

УДК 528.48

к.т.н., доцент Дем'яненко Р.А.,
Київський національний університет будівництва і архітектури

АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ДОВЖИНИ ВЕКТОРУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ТРИВАЛОСТІ СТАТИЧНИХ ГНСС СПОСТЕРЕЖЕНЬ ПРИ ВИКОНАННІ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

Використання супутникових радіонавігаційних систем в геодезії значно полегшило та розширило можливості виконання геодезичних робіт. В залежності від задач та точності виконання геодезичних робіт обирають статичні чи кінематичні методи знімання. Одним з елементів, які впливають на точність визначення довжини вектора є тривалість виконання супутникових спостережень, яка в свою чергу визначається в залежності від довжини вектору.

Ключові слова: GNSS, точність визначення вектору, супутникові спостереження.

Постановка проблеми. В залежності від задач та точності виконання геодезичних робіт обирають статичні чи кінематичні методи знімання. Одним з елементів, які впливають на точність визначення довжини вектора є тривалість виконання супутникових спостережень, яка в свою чергу визначається в залежності від довжини вектору. При використанні методів супутникових спостережень при вирішенні інженерно-геодезичних задач важливим є як точність так і швидкість виконання робіт. У більшості наукових джерел [1,2] та нормативній літературі при побудові геодезичних мереж, в залежності від довжини базисного вектора, слід збільшувати час спостережень. Це викликано тим, що при фазових вимірюваннях для розв'язання неоднозначностей фазових відліків, спостережень однієї епохи недостатньо. Тому, щоб набрати необхідний об'єм даних, спостереження проводять досить тривалий період.

Постановка завдання. В інженерно-геодезичних роботах, коли відстані незначні та знаходяться в межах до декількох кілометрів необхідно в максимально короткі терміни виконати роботи тому виникає питання – яка повинна бути мінімальна тривалість спостережень за регламентованої точності. Завданням даної роботи є знаходження залежності в точності визначення довжини базового вектору довжиною близько 2 км від часу виконання спостережень.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Суть дослідження полягає у виконанні вимірювань та аналізі точності визначення базової лінії за різної тривалості спостережень.

Програма вимірювань складалася з дванадцяти сесій. Спостереження виконувались зі збільшенням часу вимірювань на 10 хвилин для кожної сесії. Таким чином, мінімальна тривалість сесії склала – 10 хв., максимальна – 120 хвилин. При вимірюваннях використовувався двочастотний GNSS приймач Leica SYSTEM 1200. Точність диференційних фазових вимірювань в режимі «статика» в плані $5\text{мм}+0,5\text{ ppm}$, по висоті $10\text{мм}+0,5\text{ ppm}$.

Базисна лінія має еталонне значення довжини – 2116,5386 м, і є складовою еталонного полігону ДП «Укрметртестстандарту». Вона спирається на перманентну ГНСС-станцію GLSV (Київ/Голосієво), та на пункт, що знаходиться на території ДП «Укрметртестстандарту», на якому проводились вимірювання.

Опрацювання результатів спостережень виконувалось з використанням програмного забезпечення Leica Geo Office. Для опрацювання базових ліній використовували такі параметри: модель тропосфери - Хопфілд; модель іоносфери - стандартна; ефемериди - бортові (передані); тип даних - кодові та фазові.

В результаті обробки даних спостережень отримано 12 значень довжини базової лінії. За формулою $v = S_i - S_{\text{вих.}}$ визначені відхилення кожного отриманого значення базової лінії S_i , від еталонного $S_{\text{вих.}}$.

Отримані дані представлені в таблиці 1.

Таблиця 1.

№ т.	t, хв	S_i , м	v, м	v, мм
1	10	2116,5577	0,0191	19,1
2	20	2116,5566	0,0180	18,0
3	30	2116,5553	0,0167	16,7
4	40	2116,5586	0,0200	20,0
5	50	2116,5569	0,0183	18,3
6	60	2116,5547	0,0161	16,1
7	70	2116,5544	0,0158	15,8
8	80	2116,5583	0,0197	19,7
9	90	2116,5582	0,0196	19,6
10	100	2116,5596	0,0210	21,0
11	110	2116,5592	0,0206	20,6
12	120	2116,5555	0,0169	16,9

Спостереження виконувались в різні дні та різний часовий період, що також впливає на результат. Слід зазначити, що на точність позиціонування впливає кількість видимих супутників на період спостережень і геометрія їх розташування. Вплив геометрії розташування супутників на точність визначення координат виражається коефіцієнтом DOP (Dilution of Precision – пониження точності), який є коефіцієнтом зниження точності при визначенні місцезнаходження. Величина коефіцієнта PDOP – точність тривимірного позиціонування залежить від кількості та взаємного розташування супутників по відношенню до приймача. Ідеальному розташуванню супутників відповідає фактор PDOP, що дорівнює одиниці, збільшення значення свідчить про погіршення точності.

Врахування впливу супутникової геометрії на результати дослідження здійснено таким чином: для кожної сесії вимірювань взято середнє значення фактору PDOP і визначено його вплив на значення відхилення через величину добутку відхилень на **PDOP**. Результати представлено в таблиці 2.

Таблиця 2.

№ т.	t, хв	PDOP	v·PDOP
1	10	2,30	43,93
2	20	2,45	44,10
3	30	2,15	35,90
4	40	2,80	56,00
5	50	4,60	84,18
6	60	4,60	74,06
7	70	3,70	58,46
8	80	2,20	43,34
9	90	3,00	58,80
10	100	2,20	46,20
11	110	2,75	56,65
12	120	4,40	74,36

За даними таблиць 1 і 2 побудовано графік залежності відхилення значення довжини базової лінії від тривалості спостереження (рис.5.1.) та графік (рис. 2), який демонструє вплив супутникової геометрії на точність визначень довжини вектору.



Рис. 1. Графік залежності точності визначення довжини лінії від тривалості спостереження.



Рис.2. Графік залежності точності визначення довжини лінії від тривалості спостереження з врахуванням PDOP.

Аналізуючи побудовані графіки можна сказати, що передбачуваного підвищення точності зі збільшенням тривалості спостережень не відбувається.

Значення відхилень коливаються в межах від 15,8 до 21.0 мм, а їх різниця 5,2 мм. Тому, за даних умов, тривалість спостережень не впливає на точність визначення вектора при довжинах до 2 км.

При спробі аналізу цих результатів слід зазначити, що виконанні фазових вимірювань, точність яких знаходиться в міліметровому діапазоні, виникає явище фазової неоднозначності, тобто необхідність визначення значення N - цілого числа коливань електромагнітної хвилі на шляху розповсюдження сигналу. При фазових вимірюваннях для розв'язання неоднозначностей фазових відліків, спостережень однієї епохи недостатньо, окрім того при недостатній кількості супутників та втраті сигналів відбувається збій у підрахунку числа N , що вимагає збільшення тривалості спостережень. Тому, щоб набрати необхідний об'єм даних, спостереження проводять досить тривалий період.

При аналізі видимості супутників в процесі спостережень ми виявили, що у всіх сесіях спостережень відбувались безперервні спостереження не менше ніж за 5 супутниками на протязі тривалості сесії. На протязі кожної сесії безперервно спостерігалось, в середньому, близько 8 супутників. Що свідчить про добрі умови виконання спостережень.

Висновки з цього дослідження і перспективи подальших розробок в цьому напрямку. Проаналізувавши результати цього дослідження можна зробити наступні висновки:

При виконанні інженерно-геодезичних робіт в залежності від регламентованої точності можна використовувати ГНСС спостереження.

На коротких відстанях (до 2 км) при забезпеченні безперервного зв'язку з неменше ніж 5 супутниками можна забезпечити точність визначення бази в субсантиметровому діапазоні.

Перспективи подальших розробок повинні бути направлені на дослідження точності визначення довжини бази при погіршенні умов спостережень, та визначенні критичної межі.

Список літератури

1. ДБН В.1.3 - 07:2010. Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві. К., Мінрегіонбуд, 2010.
2. Войтенко С.П. Інженерна геодезія: підручник / С.П. Войтенко. – К.: Знання, 2009. – 557с.
3. Костецька Я. Залежність точності визначення положення пунктів у супутникових мережах від тривалості сеансів спостережень / Я. Костецька, Ю. Пішко, Д. Гешель // Сучасні

досягнення геодезичної науки та виробництва : збірник наукових праць Західного геодезичного товариства УТГК : до II з'їзду Українського товариства геодезії і картографії, до 20-ї річниці від дня утворення Державної служби геодезії картографії та кадастру / Західне геодезичне товариство Українського товариства геодезії та картографії ; головний редактор І. С. Тревого. - Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2011. - Випуск 2 (22). - С. 96-102.

4. Крупеннікова І. Сопоставление данных глонасс и GPS измерений при геодинамических исследованиях. /Крупеннікова І. // Журн. Инженер и промышленник сегодня – 2014.- вип..№2(8). Режим доступу: <http://xn--fladbqsigi.xn--plai/index.php/new-edition/25-8-april-2014/417-ghonass-gps>

5. Баран П.І., Чорнокін В.Я. Визначення тривалості GPS спостережень в геодезичних мережах // Вісник геодезії і картографії. – 2004. - №2. – С.12-15.

6. Генике А.А. Побединский Г.Г. Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Картгеоцентр, 2004. – 355 с.: ил.

7. Антонович К.М. Использование спутникових радионавигационних систем в геодезии. В 2 т. Т. 1.. Монография / К.М. Антонович; ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». – М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2005. – 332 с.: ил.

8. Антонович К.М. Использование спутникових радионавигационних систем в геодезии. В 2 т. Т. 1.. Монография / К.М. Антонович; ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». – М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2005. – 332 с.: ил.

9. Антонович К.М. Использование спутникових радионавигационних систем в геодезии. В 2 т. Т. 2.. Монография / К.М. Антонович; ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». – М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2006. – 360 с.: ил.

Аннотация

В статье представлено исследование зависимости точности определения длины базисной линии от времени измерений с помощью ГНСС оборудования.

Annotation

In article is presented the research of dependence accuracy of determination a baseline length from occupation time measurings by GNSS equipment.