

УДК 528.061:522.92

А.Л. Островський, С.Г. Власенко, В.М. Колгунов
Національний університет "Львівська політехніка"

НАУКОВІ ЗДОБУТКИ ЕКСПЕДИЦІЙ КАФЕДРИ ГЕОДЕЗІЇ З ДОСЛІДЖЕННЯ ПИТАНЬ РЕФРАКЦІЇ У ПУСТЕЛЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЇ АЗІЇ (ДО 20-РІЧЧЯ ЕКСПЕДИЦІЙ)

© Островський А.Л., Власенко С.Г., Колгунов В.М., 2007

Описано результати, отримані науковими геодезичними експедиціями кафедри геодезії у Центральній Азії в 1986 – 1987 рр. Дослідженнями було встановлено закономірності дії вертикальної та бокової рефракції в умовах пустелі. Результатами доведено єдність теорій рефракції і турбулентності, запропоновано методи урахування рефракції.

Results derived by the geodetic chair scientific expeditions to the Central Asia in 1986–1987 are described. Researches had been established the laws of action of vertical and lateral refraction in desert conditions. Results prove unity of the refraction and turbulence theories, methods of the refraction account are offered also.

У 1986–1987 рр. кафедра геодезії Львівської політехніки провела дві масштабні наукові експедиції, що досліджували вплив атмосфери на геодезичні виміри в умовах Центральної Азії. Головне завдання експедицій – пошуки методів урахування рефракції без визначення градієнтів температури вздовж візирного променя.

В умовах Центральної Азії досліджень рефракції майже не було. Проте зміни метеопараметрів, особливо температури, у Центральній Азії значно більші, ніж в середніх широтах. Це приводить до більших значень градієнтів метеопараметрів і, відповідно, до більших спотворень атмосферою результатів геодезичних вимірювань.



Рис. 1. Вечір на пункті спостережень. Пустеля Кара-Кум, серпень 1986 р.

Експедиції кафедри очолив професор А.Л. Островський. В експедиціях взяли участь викладачі кафедри С.Г. Власенко та В.М. Колгунов, а також аспірант, викладач Самаркандського Державного архітектурно-будівельного інституту А.С. Суюнов [9].

Експедиція 1986 р. виконала значний обсяг геодезичних вимірювань на пунктах розташованої у Кашкадар'їнській області Узбекистану еталонної геодинамічної лінійно-кутової мережі, побудованої Самаркандським підприємством "Аерогеодезія". Ця територія – піщано-глиниста поверхня, частина

пустелі Кара-Кум [9]. У період спостережень стояла стійка антициклональна сонячна погода, прозорість атмосфери забезпечувала видимість 5–7 км. Температура повітря змінювалася від 15° вранці до 41° у середині дня [8]. Учасники експедиції двома бригадами виконували цілодобові одночасні спостереження зенітних віддалей, коливань зображень візирних цілей та метеорологічних параметрів. Розмах коливань зображень оцінювався за допомогою горизонтальних бісекторів сіток ниток теодолітів Theo 010B [8].

За результатами тригонометричного нівелювання та метеорологічних спостережень було визначено добовий хід кутів вертикальної рефракції на пунктах, добовий хід вертикальних температурних градієнтів та денний хід розмаху коливань зображень візирних цілей.

Після аналізу результатів було зроблено такі висновки [8].

1. В умовах Центральної Азії виміряні зенітні віддалі на лініях завдовжки 1–4 км з еквівалентними висотами 5–30 м спотворені значними за величиною кутами рефракції – від $-13''$ до $+44''$. Максимум додатної рефракції припадає на період, близький до сходу Сонця, максимум від'ємної – на середину денного періоду з найбільшою висотою Сонця.

2. Зі збільшенням висоти візирного променя над підстильною поверхнею кути вертикальної рефракції зменшуються за абсолютним значенням. Для двосторонніх спостережень на лініях з асиметричними профілями рефракційні спотворення завжди більші для напрямів з меншою еквівалентною висотою.

3. В умовах Центральної Азії для ліній з еквівалентними висотами до 20 м протягом восьми – десяти годин денного періоду кути рефракції від'ємні. У середніх широтах від'ємні кути рефракції спостерігаються тільки біля полудня, протягом двох – трьох годин і тільки для ліній з еквівалентними висотами до 10 м.

4. Нічні спостереження зенітних віддалей в умовах пустелі спотворені додатною рефракцією, викликаною нічною інверсійною будовою атмосфери. Денні спостереження спотворені від'ємною рефракцією, зумовленою сильною сонячною радіацією та нададіабатичними градієнтами температури.

5. В умовах Центральної Азії вдень абсолютні значення кутів рефракції та їхні зміни в часі у 2 – 3 рази менші, ніж вночі. Тому денний період є прийнятнішим для тригонометричного нівелювання, ніж нічний.

6. В умовах Центральної Азії, як і в інших регіонах, найвигіднішими періодами виконання тригонометричного нівелювання є порівняно короткі ранкові та вечірні інтервали часу, які збігаються з періодами спокійних зображень візирних цілей.



Рис. 2. Зустріч в пустелі. Серпень 1986 р.
На фото: А.Л. Островський, аксакал, В.М. Колгунов.

На основі спостережень експедицій аспірант А.С. Суюнов [5, 6] визначив для умов Центральної Азії точність різних методів урахування вертикальної рефракції. Він дослідив

- метеорологічний метод [7];
- метод взаємних одночасних спостережень зенітних віддалей з урахуванням еквівалентних висот [5];
- метод з обчисленням середньоінтегральних значень зенітних віддалей [3];
- метод рефракційного базису [4];
- метод урахування рефракції без обчислення коефіцієнтів або кутів рефракції [1].

Дослідженнями експедицій кафедри геодезії було доведено, що у Центральній Азії, як і в середніх широтах, рефракційні поля поділяються на два типи, а саме:

- рефракційні поля, які упродовж доби міняють напрями горизонтального градієнта показника заломлення на обернені;
- рефракційні поля, які протягом доби не міняють напрямів горизонтального градієнта показника заломлення.

Експедиція 1987 р. поставила експеримент з визначення та урахування бокової рефракції в полігонометрії [10]. Було прокладено полігонометричний хід навколо водосховища Кара – Тепо, розташованого у Самаркандській області Узбекистану. Водосховище збудоване для штучного зрошування сільськогосподарських угідь, його обмежує бетонна гребля завдовжки 500 м.

Цілодобово, протягом двох тижнів, вимірювали горизонтальні кути та метеорологічні параметри на 5 пунктах полігонометричного ходу. Градієнтні вимірювання температури виконували над суходолом берега і над водою.

Експедиція визначила [10], що існує істотна різниця добового ходу горизонтального градієнта температури на границях берег – вода і гребля – вода. Вздовж границі берег – вода значення горизонтального градієнта температури додатні в денний час і від’ємні в нічний, тобто тут утворюється рефракційне поле першого типу. Бетонна гребля діє як потужний тепловий акумулятор, вона не вистигає за ніч, значення горизонтальних градієнтів температури по напрямку гребля – вода додатні цілодобово. Тут утворюється стійке рефракційне поле другого типу. Це явище є дуже характерним для Центральної Азії з високими денними температурами.



Рис. 3. Схід сонця над греблею Каратепінського водосховища.
Узбекистан, серпень 1987 р.

Мінімальні значення кутових нев'язок для полігонометричної побудови навколо водосховища було отримано у періоди спокійних зображень, максимальні додатні нев'язки – вдень, максимальні від'ємні нев'язки – вночі. Причина значних нев'язок вдень і вночі – бокова рефракція; для її мінімізації вимірювання горизонтальних кутів необхідно виконувати рівною кількістю прийомів за додатних і від'ємних градієнтів температури або вимірювати у моменти ізотермії (нульових рефракцій) для рефракційних полів першого типу. Для рефракційних полів другого типу спостереження треба виконувати тільки при мінімальних градієнтах показника заломлення атмосфери. Під час опрацювання отриманих в експедиціях результатів досліджень бокової рефракції вперше було знайдено її складову, викликану градієнтами вологості. Величина цієї складової становить близько 20 % від бокової рефракції, зумовленої горизонтальними градієнтами температури [6].

Творчо використавши результати роботи експедицій кафедри у Центральній Азії, проф. А.Л. Островський показав єдність теорій рефракції і турбулентності, довів важливу теорему – у термічно турбулентній атмосфері максимальна амплітуда коливань зображень візорних цілей за 1 – 2 секунди дорівнює середній аномальній вертикальній рефракції за цей самий проміжок часу [2]. В результаті було запропоновано “флуктуаційний” метод урахування рефракції – виконувати спостереження візорних цілей, що коливаються, на миттєві верхні їхні положення, якщо зорова труба приладу з прямим зображенням. Другий варіант цього методу передбачає спостереження середнього положення цілі, що коливається, але водночас необхідно вимірювати розмах (подвійну амплітуду) коливань [2].

Отже, робота наукових експедицій кафедри геодезії значною мірою сприяла вирішенню проблеми урахування впливу атмосфери на результати геодезичних вимірювань в умовах Центральної Азії.

1. Островский А.Л., Власенко С.Г., Суюнов А.С. Опыт учёта вертикальной рефракции при тригонометрическом нивелировании в условиях Средней Азии без вычисления коэффициентов или углов рефракции // *Деп. в УкрНИИНТИ.* – № 1667-Ук88. – 6 с. 2. Островский А.Л., Мороз А.И. Теория и практика флуктуационного метода определения вертикальной рефракции // *Геодезия и аэрофотосъёмка. Известия вузов.* – М., 2000. – № 3. – С. 11 – 29. 3. Островский А.Л., Суюнов А.С., Власенко С.Г. Тригонометрическое нивелирование с вычислением среднеинтегральных значений зенитных расстояний // *Геодезия, картография и аэрофотосъёмка.* – Львов, 1996. – Вып.57. – С. 48 – 55. 4. Островский А.Л., Тлустяк Б.Т., Суюнов А.С. Об учёте вертикальной рефракции в условиях Средней Азии // *Геодезия и картография.* – 1987. – № 5. – С. 19 – 21. 5. Суюнов А.С. Закономерности действия и методы учёта рефракции при геодезических измерениях в условиях Средней Азии. – Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – Львов, 1988. – 19 с. 6. Суюнов А.С. Проблема учёта атмосферных влияний на геодезические измерения в условиях Центральной Азии. – Автореф. дис. на соиск. уч. степ. докт. техн. наук. – Киев, 1995. – 39 с. 7. Суюнов А.С. Эффективность метеорологического метода учёта вертикальной рефракции в условиях Средней Азии // *Деп. в УкрНИИНТИ.* – № 2247-Ук87. – 8 с. 8. Суюнов А.С., Власенко С.Г., Колгунов В.М. Закономерности действия вертикальной рефракции в условиях Средней Азии // *Геодезия, картография и аэрофотосъёмка.* – Львов, 1988. – Вып.47. – С. 61 – 66. 9. Суюнов А.С., Дрбал О.Й. Вперше – про рефракцію у пустелі // *Радянський студент. Газета Львівського політехнічного інституту.* – № 28 (1778). – 22.10.1986. – 4 с. 10. Suyunow A., Vlasenko S. Uwzględnienie bocznej refrakcji w poligonometrii w warunkach goracego klimatu // *Zeszyty naukowe Politechniki Rzeszowskiej / Budownictwo i Inżynieria Środowiska.* – z.15. – Rzeszow, 1995. – Nr. 119. – S. 44 – 47.