

Крива Х.О., аспірант спеціальності 103 Науки про Землю
Науковий керівник: Марченко Д.О., к.т.н., завідувач кафедри картографії та
геопросторового моделювання
(Національний університет «Львівська політехніка», м.Львів, Україна)

МЕТЕОРОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ ЯК ДЖЕРЕЛО ПОХИБОК У ВИЗНАЧЕННІ ПОЛОЖЕННЯ ГНСС-ПУНКТІВ

Супутникові технології широко використовуються в геодезії та навігації. Незважаючи на оперативність та здатність працювати в різних погодних умовах, вони можуть забезпечувати високу точність отримуваних результатів. Точність, обумовлюється різними похибками, величину яких мінімізують або усувають. Джерела похибок, які впливають на результати ГНСС-вимірювань можна поділити на три групи, а саме: пов'язані із: супутниками (неточність ходу годинника, зсув антени та зміна її фазового центру); середовищем поширення (вплив тропосфери та іоносфери, багатошляховість); приймачем сигналів (неточність годинника та зміни положення фазового центру антени). На розповсюдження в тропосфері електромагнітних коливань, які застосовують в ГНСС, суттєвий вплив мають метеорологічні параметри: температура, вологість і атмосферний тиск [1]. Зміна атмосферного тиску вздовж траєкторії сигналу супутника найменше змінює показник заломлення і швидкість цього сигналу, значний вплив має температура повітря і найбільше – зміни пружності водяної пари. Абсолютна вологість повітря – густина водяної пари в повітрі, (за своїм числовим значенням є близькою до пружності водяної пари) [2]. Основний акцент зроблений на тому як абсолютна вологість впливає на точність визначення положення пунктів за результатами відносних супутникових спостережень.

Для дослідження впливу метеопараметрів на точність визначення положення пунктів ГНСС-мереж необхідно визначити значення абсолютної вологості за архівними даними погоди (для цього використаємо онлайн калькулятор). Значення метеопараметрів були отримані з <http://www.eurometeo.com>[3]. Також для її обчислень були використані середні значення температури повітря, атмосферного тиску та відносної вологості за даними з 8 по 20:30 год, отриманими у вказаний вище проміжок часу. Абсолютна вологість розраховувалися для трьох місяців зими та трьох місяців літа. Серед результатів було вибрано дні, коли вона набуває свого мінімального та максимального значення. Загалом було обрано 12 днів в зимовий період, а саме 6 днів, коли значення абсолютної вологості були мінімальними та 6 днів коли значення вологості набували своїх максимальних значень. Так само було обрано 12 днів і літом – 6 днів з мінімальними значеннями та 6 днів з максимальними.

Для дослідження сформовані дві мережі. Перша - мережа м. Тулузи знаходиться на півдні Франції та складається з 5 пунктів- CSTN, TLIA, TLMF, TLSE, TLSG. 2 мережа - мережа м. Страсбурга, яка розташована на північному сході Франції та складається з 6 пунктів: BRMH, DRUS, ENTZ, EOST, ETOI, STJ9. Просторові координати кожного пункту мережі взяті з сайту <http://rgp.ign.fr> [4] та вважаються дійсними. З цими координатами порівнювалися координати за результатами спостережень. Геодезичні координати, отримані в результаті опрацювання в програмному забезпеченні Trimble Business Center (TBC), а також істинні значення геодезичних координат були переобчислені в плоскі координати в проекції Гауса-Крюгера. Зроблено це для того, щоб обчислити СКП положення пунктів Також для досліджень впливу зміни абсолютної вологості на точність положення пунктів ГНСС- мереж, крім метеопараметрів, вихідних координат пунктів необхідно також скачати - точні ефемериди (для цього використаємо GNSS календар <https://www.gnsscalendar.com/> [5]). Після того як дані завантажені, їх

необхідно імпортувати в програму ТВС та зробити певні обрахунки в цьому програмному середовищі. Були опрацьовано сеанси тривалістю: 4, 2, та 1 год для кожної мережі при різних значеннях абсолютної вологості. Щоб проаналізувати отримані результати, необхідно переобчислили отримані в програмному забезпеченні геодезичні координати пунктів, а також вихідні геодезичні координати у плоскі. Тобто обчислили координати x та y кожної станції на площині в проекції Гауса-Крюгера. Всі обчислення були виконані в Microsoft Excel за відомими формулами. Після всіх необхідних перерахунків було обчислено: СКП координат x (m_x) пунктів за формулою Гауса. СКП координат y (m_y) за формулою Гауса. СКП положення пунктів (M). Варто зауважити, що був виконаний розподіл на мінімальні та максимальні значення. У таблиці 1 наведені максимальні, мінімальні та середні значення СКП положення пунктів мережі м. Страсбург, які визначені за різної тривалості сеансів спостережень влітку при максимальній абсолютній вологості

Таблиця 1 - Значення СКП при максимальній абсолютній вологості м.Страсбург (літо)

Тривалість сеансу, год	Межі зміни СКП	Дата та значення абсолютної вологості					
		06.07.18 0,0135 кг/м ³	28.07.18 0,0144 кг/м ³	01.08.18 0,0146 кг/м ³	02.08.18 0,0150 кг/м ³	03.08.18 0,0158 кг/м ³	10.06.18 0,0160 кг/м ³
4	макс	15,05	18,28	8,76	10,74	6,71	8,09
	мін	7,62	5,27	4,77	6,03	0,63	1,10
	сер	12,01	9,69	7,01	8,25	4,43	5,29
2	макс	15,60	20,24	10,75	11,30	11,14	13,55
	мін	8,49	7,33	5,48	6,72	6,24	6,63
	сер	12,43	12,74	8,09	8,92	8,70	10,71
1	макс	15,87	18,81	21,33	18,37	13,87	10,99
	мін	11,89	9,79	12,85	14,05	9,64	7,27
	сер	13,73	14,75	17,49	16,07	11,57	9,06

Для мережі м. Страсбург у літній період при зміні абсолютної вологості від 0,0073 кг/м³ до 0,0160 кг/м³ та тривалості спостережень 4 год, отримане середнє значення СКП в середньому зросло у 1,65 рази (від 4,9 мм до 8,1 мм), за тривалості сеансів 2 год значення СКП зросло у 1,19 разів (від 8,9 мм до 10,5 мм), а для тривалості 1 год – у 1,12 рази (від 12,9 мм до 14,4 мм). Для візуалізації підтвердження погіршення точності визначення положення пунктів зі зростанням абсолютної вологості для кожної тривалості сеансів спостережень побудовані лінії тренду – лінійні. Як бачимо в літній період чітко простежується погіршення точності положення пунктів мережі зі зростанням значення абсолютної вологості, в зимовий період ця залежність є меншою. (рис. 1)

На основі середніх значень СКП були побудовані графіки залежності, які демонструють як змінюється точність положення пунктів від абсолютної вологості при різній тривалості спостережень. У результаті встановлено, що точність погіршується зі зростанням абсолютної вологості. Також з'ясовано, що взимку точність положення пунктів є дещо кращою ніж влітку.

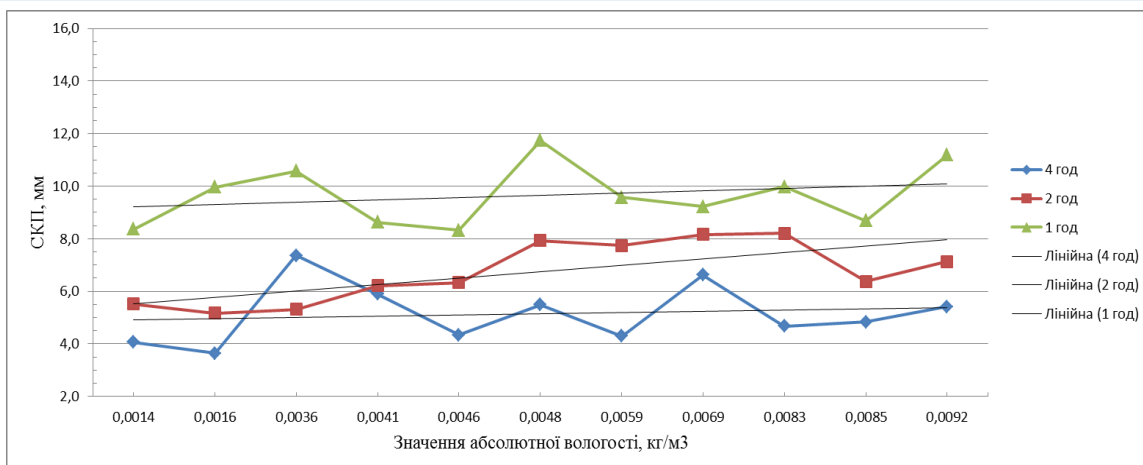


Рис.1- Графік залежності точності положення пунктів від абсолютної вологості для мережі м. Страсбург (літо)

Перелік посилань

1. Заблоцький Ф. Д. ГНСС-метеорологія. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 96 с.
2. Абсолютна вологість. [Вікіпедія, вільна енциклопедія]. Доступно за посиланням: <https://en.wikipedia.org/wiki/Humidity>
3. <http://www.eurometeo.com>
4. RESEAU GNSS PERMANENT: <http://rgp.ign.fr>
5. GNSS CALENDAR AND UTILITY <https://www.gnsscalendar.com/>