



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 80158

(13) C2

(51) МПК (2006)
G01C 5/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ТРИГОНОМЕТРИЧНОГО НІВЕЛЮВАННЯ

1

(21) а200504280

(22) 04.05.2005

(24) 27.08.2007

(46) 27.08.2007, Бюл. № 13, 2007 р.

(72) Гарасимчук Ігор Фловіанович, Тревого Ігор
Севірович, Шевченко Тарас Георгійович(73) Національний університет "Львівська політех-
ніка"(56) UA, патент №38641, G01C5/00, публ.
15.11.2003.

SU, а.с. №1362927, G01C5/00, публ. 30.12.1087.

SU, а.с. №1820213, G01C5/00, публ. 07.06.1993.

Никольский Е.К. О сетях тригонометрического ни-
велирования с рефракционными базисами // Гео-
дезия, картография и аэрофотосъемка. - 1973. -
№18. - С.39-44.(57) Спосіб тригонометричного нівелювання, який
полягає в тому, що вимірюють геометричним ніве-
люванням перевищення між двома станціями зні-
мальної мережі, які вважають кінцевими точками
рефракційного базису, вимірюють з цих точок зені-

2

тні віддалі, а також температуру повітря і тиск, визначають дійсні кути вертикальної рефракції з врахуванням нормальних та аномальних градієнтів температури та еквівалентні висоти, визначають висоти станцій мережі з врахуванням поправок на рефракцію і виконують знімання пікетів, який **відрізняється** тим, що перед зніманням пікетів встановлюють перехідні станції знімання так, щоб вони не збігалися з будь-якою станцією мережі, а різниця віддалей від перехідної станції до станцій мережі була максимальною у межах площі знімання, виконують цикли знімання пікетів, перед кожним циклом та після закінчення його вимірюють зенітні віддалі на станції мережі приблизно в один фізичний момент часу, визначають величину вертикальної рефракції як різницю між відомими значеннями перевищень між станціями та визначеними у кожний момент вимірювання зенітними віддальми і вводять поправку на рефракцію у висоти пікетів.

Винахід належить до геодезичних вимірювань, а конкретно до тригонометричного нівелювання.

Відомий спосіб виконання тригонометричного нівелювання полягає у тому, що вимірюють геометричним нівелюванням перевищення між двома станціями знімальної мережі з відомими висотами, які вважають кінцевими точками рефракційного базису, вимірюють з цих точок зенітні віддалі, а також температуру повітря і тиск, визначають дійсні кути вертикальної рефракції із врахуванням нормальних та аномальних градієнтів температури та еквівалентні висоти, визначають висоти пунктів мережі з врахуванням поправок за рефракцію і виконують знімання пікетів [Никольский Е.К. О сетях тригонометрического нивелирования с рефракционными базисами // Геодезия, картография и аэрофотосъемка. - 1973. - №18. - С.39-44].

Тригонометричним нівелюванням зазвичай виконують знімання на значних площах, у зв'язку з чим доводиться знімати велике число, наприклад, сотні і тисячі пікетів впродовж тривалого часу, наприклад, декількох діб. Позаяк знімання виконують

у різні дні впродовж світлового часу доби, на точність визначення висот пікетів суттєво впливає вертикальна рефракція. Величина вертикальної рефракції залежить від метеорологічних умов, зокрема температури повітря і тиску, які можуть значно відрізнитися для двох послідовних одна за одною діб. Не менш суттєво величина вертикальної рефракції може залежати від зміни метеорологічних умов впродовж однієї доби, зокрема її світлової пори, коли власне виконують знімання.

У відомому способі тригонометричного нівелювання вплив вертикальної рефракції, зокрема впродовж часу виконання знімання, на точність визначення висот пікетів не враховують, а вплив вертикальної рефракції враховують тільки під час визначення висот станцій знімальної мережі. Для цього необхідна пряма видимість між станціями мережі та станціями (кінцевими точками) рефракційного базису. Крім того певна площа знімання і будь-яка її точка знімання повинні мати пряму видимість, принаймні з двох станцій мережі. Це створює труднощі та вимагає додаткових працеза-

(13) C2

(11) 80158

(19) UA

трат для побудови знімальної мережі, яка має чим точніше враховувати рельєф місцевості знімання. За цих умов знімальна мережа буде мати велику кількість станцій, необхідних для покриття пікетами всієї площі знімання.

В основу винаходу поставлене завдання вдосконалити спосіб тригонометричного нівелювання, в якому введення перехідної станції знімання і періодичне визначення вертикальної рефракції у циклах знімання шкетів дало б можливість врахувати зміну впливу вертикальної рефракції і підвищити точність визначення висот шкетів.

Поставлене завдання вирішують тим, що у способі тригонометричного нівелювання, зміст якого полягає у тому, що вимірюють геометричним нівелюванням перевищення між двома станціями знімальної мережі з відомими висотами, які вважають кінцевими точками рефракційного базису, вимірюють з цих точок зенітні віддалі, а також температуру повітря і тиск, визначають дійсні кути вертикальної рефракції із врахуванням нормальних та аномальних градієнтів температури та еквівалентні висоти, визначають висоти станцій мережі з урахуванням поправок за рефракцію і виконують знімання пікетів, згідно з винаходом, перед зніманням пікетів встановлюють перехідні станції знімання так, щоб вони не збігалися з будь-якою станцією мережі, а різниця віддалей від перехідної станції до станцій мережі була максимальною у межах площі знімання, виконують цикли знімання пікетів, перед кожним циклом та після закінчення його вимірюють зенітні віддалі на станції мережі приблизно в один фізичний момент часу, визначають величину вертикальної рефракції як різницю між відомими значеннями перевищень між станціями та визначеними у кожний момент вимірювання зенітних віддалей і вводять поправку за рефракцію у висоти пікетів.

Встановлення перехідної станції знімання та періодичне визначення вертикальної рефракції на початку та по закінченні кожного циклу знімання шкетів дає можливість визначати висоти шкетів з більшою точністю, позаяк з'являється можливість враховувати зміну величини вертикальної рефракції у процесі знімання, наприклад, у світлий час доби. Крім цього, встановлення перехідних станцій дає можливість прискорити процес знімання, зменшити кількість стаціонарних станцій мережі, що сприяє зменшенню працезатрат на тригонометричне нівелювання.

На Фіг.1 подано схему мережі тригонометричного нівелювання з рефракційним базисом. На Фіг.2 подано схему розташування перехідної станції Р та вимірів, які виконують з неї: лінія 1-2 - рефракційний базис; d - горизонтальне прокладення лінії 1-2; α - кут між напрямками 1-Р та 1-2; β - кут між напрямками 2-Р та 2-1; γ - кут між напрямками Р-1 і Р-2; S_1, S_2, \dots, S_i - віддалі від перехідної станції Р до станцій 1, 2 та і-того пікету відповідно; Z_1, Z_2, \dots, Z_i - зенітні віддалі з перехідної станції на станції 1, 2 та і-тий пікет відповідно; β_1 - горизонтальний кут між напрямком Р-2 та на і-тий пікет. На Фіг.3 подано графіки зміни величини нев'язки у визначенні перевищень між станціями 1 і 2 у сонячну погоду 27, 28, 29 дні місяця червня.

Спосіб тригонометричного нівелювання здійснюють таким чином. На основі рекогносцирування місцевості намічають місця встановлення станцій мережі для виконання тригонометричного нівелювання і відповідним чином закріплюють їх. На одну або дві станції мережі передають геометричним нівелюванням позначку з найближчого пункту державної або локальної мережі. Вимірюють геометричним нівелюванням перевищення між двома станціями знімальної мережі, які вважають кінцевими точками рефракційного базису, наприклад точки 1 і 2 на Фіг.1. Вимірюють з цих точок зенітні відстані, наприклад, високоточним теодолітом, а також температуру повітря і тиск. За зенітними віддальми визначають дійсні кути вертикальної рефракції з урахуванням нормальних та аномальних градієнтів температури. За виведеними залежностями визначають еквівалентні висоти за напрямками мережі і висоти станцій з урахуванням поправок за рефракцію. Перед зніманням пікетів встановлюють перехідні станції знімання так, щоб вони не збігалися з будь-якою станцією мережі, наприклад, станція Р на Фіг.2. Різниця віддалей від перехідної станції до станцій мережі має бути максимальною у межах площі знімання. Перехідну станцію встановлюють у зручному для знімання місці, з якого видно значну територію знімання та мінімум дві станції геодезичної мережі, наприклад, станції 1 і 2 на Фіг.2. Виконують цикли знімання шкетів, наприклад, по 10-15 пікетів. Перед кожним циклом та після закінчення його вимірюють зенітні віддалі на станції мережі приблизно в один фізичний момент часу. Зенітні віддалі вимірюють за програмою відлічування вертикального круга КП на станції 1 і 2 а також КП на станції 2 і 1. Координати перехідної станції, віддаль між станціями 1 і 2, а також значення горизонтальних кутів α, β, γ визначають з лінійної засічки за відомими залежностями. Позаяк з перехідної станції виконують циклічні спостереження на станції 1 і 2, їхні координати та висоти будуть визначені багаторазово з контролем і достатньою точністю. Визначають величину вертикальної рефракції, як різницю між відомим значенням перевищення між станціями 2 і 1 та визначеним у кожний момент вимірювання зенітних віддалей.

$$(H_2 - H_1) - (h'_2 - h'_1) = fh_{1-2} \quad (1)$$

У залежності (1): H_1 - висота станції 1; H_2 - висота станції 2; $(H_2 - H_1)$ - перевищення між станціями 2 і 1, які вважають кінцевими точками рефракційного базису, виміряне геометричним нівелюванням; h'_1 - перевищення між перехідною станцією і станцією 1, а h'_2 - перевищення між перехідною станцією і станцією 2, визначені на основі вимірювання зенітних віддалей перед кожним циклом знімання пікетів та після нього; $(h'_2 - h'_1)$ - перевищення між станціями 2 і 1, які вважають кінцевими точками рефракційного базису, визначені на основі вимірювання зенітних віддалей перед кожним циклом знімання та після нього; fh_{1-2} - різниця між відомим значенням перевищення між станціями та визначеним у кожний момент вимірювання зенітних віддалей. Вводять поправку за рефракцію у висоти пікетів.

На Фіг. 3 подано графіки зміни величини не-в'язки у визначенні перевищень між двома пунктами мережі впродовж трьох сонячних днів (27.06; 28.06; 29.06). Віддаль від перехідної станції до дальньої станції - 2000м, а до ближньої - 500м.

У таблиці наведено результати визначення перевищення між кінцевими точками рефракційного базису у результаті вимірювань зенітних віддалей з перехідної станції на станцію рефракційного базису перед кожним циклом знімання пікетів та

після закінчення його (колонка h'). У колонці fh_{1-2} визначено величини вертикальної рефракції у кожному циклі спостережень, як різницю між відомим значенням перевищення ($h=2,245$ м) та визначеними у кожний момент вимірювання зенітних віддалей. Поправки за рефракцію вводять у висоти шкетів. У колонці h - значення перевищень із врахуванням рефракції. Колонка v - похибка вимірювань із врахуванням рефракції.

Таблиця 1

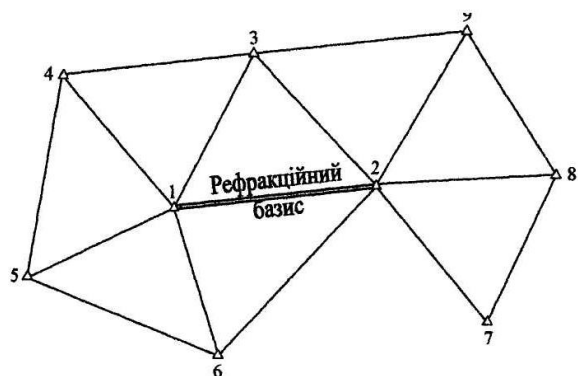
Перевищення h між кінцевою точкою 2 рефракційного базису і шкетом, визначені з перехідної станції впродовж трьох днів червня (27.06, 28.06, 29.06)

h=2,245											
без введення поправок		з введенням поправок		без введення поправок		з введенням поправок		без введення поправок		з введенням поправок	
h'	fh_{1-2}	h	v	h'	fh_{1-2}	h'	v	h'	fh_{1-2}	h	v
27 червня				28 червня				29 червня			
2,146	-99	2,212	-33	2,150	-95	2,238	-7	2,042	-203	2,238	-7
2,184	-61	2,229	-16	2,237	-8	2,240	-5	2,112	-133	2,232	-13
2,236	-9	2,229	-16	2,220	-25	2,234	-11	2,160	-85	2,237	-8
2,283	38	2,237	-8	2,296	51	2,252	7	2,263	18	2,228	-17
2,316	71	2,236	-9	2,304	59	2,241	-4	2,311	66	2,249	4
2,361	116	2,252	7	2,289	44	2,234	-11	2,262	17	2,217	-28
2,316	71	2,210	-35	2,344	99	2,244	-1	2,299	54	2,221	-24
2,342	97	2,225	-20	2,323	78	2,231	-14	2,315	70	2,228	-17
2,302	57	2,213	-32	2,340	95	2,241	-4	2,329	84	2,226	-19
2,304	59	2,217	-28	2,314	69	2,226	-19	2,367	122	2,244	-1
2,299	54	2,227	-18	2,352	107	2,250	5	2,343	98	2,231	-14
2,311	66	2,235	-10	2,337	92	2,234	-11	2,363	118	2,239	-6
2,268	23	2,241	-4	2,283	38	2,223	-22	2,325	80	2,235	-10
2,256	11	2,245	0	2,302	57	2,230	-15	2,280	35	2,228	-17
2,074	-171	2,264	19	2,290	45	2,235	-10	2,315	70	2,250	5
2,071	-174	2,234	-11	2,278	33	2,235	-10	2,283	38	2,219	-26
				2,232	-13	2,217	-28	2,273	28	2,231	-14
				2,288	43	2,243	-2	2,126	-119	2,241	-4
				2,177	-68	2,232	-13	2,120	-125	2,237	-8
				2,148	-97	2,249	4	2,121	-124	2,248	3
				2,089	-156	2,275	30	2,080	-165	2,239	-6

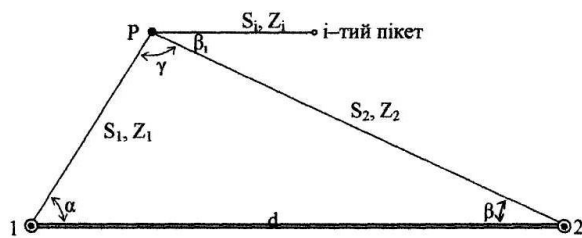
Похибки визначення перевищення з урахуванням вертикальної рефракції не перевищують 35мм, а похибки за рефракцію досягають 200мм.

Запропонований спосіб тригонометричного нівелювання дає можливість визначати висоти пікетів з урахуванням дії вертикальної рефракції, що значно підвищує точність визначення їхніх висот та точність відображення поверхні у картографічному або цифровому вигляді.

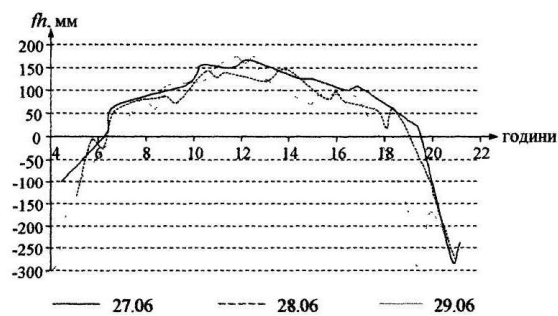
Фінансові витрати та працезатрати на закладання стаціонарних станцій зменшуються у зв'язку із зменшеннями їхньої кількості за рахунок введення перехідних станцій. З тієї ж причини збільшується поверхня тригонометричного нівелювання за мінімальної кількості станцій геодезичної основи.



Фіг. 1.



Фіг. 2.



Фіг. 3.