

1. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Мета роботи: закладення пунктів на місцевості у вигляді трикутника і визначення їх координат в ході польових та камеральних робіт.

До геометричних елементів трикутника висуваються наступні вимоги:

- 1) довжини сторін мають бути не коротше 25 м;
- 2) внутрішні кути в трикутнику мають бути не менше 30° ;
- 3) між закладеними пунктами має бути видимість;
- 4) пункти мають бути закладені у зручних місцях для проведення геодезичних вимірювань.

По закінченню виконання польових та камеральних робіт у звіті мають бути наведені:

- 1) журнал технічного нівелювання;
- 2) карточки прив'язки пунктів;
- 3) журнал визначення похилих довжин ліній;
- 4) журнал визначення горизонтальних прокладань;
- 5) журнал вимірювання горизонтальних кутів;
- 6) розрахунки визначення координат закладених пунктів.

Загалом робота складається з польових і камеральних робіт. В даному випадку до польових робіт відносять закладення пунктів, вимірювання похилих відстаней, прив'язка пунктів до місцевих предметів, вимірювання перевищень і горизонтальних кутів. До камеральних робіт відносять обчислювальні і графічні роботи з даними, які були отримані у ході виконання польових робіт.

Для розв'язання поставленої задачі матимемо наступні дані:

α_{1-2} - дирекційний кут сторони S_{1-2} (згідно варіанту, табл. 9);

x_1, y_1 - планові координати пункту 1 (згідно варіанту, табл.9);

H_1 - відмітка пункту 1 (згідно варіанту, табл. 9).

$\beta_{\text{вим}}$, $\beta_{2\text{вим}}$, $\beta_{3\text{вим}}$ - виміряні на місцевості горизонтальні кути (Рис. 1, а);

S_{1-2} , S_{2-3} , S_{3-1} - виміряні на місцевості довжини похилих сторін між пунктами (Рис. 1, а);

Δh_{1-2} , Δh_{2-3} , Δh_{3-1} - виміряні на місцевості перевищення між пунктами (Рис. 1, б).

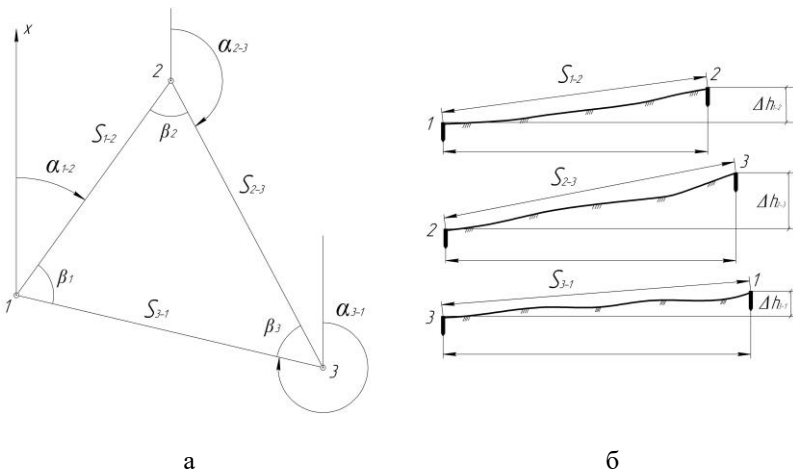


Рис. 1 Графічне зображення вихідних і виміряних даних: а - планове зображення трикутника, б - профілі сторін трикутника

1.1. Порядок вимірювання довжин ліній

Вимір лінії роблять два мірники: задній і передній. Вимірювання довжин ліній використовується під час топографічних знімань місцевості, виконання вишукувальних робіт для проектування та у ході зведення інженерних споруд. Кінцеві точки ліній надійно закріплюють постійними та тимчасовими ґрунтовими, а на забудованій території і постійними, знаками. Вимірювання ліній виконується практично при виконанні всіх видів геодезичних робіт. Перед початком вимірювань стрічку або рулетку розмотують і натягують в напрямі вимірюваної лінії. Задній вимірювач прикладає нульовий штрих мірної стрічки до центра початкової точки, а передній вимірювач кінець стрічки укладає на другий пункт. Стрічку потрібно старанно укладати по створу лінії і не допускати провисання, перекручення і вигинів. Для контролю лінія обов'язково вимірюється у зворотному напрямку. Результати вимірювання заносяться до журналу вимірювання довжин ліній. За кінцевий результат беруть середнє значення $D_{сер}$, якщо розходження між двома результатами вимірювань $D_{пр}$ та $D_{зв}$ не перевищує заданої відносної похибки 1/1000. Тобто

$$\frac{D_{пр} - D_{зв}}{D_{сер}} \leq \frac{1}{1000}, \quad (1)$$

де $D_{пр}$ - виміряна довжина лінії у прямому напрямі;

$D_{зв}$ - виміряна довжина лінії у зворотному напрямі;

$D_{сер}$ - середнє значення прямого і зворотного вимірювання довжини лінії.

Приклад визначення значень похилих довжин лінії наведено у таблиці 1.

Визначення похилих довжин ліній

Таблиця 1

Лінія	Значення довжини лінії прямого вимірювання	Значення довжини лінії зворотного вимірювання	Значення відносної похибки	Середнє значення довжини лінії
1-2	34,13	34,14	1/3414	34,14

Якщо розходження між двома вимірюваннями довжини лінії більше встановленої відносної похибки вимірювання потрібно повторити.

1.2. Порядок виконання технічного нівелювання

Для виконання технічного нівелювання потрібні такі геодезичні інструменти, як нівелір, штатив нівелірний, дві нівелірні рейки. Для виконання технічного нівелювання застосовуються нівеліри із збільшенням зорової труби не менше $20\times$ та ціною поділки рівня не більше $45''$ на 2 мм, нівеліри із самовстановлювальною лінією візування, а також теодоліти з компенсатором або з рівнем на трубі. Нівелірні рейки повинні мати шашковий малюнок із сантиметровими або двосантиметровими поділками.

Технічне нівелювання виконують в одному напрямку геометричним нівелюванням «з середини». При нівелюванні «з середини» штатив встановлюють по середині між пунктами, на яких вертикально встановлені нівелірні рейки. Нівелір приводять в робоче положення і відліки по рейці, що встановлена на нівелірний башмак, костиль чи вбитий в землю кілок, беруть по середній нитці. Порядок спостережень на станції такий:

- відліки по чорній та червоній сторонах задньої рейки;
- відліки по чорній та червоній сторонах передньої рейки.

Розходження значень перевищення на станції, що визначені по чорній та червоній сторонах рейок, допускається 5 мм.

Віддалі від приладу до рейок визначають по крайніх віддалемірних нитках труби. Нормальна довжина променя візування 120 м. За добрих умов видимості та спокійних зображеннях довжину променя можна збільшити до 200 м.

Нев'язки нівелірних ходів або замкнених полігонів не повинні перевищувати величин, що обчислені за формулою $f_{h_{\text{доп}}} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L}$ (мм), де L - довжина ходу (полігону) в кілометрах.

Правильність обчислення у журналі нівелювання обов'язково перевіряють посторінковим контролем. Для цього знаходять суму задніх відліків Σ_z , суму передніх відліків Σ_n і обчислюють сумарне значення перевищення:

$$\Sigma_{h_{\text{чл. контроль}}} = \frac{\Sigma_z - \Sigma_n}{2} \quad (2)$$

Журнал технічного нівелювання

Таблиця 2

№ стан.	Пункт спост.	Відліки по рейках, мм		Перевищення, мм			Відмітка пункту, м
		Задня	Передня	Обч.	Сер.	Випр.	
1	т.1	1273		+835	-3		247,344
		6057		+837	+836	+833	
	т.2		0438				248,177
			5220				
2	т.2	0742		-1342	-4		248,177
		5520		-1346	-1344	-1348	
	т.3		2084				246,829
			6866				
3	т.3	1342		+517	-3		246,829
		6125		+519	+518	+515	
	т.1		0825				247,344
			5606				

$$\Sigma_3=21059 \quad \Sigma_{п}=21039$$

$$\Sigma_{hc}=+10 \quad \Sigma_{в}=0$$

$$\text{Контроль: } \Sigma_c = \frac{\Sigma_3 - \Sigma_n}{2} = \frac{21059 - 21039}{2} = 10.$$

Теоретичне перевищення в замкнутому нівелірному ході становить: $\Sigma_{h_t} = 0$.

$$\text{Допустима похибка: } f_{h_{\text{доп}}} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{0,116} = \pm 17 \text{ (мм)}.$$

$$\text{Практична похибка: } f_{h_{\text{пр}}} = \Sigma_{h_c} - \Sigma_{h_t} = +10 - 0 = +10 \text{ (мм)}.$$

Теоретична сума перевищень у замкнутому нівелірному ході становить $\Sigma_{h_t} = 0$.

Якщо $f_{h_{\text{пр}}} \leq f_{h_{\text{доп}}}$ слід зробити висновок, що проведене нівелювання відповідає технічним допускам, а це дає нам право ввести поправки в середні значення перевищень. Поправки вводяться з оберненим знаком похибки пропорційно кількості станцій. Абсолютна величина поправки повинна бути такою, щоб виправлені перевищення не мали половини міліметра.

З урахуванням знака поправки обчислюють виправлені перевищення. Сума виправлених перевищень повинна дорівнювати теоретичній сумі перевищень.

Відмітки пікетів обчислюють за формулою

$$H_n = H_{n-1} + h_{n(n-1)}, \quad (3)$$

де H_{n-1} – висота попереднього пікету;

$h_{n(n-1)}$ – виправлене перевищення між пікетами n та $n-1$.

Для контролю правильності обчислення висот пунктів ходу обчислюють висоту кінцевої точки. Приклад заповнення і обчислення журналу технічного нівелювання наведено в *таблиці 2*

1.3. Порядок вимірювання горизонтальних кутів

Для вимірювання горизонтальних кутів потрібні такі геодезичні прилади, як теодоліт, штатив теодолітний, відвіс, дві віхи.

Перед тим як приступити до вимірювання горизонтальних кутів необхідно теодоліт привести в робоче положення. Робочим положенням вважають таке, коли теодоліт центрований над точкою вершини кута і вісь обертання теодоліта займає прямовисне положення. Ніжки штатива встановлюють навколо точки, якою може бути звичайний кілочок. Центрування виконується за допомогою ниткового виска. Приводять бульбашку циліндричного рівня в нуль-пункт. Ця операція виконується декілька разів для того, щоб бульбашка рівня при обертанні алідадного круга не відхилялась від середини більше ніж на одну поділку.

Точка, в якій встановлений теодоліт для виконання вимірювань, називається станцією. Зображення сітки ниток повинно відповідати зору спостерігача. Для цього дивляться в зорову трубу і обертають окулярну трубочку в ту чи іншу сторону до появи в полі зору досить чіткого зображення сітки ниток.

Зорову трубу наводять приблизно на ліву точку. При допомозі мікрометричного гвинта алідади горизонтального круга і мікрометричного гвинта зорової труби наводять хрест сітки точно на точку. Якщо точка закріплена кілочком або стовпом і видно в зоровій трубі її верх, то хрест сітки ниток наводять на верх цієї точки.

Коли в точці встановлюють віху для спостережень, то хрест сітки ниток наводять на нижню її частину, тому що вона буде найближчою до центру самої точки.

Вимірювання пропонується виконувати способом прийомів. Знаходячись з теодолітом над вершиною кута, що вимірюється (цю точку називають станцією), зорову трубу наводять на точки спостереження, якими визначають напрями кута. Перед початком спостережень зображення сітки ниток повинно відповідати окуві спостерігача. Для цього, дивлячись в окуляр обертають діоптрійне кільце до появи в полі зору чіткого зображення сітки ниток. Труба вважається наведеною, коли ясне зображення потрібної точки спостерігають точно в центрі чітко окресленої сітки ниток.

Журнал вимірювання горизонтальних кутів

Таблиця 3

Точка стояння теодоліта	Точка візування	КЛ / КП	Відлік по горизонтальному колу	Значення кута в пів прийомі	Середнє значення кута
т.1	т.2	КЛ	(1) 43°24'00''	(5) 67°23'30''	(7) 67°24'00''
	т.3		(2) 110°47'30''		
	т.3	КП	(3) 290°48'30''	(6) 67°24'30''	
	т.2		(4) 223°24'00''		

Один прийом складається з двох пів прийомів: круг право (КП) і круг ліво (КЛ). Навівши трубу на ліву точку при крузі ліво (КЛ) знімають і записують відлік по горизонтальному колу до журналу вимірювання горизонтальних кутів (табл. 3). Потім, відкріпивши закріпні гвинти аліади і зорової труби, наводять трубу на праву точку, застосовуючи дії, аналогічні описаним. Після наведення знімають відлік і теж записують його до журналу. Описані дії складають першу половину прийому. Переходячи до другої, трубу переводять через zenit. Корисно також для уникнення впливу деяких помилок обернути лімб відносно початкової позиції. При крузі право (КП) спостереження виконують аналогічно. Спочатку наводять перехрестя сітки ниток на праву точку, відліки записують до журналу, далі наводять зорову трубу на ліву точку, відліки записують до журналу. Отримуємо чотири відліки (1), (2), (3) і (4). Щоб порахувати значення кута в пів прийомі при КЛ потрібно (2) відняти (1): $(2)-(1)=(5)$. Аналогічно для КП: $(3)-(4)=(6)$. Якщо (5) або (6) при обчисленні мають від'ємний знак, то потрібно додати до нього 360° . При умові, що значення (5) і (6) не відрізняються більше ніж на подвійну точність відлікового пристрою

приладу (для теодоліта Т30 і його модифікацій це значення дорівнює $1'$), обчислюють остаточне середнє значення кута (7), як середнє арифметичне значень (5) і (6). Приклад заповнення журналу вимірювання горизонтальних кутів наведено в *таблиці 3*.

1.4. Прив'язка пунктів до об'єктів на місцевості

Зйомку місцевості часто проводять через великий проміжок часу після побудови геодезичної мережі і за цей час можуть зникнути зовнішні знаки пунктів і змінитися покрив землі над їх центрами.

Щоб легше було знайти місце розташування цих пунктів, при закладці центрів їх прив'язують до місцевих предметів, якими можуть служити пункт інших мереж, самотнє дерево, гостра вершина гори, люк, шпиль будівлі і т.д.. До трьох таких обраних об'єктів вимірюють відстані і заповнюють карточки. Зазвичай результати прив'язки пунктів дозволяють досить легко знайти на місцевості закладені пункти.

2. ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Визначити координати закладених пунктів за наступними даними:

Вихідні дані:

$$\alpha_{1-2} = 50^{\circ}12'32'';$$

$$x_1 = -1753,43 \text{ м};$$

$$y_1 = -1852,41 \text{ м};$$

$$H_1 = 215,348 \text{ м}.$$

Згідно завдання було закладено пункти у формі трикутника з дотриманням вимог до даної роботи. У якості закладених пунктів виступають дерев'яні кілочки, які були забиті в рівень з землею у зручних місцях для проведення геодезичних вимірювань. В першу чергу була виконана прив'язка пунктів до місцевих предметів.

Після прив'язки пунктів було виміряно похилі довжини ліній між закладеними пунктами з одночасною перевіркою щодо їх відповідності до заданої відносної похибки, яка становить 1/1000. Результати вимірювань довжин ліній наведено у *таблиці 5*:

Визначення похилих довжин ліній

Таблиця 5

Лінія	Значення довжини лінії прямого вимірювання	Значення довжини лінії зворотного вимірювання	Значення відносної похибки	Середнє значення довжини лінії
1-2	34,13	34,14	1/3414	34,14
2-3	41,89	41,91	1/2095	41,90
3-1	40,74	40,76	1/2038	40,75

Для визначення перевищень між пунктами було виконано технічне нівелювання. Технічне нівелювання було проведено за допомогою нівеліра Н-3 і триметрових двосторонніх шашкових рейок з сантиметровими поділками по закладених пунктах. Визначення перевищень виконувалось геометричним нівелюванням способом «з середини» в одному напрямку. У якості камеральної обробки технічного нівелювання складено і заповнено журнал технічного нівелювання (*табл. 6*).

Журнал технічного нівелювання

Таблиця 6

№ стан.	Пункт спост.	Відліки по рейках, мм		Перевищення, мм			Відмітка пункту, м
		Задня	Передня	Обч.	Сер.	Випр.	
1	т.1	1273		+835	-3		247,344
		6057		+837	+836	+833	
	т.2		0438				248,177
			5220				
2	т.2	0742		-1342	-4		248,177
		5520		-1346	-1344	-1348	
	т.3		2084				246,829
			6866				
3	т.3	1342		+517	-3		246,829
		6125		+519	+518	+515	
	т.1		0825				247,344
			5606				

$$\Sigma_z=21059 \quad \Sigma_n=21039$$

$$\Sigma_{hc}=+10 \quad \Sigma_v=0$$

$$\text{Контроль: } \Sigma_c = \frac{\Sigma_z - \Sigma_n}{2} = \frac{21059 - 21039}{2} = 10.$$

Теоретичне перевищення в замкнутому нівелірному ході становить: $\Sigma_{h_t} = 0$.

$$\text{Допустима похибка: } f_{h_{\text{доп}}} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{0,116} = \pm 17 \text{ (мм)}.$$

$$\text{Практична похибка: } f_{h_{\text{пр}}} = \Sigma_{hc} - \Sigma_{h_t} = +10 - 0 = +10 \text{ (мм)}.$$

Після визначення перевищень між пунктами потрібно обчислити горизонтальні прокладання (табл. 7). Суть обрахунку горизонтального прокладання полягає у визначенні величини d , знаючи похилу відстань S і перевищення Δh за теоремою Піфагора.

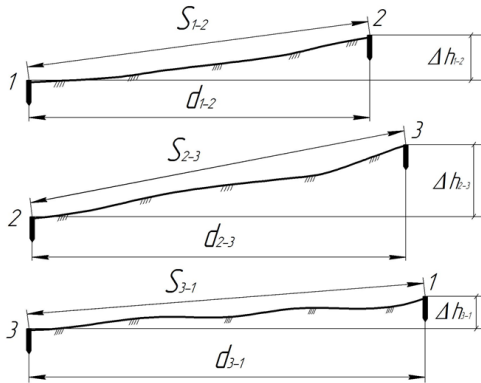


Рис. 2. Схема визначення горизонтальних прокладань Δh

Журнал обчислення горизонтальних прокладань довжин ліній

Таблиця 7

Пункт	Похила відстань між пунктами S , м	Перевищення між пунктами Δh , м	Горизонтальне прокладання між пунктами d , м
1	34,140	+0,833	34,130
2			
3	41,900	-1,348	41,880
1	40,750	+0,515	40,750

Після визначення горизонтальних прокладань між пунктами було виміряно горизонтальні кути в трикутнику. Вимірювання горизонтальних кутів у трикутнику виконувалось за допомогою теодоліта Т30. Результати вимірювань горизонтальних кутів наведено у таблиці 8.

Журнал вимірювання горизонтальних кутів

Таблиця 8

Точка стояння теодоліта	Точка візування	КЛ / КП	Відлік по горизонтальному колу	Значення кута в пів прийомі	Середнє значення кута
т.1	т.2	КЛ	43°24'00''	67°23'30''	67°24'00''
	т.3		110°47'30''		
	т.3	КП	290°48'30''	67°24'30''	
	т.2		223°24'00''		
т.2	т.3	КЛ	257°02'30''	63°51'30''	63°51'30''
	т.1		320°54'00''		
	т.1	КП	140°53'30''	63°51'30''	
	т.3		77°02'00''		
т.3	т.1	КЛ	357°43'00''	48°44'00''	48°44'00''
	т.2		46°27'00''		
	т.2	КП	226°26'30''	48°44'00''	
	т.1		177°42'30''		

Для контролю виміряних кутів в трикутнику визначимо практичну суму виміряних кутів $\Sigma \beta_{\text{вим}}$ і порівняємо її з теоретичною сумою кутів $\Sigma \beta_{\text{теор}}$.

$$\Sigma \beta_{\text{вим}} = \beta_{1_{\text{вим}}} + \beta_{2_{\text{вим}}} + \beta_{3_{\text{вим}}} = 48^{\circ}44'00'' + 63^{\circ}51'30'' + 67^{\circ}24'00'' = 179^{\circ}59'30''$$

Теоретична сума внутрішніх кутів у замкнутій фігурі визначається за формулою:

$$\Sigma \beta_{\text{теор}} = 180^{\circ} \cdot (n - 2) = 180^{\circ} \cdot (3 - 2) = 180^{\circ},$$

де n – кількість пунктів.

Визначимо кутову нев'язку за формулою:

$$f_{\beta} = \Sigma \beta_{\text{вим}} - \Sigma \beta_{\text{теор}} = 179^{\circ}59'30'' - 180^{\circ}00'00'' = -0^{\circ}00'30''.$$

Допустима кутова похибка $f_{\beta_{\text{дон}}}$ становить:

$$f_{\beta_{\text{дон}}} = \pm 1' \sqrt{n} = \pm 1' \sqrt{3} = \pm 1'44''$$

Розподілимо кутову нев'язку з оберненим знаком у виміряні кути порівну і отримаємо виправлені горизонтальні кути, які і будемо використовувати у подальших обрахунках.

$$\beta_{1\text{випр}} = 67^{\circ}24'00'' + 0^{\circ}00'10'' = 67^{\circ}24'10'' ;$$

$$\beta_{2\text{випр}} = 63^{\circ}51'30'' + 0^{\circ}00'10'' = 63^{\circ}51'40'' ;$$

$$\beta_{3\text{випр}} = 48^{\circ}44'00'' + 0^{\circ}00'10'' = 48^{\circ}44'10'' .$$

Визначимо дирекційні кути сторін S_{2-3} і S_{3-1} :

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} - \beta_{2\text{випр}} + 180^{\circ} = 50^{\circ}12'32'' - 63^{\circ}51'40'' + 180^{\circ} = 166^{\circ}20'52'' ;$$

$$\alpha_{3-1} = \alpha_{2-3} - \beta_{3\text{випр}} + 180^{\circ} = 166^{\circ}20'52'' - 48^{\circ}44'10'' + 180^{\circ} = 297^{\circ}36'42'' .$$

Для контролю визначення дирекційних кутів обрахуємо вихідний дирекційний кут α_{1-2} :

$$\alpha_{1-2} = \alpha_{3-1} - \beta_{3\text{випр}} + 180^{\circ} = 297^{\circ}36'42'' - 67^{\circ}24'10'' + 180^{\circ} = 50^{\circ}12'32''$$

За формулами прямої геодезичної задачі визначимо координати пунктів 2 і 3:

$$x_{2\text{практ}} = x_1 + \cos \alpha_{1-2} \cdot d_{1-2} , (\text{м})$$

$$y_{2\text{практ}} = y_1 + \sin \alpha_{1-2} \cdot d_{1-2} , (\text{м})$$

$$x_{2\text{практ}} = -1753,43 + \cos 50^{\circ}12'32'' \cdot 34,13 = -1731,59 , (\text{м})$$

$$y_{2\text{практ}} = -1852,41 + \sin 50^{\circ}12'32'' \cdot 34,13 = -1826,18 , (\text{м})$$

$$x_{3\text{практ}} = x_2 + \cos \alpha_{2-3} \cdot d_{2-3} , (\text{м})$$

$$y_{3\text{практ}} = y_2 + \sin \alpha_{2-3} \cdot d_{2-3} , (\text{м})$$

$$x_{3\text{практ}} = -1731,59 + \cos 166^{\circ}20'52'' \cdot 41,88 = -1772,29 , (\text{м})$$

$$y_{3\text{практ}} = -1826,18 + \sin 166^{\circ}20'52'' \cdot 41,88 = -1816,29 , (\text{м})$$

Для обчислення похибки визначення координат обрахуємо координати вихідної точки 1:

$$x_1 = x_3 + \cos \alpha_{3-1} \cdot d_{3-1}, \text{ (м)}$$

$$y_1 = y_3 + \sin \alpha_{3-1} \cdot d_{3-1}, \text{ (м)}$$

$$x_{1\text{прат}} = -1772,29 + \cos 297^\circ 36' 42'' \cdot 40,75 = -1753,40, \text{ (м)}$$

$$y_{1\text{прат}} = -1816,29 + \sin 297^\circ 36' 42'' \cdot 40,75 = -1852,40, \text{ (м)}$$

Видно, що вихідні координати точки 1 відрізняються від обрахованих. Лінійну нев'язку координат пункту 1 можна обрахувати за формулами:

$$f_x = x_{1\text{прат}} - x_{1\text{вих}}, \text{ (м)}$$

$$f_y = y_{1\text{прат}} - y_{1\text{вих}}, \text{ (м)}$$

$$f_x = -1753,40 - (-1753,43) = +0,03, \text{ (м)}$$

$$f_y = -1852,40 - (-1852,41) = +0,01, \text{ (м)}$$

Визначимо абсолютну похибку $f_{\text{абс}}$ приростів координат закладених пунктів:

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{0,03^2 + 0,01^2} = 0,03 \text{ (м)}.$$

Визначимо відносну похибку $f_{\text{відн}}$ приростів координат закладених пунктів:

$$f_{\text{відн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{\Sigma d} = \frac{f_{\text{абс}}}{d_{1-2} + d_{2-3} + d_{3-1}};$$

$$f_{\text{відн}} = \frac{0,03}{34,13 + 41,88 + 40,75} = \frac{0,03}{116,76} = \frac{1}{116,76 : 0,03} = \frac{1}{3896}$$

Визначивши відносну похибку потрібно порівняти її значення з допустимим, яке становить 1/1000:

$$\frac{1}{3896} < \frac{1}{1000}$$

Якщо значення визначеної $f_{\text{відн}}$ менше за допустиме значення $f_{\text{відн.доп}}$, то визначені лінійні нев'язки f_x і f_y через поправки v_x і v_y потрібно розподілити у визначені координати пунктів 2 і 3. Поправки v_x і v_y потрібно розподіляти з протилежним знаком лінійній нев'язці.

Поправку v_x і v_y потрібно розподілити пропорційно довжинам сторін. Поправки обчислюються з точністю до сантиметрів. Сума поправок має дорівнювати лінійній нев'язці з протилежним знаком. Отже, так як сторона 2-3 довша за сторону 1-2, то поправки v_{x2} , v_{x3} і v_{y2} , v_{y3} розподіляться відповідно в координати пунктів 2 і 3 наступним чином:

$$f_x = +0,03 \text{ м, то } v_{x2} = -0,01 \text{ (м), а } v_{x3} = -0,02 \text{ (м);}$$

$$f_y = +0,01 \text{ м, то } v_{y2} = -0,00 \text{ (м), а } v_{y3} = -0,01 \text{ (м).}$$

Отже, виправлені кінцеві значення планових координат закладених пунктів 2 і 3 можна обчислити за формулами:

$$x_{2\text{випр}} = x_{2\text{практ}} + v_{x2} = -1731,59 + (-0,01) = -1731,60 \text{ (м);}$$

$$y_{2\text{випр}} = y_{2\text{практ}} + v_{y2} = -1826,18 + 0,00 = -1826,18 \text{ (м);}$$

$$x_{3\text{випр}} = x_{3\text{практ}} + v_{x3} = -1772,29 + (-0,02) = -1772,31 \text{ (м);}$$

$$y_{3\text{випр}} = y_{3\text{практ}} + v_{y3} = -1816,29 + (-0,01) = -1816,30 \text{ (м).}$$

Висоти пунктів $H_2=248,177 \text{ м}$ і $H_3=246,829 \text{ м}$ були виписані із журналу технічного нівелювання.

3. Вихідні дані до варіантів завдань

Таблиця 9

№ варіанту	Дирекційний кут α_{1-2}			Координати пункту 1		
				x_1	y_1	H_1
	°	'	''	м	м	м
01	30	5	10	-1775,45	1800,74	184,351
02	34	10	15	-1772,35	1804,18	186,722
03	38	15	14	-1769,25	1807,62	189,093
04	42	20	23	-1766,15	1811,06	191,464
05	46	25	59	-1763,05	1814,50	193,835
06	50	30	56	-1759,95	1817,94	196,206
07	54	35	14	-1756,85	1821,38	198,577
08	58	40	45	-1753,75	1824,82	200,948
09	62	45	23	-1750,65	1828,26	203,319
10	66	50	56	-1747,55	1831,70	205,681
11	70	55	54	-1744,45	1835,14	208,052
12	74	5	21	-1741,35	1838,58	210,423
13	78	10	32	-1738,25	1842,02	212,794
14	82	15	47	-1735,15	1845,46	215,167
15	86	20	41	-1732,05	1848,90	217,538
16	90	25	45	-1728,95	1852,34	219,905
17	94	30	45	-1725,85	1855,78	222,276
18	98	35	25	-1722,75	1859,22	224,644
19	102	40	24	-1719,65	1862,66	227,015
20	106	45	21	-1716,55	1866,10	229,382
21	110	50	23	-1713,45	1869,54	231,753
22	114	55	28	-1710,35	1872,98	234,123
23	118	5	29	-1707,25	1876,42	236,492
24	122	10	45	-1704,15	1879,86	238,865
25	126	15	47	-1701,05	1883,30	241,235
26	130	20	46	-1697,95	1886,74	243,606
27	134	25	48	-1694,85	1890,18	245,975
28	138	30	49	-1691,75	1893,62	248,345
29	142	35	41	-1688,65	1897,06	250,715
30	146	40	42	-1685,55	1900,50	253,085
31	150	45	43	-1682,45	1903,94	255,455

Продовження таблиці 9

32	154	50	32	-1679,35	1907,38	257,821
33	158	55	31	-1676,25	1910,82	260,191
34	162	5	36	-1673,15	1914,26	262,562
35	166	10	33	-1670,05	1917,70	264,933
36	170	15	35	-1666,95	1921,14	267,322
37	174	20	34	-1663,85	1924,58	269,671
38	178	25	37	-1660,75	1928,02	272,042
39	182	30	38	-1657,65	1931,46	274,415
40	186	35	39	-1654,55	1934,90	276,786
41	190	40	40	-1651,45	1938,34	279,154
42	194	45	41	-1648,35	1941,78	281,528
43	198	50	42	-1645,25	1945,22	283,897
44	202	55	48	-1642,15	1948,66	286,269
45	206	5	49	-1639,05	1952,10	288,635
46	210	10	46	-1635,95	1955,54	291,002
47	214	15	47	-1632,85	1958,98	293,372
48	218	20	42	-1629,75	1962,42	295,745
49	222	25	54	-1626,65	1965,86	298,112
50	226	30	51	-1623,55	1969,30	300,485
51	230	35	52	-1620,45	1972,74	302,852
52	234	40	53	-1617,35	1976,18	305,225
53	238	45	56	-1614,25	1979,62	307,592
54	242	50	59	-1611,15	1983,06	309,965
55	246	55	58	-1608,05	1986,50	312,338
56	250	5	57	-1604,95	1989,94	314,707
57	254	10	55	-1601,85	1993,38	317,075
58	258	15	12	-1598,75	1996,82	319,446
59	262	20	13	-1595,65	2000,26	321,812
60	266	25	14	-1592,55	2003,70	324,182
61	270	30	15	-1589,45	2007,14	326,553
62	274	35	18	-1586,35	2010,58	328,922
63	278	40	16	-1583,25	2014,02	331,292
64	282	45	19	-1580,15	2017,46	333,662
65	286	50	17	-1577,05	2020,90	336,030
66	290	55	11	-1573,95	2024,34	338,403

Продовження таблиці 9

67	294	5	31	-1570,85	2027,78	340,772
68	298	10	32	-1567,75	2031,22	343,144
69	302	15	33	-1564,65	2034,66	345,515
70	306	20	36	-1561,55	2038,10	347,886
71	310	25	35	-1558,45	2041,54	350,258
72	314	30	34	-1555,35	2044,98	352,622
73	318	35	37	-1552,25	2048,42	354,995
74	322	40	39	-1549,15	2051,86	357,368
75	326	45	38	-1546,05	2055,30	359,734
76	330	50	41	-1542,95	2058,74	362,107
77	334	55	42	-1539,85	2062,18	364,471
78	338	5	49	-1536,75	2065,62	366,843
79	342	10	46	-1533,65	2069,06	369,211
80	346	15	48	-1530,55	2072,50	371,585
81	350	20	04	-1527,45	2075,94	373,952
82	354	25	02	-1524,35	2079,38	376,325
83	358	30	03	-1521,25	2082,82	378,694
84	178	35	50	-1518,15	2086,26	381,0656
85	185	40	05	-1515,05	2089,70	383,438
86	192	45	04	-1511,95	2093,14	385,807
87	199	50	06	-1508,85	2096,58	388,171
88	206	55	01	-1505,75	2100,02	390,545
89	213	5	19	-1502,65	2103,46	392,915
90	220	10	16	-1499,55	2106,90	395,285
91	227	15	13	-1496,45	2110,34	397,654
92	234	20	15	-1493,35	2113,78	400,025
93	241	25	21	-1490,25	2117,22	402,394
94	248	30	27	-1487,15	2120,66	404,765
95	255	35	28	-1484,05	2124,10	407,132
96	262	40	23	-1480,95	2127,54	409,502
97	269	45	22	-1477,85	2130,98	411,872
98	276	50	23	-1474,75	2134,42	414,242
99	283	55	22	-1471,65	2137,86	416,612
00	290	34	28	-1468,55	2141,30	418,985