

Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
Географічний факультет  
Кафедра геодезії та картографії

**ПОЛЬОВА НАВЧАЛЬНА ТОПОГРАФІЧНА ПРАКТИКА**  
Навчально-методичний посібник

*для студентів 1 курсу освітнього рівня «Бакалавр»*

*освітня програма – «Картографія»  
галузі знань - 10 Природничі науки  
спеціальність 103 Науки про Землю,*

*освітня програма «Геодезія та землеустрій»  
галузі знань 19 «Архітектура та будівництво»  
спеціальність 193 «Геодезія та землеустрій»*

**Київ - 2020**

Польова навчальна топографічна практика: навчально-методичний посібник / І.О. Підлісецька, М.А. Молочко; За ред. А.М. Молочка. – Київ: Видавництво «Альфа-ПК», 2020. – 42 с.

*Затверджено і рекомендовано до друку вченою радою географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка (протокол № 6 від 20 січня 2020 р.).*

**Рецензенти:**

Міхно О.Г., к. техн. н., доц., доцент кафедри геодезії та картографії Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Білоус В.В., к. техн. н., доц., доцент кафедри геодезії та картографії Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Навчальний посібник призначений для закріплення теоретичних знань з геодезії та топографії, спрямований на оволодіння польовими методами створення мережі згущення геодезичної основи великомасштабного топографічного знімання.

© Підлісецька І.О., Молочко М.А. 2020

© Київський національний університет  
імені Тараса Шевченка, 2020

## *Зміст*

Вступ	4
1. Загальні положення	7
2. Фізико-географічні особливості території проходження практики	8
3. Тематичний план польової навчальної топографічної практики	11
4. Перевірка технічних характеристик геодезичних приладів та устаткування	13
5. Прокладання теодолітних ходів	19
6. Вимірювання довжин сторін теодолітного ходу	21
7. Вимірювання горизонтальних кутів	22
8. Нівелювання точок теодолітного ходу	25
9. Математична обробка результатів вимірювань	27
10. Тахеометричне знімання	32
11. Оформлення результатів тахеометричного знімання	35
12. Оформлення матеріалів, складання та оформлення звіту	37
13. Перелік питань для самопідготовки	38
Список рекомендованих джерел	39
Загальний висновок	40
Додатки	41

## Вступ

Навчальний посібник призначений для самостійної роботи студентів під час проходження навчальної польової топографічної практики. Він складений у відповідності із затвердженими програмами підготовки фахівців на кафедрі геодезії та картографії за профілем їх професійного спрямування з урахуванням кількості годин, відведених на практику, які передбачені навчальним планом.

У навчальному посібнику висвітлюються короткі теоретичні відомості з курсу «Топографія з основами геодезії», з методичними вказівками та рекомендаціями щодо виконання необхідного обсягу різних видів робіт, що виконуються під час проведення навчальної польової топографічної практики. Висвітлюється робота з геодезичними приладами: правила догляду за ними, здійснення перевірок і юстувань, підготовка приладів до польових спостережень та вимірювань вертикальних і горизонтальних кутів та напрямків, відстаней тощо. При укладанні навчального посібника були використані матеріали з організації та проведення навчальних топографо-геодезичних практик, розроблені співробітниками кафедри в попередні роки.

*Польова навчальна топографічна практика, перша студентська практика за планом практичної підготовки фахівців ОР «Бакалавр», завершує на I курсі вивчення дисципліни “Топографія з основами геодезії” та є логічним продовженням навчального процесу. Польова навчальна топографічна практика - невід’ємна складова частина освітньо-професійної підготовки студентів I курсу денної форми навчання: галузі знань - 19 Архітектура та будівництво, спеціальності – 193 геодезія та землеустрій, освітньої програми – геодезія та землеустрій; та галузі знань - 10 Природничі науки, спеціальності – 103 Науки про землю, освітньої програми – картографія. Вона призначена для закріплення теоретичних знань і спрямована на оволодіння методами створення мережі згущення геодезичної основи великомасштабного топографічного знімання. Навчальна практика повинна надати студентам змогу, в теоретико-методологічному відношенні набутти певний обсяг загальнонаукових і професійних (фахових) компетентностей та сформувати уявлення про організацію і здійснення топографо-геодезичних робіт на місцевості, про технологічні схеми спостережень і вимірювань та методику їх виконання.*

*Тривалість польової навчальної топографічної практики студентів I курсу складає 3 тижні. Практика проводиться на I році підготовки фахівців ОР «Бакалавр», в кінці 2 семестру. Загальний її обсяг за навчальним планом становить - 90 год./рік., (3 кр.).*

**Мета та завдання практики.** Метою практики є закріплення та поглиблення теоретичних знань та набуття вмінь і практичних навичок роботи з геодезичними

приладами, виконання комплексу польових геодезичних робіт при розвитку мереж згущення геодезичної основи і створення знімальних мереж, камеральної математичної обробки матеріалів, одержаних в результаті польових геодезичних спостережень та вимірювань, освоєння методики топографічного (тахеометричного) знімання та складання оригіналу топографічного плану місцевості в масштабах 1:500 - 1:1000.

**Основні завдання польової навчальної топографічної практики:**

*В результаті проходження практики студенти повинні:*

- одержати практичні навички з організації польових та камеральних топографо-геодезичних робіт;
- досконало вивчити будову, відповідність технічним вимогам і дотримання умов перевірки придатності до роботи та здійснення юстування оптичних теодолітів-тахеометрів, нівелірів і віддалемірів різних конструкцій, оволодіти методикою роботи з ними;
- вміти проводити рекогностувальні роботи на місцевості;
- ознайомитися з методами і способами створення планово-висотної знімальної основи: з технологією прокладання теодолітних ходів, ходів технічного нівелювання, здійснення планового (горизонтального) та висотного топографічного та кадастрового видів знімань;
- вміти виконувати побудову планово-висотної основи для топографічного знімання в масштабах 1:500 – 1:1000;
- одержати практичні навички роботи з вітчизняним оптичним теодолітом типу ЗТ5КП і ознайомитись з його аналогом – електронним тахеометром типу South-4D китайського виробництва, нівелірами типу НЗ, та Sokkia B40;
- опанувати методику спрощеної математичної обробки результатів геодезичних вимірювань – зрівнювання суміжних полігонів за методом професора В.В. Попова (спосіб «червоних чисел»);
- вміти виконувати наземне топографічне знімання тахеометричним методом в масштабах 1:500 – 1:1000, реалізовувати різні варіанти технічного нівелювання (нівелювання вперед, нівелювання із середини, поздовжньо-поперечне нівелювання, нівелювання площ по квадратах тощо);
- засвоїти основні принципи та правила графічної побудови топографічного плану на чистій основі та скласти топографічний план в масштабі 1:500 (1:1000) за матеріалами польових топографічних знімань;
- вивчити правила охорони праці та техніки безпеки при виконанні топографо-геодезичних робіт.

**Об'єкт навчальної практики** - земна поверхня з системою геометрії її елементів, їхнє просторове розміщення, властивості та взаємозв'язки.

**Предмет** – побудова планово-висотних знімальних мереж, методи та способи топографічного знімання як комплексу вимірювальних, обчислювальних, графічних та інших видів топографо-геодезичних робіт.

**Вимоги до знань та вмінь.** Геодезія і топографія розвиваються в тісному зв'язку з такими науками як: географія, картографія, геологія, геоморфологія, геофізика, гідрологія та метеорологія, біогеографія та ґрунтознавство, математика та геоінформатика, фізика, оптика, радіоелектроніка та ін. Для засвоєння програми навчальної практики та набуття вмінь та навичок виконання геодезичних робіт і топографічного знімання студенти повинні володіти базовими знаннями з вищеназваних дисциплін та знати основні принципи, методи та способи виконання польових геодезичних робіт.

## 1. Загальні положення

Основним завданням навчальної польової топографічної практики є практичне закріплення теоретичних знань студентів, отриманих під час прослуховування теоретичного курсу «Геодезія з основами топографії» та набуття нових знань, вмінь та навичок в галузі геодезії та картографії.

Під час практики студенти організовуються в бригади в складі 5-7 осіб, які очолюють бригадири. Кожна бригада в повному обсязі виконує передбачені програмою практики роботи. Кожен студент в бригаді повинен ознайомитися з усіма видами геодезичних спостережень та вимірювань і особливостями їх камеральної обробки. Ці види робіт виконуються у відповідності до існуючих інструкцій і настанов та методичних вказівок, з використанням рекомендованої літератури. При виконанні запланованих видів робіт обов'язкова участь усіх членів бригади. Основні обов'язки бригадира – встановлення черговості виконання членами бригади всіх видів робіт, підтримання певного рівня виконавської дисципліни в бригаді, забезпечення збереження інструментів та матеріалів.

Бригада приступає до виконання кожного наступного виду робіт лише після завершення виконання попереднього етапу роботи і пред'явлення викладачеві всіх одержаних польових матеріалів.

Залік з практики приймається викладачем по закінченні всіх, передбачених програмою, польових і камеральних робіт. Документація по практиці брошурується в папці, на титульній сторінці якої, серед інших обов'язкових атрибутів, вказується номер і склад бригади, прізвище керівника, місце і дату проведення практики.

На звороті складається пронумерований перелік документів по кожному виду робіт.

Студенти повинні суворо дотримуватися норм поведінки і правил внутрішнього розпорядку, встановлених на навчальній практиці.

### **Інструкція з правил техніки безпеки**

*Для запобігання нещасних випадків і травматизму на практиці слід суворо дотримуватися трудової дисципліни та правил охорони праці і техніки безпеки, зокрема:*

- ретельно перевіряти кріплення ручок і ременів на футлярах інструментів при їх перенесенні;
- складні і розсувні рейки повинні бути міцно закріплені в місцях з'єднання;
- сокири, молотки повинні бути щільно насажені на ручках і надійно заклинені;
- обережно поводитися з штативами і віхами, що мають металеві наконечники;

- забороняється використовувати рейки, віхи для перенесення інструментів, а також перекидати один одному шпильки і віхи;
- проявляти обережність при змотуванні і розмотуванні мірної стрічки;
- по можливості зводити до мінімуму роботу на проїжджій частині вулиць і доріг тощо.

## **2. Фізико-географічні особливості території проходження практики**

Практика організовується на території Богуславського навчально-наукового постійно діючого природно-гідроекологічного полігону. Це відокремлений «базовий» структурний підрозділ географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка, де здійснюється освітня і практична навчально-виховна і науково-методична робота, щодо засвоєння положень певних навчальних дисциплін зі студентами фахової підготовки в т.ч. з ряду споріднених спеціальностей і спеціалізацій, за якими університет здійснює ліцензовану підготовку фахівців освітнього рівня «бакалавр» та «магістр» і забезпечує їх здатність до наукової, науково-дослідної та науково-технічної і господарської діяльності за відповідними напрямками професійного спрямування базової вищої освіти.

*Коротка історична довідка.* Серед багатьох важливих для держави досліджень саме розвиток гідрологічних науково-експериментальних досліджень в Україні спонукав до створення відповідного полігону для вирішення значної кількості водногосподарських задач. Обґрунтування вибору місця розташування і обладнання такого полігону здійснювалось у відповідності з цілями і програмою, яка була сформульована одним з основоположників гідрологічної науки в Україні д.т.н., професором А.В. Огієвським (1894-1952).

Район Богуславського експериментального гідрологічного полігону в результаті детального обстеження в 1938 році, був визначений характерним для лісостепової зони правобережної України. Він задовольняв потреби постановки стандартних та експериментальних спостережень по вивченню процесів формування стоку, випаровування, інфільтрації, динаміки вологозапасів та снігового покриву, режиму випадання атмосферних опадів як на відкритих так і заліснених водозборах, в умовах глибокої розчленованості рельєфу та значної різновидності ґрунтів.

Гідрологічні дослідження того часу були зконцентровані в інституті гідрології і гідротехніки АН УРСР на який і було покладено завдання відкриття науково-дослідної гідрологічної станції.

Названа станція була організована в 1939 році. Побудовані в 1938-1940 рр. гідрометричні споруди станції були зруйновані під час війни, а матеріали спостережень за



довоєнний період не збереглися. Відбудова і значне розширення станції почалось в 1946 році, у відповідності до постанови Ради Народних Комісарів УРСР і ЦК КП(б)У за № 554 від 7 квітня 1945 року.

В 1946 році на лівому схилі долини р. Рось було відкрито метеостанцію та розпочато спостереження за рівнем та хімічним складом води р. Рось, де було побудовано паливний водомірний пост. В цей час розпочато інтенсивне будівництво нових гідрометричних споруд. До 1952 р. були побудовані гідрометричні споруди на р. Бутеня, балки Лучки, Лісна-2, р. Богуславка. В період 1946-1952 рр. розгорнуто значну опадомірну мережу на площі біля 70 км<sup>2</sup> і розпочато спостереження над сніговим покривом, вологістю ґрунту, промерзанням та випаровуванням з поверхні ґрунту і водної поверхні.

Внаслідок реорганізації інституту гідрології і гідротехніки в 1963 році і передачі робіт по гідрології Українському науково-дослідному гідрометеорологічному інституту (Укр. НДГМІ) було передано в його відання і Богуславську науково-дослідну гідрологічну станцію, яка в цьому ж році була перейменована в «Богуславську польову експериментальну гідрологічну базу». Після 1963 року програма робіт була частково змінена і доповнена в напрямку вивчення водної ерозії, у зв'язку з чим, були організовані спостереження над стоком твердих виносів на річках, балках і стокових площадках басейнів р. Бутені і р. Богуславки. Були побудовані гідрометричні споруди і розпочато спостереження на польових водозборах Плоский (1964 р.), Придорожній (1968 р.), що мають незначний нахил. В цей період на базі розпочалися агрометеорологічні спостереження, дані яких використовувалися для агрометеорологічного обґрунтування діяльності господарств Богуславського району. Проводилось опробування методик агрометеорологічних прогнозів, розроблених в Укр НДГМІ. У відповідності з наказом директора Укр НДГМІ та розширенням профілю робіт в 1991 році база перейменована в гідрометеорологічну. В 1964-1970 рр. спільно з експедицією Київського геологічного тресту розпочалося детальне вивчення режиму підземних вод. З цією метою обладнано 56 гідрологічних свердловин. Перші друковані «Матеріали спостережень Богуславської науково-дослідної станції за 1947-1954 рр.» випущено в 1956р. Цей випуск включав в себе тільки дані спостережень над опадами, сніговим покривом, промерзанням ґрунту і метеорологічними елементами. Починаючи з 1964 року розпочалося публікування «Матеріалів спостережень Богуславської ПЕГМБ» в які увійшли всі види спостережень за компонентами водного балансу.

В 1974 р. в зв'язку з побудовою нового комплексу «Гідробаза» вище по течії р. Рось на захід від будівлі старої бази, на нове місце були перенесені метеостанція «Богуслав»,

стокові і воднобалансові площадки, пункти для спостережень за випаровуванням з поверхні ґрунту та води, промерзанням та інші. Аварія на ЧАЕС спричинила забруднення значної території України радіонуклідами. В 1986-1994 рр. співробітники Богуславської гідробазис вели обстеження південної частини Київської області на території Богуславського, Миронівського, Таращанського та, Рокитнянського районів. В той же час, інтенсивний розвиток промислового виробництва в кінці 80-х років призвів до різкого забруднення довкілля і, особливо, верхніх шарів атмосфери. В 1989 р. на базі створюється озонметрична станція, яка зареєстрована в Міжнародному центрі по вивченню озону в м. Торонто (Канада) під № 33343. Починаючи з 1981 р. на території бази відбувається створення гідролого-гідрохімічного стаціонару Київського національного університету імені Тараса Шевченка, де стають проходити практику студенти географічного факультету кафедри гідрології та гідроекології, а невдовзі і кафедри метеорології та кліматології. Особливо тісне співробітництво між базою і Університетом розпочалось з 1999 р., коли тут починають проводити топографо-геодезичні види практик викладачі кафедри геодезії та картографії для своїх студентів та курсантів-картографів Військового інституту (ВІКНУ) і було заключено угоду між КНУ та Укр.НДГМІ про спільне використання бази – її приміщень і території.

У відповідності з Угодою про спільне використання гідрометричних постів бази студенти університету почали інтенсивно використовувати пальовий водомірний пост на р. Рось, де крім визначення рівня води проводять спостереження і роботи з визначення витрат води, здійснюють складні геодезичні та гідрографічні вимірювання у прибережній зоні та частині лісгосподарської території на західній околиці м. Богуслав, де є потреба проводити комплексну науково-обґрунтовану природоохоронну діяльність.

#### ***Основні завдання та повноваження полігону.***

Основними завданнями Богуславського навчально-наукового постійно діючого природно-гідроекологічного полігону Київського національного університету імені Тараса Шевченка є:

- забезпечення підготовки висококваліфікованих фахівців академічного рівня, здатних оволодіти глибокими теоретичними та прикладними знаннями, вміннями та навичками проведення широкого кола польових спостережень та наукових досліджень;
- виконання науково-дослідних робіт для здійснення різноманітних видів діяльності безпосередньо в природному середовищі;
- догляд за прибережною захисною смугою та захисними лісонасадженнями р. Рось і на території полігону та підтримання їх в належному стані згідно Ст. 89 Водного кодексу України та Ст.Ст. 55, 57, 61 Земельного кодексу України.

За поданням Ректора університету, згідно з рішенням виконавчого комітету Богуславської міської ради № 68/3 від 19 березня 2003 року, університет має визначену для постійного користування площу земельної ділянки розміром 17, 9034 га (в двох частинах, розділених автодорогою Богуслав-Карапиші) та присвоєну юридичну адресу по вул. Мисайлівській, 136 – від будинку № 133 до межі з Богуславським підприємством ЕДВКГ “Київоблводоканал” на якій здійснюється:

- проведення занять студентів усіх форм навчання за програмами польових навчальних та виробничих практик, передбачених освітньо-професійними програмами підготовки фахівців, згідно з програмами загальнонаукових і спеціальних курсів, та забезпечення їх відповідною навчально-методичною літературою (методиками, настановами, інструкціями тощо);
- у сфері науково-дослідницької роботи – проведення фундаментальних (теоретико-методологічних) та прикладних (експериментальних) досліджень, розробка нових наукових напрямів, виконання відповідних розділів державних наукових програм, комплексних міжкафедральних, міжфакультетських та міжвузівських наукових досліджень із залученням студентів, аспірантів та докторантів до науково-педагогічної та наукової роботи;
- виконання планів міжнародного співробітництва університету або факультету (інституту) із зарубіжними партнерами в галузі навчально-методичної та наукової роботи відповідно до угод, що укладаються університетом або за його дорученням факультетом через створення умов для проведення наукової роботи, надання матеріалів довготривалих систематичних спостережень та одержаних результатів досліджень, сприяння підготовці фахівців вищої кваліфікації з числа аспірантів, докторантів та стажерів наукових установ всіх рівнів;
- сприяння відродженню, збереженню та пропагуванню національних наукових надбань і традицій, проведення історико-культурної та просвітницької діяльності;
- дотримання належних умов охорони здоров'я, праці, відпочинку та оздоровлення людей в процесі їх життєдіяльності на виділеній території;
- проведення заходів по догляду за прибережною захисною смугою разом з захисними лісонасадженнями р. Рось та підтримання їх в належному стані, контроль за дотриманням природоохоронного законодавства.

### **3. Тематичний план польової навчальної топографічної практики**

Програмою практики передбачено проведення підготовчих робіт, виконання кутових і лінійних вимірювань при прокладанні теодолітних ходів, вирівнювання і

обчислення планових і висотних координат пунктів геодезичної мережі та мережі згущення, а також прокладання ходів технічного нівелювання, вирівнювання і обчислення висот опорних пунктів тахеометричного знімання території, складання великомасштабного плану за матеріалами топографічного знімання.

Розподіл часу за окремими темами практики наведено в табл. 1.

Таблиця 1

**Види робіт та час їх виконання у годинах**

№	Види і назва робіт	Кількість годин
<b>Організаційні та підготовчі роботи</b>		
1.	Інструктаж з правил техніки безпеки при виконанні топографо-геодезичних робіт. Розподіл студентів по бригадам.	1
2.	Отримання приладів та топографо-геодезичного обладнання.	1
3.	Основні перевірки та юстування теодоліта-тахеометра.	2
4.	Компарування рулетки (мірної стрічки).	1
5.	Основні перевірки та юстування нівеліра.	2
<b>Прокладання теодолітних ходів</b>		
6.	Рекогностування. Закріплення точок теодолітних ходів. Складання робочої схеми ходів.	2
7.	Вимірювання горизонтальних кутів.	10
8.	Вимірювання довжин сторін теодолітних ходів за допомогою рулетки (світловіддалеміра).	4
9.	Обчислення польових журналів та оформлення схем знімальної мережі.	4
10.	Обчислення координат точок окремого теодолітного ходу. Вирівнювання системи теодолітних ходів (спільне зрівнювання суміжних полігонів). Складання каталогу координат опорних точок.	4
<b>Технічне нівелювання</b>		
11.	Нівелювання точок теодолітного ходу.	4
12.	Обчислення польових журналів. Визначення перевищень по ходам та оформлення схем висотної знімальної мережі.	2
13.	Обчислення висот точок окремих нівелірних ходів та спільне зрівнювання суміжних полігонів висотної мережі знімальних точок. Складання каталогу висот точок.	3
<b>Топографічне знімання</b>		
14.	Виконання тахеометричного знімання зі складанням абрисів та веденням журналів спостережень та вимірювань. Польові роботи	30
15.	Камеральні роботи. Обчислення журналів та оформлення абрисів тахеометричного знімання.	3
16.	Складання та оформлення топографічного плану.	14
17.	Оформлення звіту з практики.	Впродовж терміну практики
18.	Підготовка та передача приладів та приладдя на зберігання в геокамері.	1
19.	Залік.	2
Всього:		90

Практика передбачає вивчення інструкцій з техніки безпеки і охорони праці, основних правил по догляду за геодезичними приладами, положення про відповідальність за збереження приладів і устаткування, технічних інструкцій і документів щодо виконання топографо-геодезичних робіт.

#### **4. Перевірка технічних характеристик геодезичних приладів та обладнання**

##### ***Геодезичні прилади та геодезичне обладнання***

Кожна бригада отримує для виконання конкретних видів робіт на час практики необхідні прилади, інструменти, геодезичне обладнання та посібники, за які вона несе матеріальну відповідальність.

Отримані прилади та інструменти повинні бути уважно оглянуті з метою визначення їх комплектності та придатності до роботи. При огляді звертають увагу на плавність руху підйомних, затискних і навідних гвинтів. Наприклад, туге обертання підйомних гвинтів, свідчить про надмірне затягування станового гвинта, який слід дещо послабити. Якщо навідні гвинти мають «мертвий хід», їх слід встановити в середнє положення, попередньо відкріпивши затискні гвинти.

При порушенні плавності ходу рухомих частин геодезичних приладів та інструментів не слід докладати фізичних зусиль, а виявивши причину несправності, усунути її під керівництвом викладача.

Забороняється розбирати прилади і обертати юстувальні гвинти за відсутності викладача. При виявленні несправностей бригадир ставить до відома керівника, і разом з дефектною відомістю інструмент передається відповідальній особі для його заміни або ремонту.

***При користуванні геодезичними приладами та інструментами необхідно дотримуватися таких правил:***

1. Переносять прилад зі станції на станцію у вертикальному положенні, на штативі зі складеними ніжками. Труба при цьому повинна бути повернена об'єктивом вниз, а всі затискні гвинти - закріплені.

2. Забороняється залишати інструмент без нагляду, притуленим до стінок будинків, парканів, стовбурів дерев тощо.

3. При роботі з мірної стрічкою і рулеткою необхідно стежити за тим, щоб вони не скручувалися і не утворювали «вузлів». Не можна стрічку і рулетку волочити по землі, залишати на проїжджій частині доріг. Після роботи стрічку і сталеву рулетку протирають сухою ганчіркою або папером, по закінченні робіт змащують. Стрічки й рулетки здаються сухими і пред'являються до сховища тільки в розгорнутому вигляді.

4. Необхідно також рейки оберігати від вологості, ударів, стирання поділок. П'ятки рейок повинні бути завжди чистими.

5. До здачі заліку бригада допускається тільки при наявності довідки про здані в справності інструменти, прилади, інший інвентар та пособники.

Перед початком роботи кожна бригада повинна виконати необхідні перевірки і дослідження геодезичних приладів та визначити їх придатність до роботи.

#### **Перевірка технічних характеристик теодоліта-тахеометра**

1. *Візуальний огляд приладу.*
2. *Перевірка оптичної системи.*
3. *Дієдатність установочних гвинтів, механізмів і пристроїв*
4. *Перевірка рівня при алідаді горизонтального круга*

Геометрична умова перевірки 4-го з вказаних положень, така: вісь циліндричного рівня при алідаді горизонтального круга повинна бути перпендикулярною до вертикальної вісі обертання теодоліта. Перевірка проводиться таким чином. Прилад приводиться у робоче положення, при якому вертикальна вісь має бути розташована прямовисно. Процес приведення вісі у прямовисне положення називають горизонтуванням приладу. Під час перевірки установлюють циліндричний рівень при алідаді горизонтального круга паралельно до напрямку будь-якої пари підйомних гвинтів. Рівномірно та одночасно обертаючи їх у протилежні боки, приводять бульбашку циліндричного рівня до нуля-пункту. Відпускаючи закріплюючий гвинт алідади повертають прилад на  $90^\circ$  і діючи третім підйомним гвинтом, знову приводять рівень у нуль-пункт. У разі необхідності дії повторюють, повертаючи алідаду на  $180^\circ$ . Якщо при цьому відхилення бульбашки не перевищує половини поділки дуги циліндричного рівня, то умова виконана. Якщо ні, то перевірку повторюють. Виправлення положення бульбашки циліндричного рівня при її відхиленні від нуля-пункту більш ніж на 2 поділки відбувається за допомогою підйомного гвинта теодоліта на половину дуги відхилення та виправним гвинтом рівня на іншу половину.

#### ***Перевірка сітки ниток.***

Геометрична умова полягає у тому, що вертикальна нитка сітки ниток візирної труби має займати прямовисне положення. Перевірка проводиться так: спочатку наводиться права частина сітки ниток на вертикальний об'єкт так, щоб горизонтальна нитка була перпендикулярною до нього. Потім, за допомогою гвинта горизонтального круга теодоліта, сітку ниток зміщують так, щоб права частина сітки стала на місце лівої. Якщо відхилення не спостерігається і горизонтальна лінія сітки була перпендикулярною до вертикальної в обох випадках – то умова виконана.

Слід зазначити, що перевірка виконується, тоді коли зорова труба знаходиться у положенні, близькому до горизонту. У разі невиконання геометричної умови, відкріплюється захисне кільце біля окуляра, послаблюються фіксуючі гвинти і сітка ниток обережно встановлюється у правильне положення, після чого гвинти закріплюються, а захисне кільце закривається.

#### ***Перевірка колімаційної похибки***

Геометрична умова перевірки така: візирна вісь зорової труби повинна бути перпендикулярною до горизонтальної вісі обертання труби. Порядок виконання перевірки такий. Спочатку приводять прилад у робоче положення. Після чого, виконується візування на віддалений предмет, близький до горизонту труби і береться відлік на горизонтальному крузі при положенні вертикального круга «ліво». Потім, виконується аналогічна операція спостереження на предмет при крузі «право». Внаслідок чого, за формулою  $C=(КЛ-КП+180)/2$  розраховується значення колімаційної похибки - «С», величина якої порівнюється з допустимою. Якщо значення колімаційної похибки дорівнює  $0^{\circ}0'$ ,” прилад є придатним до роботи. Якщо значення похибки вище від допустимого, тоді виконується її виправлення, що проводиться таким чином: за допомогою мікрометричного гвинта встановлюється правильний відлік на горизонтальному крузі теодоліта (при цьому зображення візирної цілі зійде із об'єкту візування), після чого, відкріплюється захисний ковпачок сітки ниток і ослабивши горизонтальний гвинт сітки відбувається переміщення сітки за допомогою шпильки. Після цього, перевірка колімаційної похибки повторюється. Загалом, ця похибка усувається методикою вимірювання горизонтального куту двома прийомами: при крузі «право» (КП) та крузі «ліво» (КЛ) з виведенням середнього значення вимірюваного кута (напрямку).

#### ***Перевірка горизонтальної вісі обертання труби.***

Геометрична умова перевірки така: вісь обертання труби повинна бути перпендикулярною до вісі обертання теодоліта. Перевірка виконується таким чином: теодоліт приводиться у робоче положення. На відстані 10-20 м від вертикальної стіни, круто нахиливши трубу вгору, вибирають на ній довільну точку А і проєктують її на горизонт при крузі «ліво» (КЛ). Потім повертають теодоліт на  $180^{\circ}$  до положення (КП) вертикального круга і повторюють дії. Якщо відстань між спроектованими на горизонт точками складає 4 мм чи більше – геометрична умова не виконується і похибку треба виправляти. Виправлення даної похибки відбувається у оптико-механічних майстернях.

#### ***Перевірка місця нуля (МО) вертикального круга теодоліта***

Місце нуля - це таке положення зорової труби, коли відлік по вертикальному кругу дорівнює нулю, а бульбашка рівня при вертикальному крузі знаходиться в нуль-пункті,

при цьому труба встановлена горизонтально. Виконання перевірки таке: прилад при крузі «ліво» (КЛ) наводиться на віддалений предмет ( $20^\circ$  від горизонту) після чого береться відлік по вертикальному кругу. Потім повторюється процедура наведення на цей же предмет при крузі «право» (КП) і перевіряється відхилення значення виміряного кута за формулою  $MO = (Л - П) / 2$  (для певного класу теодолітів, типу Т30). Якщо місце нуля (МО) теодоліта становить  $1'$ , то таке значення визначається як допустиме при виконанні тахеометричного знімання. У разі недопустимості значення (МО) проводиться виправлення шляхом юстування. За допомогою елеваційного гвинта труби теодоліта встановлюється правильний відлік на вертикальному крузі (при цьому зображення предмета відійде від горизонтальної нитки на певну величину). У компенсаторних теодолітів, вертикальними виправними гвинтами сітки ниток добиваються суміщення візирної цілі і горизонтальної нитки.

### **Перевірки нівеліра**

1. *Візуальний огляд приладу.*
2. *Перевірка великого циліндричного рівня нівеліра*

Геометрична умова перевірки така: вісь циліндричного рівня має бути паралельною вертикальній вісі обертання нівеліра. Виконання даної умови необхідне для приведення приладу в горизонтальне положення. Перевірка виконується таким чином, круглий рівень грубо устанавлюється паралельно будь-якої пари підйомних гвинтів і рівномірно та одночасно обертаючи їх у протилежні боки приводять бульбашку рівня у середнє положення відносно концентричних кіл круглого рівня. Далі, діючи тільки третім підйомним гвинтом приводять бульбашку круглого рівня у нуль пункт. Після цього перевіряють великий циліндричний рівень, встановлюючи трубу нівеліра у напрямку двох підйомних гвинтів, якими виводять бульбашку рівня в нуль-пункт. Далі, повертають трубу нівеліра на  $180^\circ$ , при цьому бульбашка рівня не повинна відхилитись більше, ніж на половину поділки від нуль-пункта. Якщо відхилення більше, положення бульбашки вирівнюють підйомними гвинтами. Дана перевірка обов'язкова при кожному новому встановленні приладу в пункті нівелювання.

### ***Перевірка сітки ниток***

Ця умова перевіряється так само, як і у теодоліта. Якщо умова не дотримується, то прилад відправляється на юстування, яке є подібним до юстування при виправленні колімаційної похибки теодоліта.

### ***Перевірка головної умови нівеліра.***

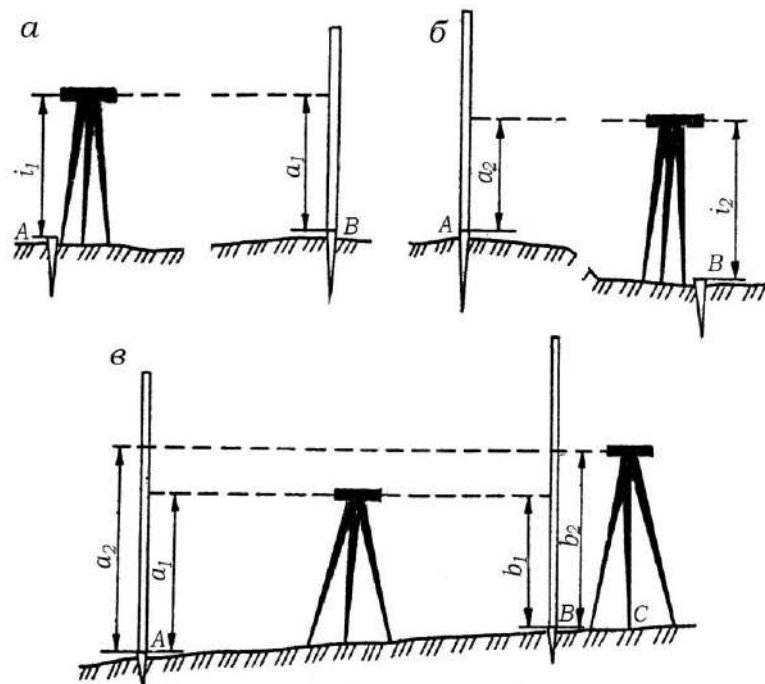
*Вісь циліндричного рівня повинна бути паралельною візирній вісі труби (перевірка головної умови нівеліра).* Для виконання перевірки обирають якомога більший



горизонтальний майданчик. На відстані 50 - 70 м в землю забивають два кілочки або костилі. Нівелір по окуляру встановлюють над точкою  $A$  і приводять його у робочий стан (рис. 1,  $a$ ). Вимірюють рейкою висоту приладу  $i_1$  з точністю до 1 мм. Висотою нівеліра є відстань від землі (торця кілочка) до центру об'єктива (окуляра). Беруть відлік  $a_1$  по рейці, встановленій на точці  $B$ . Потім, міняють місцями нівелір і рейку (рис. 1,  $b$ ) і вимірюють  $i_2$  та  $a_2$ . Обчислюють похибку  $x$ , зумовлену недотриманням головної умови:

$$x = \frac{a_1 + a_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2};$$

Якщо абсолютне значення величини « $x$ » виявиться більшим, ніж 4 мм, то елеваційним гвинтом нівеліра наводять середню нитку сітки ниток на правильний відлік по рейці ( $a'_2 = a_2 - x$ ) і виправними гвинтами рівня відновлюють контакт напівменісків бульбашки, видимих у віконці ліворуч в полі зору труби нівеліра (якщо нівелір не має компенсатора). Виправні (юстувальні) гвинти рівня розташовані ліворуч від окуляра і прикриті плоскою металевою пластинкою у формі круга. З метою контролю перевірку повторюють.



**Рис.1. Перевірка непаралельності вісі циліндричного рівня нівеліра НЗ до візирної вісі труби**

Для нівелірів з компенсаторами перші дві перевірки виконують аналогічно, а перевірка головної умови формулюється так: *візирна вісь нівеліра з компенсатором, встановленого в робоче положення, повинна бути горизонтальною*. Виконують цю перевірку нівелюванням із середини на рівних і дуже нерівних візирних відстанях (рис. 1,  $v$ ). Нівелір встановлюють посередині між двома рейками, розташованими на відстані 50-

70 м, беруть відліки  $a_1$  і  $b_1$  по рейках. Потім, переносять нівелір на 3-5 м за передню рейку і беруть відліки  $a_2$ ,  $b_2$ . Якщо умова, яку перевіряють, виконана, то переобчислений відлік по дальній рейці  $a'_2$  має бути таким:

$$a'_2 = (a_1 - b_1) + b_2.$$

Якщо  $a'_2$  відрізняється від фактичного відліку  $a_2$  більш ніж на 4 мм, сітку ниток зорової труби за допомогою виправних гвинтів переміщують так, щоб відлік  $a_2$  дорівнював  $a'_2$ . Для контролю перевірку повторюють.

У разі виникнення значної похибки, вона виправляється за допомогою переміщення сітки ниток виправними гвинтами так, щоб відлік набув необхідного значення, після чого, перевірку для контролю повторюють.

### **Перевірка технічних характеристик геодезичного устаткування.**

#### ***Перевірка рейок***

Перевірка рейок здійснюється за допомогою сертифікованої та перевіреної рулетки. Перевірка здійснюється таким чином: береться рулетка і вимірюється довжина нівелірної рейки від початку до кінця. Якщо її довжина не відповідає 3 метрам то рейка не придатна до використання. Також, необхідно перевірити, чи є на рейці механічні чи інші дефекти, які можуть впливати на результати вимірювань.

#### ***Перевірка рулеток***

Перевірка рулеток здійснюється в два етапи. Передусім, це візуальний огляд щодо наявності дефектів або розривів, а також огляд нанесених міток довжин на полотні рулетки. На наступному етапі, відбувається перевірка довжини рулетки за довжиною еталонної рулетки, яка є чітко визначеною. Обидві рулетки одночасно розтягують та досліджують на предмет співвідношення та відповідності довжин. У разі відхилень, рулетка не є придатною до використання у польовій роботі. Слід зазначити, що в окремих випадках, зокрема, при високій температурі середовища, довжина рулетки може зазнавати певних змін, які регламентуються коефіцієнтом її розширення.

#### ***Перевірка штативів***

Передусім проводиться візуальний огляд штатива. Він не повинен мати тріщин та видимих дефектів головки штатива, ніжок та їх металевих наконечників, а самі ніжки штатива повинні рухатися плавно, для зручності його експлуатації під час використання встановлених на них геодезичних приладів. Крім того, необхідно перевірити якість закріплення всіх гвинтів на ніжках штативу. У разі їх ослаблення вони підтягуються.

## **5. Прокладання теодолітних ходів**

### ***Загальні відомості.***

Геодезична мережа - це сукупність закріплених на місцевості, для довгострокового зберігання геодезичних пунктів, що рівномірно розташовані по території й геометрично пов'язані між собою спільними системами геодезичних планових та висотних координат. Пункти геодезичної мережі закріплюються на місцевості у відповідності до заздалегідь складених планів і, в подальшому, вони використовуються, як основа для вирішення різноманітних практичних завдань, зокрема проведення топографічних знімачь. Оскільки такі мережі та пункти, з яких вони складені, знаходять практичне застосування, їх ще називають опорними.

Геодезичні мережі загалом включають в себе планові, висотні та гравіметричні мережі, пункти яких повинні бути суміщеними і мати між собою надійний координатний зв'язок. Безпосередньо, в ході практики, для вирішення поставлених завдань використовують існуючі планові та висотні пункти державної геодезичної мережі (ДГМ).

Слід зазначити, що для пунктів планової мережі визначені лише планові координати на земній поверхні, а для пунктів висотної мережі – лише відмітки абсолютної висоти точок. Відповідно, суміщення цих двох мереж призводить до утворення планово-висотних мереж.

Основним способом створення висотної геодезичної мережі є прокладання нівелірних ходів, висота пунктів якої визначається геометричним нівелюванням, точність якого вища від точності тригонометричного та інших видів нівелювання.

### ***Теодолітний хід***

Теодолітний хід – це геодезична побудова у вигляді замкнутої або розімкнутої ламаної лінії на місцевості, в якій горизонтальні кути вимірюються за допомогою теодолітів, а довжини сторін – рулетками (в т.ч. лазерними), землемірними стрічками або світловіддалемірами.

Спочатку, на місцевості проводиться рекогностування, що являє собою її огляд і обстеження з метою визначення місць розташування точок теодолітних ходів. Рекогностування – обов'язковий першочерговий етап робіт при проведенні інструментальних знімачь, призначений для вибору зручних для спостережень місць розміщення на місцевості опорних точок знімальної геодезичної мережі. Рекогностування складається з огляду довкілля, супроводжується проектуванням мережі і закріпленням відповідних точок на місцевості.

План виконання рекогностування.

1. Під час рекогностування бригада, яка здійснює знімання, обходить місцевість, знайомиться з особливостями її фізичної поверхні - рельєфом, характером рослинного покриву, гідрографією, дорожною мережею, забудовою тощо.

2. Під час рекогностування обирають місця для закріплення точок полігону. Для вирішення цього завдання слід керуватися наступними міркуваннями:

- місце має бути відкритим і зручним для проведення геодезичних спостережень і вимірювань – не в хащах лісу або чагарнику, не на дні яру або на схилі урвища тощо;
- з кожної опорної точки (вершини полігону) має бути забезпечена пряма видимість сусідніх точок: задньої та передньої по ходу руху за годинниковою стрілкою.

Цих умов необхідно дотримуватись, щоб в подальшому була можливість виміряти довжини ліній між точками полігону і кути повороту на кожній з них. Відстань між вершинами полігону залежить від масштабу знімання і може коливатися від 30 до 400 м.

Кожну точку закріплюють кілком, завдовжки 15-20 см і перерізом 3x3 см. Кілочки забивають так, щоб над землею вони виглядали на 2-3 см. Біля кілочка забивають «сторожок», на якому фарбою вказують номер точки та бригади. Кілочок обкопують канавкою у формі квадрата або круга, місце розчищають від каменів, сучків і знімають верхній шар землі. Зазвичай, виконують «прив'язку» точок полігону до місцевих орієнтирів (будинків, технічних споруд, розвилок доріг, стовпів тощо) проміром відстаней (не менше трьох промірів) до них кроками або мірною стрічкою і зазначенням, в якому напрямку від орієнтира слід рухатись, щоб знайти точку. ***Схему прив'язки зображують у вигляді абрису рекогностування на місцевості.*** Після закріплення точок полігону перевіряють видимість з кожної з них на сусідні - передню та задню, позначених за ходом годинникової стрілки. Якщо взаємна видимість не забезпечена, тоді змінюють положення опорної точки.

Наприкінці робіт з рекогностування і закріплення точок полігону складають схематичний план полігону, на якому показують розміщення точок повороту (вершин полігону) відносно орієнтирів, від яких можна відшукати ту чи іншу точку.

Абрис є схематичним кресленням, складеним від руки, в довільному масштабі безпосередньо в полі. На ньому показують пункти планової геодезичної мережі, з яких виконується знімання, взаємне їх розташування відносно місцевих предметів і контурів, на основі результатів вимірів. На абрисі приводять необхідні пояснення – назви земельних угідь, населених пунктів, річок, водойм і т. ін. Він є важливим документом, на підставі якого складають план, а тому його викреслюють акуратно, чітко та ясно.

*Примітка.* Точки теодолітних ходів вибираються таким чином, щоб забезпечувалась пряма видимість між пунктами спостереження, а також можливість у подальшому використовувати прокладені теодолітні ходи як знімальну основу для тахеометричного знімання місцевості.

Самі знімальні роботи включають у себе вимірювання горизонтальних кутів між сторонами ходів, а також вимірювання довжин цих сторін. На заключному етапі виконується математична обробка результатів вимірювань, що полягає у обчисленні координат точок знімальної основи, а також відповідно до проведених робіт зі створення планово-висотної мережі складається план місцевості.

## **6. Вимірювання довжин сторін теодолітного ходу**

### ***Позначення і закріплення точок і ліній на місцевості.***

За результатами кутових та лінійних вимірювань здійснюють визначення координат точок земної поверхні. Крім того, необхідність вимірювання ліній виникає і під час побудови на місцевості плану ділянки місцевості і перенесення в натуру проектів різних споруд.

Довжина ліній найпростіше може бути виміряною шляхом укладання мірного приладу безпосередньо по поверхні землі. Перед вимірюванням ліній необхідно перевірити довжину робочої стрічки.

### ***Вимірювання довжин сторін.***

Вимірювання довжин сторін в теодолітних ходах здійснюється землемірною стрічкою або рулеткою (зокрема, електронною), якщо немає змоги використати світловіддалемір.

Довжину сторони полігону можна виміряти різними способами в залежності від приладів, умов місцевості та забезпечення необхідної точності вимірювань.

Вимірювання довжини лінії полігону виконують два мірники. Безпосередньо перед початком вимірювання на кінцях ліній встановлюють віхи, щоб позначити створ, у якому потрібно укласти стрічку (рулетку) на землю. Стрічку розмотують і укладають вздовж лінії. Для жорсткого закріплення стрічки на земній поверхні використовують металеві «шпильки», які вдавлюються в землю, відмічаючи початок і кінець довжини стрічки. Передній мірник натягує стрічку так, щоб вона лежала на землі у створі точок 1-2 (відстань між якими вимірюється) позначених віхами. Для цього задній мірник рукою направляє переднього так, щоб він знаходився у створі між ним і віхою. Після того, як стрічку укладено у створі вимірюваної лінії, передній мірник її натягує, вставляє шпильку у виріз біля переднього кінця стрічки і вдавлює її в землю. Задній мірник витягує шпильку із землі і звільняє задній кінець стрічки. Так у процесі вимірювання усі шпильки від переднього мірника переходять до заднього.

Точність лінійних вимірів оцінюють відносною похибкою, яка не повинна перевищувати для теодолітних ходів 1:2000. Примітка: похибка не повинна перевищувати 1:3000 за сприятливих умов: (рівна місцевість та тверде покриття); 1:2000 за посередніх умов: (слабо горбиста місцевість, рілля, рослинність у вигляді трави); 1:1000 за несприятливих умов: (болото, пісок, чагарникова рослинність).

Останній відрізок лінії - домір, який завжди менше довжини стрічки, вимірюють з точністю до 1см. Особливістю вимірювання довжин сторін рулеткою полягає в тому, що кожен раз необхідно фіксувати на місцевості кінець рулетки.

Кожну лінію вимірюють двічі: у прямому і зворотному напрямках для забезпечення контролю вимірів і підвищення їх точності. На точність виміру довжин ліній впливають різні фактори: точності її укладання у створі лінії, вигин і провисання через нерівності поверхні землі, нерівномірність натягнення стрічки, похибки у відліку, при вимірюванні домірів тощо.

В теодолітних ходах всі довжини мають бути приведені до їх горизонтальних проєкцій на площині. В тих випадках, коли кут нахилу рельєфу по ходу лінії перевищує  $5^\circ$ , необхідно обчислювати довжину горизонтальної проєкції лінії на даній ділянці.

Таблиця 2.

### Журнал вимірювання довжин ліній рулеткою

Дата 10 червня 2015 р.

Вимірювали Кравченко Т., Горovenко Є.

Погода хмарно, вітряно

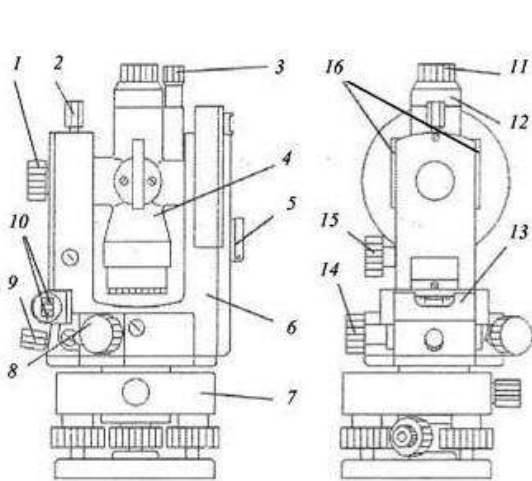
Записував Більовська В.

Довжини між точками	Відстань в прямому напрямку, м	Відстань в зворотному напрямку, м	Середнє значення	Примітка
1 – 2	58,44	58,42	58,43	
2 – 3	70,27	70,23	70,25	
3 – 4	61,18	61,16	61,17	
4 – 5	83,39	83,43	83,41	
5 – 1	44,82	44,82	44,82	
	Периметр, $P_1$	Периметр, $P_2$	Середнє арифметичне значення, $P_{cp}$	
	$P_1 = 318,10$	$P_2 = 318,06$	$P_{cp} = 318,08$	
$f_{abc} =  P_1 - P_2 $		$f_{abc} = 318,10 - 318,06 = 0,04$		
$f_{відн} = \frac{1}{P_{cp} \div f_{abc}} \leq \frac{1}{2000}$		$f_{відн} = \frac{1}{318,08 \div 0,04} = \frac{1}{7952} \leq \frac{1}{2000}$		

### 7. Вимірювання горизонтальних кутів

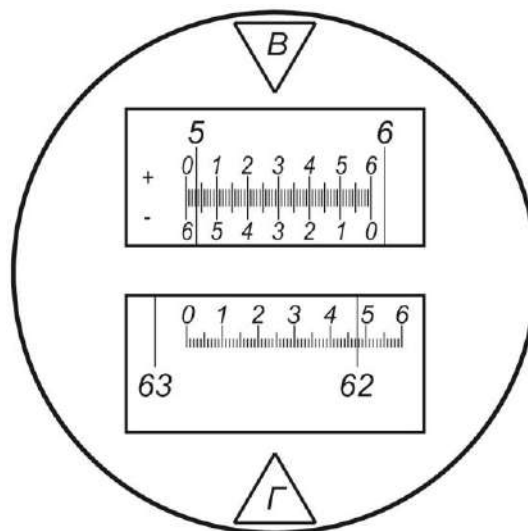
Для здійснення вимірювань горизонтальних кутів, або напрямків, застосовують кутомірний прилад - теодоліт та віху, яку виставляють за кілочком, що позначає точку візування. Віха використовується для полегшення знаходження точки при візуванні на більш тонкий візир, наприклад, на шпильку від мірної стрічки, встановлену в центрі

кілочка, або на візирну марку, встановлену над ним і спостереженні її через зорову трубу теодоліта.



1. Кремальєра, фокусує зорову трубу
2. Закріплювальний гвинт труби
3. Окуляр мікроскопу
4. Зорова труба
5. Дзеркало
6. Колонка
7. Триножник-підставка
8. Гвинт перестановки лімба
9. Закріплювальний гвинт алідади
10. Юстувальний гвинт
11. Окуляр зорової труби
12. Діоптрійне кільце фокусування окуляру зорової труби
13. Рівень при алідаді горизонтального круга
14. Навідний гвинт алідади горизонтального круга
15. Установочний гвинт рівня при алідаді вертикального круга

**Рис. 2. Схема будови теодоліта 3Т5КП**



**Рис. 3. Поле зору мікроскопу теодоліта 3Т5КП.**  
Відліки по горизонтальному (Г) та вертикальному (В) кругах теодоліта

Процедура кутових спостережень полягає у тому, що виконавець та його асистент визначають точку з якої вони починають вимірювання, де відбувається центрування та горизонтування теодоліта. Центрування здійснюється за допомогою оптичного центра та підйомних гвинтів теодоліта, а горизонтування, за рахунок приведення бульбашки циліндричного рівня при алідаді горизонтального круга в нуль-пункт за допомогою регулювання висоти ніжок штатива, на якому встановлено прилад.

Вимірювання горизонтальних кутів у теодолітному ході прийнято виконувати способом прийомів (вимірювання окремого кута), що складається з двох напівприймів. Визначають, який за ходом кут буде вимірюватись, правий, чи лівий. При вимірюванні правого кута спочатку візують на задню точку, а потім на передню. Вимірювання починається при положенні вертикального круга зліва від труби (КЛ). Під час вимірювання кута потрібно закріпити лімб і відкріпити алідаду, навести трубу на задню точку, закріпити алідаду і трубу, навідними гвинтами алідади і труби навести центр сітки ниток на встановлену асистентом шпильку у точці, або віху, максимально наближаючи перехрестя сітки ниток до її низу. Після наведення беруть відлік (1) по лімбу і записують в журнал (табл.3).

Таблиця 3

**Журнал  
вимірювання горизонтальних кутів способом прийомів**

Дата: 11.06.2017 р.                      Початок: 8<sup>20</sup>                      Кінець: 11<sup>00</sup>  
 Погода: сонячно, слабкий вітер                      Видимість: добра, зображення чітке  
 Теодоліт: ЗТ5КП №3682  
 Спостерігав: студ. Голод В., Масюк В.; Записували: студ. Шаблій А., Сауляк В.

Схема ходу	Пункт стояння	Пункт спостереження	Круг	Відліки		Горизонтальний кут			
						вимірний		середній	
				°	'	°	'	°	'
	1	9	КЛ	113	49,5(1)	81	38,5(5)	81°	38,6'(7)
		2		32	11,5(2)				
		9	КП	295	17,3(3)	81	38,6(6)		
		2		213	38,7(4)				
	2	1	КЛ	149	54,2(1)	68	17,0(5)	68°	17,2'(7)
		3		81	37,2(2)				
		1	КП	244	52,9(3)	68	17,4(6)		
		3		176	35,5(4)				

Відкріплюють алідаду, наводять трубу на передню точку, закріплюють алідаду і трубу і навідними гвинтами (на вгвинчування) наводять центр сітки ниток на низ шпильки (віхи) і беруть відлік (2) по лімбу. Різниця відліків (1-2) дорівнює величині кута. Описані дії складають один напівприйм. Для контролю і для вилучення інструментальних помилок кут вимірюється двома напівприйомами. Для виконання другого напівприйому, лімб прийнято переставити на декілька градусів. Змінюють положення вертикального круга відносно труби на (КП). Спостереження виконують у вище описаній послідовності. Два напівприйоми, виконані при положенні вертикального круга КЛ і КП, складають один прийом. Із двох кутів, одержаних з напівприймів, виводять середнє, якщо різниця між напівприйомами не перевищує подвійної точності теодоліта ( $\pm 1'$ ). Результати всіх кутових вимірів записують у журнал спостережень. Аналогічним чином, кутові вимірювання



проводяться на всіх станціях ходу, причому для всієї знімальної мережі достатньо мати вимірний або обчислений за відомими координатами двох твердих пунктів орієнтирний напрямок будь-якої з сторін мережі. Вимірювання азимута магнітного здійснюється за допомогою орієнтир-бусолі, яка встановлюється на одній з колонок теодоліта.

Після проведення польових робіт, отримана інформація про горизонтальні кути та довжини сторін, використовується для обчислення координат точок теодолітних ходів по кожному із суміжних полігонів.

## **8. Нівелювання точок теодолітного ходу**

Суть нівелювання полягає у вимірюванні перевищень між двома точками земної поверхні. Способів нівелювання існує багато. В геодезії застосовуються частіше такі види нівелювання як геометричне, що дає більш точніші результати, та тригонометричне. Для виконання геометричного нівелювання застосовують нівелір – оптичний прилад, зорова труба якого горизонтальна, та нівелірні рейки. Існує два способи геометричного нівелювання, а саме: нівелювання із середини і нівелювання вперед.

### ***Технологія виконання нівелювання.***

Якщо у якості нівелірних точок використовують опорні точки замкнутого теодолітного ходу (полігону), які закріплені на місцевості кілочками, то спочатку слід перевірити як міцно кілочки забиті в ґрунт.

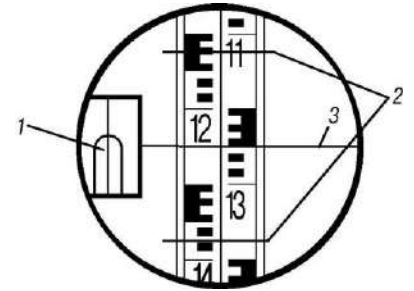
У ході практики використовується лише **спосіб** нівелювання із середини. При цьому, нівелір встановлюється на однаковій відстані між двома опорними точками і, це його положення називають «станцією». На кілочках опорних точок, асистентами виконавця, встановлювалися нівелірні рейки і, якщо за допомогою нівеліра, грубо виставленого в горизонтальне положення за круглим рівнем) по ним вдавалося брати необхідні відліки як по задній, так і по передній рейках, то прилад остаточно горизонтували і починали нівелювання цих точок. Якщо, відліки по рейках не вдавалося взяти одразу, через великий перепад висот, то відстань між пунктами розбивалася на декілька частин і шляхом встановлення рейок у проміжних пунктах, виконувалося нівелювання на станціях, розміщених між цими проміжними пунктами.

За методикою нівелювання IV класу, після вибору місця встановлення приладу і його горизонтування, в процесі роботи зорову трубу направляли спочатку на чорну сторону задньої рейки, а потім передньої, в обох випадках брали відліки по верхній, середній і нижній нитках, потім повертали передню рейку червоною стороною і брали відліки по цій стороні рейки так само, по верхній, середній та нижній нитці окремо. Далі, повертали трубу нівеліра на задню рейку і завершували спостереження по червоній

стороні задньої рейки. Відліки по всім ниткам та сторонам рейок заносилися до журналу, після чого визначалося перевищення між точками як різниця відліків по задній та передній рейках, одержаних окремо по чорній та червоній сторонам рейок. Знак перевищення (додатній, або від'ємний) вказував на підвищення чи пониження рельєфу по ходу нівелювання. Технічне нівелювання способом із середини є спрощеним варіантом нівелювання IV класу.



а)



б) 1 – бульбашка рівня  
2 – далекомірні нитки  
3 – сітка ниток

**Рис. 4. а) Оптичний нівелір SokkiaB40 (з компенсатором);**

**б) Поле зору труби нівеліра Н-3 (без компенсатора) в момент відліку по рейці (1250).**

### Оформлення журналу.

Полягає у розрахунку перевищень, визначенні довжини полігону ( $L$ , км) і нев'язки ( $f_{np}$ ) в полігоні.

Довжина полігону ( $L$ , км) визначається як сума усіх плечей  $l$ ; абсолютна (фактична) нев'язка у замкнутому ході – як різниця між сумою усіх «плюсових» і «мінусових» перевищень ходу:  $f_h = \pm \sum h_{сер}$ ; допустима нев'язка для замкнутого ходу технічного нівелювання визначається в мм за формулою:  $f_{дон} = \pm 50 \cdot \sqrt{L}$ , значення довжини полігону береться в км. Переконавшись у допустимості нев'язки, її розподіляють по перевищенням у вигляді поправок  $v$ , які обчислюють за формулою:  $v_i = -f_{np} \frac{l_i}{L}$ ; де  $l_i$  – довжина відрізка ходу між точками нівелювання які включені до нівелірного ходу (сума плеч), а  $L$  – периметр полігону. Контроль:  $\sum v_i = -f_{np}$ .

Таблиця 4

**Журнал нівелювання**  
(з використанням двохсторонніх інженерних нівелірних рейок)

Хід від Т.9 до Т.7  
 Дата: 10.06.2017 Початок 09<sup>30</sup> Кінець 13<sup>00</sup>  
 Погода: сонячно Зображення: чітке  
 Спостерігач: Голод В. Обчислювач: Шаблій А.

№ штатива	Відліки по далекомірним ниткам		Відліки по середній нитці			Перевищення, мм	Середнє перевищення, мм
	задньої рейки	передньої рейки		задньої рейки	С		
<b>1</b> <b>1-2</b> <b>Т. 9 – Т. 2</b>	1638 (2)	1040 (5)	чорна	1560 (1)	0962 (4)	+598 (1-4)=(11)	+598 (14)
	1482 (3)	0884 (6)	черв.	6360 (8)	5762 (7)	+598 (8-7)=(12)	
	560(2-3)	156 (5-6)		4800 (9)	4800 (10)	0 (13)	
<b>2</b> <b>2-1</b> <b>Т.1 – Т.2</b>	0476	2002	чорна	0390	1911	- 1521	- 1520
	0303	1818	черв.	5159	6710	- 1519	
	173	184		4801	4799		
Сторінковий контроль				<b>Σ(1) + (8)</b>	<b>Σ(4) + (7)</b>	<b>Σ(11) + (12)</b>	<b>Σ(14)</b>
				28396 (16)	29515 (17)	-1119 (18)	-560 (19)
				29517 (17)			
				-1119 (20)		-560 (21)	

### 9. Математична обробка результатів вимірювань

Оскільки, геодезична основа для знімання на місцевості побудована у вигляді суміжних полігонів, що мають спільні сторони, їх зрівнювання повинно виконуватись спільно, одним із «жорстких» способів. Ним визначено найбільш спрощений метод професора В.В. Попова (спосіб «червоних чисел»), в основі якого - вагові коефіцієнти. У якості таких, можуть слугувати: кількість штативів під час нівелювання, кутів, сторін у ланках суміжних полігонів тощо, причому зрівнювання перевищень, кутів та приростів координат (по  $\Delta x$  і  $\Delta y$ ) виконується окремо.

Методика зрівнювання кутів полягає у наступному: Перед зрівнюванням **складають схему полігонів**, де вказуються номери точок та значення кутів. На схемі виправляють за умовою горизонту кути при внутрішніх вузлових точках, тобто сума всіх кутів мінус  $360^0$  може дати нев'язку, поправку за яку, із зворотнім знаком, вводять порівну на всі кути.

У кожному полігоні вираховується практична сума кутів, і відповідно значення кутової та допустимої кутової нев'язки.

Після цього складають приблизну схему теодолітних ходів для зрівнювання кутових нев'язок полігонів. В них вказуються їх номери та номери вузлових точок, а також кількість сторін у кожній ланці полігонів. В середині полігону під його номером викреслюється таблиця нев'язок, у якій чорним кольором пишеться кутова нев'язка полігону. Із зовнішньої сторони ланки кожного полігону викреслюються таблички поправок, причому для зовнішніх ланок – по одній табличці, а для внутрішніх – по одній

від кожного полігону, тобто дві, розташованих з обох боків ланки. Всі зрівнювальні обчислення виконуються на цій схемі.

Червоні числа вираховуються за правилом: червоне число ланки дорівнює числу сторін ланок, поділеному на кількість сторін полігону до 0,01. Контролем їх визначення буде те, що їхня сума по полігону повинна дорівнювати одиниці. Після цього їх записують червоним кольором над табличками поправок.

Зрівнювання починають із полігону, що має найбільшу нев'язку у такій послідовності: спочатку множать нев'язку полігону на кожне червоне число його ланок і результат записують у табличку поправок зі знаком нев'язки. Сума цих результатів повинна чисельно дорівнювати нев'язці полігону. Далі переходять до наступного полігону і під його нев'язкою у табличці нев'язок пишуть нову нев'язку, яка отримана як алгебраїчна сума нев'язки цього полігону і поправки на розкидання нев'язки, одержаної із сусіднього полігону. Виправлену після цього нову нев'язку множать на червоні числа усіх ланок даного полігону і результати записують у таблички поправок, що знаходяться із зовнішніх сторін кожної з ланок полігону. Далі переходять до наступного полігону, аналогічним чином отримуючи нову нев'язку в ньому як алгебраїчну суму нев'язки цього полігону і поправок із табличок поправок сусідніх полігонів. Множать цю нову нев'язку на червоні числа ланок полігону, записують поправки в таблички поправок і т. д. Коли перший круг по всім полігонам завершений, вираховують і записують в табличку нову нев'язку першого полігону, що дорівнює алгебраїчній сумі поправок по спільним ланкам, які винесені із сусідніх полігонів, множать цю нев'язку на червоні числа ланок полігонів і результати записують у зовнішні таблички поправок. Потім переходять до інших полігонів і діють аналогічно до тих пір, поки нев'язки всіх полігонів не будуть дорівнювати нулю. Після цього підраховують у кожній табличці поправок алгебраїчну суму поправок і записують її, як підсумок таблички.

Поправку в кути на ланки отримують так: поправка для зовнішньої ланки дорівнює підсумку таблички поправок ланки, взятої з протилежним знаком.

Поправка внутрішньої ланки дорівнює значенню підсумку зовнішньої для даного полігону таблички поправок, взятої із зворотнім знаком та підсумку внутрішньої таблички з її знаком, або різниці підсумків внутрішньої та зовнішньої табличок поправок. Ці поправки у ланки записуються вздовж них, всередині даного полігону. Контроль обчислення поправок у ланках такий: їх алгебраїчна сума повинна дорівнювати нев'язці полігону з протилежним знаком.

Поправку ланки розподіляють порівну на кожний кут, а на кути біля вузлової точки – половину тієї частини поправки, яка припадає на кут ланки.

В окрему відомість обчислення координат виписують виміряні кути і поправки до них зі схеми зрівнювання, вираховують виправлені дирекційні кути та румби, виписують із журналів довжини ліній і за румбами та довжинами ліній вираховують прирости координат.

Для зрівнювання приростів координат на схему полігонів виписують суми приростів по ланкам і довжини ланок, підраховують нев'язки по  $\Delta x$  і  $\Delta y$  в кожному полігоні, виявляючи допустимість цих нев'язок за відносною нев'язкою. Все це записують всередині полігону на схемі. Потім складають наближену схему для зрівнювання приростів координат, де вказуються номери вузлових точок та полігонів, довжин ланок, табличок нев'язок у два стовпчики (для нев'язки по  $\Delta x$  і  $\Delta y$ ) і табличок поправок із зовнішньої сторони ланок також у два стовпчики. У табличках нев'язок записують нев'язки у приростах координат полігонів. Вираховують червоні числа за правилом: червоне число ланки дорівнює довжині ланки поділеній на периметр полігону, при цьому сума червоних чисел повинна дорівнювати 1,00. Червоні числа записують над зовнішньою табличкою ланки і зрівнюють прирости координат пропорційно цим числам та визначають поправки у ланки так, як це було описано для зрівнювання кутів.

Отримані поправки у ланках розподіляються по приростам координат у відомості обчислення координат, обчислюють виправлені прирости координат і координати всіх точок полігонів.

У свою чергу, зрівнювання висотних геодезичних мереж згущення, побудованих у вигляді суміжних полігонів, для проведення топографічних знімачів, може виконуватись за методикою професора Попова. На початку зрівнювання складають схему нівелірної мережі, яку використовують безпосередньо для внесення до неї всіх даних обчислень, які виконуються за процедурою зрівнювання. На схему суміжних полігонів вносять їх номери, показують вихідні пункти з їх висотами, вузлові точки, напрямки передачі висот по кожному нівелірному ходу, перевищення у ходах. Далі, в середині полігонів, під їх номерами, викреслюються таблички нев'язок, куди виписуються їхні значення, а із зовнішньої сторони кожної ланки полігону викреслюються таблички поправок у перевищення цих ходів. У верхній частині табличок поправок вказують обчислені значення червоних чисел.

У кожному полігоні, нев'язки розподіляють пропорційно, наприклад, числу штативів (станцій), що входять в кожну з ланок (нівелірних ходів) цього полігону, тобто нев'язка полігону розподіляється як поправка в кожну ланку, що визначається часткою штативів кожної ланки по відношенню до загальної кількості штативів полігону і обчислюється до 0,01. Ця частка визначає сутність «червоних чисел».

Контролем розрахунку червоних чисел у кожному полігоні є те, що їх сума по окремим ланкам (ходам) повинна дорівнювати одиниці. Розподіл нев'язок суміжних полігонів необхідно розпочинати із полігону з найбільшою нев'язкою. Нев'язка розподіляється за ходом годинникової стрілки таким чином: її послідовно множать на червоні числа кожної ланки, а отримані значення зі знаком нев'язки записують до відповідних табличок поправок, розміщених зовні кожної з ланок.

Далі переходять до наступного полігону і під його нев'язкою у табличці нев'язок пишуть нову нев'язку, яка отримана як алгебраїчна сума нев'язки цього полігону і поправки на розкидання нев'язки, одержаної із сусіднього полігону. Виправлену після цього нову нев'язку множать на червоні числа усіх ланок даного полігону і результати записують у таблички поправок, що знаходяться із зовнішніх сторін кожної з ланок полігону. Далі переходять до наступного полігону, аналогічним чином отримуючи нову нев'язку в ньому як алгебраїчну суму нев'язки цього полігону і поправок із табличок поправок сусідніх полігонів. Множать цю нову нев'язку на червоні числа ланок полігону, записують поправки в таблички поправок і т. д. Коли перший круг по всім полігонам завершений, вираховують і записують в табличку нову нев'язку першого полігону, що дорівнює алгебраїчній сумі поправок по спільним ланкам, які винесені із сусідніх полігонів, множать цю нев'язку на червоні числа ланок полігонів і результати записують у зовнішні таблички поправок. Потім переходять до інших полігонів і діють аналогічно до тих пір, поки нев'язки всіх полігонів не будуть дорівнювати нулю.

Перше наближення закінчується і після цього починають друге наближення, яке починається у тому ж порядку, що й перше. Розподіл нових отриманих нев'язок відбувається за вищезазначеним принципом і проводиться до тих пір, поки нев'язки всіх полігонів не будуть дорівнювати нулю (Рис.5).

Кінцеві значення поправок по перевищеннях в окремих ходах вираховують так: для ходу, що належить суміжним полігонам, поправка дорівнює алгебраїчній сумі чисел внутрішньої та зовнішньої табличок, при цьому сума поправок береться з протилежним знаком. У свою чергу, для ходу, що належить тільки одному полігону, поправка дорівнює сумі чисел зовнішньої таблички із протилежним знаком. Поправки слід записувати всередині полігону біля відповідних сторін. Контролем обчислених поправок по кожному полігону є рівність суми поправок значенню нев'язки із зворотнім знаком. Отримавши поправки, можна обчислити зрівняні перевищення і висоти вузлових точок, як суму абсолютної висоти точки і зрівняного перевищення, яке вираховується, як сума вихідного перевищення і поправки.



## 10. Тахеометричне знімання

### *Загальні відомості.*

Тахеометричне знімання - це комплекс робіт для одержання великомасштабних топографічних планів місцевості із зображенням ситуації та рельєфу. Тахеометричне знімання є відносно швидким методом знімання, що досягається за рахунок того, що при наведенні труби теодоліту на знімальний пікет одержують данні, необхідні для визначення як планового, так і висотного його положення. Ними є:

- відлік за горизонтальним кругом приладу;
- відлік за вертикальним кругом приладу;
- віддалемірне значення відстані від знімальної точки до пікету.

Тахеометричне знімання виконують у масштабах 1:500 – 1:5000. Зніманню передують складання проекту робіт, рекогностування місцевості. Під час знімання вирішується завдання зі створення знімальної геодезичної мережі і проведення безпосереднього знімання. Завершуються роботи складанням плану місцевості.

Тахеометричне знімання здійснюють при веденні земельного, міського чи будь-якого іншого видів кадастру, для планування населених пунктів, меліоративних заходів, інженерного планування тощо. Тахеометричне знімання особливо зручно використовувати для знімання вузьких смуг місцевості при вишукуванні трас лінійних об'єктів: каналів, залізниць, автомобільних шляхів, ліній електропередач, трубопроводів та інших об'єктів, видовженого простягання.

Перевагами тахеометричного знімання перед іншими видами наземних знімань є те, що воно може проводитись у будь-яку пору року, за не дуже сприятливих погодних умов; камеральні роботи можуть виконувати інші виконавці відразу після завершення польових спостережень та вимірів, що дозволяє скоротити строки складання топографічного плану місцевості. Значна перевага тахеометричного методу полягає в затраті відносно малого часу окремо на польові вимірювання і на камеральні визначення положення пікетних точок у плані і по висоті. Крім того, метод тахеометрії характеризується достатньо високою точністю. Однак, для визначення висот точок рельєфу місцевості висока точність практичного значення не має. Метод тахеометрії забезпечує, при використанні нитяного віддалеміра, точність визначення положення точки в плані 20-30 см і, за вимірюванням вертикальних кутів з точністю 0,1', по висоті – 10 см на віддалі 100 м. При збільшенні віддалі візування ці похибки швидко зростають, тому при зніманні відстань до пікетів обмежують вимогами інструкцій, в залежності від масштабів знімань, використанні світловіддалемірів в електронній тахеометрії тощо.



Основним недоліком тахеометричного знімання є те, що складання плану місцевості виконується в камеральних умовах на підставі винесення на планшет результатів польових вимірів за абрисами. При цьому не можна виявити допущенні в камеральних умовах помилки без порівняння плану з місцевістю.

### ***Технологія виконання тахеометричного знімання.***

Для виконання тахеометричного знімання місцевості спочатку необхідно побудувати планово - висотну основу знімання шляхом згущення державної геодезичної мережі. Нерідко таку основу будують в умовній системі координат і висот.

Послідовність виконання робіт на станції така:

- Теодоліт встановлюють над опорною точкою знімальної мережі, приводять його в робоче положення, тобто центрують і горизонтують.
- Нуль лімба горизонтального круга орієнтують (встановлюють) на початковий напрямок - на сусідню опорну точку знімальної мережі.
- Рулеткою, або рейкою вимірюють з точністю 0.01 м висоту встановлення приладу (і) над опорною точкою.
- На схематичному кресленні (абрисі) позначають знімальні пікети, відстань між якими для масштабу 1:500 не має перевищувати 15 м.
- На нівелірній рейці позначають висоту приладу (і).
- Рейку встановлюють на пікет і наводять перехрестя сітки ниток на відмічену на рейці висоту приладу (і).
- При положенні вертикального круга зліва (КЛ) визначають віддалемірну відстань (D) і беруть відліки за горизонтальним і вертикальним кругом теодоліта.
- Результати вимірювань заносять до журналу тахеометричного знімання

Тахеометричні знімання виконуються на ділянці, де закріплені пункти теодолітного ходу. До початку вимірювань на точках знімальної мережі, роблять огляд навколишньої місцевості, під час якого вибирають знімальні точки ситуації і рельєфу так, щоб між опорними точками, на місцевості не залишалось, з певних причин невидимих і не знятих, так званих, “закритих” ділянок.

Для знімання цих “закритих” ділянок, поблизу них, на місцевості закріплюються кілочками, так звані, «винесені» точки знімальної мережі. Для прив'язки такої «винесеної» точки, з опорної точки знімальної мережі вимірюють горизонтальний кут між напрямком на неї і на початковий напрямок (сусідню опорну точку) та відстань до неї нитковим віддалеміром теодоліта у прямому та зворотному напрямках. На план ці точки виносяться за координатами. Висоту «винесеної» точки визначають так само, як і пікетної точки, вимірюваннями вертикального кута повним прийомом у прямому та зворотному

напрямок. Розходження між прямим та зворотним перевищеннями повинні бути меншими  $0,05 D$  см, де  $D$  – відстань у метрах. Центрування теодоліта, встановленого у «винесеній» точці виконують з похибкою 1.5 – 2 см. Лімб орієнтують на опорну точку знімальної мережі - сусідній пункт теодолітного ходу (бажано на більш віддалений). Після знімання та через кожні 25 – 30 пікетів перевіряють орієнтування приладу, наведенням на початкову точку. Контрольний відлік не повинен відрізнятись більше, ніж на 2'.

### ***Абрис.***

Тахеометричне знімання здійснюється на основі абрису, який складається на окремому аркуші, на кожній опорній точці знімальної мережі. Креслення абрису ділянки місцевості на точці виконується від руки, орієнтування аркушу відбувається на око, відносно напрямків на суміжні сторони ходу.

Абрис виконують в умовних знаках, приблизно дотримуючись певного масштабу, на ньому, крім ситуації та рельєфу, можуть відображатись пояснювальні написи, виміряні довжини тощо.

На абрисі показуються: опорні геодезичні пункти, пікети (з їх нумерацією), які вказують на розміщення об'єктів ситуації (контурів місцевості) та рельєфу – висот, напрямків схилів місцевості і, в необхідних випадках наносяться схематичні горизонталі рельєфу тощо. Нумерація пікетів ведеться суцільна, в межах усієї території, що знімається, підписи орієнтуються на Північ.

Контури, що заповнюються умовними знаками, замінюються пояснювальними підписами (рілля, луки і т. ін.). На абрисі даються назви населених пунктів, об'єктів гідрографії тощо, вказують характеристики річок, доріг, мостів, особливості рослинного покриву та інші відомості, необхідні при складанні плану. На абрисі обов'язково наноситься напрямок на опорний пункт знімальної мережі, по якому орієнтується прилад, крім того, відображаються напрямки на один–два суміжних пункти. Всі контури, які мають прямолінійні межі наносяться під лінійку.

### ***Ведення журналу тахеометричного знімання.***

Журнал тахеометричного знімання ведеться на основі складеного абрису, одночасно з самою зйомкою. Всі записи в журналі необхідно вести кульковою ручкою чітко і акуратно. Помилкові записи польових вимірів і обчислень повинні бути закреслені під лінійку. Користуватись гумкою забороняється. Забороняється виривати з журналу сторінки, а також переписувати в польовий журнал записи з інших журналів, зошитів, окремих листків і тому подібне.

В журналі має бути вказано дату заповнення журналу, час спостережень, погоду, видимість (чіткість зображення), марку і заводський номер теодоліту, № станції, з якої

виконується робота, № станції на яку буде проводитись орієнтування, абсолютну висоту станції, на якій встановлюється інструмент і висоту приладу над точкою спостережень, місце нуля вертикального круга теодоліту, прізвище спостерігача та записувача. Обчислення перевищень і визначення висот пікетів виконуються в камеральних умовах.

### ***Камеральна обробка результатів вимірювання.***

Обробку даних польових журналів здійснюють в камеральних умовах. Вона може здійснюватись із залученням до цієї роботи інших виконавців, що пришвидшує роботу.

Визначення висоти пікету відбувається за формулою тригонометричного нівелювання:  $h = D/2 \cdot \sin 2v + i + f - v$ ; в такій послідовності: спочатку визначаємо перевищення за формулою  $h = D/2 \cdot \sin 2v$  (при  $i = v$ ), де  $D$  – виміряна за допомогою віддалеміра відстань,  $v$  – вертикальний кут,  $i$  – висота інструменту,  $v$  – висота візування по рейці,  $f$  – поправка за кривизну Землі та рефракцію (враховується при відстанях понад 300 м.). Висота пікету визначається за формулою:  $H_{\text{пікету}} = H_{\text{станції}} + h$ .

## **11. Оформлення результатів тахеометричного знімання**

### ***Загальні відомості.***

Після закінчення польових робіт (польового етапу тахеометричного знімання) виконуються камеральні роботи, тобто комплекс робіт (обчислювальних, креслярських), які необхідно виконати, щоб створити план ділянки місцевості. Після обчислення результатів польових вимірювань на аркуші креслярського паперу формату А1 за допомогою спеціальних координатних лінійок (Дробишева або ЛБЛ) будують координатну сітку. В наш час, для оформлення результатів знімання, координатну сітку виготовляють у цифровому вигляді, яку потім роздруковують на аркуші паперу відповідного формату.

### ***Нанесення на планшет пунктів знімальної основи.***

На польовій практиці використовується умовна система координат. Кожна бригада наносить на планшет координатну сітку, оцифровуючи її так, щоб полігон розмістився по центру аркушу. Точки полігону бригади виносять на планшет за їх координатами. Потім відбувається нанесення пікетних точок за їхніми полярними координатами: після проведення обчислень результатів вимірювань, переходять безпосередньо до винесення на планшет даних тахеометричного знімання з допомогою геодезичного транспортира, масштабної лінійки та циркуля-вимірювача (або тахографа) пікетних точок, їх позначень, у відповідності з прийнятою системою умовних знаків і фактичного викреслювання та оформлення у відповідному масштабі польового оригіналу плану місцевості.

В більшості випадків для достатньо швидкого і простого винесення пікетних точок на планшет використовують «тахограф».

*Тахеограф* - це поєднання кругового транспортира з градусними поділками, нанесеними на крузі радіусом приблизно 9 см, та лінійки, завдовжки 27 см з міліметровими поділками. Він виготовляється з прозорого пластику.

Наносять пікети майже так само, як і звичайним транспортиром. На плані проводять допоміжну лінію за напрямком орієнтування тахеометра під час знімання. Ця лінія з'єднує той опорний пункт теодолітного полігону, з якого виконували знімання, із заднім або переднім пунктами полігону. Повертаючи транспортир, суміщають градусну поділку транспортира, яка відповідає значенню горизонтального круга, з допоміжною лінією. Тоді напрямок основних частин лінійки утворить з допоміжною лінією потрібний горизонтальний кут. Після цього, вздовж лінійки в масштабі 1:500 відкладають, з точністю до 0,1 – 0,2 мм довжину лінії. Кінець цієї лінії позначають наколкою і обводять кружечком  $\varnothing$  1 мм. З лівого боку прокреслюють олівцем риску дробу, в чисельнику якого записують номер пікету, а в знаменнику – його висоту з точністю до сантиметрів

#### ***Позарамкове оформлення плану.***

Кожний аркуш топографічної карти або плану має закінчене оформлення. Основними елементами оформлення є: рамка аркуша, елементи якої визначені математичною основою, координатна сітка; позарамкове оформлення, яке складається з елементів допоміжного оснащення, що полегшують користування картою (позначення числового та лінійного масштабів, висоту поперечного перерізу рельєфу тощо), і додаткових даних. Елементом допоміжного оснащення позарамкового оформлення є номенклатура аркуша, яку, за потреби, вказують над північною стороною рамки.

#### ***Побудова рельєфу.***

Процес інтерполяції рельєфу виконується за допомогою палетки або, при набутті певного досвіду, «на око». Палетка – це прокреслені на прозорому папері паралельні рівновіддалені лінії. Щоб визначити кількість ліній, необхідно серед позначок, нанесених на карту, знайти їх найменшу та найбільшу абсолютну висоту (Н). Знаючи величину перерізу рельєфу  $h$ , кожній лінії приписують, у зростаючому порядку висоту, кратну перерізу рельєфу -  $h$ . Значення висоти першої лінії повинно бути меншим за мінімальне значення Н, а значення верхньої – більшим за максимальне значення Н. Проведення горизонталей виконується через кожні 0,5 м шляхом сполучення на плані позначок, що мають на місцевості однакову висоту. Завершується побудова укладанням горизонталей.

## 12. Оформлення матеріалів, складання та оформлення звіту

Звіт є прикінцевим етапом навчальної топографічної практики, він є результатом виконаної студентами роботи і є підставою для отримання заліку.

Звіт виконується бригадою і складається з: титульного аркушу, сторінки змісту, вступу, окремих розділів, висновків, списку використаних джерел і, за необхідністю, додатків. До звіту додаються польові журнали та план місцевості, оформлений у відповідності до існуючих норм і правил.

На титульному аркуші зазначаються: навчальний заклад, де виконувалась практика; власне назву звіту; список студентів-виконавців; прізвище викладача-керівника практики; місце і рік складання звіту. (додаток).

У змісті подається перелік усіх рубрикаторів звіту (вступ, розділи тощо) із зазначенням відповідних сторінок (нумерація починається з титульної сторінки, але номер на ній не ставиться).

Першим є розділ: „Фізико-географічні особливості території проходження практики”, в якому коротко визначається його географічне положення, природні умови, соціально-економічні особливості тощо.

У наступних розділах висвітлюються всі види виконаних робіт, у певній послідовності, із зазначенням приладів та інструментів, які були використані тощо. Таким чином описують: рекогносцивальні роботи, методику вимірювань довжин ліній, проведення геометричного нівелювання, вимірювань горизонтальних кутів, обчислень координат опорних точок планово-висотної мережі, розвинутої на місцевості у вигляді суміжних полігонів для проведення тахеометричного знімання, які одержані в результаті зрівнювання за методом проф. В.В. Попова (червоних чисел). Також висвітлюється: підготовка планшету до знімання, особливості тахеометричне знімання, нівелювання для побудови профілю, інші, додаткові види геодезичних робіт тощо.

У висновках підводиться підсумок польової практики: зазначаються види робіт, які засвоїли студенти, висловлюються зауваження щодо недоліків проведення практики, пропозиції щодо їх усунення та побажання на майбутнє.

До списку використаних джерел за алфавітом вносяться: офіційні документи, наукові публікації, підручники і навчальні посібники, методичні вказівки, таблиці умовних знаків, інші літературні та картографічні джерела, які були використані під час складання звіту, інтернет-джерела тощо.

До звіту додається оригінал знімального планшету з планом ділянки місцевості, отриманий в результаті виконання польових робіт, оформлений за діючими вимогами [5].

Звіт може бути ілюстрований малюнками, фотографіями, схемами тощо.

Звіт виконується (бажано оформленим в електронному вигляді), роздрукованим на аркушах паперу формату А-4. Він подається на затвердження викладачу у зброшурованому вигляді. Польові журнали та інші матеріали можуть бути прикріплені до звіту будь-яким чином, наприклад, вкладені у приклеєний конверт тощо.

### **13. Перелік питань для самоконтролю**

Порядок виконання робіт на практиці сплановано таким чином, щоб у студента склалося враження про основні етапи та процеси виконання топографічного знімання. Для закріплення отриманих навичок пропонуються питання, відповіді на які допомагають підготуватися до захисту звіту:

- 1. Які види знімачів використовуються при створенні топографічних планів?*
- 2. Які прилади та інструменти необхідні для проведення тахеометричного знімання?*
- 3. Які прилади та інструменти необхідні для проведення геометричного нівелювання?*
- 4. Який принцип покладено в основу вимірювання ліній на місцевості?*
- 5. Які прилади та інструменти необхідні для проведення вимірів довжин ліній?*
- 6. Які прилади та інструменти необхідні для вимірювання горизонтальних кутів та напрямків?*
- 7. За якими принципами здійснюється вибір місцеположення опорних точок знімального полігону та знімальних точок - пікетів?*
- 8. Чому у процесі нівелювання використовуються рейки, оцифровані з обох сторін?*
- 9. З якою метою ведуться журнали польових знімачів?*
- 10. Яке призначення орієнтир-бусолі?*
- 11. Які дані потрібні для визначення координат точок теодолітного ходу?*
- 12. Як контролюють обчислення координат?*
- 13. Які величини отримують безпосередньо під час нівелювання?*
- 14. Які дані треба мати для обчислення висот точок місцевості?*
- 15. Яка кількість виконавців потрібна для здійснення тахеометричного знімання?*
- 16. Яка кількість виконавців потрібна для здійснення геометричного нівелювання?*

### Список рекомендованих джерел

1. Божок А.П., Барановський В.Д., Білоус В.В., Боднар С.П., Молочко А.М., Остроух В.І., Сергієнко Б.П., Ткаченко А.Г. Топографія з основами геодезії : підручник. К. : Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2009. 304 с.
2. Бондаренко Е.Л., Остроух В.І., Шевченко В.О. Топографія з основами геодезії // Методичні вказівки до виконання практичних робіт для студентів географічного факультету. Вінниця: ДП „ДКФ”, 2004. 48 с.
3. Грабовий В.М. Геодезія. Посібник для вивчення геодезії у вищих навчальних закладах I та II рівня акредитації. К.: Аерогеодезія, 2002. 294 с.
4. Звіт-огляд про стан довкілля Богуславського району Київської області – Київ, 2012. 39 с.
5. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500. /ГКНТА-2.04-02-98 (видання офіційне, виправлене та доповнене). К.: «Укргеоінформ», 1999. 156 с.
6. Остроух В.І. Основи топографії (методичні вказівки до виконання практичних робіт для студентів геологічного факультету) Київ: Фітосоціоцентр, 2006. 46 с.
7. Романчук С. В., Кирилюк В. П., Шемякін М. В. Геодезія. Навчальний посібник. К.: Центр учбової літератури, 2008. 296. с.
8. Смолич Б.А. Уравнительные вычисления. М.: Недра, 1989. 244. с.
9. Топографо-геодезична та картографічна діяльність: Законодавчі та нормативні акти. В 2-х частинах. Ч. 1. Вінниця: Антекс, 2000. 408. с.
10. Топографо-геодезична та картографічна діяльність: Законодавчі та нормативні акти. В 2-х частинах. Ч. 2. Вінниця: Антекс, 2002. 656.с.
11. Трємбачев А.Ф. Учебная геодезическая практика. К. : Видавництво Київського університету, 1967. 129 с.
12. Шевченко В.О., Бондаренко Е.Л., Остроух В.І., Дончук С.В., Палієнко Л.О. Навчальна топографо-геодезична практика: Навчально-методичний посібник для студентів географічних спеціальностей. К.: Фітосоціоцентр, 2005. 44 с.

## Загальний висновок

Важливість, актуальність і новизна розробки змісту розглянутого посібника визначається потребами сучасного топографо-геодезичного виробництва. Його рівень розвитку залежить не лише від впровадженнь досягнень новітніх технологій, а й від усвідомлення значення новітніх теоретико-методичних розробок і результатів, одержаних, зокрема, у напрямі вдосконалення «об'єктної» мови карти, з якою пов'язане формування змісту польових картографічних матеріалів. Завдяки цій графічній мові «картосеміотика», що базується на положеннях загальної теорії знакових систем як мовних утворень, на сьогодні визначає рівень загальної теорії картографічної науки.

В роботі основне місце займає забезпечення вивчення і засвоєння положень традиційних методів і технологій розвитку мереж згущення ДГМ та виконання тахеометричного знімання як основного методу одержання великомасштабних топографічних планів, або матеріалів кадастрових знімань, що за змістом одержуються практично подібними, з використанням сучасних методів електронної тахеометрії, GPS-знімань, знімань з БПЛА тощо. Викладений матеріал, у поєднанні лише з сучасними комунікаційними можливостями оперативного збору, обробки, збереження та передачі змістовно і просторово-визначеної інформації по каналам зв'язку, визначає актуальність та новизну розробленого посібника для студентів 1 курсу, адже опанування новітніх методів і технологій створення тих же оригіналів топопланів електронними засобами, передбачено практикою студентів II року навчання.

В посібнику студенти знайдуть узагальнені вказівки на комплекс технологічно пов'язаних між собою видів робіт та зразки оформлення матеріалів польових спостережень і вимірювань, виконаних за вимогами існуючих інструкцій та настанов. Чільне місце в ньому займають і розділи, що висвітлюють зв'язок топографо-геодезичних робіт зі знаннями, одержаними студентами в суміжних галузях знань, які загалом, визначатимуть майбутній їх рівень загальнонаукової та фахової (професійної) компетентності.



## ДОДАТКИ

В додатках, які будуть необхідні студентам і, будуть їм надані під час проходження польової топографічної практики – зразки ведення журналів спостережень, відомостей обчислень, схем розміщення суміжних полігонів, з прикладами послідовного спільного зрівнювання даних окремих бригад, одержаних в результаті обробки цілого комплексу взаємопов'язаних видів робіт: - зрівнювання кутів і обчислення приростів координат (роздільно по  $\Delta x$  і  $\Delta y$ ), визначення нев'язок у приростах координат і їх роздільне зрівнювання, обчислення координат і складання каталогу, одержаних за результатами зрівнювання приростів, планових координат точок знімальної мережі. Те саме стосується спільної обробки матеріалів нівелювання по окремих полігонах і складання каталогу висот точок знімальної мережі, одержаних за результатами зрівнювання перевищень в суміжних полігонах тощо.

Набір вказаних та інших матеріалів залежить від кількості студентів і бригад, для яких будуть визначені полігони на місцевості, їх конфігурації тощо. Вони можуть суттєво відрізнятись рік від року, їх багато і публікувати їх наперед недоцільно.

Для нотаток

## Наукова література

Польова навчальна топографічна практика: навчально-методичний посібник / І.О. Підлісецька, М.А. Молочко; За ред. А.М. Молочка. – Київ: Видавництво «Альфа-ПК», 2020. – 42 с.

Навчальний посібник призначений для закріплення теоретичних знань з геодезії та топографії, спрямований на оволодіння польовими методами створення мережі згущення геодезичної основи великомасштабного топографічного знімання.

Підписано до друку: 27.01.2020. Формат 60x90/16.  
Гарнітура Times New Roman. Папір: офсетний 80 гр/м<sup>2</sup>  
Наклад 100. Ум.-друк.арк.: 2,08. Зам. №03-01

Видавництво ТОВ «Альфа-ПК»,  
м. Київ, вул. Антоновича 125А  
Свідоцтво про реєстрацію ДК 1806