

13. ВИМІРЮВАЛЬНЕ ДЕШИФРУВАННЯ АЕРОФОТОЗНІМКІВ

Вимірювальні (фотограмметричні) методи дозволяють отримувати елементи залягання гірських порід, потужність шарів, визначати відносне перевищення пунктів, будувати геологічні розрізи. Їх також застосовують для отримання інформації в спеціальних інженерно-геологічних, геоекологічних дослідженнях. Зважаючи на це, майбутній спеціаліст повинен не тільки розумітися на цій темі, а і володіти певними навичками, тобто

Знати:

- ❖ можливості вимірювальних операцій на окремому знімку та стереопарі;
- ❖ термінологію, яка застосовується при виконанні фотограмметричних робіт;
- ❖ чому на АФЗ з'являються перевертання напрямку та довжини нахиленого відрізка;
- ❖ що означає масштаб знімка для певного початкового рівня, який вказується в паспорті АФЗ;
- ❖ які практичні результати у вирішенні конкретних геологічних завдань можуть бути отримані при застосуванні вимірювальних операцій на АФЗ;

Уміти:

- ❖ ідентифікувати АФЗ з топокартою та визначати масштаб знімку;
- ❖ вимірювати азимути відрізків і розраховувати похибку вимірювань;
- ❖ визначати перевищення між двома пунктами на АФЗ та обчислювати кут нахилу відрізка;
- ❖ вимірювати довжину відрізка і розраховувати похибку визначення довжини нахиленого відрізка на АФЗ.

При дешифруванні аерофотознімків залежно від поставлених завдань визначають деякі геометричні параметри АФЗ і геологічних об'єктів. Зокрема, вимірюють довжину, перевищення між точками, кутові величини. У спеціалізованих партіях і експедиціях існують прилади, які дозволяють проводити фотограмметричні операції. У звичайних польових геологозйомочних партіях необхідні параметри отримують напівінструментальними вимірами.

Для зручності роботи фотознімки вставляють у картонні планшетки відповідного формату (18x18, 23x23, 30x30 см). Під стереоскопом дешифрують частину, що перекриває правий знімок (для лівші – лівий). Графічні дані дешифрування викреслюють на аркуші кальки або спеціальній плівці, накладеній на правий знімок стереопари, використовуючи туш, м'які олівці, гелієві ручки.

На знімках зображення фіксують за допомогою центральної проєкції на відміну від ортогональної на топокарті. Промінь, перпендикулярний площині аерофотознімка, називається головним променем або оптичною віссю фотоапарата, а точка перетину головного променя з площиною аерофотознімка – головною точкою АФЗ. Відстань між центром проєкції і площиною негативу має назву фокусної відстані (f_k).

Ідентифікація АФЗ і місцевості, прив'язка до карти. Визначають головну точку знімка, проводять орієнтування АФЗ і встановлюють положення головної

точки знімка на топокарті. Головна точка – це перетин ліній, з'єднуючих координатні мітки знімка. За їх відсутності ця точка визначається за перетином діагоналей квадрата рамки (рис. 13.1). Положення головної точки показують на кальці, яка накладена на АФЗ, точкою в центрі квадрата зі стороною 3 мм. Крім квадрата з точкою, на карті проводять усі лінії і показують координатні мітки.

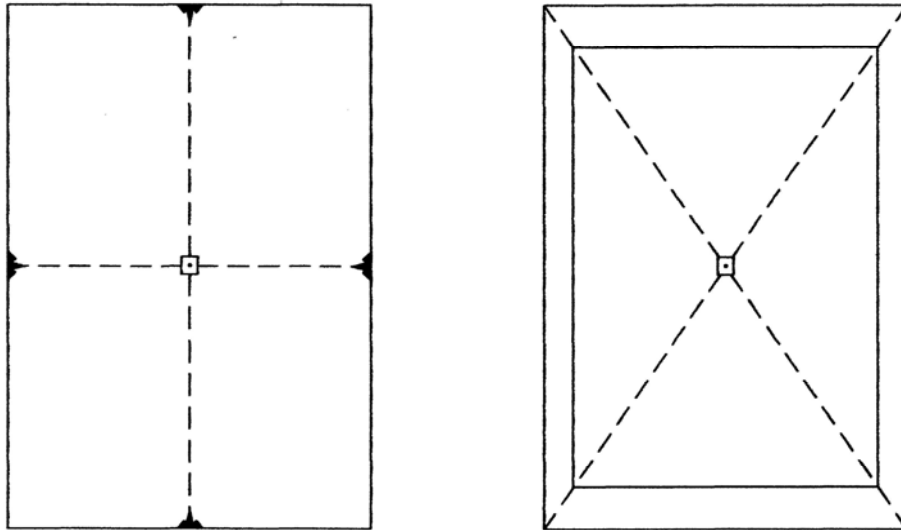


Рисунок 13.1. Способи знаходження головної точки АФЗ

Орієнтуванням АФЗ називається визначення лінії північ-південь (Пн-Пд) на знімку. Для цього на карті знаходять будь-які контурні точки (А і В) близькі за висотою, які можливо визначити точно на знімку (міст, перехрестя доріг, повороти дороги, гирло притоки, вигин річки, острів та ін.). Крізь вибрані точки на карті проводять пряму лінію. Виміряють кут між цією лінією і меридіаном (рамкою карти або лінією Пн-Пд на карті, рис. 13.2). На знімку цей кут відкладають від лінії, яка з'єднує точки А і В та проводять лінію Пн-Пд. Кут можна відкласти і без транспортира. Для цього необхідно сумістити кальку карти і АФЗ.

Прив'язка аерофотознімка до карти, тобто визначення положення головної точки АФЗ на карті може здійснюватися декількома способами.

Найбільш простий та швидкий – *прив'язка за контурами*. Спосіб застосовується, коли головна точка збігається з характерним контуром, який можна розпізнати на АФЗ і карті (рис. 13.3).

Прив'язка полярним способом проводиться за двома контурними точками. На знімку виміряють кут між лінією, що з'єднує контурні точки з радіусами, які проведені з головної точки до обох контурних точок. Ці кути за допомогою транспортира будують на карті з обох кінців прямої, яка проходить через ідентичні точки. Шукана точка буде знаходитись на перетині цих прямих (рис. 13.4).

Спосіб засічок з трьох контурних точок полягає в тому, що, маючи три ідентичні точки, на карті і АФЗ роблять засічки циркулем однаковими радіусами спочатку до головної точки на знімку, а потім на карті з урахуванням масштабу.

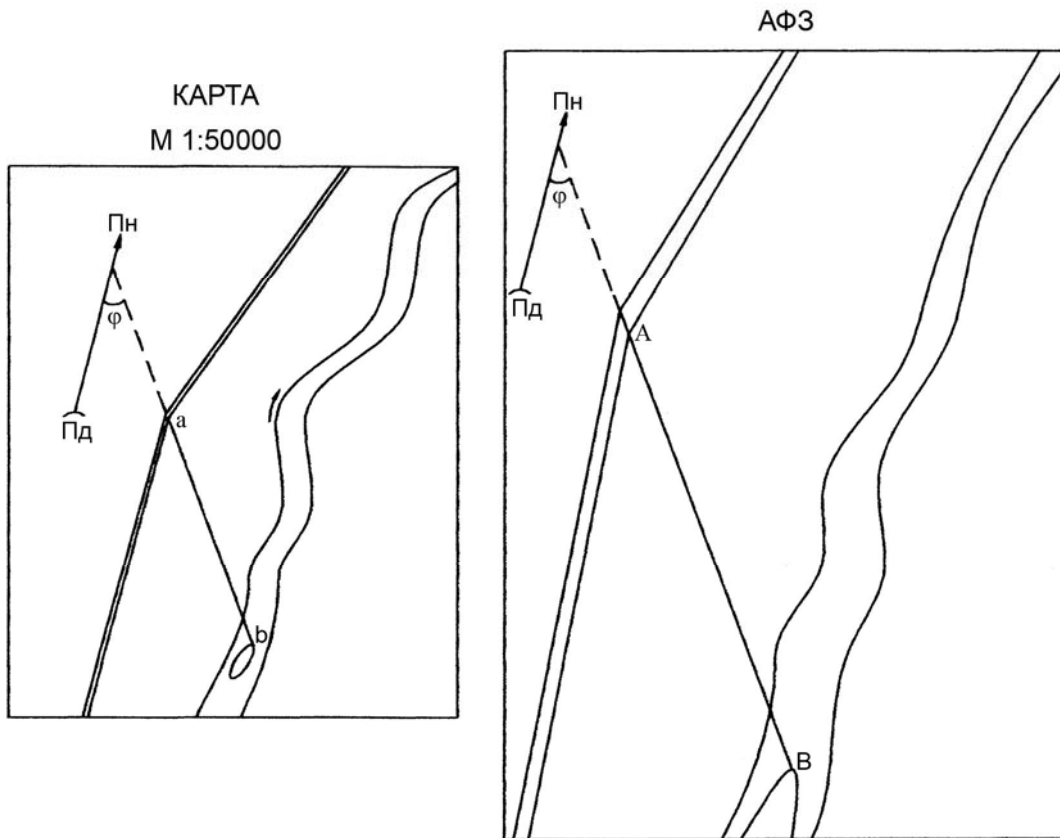


Рисунок 13.2. Визначення положення лінії північ-південь на аерофотознімку

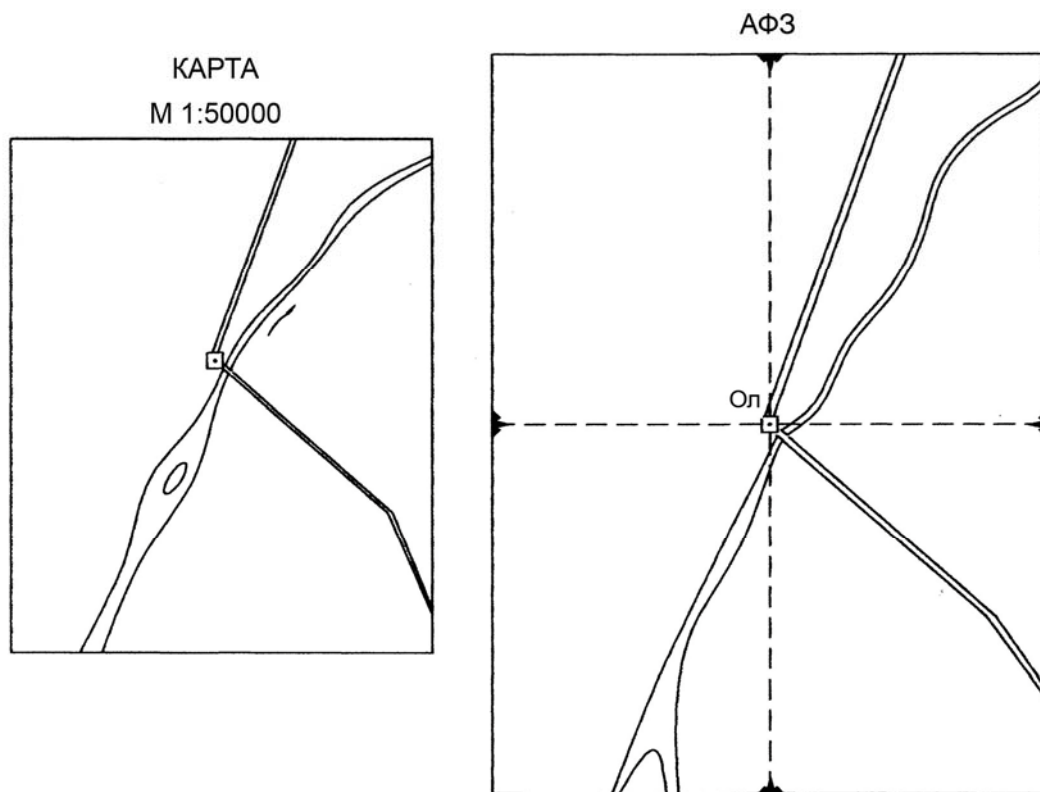


Рисунок 13.3. Визначення положення головної точки аерофотознімку на карті за контуром

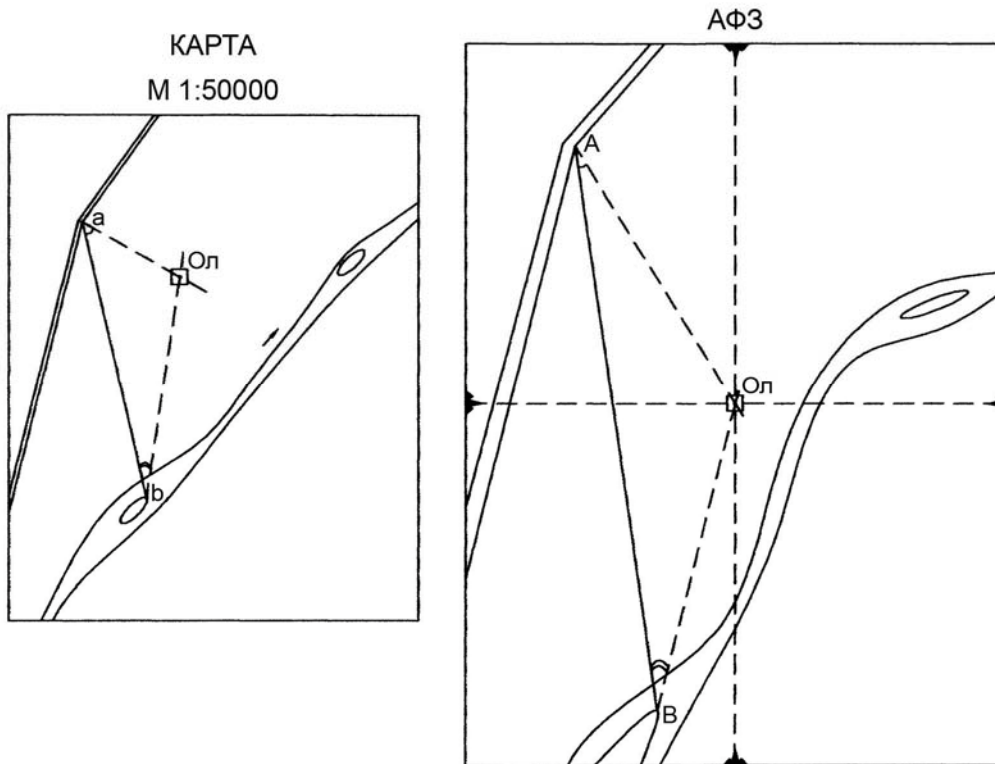


Рисунок 13.4. Нанесення головної точки на топокарту полярним способом

Найбільш точним вважається *спосіб зворотної засічки з чотирьох контурних точок*. На кальку знімка переносять головну точку і чотири контурні. Проводять промені з головної точки до кожної з чотирьох, потім ці промені суміщають з відповідними контурними точками карти.

Визначення середнього масштабу знімку. Масштаб горизонтального аерофотознімка плоскої рівнинної місцевості при прямовісному положенні оптичної осі визначається відношенням фокусної відстані камери (f_k) до висоти фотографування (H) за формулою

$$1/M_{зн} = f_k/H,$$

де $M_{зн}$ – знаменник масштабу АФЗ.

Коли відомі паспортні дані (f_k , H), середній масштаб АФЗ визначається за топокартою, використовуючи формули

$$AB_{зн}/ab_k = M_k/M_{зн};$$

$$M_{зн} = (ab_k M_k)/AB_{зн}.$$

Тут ab_k – відстань між точками a і b на карті, мм; M_k – знаменник масштабу карти; $AB_{зн}$ – відстань між ідентичними контурними точками на АФЗ.

При визначенні середнього масштабу АФЗ слід вибирати контурні точки з максимальними перевищеннями, а пряма, яка з'єднує ці точки, повинна проходити по діагоналі АФЗ крізь центр або не далі як 1 см від нього.

Маючи масштаб АФЗ і фокусну відстань фотокамери (f_k), можна обчислити висоту фотографування H . Формулу її розрахунку нескладно одержати зі схеми, яка ілюструє співвідношення відшукуваного параметра з іншими даними (рис. 13.5)

$$f_k/H = AB_{3H}/ab,$$

де ab – відстань між точками a і b на місцевості;

$$AB_{3H}/ab = 1/M_{3H}.$$

Таким чином,

$$\begin{aligned} f_k/H &= 1/M_{3H}, \\ H &= f_k M_{3H} \cdot 10^{-3}. \end{aligned}$$

Множення на 10^{-3} дозволяє отримати результат у метрах.

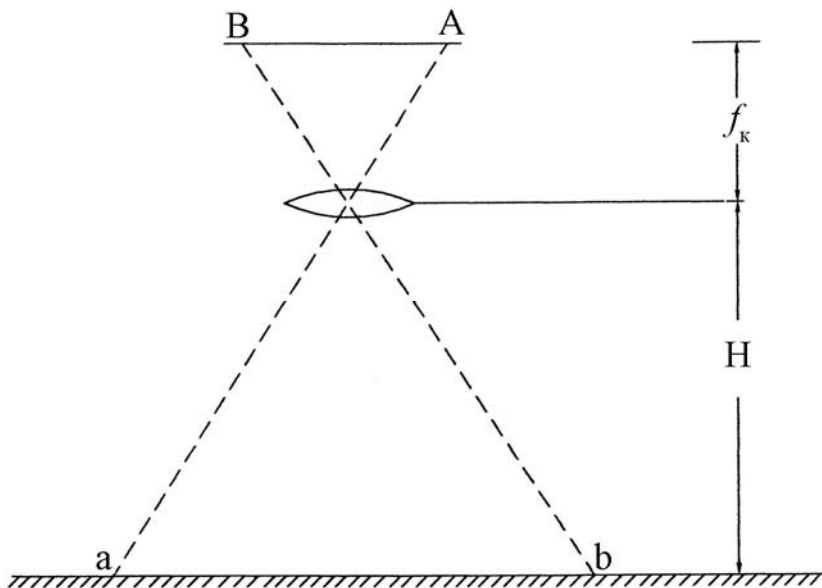


Рисунок 13.5. Схема визначення висоти фотографування

Визначення відносного перевищення між двома точками. Визначення перевищень починають з виміру повздовжніх паралаксів. *Повздовжній паралакс* – це алгебраїчна різниця абсцис однойменних точок на лівому та правому знімках. Він у будь-якій точці АФЗ залежить від її висоти над рівнем моря, взаємних кутів нахилу і різниці висот фотографування знімків, що створюють стереопару.

Початком координат на кожному АФЗ приймають його головну точку, початковим напрямом – лінію, яка поєднує головні точки двох знімків, що створюють стереопару. Практично для визначення початкового напрямку необхідно мати дві кальки (з лівого та правого АФЗ) з нанесеними головними точками і двома контурними точками. Суміщуючи контурні точки двох кальок, слід перенести (наколоти голкою) головну точку правого АФЗ $O_{\text{п}}$ на лівий знімок, а головну точку лівого знімка $O_{\text{л}}$ – на правий. Точки $O_{\text{п}}$ і $O_{\text{л}}$ з'єднати прямими лініями. Ці лінії (ось X) є лініями початкових напрямів (рис. 13.6).

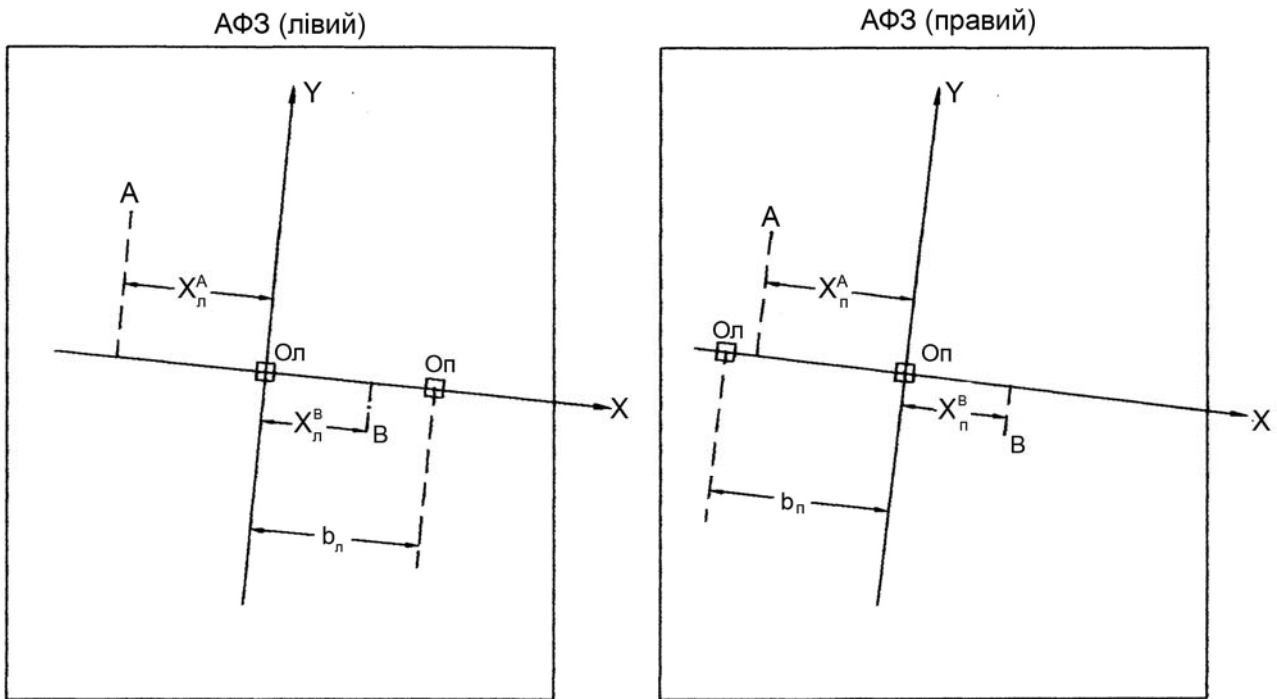


Рисунок 13.6. Схеми визначення повздовжніх паралаксів

Крізь головну точку кожного знімка проводять вісь Y, яка перпендикулярна вісі X. Таким чином, на кожному АФЗ вводиться своя ортогональна система координат. У кожній із систем необхідно визначити абсциси точок A і B (рис. 13.6) та повздовжні паралакси кожної точки як алгебраїчну різницю абсцис:

$$PA = X_{A_{\text{л}}} - X_{A_{\text{п}}},$$

$$PB = X_{B_{\text{л}}} - X_{B_{\text{п}}}.$$

Розраховують різницю повздовжніх паралаксів:

$$\Delta P = PA - PB.$$

Перевищення між двома точками визначається за формулою

$$h = (H\Delta P)/(b + \Delta P),$$

де H – висота фотографування, м; ΔP – різниця повздовжніх паралаксів точок, що визначаються, мм; b – базис фотографування (відстань між головними точками знімків), що приймається як середнє значення виміряного базису на лівому та правому знімках ($b = (b_{\text{л}} + b_{\text{п}})/2$), мм.

Для рівнинної місцевості, коли перевищення незначне і різниця паралаксів невелика, застосовується формула

$$h = K\Delta P,$$

де $K = H/b$.

У розрахункових формулах вимірювані абсциси і базиси фотографування повинні бути одержані з точністю до десятої частки мм. Досягається це за допомогою палетки – паралаксометра, яка виконана на прозорій плівці. Вимірюючи величину на АФЗ, слід класти палетку так, щоб її горизонтальні лінії були паралельні початковому напрямку знімка. Переміщуючи палетку і зберігаючи паралельність горизонтальних ліній початкового напрямку, домагаються такого положення, коли ліва вертикальна лінія сітки палетки буде проходити крізь головну точку АФЗ, а будь-яка коса лінія поперечного масштабу – крізь точку на осі X . Потім вимірюють відстань, при цьому десятки мм відраховують на горизонтальній лінії палетки, а міліметри та їх десяті частки – по вертикальній шкалі поперечного масштабу. Точність відрахувань до 0,1 мм. Точність вимірювання перевищення за допомогою палетки дорівнює приблизно 1/700 висоти фотографування.

Вимірювання напрямку і довжини нахилоного відрізка на АФЗ. На аерофотознімках зображення нахилених об'єктів місцевості (їх форма і розміри) зазнає перекручування. Перекручування напрямку нахилоного відрізка, тобто кут $\Delta\alpha$ між його істинним азимутом і азимутом його зображення на АФЗ, визначається формулою

$$\Delta\alpha = r\alpha/f_k \text{ (при } \alpha \leq 30^\circ\text{),}$$

де r – відстань від головної точки знімка до прямої, на якій розташовано відрізок (тобто довжина перпендикуляра, опущеного з центру знімка на відрізок або на його продовження); α – кут нахилу відрізка на місцевості (його можна визначити, якщо відомо перевищення крайових точок та відстань між ними на АФЗ: $\text{tg } \alpha = h/L$, додаток 9).

Найчастіше перевертається на знімку напрям відрізків, які проходять перпендикулярно радіусу-вектору, а напрям відрізків, які проходять вздовж радіуса-вектора, не перевертається зовсім. Довжина максимально перевертається у нахилених відрізках, орієнтованих уздовж радіуса-вектора. В цьому випадку величина перевертання (ΔL), тобто різниця між горизонтальним накресленням відрізка і довжиною проєкції відрізка, визначається формулою

$$\Delta L = 0,017\alpha L_0(r/f_k),$$

де $0,017$ – радіанна міра кута в 1° ; α – кут нахилу відрізка в градусах; L_0 – горизонтальне положення відрізка в масштабі аерофотозйомки.

Довжина відрізка, орієнтованого перпендикулярно радіусу-вектору, практично не перевертається. Величина перевертання напряду і довжини може сягати великих значень, особливо на краях АФЗ. Наприклад, при $r = f_k = 70$ мм зображення відрізка, який має нахил 30° , повернуто на аерофотознімку на кут $\Delta\alpha$, що дорівнює 35° . Коли такий відрізок нахилений до центру знімка, то довжина його зростає на 60%, коли від центру, то він зображується скороченим більш ніж удвічі [11].

Завдання для набуття практичних навичок дешифрування

Маючи стереопару АФЗ та топокарту місцевості, слід виконати таке:

- визначити головні точки правого та лівого АФЗ (див. рис. 13.1);
- знайти два пункти (бажано їх розміщення в центрі АФЗ) на лівому і правому знімках, а також відповідні (ідентичні) пункти на топографічній карті з відомим масштабом;
- визначити положення ліній Пн-Пд на АФЗ (приклад на рис. 13.2);
- нанести головну точку одного з АФЗ на топокарту (приклад на рис. 13.4);
- визначити масштаб АФЗ для рівня місцевості, де розташовані пункти А і В при фокусній відстані $f_k = 100$ мм;
- розрахувати висоту фотографування (приклад на рис. 13.5);
- визначити перевищення між точками А і В, попередньо виконавши розрахунки повздовжніх паралаксів (рис. 13.6);
- виміряти напряду і довжину нахилоного відрізка на АФЗ, попередньо визначивши кут його нахилу, та розрахувати похибки вимірювань.

Питання для самоконтролю

1. Як визначається центр або головна точка АФЗ при наявності координатних міток та за їх відсутності (вказіть на схематичному рисунку)?
2. Яким чином може бути визначена висота фотографування при наявності масштабу АФЗ?
3. Що означає негативна різниця повздовжніх паралаксів?
4. Коли спостерігається максимальне перевертання напряду похилоного відрізка на АФЗ?
5. Як залежить величина перевертання нахилоного відрізка на АФЗ від його розташування?