

**Міністерство освіти і науки України
Чернігівський національний технологічний університет
Навчально-науковий інститут технологій
Кафедра геодезії, картографії та землеустрою**

ФОТОГРАММЕТРІЯ ТА ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ

Методичні вказівки

до виконання курсової роботи
для бакалаврів спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

Чернігів 2017

УДК 528.7
ББК 26.12
Ф 81

*Затверджено до друку науково-методичною комісією ННІБ
Чернігівського національного технологічного університету
від 16 листопада 2017р. протокол №2*

Укладач: Крячок С. Д. к.т.н., доцент кафедри геодезії,
картографії та землеустрою.
Рецензент: Терещук О. І., к.т.н., доцент.
**Відповідальний
за випуск:** Корнієнко І. В., к.т.н., завідувач кафедри
геодезії, картографії та землеустрою

Ф 81 Фотограмметрія та дистанційне зондування : методичні вказівки до виконання курсової роботи для бакалаврів спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» / уклад. С. Д. Крячок. – Чернігів : ННІТ ЧНТУ, 2017. - 52 с.

УДК 528.7

ББК 26.12

© Крячок С. Д., 2017

© Чернігівський національний технологічний університет, 2017

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	5
2. ТОПОГРАФІЧНІ КАРТИ МАСШТАБУ 1:5000.....	6
2.1. ТЕХНІЧНІ ВИМОГО ДО КАРТИ МАСШТАБУ 1:5000	6
2.2. ЗМІСТ ТОПОГОАФІЧНОЇ КАРТИ МАСШТАБУ 1:5000.....	8
2.3. ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА СТВОРЕННЯ ТОПОГРАФІЧНОЇ КАРТИ.....	10
3. АЕРОЗНІМАЛЬНІ РОБОТИ ДЛЯ СТВОРЕННЯ КАРТИ МАСШТАБУ 1:5000.....	12
3.1. ТЕХНІЧНІ ВИМИГИ ДО АЕРОЗНІМАННЯ	12
3.2. АЕРОФОТОЗНІМАЛЬНІ РОЗРАХУНКИ.....	15
3.3. АЕРОФОТОЗНІМАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ.....	16
4. ПЛАНОВО-ВИСОТНА ПРИВ'ЯЗКА АЕРОЗНІМКІВ.....	21
4.1. СКЛАДАННЯ ПРОЕКТУ	21
4.2. СПОСОБИ ПРИВ'ЯЗКИ.....	23
4.3. РОЗРАХУНОК ПЛАНОВИХ ТА ВИСОТНИХ РОЗПІЗНАВАЛЬНИХ ЗНАКІВ.....	24
5. ТОПОГОАФІЧНЕ ДЕШИФРУВАННЯ АЕРОЗНІМКІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ КАРТ МАСШТАБУ 1:5000	25
6. ФОТОГРАММЕТРИЧНЕ ЗГУЩЕННЯ ОПОРНОЇ МЕРЕЖІ.....	28
6.1. ФОТОГРАММЕТРИЧНІ МЕТОДИ ЗГУЩЕННЯ.....	29
6.2. РОЗРАХУНОК ПОХИБОК В СЕРЕДИНІ МЕРЕЖІ.....	31
6.3. ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА АНАЛІТИЧНОЇ ПРОСТОРОВОЇ ФОТОТРИАНГУЛЯЦІЇ	32
7. ТРАНСФОРМУВАННЯ АЕРОЗНІМКІВ.....	33

8. МОНТАЖ ФОТОПЛАНУ	34
9. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА БУДОВА СТЕРЕОГРАФА СД-3	36
10. ОБРОБКА ЗНІМКІВ НА СТЕРЕОГРАФІ	39
10.1. ПІДГОТОВЧІ РОБОТИ.....	39
10.2. ВЗАЕМНЕ ОРІЄНТУВАННЯ ЗНІМКІВ	42
10.3. ЗОВНІШНЕ ОРІЄНТУВАННЯ ЗНІМКІВ	43
10.4. ЗНІМАННЯ РЕЛЬЄФУ ТА КОНТУРІВ	45
11. ВИКРЕСЛЮВАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ КАРТИ.....	46
12. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ	48
13. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	49

Вступ

Курсова робота спрямована на оволодіння студентами спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» методикою створення плану ділянки масштабу 1:5000 фотограмметричними методами.

1. ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Курсова робота виконується з метою закріплення теоретичного матеріалу стосовно основних технологічних процесів зі створення топографічних карт і планів методами фотограмметрії.

Для цього необхідно:

- розкрити і описати основні технологічні процеси і точність виконаних робіт;
- провести розрахунки, які стосуються технологічних процесів для створення карти масштабу 1: 5000 ;
- провести відповідні розрахунки встановлених величин для універсальних приладів;
- виконати масштабування і горизонтування стереофотограмметричної моделі;
- викреслити і оформити відповідну ділянку карти.

Оформлення звіту виконується на аркушах формату А4 у друкованому або письмовому варіантах (розбірливо). Креслення виконуються чітко (можна олівцем).

Після виконання курсової роботи призначається її захист, термін якого завчасно повідомляється студентам. Неявка студента на захист курсової роботи в установлений термін з неповажної причини розглядається як не здача роботи і відмічається в заліково-екзаменаційній відомості, яка передається до деканату факультету.

За розрахунково-графічну роботу виставляється диференційована оцінка, яка враховує:

- якість оформлення графічного матеріалу і розрахункової частини;
- повноту і правильність відповідей студента на поставлені викладачем запитання;
- своєчасність виконання етапів роботи та її захисту.

Контрольні питання містяться в кінці методичних вказівок.

2. ТОПОГРАФІЧНІ КАРТИ МАСШТАБУ 1:5000

2.1. ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО КАРТИ МАСШТАБУ 1:5000 ТА ЇЇ ЗМІСТ

Топографічні плани масштабу 1:5000 призначаються:

- для розробки генеральних планів і проектів розміщення побудови першої черги крупних, великих і середніх міст; для складання проектів планування промислових районів з території, що перевищує 1000 га; для складання проектів найбільш складних транспортних розв'язок при розробці генерального плану найбільшого міста; для складання схем розміщення житлових і промислових районів, що проектуються, в системі великого, середнього і малого міста; для складання проектів найбільш складних вузлів при вирішенні планування приміської зони;

- для складання технічних проектів промислових гірничо-видобувних підприємств;

- для складання узагальнених генеральних планів морських портів і судноремонтних заводів;

- для попередньої розвідки III групи родовищ;

- для детальної розвідки металевих і неметалевих (вугілля і горючі сланці) корисних копалин по I і II групі родовищ;

- для детальної розвідки неметалевих корисних копалин по III групі родовищ;

- для складання генеральних маркшейдерських планів розробника нафтогазових родовищ, проектування облаштування родовищ і рішення гірничотехнічних завдань і питань по земельних і гірських відводах;

- для земельного кадастру та землеустрою колгоспів і радгоспів з інтенсивним веденням господарства в районах зі складними умовами місцевості і малими розмірами сільськогосподарських угідь;

- для складання технічних проектів: зрошення при поверхневому поливі всього меліоративного масиву (ділянки площею менше 15 км²); зрошення при поливі дощуванням всього меліорованого масиву (ділянки площею менше 15 км²) і типових ділянок (меліорований масив площею 15 км² і більше); регульованих водоприймачів у всіх природних умовах; водосховищ з площею дзеркала води від 0,5 до 3,0 км²; типових ділянок осушення відкритими каналами в закритій місцевості, заболоченій ґрунтовими водами, з мікрорельєфом, місцевості середньо-і важкодоступній (складні природні умови);

- для складання робочих креслень масиву осушенні відкритими каналами в складних природних умовах: майданчиків будматеріалів (плани використовуються і для робочих креслень); мостових переходів; кар'єрів будівельних матеріалів

- для камерального трасування автомобільних доріг в умовах складного рельєфу місцевості, на підходах до великих населених пунктів і в інших місцях зі складною ситуацією;

- для проектування трас повітряних ліній електропередачі в місцях перетину і зближення зі спорудами, для проектування і будівництва гідровузлів на малих рівнинних і гірських річках;

- для визначення на місцевості проектного контуру водосховища на забудованій території, на місцевості, зайнятої насадженнями (садами, ягідниками, виноградниками і т. д.);

- для проектування залізниць і автомобільних доріг на стадії технічного проекту (вибір напрямку в гірських районах і по прийнятому напрямку в рівнинних і горбистих районах);

- для проектування і будівництва магістральних каналів (суднохідних, водопровідних, енергетичних) смуги місцевості шириною 1-2 км на стадії технічного проекту в рівнинно-пересіченій і в горбистій або густонаселеній місцевості.

Топографічні плани масштабу 1: 5000, що є результатами топографічних зйомок, слугують основою для складання топографічних і спеціалізованих планів і карт більш дрібних масштабів.

2.2. ЗМІСТ ТОПОГРАФІЧНОЇ КАРТИ МАСШТАБУ 1:5000

Достовірно і з необхідним ступенем точності і подробиці зображують на топографічних картах масштабу 1: 5000:

- пункти тріангуляції, полігонометрії, трилатерації, ґрунтові репери і пункти знімального обґрунтування, закріплені на місцевості (наносяться за координатами). На планах масштабу 1: 5000 можуть не показуватися пункти геодезичних мереж згущення в стінах будівель, а також стінні репери і марки;

- будівлі та споруди житлові і нежитлові із зазначенням їх призначень, матеріалу (для вогнестійких) і поверховості. Споруди, виражені в масштабі плану, зображують по контурах і габаритах їх цоколів. Архітектурні виступи і уступи будівель і споруд відображаються, якщо величина їх на плані 0,5 мм і більше; промислові об'єкти - комплекси будівель і споруд заводів, фабрик, електростанцій, шахт, кар'єрів, торфорозробок і т.д; бурові та експлуатаційні свердловини, нафтові та газові вишки, цистерни, наземні трубопроводи, лінії електропередач високої і низької напруги, колодязі і мережі підземних комунікацій; об'єкти комунального господарства. З підземних трубопроводів обов'язковому зображенню на планах масштабу 1: 5000 (крім забудованої

території) підлягають тільки нафто-, газо-, і водопроводи, положення яких на плані наноситься за координатами прокладок, за показниками приладів пошуку підземних комунікацій або безпосереднім зображенням, коли їх місце розташування добре читається на місцевості;

- залізні, шосейні і ґрунтові дороги всіх видів і споруди при них - мости, тунелі переїзди, переправи і т.д.;

- гідрографія - річки, озера, водосховища, площі розливів і т.д. Берегові лінії наноситься за фактичним станом на момент зйомки або на межень;

- об'єкти гідротехнічного та водного транспорту - канали, канави, водоводи водорозподільні пристрої, пристані, причали, моли, шлюзи, маяки, навігаційні знаки та ін.,

- об'єкти водопостачання - колодязі, колонки, резервуари, природні джерела та ін.;

- рельєф місцевості з застосуванням горизонталей, позначками висот і умовних знаків обривів ярів, зсувів, скель, лійок, осипів, і ін. Форми мікрорельєфу зображуються напівгоризонталями або допоміжними горизонталями з відмітками висот місцевості;

- рослинність деревна, чагарникова, трав'яна, культурна рослинність (ліси, сади, плантації, луки і ін.), окремі дерева і кущі;

- ґрунти і мікроформи земної поверхні: піски, галькові, такири, глинисті, щебеневі, монолітні, полігональні та інші поверхні, болота і солончаки;

- кордони політично-адміністративні, землекористування і заповідників, різні огорожі. Кордони районів і міських земель наносяться за координатами наявних поворотних пунктів кордонів або за наявними відомчими картографічними матеріалами.

На топографічних планах вміщаються власні назви населених пунктів, вулиць, пристаней, лісів, пісків, солончаків, вершин, перевалів, долин, балок та інших географічних об'єктів.

При створенні спеціалізованих топографічних планів допускається відображення на плані не всієї ситуації місцевості, застосування нестандартних перетинів рельєфу, злиття або навпаки, підвищення вимог і точності зображення контурів або рельєфу місцевості.

Висота рельєфу на топографічних планах масштабу 1:5000 встановлюється для рельєфу:

- для рівнинного, з кутами нахилу до 2° - 1 м;
- для горбистого, з кутами нахилу до 4° - 2 м;
- для пересіченого, з кутами нахилу до 6° - 2 м;
- для гірського, з кутами нахилу більше 6° - 5 м.

Середні похибки в положенні на плані предметів та контурів місцевості, з чіткими обрисами відносно ближніх точок знімальної основи не повинні перевищувати 0,5 мм, а в гірських і заселених районах - 0,7 мм. На території з капітальною та багатоповерховою забудовою граничні похибки у взаємному положенні на плані точок ближнього контуру не повинні перевищувати 0,4 мм.

При створенні топографічних планів допускається менша графічна точність плану. Зокрема плани масштабу 1:5000 можуть бути створені з точністю масштабу 1: 10000. У таких випадках за східною рамкою вказується методика створення і точність зйомки.

2.3. ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА СТВОРЕННЯ ТОПОГРАФІЧНОЇ КАРТИ

Розрізняють два методи створення карт фотограмметричним методом: комбінований і стереотопографічний.

Комбінований метод передбачає отримання в камеральних умовах тільки контурної частини плану на основі виготовлення фотопланів. Зйомка рельєфу виконується в полі звичайними методами: мензульним, тахеометричним, або нівелюванням площі.

Одночасно зі зйомкою проводиться дешифрування контурів і дозйомка об'єктів, що не відображаються на фото плані.

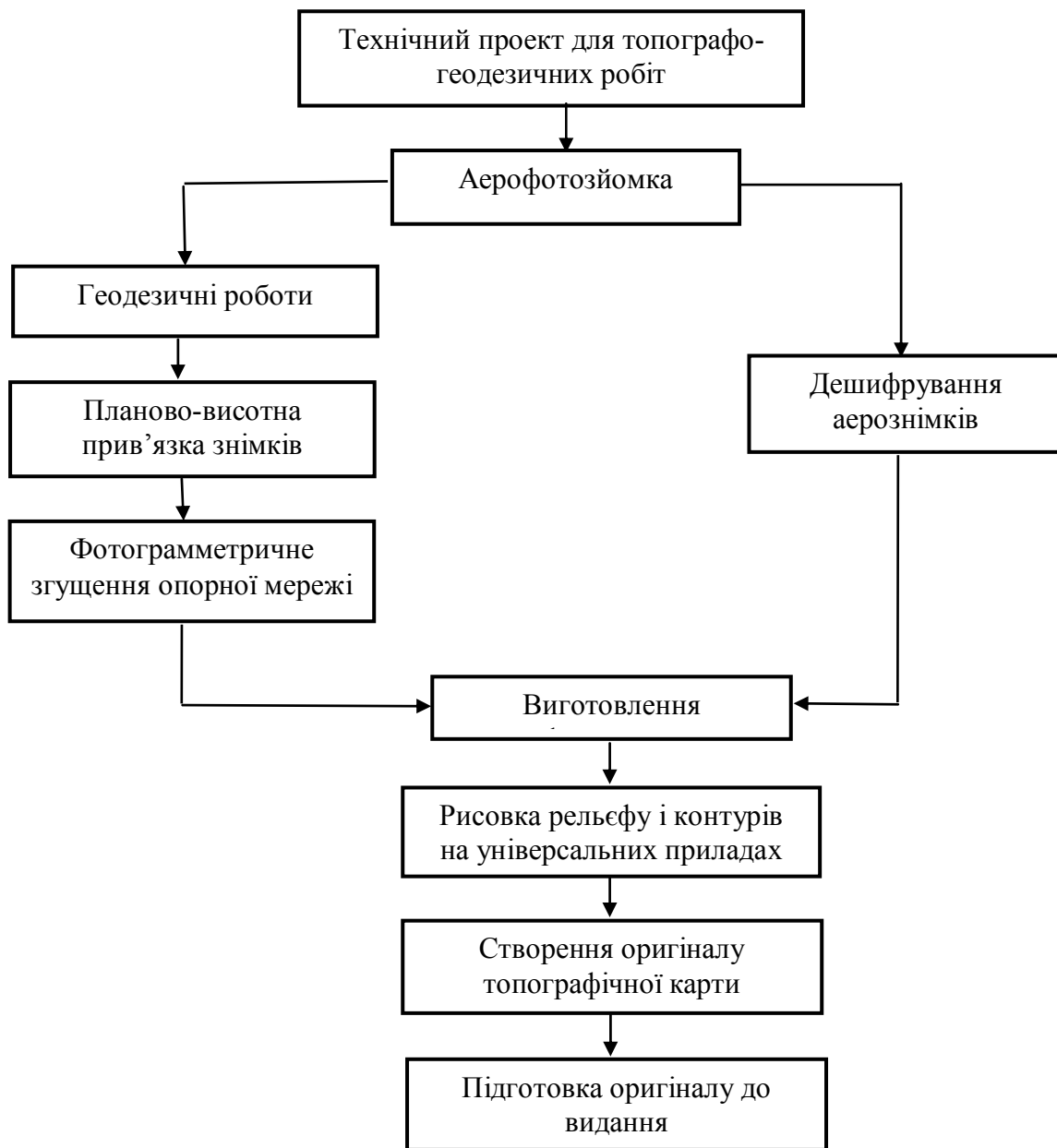


Рис. 1. Технологічна схема створення карти фотограмметричним методом

Стереотопографічний метод дозволяє отримувати по фотознімках контурну частину плану і рельєфу місцевості. План складається в камеральних умовах на універсальних стереофотограмметричних приладах. Дешифрування контурів проводиться камерально і в польових умовах по аерофотознімках або

фотосхемах. Цей метод дозволяє суттєво зменшити обсяг польових топографо-геодезичних робіт, обмежуючи їх завдання визначення геодезичних координат опорних точок і дешифрування.

Порівнявши стереотопографічний і комбінований методи створення карт зауважимо, що при аерофотографічному методі обсяг польових робіт зведений до мінімуму, що веде до економії коштів. До того ж зйомка рельєфу і дешифрування при комбінованому методі проводиться в польових умовах, а через погані погодні умови ці роботи можуть бути тимчасово припинені, що небажано. Виходить, що при створенні карт доцільно використовувати стереографічний метод.

3. АЕРОЗНІМАЛЬНІ РОБОТИ ДЛЯ СТВОРЕННЯ КАРТИ МАСШТАБУ 1:5000

3.1. ТЕХНІЧНІ ВИМИГИ ДО АЕРОЗНІМАННЯ

Об'єктом аерофотозйомки є ділянки земної поверхні з чітко визначеними межами, заданими замовником відповідно договору.

Для топографічної аерофотозйомки у нашій країні використовуються літаки Ан-30, Іл-14ФК, Ан-2, а також вертольоти К-26. Для зйомок в великих і середніх масштабах використовують Іл-14ФК. Його висота польоту - 6000 м, крейсерська швидкість - 300 км/год. Ан-2 - для зйомок у великих масштабах. Висота польоту - 5000 м, крейсерська швидкість 180 км/год. Вертольоти К-26 використовують для аерофотозйомки в великих масштабах окремих ділянок місцевості. Висота польоту - 3000м, середня крейсерська швидкість - 140 км/год.

При аерофотозйомці повинна бути забезпечена загальна стійкість літака, кути нахилу не повинні перевищувати 3°, а при наявності стабілізуючого пристрою - 1°.

Коливання висоти польоту над середньою площиною ділянки місцевості не повинні перевищувати 3% від розрахованої висоти для рівнинних ділянок і 5% для гірської місцевості.

Непаралельності базису фотографування сторони знімка не повинна перевищувати 5° .

Аерофотозйомка проводиться по віддалених знімальним ділянкам, що складаються з одного або декількох найменших знімальних ділянок. Найменші знімальні ділянки можуть об'єднатися, якщо різкість відміток висот середніх, площин сусідніх ділянок зйомки не більше $0,2 H$ – для гірської, не більше $0,1 H$ – для рівнинної (H – висота польоту над середньою площиною знімальної ділянки).

Аерофотознімальні маршрути повинні бути паралельними між собою в межах допуску по мінімальному і максимальному поперечному перекриттю аерофотознімків сусідніх маршрутів.

Непрямолінійність аерофотознімальних маршрутів, визначається як відношення стрілки прогину до довжини маршруту, повинна бути не більше 2% при аерофотозйомці з висоти 750м і більше при аерофотозйомці в масштабі дрібніше 1:5000. При висоті польоту менше 750 м і в масштабах фотографування 1:5000 і крупніше, непрямолінійність маршрутів допускається до 3%.

Поздовжнє перекриття (рис. 2) P_x має бути не менше 12% і приблизно дорівнювати 60%. Поперечне перекриття P_y повинно бути не менше 20% і приблизно дорівнювати 30-40%. Зона потрійного перекриття повинна бути не менше 12% .

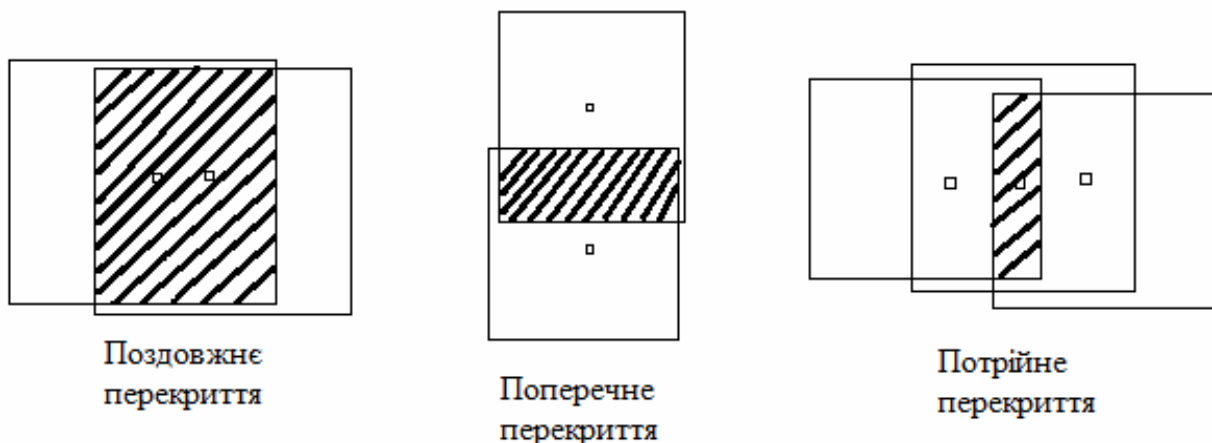


Рис. 2. Види перекриття аерознімків

Маршрути повинні продовжуватися за кордони знімальної ділянки на один базис фотографування при розрахунковому поздовжньому перекритті аерофотознімків 60%; на два і чотири базиси фотографування при розрахунковому перекритті аерофотознімків 80% і 90% відповідно.

Пропуски і розриви, що виникають в процесі аерофотозйомки, повинні покриватися безперервними маршрутами в межах найменшої знімальної ділянки. Аерофотозйомка в цьому випадку виконується протягом найближчого знімального дня тим же аерофотоапаратом або аерофотоапаратом того ж типу. Для кожного маршруту в «Паспорті аерофотозйомки» повинні бути вказані номери аерофотознімків, що використовуються. Засоби аерофотозйомки повинні забезпечити можливість отримання чорно-білих аеронегативів з мінімальними лінійним змазанням фотозображення, що не перевищує 0,05мм для масштабів 1:10000 і дрібніше. Для масштабів більше 1:10000 допустима величина лінійного змазу повинна задаватися замовником в залежності від технічних характеристик аерофотоапаратів і наявності засобів-носіїв знімальної апаратури, наявних у виконавця.

Аерофотозйомка повинна виконуватися при відсутності хмарності і висоті сонця на горизонті не менше 20° при фотографуванні на чорно-білу фотоплівку і не менше 25° - на кольорову і спектральну.

Аерофотозйомка повинна виконуватися з використанням світлофільтрів, наявних в комплекті аерофотоапарата, в залежності від висоти польоту літака, інтенсивності повітряної димки і аерофоплівок, що використовуються.

Для виконання аерофотозйомки застосовуються топографічні аерофотоапарати. Аерофотоапарат повинен забезпечувати отримання свідчення додаткових пристроїв (годинника, круглого рівня і ін.).

Показання радіовисотоміра, статоскопів і радіовіддалемірних станцій повинні реєструватися одночасно з аерофотографуванням місцевості.

При необхідності визначення координат центрів проектування аерофотознімків радіо геодезичних способів, замовник надає апаратуру літакової радіовіддалемірної станції і забезпечує її експлуатацію польоті.

3.2 АЕРОФОТОЗНІМАЛЬНІ РОЗРАХУНКИ

Аерозйомка ділянки місцевості з кутами нахилу від 2° до 4° (горбистий рельєф) повинна бути виконана аерофотоапаратом з фокусною відстанню f_k , з дотриманням допусків поздовжнього перекриття $P_x = 60\%$ і поперечного – $P_y = 30\%$.

Для створення карти з масштабом 1:5000 необхідно вибрати f_k і вирахувати висоту фотографування таку, щоб забезпечити точність карти, що складається (додаток).

На основі прийнятих параметрів (фокусна відстань f_k і масштаб фотографування m) розраховується висота зйомки відносно середньої поверхні ділянки

$$H = f \cdot m \cdot H.$$

Поздовжнє перекриття

$$P_x = 62\% + 38\% \frac{h}{H},$$

де h - середнє перевищення на ділянці знімання, яке обчислюється для найвищої H_{\max} та найнижчої H_{\min} точок ділянки, виділеної для аерознімання

$$h = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{2}.$$

Поперечне перекриття

$$P_y = 40\% + 60\% \frac{h}{H}.$$

Базис фотографування

$$B_x = \frac{l_x}{100} (100 - P_x) \text{ м.}$$

Відстань між маршрутами

$$B_y = \frac{l_y}{100} (100 - P_y) \text{ м.}$$

Число знімків в маршруті

$$n = \frac{D_x}{B_x} + 2 .$$

Кількість маршрутів

$$k = \frac{D_y}{B_y} + 1 ,$$

де D_x, D_y - розміри ділянки знімання вздовж маршрутів та поперек маршрутів.

Кількість знімків

$$N = nk .$$

3.3. АЕРОФОТОЗНІМАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ

При проведенні топографічної зйомки використовують АФА, гіростабілізуючу установку, статоскоп, радіовисотомір і радіовіддалемірні станції.

Для зйомки використовують аерофотоапарати, такі як АФА-ТЕ, АФА-41, АФА-ТЕС, LMK і MKS (фірми «Карл Цейс» Йена), НДР, RМК («Оптон» ФРГ), РС-10 («Вильд», Швейцарія). Формат кадру вітчизняних аерофотоапаратів 18x18см, закордонних – 23x23см. Об'єктиви мають різні фокусні відстані - 35, 55, 70, 100, 140, 200, 350, 500 мм. Для зйомки використовується рулонна фотоплівка. Роздільна здатність знімків в центрі кадру до 50 ліній /мм, на краях 20-25 л /мм.

Робота аерофотоапарата керується командним приладом, який має обчислювальний пристрій. Автоматично здійснюється спуск затвора,

витримується постійний інтервал фотографування, визначається кут скоса, видається команда розвороту АФА.

Конструкція і характеристика аерофотоапаратів. Для топографічної аерофотозйомки використовують аерофотоапарати, які мають високі вимірювальні і зображувальні властивості. В основному це кадрові АФА.

Розглянемо схематично конструкцію аерофотоапарату (рис 3). Його встановлюють на спеціальній фотоустановці 1. Основними вузлами АФА є знімальна камера і касета 3. Знімальна камера має жорстку конструкцію і складається з корпусу 2, об'єктива 8, прикладної рамки 7. До прикладної рамки притискається емульсійний пласт аероплівки 4. Плівка проходить між вирівнюючим склом і притискним столом 5. В площині прикладної рамки АФА є металеві виступи трикутної форми - координатні мітки, які фіксуються на знімку і створюють координатну систему oxu знімка.

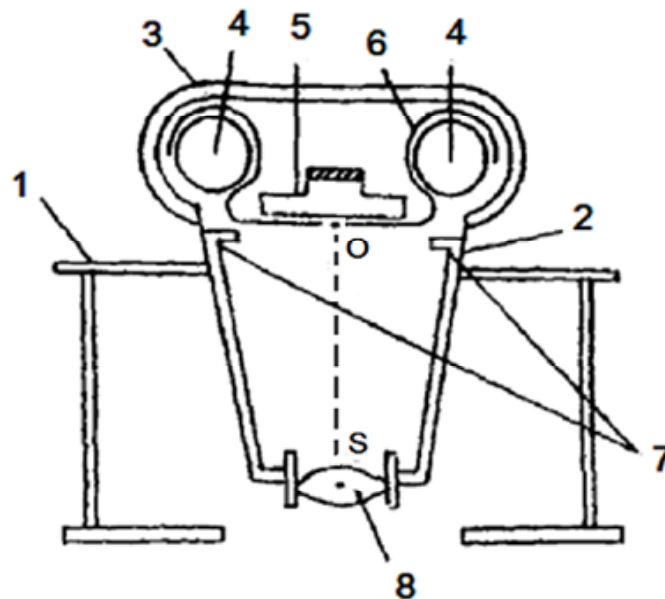


Рис. 3. Схема конструкції аерофотоапарату

- 1 – аерофотоустановка; 2 – корпус; 3 – касета;
4 - катушка з аероплівкою; 5 – притискний стіл;
6 – фотоплівка; 7 - прикладна рамка; 8 - об'єктив.

Пряма, яка проходить через вузлову точку об'єктива перпендикулярно площині знімка називається оптичною віссю фотокамери або головним променем. Відстань від внутрішнього центру проєкції S' до площини прикладної рамки називається фокусною відстанню фотокамери. Точка перетину протилежних координатних міток O' повинна збігатися з головною точкою знімка O . Ця умова не завжди виконується. Положення внутрішнього центру проєкції S' щодо площини прикладної рамки визначають елементи внутрішнього орієнтування.

В касеті АФА розміщені котушки, одна з яких змотує, а друга розмотує аероплівку. Вирівнювання плівки здійснюється або пневматично, коли відкачується повітря з обмеженого простору між плівкою і столом, або механічно, коли плівка прижимається столом до плоского скла в площині прикладної рамки.

Гіростабілізуюча установка. Для збереження горизонтального положення площини прикладної рамки АФА в момент фотографування використовується гіростабілізуюча установка, яка побудована на основі гіроскопу і забезпечує збіг головного оптичного променя фотокамери з прямовисною лінією. Кути нахилу аерознімків, отриманих таким способом, не перевищують 1° , а в середньому складають $20'-30'$.

Статоскоп. Синхронно з аерфотоапаратом працює статоскоп, який дозволяє визначити коливання висоти польоту ДН в момент фотографування. Працює статоскоп за принципом барометра. За значеннями виміряного атмосферного тиску повітря розраховують коливання висоти фотографування.

Статоскоп складається з одного або двох каскадів (рис. 4). Кожен з каскадів має манометричну трубку заповнену ізоаміловим спиртом. Один кінець трубки з'єднується з зовнішнім середовищем, другий з термоізованим балоном, заповненим постійним об'ємом газу. Різниця тиску між зовнішнім повітрям і замкнутим в балоні газом викликає зміну рівня рідини в фонометричній трубці. Поточні зміни тиску фіксуються за даними одного з

працюючих в даний момент каскадів. Другий каскад вмикається тоді, коли рівень рідини в трубці досягає критичного положення.

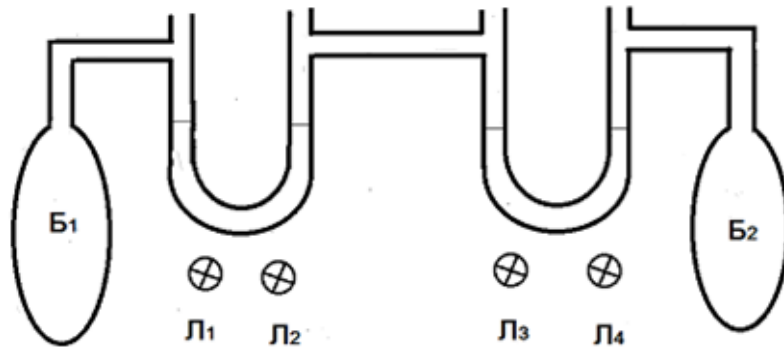


Рис. 4. Принципова схема статоскопа

Однакові рівні рідини в монохроматичних трубках освітлюються і фіксуються на плівку фото реєстратора. Одна пара каналів освітлюється лампочками L_1 і L_2 , які гаснуть, коли здійснюється зйомка. Друга пара каналів освітлюється лампочками L_2 і L'_2 , вони загоряються при експозиції. На плівці отримують статограму. Відстань між штриховою і суцільною лінією відповідає відмінності рівнів рідини, а також змінам висоти фотографування, яке визначається за формулою:

$$\Delta H = Q + l,$$

де l - різниця отримана зі статограми; Q - коефіцієнт, який залежить від температури зовнішнього повітря, в кабіні літака, атмосферного тиску і т.д.

Середня квадратична похибка визначення ΔH статоскопом дорівнює 1,5 м під час фотографування на висоті від 1 до 3 км. Зі зменшенням висоти ця похибка збільшується через нестійкість атмосфери.

Радіовисотомір. Радіовисотомір призначений для визначення висоти центру фотографування відносно земної поверхні. Принцип роботи радіовисотоміру заснований на вимірюванні часу проходження радіохвиль від літака до місцевості і назад. Через прямовисно напрямлену антену посилають імпульси радіохвиль, які, відбившись від земної поверхні, повертаються до приймальної антени і фіксуються на електронно-променевої трубці індикатора.

Якщо відома швидкість розповсюдження радіохвиль і час проходження, можна підрахувати висоту фотографування:

$$H = 0,5c \cdot t,$$

де c – швидкість розповсюдження радіохвиль, t – швидкість проходження радіохвиль від літака до земної поверхні і назад.

Точність визначення висоти при фотографуванні рівнинної місцевості 1-1,5 м. Для рельєфної місцевості радіохвиля відбивається від ближньої точки земної поверхні, яка не є шуканою висотою фотографування.. Для її отримання необхідно знайти близьку точку до літака, а потім перейти до дійсної висоти фотографування.

Радіовіддалемірні системи. Радіовіддалемірні системи (РДС) дозволяють визначити планові геодезичні координати центрів проекції аерофотознімків. При цьому вимірюється відстань від літака до декількох точок на земній поверхні, координати яких відомі. Одночасно вимірюється висота фотографування за показниками радіовисотоміра. Із трикутника, вершинами якого служать базові точки і центр проекції, визначають шукані величини (рис. 5). Дальність дії РДС до 350 км. Точність визначення планових координат центрів проекції дає можливість за цими даними складати карти масштабу 1:25000 і дрібніше. Цей метод використовується при картографуванні малообжитих районів, районів значної заболоченості.

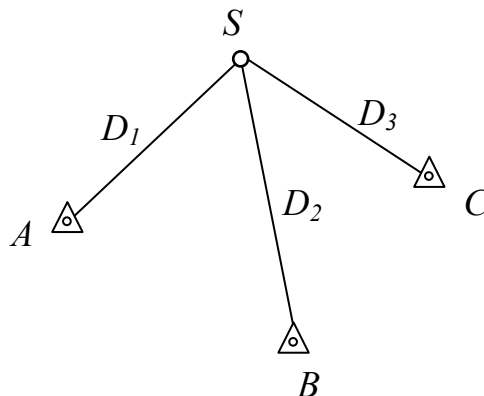


Рис. 5. Визначення координат центру проекції S за допомогою РДС

Наразі використовують прилади та системи, які визначають координати точок встановлення приладів за допомогою штучних супутників. Система має назву Global Position System - GPS (глобальна позиційна система). Система складається з приймача, мікро-ЕОМ з програмним забезпеченням. Приймачі приймають і записують сигнали супутників. ЕОМ обчислює відстані і координати точки знаходження приймача. Результати обчислень записуються на накопичувачах. Ці системи точніше і надійніше ніж РДС.

4. ПЛАНОВО-ВИСОТНА ПРИВ'ЯЗКА АЕРОЗНІМКІВ

Робота по впізнанню на місцевості і визначенню геодезичних координат обраних контурних точок аерознімка називаються *прив'язкою знімків*.

Прив'язка буває декількох видів: планова прив'язка - визначаються координати X та Y ; планово-висотна прив'язка - визначаються координати X , Y і Z ; висотна прив'язка - визначається координата Z . Планово-висотна прив'язка може бути суцільною і розрідженою.

4.1. СКЛАДАННЯ ПРОЕКТУ

Одним з основних процесів, з допомогою якого починається аерофотографічна зйомка, є проектування робіт. У результаті виконується технічний проект, що складається з текстової, графічної і кошторисної частин, за якими визначаються зміст, обсяг, трудові витрати, кошторисна вартість, технічні умови, строки та організація робіт.

Складаючи робочий проект необхідно враховувати характер території, що знімається, і ступінь її забудови, якість аерофотозйомки, застосовуються методи просторової тріангуляції, розміщення і щільність пунктів геодезичної мережі.

Робочий проект складається з репродукцій накладного монтажу і аерознімків основного або попереднього злетів. В робочому проекті

намічаються місця розташування планових, висотних і планово-висотних розпізнавальних знаків. Розпізнавальні знаки безперечно розпізнаються на знімку, тому не рекомендується вибирати розпізнавальні знаки в недостатнього освітлених місцях знімку, на високих об'єктах, на контурах, що перетинаються під кутом менше 60° . Розпізнавальні знаки розташовуються у відповідності з прийнятою типовою схемою на характерних точках місцевості з урахуванням можливості їх геодезичного визначення.

Опорні точки вибираються на чітких, добре розташованих контурах, по можливості на рівнинних ділянках.

Польова підготовка аерофотознімків – комплекс польових робіт, що виконуються з метою розпізнавання на аерофотознімку чітких контурів і визначення їх координат в результаті розвитку знімального обґрунтування. В процесі польової підготовки аерознімків виконується польове дешифрування аерознімків.

Перед виконанням прив'язочних робіт проводиться розмітка зон розташування розпізнавальних знаків. В польових умовах аерознімки порівнюються з місцевістю і позначають підходяще для розташування розпізнавальних точок, які прокладаються голкою діаметром 0,2 мм. На зворотному боці знімка точка обводиться кружком діаметром 3 мм, точкам присвоюється номер.

У деяких випадках перед аерофотозйомкою місцевості, що не має чітких контурів, проводиться маркування розпізнавальних знаків. Маркувальні знаки на місцевості виконують у формі хреста, трикутника, квадрата, кола. Розміри променів маркувальних знаків не повинні бути більше ніж 0,15 мм довжиною в масштабі знімку і 0,05 мм шириною. Відстань від центру до початку маркувального елемента дорівнює 0,05 мм. При маркуванні розпізнавальних знаків геодезичні роботи можна виконувати до виконання аерознімальних робіт.

4.2. СПОСОБИ ПРИВ'ЯЗКИ АЕРОЗНІМКІВ

Прив'язки бувають двох видів: суцільна і розріджена. Суцільна прив'язка включає в себе визначення координат і висот точок, що використовуються безпосередньо в якості опорних при роботі на приладах для створення фотопланів і топографічних карт. Однак така прив'язка трудомістка і економічно не вигідна. Найчастіше застосовують розріджену прив'язку, при якій розпізнавальні знаки вибираються по одному або по два через кілька аерофотознімків в маршруті. Прив'язка здійснюється в два етапи:

Перший етап - це вибір точок на аерофотознімках і розпізнавання їх на місцевості. Точками можуть служити чіткі контури на аерофотознімку, у яких можна знайти саме точку, яку неважко розташувати на місцевості. Спочатку рекомендується скласти проект розміщення розпізнавальних знаків, намітити на аерофотознімках зони розташування розпізнавальних знаків в залежності від масштабу аерофотознімків, масштабу створення карти і технологічних робіт.

Другий етап - це визначення координат і висот розпізнавальних знаків, закріплених на місцевості. Цю роботу виконують за допомогою геодезичних вимірювань. Для визначення координат можна прокласти теодолітні, полігонометричні ходи або визначити їх за допомогою зворотних, прямих, комбінованих кутових засічок, лінійних засічок. Координати точок виконуються за геодезичними формулами. Висоти позначки розпізнавальних знаків визначають методом прокладання висотних ходів тригонометричного або геометричного нівелювання.

Прив'язки бувають планові і висотні. Планова прив'язка аерофотознімків виконується різними геодезичними способами, забезпечивши визначення координат розпізнавальних знаків із середніми квадратичними похибками не перевищуючи 0,01мм в масштабі карти щодо найближчих пунктів державної геодезичної мережі. Граничні похибки не повинні перевищувати на відкритій і забудованій території 0,2мм в масштабі карти і 0,03мм - на місцевості, закритій лісом і чагарниками.

Незалежно від способу геодезичного розпізнавального знаку, геодезичні вимірювання повинні бути виконані таким чином, щоб забезпечити надійний контроль визначення координат розпізнавальних знаків.

Основні методи планової прив'язки аерофотознімків: прямі, зворотні, комбіновані засічки. Прямую засічку виконують не менше ніж з чотирьох геодезичних пунктів, зворотню - не менше ніж з чотирьох геодезичних пунктів. Для прив'язки часто використовують полярний спосіб, метод триангуляції.

Висотну прив'язку здійснюють методом геометричного або тригонометричного нівелювання, в залежності від прийнятої висоти перетину рельєфу.

4.3. РОЗРАХУНОК ПЛАНОВИХ ТА ВИСОТНИХ РОЗПІЗНАВАЛЬНИХ ЗНАКІВ

В аналітичному способі просторової триангуляції число стереопар (відстань між плановими розпізнавальними знаками) розраховується за формулою

$$n = 17,4 \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{M}{m}\right)^2},$$

де $1:M$ – масштаб карти, $1:m$ – масштаб зйомки.

Число стереопар (відстань між висотними розпізнавальними знаками) вираховується за формулою

$$n_H = 2,08 \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{m_z \cdot b}{f_k \cdot m \cdot m_q}\right)^2},$$

де f_k – фокусна відстань фотокамери, b – базис фотографування в масштабі знімку, m_z – СКП визначення висоти точки фотограмметричної мережі, m_q – СКП вимірювання поперечного паралаксу (0,02мм).

Припустиму відстань між плановими точками вираховують за формулою

$$L_a = n_a B_x .$$

Припустиму відстань між висотними точками вираховують за формулою

$$L_{вис} = n_{вис} B_x.$$

5. ТОПОГРАФІЧНЕ ДЕШИФРУВАННЯ АЕРОЗНІМКІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ КАРТ МАСШТАБУ 1:5000

Процес розпізнання об'єктів за аерознімками, визначення кількісної і якісної характеристик називають дешифруванням. Обов'язковою складовою частиною технології створення топографічних планів стереотопографічним способом є дешифрування фотографічного зображення, що заключається у розпізнаванні об'єктів місцевості на знімку, встановлення їх характеристик і ви креслення в умовних знаках.

Основними методами дешифрування є польове і камеральне дешифрування. При великомасштабній топографічній зйомці застосовується поєднання польового і камерального дешифрування. В залежності від топографічної вивченості району зйомки і прийнятої технологічної схеми робіт польове дешифрування виконують до камерального або після нього.

Дешифрування на місцевості населених пунктів і об'єктів з високим контурним навантаженням може проводитися на збільшених аерофотознімках, фотосхемах, фотопланах або аерофотознімках в комплекті з графічним оригіналом. Матеріал, на якому фіксуються результати дешифрування, повинен бути в масштабі створюваного плану або близькому до нього.

При будь-якому методі дешифрування в порядку підготовчих робіт здійснюється збір і вивчення матеріалів картографічного значення.

Використанню підлягають наступні матеріали:

- топографічні карти і плани близьких масштабів;

- дані геодезичних обстежень місцевості;
- звіти про минулі зйомки;
- планшети спеціалізованих топографічних зйомок (плани земель радгоспів і колгоспів, плани нафтових, газових родовищ виконавчі плани після закінчення будівництва);
- черговий план забудови на всю територію міських земель, на якому фіксуються поточні зміни;
- схематичний план міста, що містить назви всіх площ, вулиць, провулків;
- плани обмірів цоколів будівель;
- реєстраційний план розташування наземних і підземних мереж;
- поздовжні профілі залізних і шосейних доріг;
- дані про водомірні пости;
 - o дані про покриттях вулиць;
- довідники (адміністративно-територіального поділу, залізничних і річних шляхів сполучення, гідрометеослужби та ін.)

Наявні матеріали повинні бути проаналізовані з точки зору їх точності і можливості використання.

Польове дешифрування проводиться до камерального в наступних випадках:

- об'єкт зйомки недостатньо забезпечений матеріалами картографічного (топографічного) значення;
- матеріали аерофотозйомки застарілі або аерофотозйомка проводилася в не указаний період;
- фотограмметричне визначення висот для кількісних характеристик з необхідною точністю неможливе через вплив рослинного покриву;
- значна концентрація дрібних і слабо контрастних об'єктів на окремих ділянках, які камерально не в повному обсязі або взагалі, що не розпізнаються на аерофотознімках.

Польове дешифрування у всіх інших випадках слід проводити після камерального. Ділянки повинні бути обстежені в натурі для перевірки і доопрацювання камерального дешифрування щодо об'єктів, що невпевнено

розпізнаються до аерофотознімків (через малі розміри, слабкого контрасту, наявності тіней, особливості ситуації), встановлення характеристик об'єктів, яких бракує, і нанесення промірами (або іншими способами) місцевих предметів і кутів контурів, що не відобразились при аерофотозйомці. Дані промірів при роботі з аерофотознімками фіксують на їх зворотному боці або на окремому абрисі, а при роботі на фотосхемах, фотопланах або графічних оригіналах планів - безпосередньо на них.

Якщо в процесі дешифрування при зйомці в масштабі 1:1000 населених пунктів потрібно виконати значний об'єм натурним вимірювань, то дані вимірювань оформляються на аерофотознімках тільки вигляді написів а потім використовуються при складанні контурної частини оригіналу плану. Останній, за необхідності, відправляється на польове доопрацювання.

При дешифруванні забудованої території необхідно враховувати наступне:

- до житлових побудов, крім житлових будівель, відносять будівлі загального призначення (навчальні заклади, їдальні, кафе, лікарні, будинки відпочинку, санаторії, адміністративні, культурні, торгові і дитячі установи);
- споруди, придатні для житла лише в теплу пору року (легкі споруди дитячих таборів, дачних кооперативів і ін.) відносяться до нежитлових;
- вогнестійкими слід вважати споруди, побудуй матеріалом для побудови яких був камінь, цегла, бетон, скло;
- дерев'яні та солом'яні споруди, також споруди з дахами з очерету і соломи, слід відносити до не вогнестійких.

Як правило на планах в масштабі 1:1000 показуються всі види комунікацій і виходи на поверхню за наявними даними їх інвентаризації відповідних служб міста, селища, промислового об'єкту.

Найменша площа контурів, що підлягає відображенню на планах в масштабах 1:5000 - 1:500 повинна бути: 20мм² - для господарсько цінних угідь, 50 мм² - для ділянок, що не мають господарського значення.

В процесі дешифрування основ високих об'єктів (будівель, споруд) необхідно вводити поправки за рахунок зміщення зображення їх верхніх частин

внаслідок центрального проектування і наявності карнизів. Поправка враховується, якщо вона перевищує графічну точність плану.

Як правило, величини карнизів і звисів даху можна враховувати по перспективному фотозображенню самої споруди або її тіні. У разі відсутності такої можливості необхідно виконати відповідні вимірювання в натурі. Крім того, при контуруванні будівель на фотопланах необхідно враховувати різномасштабність зображення даху і цоколя будівлі. Величини поправок, що вводяться при цьому, будуть тим більше, чим більше масштаб фотоплану, габарити побудови (як в плані, так і по висоті), і тим менше, чим більше висота фотографування і фокусна відстань камери АФА.

При дешифруванні в межах забудованої території кількість предметів місцевості може виявитися настільки значною, що всі їхні нанести на свої місця не представляється можливим. В цих випадках найбільш важливі за своїм значенням предмети показують точно на своїх місцях, а менш важливі можуть бути трохи зміщені або опущені.

В населених пунктах, де немає чіткої межі між садами і огородами, можна умовні знаки замінити написом «сад і город».

Відкриті розробки корисних копалин (пісок, гравій і т.д.) показуються по контуру фактично освоєної площі з зазначенням матеріалу видобутку і глибини кар'єру (до 0,1м)

6. ФОТОГРАММЕТРИЧНЕ ЗГУЩЕННЯ ОПОРНОЇ МЕРЕЖІ

Просторова фототріангуляція - це камеральний спосіб згущення знімальної основи і визначення координат точок, необхідних для складання карти. Сутність цього методу полягає в побудові по знімках одного або декількох маршрутів моделі місцевості з метою орієнтування, горизонтування моделі, згущення опорної геодезичної мережі і визначення координат точок згущення. Таким чином фототріангуляція дозволяє визначати просторове положення точок, необхідних для складання топографічних карт і планів.

Просторова триангуляція ґрунтується на ідеї геометричної оборотності фотографічного процесу (рис. 6).

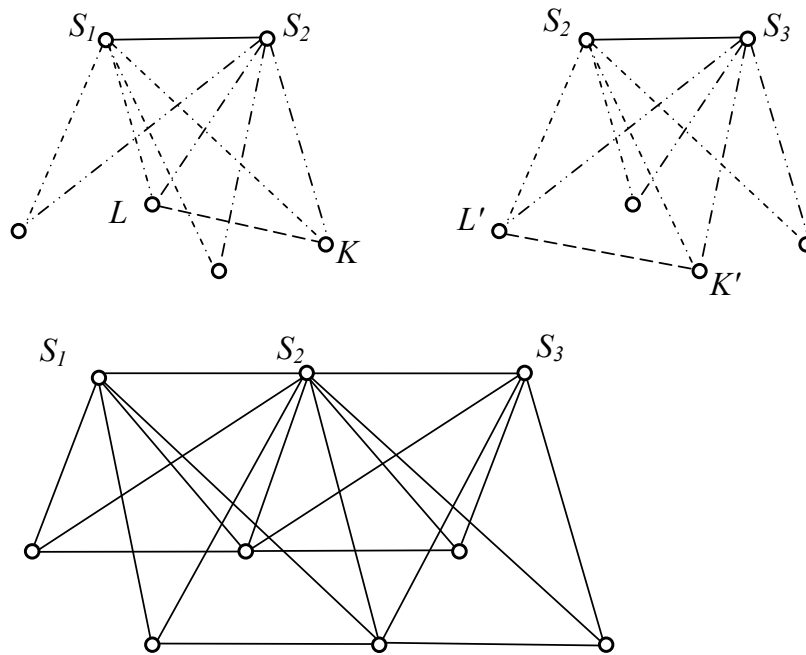


Рис. 6. Просторова фототриангуляція

Завдяки безперервному перекриттю аерознімків в маршруті точки L , K і L' , K' , в першому і в другому ланках є загальними і створюється можливість приведення ланок до одного масштабу шляхом заміни довжини базису до тих пір, поки загальні сторони не будуть однаковими

$$LK = L'K'$$

Поширюючи цей процес далі, тобто поєднуючи окремі ланки, можна отримати загальну фототриангуляційну мережу. Змінюючи розмір моделі і повертаючи її, поєднують опорні точки мережі з опорними геодезичними точками, в результаті чого можливо визначити геодезичні координати всіх проміжних точок.

6.1. ФОТОГРАММЕТРИЧНІ МЕТОДИ ЗГУЩЕННЯ

В залежності від кількості маршрутів, що використовуються для побудови моделі місцевості, фото триангуляцію розділяють на одномаршрутну (маршрутну) і багатомаршрутну (блочну).

Маршрутна фототріангуляція розвивається по знімках, що належать одному масштабу. При цьому маршрут повинен бути забезпечений опорними точками для орієнтування моделі щодо геодезичної системи координат .

Блокова тріангуляція будується по знімках, які належать двом і більше маршрутів. У такому випадку відпадає необхідність визначення опорних точок для кожного маршруту. Тому блокова тріангуляція більшою мірою скорочує обсяг польових геодезичних робіт, ніж маршрутна, що дуже важливо при картографуванні важкодоступних і недоступних територій.

В залежності від застосовуваних технічних засобів розрізняють три види просторової тріангуляції: аналітичну, аналогову і цифрову.

Аналітична фототріангуляція дозволяє побудувати модель і визначити положення точок на місцевості, виконується за допомогою стереокомпаратора і ЕОМ.

В аналоговій тріангуляції побудова моделей виконується на універсальних приладах, на яких можна будувати окремі моделі і загальну модель в межах маршруту.

Цифрова тріангуляція здійснюється на цифрових фотограмметричних станціях. Цифрова модель - це аналітично, в цифрах виражена місцевість.

Іноді використовують комбінацію аналогової фототріангуляції з аналітичною: побудова незалежних моделей по окремим стереопарам виконують на універсальному приладі, а з'єднання їх в загальну модель, масштабуванням, горизонтуванням, орієнтуванням здійснюють на ЕОМ.

Практична сутність аналітичної просторової фототріангуляції зводиться до вимірів координат і паралаксів всіх точок згущення на аерофотознімках в системі відносно головних точок і координатних міток і потім обчислення за допомогою ЕОМ геодезичних координат і висот цих точок.

В порівнянні з іншими методами фотограмметричного згущення аналітична просторова фототріангуляція має такі переваги:

1. Універсальність параметрів при аерофотозніманні - немає обмежень в розмірах аерофотознімков, в величинах елементів зовнішнього і внутрішнього орієнтування;

2. Висока точність, обумовлена використанням стереокомпаратора, застосуванням суворих формул, вирівнюванням результатів вимірювань і рахунка, можливість вводити поправки через вплив на точність фотозображення і на точність вимірювань;

3. Велика продуктивність, яка досягається застосуванням автоматизованих стереокомпараторів, які автоматично реєструють системи, ЕОМ і т. п.

6.2. РОЗРАХУНОК ПОХИБОК В СЕРЕДИНІ МЕРЕЖІ

Точність фотограмметричного згущення опорної мережі залежить від наступних важливих факторів: вимірювальної точності аерознімків; параметрів аерозйомки; точності вимірювання знімків; способів побудови фототріангуляції; якості та розміщення опорних точок; способів виключення деформації.

При побудові вільної маршрутної мережі існує загальна закономірність накопичення помилок. Помилки на сполучних точках першої моделі будуть передаватися на наступні моделі, і збільшуватися за рахунок їхніх помилок.

Вважаючи похибки, одержувані на СКП для кінцевої точки маршруту (де помилка буде максимальна) визначається за формулами:

$$m_x = 1,2 m m_q n_B^{3/2},$$

$$m_y = 0,6 m m_q n_q^{3/2},$$

$$m_z = \frac{f}{b} m m_q n^{3/2}.$$

Якщо фотограмметрична мережа орієнтована по опорних точках, то максимальну похибку слід очікувати в середині мережі.

Складові СКП m_x , m_y , m_z в середині мережі маршруту фото тріангуляції розраховується за формулами:

$$m_x = 0,27 m m_q n_B^{3/2},$$

$$m_y = 0,14 m m_q n_B^{\frac{3}{2}},$$

$$m_z = 0,23 \frac{f}{b} m m_q n_q^{\frac{3}{2}}.$$

де m – масштаб фотографування, f – фокусна відстань знімальної камери, b – базис в масштабі знімку, m_q – СКП вимірювання поперечного паралаксу, n_a – кількість базисів між розпізнавальними знаками, n – допустима кількість стереопар між висотними опорними точками.

Граничні СКП розраховуються за формулами

$$m_{x,zp} = m_{y,zp} = 0,4 M,$$

$$m_{z,zp} = \frac{h}{3},$$

де M – масштаб карти, h – висота перерізу рельєфу.

6.3. ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА АНАЛІТИЧНОЇ ПРОСТОРОВОЇ ФОТОТРИАНГУЛЯЦІЇ



7. ТРАНСФОРМУВАННЯ

В процесі аерофотозйомки знімки отримують нахил, який обумовлює спотворення точок зображення. Крім того, аерофотознімки відрізняються один від одного масштабом зображення, яке викликане коливанням висоти фотографування в момент зйомки. Для отримання топографічної карти по аерофотознімках їх необхідно звести до масштабу цієї карти, а також усунути перспективне спотворення. Такі перетворення знімків виконуються в процесі трансформування.

Під трансформуванням аерознімків розуміють процес перетворення нахиленого знімка до випадку горизонтальної зйомки в заданому масштабі. Топографічну карту отримують внаслідок проектування точок земної поверхні на площину прямовисними лініями або в оригінальній проекції. Аерофотознімок отримують в результаті центрального проектування. Якщо знімок горизонтальний і на ньому сфотографована плоска місцевість, тоді його центральна проекція відповідає ортогональній. Нахилений знімок легко привести до горизонтального положення, якщо відомі кути нахилу або є точки з відомими координатами. Рельєф місцевості також викликає зміщення точок на знімку. Масштаб зображення в залежності від рельєфу в кожній точці буде різним. Суворе вирішення задачі трансформування рельєфних знімків можливо тільки якщо розкласти фотозображення на точки і трансформувати кожену точку окремо. Трансформування знімків можна виконувати різними методами.

Аналітичне трансформування виконується шляхом підрахунку перетворених координат за формулами трансформування. Результатом такого трансформування є цифрова модель рельєфу або трансформовані координати окремих точок.

Фотомеханічне трансформування виконується за допомогою спеціальних приладів оптичного проектування - фототрансформаторів. Це основний спосіб, який використовується на виробництві. Результатом його є трансформовані фотознімки в заданому масштабі, з яких монтують фото план.

Оптико-графічне трансформування виконується на спеціальних приладах - оптичних проекторах, які дозволяють враховувати рельєф місцевості. Результатом цього виду трансформування буде графічний план місцевості.

Ортофототрансформування використовується для трансформування знімків місцевості, яка має значні перевищення за площею. Сутність цього методу полягає в трансформуванні знімка невеликими ділянками, розміри яких настільки маленькі, що вплив кутів нахилу і рельєфу в межах елементарної ділянки незначний. Така ділянка відрізняється від карти масштабом зображення. Ортофототрансформування можна виконувати на спеціальних приладах - ортофототрансформаторах. Ортофотознімки в заданій картографічній проекції можна отримати в результаті сканування вихідного фотознімку, перетворення його зображення в цифрову форму і подальшої обробки.

8. МОНТАЖ ФОТОПЛАНУ

Отримані в результаті трансформування фотознімки монтують на основу.

Фотопланом називають план місцевості, отриманий із трансформованих знімків. Фотоплани виготовляють в межах рамки трапеції або в умовній розграфці. Основою служать листи алюмінію або фанери, на які наклеюють креслярський папір. На основу наносять кілометрову сітку, кути рамок трапеції і їх границі, всі опорні і трансформаційні точки.

На трансформованих знімках пробивають отвори пуансоном діаметром 0,8 або 1 мм на всіх опорних і трансформаційних точках. Потім знімки кладуть на основу так, щоб точки на знімку збіглися з їх положенням на основі. Другий знімок кладуть на перший шляхом суміщення однойменних контурів в зоні перекривання і трансформаційних точок знімка з цими ж точками основи. Після суміщення по середині поздовжнього перекриття роблять поріз одночасно двох знімків і частково приклеюють їх на основу гумовим клеєм.

Лінія порізу повинна бути плавною криволінійною, не проходити через дрібні контури і пробиті пуансоном отвори. Лінійні об'єкти треба розрізати під прямим кутом. Таким способом монтують другий і наступний маршрути. При цьому необхідно стежити, щоб контури збігалися по поздовжнім і поперечним порізам. Після завершення монтажу знімки обрізають під лінійку на відстані 1 см від рамки трапеції.

Якщо монтують фотоплан зі знімків, які трансформовані по зонах, необхідно в положення трансформаційних точок знімка вводять поправки δr в напрямки протилежному зробленому на основі знімку перед трансформуванням. На основу з топографічної карти меншого масштабу наносять горизонталі, які є межами зон. Фотознімок першої зони кладуть на основу шляхом суміщення трансформаційних точок з їх положенням на основі, підклеюють його середню частину і на нього кладуть знімок із другої зони. Слідкують також, щоб контури співпали.

По границі першої і другої зон розрізають обидва знімки. З нижнього знімка вилучають частину, яка відноситься до першої зони, а з верхнього - частину, яка відноситься до другої зони і приклеюють до основи. Так само монтують відображення інших зон і знімків.

Розбіжності контурів по порізах при трансформуванні по зонах допускається до 1 мм.

Оцінку точності монтажу фотоплану виконують після його виготовлення. Розбіжності між трансформаційними і опорними точками знімка і основи рівнинних і горбистих районів не повинно перевищувати 0,5 мм. Несуміщення контурів на порізах не повинно перевищувати 0,7 мм, а при трансформуванні по зонах і при коефіцієнті трансформування більш 1,5 - до 1 мм.

Несуміщення контурів на межі двох суміжних фотопланів допускається в рівнинних і горбистих районах до 1 мм, а в гірських - до 1,5 мм.

9. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА БУДОВА СТЕРЕОГРАФА СД-3

Універсальний стереофотограмметричний прилад стереограф СД призначений для складання і відновлення топографічних карт і побудови системи просторової фототріангуляції. Цей прилад механічного типу, який має наступні характеристики (табл.1). Обробка знімків виконується з перетвореними зв'язками проєктованих променів. На основі цього обробляються планові знімки форматом 180x180мм, з фокусною відстанню від 55 до 215мм. Геометрична модель приладу має масштаб в 1,2 рази крупніше, ніж масштаб зйомки. Подальша зміна масштабу моделі здійснюється за допомогою координатографа.

Таблиця 1

Основні характеристики приладу

Формат оброблюваних знімків, см	18x18
Фокусна відстань знімальної камери, мм	55-210
Фокусна відстань приладу, мм	127-133
Збільшення оптичної системи, крат	$4^x \div 7^x$
Поле зору при збільшенні 7^x , мм	28
Відношення масштабу знімка до масштабу карти	0,5-3,0
Максимальна різниця висот місцевості	$0,35H$
СКП визначення висот по макетній стереопарі	$H/8000$
СКП визначення координат $m_x = m_y$	0,04 в масштабі плану
СКП визначення координат m_z	$H/3000 \div H/5000$

Знімки в приладі розташовуються горизонтально, а вплив кутів нахилу враховується коректуючи ми механізмами.

Модель будується з трансформованих зображень за допомогою проєктуючи важелів, які пов'язані зі знімками н базисної кареткою. Система спостережень приладу нерухома. Спостереження будь-якої точки пара знімків

здійснюється в результаті поворотів важелів навколо координатних центрів і зміщення знімків.

Робота корегуючих механізмів заснована на принципі перетворення зв'язків проектуючих променів.

Представимо два знімки: нахилений P і горизонтальний P_0 , одержані однією камерою з фокусною відстанню f . Кут нахилу між ними ϵ .

Знімки перетинаються по лінії неспотворених масштабів. Будь-яка точка місцевості M на горизонтальному знімку відобразилася в точці m^0 , на похилому знімку – в m . Якщо ці знімки спроектувати за допомогою камери з фокусною відстанню F , а спостереження вести прямовисним променем, тоді проектуючий промінь $S'm^0$ пройде через точку m' , яка повинна знаходитися на коригувальній площині K_n . Ця площина дозволяє по нахиленому знімку отримати становище точок, які відповідають горизонтальному знімку. Кут нахилу коригувальної площини розраховується за формулою

$$\operatorname{tg} \epsilon = \frac{F}{f} \operatorname{tg} \epsilon = K \operatorname{tg} \epsilon,$$

де K - коефіцієнт афінного перетворення.

На рис.7 видно, що точка m належить до подібної моделі, а точка m^0 - перетвореній. Припускаючи, що f - фокусна відстань зйомки, а F - фокусна відстань приладу, можна записати

$$H' = H \frac{F}{f}.$$

Таким чином вертикальний масштаб моделі не дорівнює горизонтальному і відрізняється від нього на коефіцієнт афінного перетворення зв'язок.

Загальний вигляд стереографу показаний на рис.7. Основними частинами приладу є проектуючі важелі, знімкотримачі, коригувальні механізми, базисна каретка, система спостереження і координатограф.

На станині 1 (рис.7) розташовані напрямні, які служать віссю Y приладу. За цим напрямним переміщається каретка 2 з напрямними осі U приладу. По напрямним осі переміщується каретка 3. Каретки 2 і 3 приводять до руху штурвали X і Y , при зверненні яких базисна каретка 5 переміщається також по осях X і Y .

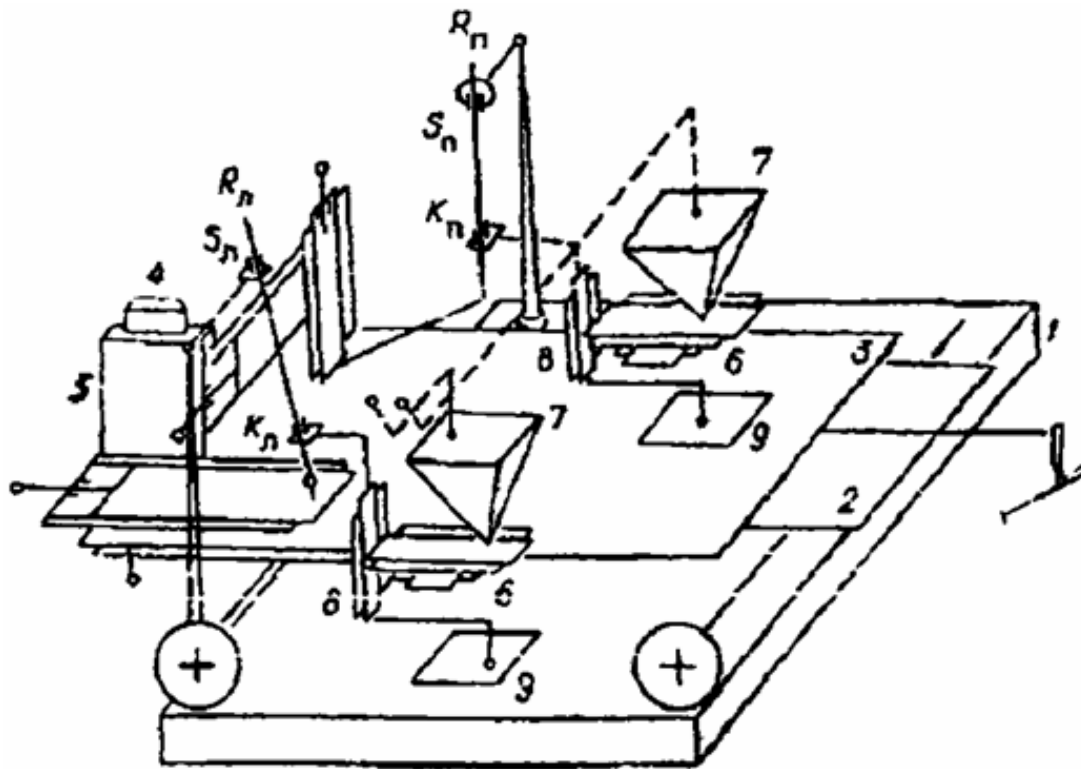


Рис. 7. Принципова схема стерео графу СД

На каретці 3 знаходиться вертикальна напрямна 4, по якій базисна каретка 5 переміщається по осі Z при обертанні ногоного штурвалу. З базисною кареткою з'єднані нижні кінці проектуючих важелів R_0 і R_n внаслідок чого знімки P_1 і P_2 отримують взаємне переміщення по осі X . Це переміщення спостерігач сприймає як переміщення вимірювальної марки по висоті.

Напрямні диференціальних кареток 6 зв'язані зі знімкодержателями 7. Напрямні кареток знімання фокусних відстаней 8 зв'язані з каретками 6. Кулясті опори, якими закінчуються каретки 8, ковзають по коректувальних площинах 9.

Коректувальні площини мають скляну поверхню і можуть нахилитися на кути K_α і K_ω за допомогою мікрометричних гвинтів. При переміщенні кареток 2 і 3 по осях X і Y кулясті опори ковзають по нахиленій коректувальній площині і викликають зміщення кареток 8, тобто змінюють фокусну відстань приладу.

Засічка точки здійснюється проектуючими важелями, які обертаються в трьох парах шарнірів. Верхні шарніри закріплені на станині, середні зв'язані з диференціальними каретками, нижні - з базисним пристроєм.

Базис фотографування і його складові можна встановити на супортах V_x , V_y і V_z базисного пристрою.

Знімкоутримувачі можуть обертатися в своїй площині на кути α і мають рухи по осях x і y для введення децентрації.

Система спостереження являє собою біноклярний мікроскоп, який забезпечує візування на точки знімка ортогональним променем.

10. ОБРОБКА ЗНІМКІВ НА СТЕРЕОГРАФІ

Оригінал топографічної карти складається на основі результатів обробки знімків або точніше окремих стереопар за допомогою універсальних приладів.

До обробки стереопар відносяться:

- підготовчі роботи,
- розрахунок настановних величин для координатора і лічильника висот,
- взаємне орієнтування знімків,
- зовнішні орієнтування моделі,
- знімання рельєфу і контурів.

10.1. ПІДГОТОВЧІ РОБОТИ

До підготовчих робіт відносяться: підготовка основи, підготовка необхідних матеріалів, обробка необхідних розрахунків і підготовка приладу до роботи.

Необхідні матеріали включають в себе такі елементи:

- негативи або діапозитиви аерофотознімків на склі,
- значення фокусної відстані знімальної камери;
- аерознімки з ухилом і опис планових і висотних точок геодезичного обґрунтування,
- каталоги координат опорних точок,
- основа, з нанесеними на ній координатами опорних точок,
- матеріали для дешифрування,
- масштаб фотографування.

Підготовка основи включає в себе побудову кілометрової сітки і нанесення по координатах опорних точок. Для кожної стереопари необхідно не менш 4 опорних точок, які повинні бути розміщені в кутках робочої площі стереопари.

Розрахунок установчих величин проводиться з метою обчислення горизонтального і вертикального масштабів моделі, а також для визначення приладу.

Для обчислення горизонтального і вертикального масштабу моделі слід зробити наступні розрахунки:

- розраховувати горизонтальний масштаб моделі за формулою

$$m_r = \frac{m}{1,2},$$

де m – масштаб фотографування;

- розраховувати коефіцієнт відношення масштабу моделі до масштабу картографування:

$$K = \frac{m_r}{M},$$

де M – масштаб створення карти.

З таблиць вибирають близьке до розрахованого значення K .

Кінцеве значення горизонтального масштабу моделі розраховується за формулою

$$m'_r = M K.$$

Вертикальний масштаб розраховують за формулою

$$m_B = \frac{m'_r \cdot f_k}{f_n}.$$

Спираючись на результати зі спеціальної таблиці вибирають шкалу і дві пари шестерней і встановлюють їх.

В деяких випадках може виникнути потреба введення поправок в фокусну відстань приладу.

Коефіцієнт K_{af} розраховується за формулою

$$K_{af} = \frac{f_n}{f_k},$$

де f_n – фокусна відстань приладу, f_k – фокусна відстань камери.

Попереднє значення базису проектування визначається так

$$b' = \frac{B}{M_k}$$

Оскільки базис фотографування B звичайно завчасно невідомий, то його наближене значення знаходиться за фотознімками

$$B' = b_{zn} m_{zn},$$

Якщо горизонтальний масштаб геометричної моделі не дорівнює масштабу створюваної карти, то замість M_k використовують M_r , тоді:

$$b'_{np} = \frac{b_{zn} \cdot m_{zn}}{M_{\Gamma}}$$

В результаті розрахунків отримують: m'_{Γ} , m_B , b'_{np} .

10.2. ВЗАЄМНЕ ОРІЄНТУВАННЯ ЗНІМКІВ

Взаємне орієнтування знімків виконується з метою побудови фотограмметричної моделі на універсальному приладі і полягає в усуненні поперечного паралаксу в межах стереопари.

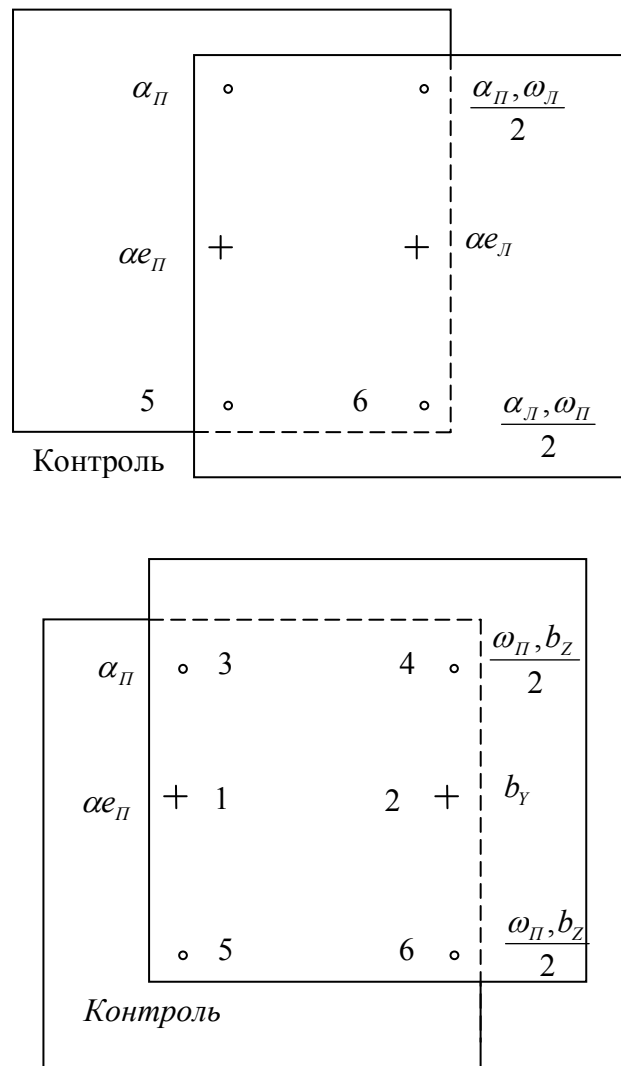


Рис.8. Схеми взаємного орієнтування аерознімків

Вимірювальну марку стереоскопічно наводять на 1-у або на 2-у точку стереопари. Ножним штурвалом роздвоюють марку і встановлюють наявність поперечного паралаксу, який усувають на 1-й точці кутовим рухом $\omega_{П}$, а на 2-й точці - $\alpha_{Л}$. Після усунення паралаксів в точках 1 і 2 переходять на точку 4 і видимий поперечний

паралакс усувають рухами $\omega_{П}$ $\alpha_{Л}$. Переходять на точку 6 і для усунення поперечного паралаксів в точках 4 і 6 переходять в точку 3, де паралакс усувають за допомогою кутових рухів $\alpha_{П}$. Точка 5 є контрольною точкою, тобто після усунення паралаксів в точках 1, 2, 4, 6, 3 в точці 5 не повинно бути поперечного паралаксу. Якщо на ній є остаточний поперечний паралакс, то слід ввести в лінійні переміщення кареток знімків децентрації. Остаточний поперечний паралакс допускається не більше чверті діаметра вимірювальної марки, який дорівнює 0,04 мм.

10.3. ЗОВНІШНЕ ОРІЄНТУВАННЯ ЗНІМКІВ

Зовнішнє орієнтування включає в себе масштабування і горизонтування моделі.

Масштабування моделі виконується по опорних точках. Необхідно мати три опорні точки, які розташовані по краях стереопари. Для масштабування вибирають дві найбільш віддалені один від одного точки. Вимірювальну марку наводять на одну з точок і поєднують гострі кути олівцевого пристосування зі становищем цієї точки на основі, закріпленої на координатографі приладу. Потім марку переміщують на другу точку. Якщо гострі голки не збігаються з її положенням на основі, то відкріплюють основу і обертають її навколо першої точки до тих пір, поки гострі голки не займуть положення на лінії, яка подумки з'єднує першу та другу точки. Якщо друга точка виявиться далі, ніж вістря голки, то це означає, що масштаб основи крупніше масштабу моделі і, отже, масштаб моделі варто збільшити. У випадку, коли друга точка виявляється розташованою ближче до першої точки, ніж гострі голки, то масштаб основи дрібніше масштабу моделі і масштаб моделі слід зменшити.

Масштаб моделі змінюється за допомогою базисного комплекту b_x .

Для цього міліметровою лінійкою вимірюють відрізки S' і S та обчислюють нове значення базисного компонента (рис. 9)

$$b_x = \frac{S}{S'} b'_x.$$

де b'_x - відлік по лічильнику b_x за умови, що місце нуля цієї шкали дорівнює нулю. Встановивши нове значення b_x , вводять поправки в базисні компоненти b_y і b_z :

$$b_y = b'_y \frac{S}{S'},$$

$$b_z = b'_z \frac{S}{S'},$$

де b'_y, b'_z - відліки по лічильнику b_y і b_z .

Після цього перевіряють масштаб моделі. Припустима розбіжність візирної марки з опорними точками на основі дорівнює 0,2мм, а на контрольній точці – 0,3мм.

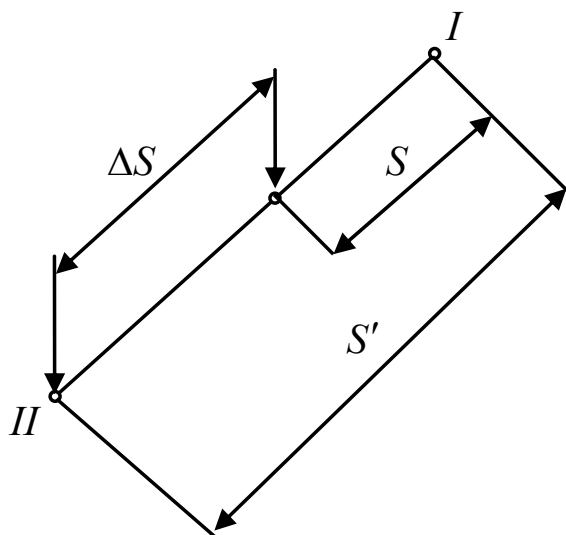


Рис. 9 Масштабування моделі

Горизонтування моделі полягає в повороті моделі навколо осей X і У приладу і приведення фотограмметричних і геодезичних висот опорних точок у відповідність. Опорні точки повинні розташуватися по кутах робочої площі стереопари. Горизонтування моделі спочатку проводять у поперечному напрямку, а потім в поздовжньому.

Спочатку наводять стереоскопічні марки на точку I і встановлюють на лічильнику висоту, обертаючи його рукою, геодезичну висоту точки. Потім переходять на точку II. Якщо висота точки, визначуваної за лічильником висот, не відповідає її геодезичній висоті, то роблять таким чином, знаходять середнє значення між геодезичною і фотограмметричною висотами, ножним штурвалом на лічильнику висот встановлюють середнє значення висоти, а вимірювальну марку садять на цю точку, працюючи одночасно в одну сторону кутовими елементами ω_l і ω_n .

Повертаються і перевіряють висоту точки I. За необхідності орієнтування по точках I і II повторюють. Домігшись встановлення геодезичної висоти на точках I і II при стереоскопічному наведенні марки, переходять до орієнтування моделі в поздовжньому перекритті. Для цього наводять марку на точку III і ножним штурвалом на лічильнику висот встановлюють її горизонтальну висоту. Якщо марка при цьому не поєднується з точкою III, то поєднання домагаються рухами α_l і b_z . Виниклий при цьому поперечний паралакс на точці I усувають рухом α_n . Надлишкові точки, що мають геодезичні висоти, служать контрольними точками. Далі уточнюється децентрація знімків, взаємне орієнтування, масштабування і горизонтування моделі. Розбіжність між геодезичною і фотограмметричною висотами точок не повинно перевищувати 0,2 висоти перерізу рельєфу.

10.4. ЗНІМАННЯ РЕЛЬЄФУ ТА КОНТУРІВ

Малювання рельєфу і контурів виконують в певній послідовності:

1) визначають висоти характерних точок рельєфу, які повинні бути підписані на карті. Для цього в характерних формах рельєфу стереоскопічними

штурвалами X , Y , Z , торкаються маркою даної точки. З лічильника висот знімають відмітку, олівцем показують планове положення точки на основі;

2) рисовку рельєфу починають з проведення структурних ліній (вододілів, тальвегом). Наносять елементи гідрографії і елементи рельєфу, що не виражаються горизонталями, визначають їх кількісні характеристики (висота об'єктів, насипи). Малювання горизонталей починають з найнижчих ділянок або горизонталей, які найбільш повно зображують характеристики рельєфу. Ножним штурвалом встановлюють відмітку горизонталі на лічильнику висот, а потім рухами штурвалів X і Y марку постійно утримують на торканні з поверхні, а в цей час на основі, за допомогою олівця, відображається горизонталі;

3) зйомку контурів виконується або до, або після проведення горизонталей. Це залежить від характеру території, що знімається.

При зйомці контурів, штурвалом X , Y , Z поєднують марку з точкою контуру, що наноситься і відпускають олівець на планшет. Штурвалом X і Y переміщують марку по контуру, а рухами ножного штурвала Z весь час утримують її на поверхні моделі. Олівцем наносять на планшет горизонтальний додаток контурів. Нанесення контурів виконують, порівнюючи з матеріалами польового дешифрування. Якщо необхідно виконати зйомку контурів з великим контурним навантаженням, то доцільно використовувати в якості основи фотоплан.

11. ВИКРЕСЛЮВАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ КАРТИ

Завершальним етапом складання карти є креслення і оформлення складеного оригіналу. При цьому спочатку необхідно провести самокорегування малювання рельєфу і контурів, виявити пропуски і недоробки. При виправленні оригінал повинен зіставлятися зі знімком або зі стереомоделлю. Оригінал повинен бути виконаний тушшю трьох кольорів: гідрографія – зелена, контури – чорні, рельєф – коричневий. Креслення повинно

бути чистим, акуратним і відповідати умовним знакам для топографічних карт заданого масштабу.

При кресленні фотоплану краще використовувати тверді олівці (Т, 2Т, 3Т чи Н, 2Н, 3Н). Для запобігання змиву туші при відбілюванні фото плану, в нього додають двохромовоокислий калит.

Спочатку викреслюють рамку листа і координатну сітку. Потім дороги, просіки, лінії зв'язку, газопроводи, тобто – всі елементи, які прийнято викреслювати в межах всього листа в один прийом. Потім нанести всі елементи по ділянках, починаючи з оформлення населених пунктів, нанесення промислових, сільськогосподарських об'єктів, проїздів, кварталів і т.д.

Межі контурів, споруди всередині кварталів викреслюються в першу чергу, потім переходять до оформлення об'єктів, що зображуються умовними знаками і написами.

При розміщенні написів необхідно виконувати наступні правила:

- положенні написів не повинно викликати сумнівів в тому, якому об'єкту вони належать;
- написи не повинні закривати шосейні дороги, ріки, канали, інші важливі об'єкти;
- кількість і розміщення написів повинно максимально сприяти читаності карти.

12. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Вкажіть основні технічні вимоги до топографічних карт масштабу 1:5000.
2. Вкажіть основний зміст, який повинні відображати топографічні карти масштабу 1:5000.
3. Коротко охарактеризуйте технологічну схему створення карта фотограмметричним методом.
4. Вкажіть основні технічні вимоги щодо аерознімання.
5. Розкрийте поняття: поперечного та поздовжнього перекриття і потрійного перекриття.
6. Які позиції необхідно визначити аерознімальними розрахунками?
7. Що таке базис фотографування?
8. Накресліть схему конструкції аерофотоапарату.
9. Які функції має гіростабілізуюча установка?
10. Яке призначення має статоскоп?
11. Якими пристроями визначається місцеположення літака та його висота під час аерознімання?
12. Що таке планово-висотна прив'язка аерознімків?
13. Вкажіть способи планово-висотної прив'язки аерознімків.
14. Що таке розпізнавальні знаки?
15. Що таке дешифрування аерознімків та його методи?
16. Яке призначення просторової фототріангуляції?
17. В чому різниці між маршрутною та блочною фототріангуляцією?
18. Які переваги має аналітична просторова фототріангуляція?
19. Що таке трансформування аерознімків та його види?
20. Вкажіть основні технологічні процеси зі створення фотоплану.
21. Яка різниця між фотопланом та фотосхемою?
22. Призначення стереографа СД?
23. Вкажіть основні етапи опрацювання аерознімків на універсальних фотограмметричних приладах.

13. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Іванова Л. І. Основи фотограмметрії: навчальний посібник / Л. І. Іванова, О. І. Єгоров. – К.:КНУБА, 2002. – 156 с.

2. Основи фотограмметрії. Робоча програма і методичні вказівки до вивчення дисципліни, виконання завдань і курсового проекту для студентів спеціальності 7.0709.01 «Геодезія» заочної форми навчання / Укл. Л. І. Іванова, О. І. Єгоров. – К.: КНУБА, 1999. – 49 с.

3. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000.-1:500. ГКНТА-2.04-02-98. - .Київ: ГУГК та К, 1992. - 155 с.

Характеристика ділянки знімання	Переріз рельєфу, м	Контурна частина плану	Знімання рельєфу	Масштаб аерознімання	Фокусна відстань АФА	Висотна підготовка
Населені пункти, промислові майданчики, забудовані території	0,5	фотоплан	стереоскопічне	1:10000-1:12000; 1:4500-1:6500	200; 350; 100; 70	планова, (суцільна)
	1,0	фотоплан	стереоскопічне	1:10000-1:12000; 1:6000-1:10000	200; 350; 100; 70	планова, (суцільна)
	2,0	фотоплан	стереоскопічне	1:10000-1:12000; 1:14000-1:10000	200; 350; 100; 140	планова, (суцільна) розріджена
Незабудовані території, сільськогосподарські угіддя	0,5	фотоплан, графічний план	стереоскопічне	1:4500-1:6500	100; 70	планова, (суцільна)
	1,0	фотоплан, графічний план	стереоскопічне	1:6000-1:10000	100; 70	планова, (суцільна), розріджена
	0,5	фотоплан, Графічний план	стереоскопічне	1:14000-1:10000	100; 140	розріджена

Для нотаток

ФОТОГРАММЕТРІЯ ТА ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ

Методичні вказівки

до виконання курсової роботи
для бакалаврів спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

Технічний редактор
Комп'ютерна верстка
Друк

Крячок С. Д., Гузь К. П.
Крячок С. Д.
Безкровна А. М.

Прийнято до друку 16.11.2017 р. Здано до друку 05.12.2017 р.
Формат 60x84/16Папір офіс. Гарнітура Times New Roman.
Друк - цифровий. Ум.-друк. арк. 3,25. Обл.-вид. арк. 1,62.
Наклад 3 прим. Зам. № 17109.017.003

Чернігівський національний технологічний університет
14027 м. Чернігів, вул. Шевченка, 95
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців,
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції
серія ДК № 4802 від 01.12.2014 р.