

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ЩОДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«ГЕОДЕЗІЯ»
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ДЕННОЇ ТА ЗАОЧНОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ
ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 193 – «ГЕОДЕЗІЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ»
ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «БАКАЛАВР»
ЧАСТИНА IV

КРЕМЕНЧУК 2020

Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Геодезія» для студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальності 193 – «Геодезія та землеустрій» освітнього ступеня «Бакалавр»
частина IV

Укладачі: д. т. н., проф. В. В. Артамонов,
старш. викл. М. Г. Василенко,
к. т. н., старш. викл. П. Б. Міхно

Рецензент к. т. н., доц. І. М. Шелковська

Кафедра геодезії, землевпорядкування та кадастру

Затверджено методичною радою Кременчуцького національного університету
імені Михайла Остроградського

Протокол № _____ від _____

Голова методичної ради _____ проф. В. В. Костін

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Перелік лабораторних робіт.....	6
Лабораторна робота № 1 Прокладання нівелірного ходу III-го класу.....	6
Лабораторна робота № 2 Зрівнювання нівелірного ходу III-го класу.....	9
Лабораторна робота № 3 Виконання високоточного нівелювання	13
Лабораторна робота № 4 Виконання супутникових вимірювань одночастотним GPS-приймачем.....	17
Список літератури.....	24
Додаток А Критерії оцінювання лабораторних робіт.....	25

ВСТУП

Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт розроблені відповідно до робочої навчальної програми з навчальної дисципліни «Геодезія» та визначають порядок роботи студентів з нівелірами різних типів і конструкцій під час вимірювання перевищень у нівелірних мережах згущення та державних мережах, а також під час виконання GNSS-вимірювань.

Навчальна дисципліна «Геодезія» логічно пов'язана із такими дисциплінами, як: «Вступ до спеціальності», «Вища геодезія», «Галузева комп'ютерна графіка та основи ГІС», «Геодезичне забезпечення землевпорядних робіт», «Геодезичні прилади», «Інженерна геодезія та основи маркшейдерії», «Картографія», «Математична обробка геодезичних вимірів та основи метрології і стандартизації», «Організація і управління геодезичним виробництвом», «Супутникова геодезія».

Порядок виконання геодезичних вимірювань в Україні регламентуються відповідними інструкціями, положеннями та іншими нормативними документами. Головні тенденції у цій галузі полягають у підвищенні точності геодезичних вимірювань, вдосконаленні методик їх виконання, а також розширенні функцій геодезичних приладів.

Результати виконання кожної роботи відображають і оформляють у звіті з лабораторної роботи, у якому наводять мету, завдання, вихідні дані, формули, схематичні креслення, нормативні технічні вимоги (за необхідності), результати та висновки. Студенти виконують роботи індивідуально або у складі бригади, звіти оформляють на аркушах форматом А4.

У результаті вивчення лабораторних робіт студент повинен

знати:

- способи нівелювання II і III класів та прив'язування нівелірного ходу, що прокладається, до вихідних пунктів вищого класу;
- способи та методи GNSS-вимірювань;

уміти:

- працювати як самостійно, так і в команді;
- проводити польові, дистанційні і камеральні дослідження в галузі геодезії та землеустрою;
- використовувати сучасне геодезичне, навігаційне, геоінформаційне обладнання та програмне забезпечення;
- оформлювати результати польових, камеральних та дистанційних досліджень в геодезії та землеустрої;
- вимірювати перевищення у нівелірних ходах II і III класів та зрівнювати результати нівелювання.

Студенти, які виконали і належним чином оформили лабораторні роботи, допускаються до їх захисту.

Лабораторні роботи виконують у спеціальній лабораторії геодезії та геодезичних приладів та в реальних умовах (у парку Ювілейний).

Під час виконання лабораторних робіт студенти повинні дотримуватися основних правил користування геодезичними приладами, правил безпеки життєдіяльності та вимог викладача.

Розподіл балів, що отримують студенти за результатами вивчення навчальної дисципліни «Геодезія» у четвертому семестрі навчання, наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Розподіл балів за видами робіт

Вид занять	Сума
Лекції	10
Практичні роботи	10
Лабораторні роботи	10
Поточний контроль:	
модульна контрольна робота № 7	25
модульна контрольна робота № 8	25
Підсумковий тест (іспит)	20
Усього:	100

Критерії оцінювання лабораторних робіт студентів наведено в додатку А.

ПЕРЕЛІК ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Лабораторна робота № 1

Тема. Прокладання нівелірного ходу III-го класу

Мета: засвоїти методику нівелювання III класу, порядок ведення журналу нівелювання і його польової обробки.

Прилади й обладнання: нівелір типу Н-3 (2Н-3Л, Н-3КЛ, Н-3К), штатив, дві шашкові двобічні нівелірні рейки типу РНЗ з однаковими п'ятками, бланк журналу нівелювання III класу.

Короткі теоретичні відомості

Нівелірні ходи й мережі згущення III класу є висотною геодезичною основою для виконання крупномасштабних топографічних зніманих. Усі нівелірні ходи III класу мають прив'язуватися до пунктів державної нівелірної мережі I і II класів.

Нівелювання III класу виконують у прямому і зворотному напрямках. Віддаль від нівеліра до рейок вимірюють тросом, рулеткою або іншим способом. Відстані від нівеліра до рейок контролюються під час роботи за допомогою віддалемірних ниток. Нівелювання виконують в умовах чітких зображень рейок.

Завдання. Закріпити пункти нівелірного ходу III класу між початковим і кінцевим реперами. Виконати нівелювання ходу III класу у прямому (від початкового репера до кінцевого) і зворотному (від кінцевого до початкового репера) напрямках способом «із середини».

Порядок виконання роботи

1. Відшуковують на місцевості початковий і кінцевий репери мереж II або I класу.
2. Закріплюють на місцевості пункти нівелірного ходу і складають його схему.
3. Нівелювання на станції (нівеліром із циліндричним рівнем) виконують у такому порядку:

– установлюють одну рейку (задню) на початковому репері, а іншу рейку (передню) – на першому репері цього нівелірного ходу;

– закріплюють нівелір на штативі і вибирають місце розташування нівеліра (станції) так, щоб відстані (плечі) від нівеліра до рейок (задньої та передньої) були однакові (з допустимим розходженням у межах 2 м);

– ніжки штатива надійно закріплюють у ґрунт, приводять нівелір у робоче положення – горизонтують за круглим установлювальним рівнем;

– наводять зорову трубу нівеліра на чорний бік задньої рейки і виводять елеваційним гвинтом бульбашку циліндричного рівня на середину його ампули (у «нуль-пункт»), беруть відлік спочатку за середньою ниткою труби (стовпець 6 журналу нівелювання (табл. 1.1));

– беруть відліки за верхньою і нижньою віддалемірними нитками (ст. 3 табл. 1.1);

– наводять зорову трубу нівеліра на чорний бік передньої рейки, знову виводять елеваційним гвинтом бульбашку циліндричного рівня в нуль-пункт, беруть відлік за середньою ниткою (ст. 7 табл. 1.1)

– беруть відліки за віддалемірними нитками (ст. 4 табл. 1.1);

– повертають рейки червоними боками до нівеліра і беруть відлік за середньою ниткою тільки за червоним боком передньої рейки (другий рядок ст. 7 табл. 1.1);

– наводять нівелір на задню рейку, приводять бульбашку циліндричного рівня елеваційним гвинтом в «нуль-пункт», беруть відлік за середньою ниткою тільки за червоним боком передньої рейки (другий рядок ст. 6 табл. 1.1).

Перевищення обчислюються як різниці відліків за чорним і червоним боками задньої та передньої рейок. Якщо різниця перевищень не перевищує ± 3 мм [3], то нівелювання на станції виконано якісно. У протилежному випадку змінюють висоту нівеліра, заново приводять його в робоче положення і повторюють нівелювання на станції. Тоді попередні результати акуратно перекреслюють і вказують причину неякісних вимірювань.

Таблиця 1.1 – Журнал нівелювання III класу (прямий хід)

Хід від репера Rp.поч

Дата _____

до репера Rp.кін

Нівелір _____

Початок _____

Кінець _____

Погода _____

Спостерігач _____

Обчислювач _____

№ станції	№№ пунктів ходу	Відліки за віддалемірними нитками		Контрольне перевищення, мм	Відліки за середньою ниткою		Перевищення обчислене, мм	Середнє перевищення, мм
		задньої рейки	передньої рейки		задньої рейки	передньої рейки		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Rp.поч.- № 1	748	242	+506	1124	0622	+502	+503,0
		1501	1001	+500	5925	5421	+504	
		753	759	-6/-6	4801	4799	-2	
2	№ 1 - № 2	1109	0148	+966	1493	0521	+972	+971,5
		1871	0901	+970	6292	5321	+971	
		762	758	+4/-2	4799	4800	+1	
3	№ 2 - № 3	1886	1341	+545	2270	1726	+544	+544,5
		2656	2115	+541	7072	6527	+545	
		770	774	-4/-6	4802	4801	-1	
Посторінковий контроль		9771	5743	+4028 +2014	$\sum a = 24176$	$\sum b = 20138$	$\sum h_{i\pm} = +4038$	$\sum h_{\text{н\ddot{a}o}} = +2019$
					$\frac{\sum a - \sum b}{2} = \frac{24176 - 20138}{2} = +2019$ $\frac{\sum h_{i\pm}}{2} = \frac{+4038}{2} = +2019$			

Віддалемірні відстані обчислюють як різниці відліків нижньої та верхньої віддалемірних ниток (третій рядок, стовпці 3 і 4 табл. 1.1).

У графу 5 журналу записують Контрольні перевищення обчислюють як різниці відліків верхніх і нижніх ниток задньої та передньої рейок (ст. 5 табл. 1.1). У чисельнику третього рядка записують різницю відстані від нівеліра до рейок. У знаменнику третього рядка стовпця 5 наводять накопичування різниць відстаней по всьому ходу.

У стовпці 9 табл. 1.1 записують середнє перевищення з точністю до 0,5 мм. У рядку 3 (ст. 6 і 7 табл. 1.1) записують різниці чорного і червоного відліків за рейками (п'ятки рейок).

Звіт з роботи має містити мету, завдання, прилади й обладнання, результати виконаної лабораторної роботи, оформлені у журналі нівелювання (табл. 1.1) та висновки. Журнал переписувати не дозволяється.

Контрольні питання

1. Яким способом виконують нівелювання під час прокладання нівелірного ходу III класу за відсутності перешкод?
2. Нівеліри яких типів можна використовувати для нівелювання III класу?
3. Порядок роботи на станції під час прокладання нівелірного ходу III класу.
4. Яке допускається розходження у відстанях від нівеліра до задньої та передньої рейок?
5. Як обчислюються значення перевищення на станції?
6. Яка допустима максимальна різниця в перевищеннях, обчислених за відліками, узятими за чорними і червоними боками рейок?
7. Як обчислюють остаточне перевищення на станції?
8. Як обчислюють віддалемірні відстані до рейок на станції?

Література: [1; 2; 3, с. 67–69; 4, с. 217–220; 5, с. 84–87].

Лабораторна робота № 2

Тема. Зрівнювання нівелірного ходу III-го класу

Мета: засвоїти методику камеральної обробки результатів нівелювання одиночного нівелірного ходу III класу.

Прилади й обладнання: інженерний калькулятор та спеціальні комп'ютерні програми зрівнювання нівелювання.

Короткі теоретичні відомості

Кінцевою метою прокладання нівелірних мереж і ходів будь-якого класу є закріплення на місцевості з необхідною щільністю реперів та визначення їх абсолютних висот.

Після завершення польових робіт у нівелюванні виконують камеральну обробку їх результатів у такому порядку:

- контроль результатів вимірювань і обчислювальна обробка польових журналів: ретельно перевіряють всі записи й обчислення на кожній станції та виконують посторінковий контроль;

- складання відомості перевищень і висот пунктів ходу: вказують назву ходу, типи і номери вихідних нівелірних знаків, опис їх місцеположення; довжину секції (ходу), число штативів (станцій) та значення вимірних перевищень у прямому і зворотному напрямках ходу;

- складання схеми нівелірного ходу: умовними знаками показують вихідні репери, а також репери ходу, що прокладається; нумерують ходи і показують стрілками їх прямі напрямки; виписують значення перевищень у прямому і зворотному ході;

- оцінювання якості нівелювання, яка зводиться до обчислення нев'язки ходу і порівняння її з допустимою нев'язкою, та обчислення середньої квадратичної помилки вимірювання перевищень на 1 км ходу;

- обчислення зрівняних висот нівелірного ходу: знаходять виправлені перевищення й зрівняні значення висот пунктів ходу.

Завдання 2.1. Виконати камеральну обробку результатів нівелювання III класу за традиційним алгоритмом.

Вихідні дані. Значення позначок початкового і кінцевого реперів ходу (задає викладач), результати польових вимірювань (журнал нівелювання – лабораторна робота № 1).

Порядок виконання роботи

1. Обробку результатів нівелювання ходу III класу починають з ретельної перевірки записів і обчислень у польовому журналі нівелювання і посторінкового контролю. Унизу кожної сторінки (табл. 1.1) обчислюють:

- суму відліків за задньою рейкою $\sum a$ (графіа 6);
- суму відліків за передньою рейкою $\sum b$ (графіа 7);
- суму обчислених перевищень $\sum h_{обч}$ (графіа 8);

– суму середніх перевищень $\sum h_{сер}$ (графа 9).

За відсутності прорахунків повинно дотримуватися рівняння:

$$\frac{\sum a - \sum b}{2} = \frac{\sum h_{обч}}{2} = \sum h_{сер} \cdot \quad (2.1)$$

Довжину ходу L (у км) обчислюють як суму відстаней від нівеліра до усіх задніх та передніх рейок.

Сума контрольних перевищень на кожній сторінці журналу не повинна виходити за межі $\sum h_{сер} \pm 3 \cdot n$, де n – кількість станцій на сторінці.

Усі результати посторінкового контролю відображають унизу кожної сторінки журналу нівелювання (табл. 1.1).

2. До відомості перевищень і висот пунктів нівелірного ходу (табл. 2.1) з журналу нівелювання (табл. 1.1) заносять назву пунктів ходу, значення перевищень у прямому і зворотному ході, значення висот вихідних пунктів.

3. У дрібному масштабі (наприклад 1:200000) складають схему нівелірного ходу (рис. 2.1).

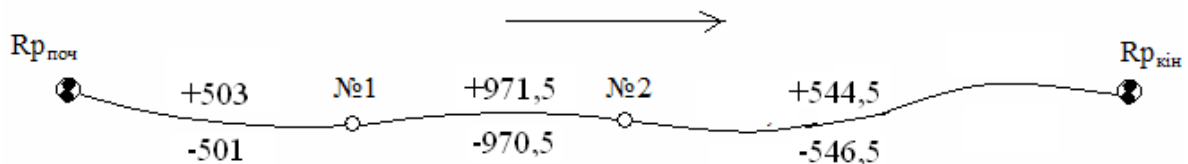


Рисунок 2.1 – Схема нівелірного ходу

4. Для оцінювання якості нівелювання ходу обчислюють нев'язку ходу за формулою:

$$f_h = \sum h_{сер} - \sum h_{теор} \cdot \quad (2.3)$$

де f_h – нев'язка ходу; $\sum h_{сер}$ – сума середніх перевищень ходу; $\sum h_{теор}$ – теоретична сума перевищень ходу.

Теоретичну суму перевищень визначають за формулою:

$$\sum h_{теор} = H_{Rp_{кін}} - H_{Rp_{поч}} \cdot \quad (2.4)$$

де $H_{Rp_{поч}}$, $H_{Rp_{кін}}$ – висоти відповідно початкового і кінцевого реперів.

Далі обчислюють граничну (допустиму) нев'язку ходу III класу за формулою [3]:

$$f_{h_{\text{дон}}} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{L}, \quad (2.5)$$

де L – довжина ходу в кілометрах.

Порівнюють нев'язку f_h з $f_{h_{\text{дон}}}$, якщо $f_h \leq f_{h_{\text{дон}}}$, то нівелювання виконано якісно (табл. 2.1).

Обчислюють середню квадратичну похибку $m_{\text{км}}$ польових вимірів (перевищення на 1 км ходу) за формулою:

$$m_{\text{км}} = \sqrt{\frac{f_h^2}{L}}, \quad (2.6)$$

де f_h – нев'язка ходу; L – довжина ходу (в кілометрах).

5. Для визначення зрівняних висот пунктів ходу спочатку обчислюють поправки в перевищення (з точністю до 0,5 мм) за формулою:

$$\delta_n = -\frac{f_h}{n}, \quad (2.7)$$

де δ_n – поправка в середнє перевищення; n – кількість станцій ходу.

Значення δ_n записують у ст. 6 відомості (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Відомість перевищень і зрівнювання висот нівелірного ходу III класу

Номери пунктів	Віддалемірні відстані, м	Перевищення, мм			Поправки, мм	Перевищення ув'язані, мм	Позначки, м
		прямий хід	зворотний хід	середнє			
1	2	3	4	5	6	7	8
R _{поч}	151,2	+503	-501	+502	+0,5	+502,5	77,75
1	152,0	+971,5	-970,5	+971	+0,5	+971,5	78,252
2	154,4	+544,5	-546,5	+545,5	+0,5	+546	79,224
R _{кін}							79,77
$L = 457,6 \text{ м}; \sum h_{\text{сер}} = +1632,5 \text{ мм}; \sum \delta = +4,5 \text{ мм}; \sum h_{\text{вс}} = +1637,0 \text{ мм}; \sum h_{\text{теор}} = +1637,0 \text{ мм};$ $f_h = -4,5 \text{ мм}; f_h \leq f_{h_{\text{дон}}}; f_{h_{\text{дон}}} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{L} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{0,411} = \pm 6,4 \text{ мм}$							

Виправлені (ув'язані) перевищення (ст. 7 табл. 2.1) обчислюють за формулою:

$$h_{ув} = h_{сер} + \delta_h, \quad (2.8)$$

Контроль обчислення виправлених перевищень виконують за формулою:

$$\sum h_{ув} = H_{Рркін} - H_{Ррпоч}. \quad (2.9)$$

Зрівняні висоти пунктів ходу (ст. 8 табл. 2.1) обчислюють за формулою:

$$H_{i+1} = H_i + h_{i,i+1}, \quad (2.10)$$

де H_i і H_{i+1} – висоти відповідно попереднього та наступного пунктів ходу.

Контроль обчислення висот полягає в тому, що обчислена висота кінцевого репера повинна дорівнювати заданій.

Звіт має містити назву роботи, мету, завдання, прилади й обладнання, результати виконаної лабораторної роботи у вигляді «Відомості перевищень і висот», схематичні рисунки, формули та висновки.

Контрольні питання

1. Як обчислюють нев'язку ходу у перевищеннях?
2. Як обчислюють допустиму нев'язку ходу у перевищеннях?
3. Як обчислюють поправки в перевищення нівелірного ходу?
4. Як обчислюють виправлені (ув'язані) перевищення нівелірного ходу?
5. Як виконують контроль визначення виправлених перевищень нівелірного ходу?
6. Як обчислюють зрівняні висоти пунктів нівелірного ходу?
7. Як виконують контроль обчислення висот пунктів нівелірного ходу?

Література: [2; 4, с. 549–550; 5, с. 101–115].

Лабораторна робота № 3

Тема. Виконання високоточне нівелювання

Мета: засвоїти методику високоточного нівелювання.

Прилади й обладнання: нівелір Н-05, штатив, інварні рейки.

Короткі теоретичні відомості

Нівелювання I класу виконують із найвищою точністю, яку можна отримати із застосуванням сучасних приладів і методів для усунення впливу систематичних похибок нівелювання. Таке нівелювання виконують у прямому та зворотному напрямках за двома парами нівелірних знаків, що утворюють праву та ліву лінії нівелювання. Спостереження на станції виконують способом «суміщення».

Нівелювання II класу виконують нівелірами із плоско-паралельною платівкою, контактним рівнем, які забезпечують необхідну точність нівелювання.

У прямому і зворотному напрямку нівелювання виконують за однією трасою, проте у різні половини дня. Кількість станцій і секцій ходу мають бути парними. При зміні напрямку нівелювання рейки змінюють місцями.

Завдання. Виміряти перевищення між двома точками нівелірного ходу II класу нівеліром Н-05.

Порядок виконання роботи

1. Закріплюють нівелір на штативі, встановленому на однакових відстанях від точок, між якими потрібно виміряти перевищення.

2. Приводять у прямовисне положення вертикальну вісь нівеліра за сферичним установлювальним рівнем.

3. Відкріпивши закріпний гвинт нівеліра за допомогою механічного візира наводять зорову трубу на задню рейку. Обертанням окулярного кільця зорової труби досягають чіткого зображення сітки ниток. Обертанням кремальєри (фокусуєчого пристрою) отримують чітке зображення рейки. Нерухоме положення нівеліра фіксують закріпним гвинтом. Навідним гвинтом наводять зорову трубу на основну шкалу рейки.

4. Елеваційним гвинтом сполучають зображення кінців циліндричного рівня, а головкою нахилу плоско-паралельної пластини вводять в бісектор сітки ниток початок найближчої поділки рейки. Беруть відлік (1) за основною шкалою рейки та мікрометром (відліковим барабаном) (2) і записують його до

журналу (табл. 3.1). Ці дії складають перше наведення. Далі аналогічно виконують друге і третє наведення. Перед кожним наведенням трохи зміщують елеваційним гвинтом бульбашку циліндричного рівня.

5. Наводять зорову трубу на передню рейку. Зводять зображення кінців циліндричного рівня. Беруть відліки (7)-(12) за основною шкалою в тому самому порядку, що й за задньою рейкою.

6. Наводять навідним гвинтом на додаткову шкалу передньої рейки, тричі наводять бісектор сітки ниток на ближній штрих додаткової шкали рейки та беруть відліки (13)-(20).

7. Повертають зорову трубу на задню рейку і аналогічно беруть відліки за її додатковою шкалою (21)-(28).

8. Обчислюють середні значення відліків: (25), (26), (27), (28), (29), (30), (31), (32) (табл. 3.1). Контролем правильності вимірів слугує обчислення для кожної рейки значення відліку п'ятки як різниці між середніми відліками за основною (33) і додатковою (34) шкалами. Значення п'ятки не повинні відрізнятися більше ніж на 0,7 мм (15 поділок відлікового барабана).

9. Перевищення на станції (ст. 8 і 9 табл. 3.1) обчислюють за формулами:

$$h_1 = Z_o - P_o; h_2 = Z_d - P_d, \quad (3.1)$$

де Z_o , P_o – середні відліки за основними шкалами відповідно задньої та передньої рейок; Z_d , P_d – середні відліки за додатковими шкалами відповідно задньої та передньої рейок.

10. Знаходять середнє перевищення (в поділках рейки) і записують в ст. 10 табл. 3.1. Для обчислення значення перевищення в міліметрах середнє перевищення в поділках рейки помножують на 0,05 (ст. 11 табл. 3.1).

Зміст звіту

Звіт повинен містити назву роботи, мету, завдання, прилади й обладнання, результати високоточного нівелювання, оформлені у Журналі нівелювання та висновки.

Таблиця 3.1 – Журнал високоточного нівелювання

Нівелір Н-05 № _____ Інварні рейки № _____ і № _____

№ станції	№ точки	Відліки за рейкою				Перевищення				
		Наведення	Основна шкала		Додаткова шкала		За основною шкалою	За додатковою шкалою	Середнє	
			Р	Б	Р	Б			поділки рейки	мм
$\frac{I}{1-2}$	1	1	28,0 (1)	25,1 (2)	88,6 (19)	76,3 (20)				
		2	28,0 (3)	24,7 (4)	88,6 (21)	76,3 (22)				
		3	28,0 (5)	25,2 (6)	88,6 (23)	75,9 (24)				
		середнє	28,0 (25)	25,0 (26)	88,6 (27)	76,1 (28)				
		контроль	60651,1 (35)				7315,6	7316,5	7316,1	365,8
	2	1	20,7 (7)	09,4 (8)	81,3 (13)	60,1 (14)				
		2	20,7 (9)	09,1 (10)	81,3 (15)	59,4 (16)				
		3	20,7 (11)	09,6 (12)	81,3 (17)	59,3 (18)				
		середнє	20,7 (29)	09,4 (30)	81,3 (31)	59,6 (32)				
		контроль	60650,2 (34)							

Примітка. Цифри в дужках означають порядковий номер зняття відліку та обчислень.

Контрольні питання

1. Конструктивні особливості високоточного нівеліра Н-05.
2. Порядок роботи на станції під час високоточного нівелювання.
3. Що означає приведення нівеліра в робочий стан?
4. Призначення нівеліра Н-05.
5. Яка точність зняття відліків за інварною рейкою високоточним нівеліром?
6. Для чого слугує елеваційний гвинт?
7. Як виконують контроль обчислень під час високоточного нівелювання?
8. Для чого призначена плоско-паралельна платівка в нівелірі Н-05?
9. Яка ціна поділки шкали оптичного мікрометра у нівеліра Н-05?
10. Яким способом виконують високоточне нівелювання?
11. Яка середня квадратична помилка вимірювання перевищень нівеліром Н-05?

Література: [1; 2].

Лабораторна робота № 4

Тема. Виконання супутникових вимірювань одночастотним GPS-приймачем

Мета роботи: засвоїти порядок роботи одно частотним приймачем за різних методів GNSS-вимірювань.

Прилади та обладнання: комплект GPS-системи Trimble R3.

Короткі теоретичні відомості

GNSS-вимірювання застосовують для встановлення просторового положення пунктів геодезичної основи, проведення топографічного та кадастрового знімання, геодинамічних досліджень, розв'язання різних завдань інженерної геодезії.

Порівняно з традиційними геодезичними методами GNSS-вимірювання мають переваги, а саме: не потребують прямої видимості між точками, можуть бути застосовувані у будь-який час дня або ночі за будь-якої погоди, надають результати з високою точністю, більший обсяг робіт виконується із меншими витратами.

До складу GNSS-системи належать навігаційні супутники, що облітають Землю, наземний комплекс керування супутниками (станції біля екватора), будь-яка апаратура користувачів, яка приймає і використовує сигнал GNSS.

Особливістю супутникових систем є вимірювання віддалі між незначною кількістю супутників та необмеженою кількістю приймачів, розміщених на земній поверхні, і часу проходження сигналів. Положення приймача на місцевості є точкою перетину уявних сфер, центром яких є супутники. Тому координати приймача визначаються способом розв'язання оберненої засічки. Для розв'язання геодезичних завдань необхідно здійснювати GNSS-вимірювання мінімум до 4 супутників.

Одночастотні приймачі використовують один єдиний канал і для приймання сигналів декількох супутників, і для обчислення віддалей. На вхід до приймача надходять радіосигнали. Приймач їх приймає і розподіляє на кодові та гармонічні. На підставі отриманих значень псевдовіддалей

попередньо визначаються координати. Виконані фазові вимірювання передаються у зпам'ятовувальній пристрій приймача.

Кінцеве опрацювання вимірювань виконується на стадії постопрацювання в камеральних умовах.

Основними джерелами похибок визначення координат за допомогою GNSS-вимірювань одночастотним приймачем, є:

- похибки, пов'язані із неточними вихідними даними (похибки ефемерид супутників);
- іоносферні та тропосферні затримки сигналу;
- інструментальні похибки, пов'язані із якістю роботи пристроїв та положенням фазового центра приймача;
- помилки годинників супутника і приймача;
- перевідбивання (багатошлховість) сигналу (коли антена приймача розташована поряд із відзеркалювальною поверхнею озера, у забудованій або залісненій місцевості),
- геометричний чинник (геометричне зниження точності трьохмірного положення та часу, пов'язане із розташуванням супутників на небесній сфері).

Найкращим способом зменшення або повного усунення похибок GNSS-вимірювань є диференціальні фазові відносні спостереження на відкритій місцевості якомога більшої кількості супутників із кутами підвищення 15° і більше за відсутності перешкод для радіосигналу.

За відносного методу супутникових спостережень потрібно мати щонайменше два приймачі, які встановлюють на різних пунктах. Якщо положення першого приймача відоме з необхідною точністю, то координати другого визначають як відносні координати щодо першого. За такого методу вимірювання деякі похибки зовсім виключаються, а деякі значно послаблюються.

Спостереження абсолютними та відносними методами виконують або нерухомими приймачами (статичні спостереження), або приймачами, встановленими на об'єктах, що пересуваються (кінематичні спостереження).

Вибір методу залежить від точності, необхідної користувачу, і наявності GNSS-приймача.

Метод *статика* застосовується для розвитку державних геодезичних мереж, вивчення руху тектонічних плит і надає високу точність за повільних вимірювань.

Метод *швидка статика* використовується для розвитку знімальних мереж, мереж згущення, коли працює відносно однієї бази декілька роверів.

Метод *кінематика* використовується для топографічних знімачів і для швидкого визначення координат великої кількості близько розташованих точок.

Під час опрацювання геодезичної інформації, зібраної GPS-приймачами, розрізняють попереднє та кінцеве опрацювання.

Безпосередньо в полі контролюють дані контролерів, а саме: наявність видимості небесної сфери; наявність необхідної кількості супутників; допустимість геометричного параметру; координати, визначені у навігаційному режимі.

Попереднє опрацювання виконують з використанням стандартного програмного забезпечення фірм-виробників.

Для камеральної обробки результати супутникових спостережень переписують на комп'ютер за допомогою відповідного кабелю.

Метою кінцевого опрацювання є отримання каталогів координат. Тому під час кінцевих обчислень виконують зрівнювання мереж, обчислення координат у різних системах координат.

Порядок виконання роботи

Завдання 4.1. Ознайомитись із складом GPS-системи Trimble R3.

GPS-система Trimble R3 складається із двох одночастотних GPS-приймачів з антенами та польовими контролерами. Просте програмне забезпечення дозволяє виконувати знімальні роботи, згущення мереж і прив'язувальні роботи.

Основні характеристики GPS-приймача Trimble R3 наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Основні характеристики GPS-приймача Trimble R3

Номер пор.	Характеристика	Значення
1	Точність виконання статичного знімання: У плані За висотою	± 5 мм + 0,5 мм/км ± 5 мм + 1,0 мм/км
2	Точність виконання кінематичного знімання: У плані За висотою	± 10 мм + 1,0 мм/км ± 20 мм + 1,0 мм/км
3	Точність виконання диференціального знімання у реальному часі одним приймачем	3 м
4	Тривалість безперервної роботи батареї	8 годин
5	Робочий діапазон температур	Від -30 °С до +60 °С

Завдання 4.2. Навчитися працювати із проектами і файлами.

Перед виконання вимірювань чи обчислень вибирають необхідний проект серед вже наявних або створюють новий.

Для створення нового проекту виконують такі дії:

- 1) у основному меню вибирають «Файлы / Новый проект»;
- 2) вводять ім'я нового проекту;
- 3) вибирають систему координат «Сист коорд» і виконують необхідні налаштування, натискаючи клавішу «Запись»;
- 4) вибирають системні одиниці проекту, натискаючи клавішу «Единицы / принять»;
- 5) вибирають зв'язані із проектом файли, натискаючи клавішу «Связанные файлы / Принять»;
- 6) вибирають фонові карти проекту, натискаючи клавішу «Файлы подложки»;
- 7) приєднують до проекту бібліотеку об'єктів, натискаючи клавішу «Библиотека»;
- 8) установлюють опції обчислень для проекту, натискаючи клавішу «Расчеты»;
- 9) на іншій сторінці вводять примітки і зберігають проект, натискаючи клавішу «Принять».

Координати точок можуть бути надані у WGS-84, місцевій системі або у вигляді плоских координат залежно від установок відповідної опції. Точки можуть зберігатися у вигляді векторів за значеннями азимуту, горизонтальної та вертикальної віддалей.

Завдання 4.3. Навчитися виконувати вимірювання одночастотним GPS-приймачем відносним статичним методом.

Для початкового прив'язування приймачів перед початком спостережень супутників виконують ініціалізацію.

Послідовність роботи GPS-приймача: увімкнення приймача, режим очікування сигналів, обчислення місць розташування супутників, синхронізація роботи приймача за супутниковими сигналами, захоплення супутникових сигналів, збирання та реєстрація даних, відстежування сигналів та взяття відліків.

Антену референт-приймача встановлюють на точці із попередньо відомими координатами у системі WGS84. Такий приймач називається базовою станцією. Він визначає різниці (диференціальні поправки) між обчисленими і вимірними віддальми, які через радіо модем передаються до ровера, розташованого на іншому кінці базової лінії. Приймачі записують дані від супутників з однією частотою. Потім ровер переміщують на іншу точку, що визначається, для вимірювання наступної базової лінії. Важливо виконати надлишкові вимірювання.

Загальна тривалість GPS-вимірювання при виконанні топографічних знімань будь-якого вектора містить час, необхідний на виконання таких операцій:

– установлення та з'єднання приймачів за допомогою кабелів та утримувачів (центрування штатива із трегером за допомогою оптичного центра над базовою точкою, з'єднання антени базового приймача із контролером, що закріплюється на трегері на зручній висоті, з'єднання антени ровера із контролером, що закріплюється; вимірювання висоти віхи) – 15 хв.;

- вмикання та ініціалізація приймача – до 10 хв.;
- безпосередні вимірювання на станції (вибір режиму знімання, налаштування параметрів знімання, внесення атрибутивної інформації, збирання даних від супутників) – 10–20 хв. (пропорційно до довжини вектора);
- згортання приймачів і підготовка до перенесення (перевезення) – 5–10 хв.

Хід збирання даних контролюють за таймером, який дозволяє перевірити достатність зібраних даних для якісної обробки в процесі пост опрацювання. Для скорочення часу перебування на точці спостереження розпочинати збирання даних можна ще до введення налаштувань.

Базові станції необхідно розміщувати на точках із якомога меншою кількістю перешкод, що затримують поширення сигналів до приймача (дерева, будинки, зовнішні геодезичні знаки).

Користуючись програмним забезпеченням *Trimble Digital Fieldbook*, вибирають тип знімання: швидке знімання (*FastStatic*) або кінематику з постобробкою (*PostProcessedKinematic*).

Для запуску знімання на базовій станції :

- 1) у меню «Съемка» вибирають «Запуск базовой станции»;
 - 2) вводять ім'я базової станції і її координати;
 - 3) вводять висоту антени;
 - 4) натискають клавішу «Начать», тоді базова станція почне записувати дані; екран «База» відображає час, що пройшов з початку запуску запису даних.
 - 5) після закінчення збору даних вибирають «Завершить съемку».
- Завершають знімання, вимикають контролер і від'єднують обладнання.

Знімання ровером запускають лише після запуску базового приймача. У головному меню проекту вибирають пункт «Съемка». З переліку вибирають стиль знімання.

Завдання 4.4. Навчитися виконувати вимірювання одночастотним GPS–приймачем відносним кінематичним методом.

Для знімання в режимі кінематики з постопрацюванням необхідно обов'язково ініціалізувати знімання для досягнення точності сантиметрового діапазону при обробці даних.

Типи знімання, вибрані у пункті «Подвижный приемник» ровера і у пункті «Базовая станция» базового приймача, повинні співпадати.

Інтервали запису даних для базової станції і мобільного приймача повинні відповідати один одному або бути кратними.

Ініціалізація одночастотного кінематичного знімання виконується за відомою точкою або за новою точкою.

Після ініціалізації режим знімання зміниться з «грубо» на «точно».

Координатами базової станції використовують опубліковані координати у системі WGS-84, координати, що обчислені від точно визначених зональних координат, або автономні координати, що обчислює сам приймач.

Для введення у роботу першого базового приймача проекту використовують тільки автономні координати, вибираючи «Здесь».

Окрім роботи з приймачем, оператор безпосередньо на пункті записує у польовий журнал: назву приладу; прізвище оператора; серійні номери антени та приймача; висоту встановлення антени над геодезичним пунктом; час початку і закінчення спостережень на пункті; номери супутників; координати пункту.

Зміст звіту

Звіт повинен містити назву роботи, мету, завдання, прилади й обладнання, опис порядку виконання роботи та висновки.

Контрольні питання

1. Особливості супутникових геодезичних вимірювань.
2. Способи і методи супутникових геодезичних вимірювань.
3. Порядок виконання супутникових геодезичних вимірювань. Одно частотним приймачем

Література: [3, с. 322–420; 4, с. 283–289; 6].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000-1:500: ГКНТА–2-04-02-98: затв. наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті міністрів України від 09.04.98 № 56. Київ: ГУГКіК, 1999. 155 с.
2. Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Геодезія» для студентів денної та заочної форм навчання за напрямом 6.080101 – «Геодезія, картографія та землеустрій» (у тому числі скорочений термін навчання). Частина III / Г. Т. Домашенко, П. Б. Міхно. Кременчук, 2010. 47 с.
3. Островський А. Л., Мороз О. І., Тарнавський В. Л. Геодезія. Частина друга: навч. посіб. Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2008. 564 с.
4. Поклад Г. Г., Гриднев С. П. Геодезія: уч. пособ. М.: Академический проект, 2007. 592 с.
5. Селиханович В. Г. Геодезія. Часть II: уч. пособ. М.: Недра, 1981. 544 с.
6. GPS Приемник Trimble R3. Руководство пользователя, 2005. 135 с. URL: <https://docplayer.ru/26185174-Gps-priemnik-trimble-r3.html>.

Таблиця А.1 – Критерії оцінювання лабораторних робіт

Номер роботи	Тема	Критерії оцінювання	Оцінки у балах	Максимальний бал
1	Прокладання контрольного нівелірного ходу III-го класу	Відвідування заняття Виконання роботи Захист звіту	0,5 1 0,5	2
2	Зрівнювання одиночного нівелірного ходу III-го класу	Відвідування заняття Виконання роботи Захист звіту	0,5 1 0,5	2
3	Виконання нівелювання I класу високоточним нівеліром	Відвідування заняття Виконання роботи Захист звіту	0,5 1 0,5	2
4	Виконання супутникових вимірювань одночастотним GPS-приймачем та обробка їх результатів	Відвідування заняття Виконання роботи Захист звіту	1 2 1	4

Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Геодезія» для студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальності 193 – «Геодезія та землеустрій» освітнього ступеня «Бакалавр»
частина IV

Укладачі: д. т. н., проф. В. В. Артамонов,
старш. викл. М. Г. Василенко,
к.т.н., старш. викл. П. Б. Міхно

Відповідальний за випуск доцент кафедри геодезії, землевпорядкування та кадастру В. І. Козарь

Підп. до др. _____. Формат 60x84 1/16. Папір тип. Друк ризографія.
Ум. друк. арк. _____. Наклад _____ прим. Зам. № _____. Безкоштовно.

Редакційно-видавничий відділ
Кременчуцького національного університету
імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600