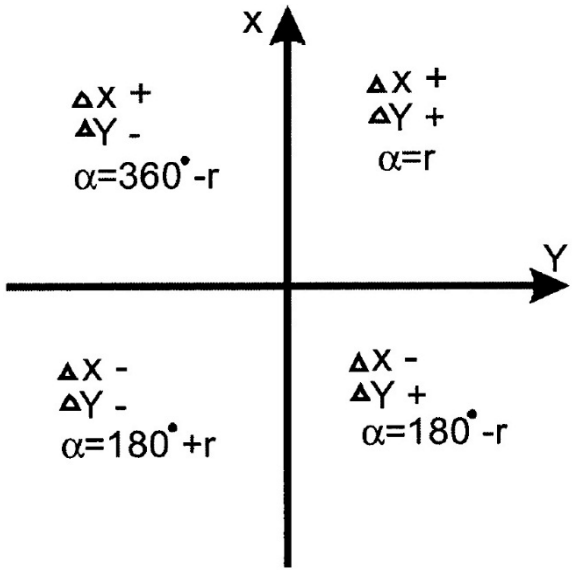
Номера точок	Прямокутні координати	
	X	*Y*
А	1 066,40	1 534,40
В`	1 076,40	1 740,40

Робочі формули для визначення дирекційного кута $\alpha_{A-B'}$:

$$\Delta X = X_{B'} - X_{A'}; \quad (4.1)$$

$$\Delta Y = Y_{B'} - Y_{A'}; \quad (4.2)$$

$$r = arctg\,\Delta X/\Delta Y. \quad (4.3)$$



Контроль обчислень виконують за формулою:

$$S = \frac{\Delta X}{\cos r} = \frac{\Delta Y}{\sin r} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \quad (4.4)$$

В залежності від знаку приросту координат знаходимо дирекційний кут α, так як зображено на рис.4.1.

Обчислення дирекційного кута $\alpha_{A-B'}$: приведено в табл.4.2.

Рис.4.1 зв'язок румба і дирекційного кута

Таблиця 4.2

Обчислення дирекційного кута $\alpha_{A-B'}$

№ п/п	Параметр	Значення
1	x_A	1 066,40
2	$x_{B'}$	1 076,40
3	Δx	+10,00
9	$\cos r$	+0,048 486 594
10	S_1	206,24
7	*tg r*	+20,600 000 00
8	*r*	87,220 833 14º
13	$\alpha_{A-B'}$	87º13`14``
11	$\sin r$	0,998 823 833

12	S_2	206,24
4	y_A	1 534,40
5	$y_{B'}$	1 740,40
6	Δy	206,00

3. Прийняти для подальшої роботи вихідні дані такі:

- координати точки А: x_A = 1 066,40 м; y_A = 1 534,40 м;

- дирекційний кут: $\alpha_{A-B}=\alpha_{A-B'}$=87º13`14``;

- проектні розміри взаємно перпендикулярних червоних ліній: АВ = 200 м, АС = 100 м.

4. Обчислити координати точок В і С; нанести їх на топографічну основу.

$x_B = x_A + S_{пр} \times \cos \alpha_{A-B}$ = 1 066,40 + 200 (+0,048 486594) = 1 076,09 м (4.5)

$y_B = y_A + S_{пр} \times \sin \alpha_{A-B}$= 1 534,40 + 200 (+0,998 823833) = 1 734,16 м; (4.6)

$\alpha_{A-C} = \alpha_{A-B}$ - 90º + 360º = 87º13`14``-90º + 360º = 357º13`14``; (4.7)

$x_C = x_A + S_{пр} \times \cos \alpha_{A-C}$= 1 066,40 + 100 0,998 719 357 = 1 166,30 м; (4.8)

$y_C = y_A + S_{пр} \times \sin \alpha_{A-C}$= 1 534,40 + 100 (-0,050 592 94) = 1 529,30 м. (4.9)

5. Обчислити кути і відстані для виносу в натуру точок А, В, С від вихідних пунктів полігонометрії одним із способів (пряма кутова засічка, лінійна засічка, полярний спосіб).

Спосіб полярної засічки для виносу точки А

Цей спосіб дуже широко застосовується, особливо при розмічувальних роботах з пунктів полігонометрії. Визначення на місцевості планового проектного положення точок способом полярної засічки (див. додаток 4.1) полягає в побудові на місцевості проектного кута і проектної лінії від найближчої сторони геодезичної основи, координати пунктів якої відомі, як показано на рис.4.3.

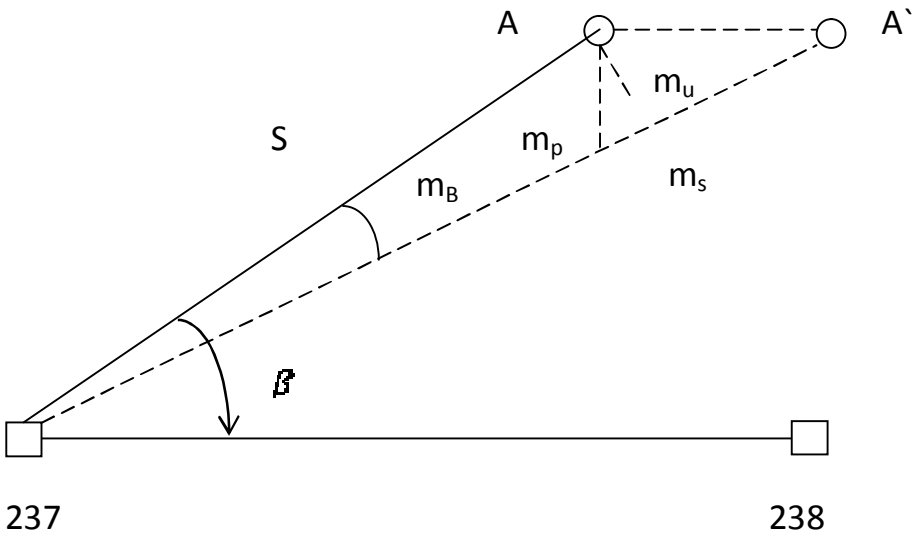


Рис.4.3 Спосіб полярної засічки для винесення точки А на місцевість

Вихідними даними для обчислення полярного кута і відстані S служать вихідні координати пунктів геодезичної основи і точки проекту А. Вирішуючи зворотну геодезичну задачу, знаходять відстань S (з контролем) і дирекційний кут сторони α_{237-A}.

Спосіб полярної засічки застосовують на місцевості з хорошими умовами для відкладання відстані, причому довжина лінії повинна бути менше довжини мірного приладу.

Польові роботи по визначенню планового положення точки А полягають в наступному.

Теодоліт встановлюють в точці вихідної геодезичної основи (ПП 237), приводять його в робоче положення, відкладають від базисної лінії обчислений горизонтальний кут і по знайденому напрямку відкладають обчислену відстань S. Точка А закріплюється на місцевості і виконуються контрольні вимірювання.

Підготовка даних для способу полярної засічки полягає в обчисленні дирекційних кутів α_{237-A} і $\alpha_{237-238}$, відстані $S_{237\text{-}A}$ і полярного кута β.

Робочі формули для обчислень способом полярної засічки:

$$\Delta X = X_A - X_{237} \qquad (4.10)$$

$$\Delta Y = Y_A - Y_{237}; \qquad (4.11)$$

$$r = arctg\,\Delta X/\Delta Y. \quad (4.12)$$

$$S = \frac{\Delta X}{\cos r} = \frac{\Delta Y}{\sin r} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \quad (4.13)$$

Знаходимо значення полярного кута β як різницю дирекційних кутів ліній α_{237-A} і $\alpha_{237-238}$ за формулою:

$$\beta = \alpha_{237-A} - \alpha_{237-238} \quad (4.14)$$

Залежно від знаку збільшення координат знаходимо дирекційний кут, як показано на рис. 4.1.

Обчислення наведені в табл. 4.5.

$$\beta = \alpha_{237-A} - \alpha_{237-238} = 235º13'01'' - 151º33'39'' = 83º39'22'' \quad (4.15)$$

Отже, проектний кут $\beta = 83º39'22''$, а проектна відстань S = 101,49 м.

Таблиця 4.5

Обчислення проектних даних для виносу точки А в натуру

№ п/п	Параметр	Значення	№ п/п	Параметр	Значення
1	x_{237}	1 124,30	1	x_{237}	1 124,30
2	x_A	1 066,40	2	x_{238}	1 017,87
3	Δx	-57,90	3	Δx	-106,43
9	$\cos r$	-0,570 469 664	9	$\cos r$	0,879 325 123
10	S_1	101,49	10	S_1	121,03
7	$tg\,r$	1,439 723 661	7	$tg\,r$	0,541 576 623
8	r	55,217 016 67º	8	r	28,438 939 68º
11	$\sin r$	-0,821 318 673	11	$\sin r$	0,476 221 931
12	S_2	101,49	12	S_2	121,03
4	y_{237}	1 617,76	4	y_{237}	1 617,76
5	y_A	1 534,40	5	y_{238}	1 675,40
6	Δy	-83,36	6	Δy	57,64
13	α_{237-A}	235º13`01``	13	$\alpha_{237-238}$	151º33`39``

Згідно з рис.4.3.

$$m_p^2 = m_s^2 + m_u^2, \quad (4.16)$$

де

$$m_u = m_\beta \frac{s}{\rho}. \quad (4.17)$$

Тоді

$$m_p^2 = m_s^2 + m_\beta^2 \frac{s^2}{\rho^2}. \quad (4.18)$$

Повна формула буде

$$m_C^2 = m_{вих.}^2 + m_s^2 + \left(m_\beta \frac{s}{\rho}\right)^2 + m_ф^2 + m_ц^2. \qquad (4.19)$$

Точність відкладання відрізка буде залежати від m_k, m_t, m_h, тобто тих помилок, які властиві лінійним вимірюванням. Помилка m_β включає помилки власне вимірювань кута, вплив бокової рефракції, помилки самого приладу. На точність розмітки буде впливати і помилка центрування теодоліта. Сукупна помилка за центрування і редукцію (фіксацію точки) виражається формулою:

$$m_{ц.р}^2 = e^2 \left[1 + \left(\frac{s}{b}\right)^2 - \frac{s}{b}\cos\beta\right], \qquad (4.20)$$

де ***e*** – лінійний елемент центрування;

b – довжина лінії **AB.**

Очевидно, цей вплив буде найменший при $\beta = 0°$ і найбільшим при $\beta = 180°$. При $\beta \approx 90°$ цей вплив буде, в основному, залежати від співвідношення *l* і *b*. Точність центрування залежить від типу виска.

Вплив помилок вихідних даних може бути прийнятий, як:

$$m_{вих.} = m_{AB} \qquad (4.21)$$

Спосіб лінійної засічки для виносу точки С

Лінійна засічка – є одним з точних способів розмітки споруд. Визначення проектного положення точки С способом лінійної засічки полягає в відкладення відстаней від двох точок геодезичної основи (рис. 4.4) (**див. Дод. 1**). У даному методі точка визначається пересіченням відстаней, відкладених від закріплених на місцевості точок сторони або осей споруди. Для розмічування лінійної засічки споруди (мал.9), сторона 236-237=*b* визначена від пункту будівельної сітки або полігонометрії, від точки 236 рулеткою відкладають довжину 236-С=S_1; від точки 237 іншою рулеткою відкладають довжину S_2=$\sqrt{S_1^2 + b^2}$. У пересіченні відрізків S_1 і

S_2 знаходять на місцевості точку С. Найбільш вигідною в геометричному відношенні формою лінійної засічки є засічка під прямим кутом.

В цьому випадку похибки відкладення відстаней S_1 і S_2 мають мінімальний вплив на положення обумовленої точки С. У міру зростання величини відхилення кута від 90˚ цей вплив збільшується, тому лінійна засічка під гострими (менше 30˚) і тупими (більше 150˚) кутами небажана. Спосіб лінійної засічки застосовують при компактному розміщенні пунктів геодезичної основи на місцевості з хорошими умовами для відкладення горизонтальних відстаней.

Відстані S_1 і S_2 відкладають рулеткою, викреслюючи на місцевості дуги; шукана точка С лежить в перетині прокреслених дуг. За можливістю бажано використовувати дві рулетки одночасно.

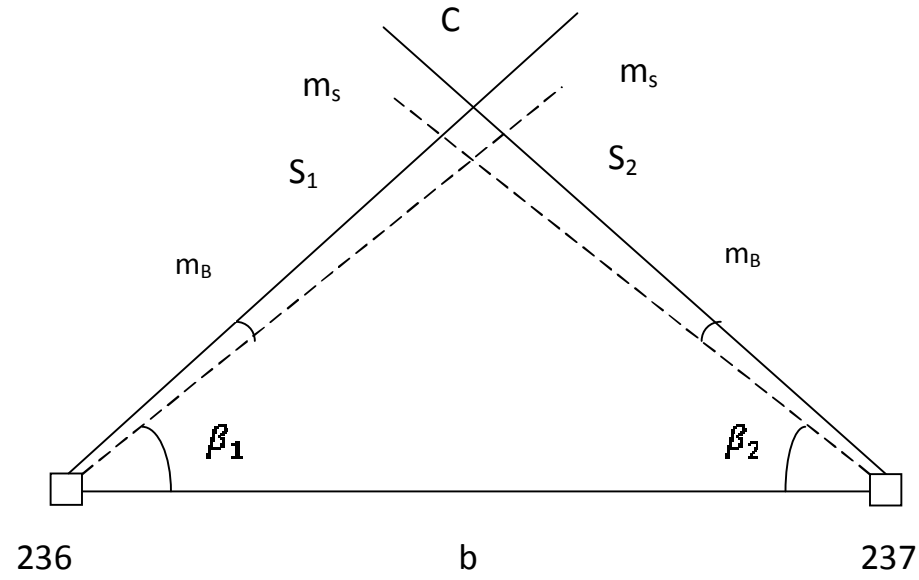


Рис.4.4. Спосіб лінійної засічки для виносу точки С на місцевість

Знаючи координати шуканих точок, величини S_1 і S_2 можна розрахувати за формулою: $S = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$. Обчислення проектних відстаней приведено в табл. 4.6.

Таблиця 4.6

Обчислення проектних відстаней для винесення точки С

№	Парамет	Значенн	Парамет	Значенн
1	x_{236}	1 222,82	x_{237}	1 124,30
2	x_C	1 166,30	x_B	1 166.30
3	Δx	-56,52	Δx	+42,00
4	y_{236}	1 537,04	y_{237}	1 617,76
5	y_C	1 529,30	y_B	1 529,30
6	Δy	-43,74	Δy	-88,46
7	S_1	71,46	S_2	97,92

Отже, проектна відстань $S_1 = 71{,}46$ м; проектна відстань $S_2 = 97{,}92$ м.

Очевидно, що лінійна засічка може бути застосована для безпосередньої розмічування споруди, довжина сторін і діагоналей якого не перевищує довжини мірного приладу.

Для визначення точності лінійної засічки повною формулою помилки прямої кутової засічки

$$m_3^2 = \frac{b^2 \times m_\beta^2}{\rho^2 sin^4 \gamma}(sin^2\beta_1 + sin^2\beta_2) \tag{4.22}$$

Виразимо ***sin*** кутів через довжини сторін, а помилки кутів через помилки сторін , а потім

$$\frac{\sin\beta_1}{l_2} = \frac{\sin\gamma}{b}; \quad \frac{\sin\beta_1}{\sin\gamma} = \frac{l_2}{b}; \tag{4.23}$$

$$\frac{\sin\beta_2}{l_1} = \frac{\sin\gamma}{b}; \quad \frac{\sin\beta_2}{\sin\gamma} = \frac{l_1}{b} \tag{4.24}$$

$$\frac{m_\beta}{\rho} l_1 = m_{l_2}; \quad \frac{m_\beta}{\rho} l_2 = m_{l_1} \tag{4.25}$$

Тоді

$$m_3^2 = \frac{1}{sin^2\gamma}\left(m_{l_1}^2 + m_{l_2}^2\right). \tag{4.26}$$

При однаковій точності лінійних відкладень $\left(m_{l_1} = m_{l_2} = m_l\right)$

$$m_3^2 = \frac{m_l}{\sin\gamma}\sqrt{2} \tag{4.27}$$

З формули випливає, що найвигіднішою лінійна засічка буде при $\gamma = 90°$.

На точність лінійної засічки впливають помилки вихідних даних. При цьому в точці 236 цю помилку можна прийняти $m_{236}/\sqrt{2}$, а в точці 237 - $m_{237}/\sqrt{2}$.

При відсутності кореляційного зв'язку між точками вплив помилок вихідних даних подати у вигляді

$$m_{\text{вих}}^2 = \frac{1}{2sin^2\gamma}(m_{236}^2 + m_{237}^2) \quad (4.28)$$

При

$$m_{236} = m_{237} = m_{236-237} \quad (4.29)$$

$$m_{\text{вих}} = \frac{m_{236-237}}{\sin\gamma} \quad (4.30)$$

Якщо між цими пунктами існує кореляційний зв'язок, то

$$m_{\text{вих}}^2 = \frac{1}{2sin^2\gamma}(m_{236}^2 + m_{237}^2 - \cos\gamma \times m_{236} \times m_{237}) \quad (4.31)$$

При $m_{236} = m_{237} = m_{236-237}$ (4.32)

$$m_{\text{вих}}^2 = \frac{m_{236-237}^2}{2sin^2\gamma}(2 - \cos\gamma) \quad (4.33)$$

При $\gamma = 90°$ отримаємо $m_{\text{вих}} = m_{236-237}$, тобто в лінійній засічці під кутом $\approx 90°$ кореляція між вихідними пунктами не впливає на точність винесення в натуру точки В.

Загальна помилка в положенні т. В буде

$$m_{\text{B}}^2 = m_{\text{р}}^2 + m_{\text{ф}}^2 + m_{\text{вих}}^2 \quad (4.34)$$

Спосіб прямої кутової засічки для виносу точки В

Цей спосіб застосовується переважно для розмітки недоступних точок (мостові опори) або інших важкодоступних точок на місцевості, суттєво ускладнюють виконання лінійних вимірювань (великі відстані, яри і т. д.). Визначення проектного положення точки В способом прямої кутової засічки полягає у відкладенні двох проектних кутів β_1 і β_2 від базисної лінії (рис. 4.5)

Сторона 237-276 служить базисом засічки. Кути відкладають оптичним теодолітом при двох положеннях вертикального круга.

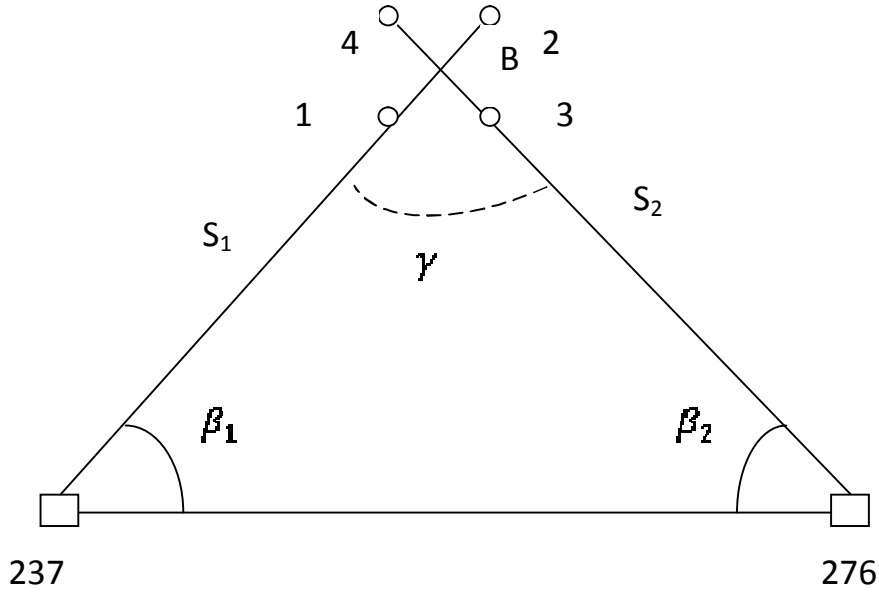


Рис.4.5. Спосіб прямої кутової засічки для виносу на місцевість точки В

На практиці рідко можна використовувати два теодоліти. Для спрощення цієї роботи на створі 237-В закріплюють точки 1 і 2. Аналогічно на створі 276-В закріплюють точки 3 і 4. Це дає змогу поновити точку В у будь-який момент методом створів. Похибка визначення положення точки В залежить не тільки від точності відкладення кутів, але і від форми і розмірів трикутника. Величина кута не може бути менше 30˚ і більш 150˚.

Середня квадратична помилка власне кутової засічки

$$m_3^2 = \frac{m_\beta^2}{\rho^2 \sin^2\gamma}(S_1^2 + S_2^2) \qquad (4.35)$$

Приймаючи до уваги, що

$$S_1 = \frac{b \times \sin\beta_2}{\sin\gamma}, \text{ а } S_2 = \frac{b \times \sin\beta_1}{\sin\gamma} \qquad (4.36)$$

отримаємо

$$m_3^2 = \frac{m_\beta^2 \times b^2}{\rho^2 \sin^4\gamma}(\sin^2\beta_2 + \sin^2\beta_1) \qquad (4.37)$$

Як видно з формули (4.37) точність засічки залежить від значення кутів β_1, β_2 і γ, а останні залежать від S_1, S_2 і b.

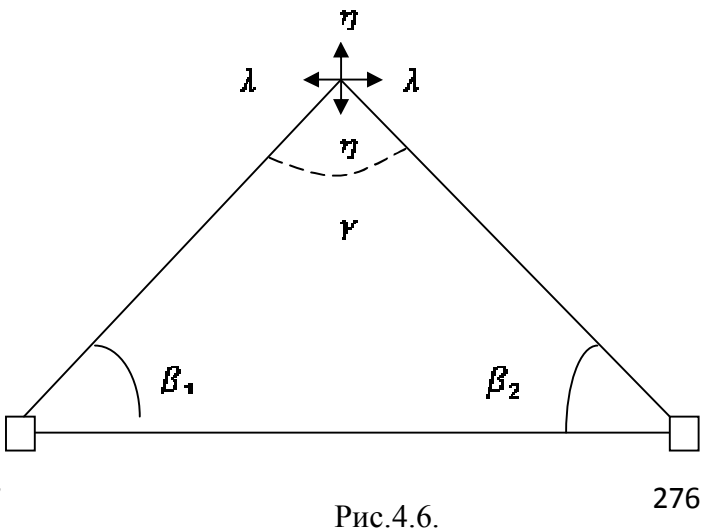


Рис.4.6.

Дослідженнями точності прямої кутової засічки займалися такі видатні вчені-геодезисти, як Олександр Федорович Лютц і Олександр Степанович Чеботарьов. О.Ф.Лютц запропонував (Рис.4.6) розрахувати зміни точки В за формулами:

$$\lambda = \frac{m_\beta}{\rho}\frac{b}{\sin\gamma}; \tag{4.38}$$

$$\eta = \frac{m_\beta}{\rho}\sqrt{\frac{2sin^2\beta_1+2sin^2\beta_2-sin^2\gamma}{sin^4\gamma}} \tag{4.39}$$

Середня помилка може бути визначена, як:

$$m_B = \sqrt{\frac{\lambda^2+\eta^2}{2}}. \tag{4.40}$$

З формул випливає, що найвигіднішою буде засічка, коли $\gamma = 90°$. Абсолютне значення помилки буде зростати з віддаленням т. В від базису b (кут γ зменшується). За дослідженнями О.С.Чеботарьова найвигіднішою фігурою засічки буде рівнобедрений трикутник, коли $b_1=b_2$, $l_1=l_2$, $g=180-2b$. При цьому матимемо

$$m_3^2 = \frac{m_\beta^2 \times 2S^2}{\rho^2 sin^2 2\beta}; \quad m_3 = \frac{m_\beta \times S\sqrt{2}}{\rho \times sin 2\beta}, \tag{4.41}$$

і формула набуде вигляду

$$m_3 = \frac{m_\beta \times b \times \sqrt{2} \times \sin\beta}{\rho \times \sin 2\beta}. \tag{4.42}$$

Аналіз формули (4.42) показує, що мінімальне значення помилки буде при $\gamma = 109°29$. Це і є найвигідніша форма засічки. Загальна формула для оцінки точності розмітки т. В матиме вигляд:

$$m_C^2 = m_s^2 + m_ц^2 + m_ф^2 + m_{вих}^2. \quad (4.43)$$

Величини $m_ц$ і $m_ф$ можна звести до мінімуму, тоді основними помилками будуть $m_з$ і $m_{вих}$, їх сумарний вплив виражається формулою:

$$m^2 = \frac{m_\beta^2 \times b^2}{\rho^2 \sin^2\gamma}\left(\frac{\sin^2\beta_1 + \sin^2\beta_2}{\sin^2\gamma}\right) + m_{1,2}^2\left(\frac{\sin^2\beta_1 + \sin^2\beta_2}{\sin^2\gamma}\right) \quad (4.44)$$

Якщо

$$S_1 = S_2 = S \text{ і } \gamma = 90°, \quad \text{то } b = S\sqrt{2} \quad (4.45)$$

Тоді

$$m^2 = \left(\frac{m_\beta}{\rho} b\right)^2 + m_{1,2}^2 \quad (4.46)$$

Для контролю засічки беруть третю точку і роблять додаткову засічку. За остаточне значення беруть середнє. При цьому можна вважати, що точність засічки підвищується в $\sqrt{2}$ раз.

Розмічувальні кути β_1 і β_2 обчислюються як різниці дирекційних кутів сторін. Останні знаходять з розв'язку обернених задач за проектними координатам точки В і відомим координатам пунктів 237 і 276. Обчислення проектних кутів β_1 і β_2 представлено в табл. 4.7.

Таблиця 4.7

Підготовка проектних даних для винесення точки В

№ п\п	Параметр	Значення	№ п\п	Пара-метр	Значення	№ п\п	Пара-метр	Значення
1	x_{237}	1 124,30	1	x_{276}	1 213,33	1	x_{237}	1 124,30
2	x_{276}	1 213,33	2	$x_в$	1 076,09	2	$x_в$	1 076,09
3	Δx	+89,03	3	Δx	-137,24	3	Δx	-48,21
9	cos r	0,5150912	8	cos r	0,97426781	8	cos r	0,382653225
10	S_1	172,84	9	S_1	140,86	9	S_1	125,98
7	tg r	1,6640458		tg r	0,23134654		tg r	2,414436839
8	r	58,996448	7	r	13,0260180	7	r	67,50187331

11	$\sin r$	0,8571353	10	$\sin r$	0,22539349	10	$\sin r$	0,923892044
12	S_2	172,84	11	S_2	140,86	11	S_2	125,98
4	y_{237}	1 617,76	4	y_{276}	1 765,91	4	y_{237}	1 617,76
5	y_{276}	1 765,91	5	y_B	1 734,16	5	y_B	1 743,16
6	Δy	+148,15	6	Δy	-31,75	6	Δy	+116,40
13	$\alpha_{237-276}$	58º59`47``	12	α_{276-B}	193º01`33``	12	α_{237-B}	112º29`53``

$$\beta = \alpha_{237-A} - \alpha_{237-236} = 112°29'53'' - 58°59'47'' = 53°30'06'' \quad (4.47)$$

$$\beta = \alpha_{276-237} - \alpha_{A-276} = 238°59'47'' - 193°01'33'' = 45°58'14'' \quad (4.48)$$

$$\alpha_{276-237} = \alpha_{237-276} + 180° = 58°59'47'' + 180° = 238°59'47'' \quad (4.49)$$

Отже, розмічувальні кути рівні: $\beta_1 = 53°30'06''$ і $\beta_2 = 45°58'14''$.

6. Отримані дані для виносу в натуру потрібно нанести на топографічну основу.

7. Виконати оцінку точності виносу в натуру всіх точок.

Полярна засічка для виносу точки А

Як вихідну використаємо формулу, що характеризує середню квадратичну помилку самої засічки:

$$m_з = \sqrt{m_S^2 + (\frac{m_\beta}{\rho} S)^2} \quad (4.50)$$

Припустимо: $m_1 = m_S$ і $m_2 = \frac{m_\beta}{\rho} S$ (4.51)

Використовуючи принцип рівного впливу, прирівняємо ці величини: $m = m_1 = m_2$.

Отримуємо: $m_з = m\sqrt{2}$, звідки $m = \frac{m_з}{\sqrt{2}} = \frac{50}{\sqrt{2}} = 35{,}4$ мм (при умові, що остаточна помилка в положенні точки, що виноситься не перевищує 5 см). Отже, маємо:$m_S = m_1 = 35{,}4$ мм, висловлюючи m_β з формули (20), отримаємо:

$$m_\beta = \frac{m_2}{S}\rho = \frac{35{,}4 \times 206\,265}{101{,}49 \times 1000} = 71{,}9'' \quad (4.52)$$

Висновок. Так як помилка відкладення відстані не повинна перевищувати $m_S = 35{,}4$ мм і помилка відкладення розмічувального кута

не повинна бути більше $m_\beta = 71{,}9''$, то для винесення точки А на місцевість полярним способом потрібен теодоліт типу 4Т30 і компарована рулетка з помилкою відкладення відстані не грубіше $m_S = 35{,}4$ мм, щоб помилка в положенні точки на місцевості щодо проектного положення точки не перевищувала 5 см.

Лінійна засічка для виносу точки С

Використовуємо в якості вихідної формулу, що характеризує середню квадратичну помилку самої засічки:

$$m_З = \frac{1}{\sin\gamma} m_S \sqrt{2} \tag{4.53}$$

Звідки:

$$m_S = \frac{m_З \times \sin\gamma}{\sqrt{2}} = 27{,}1 \text{ мм} \tag{4.54}$$

Висновок. Так як помилка вимірювання відстані не повинна перевищувати $m_S = 2{,}71$ см, то для винесення точки В на місцевість способом лінійної засічки потрібна компарована рулетка з помилкою відкладення відстані не більше $m_S = 2{,}71$ см, щоб помилка в положенні точки на місцевості щодо проектного положення точки не перевищувала 5 см.

Кутова засічка для виносу точки В

Використовуємо в якості вихідної формулу, що характеризує середню квадратичну помилку самої засічки:

$$m_З = \frac{m_\beta}{\rho} b \sqrt{\frac{\sin^2\beta_1 + \sin^2\beta_2}{\sin^4\gamma}}, \tag{4.55}$$

де $\beta_1 = 53°30'06''$;

$\beta_2 = 45°58'14''$;

$\gamma = 80°31'40''$;

$b = 172{,}84$ м (де b - довжина базису);

$$m_\beta = \frac{m_З \times \rho}{b} \sqrt{\frac{\sin^4\gamma}{\sin^2\beta_1 + \sin^2\beta_2}} = 38{,}1''. \tag{4.56}$$

Висновок. Так як помилка відкладення розмічувального кута не повинна бути більше $m_\beta = 38{,}1''$, то для винесення точки С на місцевість способом прямої кутової засічки потрібен теодоліт 4Т30, щоб помилка в положенні точки на місцевості щодо проектного положення точки не перевищувала 5 см.

При виконанні роботи кожен студент повинен самостійно підготувати дані для виносу осей споруд і скласти розмічувальне креслення **(**додаток 4.1**)**. Після закінчення аудиторних і самостійних занять викладачем перевіряються дані обчислень і розмічувальних креслень.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке «червона лінія», «лінія забудови»?
2. У чому суть аналітичного, графічного і графоаналітичного методів підготовки даних для виносу точок в натуру?
3. Способи виносу точок в натуру.
4. Яким чином визначаються дані для виносу точок в натуру?
5. Що таке «розмічувальне креслення»?
6. Які поправки можуть вводитися в кути і відстані при виносі точок в натуру?
7. Від чого залежить точність виносу точки в натуру (по кожному з способів)?
8. Які геодезичні прилади та пристосування застосовуються при розмічувальних роботах?
9. Як визначити необхідну точність вимірів?

МАТЕРІАЛИ, ЩО ПРЕД'ЯВЛЯЮТЬСЯ ДО ЗДАЧІ

1. Каталог координат вихідних пунктів полігонометрії і точок А, В, С.
2. Розмічувальне креслення з нанесеними точками і даними (значення проектних кутів і ліній) для винесення їх в натуру.
3. Відомість обчислень.
4. Матеріали оцінки точності.
5. Пояснювальна записка.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5
НІВЕЛЮВАННЯ ПОВЕРХНІ. ПРОЕКТ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

Нівелювання поверхні – це вид топографічного знімання, який застосовується на відкритій місцевості зі спокійним або, слабо вираженим рельєфом. Нівелювання поверхні застосовується коли висоти точок зображуваної поверхні потрібно знати з підвищеною точністю. За результатами нівелювання поверхні складають великомасштабні карти. Висоти точок отримують із геометричного нівелювання вершин квадратної сітки; паралельних ліній, полігонів, полярним способом. Нівелювання поверхні застосовується для вишукувань будівництва населених пунктів, промислових споруд, аеродромів тощо та створення проектів вертикального розпланування.

В даному випадку виконано нівелювання поверхні за квадратами. Усі результати вимірювань записано в польовий журнал (додаток 5.1) і занесені на схему (додаток 5.3) нівелювання поверхні, де показано розміщення станцій нівелірного ходу, зв'язуючи точки та напрями на вершини квадратів, які нівелюють як проміжні точки.

Обчислення польового журналу нівелювання поверхні

Розрахунки в журналі нівелювання поверхні виконують так.

На кожній станції обчислюють перевищення h_1 і h_2 за різницями відліків задніх (а) і передніх (б) рейок:

$$h_1 = a_{\text{чорн}} - б_{\text{чорн}} \tag{5.1}$$

$$h_2 = a_{\text{черв}} - б_{\text{черв}} \tag{5.2}$$

Обчислені перевищення h_1 і h_2 записують у графи 6 і 7 журналу з відповідним знаком.

Середнє перевищення отримують за формулою

$$h_{\text{сер}} = \frac{h_1 + h_2}{2} \tag{5.3}$$

і записують у графи 8 і 9.

Виконують посторінковий контроль. Для цього сумують чорні та червоні відліки задньої $\sum h_{З}$ і передньої рейки $\sum h_{П}$ (графи 3 і 4). Щоб уникнути помилок в обчисленнях, в суми відліків не вносять значень «п'яток» рейок. Знаходять суми перевищень $\sum h_{\text{обч}}$ (графи 6 і 7) і суми середніх перевищень $\sum h_{\text{сер}}$ (графи 8 і 9).

Одержані суми мають відповідати умові

$$\sum a_{З} - \sum б_{П} = \sum h_{\text{обч}} = 2\sum h_{\text{сер}} \qquad (5.4)$$

Результати умови записують під відповідними графами внизу на кожній сторінці журналу. Їх збіжність повинна виконуватись з точністю до 1 мм.

В кінці журналу нівелювання виконують контроль всього нівелірного ходу, так само, як виконували посторінковий контроль, враховуючи умову: у зімкненому ході теоретична сума перевищень дорівнює нулю:

$$\sum h_{\text{теор}} = 0 \qquad (5.5)$$

Нев'язка ходу – це загальна алгебраїчна сума середніх перевищень:

$$f_h = \sum h_{\text{ср.}} \qquad (5.6)$$

Допустиму нев'язку визначають за формулою:

$$\text{доп} f_h = \pm 5 \text{ мм}\sqrt{n} \qquad (5.7)$$

де n – кількість станцій.

Якщо нев'язка f_h не перевищує допустимого значення, ув'язують середні перевищення. Сума виправлених (ув'язаних) перевищень має дорівнювати нулю:

$$\sum h_{\text{випр}} = \sum h_{\text{теор}} = 0 \qquad (5.8)$$

Виконання умови є контролем правильності обчислення виправлених перевищень.

Використовуючи висоту вихідної точки та виправлені перевищення, обчислюють висоти всіх зв'язуючих точок. Висоти зв'язуючи точок

обчислюють так: висота наступної точки H_{i+1} дорівнює висоті попередньої точки H_i плюс виправлене $h_{випр}$ перевищення між цими точками:

$$H_{i+1} = H_i + h_{випр} \quad (5.9)$$

де ***i*** – номер точки.

Обчислені висоти зв'язуючих точок записують у графу 13 журналу.

В даному завданні за вихідну точку прийнята вершина 1-а, висоту якої кожний студент одержує індивідуально (додаток 5.2).

Контролем правильності обчислення висот зв'язуючих точок є отримання висоти вихідної вершини 1-а ($H_{1\text{-}a}$).

Обчислення висот проміжних точок виконують через горизонт приладу *ГП.*

Горизонт приладу обчислюють за формулою:

$$ГН = Н_і + a \quad (5.10)$$

а висоту проміжної точки

$$Н_{пр} = ГП - в_{пр} \quad (5.11)$$

де ГП – висота візирної осі над рівневою поверхнею;

$Н_і$ - висота точки (у практиці вимірювань використовують задню точку ходу);

a – відлік чорної шкали рейки на цій точці;

$Н_{пр}$ - висота проміжної точки;

$в_{пр}$ - відлік чорної шкали рейки на проміжній точці.

Значення горизонту приладу ГП записують у проміжній точці – у відповідному рядку графи 13.

Складання плану нівелювання поверхні

План складають у масштабі 1:500, висота перерізу рельєфу 0,5 м.

На аркуші креслярського паперу розміром 220 Ч 300мм будують квадрат із сторонами 100 м, а в середині викреслюють сітку квадратів із сторонами 20 м. біля кожної вершини виписують її висоту із графи 13

журналу нівелювання поверхні (додаток 5.4), значення висот заокруглюють до 0,01 м.

Рисування рельєфу складається з двох дій:

1) Інтерполювання – визначення на плані точок, висоти яких кратні висоті перерізу рельєфу;
2) Викреслювання горизонталей – ліній, що з'єднують точки з однаковими висотами.

Інтерполювання горизонталей виконують аналітичним, графічним, механічним або автоматичним методами. Розглянемо графічний метод інтерполювання за допомогою палетки. Палетка – це калька (воскова) із паралельними й рівновіддаленими лініями товщиною 0,1 мм, викресленими рейсфедером, рапідографом або кульковою ручкою. За заданою висотою перерізу рельєфу та екстремальними висотами на плані (H_{max} і H_{min}), підписують лінії на палетці. Потім, наклавши палетку на план, зміщують і розвертають її так, щоб точки, між якими інтерполюють, розмістилися між лініями палетки в місцях, що відповідають значенням їхніх висот. Після цього шпилькою (голкою) переколюють на план місця перетину ліній палетки й ліній, що з'єднує точки на плані. Знявши палетку, підписують олівцем біля наколотих точок висоти горизонталей.

Оскільки висота перерізу рельєфу $h = 0{,}5$ м, лінії на палетці підписують від найменшого до найбільшого (в межах конкретного плану) значення висот через 0,5 м.

На рис. бачимо, що лінію, що з'єднує точки з відомими висотами перетинають лінії палетки в точках *а*, *б*, *в* і *г* із висотами 87,5, 88, 88,5, і 89,24 м відповідно. Точки *а*, *б*, *в* і *г* наколюють голкою і, знявши палетку, олівцем підписують висоти. Аналогічно виконують інтерполяцію вздовж сторін квадратів. Точки з однаковими висотами з'єднують плавною лінією і дістають план з горизонталями (додаток 5.4).

ВЕРТИКАЛЬНЕ ПЛАНУВАННЯ

Вертикальне планування – це перетворення існуючого рельєфу земної поверхні в проектний, який відповідає вимогам будівництва і благоустрою.

Перетворення існуючої топографічної поверхні в проектну відбувається площинами: горизонтальною (горизонтальний майданчик) або нахиленою (майданчик, нахилений в одному напрямку або за двома перпендикулярними напрямками).

Проектування площин пов’язано з розрахунками, а перенесення її на місцевість – з виконанням земляних робіт: створенням насипів і виїмок. Висота насипу і глибина виїмки в кожній точці характеризується величиною робочої відмітки, тому заключною частиною розрахунків, які виникають при складанні проекту вертикального планування, є визначення робочих відміток і обчислення об’ємів земляних робіт.

Проектування горизонтального майданчика з дотриманням балансу земляних робіт

Однією із складових частин генерального плану є проект вертикального планування території, що забудовується. У відповідності з цим проектом природний рельєф будівельного майданчика перетворюється в штучний шляхом виконання земляних робіт. Проектування горизонтального майданчика при умовах мінімуму земляних робіт і балансу мас (рівності об’ємів виїмки і насипу) є задачею вертикального планування. Подібні майданчики доводиться проектувати при будівництві спортивних споруд, стоянок автотранспорту, трамвайно-тролейбусних парків і т.д.

Розглянемо проектування горизонтального майданчика.

1. На аркуші креслярського паперу формату А4 будують сітку квадратів в масштабі 1:500. З журналу нівелювання майданчика виписують відмітки всіх вершин квадратів із заокругленням до 0,01 м.

2. Проектну відмітку $H_{пр}$ горизонтального майданчика вираховують за формулою

$$H_{пр} = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4n} \qquad (5.12)$$

де H_1, H_2, H_3, H_4 – відмітки точок, в яких знаходяться 1,2,3 або 4 вершини квадратів відповідно; n – число квадратів на майданчику.

3. Вираховують робочі відмітки r всіх вершин квадратів за формулою:

$$r = H_{пр} - H_ф \qquad (5.13)$$

де $H_{пр}$ – проектна відмітка майданчика; $H_ф$ - чорна (фактична) відмітка вершини квадрата.

$$\text{КОНТРОЛЬ: } r_0 = \frac{\sum r_1 + 2\sum r_2 + 3\sum r_3 + 4\sum r_4}{4n} \approx 0 \qquad (5.14)$$

де r_1, r_2, r_3, r_4 - робочі відмітки точок, в яких знаходяться 1,2,3 або 4 вершини квадратів відповідно;

Робоча відмітка показує величину виїмки ґрунту, тобто його зрізки, якщо вона має знак «-» або величину насипу, тобто його підсипки, якщо вона має знак «+».

На план робочі відмітки виписують червоним кольором під чорними відмітками вершин квадратів.

4. Проводять лінію нульових робіт. Лінія нульових робіт – це границя між ділянками виїмки і насипу. На сторонах квадратів з різними робочими відмітками визначають положення точок нульових робіт графічним або аналітичним способом.

Графічний спосіб. У довільному масштабі від сторони квадрата відкладають їх вершин у протилежних напрямках перпендикуляри r_1 і r_2, чисельно рівні відповідним робочим відміткам. Пересічення сторони квадрата з лінією, яка з’єднує кінці перпендикулярів, і буде точкою нульових робіт, наприклад, по лінії 4Б-3Б (рис.5.1).

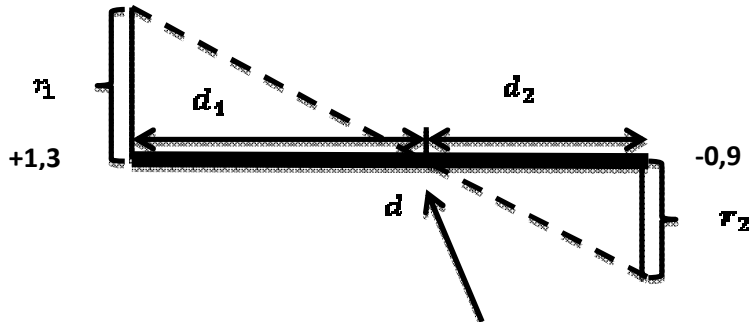


Рис.5.1 – визначення точок нульових робіт графічним способом

При аналітичному способі відстань d_1 і d_2 (рис.5.1.) визначаються за формулами: $$d_1 = \frac{|r_1|}{|r_1|+|r_1|} \times d,\ d_2 = \frac{|r_2|}{|r_1|+|r_1|} \times d \quad (5.15)$$

Де r_1 і r_2 – робочі відмітки; d- довжина сторони квадрата на плані.

КОНТРОЛЬ: $d_1+d_2 = d$ (5.16)

З’єднавши точки нульових робіт, отримують лінію нульових робіт. Якщо лінія нульових робіт проведена правильно, то вона приблизно повторить контур прилеглих до неї горизонталей.

5. Обчислення об’ємів земляних робіт методом чотиригранних або тригранних призм.

Об’єм земляних робіт рівний об’єму фігури, в основі якої лежить або квадрат, або трикутник, або трапеція. Висота фігури є середнім із однойменних робочих відміток (об’єм будь-якої фігури рівний проведенням площі її основи на висоту). Об’єми насипів і виїмок обчислюють окремо за кожним повним і неповним квадратами.

Об’єм насипу або виїмки для окремого повного квадрату визначають за формулою:

$$V = \frac{d^2}{4} \times \sum_{i=1}^{4} r_i \quad (5.17)$$

де d – сторона квадрата на місцевості; r_i – робочі відмітки вершин даного квадрату. Для неповного квадрату, якщо в якості площі основи використовують трапецію, об’єм насипу або виїмки знаходять за формулою:

$$V = \frac{d \times (b+c)}{8} \sum_{i=1}^{4} r_i \qquad (5.18)$$

де b і c – основи трапеції; d – висота трапеції (у даному випадку сторона квадрата); r_i - робочі відмітки вершин трапеції.

У випадку, якщо основою служить трикутник, об'єм насипу або виїмки обчислюють за формулою:

$$V = \frac{b \times h}{6} \sum_{i=1}^{3} r_1 \qquad (5.19)$$

де b - основа трикутника; h - висота трикутника; r_i - робочі позначки вершин трикутника.

Основи і висоти трикутників і трапецій, що входять до формули для визначення об'ємів, визначаються графічно за планом з урахуванням масштабу (в метрах).

Зручними для обчислення об'єму земляних робіт в межах неповних квадратів є формули В.І.Стрільчевського:

$$V_B = \frac{d^2 \times (|\sum r_B|)^2}{4 \times (|\sum r_B| + |\sum r_H|)^2} \qquad (5.20)$$

$$V_H = \frac{d^2 \times (|\sum r_H|)^2}{4 \times (|\sum r_B| + |\sum r_H|)^2} \qquad (5.21)$$

де d - сторона квадрата на місцевості; $\sum r_в$, $\sum r_н$ - суми робочих відміток виїмки і насипу в межах даного квадрата, які відносяться відповідно до виїмки і насипу.

При використанні даних формул не потрібно визначати графічно висоти і основи трапецій і трикутників.

Приклади обчислення об'ємів земляних робіт:

а) Для повного квадрата з вершинами 1А, 1Б, 2А, 2Б при $d = 20$ м:

$$V_{\text{нас.}} = \frac{d^2}{4} \times \sum_{i=1}^{4} r_i = \frac{20^2}{4} \times (1{,}85 + 1{,}25 + 1{,}79 + 1{,}38) = 627 \text{ м}^3.$$

б) За формулами В.І. Стрельчевського для неповного квадрату з вершинами В1,В2,Г1,Г2:

$$V_B = \frac{d^2 \times (|\sum r_B|)^2}{4 \times (|\sum r_B| + |\sum r_H|)^2} = \frac{20^2 \times (0{,}50)^2}{4 \times (0{,}50 + 1{,}39)^2} = 13{,}25 \text{ м}^3 \approx 13 \text{ м}^3,$$

$$V_H = \frac{d^2 \times (|\sum r_H|)^2}{4 \times (|\sum r_B| + |\sum r_H|)^2} = \frac{20^2 \times (1{,}39)^2}{4 \times (0{,}50 + 1{,}39)^2} = 102{,}32 \text{ м}^3 \approx 102 \text{ м}^3.$$

Обчислені об’єми виписують на план в середині відповідних фігур з округленням до цілих кубічних метрів.

6. При складанні картограми земляних робіт обчислюють об’єми насипу і виїмки по рядах квадратів, потім визначають обсяги насипу і виїмки для всієї площадки в цілому. Так як проектування майданчика проводиться під умовою балансу земляних робіт, то сумарний об’єм насипу повинен вийти приблизно рівним об’єму виїмки. Розбіжність в об’ємах насипу і виїмки не повинна перевищувати 5% від загального об’єму земляних робіт в межах майданчика:

$$\Delta_{доп} = \frac{|V_H - V_B|}{V_H + V_B} \times 100\% \leq 5\% \qquad (5.22)$$

ОФОРМЛЕННЯ

1. Здійснюють зарамкові оформлення плану нівелювання і вертикального проектування відповідно до додатків.
2. На плані нівелювання майданчика горизонталі оформляють коричневим кольором, і їх відмітки – чорним кольором.
3. Оформлюють: синім кольором – лінії нульових робіт і об’єми; червоним кольором – проектні і робочі відмітки; чорним кольором – всі інші надписи.
4. Для оглядовості насипи зафарбовують блідо-жовтим кольором, виїмки – блідо-рожевим кольором.

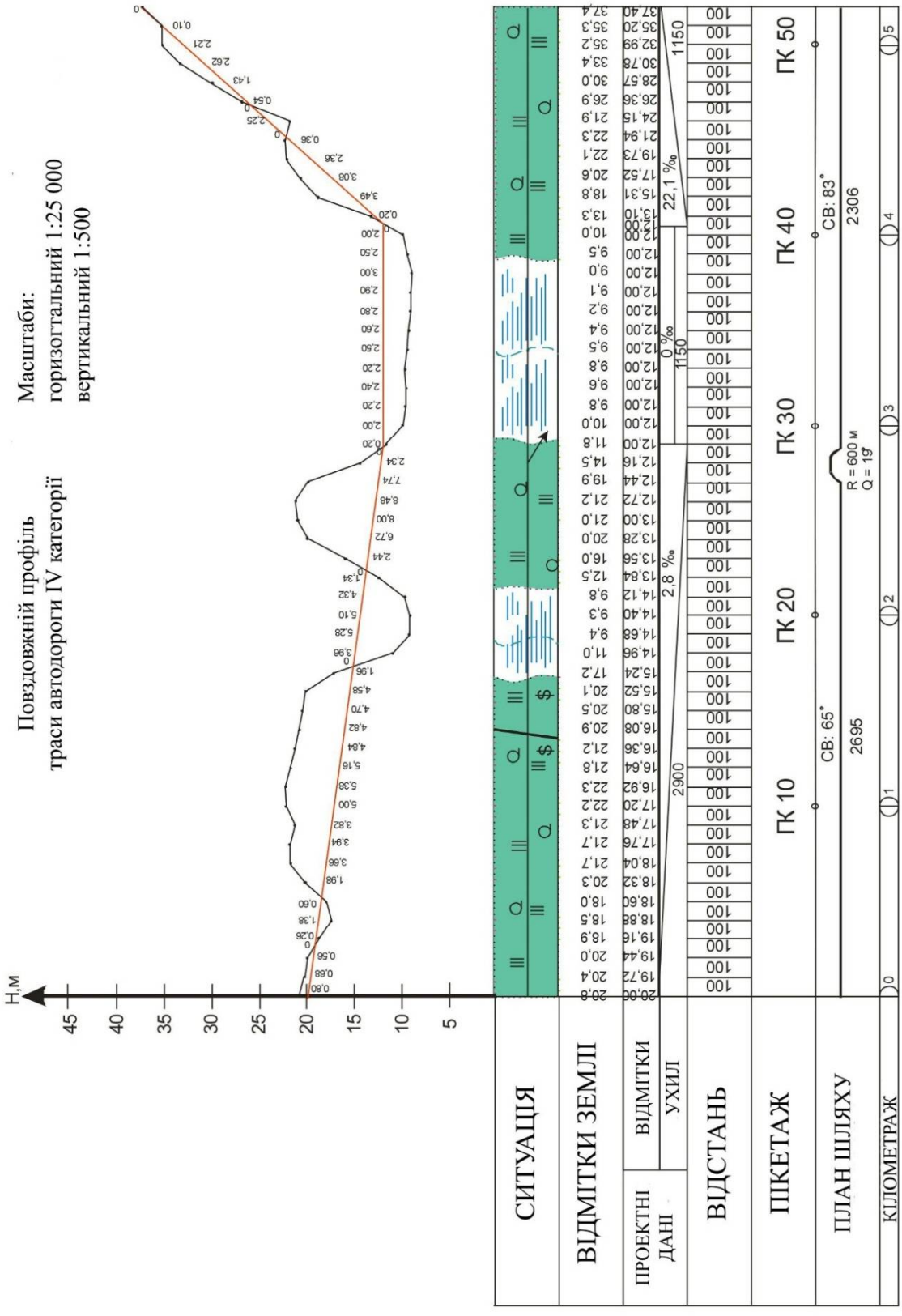
МАТЕРІАЛИ ДО ЗДАЧІ:

- журнал нівелювання;
- план нівелювання майданчика;
- проектування горизонтального майданчика;
- пояснювальна записка.

ДОДАТКИ

Додаток 1.1.

ЗРАЗОК ПОВЗДОВЖНОГО ПРОФІЛЮ



Додаток 1.2

Обчислення об’єму земельних робіт

№ п/п	Робоча відмітка	Площа насипу	Площа виїмки	Відстань	Об’єм насипу	Об’єм виїмки
1	-0,80		-12,64			
				100		-1 175,32
2	-0,68		-10,87			
				100		-995,80
3	-0,56		-9,05			
				50		-226,24
4	0,00	0,00				
				50	200,07	
5	0,26	4,00				
				100	1 377,90	
6	1,38	23,56				
				100	827,42	
7	0,60	9,54				
				20	238,50	
8	0,00	0,00				
				80		-1 111,18
9	-1,98		-27,78			
				100		-3 495,30
10	-3,66		-42,13			
				100		-4 291,06
11	-3,94		-43,69			
				100		-4 337,30
12	-3,82		-43,05			
				100		-4 527,57
13	-5,00		-47,50			
				100		-4 777,17
14	-5,38		-48,04			
				100		-4 791,25
15	-5,16		-47,78			
				100		-4 746,16
16	-4,84		-47,14			
				100		-4 711,65
17	-4,82		-47,09			
				100		-4,692,82
18	-4,70		-46,77			
				100		-4 658,02
19	-4,58		-46,40			
				100		-3 697,65
20	-1,96		-27,56	30		-413,36

Продовження додатку 1.2

№ п/п	Робоча відмітка	Площа насипу	Площа виїмки	Відстань	Об'єм насипу	Об'єм виїмки
21	0,00	0,00				
				70	4 146,12	
22	3,96	82,92				
				100	10 197,00	
23	5,28	121,02				
				100	3 547,99	
24	5,10	115,52				
				100	7 290,80	
25	4,32	92,79				
				100	5 779,35	
26	1,34	22,79				
				40	1 139,67	
27	0,00	0,00				
				60		-976,49
28	-2,44		-32,55			
				100		-3 952,60
29	-6,72		-46,50			
				100		-4 325,12
30	-8,00		-40,00			
				100		-3 814,72
31	-8,48		-36,29			
				100		-3 900,65
32	-7,74		-41,72			
				100		-3 664,26
33	-2,34		-31,57			
				80		-1 262,66
34	0,00	0,00				
				20	153,00	
35	0,20	3,06				
				100	1 953,00	
36	2,00	36,00				
				100	3 050,40	
37	2,20	40,26				
				100	849,00	
38	2,40	44,64				
				100	4 245,00	
39	2,20	40,26				
				100	4 356,75	
40	2,50	46,88				
				100	4 800,75	

Закінчення додатку 1.2

№ п/п	Робоча відмітка	Площа насипу	Площа виїмки	Відстань	Об'єм насипу	Об'єм виїмки
41	2,60	49,14				
				100	5 145,00	
42	2,80	53,76				
				100	5 493,75	
43	2,90	56,12				
				100	5 730,75	
44	3,00	58,50				
				100	5 268,75	
45	2,50	46,88				
				100	4 143,75	
46	2,00	36,00				
				50	1 800,00	
47	0,00	0,00				
				50		-83,50
48	-0,20		-3,34			
				100		-2 219,99
49	-3,49		-41,06			
				100		-3 959,51
50	-3,08		-38,13			
				100		-3 494,80
51	-2,36		-31,77			
				100		-1 884,56
52	-0,36		-5,93			
				20		-59,26
53	0,00	0,00				
				80	2 067,19	
54	2,25	41,34				
				90	2 067,19	
55	0,00	0,00				
				10		-43,71
56	-0,54		-8,74			
				100		-1 499,26
57	-1,43		-21,24			
				100		-2 774,30
58	-2,62		-34.24			
				100		-3 224,36
59	-2,21		-30,24			
				100		-1 596,44
60	-0,10		-1,69			
				100		-84,25
61	0,00	0,00				

85 869,09 -95 468,31

Баланс земельних мас -9 599,22

Додаток 1.3

ВІДОМІСТЬ ПРЯМИХ І КРИВИХ

№ кута повороту	Кути повороту			Криві							Прямі				Координати вершин кутів, м	
	Пікетажне значення вершин	величина		Елементи кривих, м					Пікетажне значення, м		Довжини напрямів, м				Абсциса X	Ордината У
		правих	лівих	Радіус R	Тангенс Т	Крива К	Бісектриса Б	Домір Д	Початок кривої ПК	Кінець кривої КК	Пряма вставка	Відстань між вершинами кутів	Дирекційний кут	румб		
А	0+0,0														6065860	4310825
											800	925	122^0 18`	ПдС:57^0 42`		
1	9+25,0		28^0 00`	500	124,7	244,4	15,3	5,0	8+0,0	10+44,7					6065370	4311600
											265550	2775	94^0 58`	ПдС:85^0 02`		
В	37+0,0														6065130	4314360

ДОДАТКИ

Додаток 2.1

Таблиця значень $R = \delta_\alpha^2 + \delta_\beta^2 + \delta_\alpha \times \delta_\beta$ (в одиницях 6-го знаку логарифма)

B°	A°																	
	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
20	100	91																
22	91	81	74															
24	83	74	67	61														
26	77	68	61	56	51													
28	72	63	57	51	47	43												
30	68	59	53	48	43	40	33											
35	60	52	46	41	37	33	27	23										
40	54	47	41	36	32	29	23	19	16									
45	50	43	37	32	28	25	20	16	13	11								
50	47	39	34	29	26	23	18	14	11	9	8							
55	44	37	32	27	24	21	16	12	10	8	7	5						
60	42	35	30	25	22	19	14	11	9	7	5	4	4					
65	40	33	28	24	21	18	13	10	7	6	5	4	3	2				
70	38	32	27	23	19	17	12	9	7	5	4	3	2	2	1			
75	37	30	25	21	18	16	11	8	6	4	3	2	2	1	1	1		
80	36	29	24	20	17	15	10	7	5	4	3	2	1	1	1	0	0	
85	34	28	23	19	16	14	10	7	5	3	2	2	1	1	0	0	0	0
90	33	27	22	19	16	13	9	6	4	3	2	1	1	1	0	0	0	0
95	32	26	22	18	15	13	9	6	4	3	2	1	1	0	0	0	0	
100	31	25	21	17	14	12	8	6	4	3	2	1	1	0	0	0		
105	30	25	20	17	14	12	8	5	4	2	2	1	1	0	0			
110	30	24	19	16	13	11	7	5	3	2	2	1	1	1				
115	29	23	19	15	13	11	7	5	3	2	2	1	1					
120	28	22	18	15	12	10	7	5	3	2	2	1						
125	27	22	18	14	12	10	7	5	4	3	2							
130	26	21	17	14	12	10	7	5	4	3								
135	26	21	17	14	12	10	7	5	4									
140	25	20	17	14	12	10	8	6										
145	25	21	17	15	13	11	9											
150	26	21	18	16	15	13												
152	26	22	19	17	16													
154	27	23	21	19														
156	28	25	22															
158	30	27																
160	33																	

Додаток 2.2

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИЛАДІВ

Характеристики теодолітів

Назва групи	Тип приладу	Середня квадратична похибка вимірювання горизонт. кута одним прийомом, не більше	Призначення приладу	Рівноточні прилади, що відповідають групі
Теодоліти високоточні	Т-1	1"	Тріангуляція і полігонометрія 2 класу	ОТ-02, УВК, УВКТ, ДКМ-3, ДКМ-3А, Т-3
	Т-2	2"	Тріангуляція і полігонометрія 3 класу, полігонометрія 4 класу	2Т2, 2Т2А, ТБ-1,ТБ-3, Theo-010, Theo-010A, 3Т2КП, ТеВ1, ТеВ3
Теодоліти точні	Т-5	5"	Тріангуляція і полігонометрія 1 і 2 розрядів	2Т5К, 2Т5, 2Т5КП, ЗТ5КП, Theo-020, Theo-020A
	Т-15	15"	Теодолітні і тахеометричні ходи, вимірювання кутів в знімальних мережах	Т15К, Т15МК, Theo-080, Theo-080A
Теодоліти технічні	Т-30	30"	Теодолітні ходи при розмічувальноприв'язочних роботах	2Т30П, 2Т30, Theo-120

Характеристики	Тип теодоліта					
	2Т2	3Т2КП	Theo-010	Т5	3Т5КП	Theo-020
V^x	25	30	30	25	30	25
m''_β	0,1	0,1	0,1	6	6	6

Продовження додатку 2.2

Нівеліри

1. Типи

Позначення типу	Коротка характеристика	Переважна область застосування
Н-3	Нівелір точний для визначення перевищень з середньою квадратичною помилкою не більше 3 мм на 1 км подвійного ходу	Нівелювання III та IV класів, інженерно-геодезичні вишукування
Н-10	Нівелір технічний для визначення перевищень з середньою квадратичною помилкою не більше 10 мм на 1 км подвійного ходу	Нівелювання геодезичної основи топографічних зйомок, інженерно-геодезичні вишукування в будівництві

2. Основні параметри

Параметри	Норми для типів	
	Н-3	Н-10
1	2	3
Середня квадратична похибка перевищення на 1 км подвійного ходу, мм, не більше	3	10
Середня квадратична похибка перевищення на станції при відстані від нівеліра до рейок 100 м, мм, не більше	2,0	5,0
Збільшення зорової труби, крат, не менше	30	20
Найменша відстань візування (без насадки на об'єктив), м, не більше	2	2
Коефіцієнт ниткового віддалеміру	100 ± 1 %	100 ± 1 %
Ціна поділки рівня на 2 мм: установчого, мін при трубі, сек	10 ± 2 15 ±1,5	10 ± 2 45 ± 5
Маса не більше:нівеліра укладального футляра	3 кг 2,5 кг	2 кг 2 кг

Рейки нівелірні

1. Типи

Позначення типу, розміри (мм)	Коротка характеристика	Переважна область застосування
РН-3, 1500, 3000, 4000	Рейка нівелірна двостороння шашкова для нівелювання з похибкою 3 мм на 1 км ходу	Нівелювання III та IV класів, інженерно-геодезичні вишукування
РН-10, 4000	Рейка нівелірна двостороння шашкова для нівелювання з похибкою 10 мм на 1 км ходу	Технічне нівелювання, будівельні роботи

Продовження додатку 2.2

2. Основні параметри

Параметри	Норми для типів	
	РН-3	РН-10
Ціна найменшого ділення шкали рейки, мм: основної додаткової	 10 10	 10 50
Ширина відлікового поля рейки, мм, не менше	60	60
Допустимі відхилення від номінального значення довжини найменшого інтервалу, мм	±0,2	±0,5
Допустима різниця між середньою довжиною метра пари рейок комплекту, мм	0,8	1,5
Стрілка прогину рейки на всю довжину рейки, мм, не більше	6	10
Маса рейки, кг, не більше: при довжині 4000 мм - " - 3000 мм - " - 1500 мм	4,5 3,5 2,5	4,5 - -

Тахеометри

1. Типи

Позначення	Коротка характеристика	Переважна область застосування
Та3М	Електронний тахеометр для вимірювання відстаней, горизонтальних кутів та зенітних відстаней з вмонтованою мікро-ЕОМ і можливістю визначення перевищень або висот, приростів координат точок візування, що видає результати вимірювань на цифрове табло і має можливість запису даних у регістратор інформації	Полігонометрія 1 і 2 розрядів, топографічні знімання, інженерна геодезія, тригонометричне нівелювання
ТС1010	Електронний тахеометр для вимірювання відстаней, горизонтальних і вертикальних кутів, з ЕОМ і пакетом різноманітних прикладних програм, що видає результати вимірювань на дісплей і записує всю інформацію в REC-модуль	Полігонометрія 4 класу, 1 і 2 розрядів, інженерна та прикладна геодезія, кадастрові і топографічні знімання
Elta 50	Електронний тахеометр для вимірювання відстаней, горизонтальних і вертикальних кутів, з ЕОМ і пакетом прикладних програм та вмонтованим інтерфейсом	Полігонометрія 1 і 2 розрядів, інженерна геодезія, кадастрові і топографічні знімання
	RS232C/V24 для зовнішнього збереження і подальшої обробки даних	
Тан, Дальта 010В	Номограмний тахеометр для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів, визначення горизонтальних відстаней і перевищень за допомогою номограм, що видимі у полі зору зорової труби, і вертикальної рейки	Тахеометричні знімання

Продовження додатку 2.2

2. Основні параметри

Параметри	Норми для типів			
	ТаЗМ	ТС1010	Elta50	ТаН
Середня квадратична помилка вимірювання одним прийомом: горизонтальних кутів вертикальних кутів (зенітних відстаней) відстаней, мм	 4" 5" $5 + 3 \cdot 10^{-6}$Д	 3" 3" $5 + 2 \cdot 10^{-6}$Д	 5" 5" $5 + 3 \cdot 10^{-6}$Д	 5" 5" -
Дальність, м	2500	2000	800	-
Діапазон вимірювання вертикальних кутів	±45°	-	-	±45°
Напруга блоку живлення, В	6,5...8,5	12	6	-
Температурний діапазон роботи	-20+50° С	-20+50° С		
Ціна одиниці молодшого розряду табло: для кутових величин для лінійних величин, мм	 1" 1"	 1" 1"	 1" 1"	 - -
Помилка компенсації при нахилі вертикальної осі тахеометра на 30"	2"	-	-	2"
Збільшення зорової труби, крат	25	30	26	27
Найменша відстань візування, м	5	1,7	1,5	0,5
Ціна поділки рівня: циліндричного круглого	 15" 10"	 30" 8"	 - -	 30" 5"
Маса тахеометра, кг	6,4	5,5*	3,5*	4,0
Маса відбивача малого, кг	0,9	-	-	-
Маса відбивача великого, кг	1,8	-	-	-
Маса блоку живлення	3,4	-	-	-

Світловіддалеміри

1. Типи

Позначення	Коротка характеристика	Переважна область застосування
БЛК СТ5, 2СТ10	Світловіддалемір з імпульсним методом вимірювання відстаней і можливістю встановлення на теодоліти серії 2Т, 3Т	Полігонометрія 4 класу, 1 і 2 розрядів. Теодолітні ходи.

Закінчення додатку 2.2

2. Основні параметри

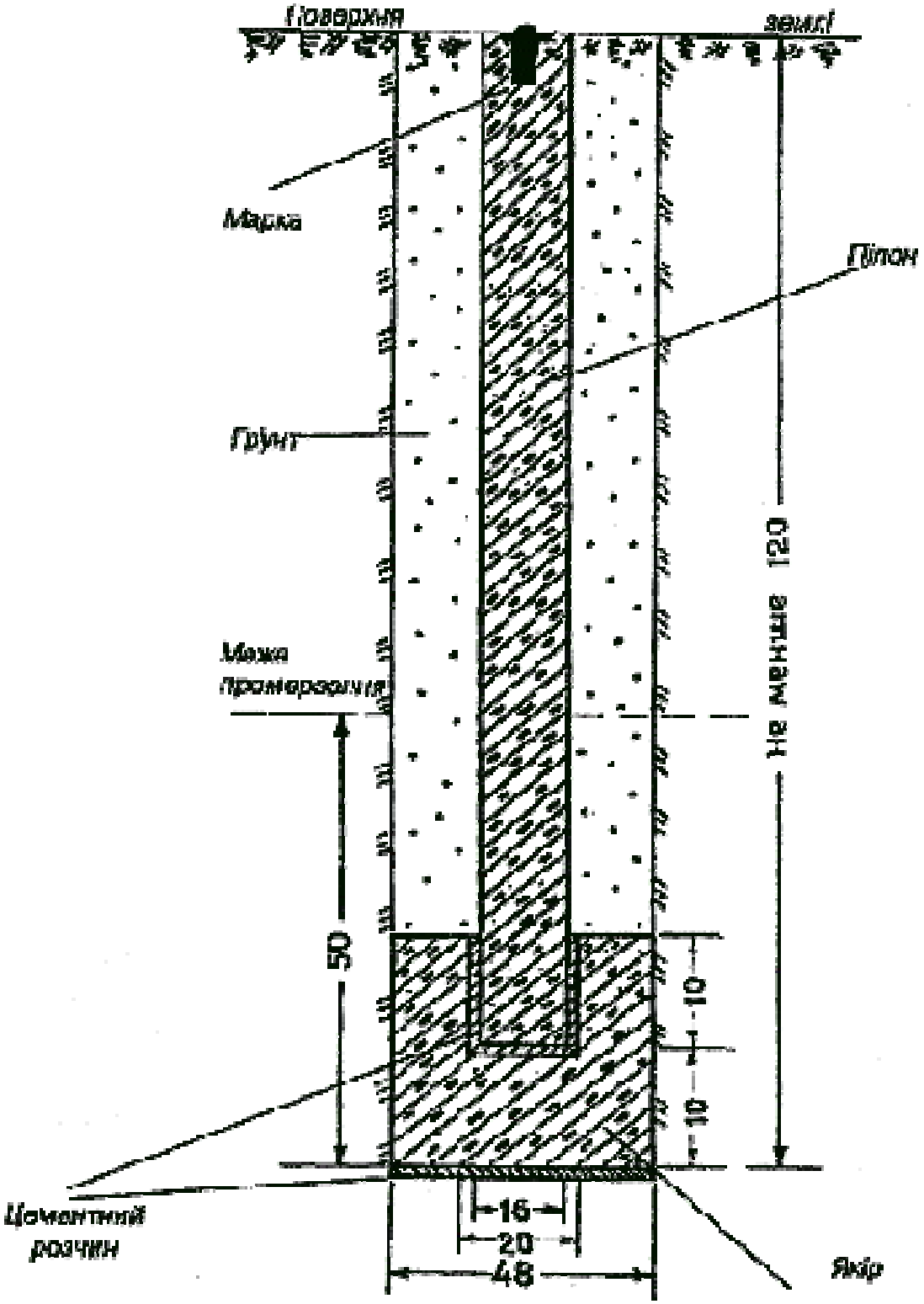
Параметри	Норми для типів	
	СТ5 1	2СТ10
Дальність, м	5000	10000
Середня квадратична помилка вимірювання відстані	$10 + 5.10^{-6}$ Д	$5 + 3.10^{-6}$ Д
Граничні кути нахилу ліній, що вимірюються	±20°	±25°
Напруга блоку живлення, В	6 - 8,5	6 - 8,5
Ціна одиниці молодшого розряду табло, мм	1	1
Маса світловіддалеміра, кг	4,5	4,5
Маса світловіддалеміра без основи, кг	3,8	3,5

Тип віддалеміра	RECOTA	EOK-2000	CT-5	2CM-2	CM-5
Точність (м)	$5+2\times10^{-6}s$	10	$10+5\times10^{-6}s$	20	30

Додаток 2.3

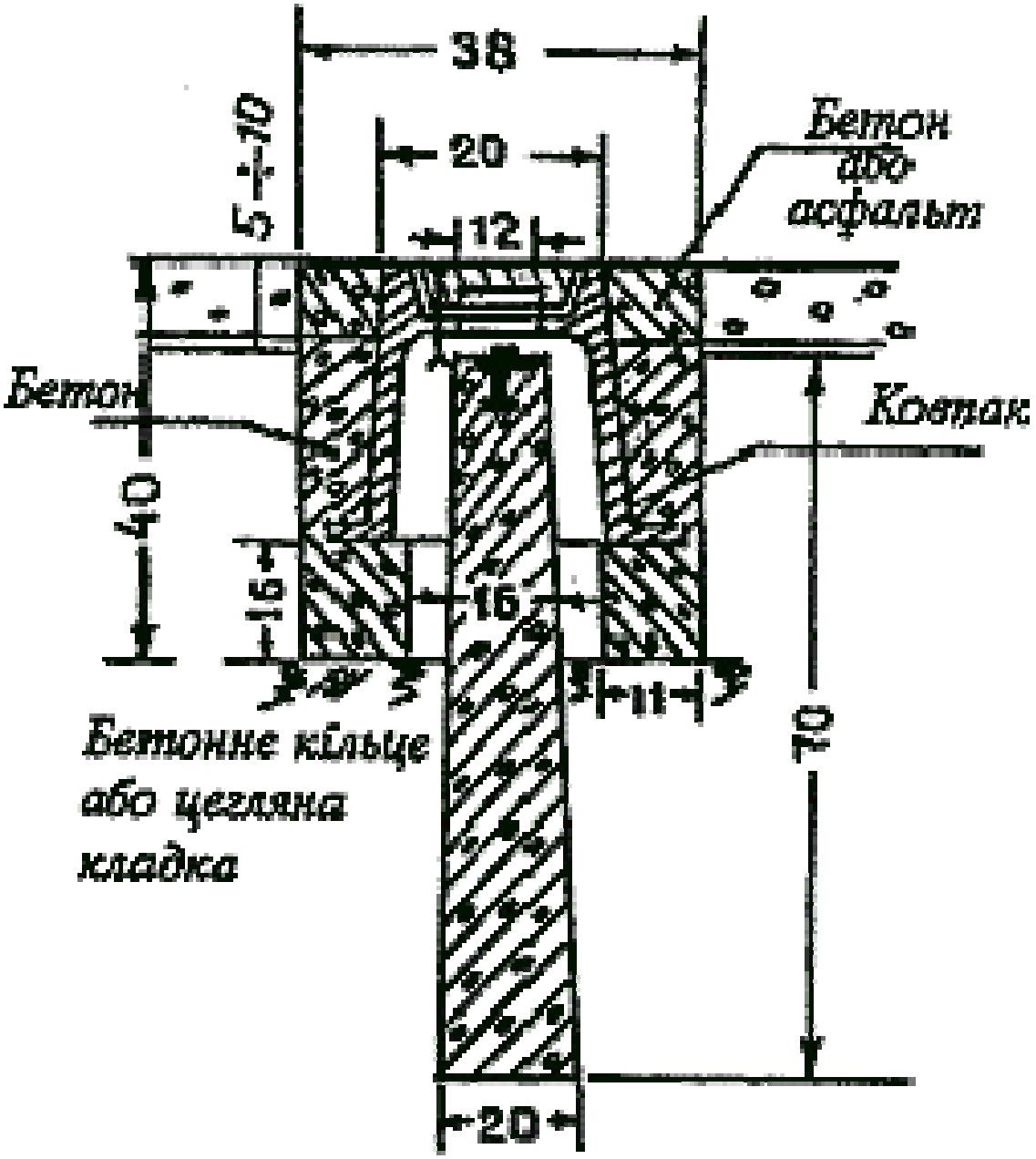
ТИПИ ЦЕНТРІВ

Центр пункту полігонометрії, трилатерації і тріангуляції 4 класу, 1 і 2 розрядів та грунтового репера (тип 160)



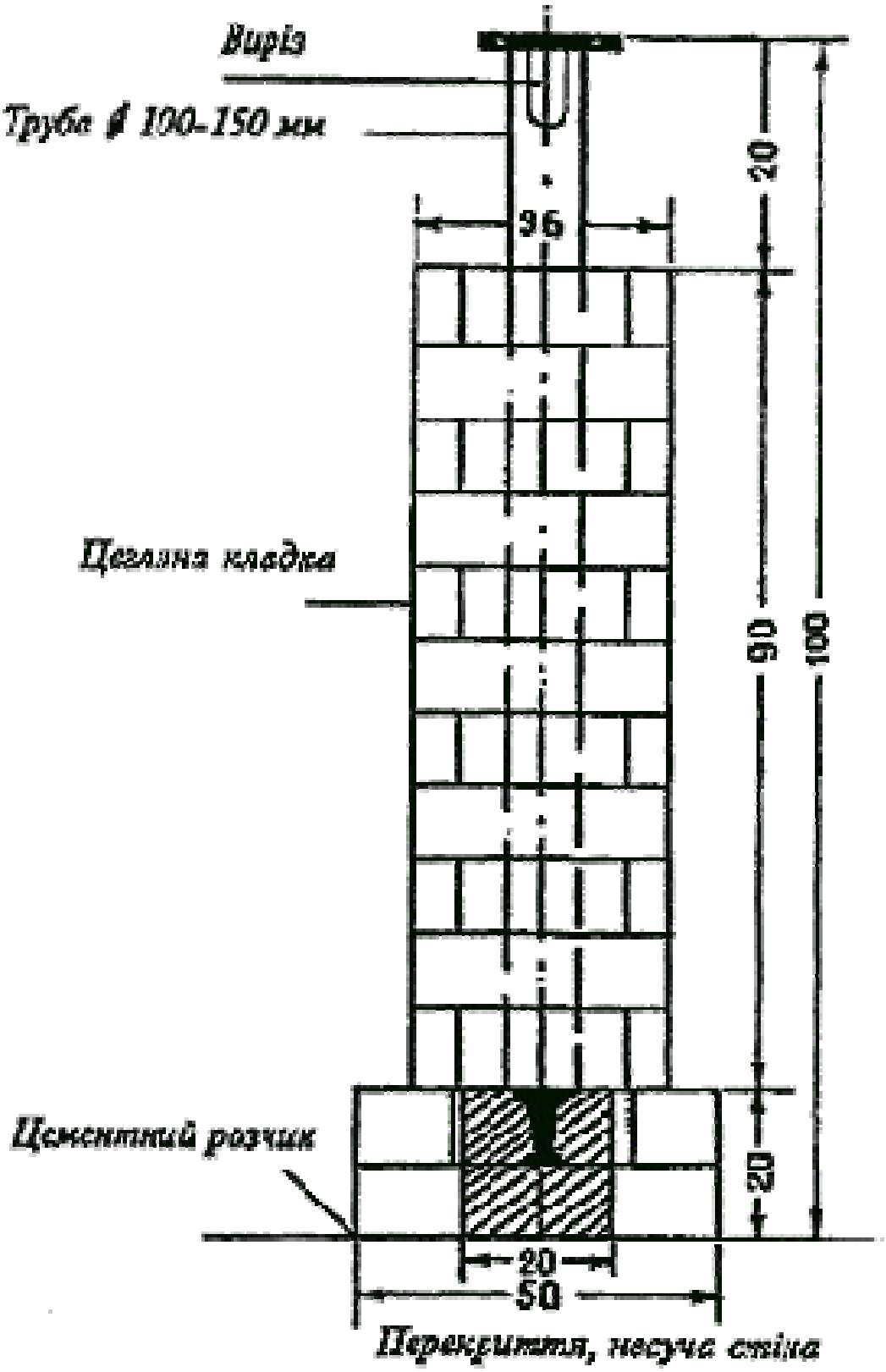
Продовження додатку 2.3

Центр пункту полігонометрії, трилатерації, тріангуляції 4 класу, 1 і 2 розрядів для міст Києва, Севастополя і обласних центрів (тип У15к)



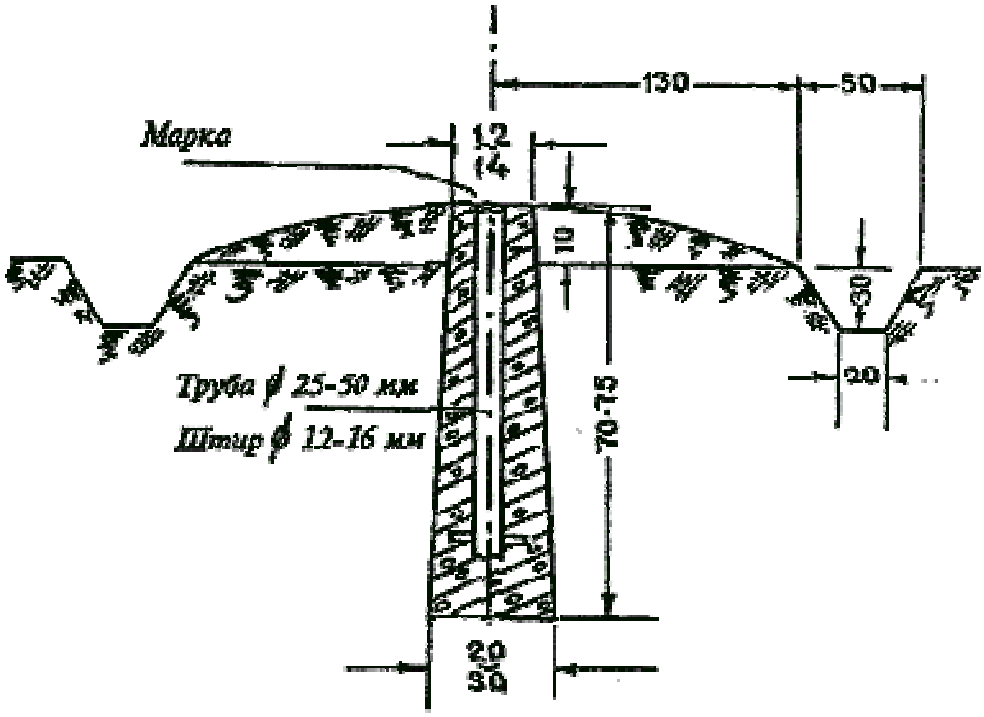
Продовження додатку 2.3

Центр пункту тріангуляції, трилатерації і полігонометрії на будівлі (тип У16)

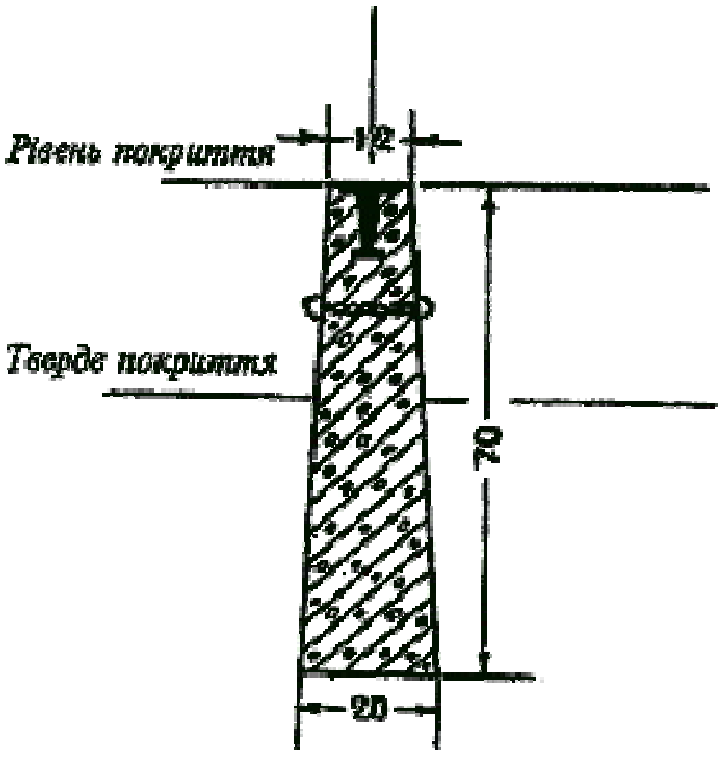


Продовження додатку 2.3

Центр пункту полігонометрії, трилатерації, тріангуляції 4 класу, 1 і 2 розрядів для незабудованої території (тип У15Н)

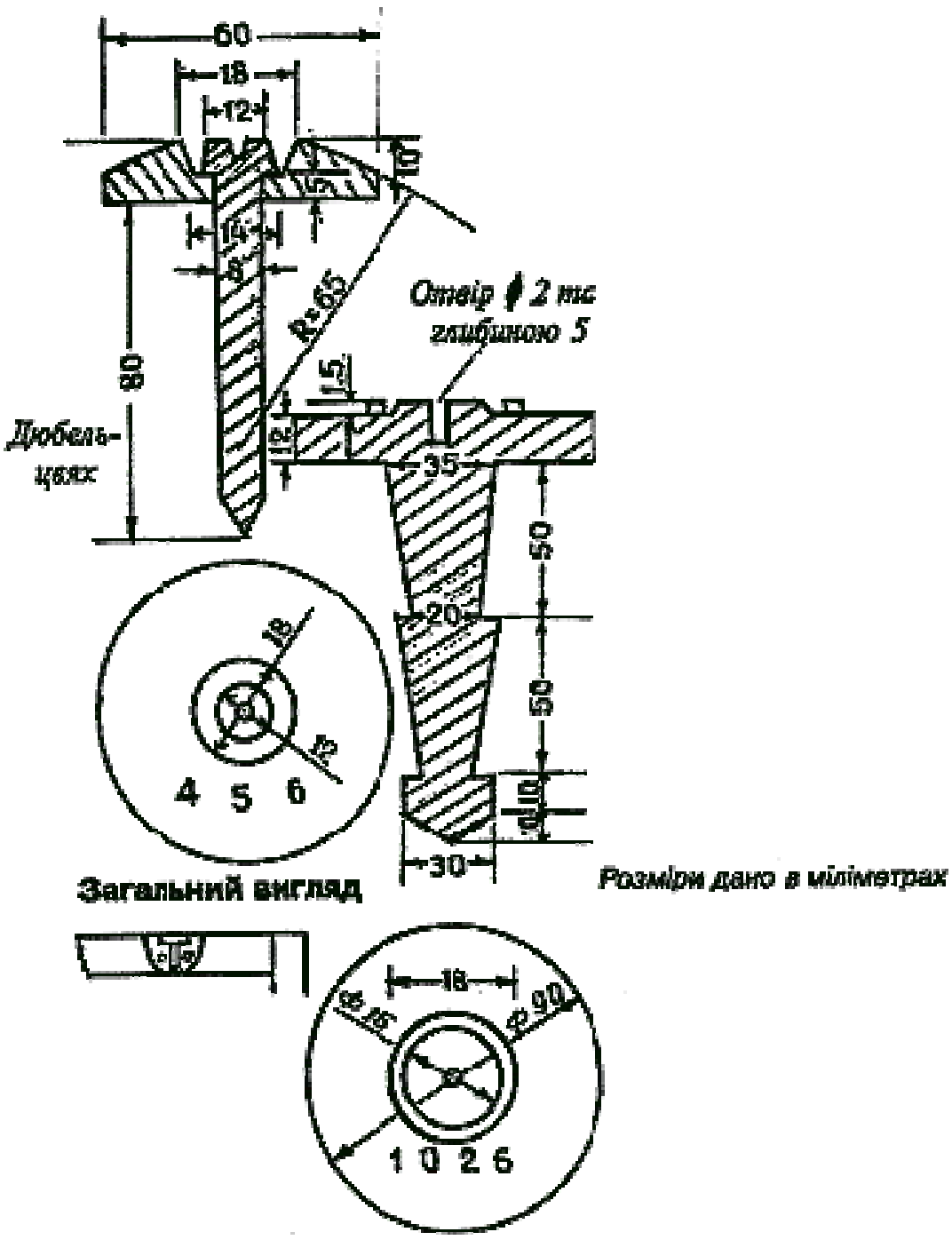


Центр пункту полігонометрії, трилатерації, тріангуляції 4 класу, 1 і 2 розрядів для забудованих територій, райцентрів, міст, селищ, сільських населених пунктів (тип У15)



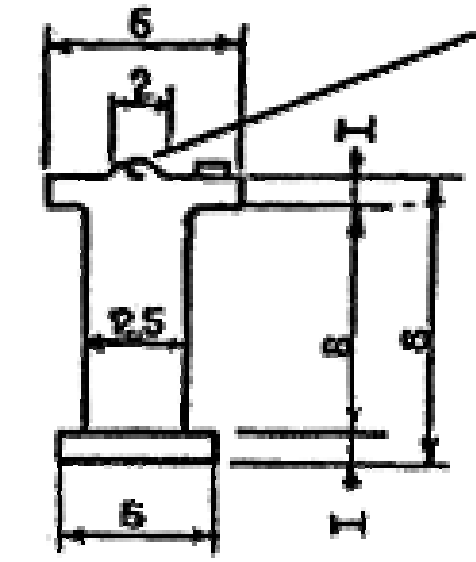
Продовження додатку 2.3

Тимчасовий (робочий) центр пункту полігонометрії 4 класу, 1 і 2 розрядів на ділянках з твердим покриттям



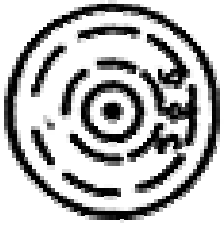
Продовження додатку 2.3

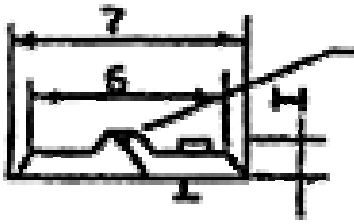
Типи марок планових та висотних мереж



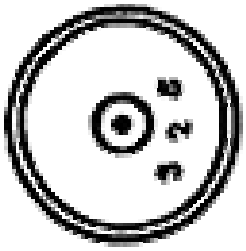
Отвір ∅ 2 та глибиною 5

Марка, яка закладається в бетон





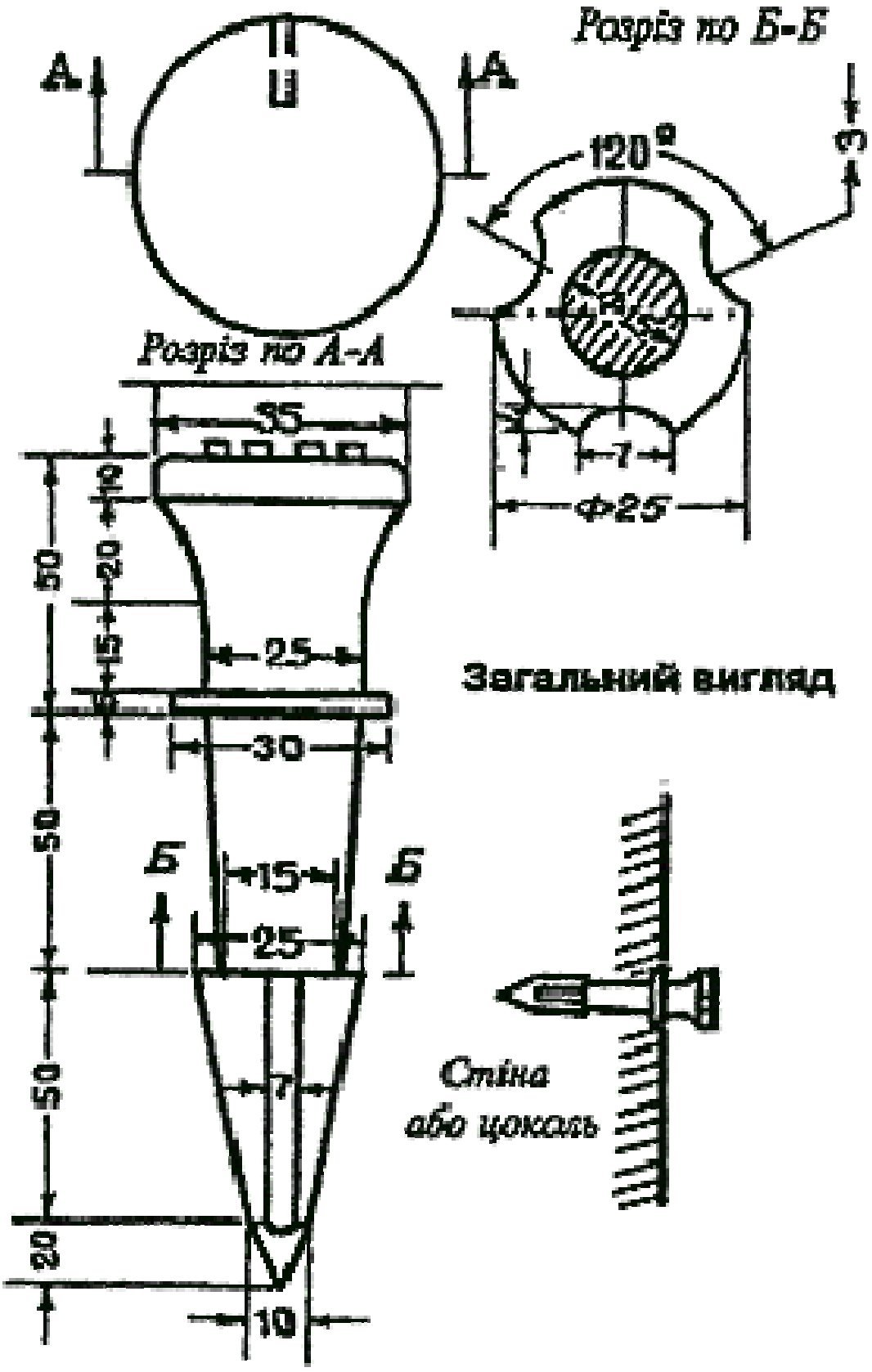
Отвір ∅ 2 та глибиною 5



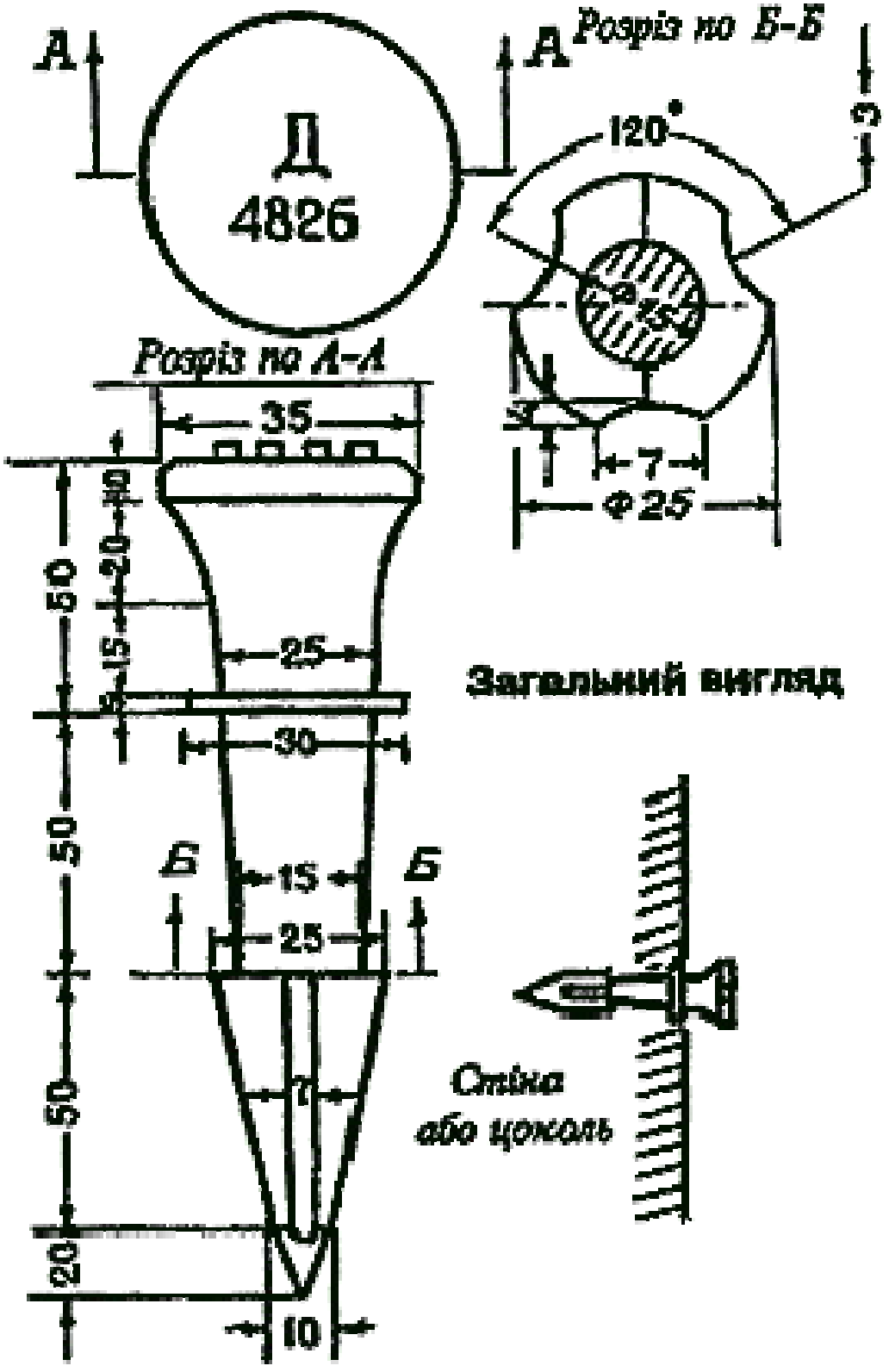
Марка, яка приварюється до металевої труби

Продовження додатку 2.3

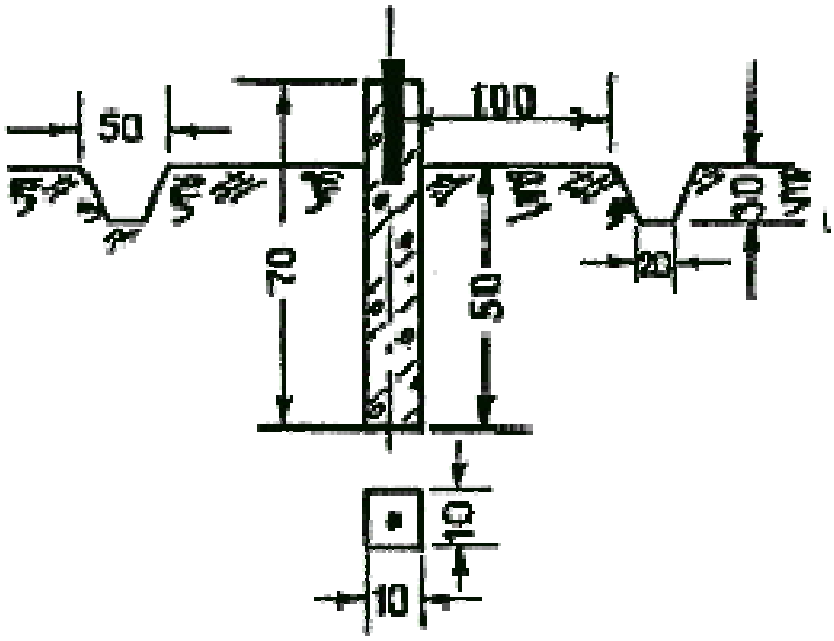
Стінний знак пункту полігонометрії 4 класу, 1 і 2 розрядів (тип 143)



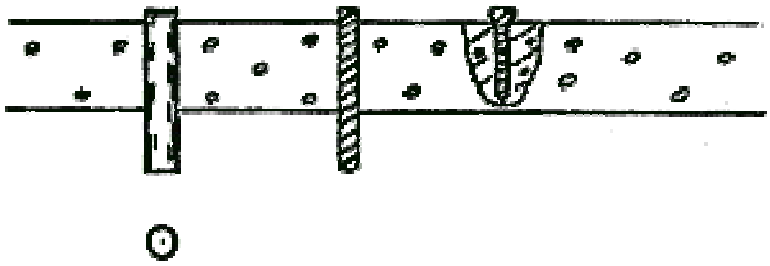
Стінний репер для ліній нівелювання всіх класів (тип 143)



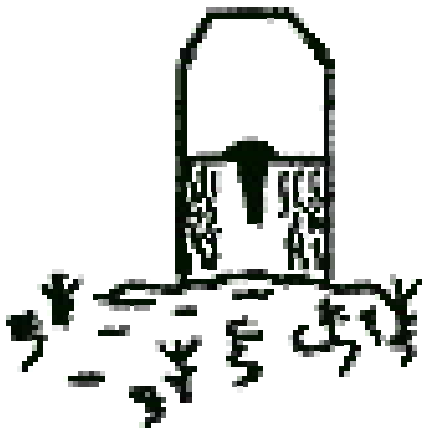
Типи центрів знімальної основи тривалого збереження



Бетонний паралелепіпед



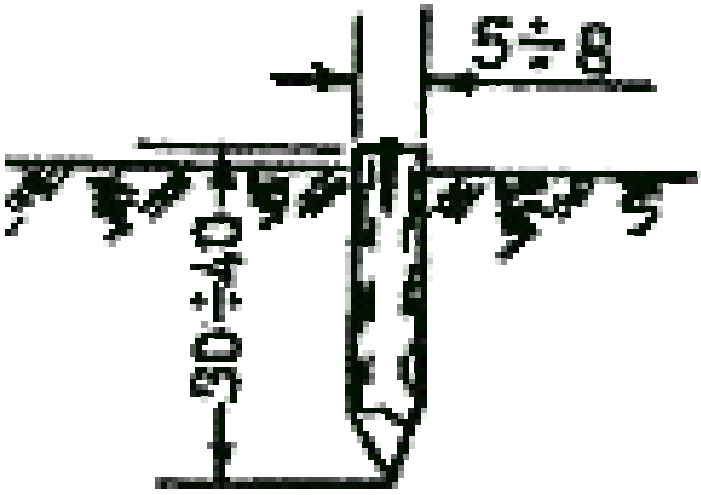
Металева труба, штир, залізничний костиль, які забетоновані (вбиті) в тверде покриття



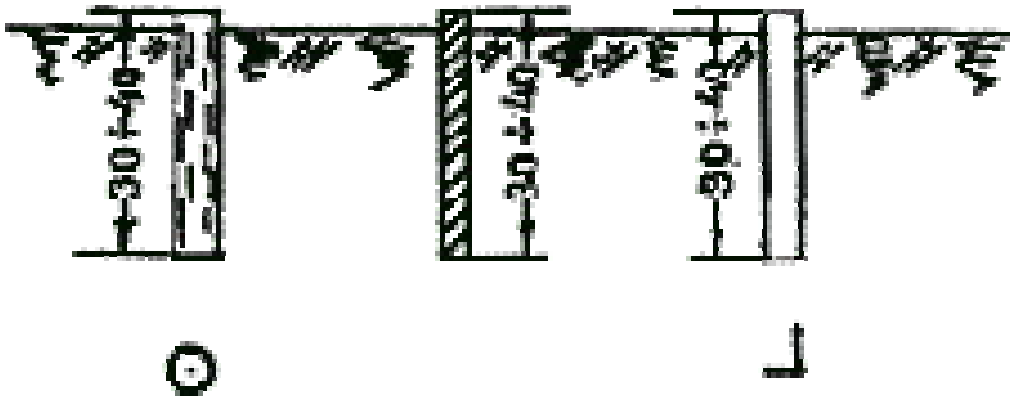
Пень із забитим цвяхом, штирем

Закінчення додатку 2.3

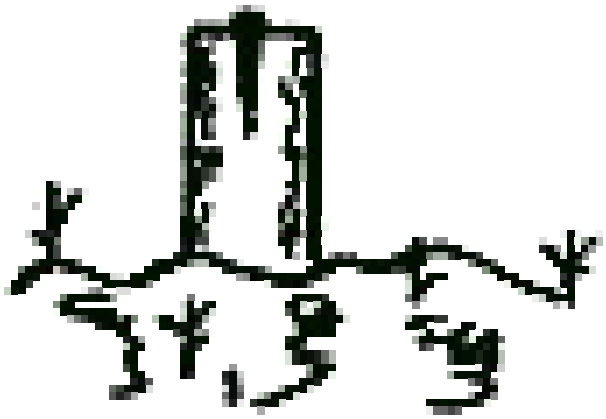
Типи тимчасових центрів знімальної основи
(Розміри дано в сантиметрах)



Кілок із забитим цвяхом



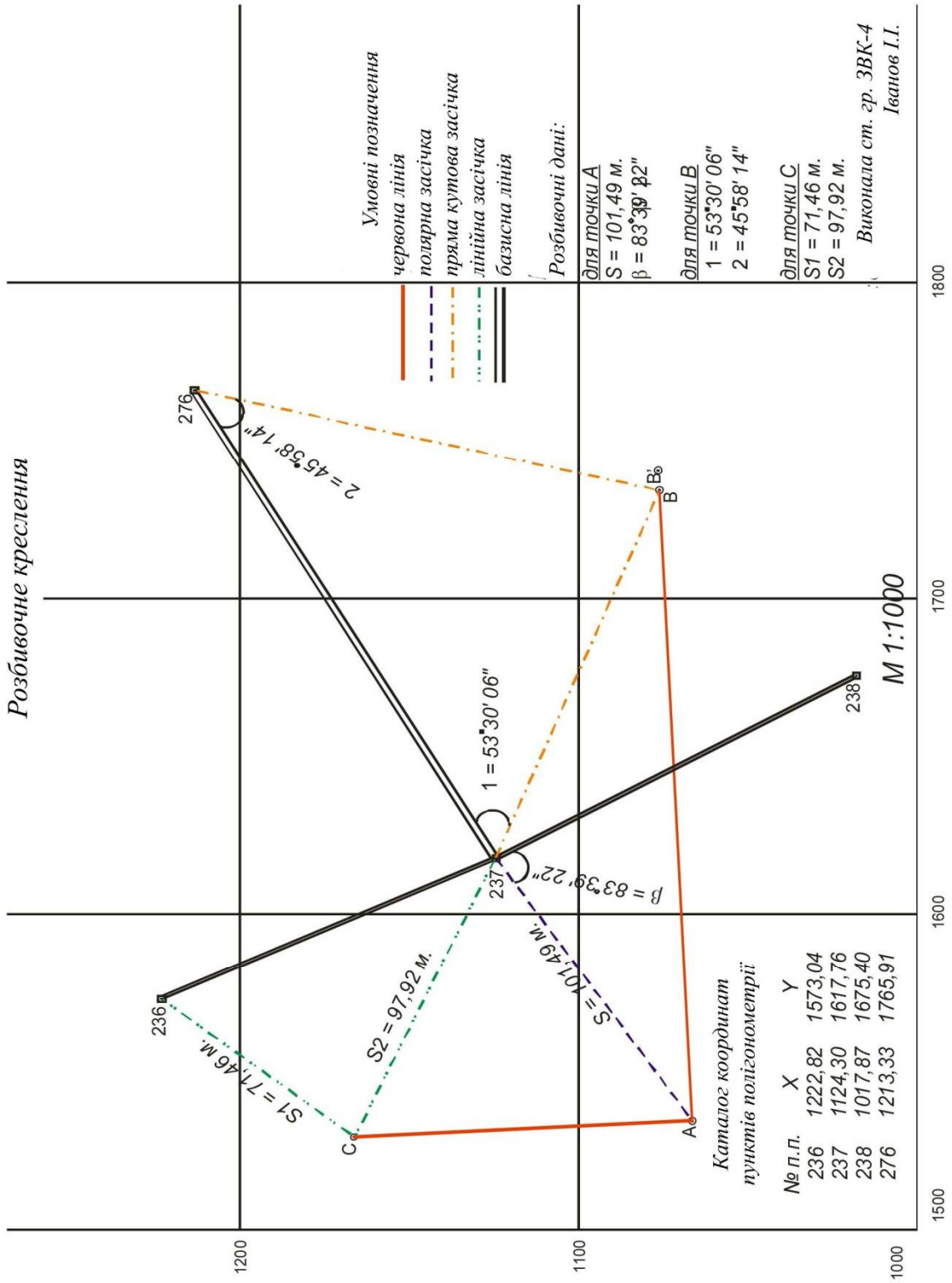
Металева труба, штир, кутова сталь, які забиті в ґрунт



. Штир, цвях у пні

Додаток 4.1

ЗРАЗОК РОЗБИВОЧНОГО КРЕСЛЕННЯ



Додаток 5.1

Міністерство освіти і науки України
Ужгородський Національний університет
Географічний факультет

ЖУРНАЛ

Нівелювання поверхні

Розпочатий: 10.11.2014 р.
Закінчений: 10.11.2014 р.

Прилад: нівелір Н-3

Виконав: студ.

Прийняв:

Ужгород
2015

Продовження додатку 5.1

Дата_____ погода_____ Виконавець_____

Початок год. хв. Кінець год. хв.

Номер станції	Номер пікету	Відліки по рейках			Перевищення						Горизонт приладу	Висота	Примітка
		Задні	Передні	Проміжні	Обчислені		Середні		Ув'язані				
					+	-	+	-	+	-			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	1-а 2-а	0845 5629		 1779									
I	3-а 3-в 2-б			2497 0388 1156									
	1-б 3-б		 1289 6073	0352									
	3-б 4-а	1730 6513		 0270									

Посторінковий контроль

Продовження додатку 5.1

Дата_____ погода_____ Виконавець_____

Початок год. хв. Кінець год. хв.

Номер станції	Номер пікету	Відліки по рейках			Перевищення						Горизонт приладу	Висота	Примітка
		Задні	Передні	Проміжні	Обчислені		Середні		Ув'язані				
					+	-	+	-	+	-			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
II	4-б 4-а 5-а 6-а			1526 2817 2478 1938									
	5-б 6-б		0102 4883										
	6-б 5-в	2534 7318		 1813									
III	6-в 6-г 4-г			1138 0050 1289									

Посторінковий Контроль

Продовження додатку 5.1

Дата_____ погода_____ Виконавець_____

Початок год. хв. Кінець год. хв.

Номер станції	Номер пікету	Відліки по рейках			Перевищення						Горизонт приладу	Висота	Примітка
		Задні	Передні	Проміжні	Обчислені		Середні		Ув'язані				
					+	-	+	-	+	-			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	5-г		0550 5334										
	5-г 5-д	2572 7357		 0970									
IV	6-д 6-е 5-е			0561 0029 0462									
	4-а 4-е		0886 5669										

Посторінковий Контроль

Продовження додатку 5.1

Дата_____ погода_____ Виконавець_____

Початок год. хв. Кінець год. хв.

Номер станції	Номер пікету	Відліки по рейках			Перевищення						Горизонт приладу	Висота	Примітка
		Задні	Передні	Проміжні	Обчислені		Середні		Ув'язані				
					+	-	+	-	+	-			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	4-е 2-д	0277 5060		 2853									
V	3-г 3-д 3-е			2998 2099 1321									
	2-е 1-е 1-д		 2821 7605	1953 2310									
	1-д 1-в	0135 4919		 1515									

Посторінковий Контроль

Закінчення додатку 5.1

Дата_____ погода_____ Виконавець_____

Початок год. хв. Кінець год. хв.

Номер станції	Номер пікету	Відліки по рейках			Перевищення						Горизонт приладу	Висота	Примітка
		Задні	Передні	Проміжні	Обчислені		Середні		Ув'язані				
					+	-	+	-	+	-			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
VI	2-в 2-г 1-г			2074 1462 1153									
	1-а		2438 7224										

Посторінковий контроль:

Контроль по ходу: $\sum h_{\text{теор}} = 0$ $f_h = \sum h_{\text{ср}}$ $f_h =$ $\text{доп} f_h = \pm 5\text{мм}\sqrt{n};$ $\text{доп} f_h = \pm$

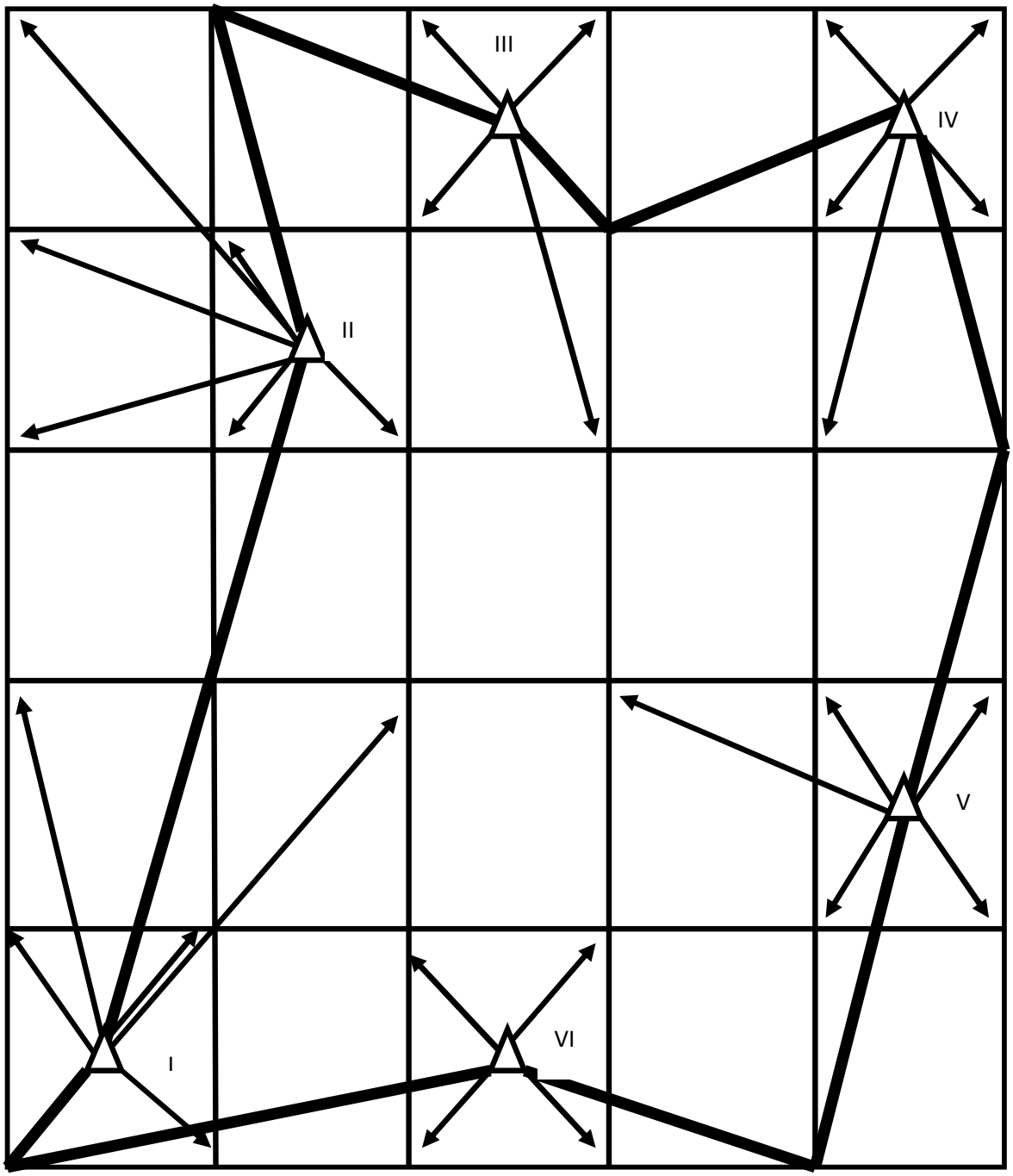
Додаток 5.2

Індивідуальні вихідні дані для виконання розрахунково-графічних робіт

Номер варіанту	Нівелювання поверхні
	$H_{1\text{-}a}$, м
1	101,234
2	119,470
3	123,364
4	137,319
5	141,810
6	100,903
7	167,340
8	103,981
9	140,437
10	139,780
11	100,070
12	140,133
13	109,423
14	128,807
15	100,010
16	102,900
17	100,315
18	98,113
19	85,927
20	71,423
21	103,439
22	105,887
23	90,005
24	111,957
25	120,445
26	137,433
27	135,931
28	157,819
29	150,150
30	141,078

Додаток 5.3

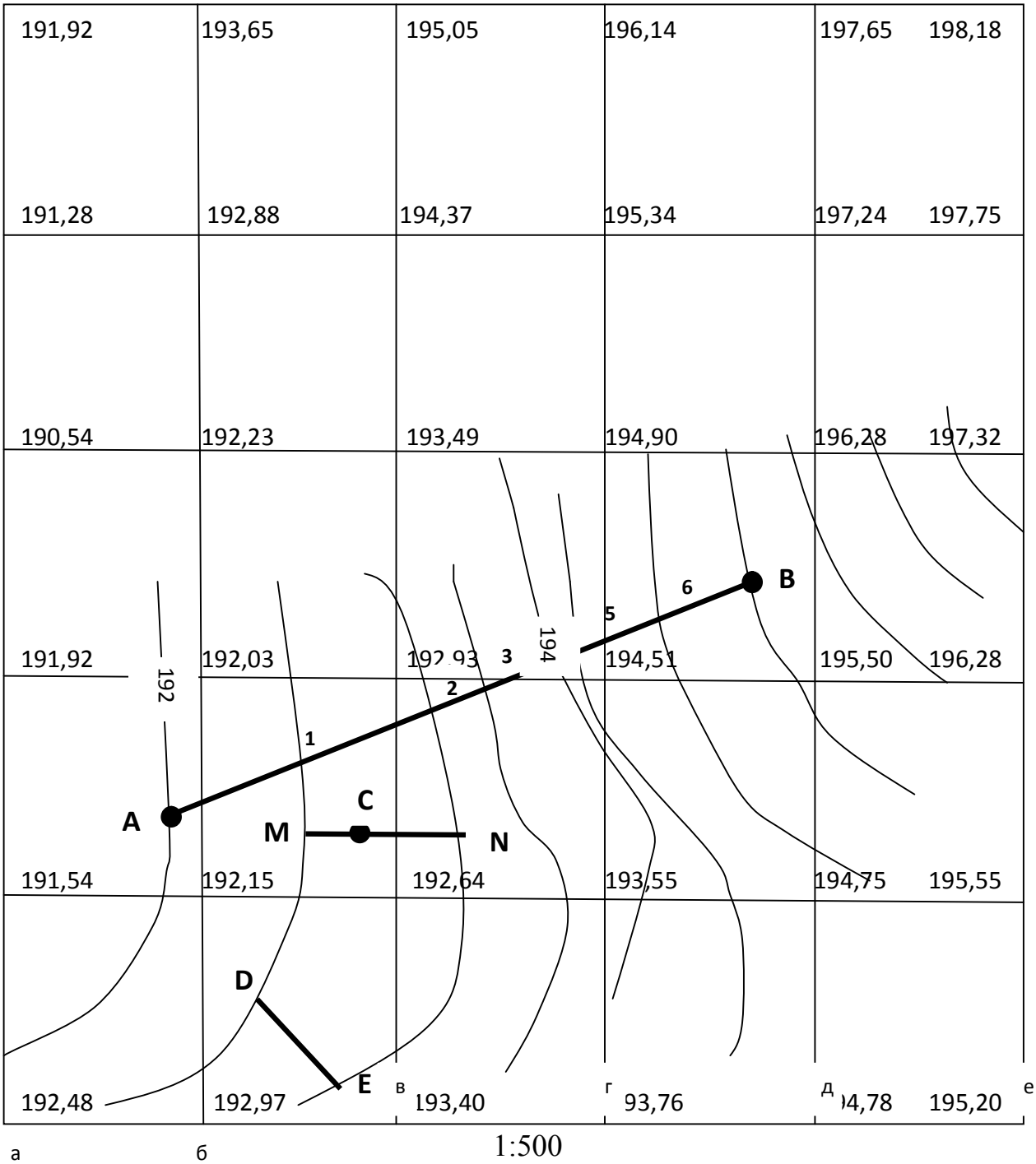
СХЕМА
нівелірної мережі



Додаток 5.4

ПЛАН
будівельного майданчика

Система висот умовна



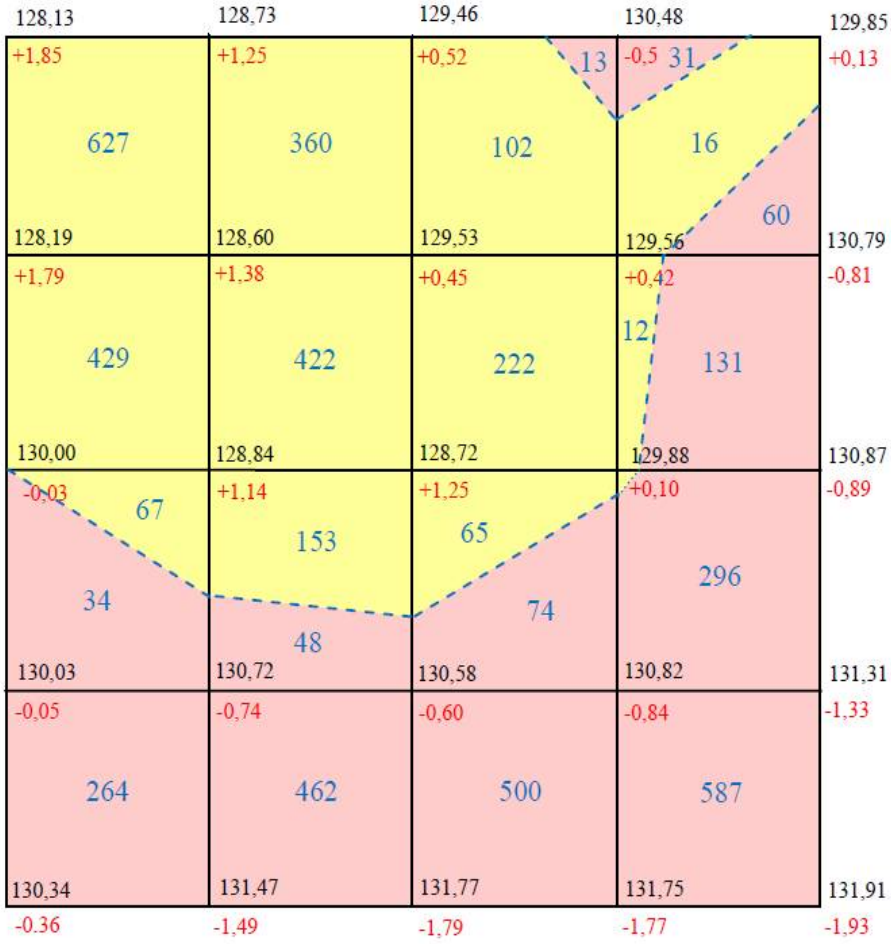
1:500

Суцільні горизонталі проведено через 0,5 м

Додаток 5.5

ПРОЕКТУВАННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО МАЙДАНЧИКА

Система висот умовна



1:500

$H_{пр}$ = 129,98 м

Об’єм земляних робіт в м^3

В	298	510	587	1105	2500
Н	1123	935	389	28	2475

AV * 0,5% < 5%

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Баран П.І. Інженерна геодезія. Київ, ПАТ «Віпол», 2012 р.
2. Балакірський В.Б. та інші Геодезичні роботи при землеустрої, Харків, 2008р.
3. Войтенко С.П. «Інженерна геодезія», Киів, «Знання», 2012 р.
4. ДБН В.1.3-2:2010 ГЕОДЕЗИЧНІ РОБОТИ У БУДІВНИЦТВІ: Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві
5. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 і 1:500
6. Левчук Г.П. Курс инженерной геодезии. М. Недра, 1970.
7. Основні положення про створення Державної геодезичної мережі України. – Постанова Кабінету Міністрів України від 8.06.1998, №144
8. Оцінка точності проекту нівелірної мережі забудованої території. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи/ Дейнека Ю.П., Львів, ДУЛП, 1994 р.
9. Тартачинський Р.М., Дейнека Ю.П., Смирнова О.М. Практикум з інженерної геодезії. Оцінка точності проектів спеціальних геодезичних мереж. Львів, «СТІП», 2001
10. Тартачинський Р.М. Основи інженерної геодезії. Львів, 1999
11. Инструкция по нивелированию I,II,III и IV классов. М., Недра, 1990.