

# КАРТОГРАФІЯ І АЕРОФОТОЗНІМАННЯ

УДК 528.72/73

В.М. Глотов А.П. Коленніков, В.Д. Макаревич  
Національний університет “Львівська політехніка”

## ЗАСТОСУВАННЯ ГВИНТІВКОВОГО АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ПОЛІГОНУ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ОПЕРАТИВНОГО ВИЯВЛЕННЯ ОБ’ЄКТІВ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ АНТИТЕРОРИСТИЧНИХ ОПЕРАЦІЙ

© Глотов В.М., Коленніков А.П., Макаревич В.Д., 2006

*Пропонується методика використання модельного комплексу у складі макетного взірця цифрового стереофотограмметричного комплексу розвідки та гвинтівкового артилерійського полігону Львівського інституту Сухопутних військ Національного університету “Львівська політехніка” для розв’язування задач розвідки і спостереження.*

*Methodology of application of modeling complex as the part of pattern digital stereophotogrammetric complex of reconnaissance and rifle artillery polygon of Lviv Institute of Land forces for solution of reconnaissance and observation tasks is proposed.*

**Постановка проблеми.** Зміна характеру бойових дій під час локальних миротворчих операцій при проведенні антитерористичних акцій останнім часом вимагає зміни функцій спостережних постів (СП). Зараз завдання особового складу полягає у визначенні, окрім системи вогню противника, а також розташування його вогневих засобів та їх інженерного обладнання, ще й у виявленні подій (постріл, вибух, пожежа тощо), фіксації часу їх появи, визначенні координат подій та своєчасної передачі даних про них до старшого начальника.

**Зв’язок із важливими науковими й практичними завданнями.** Спостереження із стаціонарних СП, що проводиться вдень і вночі, пов’язане з певним ризиком для особового складу посту (пост розташований над поверхнею землі і добре спостерігається з оточуючих місцевих предметів, що уможливує проведення вогню по спостерігачах). Враховуючи зміни в характері бойових дій та необхідність збереження життя особового складу СП, доцільно провести оснащення постів цифровими стереофотограмметричними комплексами. Їх застосування дасть змогу розв’язати такі завдання:

- вивчення місцевості, важливих об’єктів у секторі відповідальності до заступання на чергування;
- укриття особового складу СП під час обстрілу посту без зупинки моніторингу зони відповідальності;
- можливість одночасної фіксації множини подій (незалежно від кількості) у секторі відповідальності;
- можливість визначення координат кожної зафіксованої події з необхідною точністю, передачі отриманих даних до старшого командира;
- можливість документального підтвердження протиправних дій однієї з сторін (знімок події, пострілу тощо із зазначенням часу і дати знімання, визначення координат події об’єктів на спірній території тощо);
- відображення даних про подію на електронній карті старшого командира для розподілу цілей між засобами впливу (вогневими засобами ураження, групами спецпідрозділів тощо).

**Аналіз останніх досліджень та публікацій, в яких започатковано вирішення цієї проблеми.** У [8] наводяться характеристики засобів розвідки переднього краю, проте жодний з них не задовольняє сучасним вимогам, оскільки за допомогою цих систем неможливо визначити оперативно та з відповідною точністю координати орієнтирів та цілей. У публікаціях [13–17] акцентується увага на модернізації озброєння, яке застосовується снайперами. Це викликає додаткові труднощі під час визначення положення стрільців.

Отже, аналізуючи літературні джерела, необхідно зазначити, що сучасні системи спостереження повинні бути максимально оперативними та точними, тільки тоді можна стверджувати, що вони будуть ефективними і принесуть користь у забезпеченні охорони особового складу.

**Невирішені частини загальної проблеми.** Необхідно зазначити, що для якісного проведення досліджень і випробувань цифрового стереофотограмметричного комплексу (ЦСК) потрібне постійне залучення реальних вогневих засобів [4]. Робота повинна проводитись на реальних відстанях, реальними боєприпасами, у різний час доби та пори року [6]. Після всебічного дослідження комплексу постає проблема швидкого навчання особового складу роботі на комплексі, що, враховуючи відстані до об'єктів знімання в 1000 – 2000 м і більше, потребує певних витрат коштів та часу на організацію імітації, зв'язку, розташування особового складу тощо.

**Постановка завдання.** Враховуючи проблеми сьогодення, перед авторами постає два завдання:

- мінімізування витрат на проведення досліджень і випробувань ЦСК в умовах, максимально наближених до реальних, у різний час доби, пори року, із застосуванням реальної стрілецької зброї та боєприпасів;

- скорочення часу навчання особового складу роботі з ЦСК як вдень, так і вночі.

**Виклад основного матеріалу.** Для розв'язання поставлених завдань було розроблено методику застосування макетного зразка ЦСК та гвинтівкового артилерійського полігону (ГАП) Львівського інституту Сухопутних військ НУ “Львівська політехніка” у складі єдиного модельного комплексу.

На рис. 1 показано будівлю гвинтівкового артилерійського полігону ГАП, а на рис. 2 – фрагмент мішенного поля ГАП.

Коротко висвітлимо тактико-технічні характеристики ГАП.

Призначення ГАП: виріб ГАП 72 призначений для створення мішенного стану і керування ним під час проведення артилерійських стрільб на імітаційних засобах з виконанням завдань за такими видами стрільби наземної артилерії:

- за допомогою секундоміра і віддалеміра;
- зі спостереження знаків розривів НЗР;
- по цілях, що рухаються за допомогою ВЗР;
- по змінених відхиленнях за допомогою спряженого спостереження НР;
- освітлювальними снарядами.

Характеристики ГАП наведено в табл. 1.

Можливості ГАП: виріб ГАП 72 призначено для роботи в таких умовах:

- а) температура навколишнього повітря – від  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$  ;
- б) відносна вологість навколишнього повітря – не більше 80 % при  $+20^{\circ}\text{C}$  ;
- в) навколишнє середовище – невибухонебезпечне, не містить газів і парів у концентраціях, що знищують метали і ізоляцію.

Отже, було запропоновано задіяти ЦСК для знімання ГАП під час виконання бойових стрільб з метою визначення координат стрільців та їх ототожнення на цифрових зображеннях.



Рис. 1. Будівля гвинтівкового артилерійського полігону



Рис. 2. Фрагмент мішенного поля гвинтівкового артилерійського полігону

Таблиця 1

### Характеристики ГАП

1. Джерела живлення гвинтівкового артилерійського полігону	Трифазний змінний струм напругою 380/220 В частотою 50 Гц
1	2
2. Потужність електрообладнання: – встановлена – така, що використовується, але не більше	10 кВА 5 кВА
3. Напруга живлення: – електроприводу – пульта – установки АМС 66М	380/220 В $\pm$ 10 % 127 В $\pm$ 10 % 127 В $\pm$ 10 %
4. Швидкості пересування рухомих цілей	1,52 км/год 1,18 км/год 0,59 км/год

Продовження табл. 1

1	2
5. Імітація автоматно–кулеметного вогню: – частота – пауза між серіями мигань	3,5 мигання протягом 4–5 с 1,5–2 сек
6. Імітація артилерійського вогню: – тривалість спалаху – пауза між спалахами	1,5–2 сек 1,5–2 сек
7. Тривалість “спалаху” під час стрільби з секундоміром в режимі “засічка”	1,5–2 сек
8. Час горіння імітатора освітлювального снаряда	30±3 сек 60±6 сек 90±9 сек 120±12 сек 150±15 сек
9. Масштаб гвинтівкового артилерійського полігону ГАП 72	1:10
10. Максимальні розміри мішенного поля: – глибина – ширина	152 м 102 м

На рис. 3 показано діючий макет фотовідеотеодоліта, а в табл. 2 – повний склад ЦСК. Призначення, складові та можливості якого детально описані в [1–6].

Таблиця 2

**Повний склад ЦСК**



Рис. 3. Діючий макет фототеодоліта

№ з/п	Назва приладів	Кількість
1	Електронний тахеометр	2
2	Цифрова фотокамера	2
3	Цифрова відеокамера (ЦФВТ)	2
4	Персональний комп'ютер (ПЕОМ) та оптична система (ОП)	2(1)
5	Двочастотний GPS-приймач	2
6	Мережеве обладнання	2 комп. л.
7	Марка	1
8	Штативи	2
9	Цифрова радіостанція (АПД)	1

Створений модельний комплекс дає змогу проводити дослідження можливостей ЦСК з виявлення і фіксації подій на реальних відстанях із залученням стрілецької зброї (кулемета ПКТ) під час проведення занять з курсантами інституту. Також комплекс доцільно застосовувати для навчання курсантів роботі з ЦСК із залученням імітаційних можливостей ГАП.

Для підтвердження моделювання задачі СП проведено експериментально-дослідницьку роботу в період від 01.06.06. до 26. 10. 06. на території ГАП ЛВІ.

Перед проведенням експериментальних робіт зроблено розрахунок попередньої точності просторових координат точок об'єкта, що досліджувався. У нашому випадку максимальна відстань –  $Y = 1500$  м,  $f = 290$  мм,  $\sin j = 90^\circ$ ,  $x = 40$  мм,  $z = 30$  мм,  $B = 150$  м;  $m_x = m_z = 5$  мкм,  $m_b = 1$  см. Отримано:  $m_x = 0,2$  м;  $m_y = 0,8$  м;  $m_z = 0,1$  м.

Для підтвердження моделювання задачі СП проведено експериментально-дослідницьку роботу в період від 01.06.06. до 26.10.06. на території ГАП ЛВІ.

Під час експериментально-дослідних робіт було замарковано та визначено за допомогою GPS-приймачів координати 15 контрольних точок, за якими оцінювали точність запропонованого способу. Середні квадратичні похибки становили відповідно:  $m_x = 0,15$  м,  $m_y = 0,74$  м,  $m_z = 0,13$  м. Як бачимо, ці значення, за винятком  $m_z$ , не перевищують допустимих. Цей незбіг пояснюється розташуванням об'єкта знімання [3].

Технологічна схема №1 експериментальних робіт (рис. 4) складалася з:

1) встановлення в укритті на полі на відстані порядку 1500 м від приміщення ГАП фотовідеотеодоліта та орієнтовної марки на точках базису;

2) орієнтування комплексу на лівій точці базису та виконання знімання (цифровим фотоапаратом та відеокамерою) під час здійснення пострілів з будівлі ГАП по мішенному полю:

– орієнтування комплексу проводилося у визначеній послідовності [2];

– встановлення фотовідеотеодоліта у точці базису і приведення його та марки в робоче положення;

– орієнтування камер щодо орієнтирного пристрою;

– орієнтування комплексу та виконання знімання (нормальні та рівновідхилені випадки знімання) [7];

3) виконання аналогічних дій на правій точці базису;

4) встановлення в укритті на полі на відстані порядку 1500 м від приміщення ГАП фотовідеотеодоліта та орієнтовної марки на точках базису;

5) орієнтування комплексу на лівій точці базису та виконання знімання (цифровим фотоапаратом та відеокамерою) під час здійснення пострілів з будівлі ГАП по мішенному полю.

Орієнтування комплексу проводилося в такій послідовності [2]:

– встановлення фотовідеотеодоліта на точці базису і приведення його та марки в робоче положення;

– орієнтування камер щодо орієнтирного пристрою;

– орієнтування комплексу стосовно базису знімання (нормальні та рівновідхилені випадки знімання) [7];

б) виконання аналогічних дій на правій точці базису.

Знімання проводилось в період максимального освітлення (вдень).

Загальна відстань від ЦСК до об'єктів знімання становила  $D = 1450$  м, довжина базису –  $B = 102$  м.

Поодинокі постріли виконувались з кулемета ПКТ з третього поверху будівлі ГАП по цілях, розташованих на мішенному полі ГАП. Обслуга ЦСК попереджувалась про проведення пострілу за 10 с для увімкнення відеокамери та укриття особового складу. Після проведення пострілу відеокамера вимикалась, а зображення з камер було передано на комп'ютер (з лівої та правої точок базису) [4]. Паралельно обчислювалися координати базисних точок, отриманих за допомогою комплексу. Лінійні елементи зовнішнього орієнтування ( $X_{s_i}$ ,  $Y_{s_i}$ ,  $Z_{s_i}$ ) заносилися в програму "Models" та виконувалося зовнішнє орієнтування моделі в режимі двох поодиноких знімків. Під час застосування програми "Digital" визначалися координати спалахів пострілів [6].

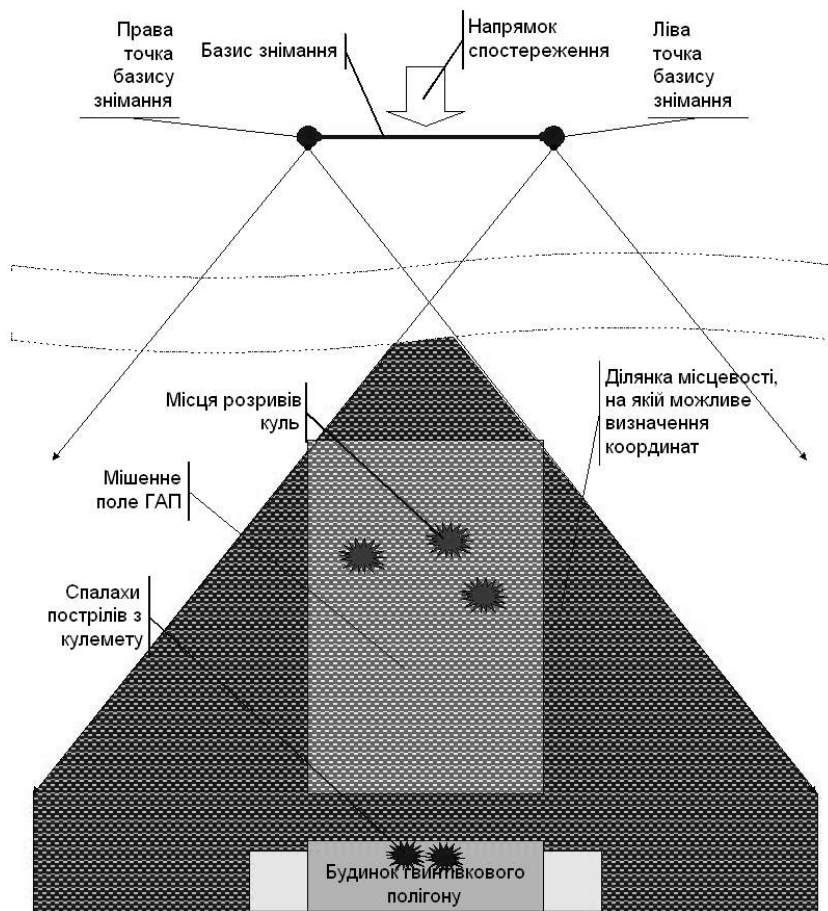


Рис. 4. Схема №1 експериментальних робіт

Технологічна схема №2 експериментальних робіт (рис. 5) складалася з:

1) встановлення в приміщенні ГАП фотовідеотеодоліта та орієнтувальної марки на точках базису. Визначення координат місцеположення імітаторів «стрільців з вогневыми засобами» за закріпленими планово-висотними знаками опізнавання (в ролі знаків опізнавань виступають забетоновані центри орієнтирів з визначеними умовними координатами);

2) орієнтування комплексу на лівій точці базису та виконання знімання під час здійснення імітаторами відповідних дій (імітація розриву снаряда, пожежі, пострілу тощо);

3) виконання аналогічних дій на правій точці базису.

Знімання проводилось як у період максимального освітлення (вдень), так і у вечірній (нічний) час.

Загальна відстань від ЦСК до об'єктів знімання становила  $D=60-130$  м, відповідно довжина базису –  $B=10$  м, відстань між імітаторами-стрільцями по фронту – до 25 м, за глибиною – до 50 м..

1. Об'єкти являли собою макети одноповерхових сільських будинків, виготовлених у відповідному масштабі ГАП. Імітатори розташовувалися біля верхнього правого кута макетів в такий спосіб, щоб пристрій для імітації стрільби збігався з цим кутом. Пожежа та розрив снарядів імітувались багаттям, димом від багаття відповідно на місцях орієнтирів. Просторові прямокутні координати цих макетів в системі координат WGS-84, як вказувалось вище, визначалися з точністю до 0,01 м. Орієнтування комплексу проводилося аналогічно до попереднього експерименту. Далі за відповідними командами розпалювалося багаття та виконувалася серія спалахів з паралельним зніманням ракурсу у напрямку мішенного поля та із синхронізацією експонування за допомогою цифрових відео- та фотокамери. Після чого операції виконувалися з правої точки базису знімання.

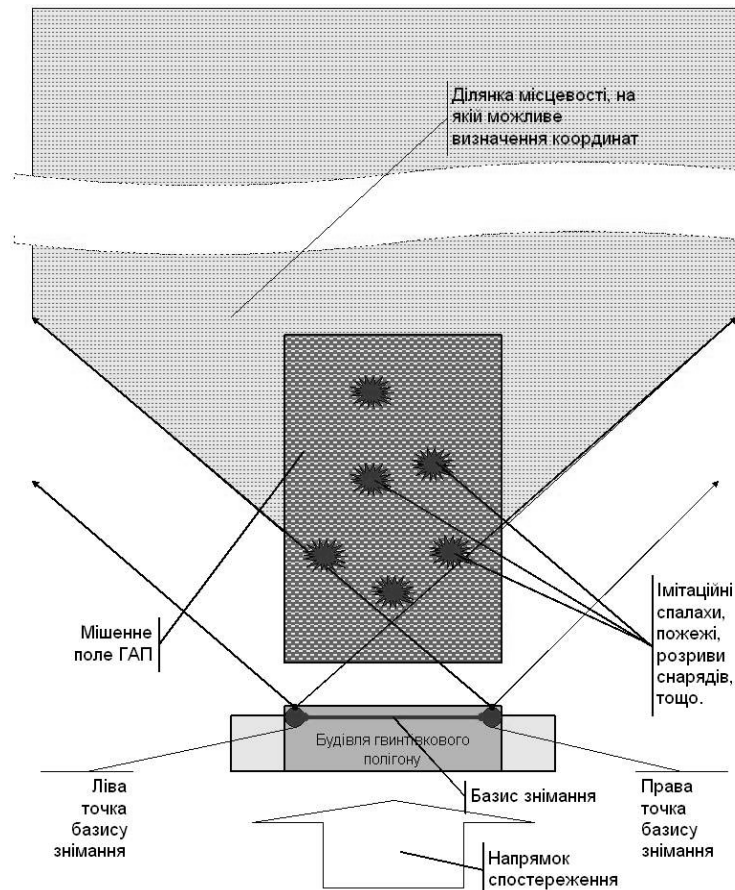


Рис. 5. Схема №2 експериментальних робіт

Перша частина експерименту проводилась за інтенсивного сонячного освітлення у бік об'єкта знімання.

У нічний період експериментальні роботи повторювались в тому самому обсязі.

Обробка зображень виконувалась аналогічно, як і у попередньому експерименті.

Для визначення координат орієнтирів та цілей за спалахами у вечірній та нічний час, ототожнення об'єктів у вечірній час запропоновано технологічну схему оброблення цифрових знімків на цифровій фотограмметричній станції (ЦФС).

Отже, застосовуючи створений модельний комплекс та розроблені авторами методики, можливо значно скоротити витрати коштів та часу за рахунок того, що:

- випробування та дослідження можливостей ЦСК проводитимуться під час планових занять з курсантами в період польового виходу, із залученням стрілецької зброї та боєприпасів, у реальних погодних умовах, у різний час доби (технологічна схема №1);

- навчання курсантів роботі з ЦСК проводитиметься під час польового виходу, із залученням імітаційних засобів на порівняно невеликій ділянці мішенного поля ГАП, що дає можливість організувати візуальний та голосовий зв'язок між виконавцями-імітаторами, особовим складом, що навчається, та керівником занять для організації різноманітних ситуацій (технологічна схема №2).

#### Висновки:

1. ЦСК дає змогу, використовуючи запропоновану технологію, виявляти об'єкти вдень і вночі, визначати їх просторові координати, лінійні розміри, відстані до них та відстані між об'єктами в секторі спостереження.



2. Для успішного застосування ЦСК у миротворчих операціях з метою документального підтвердження протиправних дій однієї зі сторін доцільно провести випробування комплексу на ГАП ЛВІ в умовах, максимально наближених до реальних.

3. Застосування модельного комплексу доцільно проводити з метою навчання відповідних категорій особового складу виконанню повного циклу дій під час спостереження з СП.

4. Застосування запропонованого модельного комплексу дасть змогу значно скоротити витрати коштів та часу.

1. Глотов В.М. Розробка та дослідження фототеодоліта на базі цифрової камери та оптичного теодоліта Theo-010B // *Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища – GPS- і GIS- технології: Зб. матер. V Міжнар. наук.-техн. симпозіуму.* – Львів, 2000. – С.5–9. 2. Глотов В.М. Визначення координат орієнтирів та цілей цифровим стереофотограмметричним методом // *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Зб. наук. праць.* – Львів, 2001. – С.118–121. 3. Глотов В.М., Макаревич В.Д., Процик М.Т. Аналіз точності визначення координат цілей при застосуванні цифрового фототеодолітного знімання залежно від нахилу знімальної поверхні // *Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища – GPS- і GIS-технології: Зб. матер. IX Міжнар. наук.-техн. симпозіуму.* – Львів, 2004. – С.26–32. 4. Глотов В.М., Макаревич В.Д. Оперативне виявлення об'єктів цифровим стереофотограмметричним комплексом під час виконання миротворчих операцій // *Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища – GPS- і GIS-технології: Зб. матер. X Міжнар. наук.-техн. симпозіуму.* – Львів, 2005. – С.210–214. 5. Глотов В., Лялюк Д., Макаревич В. Дослідження точності визначення координат цілей та орієнтирів при застосуванні цифрового фототеодолітного комплексу // *Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища – GPS- і GIS-технології: Зб. матер. X Міжнар. наук.-техн. симпозіуму.* – Львів, 2005. – С.205–210. 6. Глотов В.М., Макаревич В.Д. Аналіз можливостей цифрового стереофотограмметричного комплексу стосовно виявлення подій в районах відповідальності миротворчих підрозділів // *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Зб. наук. праць.* – Львів, 2006. – С.173–182. 7. Лобанов А.Н. *Фототопографія.* – М.: Недра, 1983. – 219 с. 8. Панасюк В.В. *Технічні засоби розвідки та їх бойове застосування: Підручник.* – 2-ге вид. – К.: ГУР, 2002. – 152 с. 9. *XXI век: оружие, военная техника, средства обеспечения* // ЗВО. – 2000. – №9. – С.65. 10. *Винтовочный артиллерийский полигон ВАП 72. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. ВАП 72- 00.00.000. ТО.* – М.: Воениздат, 1973. – 71 с. 11. *Краткое руководство по использованию цифровой камеры Canon EOS 350D (рус.).* – 2002. 12. *Программное обеспечение для создания и редактирования цифровых карт и планов: Руководство оператора. Часть 2. “Геосистема”.* – Винница, 2000. 13. *Гранатометы, пулеметы.* 14. <http://www.weaponplace.ru/> – все про вооружение. 15. <http://world.guns.ru/> – современное стрелковое оружие и боеприпасы. 16. <http://www.ckb-photon.ru/nightvisiondevices/index.htm> – приборы ночного видения, наблюдения. 17. <http://www.mfit.ru/defensive/index.html> – новости о модернизации вооружений.