

## **РОЗВІДУВАННЯ, ПРОЕКТУВАННЯ ДОРІГ ТА ПЕРЕХОДІВ ЧЕРЕЗ ВОДОТОКИ**

**Омельчук С.К.**, канд.техн.наук, **Хом'як А.Я.**, канд.техн.наук, **Неівестна Н.В.**,  
канд.техн.наук, **Соловйова Н.П.**

### **АЕРОГЕОДЕЗИЧНІ МЕТОДИ ПРИ ТОПОГРАФОГЕОДЕЗИЧНИХ ЗНІМАННЯХ**

**Анотація.** Аналіз ефективності застосування новітніх високотехнологічних методів при виконанні топографо-геодезичного знімання місцевості для вивчення і оцінки місцевості, виконання проектно-дослідницьких робіт, забезпечення будівництва і реконструкції населених пунктів, промислового, гідроенергетичного і дорожнього будівництва та інших народно-господарських задач.

**Ключові слова:** топографо-геодезичні знімання, аерогеодезичні методи, стереофотограмметрія, фотограмметрія, універсальні та аналогові прилади.

**Вступ.** Топографо-геодезичні знімання місцевості, яке застосовують при створенні державних геодезичних мереж, проектування та будівництва інженерних споруд, картографування та вирішення багатьох народно-господарчих задач потребує впровадження найбільш ефективних і високотехнологічних методів, які б замінили трудомісткі польові процеси. Такими засобами автоматизації геодезичних робіт є аерофотознімання та впровадження фотограмметричних методів. Сучасні методи фотограмметрії дозволяють отримати високу точність вимірювань, оскільки вимірюють не самі об'єкти, а їх фотографічне зображення. Фотограмметрія - це засіб безконтактного дистанційного вимірювання при дослідженні недоступних об'єктів та динамічних процесів. У фотограмметрії використовують знімки, одержані спеціальними знімальними камерами з літальних апаратів або з поверхні Землі. Для топографічних цілей в народному господарстві

використовують і супутникову геодезію. В залежності від видів зйомки, вони поділяються на аерофотозйомку і наземну фотограмметричну зйомку.

**Мета і методи.** Метою аналізу застосування аерогеодезичних методів при топографо-геодезичних зніманнях є дослідження технологічних схем створення топографічних карт методами аерофотознімання і стереофотограмметрії. Одним з основних завдань геодезичної галузі в Україні є забезпечення народного господарства топографо- геодезичною і картографічною продукцією. На сьогоднішній день на всю територію України складені топографічні карти масштабів

1:100 000 ÷ 1:10 000. Сучасний етап картографування території України полягає в створенні топографічних планів великих масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 і 1:500, які знаходять широке застосування в різних галузях народного господарства.

**Результати і пояснення.** Топографічні плани створюються шляхом аеротопографічного знімання місцевості. Якщо виконується фотографування місцевості, вона називається аерофотозйомкою, якщо виконується сканування місцевості - це електронна зйомка. Крім цього використовується наземна фотограмметрична зйомка. Фотографування земної поверхні виконується з літальних апаратів (літаків, гелікоптерів, супутників, безпілотників).

Лінією, що є траєкторією польоту літака під час фотографування, називають маршрутом. Якщо ця лінія пряма, то маємо прямолінійний маршрут, також існують криволінійний та ламаний маршрути. Якщо фотографування ведеться у межах одного маршруту, то це маршрутне аерознімання. Якщо фотографують певну територію з кількох паралельних маршрутів, то маємо багато-маршрутне аерофотознімання (АФЗ).

Залежні від кута нахилу аерофотокамери під час знімання розрізняють АФЗ:

- горизонтальне, кут нахилу дорівнює нулю ( $\alpha=0$ )
- планове, якщо кут нахилу не перевищує  $3^\circ$  ( $|\alpha| < 3^\circ$ )
- перспективне, при куті нахилу більшим від  $3^\circ$  ( $|\alpha| > 3^\circ$ ).

Залежно від масштабу 1:m аерофотознімків розрізняють:

- дрібномасштабне АФЗ, масштаб знімків 1:50 000 і дрібніше;
- середньомасштабне АФЗ, масштаб знімків знаходиться в межах від 1:50 000 до 1: 10 000;

- великомасштабне АФЗ, масштаб більший від 1:10 000 [5].

Аерофотознімання проводять з використанням чорно-білої, спектрзональної або кольорової фотоплівки. Для топографічних цілей доцільно застосовувати кольорову плівку, бо такі знімки значно інформативніші. Спектрзональна плівка використовується для розв'язання задач топографічного призначення.

Для топографічного знімання треба витримувати основні параметри аерофотознімання, такі як: прямолінійність маршруту, горизонтальність траєкторії. Для планових знімків кут нахилу не повинен перевищувати  $3^\circ$ . Між знімками одного маршруту необхідно витримувати поздовжнє перекриття аерознімків, яке повинно бути  $\geq 53\%$ , поперечне перекриття між сусідніми маршрутними не повинно бути  $\geq 23\%$ .

Аерофотокамера, а в подальшому при фотограмметричній обробці, аерознімки повинні бути правильно зорієнтовані стосовно траєкторії польоту. Тому для виконання цієї задачі потрібна аерофотозйомка та спеціальна допоміжна апаратура, яка дозволяє витримувати всі параметри та вимоги до АФЗ. Сучасний стан розвитку електроніки, радіотехніки, супутникової навігації дозволив повністю автоматизувати процеси аерофотознімання. Так, наприклад, аерофотознімальна система ASCOT (Aerial Survey Control Tool)-дослівно «засіб для контролю за аерофотозніманням» повністю відповідає всім вимогам. Це багатофункціональна система, що дозволяє проектувати АФЗ, виконувати знімання згідно з проектом, автоматично витримувати навігаційні параметри АФЗ, а також фіксувати просторові координати аерокамери в момент фотографування [6].

При топографо-геодезичному зніманні необхідно виконати розрахунки параметрів АФЗ. Вибирають аерофотокамеру стосовно величини фокусної віддалі. У гірській місцевості або на забудованій високими будівлями використовують аерокамери з фокусною відстані  $f=200; 350$  або  $500$  мм. При картографуванні рівнинних територій використовують коротко та середньо-фокусні камери з фокусною відстанню  $f=70; 100; 140; 150$ мм.

Проектування осей маршрутів здійснюється на дрібномасштабних топографічних картах, які використовує штурман аерофотознімальник під час АФЗ. При використанні системи типу ASCOT попередньо карту оцифровують, тобто для кожного маршруту з карти знімають координати його початку і кінця.

Ці данні вносять в бортовий комп'ютер, який на автоматично за допомогою програми відслідковує аерознімальні маршрути, оптимізує та виконує інші операції з керування аерофотозніманням.

Під керівництвом штурмана вивчається район і територія фотографування на картах, схемах, описах з метою з'ясування фізико-географічних і кліматичних умов наявності основних майданних і лінійних орієнтирів і можливостей використання їх для візуального орієнтування. З'ясовуються орієнтовні дати початку і кінця безсніжного періоду, закінчення паводків і появи рослинного покриву, часу доби коли висота Сонця більше  $20^\circ$ , а при фотографуванні на кольорову або спектральнозональну плівку - більше  $25^\circ$ .

З'ясовують значення магнітних схилень і аномалій, проходження державного кордону, а також розташування повітряних трас, місцевих повітряних ліній, зон з особливим режимом польотів, аеродромів і їх даних відповідно до регламенту аеронавігаційної інформації з повітряних трас України. Треба врахувати також наявність основних і запасних аеродромів, їхнього устаткування радіо-світлочутливими засобами, схеми побудови маневру на посадку. При отриманні додаткових даних про район робіт уточнюються границі ділянок аерофотозйомки, їх середня площа фотографування і висота аерофотозйомки, а також час для початку і кінця фотографування. При цьому враховується, що аерофотознімання різних районів необхідно проводити у піщаних пустелях, степових районах і засніжених рівнинах. У ранковий час при фотографуванні довгі тіні від об'єктів дають можливість визначати напрямок дійсного меридіану і відповідно орієнтувати подальші планові матеріали в камеральних умовах. Аерофотознімання гірських районів виконують близько полудня, коли тіні найбільш короткі і не заважають розрізняти на аерофотознімках деталі місцевості в щілинах і глибоких западинах.

Маршрутне знімання виконується з обов'язковим поздовжнім перекриттям, площадне знімання складається з ряду маршрутів, між якими необхідно мати поперечне перекриття. Аерофотознімання роблять не раніше, ніж за один рік до початку камеральних робіт, з відновлення карти. Аерофотознімання виконується відповідно до основних положень по аерофотозніманню для створення і відновлення топографічних карт і планів з урахуванням масштабу карти, фізико-географічних умов району знімання, а також можливості універсальних параметрів [2].

Стереофотограмметричний метод дозволяє знімати в камеральних умовах не тільки контурну частину, але й рельєф місцевості. Він є основним методом створення топографічних карт. Цей метод використовує властивості пари знімків, яка дозволяє отримати стереоскопічну моделі місцевості у будь-якому масштабі. Стереоскопічна модель місцевості - це зменшене, подібне місцевості зображення земної поверхні, яку ми бачимо при бінокулярному розгляданні двох суміжних аерознімків певним чином зорієнтованих. За стереотопографічним методом топографічні карти і плани складається на аналітичних приладах.

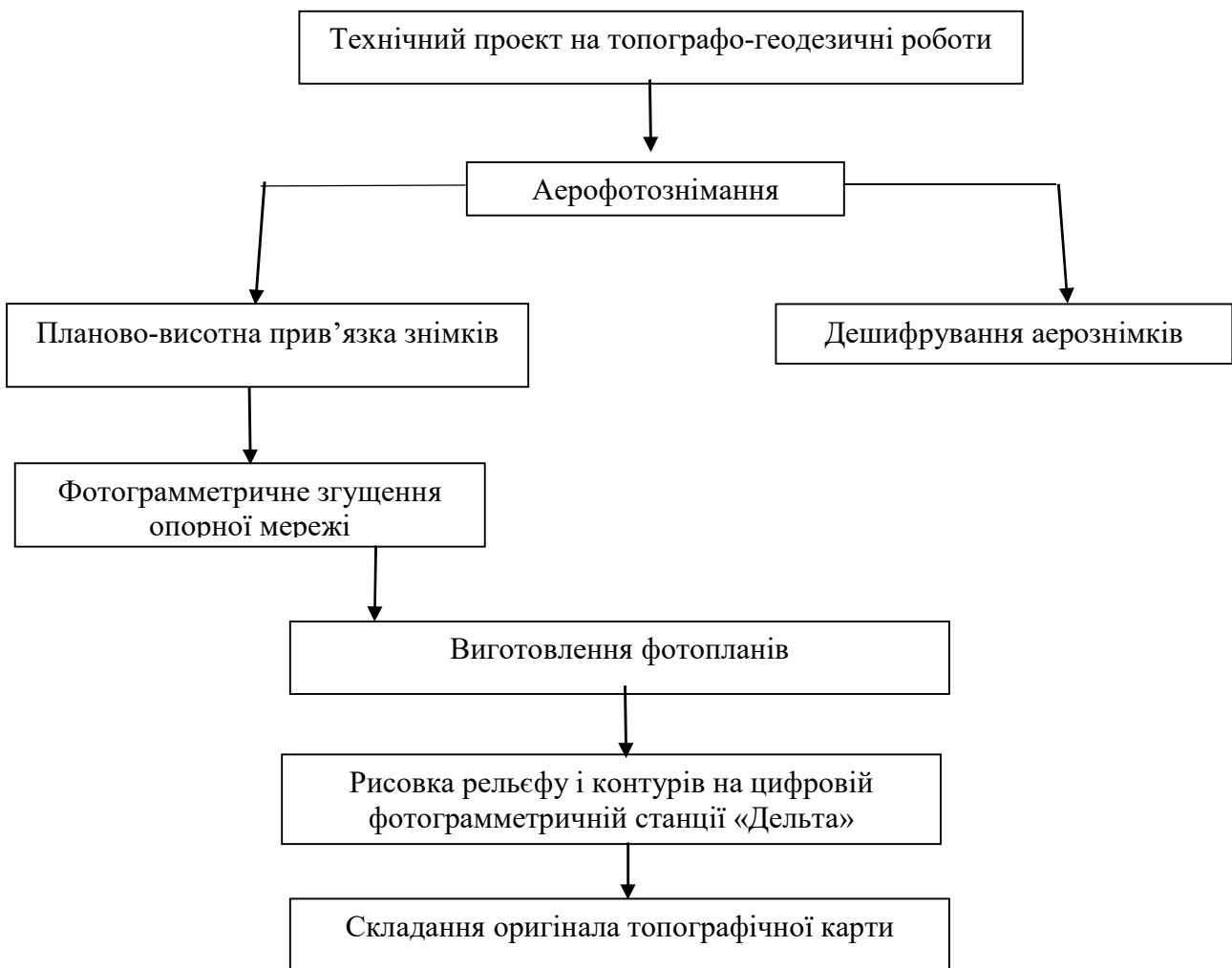


Рисунок 1 – Технологічна схема виконання топографо-геодезичних робіт

Дешифрування аерознімків це розкриття об'єктів і рельєфу місцевості по їх фотографічному зображенню. Дешифрування буває суцільним і маршрутним. Суцільне польове дешифрування виконується на важливих народно-

господарських і оборонних об'єктах. Маршрутне дешифрування виконується в поєднанні з камеральним для інших районів.

Карти масштабів 1:10 000 призначені для детального вивчення й оцінки місцевості, орієнтування на місцевості, виконання проектно-дослідницьких робіт, забезпечення будівництва і реконструкції населених пунктів, промислового, гідроенергетичного і дорожнього будівництва, вибору трас і прокладки трубопроводів, ліній зв'язку й електропередачі, великомасштабної геологічної зйомки і пошуково-розвідувальних робіт, проектування меліоративних систем землевпорядження і лісовпорядження, визначення координат об'єктів [1].

Стереофотограмметрична обробка матеріалів аерофотознімання дає змогу отримати топографічний план або карту, електронну карту (ЕК) та цифрову модель місцевості (ЦММ). Цифрові моделі місцевості поділяють на цифрові моделі рельєфу (ЦМР), цифрові моделі контурів (ЦМК), цифрові моделі гідрології, геології та ґрунтознавства (ЦМГ), які об'єднані єдиною назвою цифрової моделі інженерного призначення (ЦМІП). Цифрові моделі в залежності від складності рельєфу поділяються на структурні, регулярні, та нерегулярні і дають можливість автоматизації обробки матеріалів знімання [8].

Крім стереофотограмметричної обробки матеріалів аерознімання, використовується наземне фототеодолітне знімання місцевості, яке виконується фототеодолітним комплектом. Фототеодоліт-це прилад, який поєднує теодоліт з фотокамерою. До комплекту фототеодоліта входить теодоліт, базисна нівелірна рейка, марки, ниткові виски, штативи та касети, пристрої та накладний рівень. Ситуацію і рельєф місцевості на фототеодолітних знімках отримують з двох точок базису фотографування. Для отримання стереоскопічної моделі слід надати знімкам такого самого положення, яке вони займали один відносно одного в період знімання і поновити зв'язок променів, які існували при фотографуванні [4].

Камеральне оброблення стереопар фотознімків виконують графічним, графомеханічним і аналітичним способами. В результаті отримують топографічні плани та цифрові моделі місцевості (ЦММ). Графічний спосіб використовують для складання топографічних планів. Цей спосіб малопродуктивний, тому що він неавтоматизований і не знає змогу скласти ЦММ.

Графомеханічний спосіб вимагає наявності досить складних універсальних фотограмметричних приладів. При цьому забезпечується одночасна обробка знімків та складання топографічних планів на координатографах, але не дає змоги отримати ЦММ.

Аналітичний спосіб виконується на стереофотограмметричних приладах з автоматичною реєстрацією результатів вимірювання фототеодолітних знімків. Координати точок місцевості обчислюють на комп'ютері, а топографічний план отримують на графопобудівнику з підготовкою масиву точок ЦММ.

Синтез комп'ютерних технологій обробки зображень місцевості та методів стереофотограмметричної обробки аерознімків дав можливість створити автоматизовану систему цифрової фотограмметрії (АСЦФ). Аналогом такої системи є цифрова фотограмметрична станція «Дельта» (Україна) і «Photomod» Росія.

**Висновки та рекомендації.** При виконанні аналізу методів, які виконують при топографо-геодезичних зніманнях, порівнювались аерогеодезичні методи, такі як: аерофотозйомка, електронне знімання чи скасування земної поверхні. Стереофотограмметричне знімання має високий ступінь автоматизації та точності вимірів, дає змогу отримувати одночасно топографічні плани, карти і цифрову модель місцевості, має високу продуктивність праці.

Застосування спеціального комплексу космічних і наземних технологічних засобів, сучасного програмного забезпечення продемонструвало багато переваг використання даного комплексу. Вони базуються на аналогово-аналітичній обробці знімків за допомогою універсальних приладів, забезпечених пристроями для автоматизованої реєстрації цифрових даних.

### Перелік посилань

1. Войтенко С.П. Інженерна геодезія: Підручник-К.: Знання, 2009-557.- Вища освіта ХХІ століття.
2. Дорожинський О.Л. Основи фотограмметрії/О.Л. Дорожинський. - Л., 2003-212с.
3. Островський А.Л. Геодезія /А.Л. Островський, О.І. Мороз, В.Л. Тарнавський. – Л.: Простір М, 2007-410 с.
4. Сердюков В.М. Фоторрмерія. – М. Вища школа, 1983. – 28-34 с., 60-80 с.
5. Мала гірнича енциклопедія: у 3 т./за ред. Білецького В.С. – Д.: Східний видавничий дім, 2004-2013 с.
6. Дейнеко В.Ф., Аерогеодезія: - М. Віща школа, 1985.- 326 с.
7. Железняк О.О., Чубко Л. С. Космічна фотограмметрія: навч. посіб. /О.О. Железняк, Л.С. Чубко. – К:НАУ, 2012.- 220 с.
8. Зацерковний В.І., Бурачек В.Г., Железняк О.О., Терещенко А.О. геоінформаційні системи і бази даних: монографія. – Кн.1 Ніжин: НДУ ім. Гоголя, 2014. – 492 с.