

3. Моніторинг водних ресурсів в державі, на думку автора, може бути забезпечений сучасними геодезичними методами з використанням картографічних матеріалів та ГІС-технологій.

1. *Водний кодекс України. №214/95 – ВР, 6 червня 1995, м.Київ.* 2. *Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області за 1999 рік. м. Чернігів, 2000 р.*

УДК 528.28

О.І. Мороз

Національний університет “Львівська політехніка”

ДО ПИТАННЯ ВРАХУВАННЯ ВПЛИВУ ВЕРТИКАЛЬНОЇ РЕФРАКЦІЇ У ТЕРМІЧНО ТУРБУЛЕНТНІЙ АТМОСФЕРІ

© Мороз О.І., 2001

Предложен метод определения аномальной вертикальной рефракции в термически-турбулентной атмосфере с использованием специального лазерного устройства.

In the technique for the determination of the anomalous vertical refraction in the thermally turbulent atmosphere by special laser device is proposed.

Одним із чинників підвищення точності геодезичних вимірів, що вимагає сучасна геодинаміка, є визначення та врахування вертикальної рефракції. Прийнято й доведено [1], що при досліджуванні та вимірюванні вертикальної рефракції доцільно поділяти її на нормальну та аномальну

$$\delta_{cp} = \delta_n - \delta_{ан.ср}, \quad (1)$$

або у термічно турбулентній атмосфері

$$\delta_{cp} = 0,198 \frac{P}{T^2} - 8,132 \frac{P}{T^2} L \gamma_{ан.е.ср}, \quad (2)$$

де $\delta_n = 0,198 \frac{P}{T^2}$ – нормальна складова; $\delta_{ан.ср} = 8,132 \frac{P}{T^2} L \gamma_{ан.е.ср}$ – аномальна складова вертикальної рефракції відповідно; P – тиск у гПа; T – абсолютна температура; L – віддаль від приладу до точки – довжина візирного променя; $\gamma_{ан.е.ср}$ – аномальний еквівалентний середній градієнт температури.

Для визначення та врахування нормальної вертикальної рефракції розроблені достатньо надійні методи [2]. Визначення та врахування аномальної вертикальної рефракції на даний час залишається проблематичним. У першу чергу це пов'язано із визначенням вертикального градієнта температури γ , зокрема $\gamma_{ан}$.

Турбулентність атмосфери можна розглядати як поривання її до байдужої стратифікації, коли вертикальні градієнти температури дорівнюють адіабатичним градієнтам γ_a , які називають нормальними γ_n . У метеорології поділяють вертикальні градієнти температури γ на нормальну γ_n та аномальну $\gamma_{ан}$ частини, тобто $\gamma = \gamma_n + \gamma_{ан}$.

У термічно турбулентній атмосфері хаотичне перемішування з прискоренням різних великих об'ємів та елементарних частинок повітря призводить до короткочасних просторових змін густини повітря, а, зрештою, до зміни його показника заломлення n . Внаслідок цього при вимірюваннях у зорових трубах спостерігаються флуктуації – коливання зображень цілей.

Доведено, що у термічно турбулентній атмосфері амплітуда коливань візирних цілей за короткий проміжок часу (декілька секунд) дорівнює середній аномальній рефракції за цей же проміжок часу [1,3]. При застосуванні для вимірів оптичних приладів величину аномальної рефракції визначають за зміною положення візирної цілі у бісекторі зорової труби. Знання аномальної рефракції з вимірів оптичними приладами дає можливість врахувати, але не усунути вплив її. При цьому розмах або амплітуда коливань окомірно порівнюється з шириною бісектора. Такий метод визначення аномальної рефракції, поперше, приблизний, а, по-друге, надзвичайно стомлює очі спостерігача. Хоча точність турбулентного метода регламентується саме точністю вимірювання коливань зображень. Вимірювання амплітуди коливань, тобто рефракції, можна автоматизувати, застосовуючи геодезичні лазерні прилади. За точністю геодезичні лазерні прилади не поступаються високоточним оптичним, а у сукупності з відповідними приймальними пристроями, переважають їх. Оскільки лазерний промінь є генерованим, з'являється можливість цілеспрямованого керування ним на відміну від світлового променя.

У геодезичних лазерних приладах використовують малопотужні, найчастіше газові, наприклад, He-Ne лазери. Генеровані ними лазерні промені розповсюджуються у термічно турбулентній атмосфері за тими ж законами, що й світлові. Коливання лазерної плями ідентичне коливанню візирної цілі. Якщо знати закон коливання лазерної плями або відстежити коливальний процес, можна вплинути на положення лазерного променя у просторі.

Пристрої, що служать для зміни напрямку або положення променя у просторі, у тому числі і лазерного, називають дефлекторами. Приклад найпростішого оптичного дефлектора – призма заломлення. Складність процесу руху променя в результаті аномальної вертикальної рефракції потребує розробки складних засобів керування променем. Це пов'язано з відстежуванням руху променя, перетворення та передачі інформації на пристрій, що керує променем.

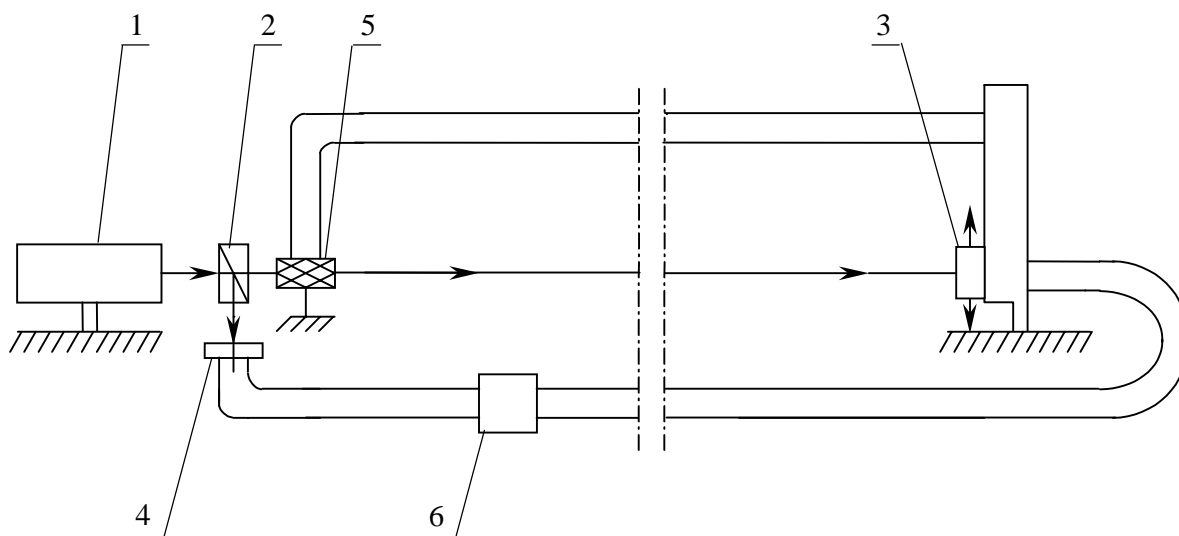


Рис.1. Принципова схема визначення вертикальної рефракції

На рис.1 наведена принципова схема визначення рефракції лазерного променя у термічно турбулентній атмосфері та усунення впливу її.

На виході променя з випромінювача 1 геодезичного лазерного приладу встановлено напівпрозорий світлоділительний елемент 2, наприклад, розрізну куб-призму. Частина лазерного випромінювання, що пройшла через світлоділительний елемент, спрямовується на відліковий давач 3, який відіграє роль візирної цілі. Частина відбитого випромінювання спрямовується світлоділительним елементом на опорний давач 4, який розташовано у безпосередній близькості від випромінювача, наприклад, він може бути в одному блоці із світлоділительним елементом. В усякому випадку, віддаль від давача 4 до лазерного променя, що вийшов з випромінювача, є такою короткою, щоб не позначався вплив рефракції.

Ідеально було б сумістити або встановити нулі відліків давачів 3 і 4, коли лазерний промінь розповсюджувався б від світлоділительного елемента до давача 3 прямолінійно. Тим не менше, нулі давачів 3 і 4 можна встановити у ті короткочасні проміжки часу, коли вертикальна рефракція відсутня $\delta_{cp} = 0$, тобто $\delta_n = \delta_{ан}$. У цей час середній аномальний градієнт температури $\gamma_{ан} = -0,0244 \text{ град/м}$. Або визначити величину нормальної вертикальної рефракції за наведеною вище залежністю δ_n , для чого необхідно знати, чи виміряти температуру T і тиск P .

Аномальну вертикальну рефракцію визначають згідно із відстежуванням руху сліду лазерного променя відліковим давачем 3. Система відстежування, що виконана, наприклад, на основі серводвигунів, рухає світлочутливий елемент давача услід за переміщенням енергетичної осі лазерного променя, фіксуючи амплітуду та частоту його переміщень. Ці параметри можна передати на систему управління дефлектора 5, який встановлено на виході променя з світлоділительного елемента 2. Згідно з інформацією про амплітуду та частоту коливань, дефлектор, працюючи у протифазі, вирівнює коливання променя. Промінь стає короткочасно нерухомим, незалежно від турбулентності атмосфери. Суміщення нулів давачів 3 і 4 фіксує блок порівняння 6.

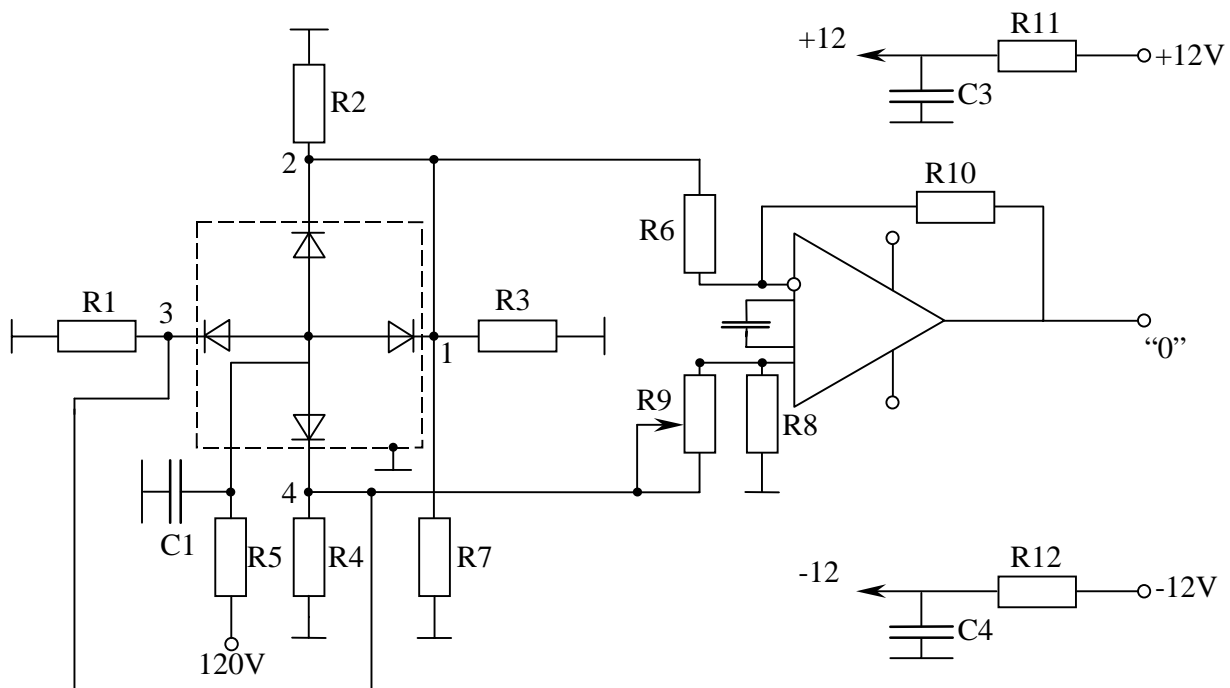


Рис.2. Електрична схема відстежування руху лазерного променя

Приклад конкретного схемного рішення з метою реалізації принципу усунення впливу вертикальної рефракції у турбулентній атмосфері наведено на рис. 2. Для відстежування руху енергетичного центра лазерної плями застосовано квадрантний масив фотодіодів, наприклад, ФДК-142. Оскільки необхідно відстежувати рух по вертикалі, квадранти I і II, а також III і IV були з'єднані між собою. Фотодіод під'єднано на вхід балансового або різницевого підсилювача, який дає можливість досягти повної симетрії відносно оптичних входів.

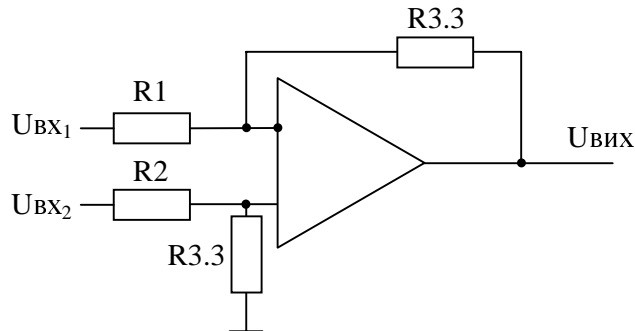


Рис.3. Принципова схема балансового підсилювача

Робота балансового підсилювача пояснена на схемі (рис. 3). Коли лазерний промінь нерухомий, його енергетична вісь розташовується на центральній лінії фотодіода, а обидві його півколові ділянки освітлюються з однаковою інтенсивністю. Електричні сигнали, що йдуть від кожної з ділянок, також однакові. Ці сигнали є вхідними для схеми балансового підсилювача. Якщо зміни вхідних електричних сигналів від фотодіода однакові $U_{BX1} = U_{BX2}$, тобто вони збігаються за фазою і однакові за амплітудою, вихідний сигнал $U_{ВИХ}$ прямує до нуля. Це спостерігається у тому випадку, коли енергетична вісь випромінювання збігається з центральною лінією фотодіода. Коли енергетична вісь внаслідок руху променя, що коливається, не збігається з центральною лінією, півколові ділянки фотодіода освітлюються з різною інтенсивністю $U_{BX1} \neq U_{BX2}$, а $U_{ВИХ}$ набуває різні значення за величиною. Величину сигналу $U_{ВИХ}$, як і параметри руху світлочутливого елемента давача, передають на систему управління дефлектора. У конкретному випадку застосування магнітоелектричного дефлектора величину сигналу $U_{ВИХ}$ подають на його основу. Залежно від $U_{ВИХ}$, тобто від коливань лазерної плями, магнітоелектричний привід змінює кут нахилу відбивача, який повертає промінь до положення, коли його енергетична вісь збігається з центральною лінією фотодіода, а $U_{ВИХ} \rightarrow 0$. Лазерний промінь стає короткочасно нерухомим, незалежно від турбулентності атмосфери. При необхідності аномальну вертикальну рефракцію визначають згідно з відслідковуванням руху сліду лазерного променя чутливим елементом відлікового давача 3. Вихід схеми додатково виведений на привід включення серводвигунів, які рухають світлочутливий елемент, згідно з частотою та амплітудою коливань променя. Максимальна амплітуда коливань за короткий проміжок часу дорівнює середній аномальній рефракції. Вертикальну рефракцію визначають із врахуванням її нормальної складової.

1. O. Moroz, A. Ostrovskij. *Generalized theory of refraction and turbulence // Proceedings of the EGS symposium G12 "Geodetic and geodynamic programs of the CEJ (Central European Initiative)" Nice, France, 24 – 29 April 2000. Reports on Geodesy. Warsaw university of technology. 2000. – № 6(52). – P. 217 – 226.* 2. *Учет атмосферных влияний на астрономо-геодезические измерения / А.Л. Островский, Б.М. Джуман, Ф.Д. Заблоцкий и др. – М.: Недра, 1990. – 235 с.* 3. Мороз О., Островський А. *Закономірності максимальних вертикальних коливань зображень візорних цілей в термічно турбулентній атмосфері і можливості їх практичного використання в геодинаміці // Геодинаміка. – 1999. – 1(2). – С.37 – 48.*