

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

**КУТОВІ ТА ЛІНІЙНІ ВИМІРИ
В ПОЛІГОНОМЕТРІЇ**

Методичні вказівки
для здобувачів першого (бакалаврського)
рівня вищої освіти спеціальності
193 «Геодезія та землеустрій»

Київ 2024

УДК 528.48
К95

Укладачі: О. В. Адаменко, канд. техн. наук, доцент;
О. П. Ісаєв, канд. техн. наук, доцент;
С. А. Бондар, асистент;
О. В. Циколенко, асистент

Рецензент О.Й. Кузьмич, д-р техн. наук, професор

Відповідальний за випуск Р. А. Дем'яненко, канд. техн. наук, доцент

*Затверджено на засіданні кафедри інженерної геодезії,
протокол № 3 від 21 серпня 2024 року.*

В авторській редакції.

Кутові та лінійні виміри в полігонометрії : методичні вказівки
К95 / уклад. : О. В. Адаменко та ін. – Київ : КНУБА, 2024. – 36 с.

Містить перелік лабораторних робіт із дисципліни «Геодезія», а також методичні рекомендації до їх виконання.

Призначено для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

© КНУБА, 2024

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Мета лабораторних робіт – поглиблення та закріплення знань, одержаних в процесі вивчення теоретичного курсу «Геодезія», набуття навичок вимірювання кутів точними теодолітами, кутів і ліній, а також визначення координат пунктів полігонометрії електронними тахеометрами, засвоєння методів повірок та юстування цих приладів.

Обсяг і зміст лабораторних робіт повністю відповідають програмі курсу «Геодезія», який вивчається на другому курсі під час підготовки бакалаврів за напрямом «Геодезія, картографія та землевпорядкування».

Лабораторні роботи студенти виконують у складі бригад у приміщеннях кафедри або на вулиці, за сприятливої погоди. По закінченню виконання лабораторних робіт, кожен студент складає звіт об'ємом 15-20 сторінок індивідуально із схемами та ілюстраціями процесів виконання та захищає результати роботи.

ЗМІСТ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Лабораторна робота №1

Підготовка точного теодоліта та електронного тахеометра до вимірювань кутів в полігонометрії згущення

1. Будова та схема головних осей точного теодоліта.
2. Основні технічні характеристики теодолітів типу Т5, Т2 та електронних тахеометрів 3Та5Р, TCR 405.
3. Поле зору відлікового мікроскопу, технологія зняття відліку в точних теодолітах.
4. Перевірки та юстування приладів для вимірювань в полігонометрії (точних теодолітів і електронних тахеометрів).
5. Центрування приладів за допомогою оптичного (лазерного) центрира та перевірка оптичного центрира.

Лабораторна робота №2

Вимірювання кутів у полігонометрії згущення

1. Вимоги інструкції при вимірюванні кутів у полігонометрії згущення

2. Вимірювання кутів способом прийомів, журнал вимірювань, його обробка.

3. Вимірювання кутів способом кругових прийомів, журнал вимірювань, його обробка.

4. Оцінка точності результатів вимірювань кутів.

Лабораторна робота №3

Підготовка електронного тахеометра до вимірювань ліній в полігонометрії згущення

1. Принципова схема вимірювання ліній електронними тахеометрами.

2. Визначення постійної поправки комплектних відбивачів методом трьох точок.

3. Основні налаштування тахеометрів 3Та5Р, TCR 405 під час вимірювання віддалей.

Лабораторна робота №4

Вимірювання довжин ліній і координат пунктів полігонометрії електронними тахеометрами

1. Вимірювання в полігонометрії за триштативною системою.

2. Вимірювання ліній електронними тахеометрами, журнал, його обробка.

3. Оцінка точності результатів вимірювань ліній.

4. Установка і орієнтування станції за допомогою електронного тахеометра.

5. Визначення координат сусідніх пунктів полігонометрії за допомогою електронного тахеометра.

Лабораторна робота №5

Компарування мірних приладів

1. Компарування рулетки на польовому компараторі.

2. Компарування рулетки на лабораторному компараторі.

Лабораторна робота №1
Підготовка точного теодоліта та електронного тахеометра
до вимірювань кутів в полігонометрії згущення

Кутові вимірювання в полігонометрії згущення 4 класу, 1-го та 2-го розрядів виконують точними теодолітами типу Т2 (2Т2, 3Т2КП), Т5 (2Т5, 3Т5КП), електронними тахеометрами, такими як 3Та5Р, Leica TCR405 та іншими приладами з точністю вимірювання кутів $2\div 5''$.

Центрування приладів над пунктом полігонометрії виконують за допомогою оптичного або лазерного центриру.

Під час вимірювання в полігонометрії, на суміжних із приладом пунктах встановлюють візирні цілі (візирні марки або відбивачі із марками).

До початку вимірювань на пунктах полігонометрії, інженер повинен переконатися у справності комплекту обладнання, яке буде використовуватись під час вимірювань. Працездатність геодезичних приладів перевіряють шляхом виконання комплексу повірок.

Завдання та методичні вказівки

1. Описати будову теодолітів Т2 та Т5. Накреслити схему основних осей приладів, що використовуються для вимірювання кутів у полігонометрії.

2. Привести основні технічні характеристики теодолітів і електронних тахеометрів (заповнити табл. 1).

Таблиця 1

**Основні технічні характеристики точних теодолітів і
електронних тахеометрів**

№ пор.	Основні характеристики	3Т2КП	3Т5КП	3Та5Р	TCR 405
1	Ціна поділки рівня				
2	Збільшення зорової труби				
3	Мінімальна відстань візування				
4	СКП вимірювання горизонтального кута				

№ пор.	Основні характеристики	ЗТ2КП	ЗТ5КП	ЗТа5Р	TCR 405
5	СКП вимірювання вертикального кута				
6	Діапазон вимірювань віддалей в режимі вимірювань “на призму”				
7	СКП вимірювання віддалей в режимі вимірювань “на призму”				
8	Діапазон роботи компенсатора				
9	Точність роботи компенсатора				

3. Встановити теодоліт у напрямку, заданому викладачем. Намалювати поле зору відлікового мікроскопу теодолітів типу Т2 і Т5 з відліком по горизонтальному та вертикальному кругах.

4. Виконати такі перевірки та юстування теодолітів типу Т2, Т5 і електронних тахеометрів ЗТа5Р, Leica TCR 405:

- 1) зовнішній огляд і опробування;
- 2) перевірка круглого та циліндричного рівня;
- 3) перевірка сітки ниток зорової труби приладу;
- 4) перевірка відповідності взаємного положення осей обертання труби і приладу;
- 5) перевірка колімаційної похибки;
- 6) перевірка місця нуля (МО) або місця зеніту (МЗ);
- 7) перевірка компенсатора приладу.

При виконанні перевірок необхідно дотримуватись правил та умов кожної перевірки, які вказані в паспорті приладу, а також в інструкції та підручниках (дивись список літератури).

Примітка. Перед виконанням перевірок необхідно зробити досконалий зовнішній огляд приладу і штативу. Особливу увагу приділити азимутальній стійкості приладу. Провести регулювання підйомних гвинтів.

4.1. Оформити виконану роботу. Оформлення кожної перевірки виконати у чотири етапи:

I. Формулювання перевірки – сформулювати перевірку, тобто сформулювати геометричні умови, які мають бути витримані між

взаємним положенням осей або конструктивних елементів приладу; проілюструвати ці умови схематично (графічна інтерпретація).

II. Виконання перевірки. Умови виконання. Розрахункова формула. – навести умови виконання перевірки. Стисло описати процес (технологію) перевірки. Навести розрахункову формулу, якщо за умови перевірки треба зробити розрахунок.

III. Результати перевірки. Висновок. – навести отримані особисто студентом результати перевірки. Зробити висновок, виходячи із порівняння отриманих результатів з інструктивними вимогами, тобто з граничними значеннями.

IV. Юстування. – описати порядок юстування приладу.

Покажемо на прикладі чотири етапи перевірки.

ПРИКЛАД. Перевірка циліндричного рівня, що знаходиться на горизонтальному крузі приладу.

(У тахеометрі Leica TCR 405 перевірку електронного циліндричного рівня виконують за аналогією).

I. Вісь циліндричного рівня має бути перпендикулярною до осі обертання приладу.

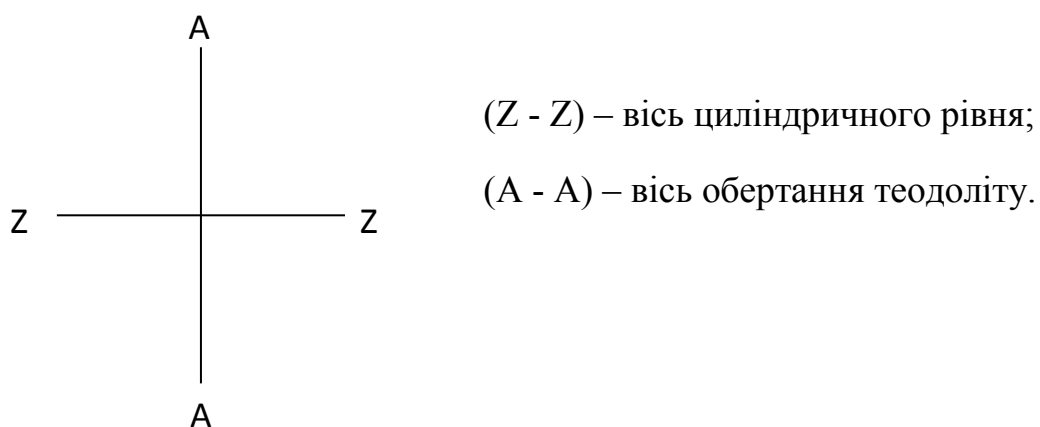


Рис. 1

II (а). Закріплюють прилад на штативі і горизонтують його. Тобто встановлюють рівень паралельно лінії двох підйомних гвинтів (рис. 2, а). і, обертаючи їх одночасно в різних напрямках, виводять бульбашку рівня на середину ампули, тобто в нуль-пункт. Повертають алідаду на 90°, розміщуючи рівень у напрямку третього підйомного гвинта (рис. 2, б) і ним також виводять бульбашку рівня в нуль-пункт.

Повторюють ці операції, уточнюючи положення бульбашки рівня в середині ампули.

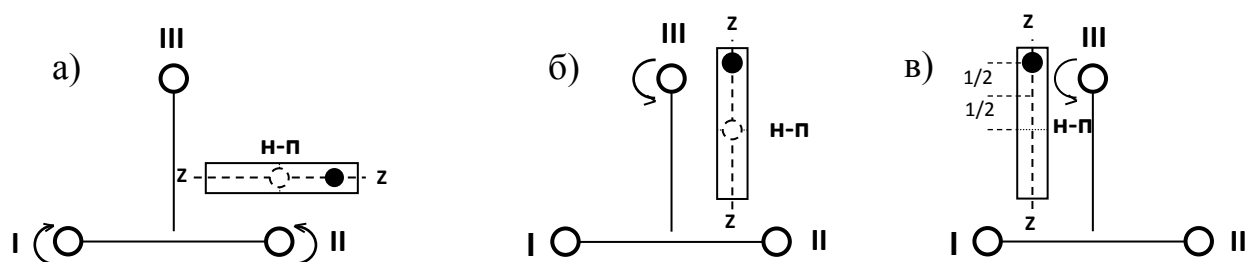


Рис. 2

II (б). Перевіряють рівень. Для цього повертають алідаду на 180° відносно положення, вказаного на рис. 2, б, встановлюючи вісь рівня паралельно лінії третього підйомного гвинта (рис. 2, в).

III. Оцінюють зміщення бульбашки від нуля-пункту. Відхилення бульбашки рівня не повинно перевищувати одну поділку рівня.

Наприклад, зміщення дорівнює 3 поділки. **Висновок:** оскільки відхилення бульбашки від нуля-пункту більше ніж одна поділка, необхідно провести юстування і повторити перевірку.

IV. Юстування. Підйомним гвинтом підводять бульбашку рівня на половину дуги відхилення в напрямку нуля-пункту, а на другу половину відхилення підводять юстувальним гвинтом рівня. Повторюють перевірку.

4.2. До табл. 2 внести інструктивні вимоги до точності юстування приладів.

Таблиця 2

Точність юстування приладів

№ пор.	Параметри	Тип приладу			
		T2	T5	3Ta5P	TCR 405
1	Максимальне відхилення бульбашки рівня від нуля-пункту при обертанні приладу навколо осі, <i>в поділках</i>				
2	Максимальне значення колімаційної похибки, <i>с</i>				
3	Відхилення вертикальної нитки сітки ниток від вертикальної лінії, <i>мм</i>				

№ пор.	Параметри	Тип приладу			
		T2	T5	3Ta5P	TCR 405
4	Значення місця нуля (МО) або місця зеніту (MZ), с				
5	Величина недокомпенсації, с				
6	Точність юстування оптичного (лазерного) центриру, мм				

5. Центрування приладів за допомогою оптичного (лазерного) центрира та перевірка оптичного центрира.

(У тахеометрі Leica TCR 405 перевірку лазерного центриру виконують за аналогією).

I. Вісь оптичного центриру повинна бути перпендикулярною до осі обертання приладу.

II (а). Приводять прилад в робоче положення – центрують та горизонтують його.

1. Поставити штатив із приладом над пунктом так, щоб центр сітки ниток оптичного центриру був близьким до точки центрування.

2. Підйомними гвинтами точно навести центр сітки ниток оптичного центриру на точку центрування.

3. Ніжками штативу привести бульбашку рівня в нуль-пункт.

4. Підйомними гвинтами точно установити бульбашку циліндричного рівня в нуль-пункт.

5. Трошки відкрутити становий гвинт і посунути прилад по штативу так, щоб сполучити центр сітки ниток оптичного центриру з точкою центрування (рис. 3, а).

6. Дії, що вказані в пунктах 4 та 5 повторити доти, поки прилад не буде приведений у робоче положення.

II (б). Перевіряють оптичний центрир. Для цього повертають алідаду на 180° відносно будь-якого обраного положення.

III. Оцінюють зміщення точки центрування відносно центру сітки ниток. Відхилення не повинно перевищувати величини радіуса малої окружності.

Наприклад, точка центрування виходить за межі великої окружності (рис. 3, б). **Висновок:** оскільки відхилення точки центрування від центру сітки ниток оптичного центриру більше ніж радіус малої окружності, треба провести юстування і повторити перевірку.

IV. Юстування. Ослабити два юстувальних гвинта окуляра центриру і посунути його так, щоб центр сітки ниток пересунувся на половину відхилення, отриманого при перевірці центриру.

Примітка. Якщо юстування оптичного центриру не виконано з якихось причин, то центрувати прилад слід на середню точку відхилення (рис. 3, в).

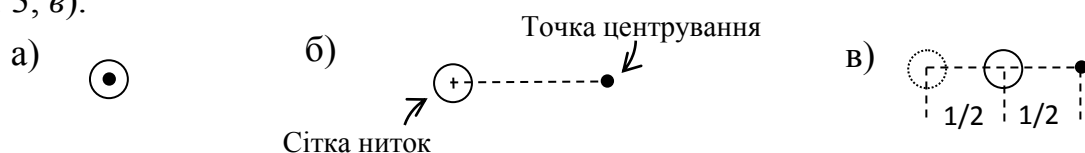


Рис. 3

Лабораторна робота 2

Вимірювання кутів

Робота виконується бригадою студентів, яка складається з трьох осіб. До початку вимірювань кутів мають бути виконанні усі перевірки приладу.

Перед тим, як приступити до безпосереднього вимірювання кутів, прилад необхідно привести у робоче положення, тобто відцентрувати над пунктом та відгоризонтувати.

Завдання та методичні вказівки

1. Привести вимоги інструкції щодо допустимих розбіжностей під час вимірювання кутів (заповнити табл. 3).

Таблиця 3

Допуски при вимірюванні кутів

№ пор.	Параметри	Допуски при вимірюванні кутів приладами з точністю		
		1"	2"	5"
1	Розходження між значеннями окремого кута, отриманого із двох напрямків			
2	Коливання значень кута із різних прийомів			
3	Розходження між відліками на початковий напрямок на початку і в кінці напівприйому (незамикання горизонту)			
4	Коливання значень напрямків, що приведені до спільного нуля, в окремих прийомах			
5	Коливання значень колімаційної похибки в прийомах, не більше			
6	Розходження відліків між двома суміщеннями штрихів			

2. Привести вимоги інструкції щодо кількості прийомів вимірювання кутів в полігонометрії (заповнити табл. 4).

Таблиця 4

Кількість прийомів при вимірюванні кутів

Прилади з точністю вимірювання кутів	Кількість прийомів		
	4 кл.	1 р.	2 р.
1"			
2"			
5"			

3. Вимірювання кутів способом прийомів

3.1. Описати порядок вимірювання окремого кута способом прийомів.

3.2. Скласти схему спостережень (напрями задає викладач). Виміряти кут способом прийомів.

Всі студенти бригади вимірюють один і той же кут. Кожен студент виконує один прийом спостережень. Між прийомами лімб необхідно переставляти на кут φ .

$$\varphi = \frac{180^\circ}{n} + 10', \quad (1.1)$$

де n – кількість прийомів.

Кожен студент веде свій журнал.

4. Вимірювання кутів способом кругових прийомів

4.1. Описати порядок вимірювання кутів способом кругових прийомів

4.2. Скласти схему спостережень (напрями задає викладач). Виміряти кути способом кругових прийомів.

Всі студенти бригади вимірюють одні і ті самі напрямки. Кожен студент виконує один прийом спостережень. Між прийомами лімб необхідно переставляти на кут φ .

Під час вимірювань студент повинен контролювати величину незамикання горизонту. У разі перевищення допустимого значення

незамикання горизонту, прийом необхідно переробити, переставивши лімб на кут φ .

Кожен студент веде свій журнал.

Нижче надані зразки ведення журналів вимірювання кутів. На прикладах показані зразки записів при заповненні журналів та обробка результатів вимірювань.

Примітка.

1. Під час ведення журналів необхідно дотримуватись акуратності та чіткості записів. Записи ведуться олівцем або шариковою ручкою "начисто". *Польовий журнал є звітнім документом, і тому не підлягає переписуванню!* В записаних результатах відліків не допускаються виправлення, витирання, написання цифри на цифрі та інше. У разі помилкових відліків та записів прийом бракують, змінюють установку лімба на декілька минут і повторюють спостереження. В обчисленнях дозволяється робити виправлення, закресливши однією лінією помилкову цифру або число і написавши поруч вірний результат.

2. Помічник веде обчислення одночасно із спостереженнями, контролює спостерігача, допомагає йому виправити можливі помилки.

3. Забороняється переходити до наступного прийому, доки не будуть обчислені всі напрямки, приведені до нуля або середнє значення кута. Якщо значення напрямків між прийомами розходиться більше допустимої величини, тоді повторюють вимірювання кутів того прийому, де є найбільше відхилення.

4. При виведенні середніх значень заокруглення ведуть за правилом Гауса, тобто до парної цифри.

Наприклад: $1,65'' \approx 1,6''$; $1,55'' \approx 1,6''$.

ЖУРНАЛ

вимірювання кутів способом прийомів (Т5)

Прилад ЗТ5КП № 71118

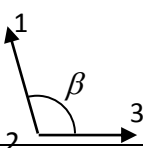
Дата 22 листопада 2024 р. Погода (ясно, тихо, хмарно, вітерець)

Початок вимірювань 10-30 Видимість (добра, задовільна, слабка)

Кінець вимірювань 10-55 Зображення (спокійне, стійке, тремтяче)

Спостерігач (ПІБ) Карпенко І. О.

Помічник (ПІБ) Лис П. П.

№ пункту стояння та схема спостереження	№№ пунктів спостереження	Круг	Відліки по лімбу		Значення кута в полу- прийомах	Середнє значення кута
			о	'		
1	2	3	4	5	6	7
	1	КЛ	0	01,7	121° 36,9'	
	3	КЛ	121	38,6		121° 36,8'
	1	КП	180	01,6	121° 36,8'	
	3	КП	301	38,4		

ЖУРНАЛ

вимірювання кутів способом прийомів (Т2)

Прилад 2Т2КП № 70305

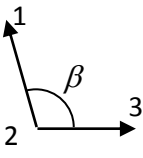
Дата 22 листопада 2024 р. Погода (ясно, тихо, хмарно, вітерець)

Початок вимірювань 10-30 Видимість (добра, задовільна, слабка)

Кінець вимірювань 10-55 Зображення (спокійне, стійке, тремтяче)

Спостерігач (ПІБ) Карпенко І. О.

Помічник (ПІБ) Лис П. П.

№ пункту стояння та схема вимірюва нь	№№ пунктів спостережень	Круг	Відліки по лімбу		Відліки по мікромет ру		$\frac{a_1 + a_2}{2}$	Значення кута у напів- прийомі	Середнє значення кута
			°	'	a_1	a_2			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1	КЛ	0	01	21,4	22,0	21,7	121°36'44,5"	121°36'45,0"
	3	КЛ	121	38	06,5	06,0	06,2		
	1	КЛ	180	01	30,6	30,6	30,6	121°36'45,6"	
	3	КП	301	38	16,3	16,0	16,2		

ЖУРНАЛ

вимірювання кутів способом кругових прийомів (Т5)

Прилад 3Т5КП № 71118

Дата 22 листопада 2024 р. Погода (ясно, тихо, хмарно, вітерець)

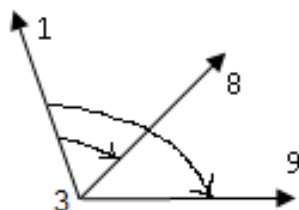
Початок вимірювань 10-30 Видимість (добра, задовільна, слабка)

Кінець вимірювань 10-55 Зображення (спокійне, стійке, тремтяче)

Спостерігач (ПІБ) Карпенко І. О.

Помічник (ПІБ) Лис П. П.

Схема спостережень



Назва напрямку	Круг	Відліки по лімбу		$2c = \frac{KL - KP}{\pm 180^\circ}$	$\frac{KL + KP}{2}$	Значення приведені до нуля напрямків
		°	'			
1	2	3	4	5	6	7
					0°00,4'	
1	КЛ	0	00,5	+0,0	0°00,5'	0°00,0'
	КП	180	00,5			
8	КЛ	43	16,8	+0,2	43°16,7'	43°16,3'
	КП	223	16,6			
9	КЛ	308	02,2	+0,2	308°02,1'	308°01,7'
	КП	128	02,0			
1	КЛ	0	00,5	+0,1	0°00,4'	---
	КП	180	00,4			
Незамикання горизонту при КЛ $\Delta_{KL} = 0,0'$ Незамикання горизонту при КП $\Delta_{KP} = -0,1'$ $\Delta_{CP} = 0,0'$						

ЖУРНАЛ

вимірювання кутів способом кругових прийомів (Т2)

Прилад 2Т2КП № 70305

Дата 22 листопада 2024 р. Погода (ясно, тихо, хмарно, вітерець)

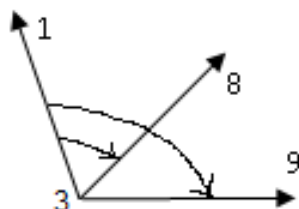
Початок вимірювань 10-30 Видимість (добра, задовільна, слабка)

Кінець вимірювань 10-55 Зображення (спокійне, стійке, тремтяче)

Спостерігач (ПІБ) Іванов І. О.

Помічник (ПІБ) Петров П. П.

Схема спостережень



Назва напрямку	Круг	Відліки по лімбі		Відліки по мікрометру		$\frac{a_1 + a_2}{2}$	$2c = \text{КЛ-КП} \pm 180^\circ$	$\frac{\text{КЛ} + \text{КП}}{2}$	Напрямки приведені до початкового
		°	'	a_1	a_2				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
								0°00'45,8"	
1	КЛ	0	00	48,0	48,6	48,3	+8,0	0°00'44,3"	0°00'00,0"
	КП	180	00	40,4	40,2	40,3			
8	КЛ	43	16	11,8	12,5	12,2	+4,7	43°15'09,8"	43°15'24,0"
	КП	223	16	07,5	07,5	07,5			
9	КЛ	308	02	56,0	55,6	55,8	+8,6	308°02'51,5"	308°02'05,7"
	КП	128	02	47,3	47,0	47,2			
1	КЛ	0	00	50,3	51,0	50,6	+6,8	0°00'47,2"	---
	КП	180	0 0	43,6	44,0	43,8			
Незамикання горизонту при КЛ $\Delta_{\text{КЛ}} = +2,3''$ Незамикання горизонту при КП $\Delta_{\text{КП}} = +3,5''$ $\Delta_{\text{CP}} = 2,9''$									

5. Оцінка точності результатів кутових вимірювань.

Виконати оцінку точності вимірювання кута способом прийомів. За вихідні дані взяти три значення кута своєї бригади та результати вимірювань інших бригад. Вимірювання різними бригадами вважати рівноточними. Середню квадратичну похибку вимірювання кута одним прийомом знайти за формулою:

$$m_{\beta} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n V^2}{(n-1)k}}, \quad (2.1)$$

де V – відхилення від середнього арифметичного значення кута в бригаді;

n – кількість прийомів в бригаді;

k – кількість бригад.

Для визначення m_{β} скласти табл. 5 та 6.

Таблиця 5

Результати вимірювань бригади № ____

№ бригади	№№ прийомів	Значення кута β_i	V_i	V_i^2	Формули і обчислення
1	1				$\beta_{cp} = \frac{\sum \beta_i}{n}$
	2				
	3				
	β_{cp}		$\sum V_i^2$		$V_i = \beta_i - \beta_{cp}$

Таблиця 6

Результати вимірювань групи _____

Номера бригад	$\sum V_i^2$	Формули і обчислення
1		$m_{\beta} =$
2		
3		$M_{\beta} =$
$\sum \sum V_i^2$		

Середню квадратичну похибку значення кута, отриманого як середнє арифметичне із n прийомів, знайти за формулою:

$$M_{\beta} = \frac{m_{\beta}}{\sqrt{n}}. \quad (2.2)$$

Виконати оцінку точності вимірювання кутів за різницею двох вимірювань. Значення кута в кожному із прийомів отримують як середнє із двох напівприймів, тому можна знайти різниці

$$d_{\beta} = |\beta_{\text{кл}} - \beta_{\text{кп}}|$$

Взявши до опрацювання результати своєї і трьох інших бригад, та вважаючи відсутнім вплив систематичних похибок, знайти середню квадратичну похибку вимірювання кута одним напівприйомом за формулою:

$$m_{\beta} = \sqrt{\frac{\sum d_{\beta}^2}{2N}}, \quad (2.3)$$

де N – кількість різниць.

Тоді середня квадратична похибка вимірювань кута одним прийомом буде:

$$\bar{m}_{\beta} = \frac{m_{\beta}}{\sqrt{2}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sum d_{\beta}^2}{N}}. \quad (2.4)$$

За результатами оцінки точності зробити висновки.

Лабораторна робота № 3
Підготовка електронного тахеометра до вимірювань ліній
в полігонометрії згущення

Лінійні вимірювання в полігонометрії згущення 4 класу, 1-го та 2-го розрядів виконують електронними тахеометрами, наприклад, такими як 3Та5Р, Leica TCR405, та іншими приладами з точністю вимірювання віддалей від $m_S = [2 + 2 \cdot S_{\text{км}}]_{\text{мм}}$ до $m_S = [5 + 3 \cdot S_{\text{км}}]_{\text{мм}}$.

Центрування тахеометрів над пунктом полігонометрії виконують за допомогою оптичного або лазерного центру (точність 1 мм).

При вимірюванні в полігонометрії на суміжних із приладом пунктах на штативах встановлюють відбивачі з марками.

До початку вимірювань на пунктах полігонометрії, інженер повинен переконатись у справності комплексу обладнання, яке буде використовуватись під час вимірювань. Працездатність геодезичних приладів перевіряють шляхом виконання комплексу повірок.

Лінійні вимірювання (так само, як і кутові) при прокладанні полігонометрії згущення рекомендовано виконувати у ранішні або вечірні часи, коли температура повітря є постійною по всій довжині вимірювальної лінії. В процесі виконання робіт інженер вносить у пам'ять тахеометра метеодані про температуру і тиск повітря навколишнього середовища. При вимірюванні ліній довжиною більше ніж 1000 м, температуру і тиск визначають як біля приладу, так і біля відбивача. У прилад, в такому разі, записують середні значення метеоданих.

Завдання та методичні вказівки

3.1. Накреслити принципову схему вимірювання віддалей імпульсним і фазовим методом.

3.2. Визначити постійну поправку комплексу відбивачів методом трьох точок.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ. Установити на штативах тахеометр і два відбивача так, щоб відстань від тахеометра до відбивачів була

приблизно 10 м, і тахеометр знаходився у створі лінії, утвореної двома відбивачами (рис. 3, а).

Виконати вимірювання ліній до відбивачів S_1 та S_2 трьома прийомами і взяти до обрахунку середнє значення.

Відкріпити тахеометр і один із відбивачів у трегері, зняти їх, встановити тахеометр на місце знятого відбивача. Виконати вимірювання лінії S_3 (рис. 3, б). Постійну поправку комплекту відбивачів знайти за формулою:

$$c = S_3 - (S_1 + S_2). \quad (3.1)$$

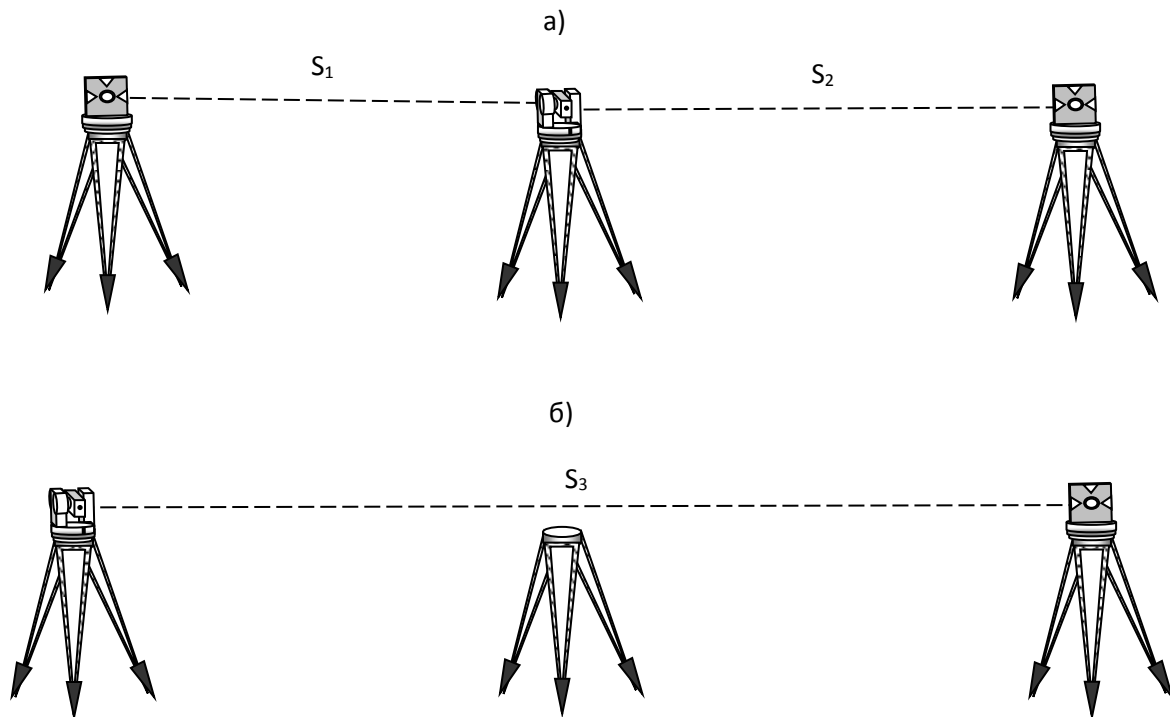


Рис. 3. Визначення постійної поправки методом трьох точок

3.3. Визначити та внести у пам'ять тахеометра метеодані.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ. Виміряти температуру повітря за допомогою термометра-праща та атмосферного тиску за допомогою барометра анероїда. Занести отримані дані у пам'ять тахеометра.

Для тахеометра 3Та5Р для цього необхідно виконати наступні кроки:
"МЕНЮ", "УСАНОВКИ", "ВВОД Т,Р"

У вікні тахеометра, що відкриється, ввести необхідні дані.

УСТАНОВКИ*ВВОД Т, Р	
Т	ЗНАЧ
Р	ЗНАЧ

Для тахеометра Leica TCR 405 для цього необхідно виконати наступні кроки:

"↓", "EDM", "Атм PPM".

У вікні тахеометра, що відкриється, ввести необхідні дані.

Отметка высоты :	0 m
Температура :	15 °C
Давление :	760 mm Hg
Атм. PPM :	0 PPM

Лабораторна робота 4
Вимірювання довжин ліній і координат пунктів полігонометрії
електронними тахеометрами

Головною перевагою електронних приладів над оптичними є можливість автоматизації процесу вимірювань, коли частину процесу обробки вимірювань виконує сам прилад під час вимірювань. У роботі з електронними тахеометрами це дає нагоду працювати у так званому **координатному режимі**, коли одразу визначаються координати пунктів. Для роботи у координатному режимі на кожному пункті полігонометрії необхідно записати у пам'ять приладу назви і координати вихідних пунктів (пунктів стояння і наведення), висоти тахеометра і відбивачів і обов'язково виконати орієнтування тахеометра.

Необхідно зауважити, що треба дуже обережно підходити до автоматизованої роботи з електронним тахеометром, і постійно виконувати контроль виміряних даних.

Під час виконання цієї лабораторної роботи рекомендується користуватися методичними вказівками [1] і керівництвами користувача [2,3].

Завдання та методичні вказівки

4.1. Описати порядок польових робіт при вимірюванні кутів за триштативною системою. Привести схему вимірювань. Вказати переваги та недоліки цього методу.

4.2. Виконати вимірювання ліній електронними тахеометрами.

ЖУРНАЛ вимірювання віддалей

Прилад 3Та5Р № 10159

Дата 22 листопада 2024 р. Погода (ясно, тихо, хмарно, слабкий вітерець)

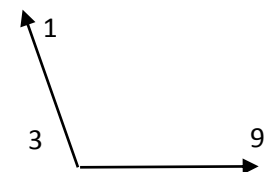
Початок вимірювань 10-30 Видимість (добра, задовільна, слабка)

Кінець вимірювань 10-45 Зображення (спокійне, стійке, тремтяче)

Висота тахеометра h_T 0,245

Схема спостережень

Висота відбивача h_B 0,225



Спостерігач (ПІБ) Бандура П.О.

Помічник (ПІБ) Кушнір В. І.

Метеодані:

тахеометр $t_T^\circ = \underline{9,8^\circ \text{C}}$

$P = \underline{99,8 \text{ кПа}}$

відбивач $t_B^\circ = \underline{9,5^\circ \text{C}}$

$P = \underline{99,8 \text{ кПа}}$

№ пункту стояння	№ пунктів спостережень	Виміряна віддаль S, м				Вертикальний кут, ...°'..."	Горизонтальне прокладання d, м
		1	2	3	Середнє		
3	1	711.359	711.359	711.358	711.3588	90°05'22,0"	711.3579
		711.359	711.359	711.358			
	9	326.117	326.119	326.117	326.1178	89°58'17,3"	326.1178
		326.117	326.119	326.117			

Робота виконується бригадою студентів, яка складається із 3-х осіб. Кожен студент бригади робить три прийоми вимірювань двох ліній.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ. Закріпити тахеометр на штативі, встановити його над пунктом та привести до робочого стану, тобто відцентрувати та відгоризонтувати.

Встановити відбивачі на штативі над двома іншими пунктами, відцентрувати та відгоризонтувати їх.

Виміряти температуру повітря та атмосферний тиск. Занести отримані метеодані у пам'ять тахеометра.

Навестись на відбивач. Наведення обов'язково зробити по позначеннях у вигляді трикутників на марці відбивача. Це означає, що вертикальна і горизонтальна нитки сітки ниток зорової труби при правильному наведенні повинні проходити через середину трикутників марки відбивача.

Зробити вимірювання. Дані занести у журнал вимірювання віддалей. Приклад журналу наведений на попередній сторінці.

4.3. Виконати оцінку точності вимірювання ліній електронними тахеометрами.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ. За вихідні дані взяти 3 значення віддалі своєї бригади та результати вимірювань інших бригад. Вимірювання різними бригадами вважати рівноточними. Середню квадратичну похибку вимірювання віддалі одним прийомом знайти за формулою:

$$m_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n V^2}{(n-1)k}}, \quad (4.1)$$

де V – відхилення від середнього арифметичного значення віддалі в бригаді; n - кількість прийомів в бригаді; k - кількість бригад.

Для визначення m_s скласти табл. 4.1 та 4.2.

Середню квадратичну похибку значення віддалі, отриману як середнє арифметичне із n прийомів, знайти за формулою:

$$M_s = \frac{m_s}{\sqrt{n}}. \quad (4.2)$$

За результатами оцінки точності зробити висновки.

Таблиця 4.1

Результати вимірювань бригади №__

№ бригади	№№ прийомів	Значення віддалі S_i	V_i	V_i^2	Формули і обчислення
1	1				$S_{cp} = \frac{\sum S_i}{n}$ $V_i = S_i - S_{cp}$
	2				
	3				
	S_{cp}		$\sum V_i^2$		
	1				
	2				
	3				
	S_{cp}		$\sum V_i^2$		

Таблиця 4.2

Результати вимірювань групи

Номера бригад	$\sum V_i^2$	Формули і обчислення
1		$m_s =$
2		
3		$M_s =$
$\sum \sum V_i^2$		

4.4. Виконати орієнтування тахеометра

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ. Закріпити тахеометр на штативі, встановити його над пунктом та привести до робочого стану, тобто відцентрувати та відгоризонтувати.

Встановити відбивач над іншим пунктом та привести його до робочого стану.

Внести метеодані у пам'ять тахеометра.

Орієнтування тахеометра зробити за двох умов: 1) по дирекційному куту; 2) по координатах.

1. Орієнтування по заданому дирекційному куту.

Електронний тахеометр Leica TCR 405.

Послідовність кроків: "MENU", "Съемка", "Выбор проекта", "Выбор станции", "Ориентирование инструмента".

У пункті "Выбор проекта" вибрати "Новый" і ввести назву проекту.

У пункті "Выбор станции" вибрати "ХҮН" і ввести координати станції (тобто пункту, на якому стоїть тахеометр) вручну.

У пункті "Ориентирование инструмента" вибрати "Настройка измерения углов" ввести те значення дирекційного кута, яке необхідно задати, наприклад, $12^{\circ}30'00''$. Підтвердити значення дирекційного кута кнопкою .

За допомогою кнопки $H_z = 0$ можна установити значення дирекційного кута $0^{\circ} 00' 00''$.

Навести тахеометр на пункт, який задає обраний вихідний напрямок.

Якщо надалі натиснути кнопку "ALL" або "Запись", то відлікова система горизонтального круга тахеометра буде зорієнтована відносно заданого дирекційного кута.

Після короткого повідомлення «*Инструмент сориентирован*» з'явиться вікно "Съемка". Запустити режим зйомки кнопкою F4.

Електронний тахеометр 3Та5Р.

Послідовність кроків: "МЕНЮ", "УСТАНОВКИ", "ЗАГОЛОВОК СТАНЦИИ", "МЕНЮ", "ПРОГРАММЫ", "ОРИЕНТАЦИЯ".

В пункті "ЗАГОЛОВОК СТАНЦИИ" вибрати "КЛАВИАТУРА" і ввести номер станції і висоту приладу.

МЕНЮ*ЗАГОЛОВОК	
HcmСт	0
hi	0

У пункті "ОРИЕНТАЦИЯ" вибрати "УГОЛ" ввести те значення дирекційного кута, яке необхідно задати, наприклад, $12^{\circ}30'00''$.

Навести тахеометр на пункт, який задає обраний вихідний напрямок.

Якщо надалі натиснути кнопку "ВВОД", то відлікова система горизонтального круга тахеометра буде зорієнтована відносно заданого дирекційного кута.

2. Орієнтування по координатах.

Електронний тахеометр Leica TCR 405.

Послідовність кроків: "MENU", "Съемка", "Выбор проекта", "Выбор станции", "Ориентирование инструмента".

У пункті "Выбор проекта" вибрати "Новый" і ввести назву проекту.

У пункті "Выбор станции" вибрати "СПИСОК", вибрати станцію із файлу вимірювань.

У пункті "КООРДИНАТЫ" вибрати "СПИСОК" та вибрати назву станції по якій буде відбуватися орієнтування.

ОРИЕНТИРОВАНИЕ ПО КООРДИНАТАМ		
Введите номер пункта привязки		
Пункт привязки		
ВВОД	СПИСОК	ХУН

Навести тахеометр на пункт, який задає обраний вихідний напрямок.

Якщо надалі натиснути кнопку "ALL" або "Запись", то відлікова система горизонтального круга тахеометра буде зорієнтована відносно заданого дирекційного кута.

Після короткого повідомлення *«Инструмент сориентирован»* з'явиться вікно "Съемка". Запустити режим зйомки кнопкою F4.

Електронний тахеометр 3Та5Р.

Послідовність кроків: "МЕНЮ", "УСАНОВКИ", "ЗАГОЛОВОК СТАНЦИИ", "МЕНЮ", "ПРОГРАММЫ", "ОРИЕНТАЦИЯ".

В пункті "ЗАГОЛОВОК СТАНЦИИ" вибрати "ФАЙЛ", ввести номер станції, тахеометр буде її шукати у пам'яті.

У пункті "ОРИЕНТАЦИЯ" вибрати "ФАЙЛ" та ввести номер станції по якій буде відбуватись орієнтування.

Навести тахеометр на пункт, який задає обраний вихідний напрямок.

Якщо надалі натиснути кнопку "ВВОД", то відлікова система горизонтального круга тахеометра буде зорієнтована відносно заданого дирекційного кута.

4.5. Визначити координати сусідніх пунктів полігонометрії за допомогою електронного тахеометра.

Електронний тахеометр Leica TCR 405.

Послідовність кроків: "MENU", "Съемка", "Выбор проекта", "Выбор станции", "Ориентирование инструмента", "ЗАПУСК".

Тахеометр готовий до роботи, виконуємо вимірювання на пунктів способом прийомів, або способом кругових прийомів. Після наведення на відбивач, натискаємо "ALL" - тахеометр виконує вимірювання та автоматично заносить їх у пам'ять. Необхідно уважно стежити і не забувати до вимірювань на відбивачі встановлювати правильну назву пункту і висоту відбивача (до натискання клавіші "ALL")

Електронний тахеометр 3Та5Р.

Послідовність кроків: "МЕНЮ", "УСАНОВКИ", "ВЫБОР РЕЖИМА", "МЕНЮ", "УСАНОВКИ", "УСТАНОВКИ ПИКЕТА".

В пункті "ВЫБОР РЕЖИМА" вибираємо режим вимірювань (Наприклад по координатах).

У пункті "УСТАНОВКИ ПИКЕТА" записуємо номер і висоту відбивача точки наведення. Для вимірювання натискаємо "ИЗМЕР". Для занесення вимірних даних у пам'ять тахеометра натискаємо "РЕГ". Тахеометр готовий до роботи. Виконуємо вимірювання способом прийомів, або способом кругових прийомів.

Лабораторна робота 5

Компарування мірних приладів

Компарування – це процес порівняння робочого мірного засобу з еталоном.

За еталон беруть довжину компаратора, який може бути польовим або лабораторним.

Компарування роблять для визначення дійсної довжини робочого мірного приладу.

Завдання та методичні вказівки

5.1. Виконати компарування загальної довжини сталевий 20-ти метровий рулетки на польовому компараторі, довжину якого взяти із паспорту компаратора. Скласти рівняння рулетки, що компарувалася на польовому компараторі.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ. Описати будову польового компаратора, дати його принципову схему, вказати точність компарування на польовому компараторі.

Описати процес компарування 20-ти метровий рулетки на польовому компараторі.

Компарування виконує бригада із 4 студентів. Кожна бригада вимірює довжину компаратора 4 рази, а також температуру повітря в момент компарування. Якщо довжина компаратора в декілька разів перевищує довжину рулетки, то її треба укладати n разів (ціле число) та виміряти залишок. Кожний студент бригади веде свій власний журнал, в який записує результати своїх вимірювань, а також результати вимірювань інших членів бригади.

Поправку за компарування знайти за формулою:

$$\Delta l_k = \frac{L_k - L_{сер}}{n}, \quad (5.1)$$

де L_k – довжина компаратора; L_i – загальний відлік по рулетці в одному прийомі; $L_{сер}$ – середнє значення з результатів вимірювань довжини компаратора; n – кількість цілих укладань мірного приладу в довжині компаратора;

$$n = \frac{L_{сер}}{l_0}, \quad (5.2)$$

l_0 – номінальна довжина мірного приладу.

Загальний вигляд рівняння мірного приладу:

$$l = l_0 + \Delta l_k + l_0 \cdot \alpha(t_{вим}^\circ - t_k^\circ), \quad (5.3)$$

де α – коефіцієнт лінійного розширення сталі $\left(\alpha = 12.5 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{Град}}\right)$;

$t_{вим}^\circ$ – температура, при якій будуть виконуватися вимірювання даною рулеткою; t_k° – температура, при якій виконувалось компарування.

Вихідні дані для виконання обчислень:

За варіантом взяти: $L_k = 100(м) \pm 0.005 \cdot N(м)$,

де N – номер варіанта (номер студента за списком у групі);

знак "+" береться студентами першої групи;

знак "-" береться студентами другої групи;

$L_{сер} = 100(м) - 0.001 \cdot N(м)$ – для першої групи;

$L_{сер} = 100(м) + 0.001 \cdot N(м)$ – для другої групи;

$t_k^\circ = 15^\circ + 0.5^\circ \cdot N$;

$l_0 = 20м$.

5.2. Виконати компарування загальної довжини сталевий 20-ти метровий рулетки на лабораторному компараторі. Скласти рівняння рулетки, що компарувалась на лабораторному компараторі.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ. Компаратором в лабораторії є еталонна рулетка, яка укладена на металевій станині і натягнута з обох боків з силою 10 кг.

Компарування виконує бригада із 4 студентів. Кожна бригада вимірює довжину компаратора 4 рази, а також температуру повітря в момент компарування. Кожний студент бригади веде свій власний журнал, в який записує результати своїх вимірювань, а також результати вимірювань інших членів бригади.

Рівняння еталонної рулетки знайти за формулою:

$$l_{ем} = l_{0(ем)} + \Delta l_{k(ем)} + l_{0(ем)} \cdot \alpha(t_k^\circ - 20^\circ), \quad (5.4)$$

де $l_{0(ем)}$ – номінальна довжина еталонної рулетки ($l_{0(ем)} = 20м$); $\Delta l_{k(ем)}$ – поправка за компарування еталонної рулетки; t_k° – температура повітря

поблизу компаратора під час виконання вимірювань (вимірюється студентами).

Кожен студент повинен укласти робочу рулетку поряд еталонною, сумістити нульові штрихи і натягнути її з тією ж силою, що і еталонну. На другому кінці робочої рулетки взяти відлік. Результати вимірювань записати у журнал.

Знайти середнє арифметичне із відліків, які взяті всіма членами бригади. Обчислити поправку за компарування робочої рулетки за наступною формулою:

$$\Delta l_{\text{ком}} = l_{\text{ет}} - l_{\text{сер}}. \quad (5.5)$$

Записати рівняння робочої рулетки, виходячи із загального рівняння:

$$l_{\text{роб}} = l_0 + \Delta l_{k(\text{ет})} + l_{t(\text{ет})} + \Delta l_{\text{ком}} + l_0 \cdot \alpha(t_{\text{вим}}^{\circ} - t_k^{\circ}). \quad (5.6)$$

Вихідні дані для виконання обчислень:

За варіантом взяти: $l_{\text{ет}} = 20.000\text{м} \pm 1.3\text{мм} + 20 \cdot 12,5 \cdot 10^{-6} \cdot (t_k^{\circ} - 20^{\circ})$,

$$t_k^{\circ} = 7^{\circ} \pm 0.5^{\circ} \cdot N;$$

де N – номер варіанта (номер студента за списком у групі);

знак "+" береться студентами першої групи;

знак "-" береться студентами другої групи;

Поправку за компарування робочої рулетки прийняти:

$$\Delta l_{\text{ком}} = l_{\text{ет}} - (20.00N), \quad t_{\text{вим}}^{\circ} = -N \quad \text{— для студентів першої групи;}$$

$$\Delta l_{\text{ком}} = l_{\text{ет}} - (19.99N), \quad t_{\text{вим}}^{\circ} = +N \quad \text{— для студентів другої групи.}$$

ЖУРНАЛ

компарування рулетки на польовому компараторі

Довжина компаратора $L_k = 120.018\text{м}$;

Номінальна довжина рулетки $l_0 = 20.000\text{м}$.

Температура компарування $t_k^0 = +17.5^\circ$;

Кількість укладань рулетки на компараторі $n = 6$.

Таблиця 5.1

Результати вимірювань бригади № ____

$L_k = 120.018\text{м}$				
№	$L_i(\text{м})$	$L_{\text{cep}}(\text{м})$	$L_{\kappa} - L_{\text{cep}}$	$\Delta I_k(\text{м})$
1	119,984	119,981	+0,037	+0,006
2	119,979			
3	119,982			
4	119,980			
Рівняння мірного приладу: $l = 20.000 + 0.006 + 20 \cdot 12.5 \cdot 10^{-6} \left(t^0 - 17.5^\circ \right)$				

ЖУРНАЛ

компарування рулетки на лабораторному компараторі

Номінальна довжина робочої рулетки $l_{0(роб)} = 20\text{м}$;

Номінальна довжина еталонної рулетки $l_{0(ет)} = 20\text{м}$.

Поправка за компарування еталонної рулетки $\Delta l_{k(ет)} = +1.3\text{мм}$.

Температура компарування $t_k^\circ = 21^\circ$.

Таблиця 5.2

Результати вимірювань бригади № ____

$l_{em} = 20.000 + 0.0013 + 20 \cdot 12.5 \cdot 10^{-6} (t_k^{\circ} - 20)$			
№	$l_i (м)$	$l_{сер} (м)$	$\Delta l_{ко,мт} = l_{em} - l_{сер}$
1	19,999	19,9998	+0,0018
2	19,999		
3	19,999		
4	20,000		
Рівняння робочої рулетки: $l_{роб} = 20,0018 + 20 \cdot \alpha (t_{вим}^{\circ} - t_k^{\circ})$			

Список літератури

1. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 .ГКНТА-2.04-02-98., Київ, 1999.
2. Ісаєв О.П. **Робота з електронним тахеометром Leica Geosystems TC(R) 405:** Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з інженерної геодезії / Уклад.: О.П. Ісаєв, О.І. Єгоров, П.О. Чуланов та ін. – Київ : КНУБА, 2012. – 27 с.
3. Leica TPS400/TPS410C Series. Інструкція TC(R) 403/405/407/410C. www.leica-geosystems.com.
4. Гриб О.М., Гращенко Т.В. ГЕОДЕЗІЯ (частина 1) Конспект лекцій Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2022. 221 с. ISBN 978-966-186-207-3 Тахеометр електронний 3Та5Р. с. 193, [http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/10409/1/HrybOM_HrashenkovaTV_Geodeziya_\(Ch.1\)_KL_2022_221.pdf](http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/10409/1/HrybOM_HrashenkovaTV_Geodeziya_(Ch.1)_KL_2022_221.pdf)
5. Адаменко О.В. Конспект лекцій.

Навчально-методичне видання

КУТОВІ ТА ЛІНІЙНІ ВИМІРИ В ПОЛІГОНОМЕТРІЇ

Методичні вказівки
для здобувачів першого (бакалаврського)
рівня вищої освіти спеціальності
193 «Геодезія та землеустрій»

Укладачі: **Адаменко** Олександр Вікторович,
Ісаєв Олександр Павлович,
Бондар Світлана Андріївна,
Циколенко Олена Василівна

Комп'ютерне верстання *А. П. Селівестрової*

Ум. друк. арк. 2,09. Обл.-вид. арк. 2,25
Електронний документ. Вид № 69/V-24.

Виконавець і виготовлювач
Київський національний університет будівництва і архітектури
Проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03037
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р