

УДК 355.4

В. В. Обрядін, В. В. Овчаренко, Г. О. Радіонов, І. С. Луговський

ВИКОРИСТАННЯ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ КОРИГУВАННЯ СТРІЛЬБИ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ ПІДРОЗДІЛІВ НАЦІОНАЛЬНОЇ ГВАРДІЇ УКРАЇНИ

Запропоновано використання ГІС-технологій для виконання завдань топогеодезичного забезпечення стрільби артилерійських підрозділів Національної гвардії України, зокрема, здійснення артилерійської пристрілки за допомогою далекоміра та способом сполученого спостереження.

Ключові слова: геоінформаційні технології, коригування вогню, сполучене спостереження.

Постановка проблеми. Топогеодезичне забезпечення – один із видів бойового забезпечення військ. Воно являє собою комплекс заходів щодо підготовки і доведення до військ топогеодезичних даних, необхідних для вивчення й оцінювання місцевості, орієнтування на ній, ефективного застосування зброї і бойової техніки та управління військами.

До завдань топогеодезичного забезпечення стрільби належать визначення координат елементів бойових порядків артилерійського підрозділу, цілей та реперів на полі бою, азимутів орієнтирних напрямків.

Отже, метою статті є надання допомоги командирам, офіцерам артилерійських підрозділів, які надходять до складу нової організаційно-штатної структури частин Національної гвардії України, у практичному використанні існуючих ГІС-технологій як для виконання завдань топогеодезичного забезпечення стрільби артилерійських підрозділів, так і для коригування їх вогню.

Стан справ та аналіз публікацій. Поточні перевірки виконання нормативів з військової топографії, які проводилися серед слухачів на курсах підвищення кваліфікації та курсантів старших курсів Національної академії, свідчать про те, що рівень практичних навичок тих, хто навчається, та знань сучасного стану речей щодо практичного використання існуючих ГІС для виконання завдань топогеодезичного забезпечення дійсно потребують не лише вдосконалювання, але й постійного впровадження у практику військ новітніх досягнень науки і техніки.

Із цього приводу запропонована стаття спрямована на поширення знань і практичного досвіду офіцерів артилерійських підрозділів, а також слухачів та курсантів академії щодо самостійного використання ГІС-технологій, зокрема, вітчизняного програмного продукту ГІС “Панорама” фірми “ГІСІНФО” та закордонного “Arc View Gis 3.3” для виконання

завдань службово-бойової діяльності підрозділів Національної гвардії України [2].

Виклад основного матеріалу. У разі здійснення стрільби із закритих вогневих позицій командир артилерійського підрозділу повинен організувати коригування вогню на підставі оцінки відхилення отриманих розривів від цілі.

Відхилення розривів від цілі залежно від способів пристрілювання визначають:

– за відстанню у метрах – переліт (знак “+”), недоліт (знак “-”);

– за напрямком у поділках кутоміра (п.к.).

Значення величин коригування відстані та напрямку визначають розрахунком або за допомогою приладів залежно від способів пристрілювання цілі.

Коригування величини напрямку стрільби полягає у виведенні розривів на лінію спостереження та утриманні розривів на цій лінії у процесі стрільби.

Із теорії стрільби [1] відомо, що виведення розривів на лінію спостереження здійснюється за допомогою коефіцієнта віддалення K_y , а утримання розривів на лінії спостереження у процесі стрільби – за допомогою кроку кутоміра Π_y .

Розглянемо способи пристрілювання цілі за допомогою далекоміра та способом сполученого спостереження.

Сполученим спостереженням в артилерії називається одночасне спостереження не менш ніж із двох пунктів, яке організується з метою засікання та визначення координат цілей, реперів, орієнтирів, а також для забезпечення стрільби.

Пристрілка за допомогою далекоміра здійснюється з одного КСП. Спостерігач із точки K_1 (рис. 1) вимірює відстань до цілі $D_{1ц}$ (відірок $K_1Ц$) та дирекційний кут $A_{1ц}$ до неї, а у разі появи розриву – відстань до нього $D_{1р}$ (відірок $K_1Р$) та дирекційний кут $A_{1р}$. Точка положення спостерігача K_1 відносно точки цілі $Ц$ складає з точкою O кут $\angle OЦK_1$ – поправка на зміщення).

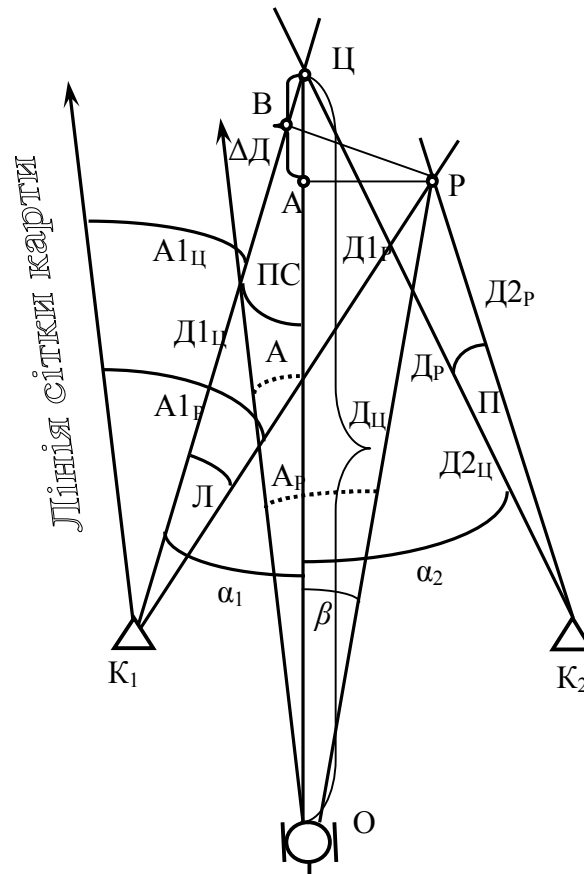


Рис. 1. Графічне подання способу сполученого спостереження

Спосіб сполученого спостереження також графічно подано на рис. 1, де O – вогнева позиція; Γ – ціль; K_1 – точка положення лівого спостерігача; K_2 – точка положення правого спостерігача; P – отримана точка розриву; D_{Γ} – відстань (відрізок $O\Gamma$) до цілі Γ з вогневої позиції O ; $D_{2\Gamma}$, D_{2P} – відповідно відстані до цілі (відрізок $K_2\Gamma$) та точки розриву (відрізок K_2P) від другого спостерігача K_2 ; α_1 – кут ($\angle O\Gamma K_1$) відносно вогневої позиції O , під яким спостерігач K_1 спостерігає ціль Γ (PC_1 – поправка на зміщення для K_1); α_2 – кут ($\angle O\Gamma K_2$) відносно вогневої позиції O , під яким спостерігач K_2 спостерігає ціль Γ (PC_2 – поправка на зміщення для K_2).

Під час проектування точки розриву P на лінію цілі $O\Gamma$ визначають величини коригування відстані ΔD (відрізок $A\Gamma$) та коригування напрямку AP (лінійне значення величини коригування). Поділивши величину відрізка AP (у метрах) на $0,001 \cdot D_{\Gamma}$, отримуємо величину коригування напрямку β (у поділках кутоміра) ($\angle \Gamma O P$).

У теорії стрільби та управління вогнем артилерійських підрозділів наведені аналітичні вирази для розрахунків значень величин

коригування у разі проведення пристрілки за допомогою далекоміра з одного (точка K_1) КСП [1], зокрема:

$$\alpha = (A_{1P} - A_{1\Gamma}); \quad (1)$$

$$BP = (\alpha \cdot 0,001 \cdot D_{1P}); \quad (2)$$

$$B\Gamma = D_{1\Gamma} - D_{1P} \cdot \cos \cdot \alpha = d; \quad (3)$$

$$A\Gamma = d \cdot \cos \cdot PC + BP \cdot \sin \cdot PC; \quad (4)$$

$$AP = BP \cdot \cos \cdot PC - d \cdot \sin \cdot PC. \quad (5)$$

Остаточно, з урахуванням виразів (2) і (4) можна одержати вираз для розрахунку значень величин коригування відстані ΔD :

$$\Delta D = A\Gamma = d \cdot \cos \cdot PC + \alpha \cdot 0,001 \cdot D_{1P} \cdot \sin \cdot PC. \quad (6)$$

Кінцевий вираз для розрахунку значення величини коригування напрямку у поділках кутоміра знаходять, поділивши значення величини AP [вираз (5)] на $0,001$ топографічної відстані (відрізок $O\Gamma$) до цілі D_{Γ} , беручи до уваги те, що відстані з вогневої позиції до цілі D_{Γ} і до розриву D_P змінюються *незначно*:

$$\Delta\beta' = -\alpha \cdot \frac{D_{1p}}{D_{1c}} \cdot \cos \cdot PC + d \cdot \frac{1000 \cdot \sin \cdot PC}{D_{1c}} \quad (7)$$

Вирази (6) і (7) дозволяють обчислити значення величини коригування під час виконання пристрілки цілі за допомогою далекоміра, при цьому положення спостерігача відносно вогневої позиції враховується відповідно до знака кута PC: “+” – спостерігач праворуч; “-” – спостерігач ліворуч.

На практиці “Посібник з правил стрільби та управління вогнем артилерійських підрозділів” для малих значень величин кутів PC < 5-00 п.к. і $\beta < 3-00$ п.к. рекомендує для розрахунку значень величин коригування такі формули:

– для коригування величини відстані:

$$\Delta D'' = D_{1c} - D_{1p}; \quad (8)$$

– для коригування величини напрямку:

$$\Delta\beta'' = -\alpha \cdot K_y + \frac{\Delta D}{100} \cdot Шу. \quad (9)$$

У виразі (9) величина $K_y = \frac{D_{1p}}{D_{1c}}$ називається *коефіцієнтом віддалення*, що забезпечує виведення розривів на лінію спостереження (K_1C), виражається у вигляді десяткового дробу й обчислюється з точністю до 0,1 для $K_y > 0,3$; величина $Шу = \frac{100 \cdot PC}{D_{1c}}$ –

крок кутоміра – кутова величина, на яку необхідно змінити установку кутоміра, для того щоб у разі зміни установки прицілу утримувати розрив на лінії спостереження.

Формули для розрахунку значень величин коригування у разі сполученого спостереження набувають такого вигляду (див. рис. 1):

– для коригування величини відстані

$$\Delta D''' = L \cdot \frac{D_{1c}}{\gamma} - \Pi \cdot \frac{D_{2c}}{\gamma}, \quad (10)$$

де $\gamma = \alpha_1 + \alpha_2$ – кут ($\angle K_1CK_2$), під яким здійснюється засікання цілі спостерігачами K_1 і K_2 ; L – кут ($\angle CK_1P$), під яким спостерігач K_1 спостерігає розрив P від цілі C ; Π – кут ($\angle CK_2P$), під яким спостерігач K_2 спостерігає розрив P від цілі C ;

– для коригування величини напрямку

$$\Delta\beta''' = -L \cdot \frac{D_{1c}}{D_{1c}} \cdot \frac{\alpha_2}{\gamma} - \Pi \cdot \frac{D_{2c}}{D_{2c}} \cdot \frac{\alpha_1}{\gamma}. \quad (11)$$

Вирішення задачі коригування стрільби за допомогою ГІС-технологій графічно подано на робочій карті командира артилерійського підрозділу, растрове зображення якої відтворене у проекції Гауса–Крюгера на моніторі автоматизованого робочого місця офіцера-оператора [3] і наведено на рис. 2.

Для випадку ведення спостереження з одного КСП (K_1) у програмі ГІС “Оператор” доцільно скористатися можливостями діалогового вікна (див. рис. 3).



Рис. 2. Робоча карта командира артилерійського підрозділу



Рис. 3. Діалогове вікно визначення координат точки Р на карті

Такий діалоговий режим роботи призначений для визначення координат точки на карті за відомих координат спостерігача у точці K_1 ($X_{K_1} = 5565588,28$ м; $Y_{K_1} = 7351365,94$ м), відстані D_{1p} до точки розриву Р ($D_{1p} = 2653,09$ м) та азимута A_{1p} (значення дирекційного кута $A_{1p} = 73,66^\circ$). Точку на карті вибирають натисканням лівої клавіші миші. Після цього слід ввести у вікно діалогу значення відстані та азимута. Координати отриманої точки розриву виводяться у діалог: “координаты второй точки” ($X_p = 5566334,52$ м; $Y_p = 7353911,92$ м).

У разі активізації опції “Показать на карте” відображується лінія, яка сполучає вихідну (K_1) та отриману (Р) точки.

Після нанесення на електронну карту визначеної точки розриву Р офіцер-оператор для відомих значень величин X , Y координат вогневої позиції О та цілі Ц за допомогою діалогового вікна (рис. 4) у програмі ГІС “Оператор” визначає значення величин дирекційних кутів і відстаней відповідно на ціль Ц ($D_{ц} = 4956,54$ м; $A_{ц} = 55,72^\circ$) та точку розриву Р ($D_p = 5149,34$ м; $A_p = 58,67^\circ$).

Аналогічно вимірюються такі дані (див. рис. 1): $D_{1ц} = 2402,43$ м; $A_{1ц} = 69,01^\circ$; $D_{2ц} = 1940,11$ м; $A_{2ц} = 25,17^\circ$.

Наведений режим роботи дозволяє визначити величину азимута за зазначеними на карті точками. Координати точок та їх результат виводяться у діалог. Значення величин координат та азимута можуть бути змінені користувачем. Під час активізації опції “Показать на карте” відображується лінія, яка сполучає зазначені точки.

У разі використання програмного ГІС-продукту Arc View офіцер-оператор в атрибутивній таблиці теми *тчк_стрільб.shp*

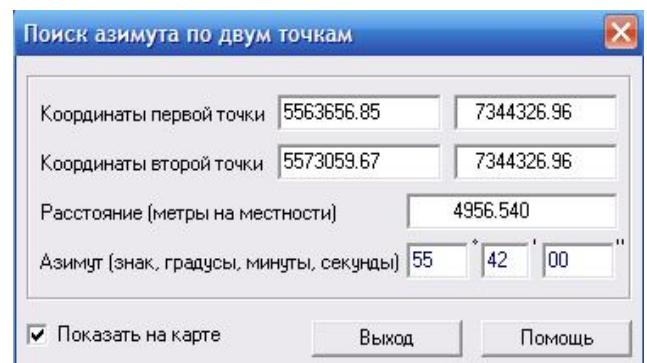


Рис. 4. Діалогове вікно визначення азимута за зазначеними точками

(див. рис. 5) виділяє точки активної теми і за допомогою програмного модуля “Углы и расстояния” знаходить значення величин дирекційних кутів та відстаней. Значення записують в атрибутивну таблицю теми *засічки.shp*.

У подальшому, скориставшись можливостями вбудованого калькулятора, оператор в атрибутивній таблиці *Attributes of тчк_розриву.shp* (див. рис. 6) остаточно знаходить такі значення величин:

– коригування величини відстані:

$$\Delta D^\circ = D_{ц} - D_p = -192,8 \text{ м}; \quad (12)$$

– коригування величини напрямку:

$$\Delta \beta^\circ = \frac{(A_p - A_{ц}) \cdot 60}{3,6} = 49,17 = 0 - 49 \text{ п.к.} \quad (13)$$

У разі використання виразів (8) і (9) можна отримати такі значення величин:

– коригування величини відстані згідно з (8):

$$\Delta D'' = D_{1ц} - D_{1p} = 2402,43 - 2653,09 = -250,66 \text{ м}; \quad (14)$$

– коригування величини напрямку згідно з (9):

$$\begin{aligned} \Delta \beta'' &= -\alpha \cdot K_y + \frac{\Delta D}{100} \cdot \text{Шу} = \\ &= 77,5 \cdot \frac{2653,09}{4956,54} + \frac{-250,66 \cdot -221,5}{4956,54} = -52,7 \text{ п.к.} \end{aligned} \quad (15)$$

Похибки під час визначення значень величин коригування зменшуються, якщо скористатися розгорнутими виразами (6) і (7):

– коригування величини відстані згідно з (6):

$$\begin{aligned} \Delta D' &= -241,93 \cdot 0,973 - 77,5 \cdot \frac{2653,09}{1000} \cdot -0,23 = \\ &= -188,18 \text{ м}; \end{aligned} \quad (16)$$

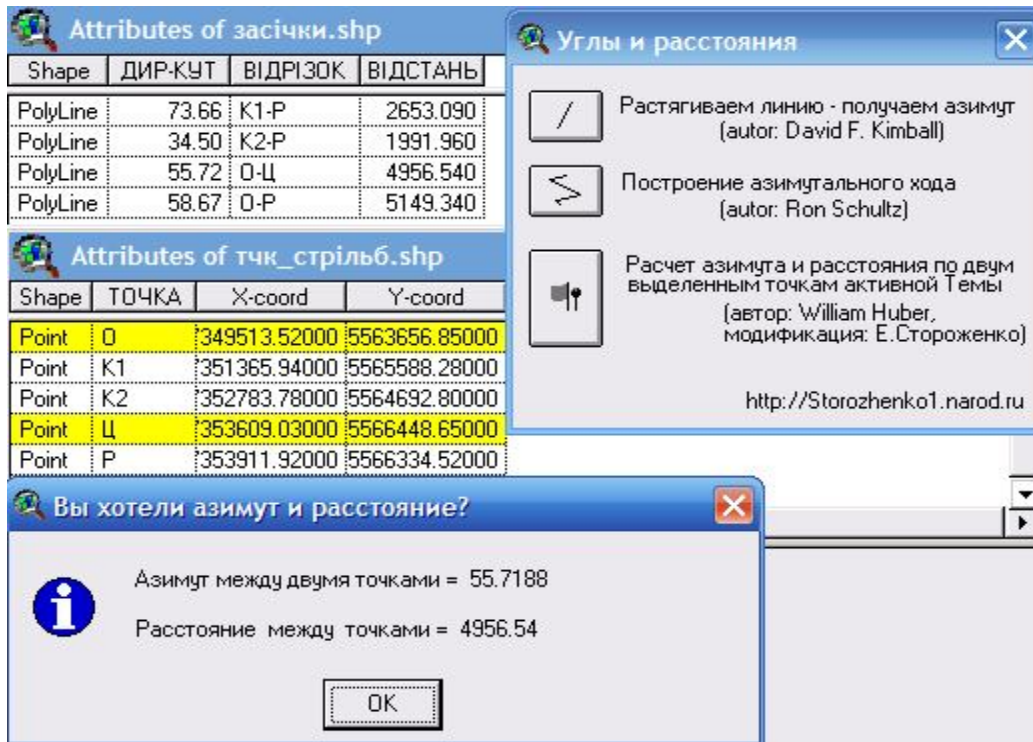


Рис. 5. Діалогові вікна програмного ГІС-продукту Arc View для визначення величин азимута та відстаней за зазначеними точками

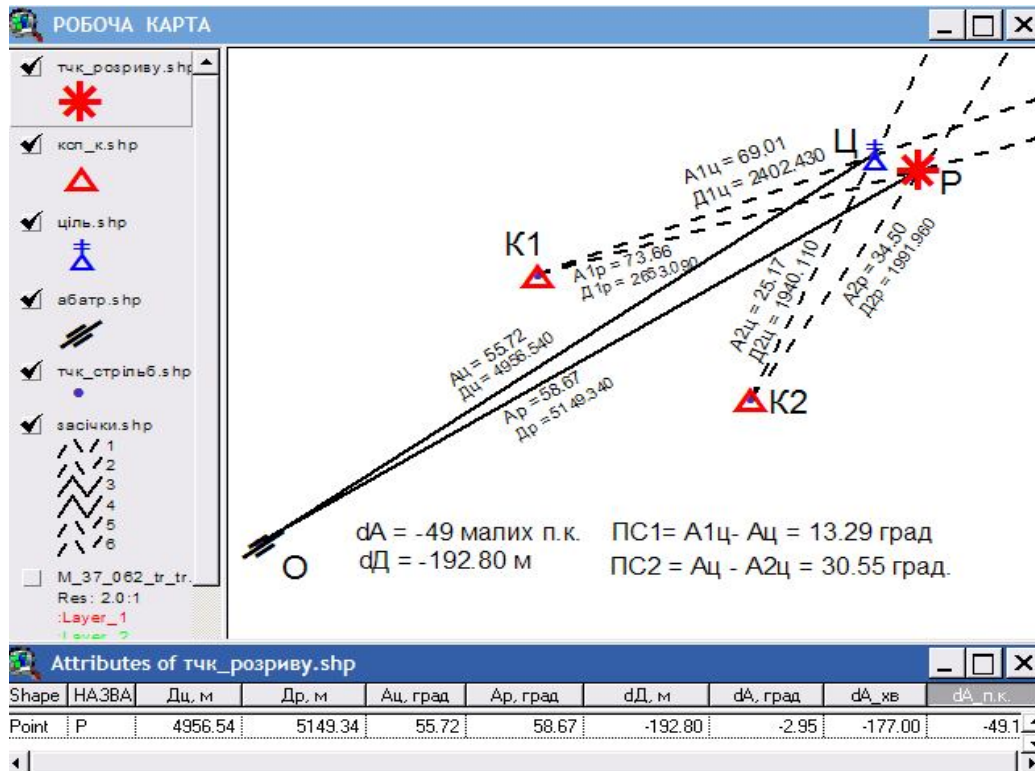



Рис. 6. Використання діалогового вікна та калькулятора для знаходження значень величин коригування

– коригування величини напрямку згідно з (7):

$$\Delta\beta' = -77,5 \cdot \frac{2653,09}{4956,54} \cdot 0,973 + (-241,93) \cdot \frac{1000}{4956,54} \cdot -0,23 = -51,59 \text{ п.к.} \quad (17)$$

У разі проведення пристрелки цілі способом сполученого спостереження у ГІС-програмі Arc View доцільно скористатися можливостями функції *Biangulate*. Програмний модуль вирішує задачу знаходження прямокутних координат точки перетину двох прямих, що проведені з двох точок із відомими координатами та азимутами з цих точок.

Як вихідні дані для роботи офіцер-оператор використовує точкову тему *тчк_стрільб* (рис. 7а) у форматі *shape*, яку з попередньо виділених точок K_1 і K_2 , за допомогою меню *Theme/Convert to Shapefile* конвертує у *shape*-файл точкової теми *спостерігач*. Пари вихідних координат КСП (K_1 і K_2) в атрибутивній таблиці *Attributes of спостерігач.shp* (рис. 7б) мають бути розташовані одна за одною. Назви полів повинні містити: X – значення прямокутних координат точок по осі OY карти; Y – значення прямокутних координат точок по осі OX карти; $Bear$ – дирекційний кут на ціль (від осі OY монітора за стрількою годинника).

Результатом роботи програмного модуля (кнопка ) є *shape*-файл, в атрибутивній таблиці якого (*Attributes of Biangulate.shp*) знаходяться розраховані координати точки перетину пари засікань, що були зроблені з КСП (рис. 7в).

Полів у початковій таблиці може бути більш ніж 3 ($X, Y, Bear$), додаткові поля переносяться в результуючу таблицю. Вони заповнюються значеннями з першої точки пари з початкової таблиці.

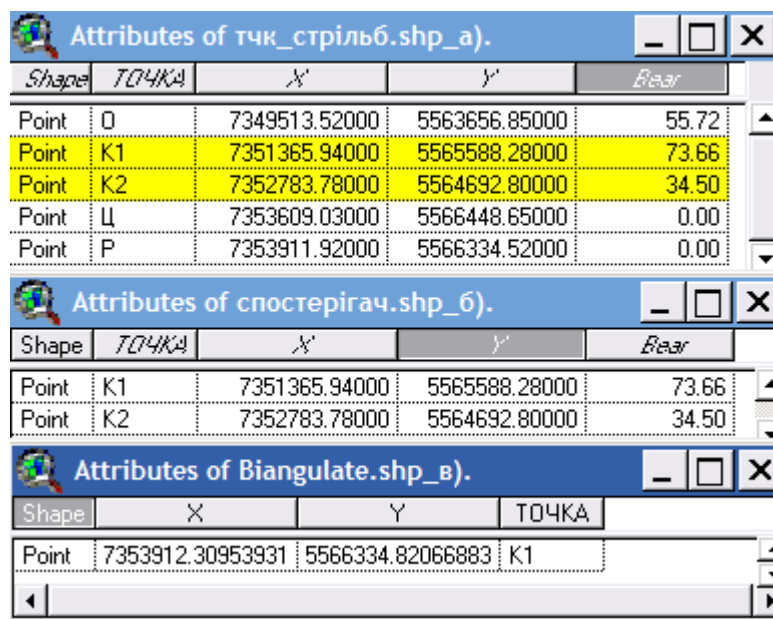
Отримані координати точки розриву P (рис. 7в) практично не відрізняються від прямокутних координат цієї ж точки на рис. 7а ($\Delta x = 7353912,31 - 7353911,92 = 0,39$ м; $\Delta y = 5566334,82 - 5566334,52 = 0,3$ м).

Подальша робота офіцера-оператора щодо визначення значень величин коригування стрільби з використанням ГІС-технологій відбуватиметься саме так, як показано на рис. 5, і приведе до тих самих результатів (12), (13).

У разі використання виразів (10) і (11) оператор отримує такі значення величин:

– коригування величини відстані згідно з (10):

$$\Delta D''' = (73,66 - 69,01) \cdot \frac{60}{3,6} \cdot \frac{2402,43}{730,67} - (34,50 - 25,17) \cdot \frac{60}{3,6} \cdot \frac{1940,11}{730,67} = -158,07 \text{ м;} \quad (18)$$



Shape	ТОЧКА	X	Y	Bear
Point	O	7349513.52000	5563656.85000	55.72
Point	K1	7351365.94000	5565588.28000	73.66
Point	K2	7352783.78000	5564692.80000	34.50
Point	Ц	7353609.03000	5566448.65000	0.00
Point	P	7353911.92000	5566334.52000	0.00

Shape	ТОЧКА	X	Y	Bear
Point	K1	7351365.94000	5565588.28000	73.66
Point	K2	7352783.78000	5564692.80000	34.50

Shape	X	Y	ТОЧКА
Point	7353912.30953931	5566334.82066883	K1

Рис. 7. Використання програмного модуля *Biangulate* для розв’язання задачі знаходження прямокутних координат точки перетину двох прямих

– коригування величини напрямку згідно з (11):

$$\Delta\beta''' = -(4,65) \cdot \frac{60}{3,6} \cdot \frac{2402,43}{730,67} \cdot \frac{509,17}{4956,54} - (9,33) \cdot \frac{60}{3,6} \cdot \frac{1940,11}{730,67} \cdot \frac{1940,11}{4956,54} = -44,6 \text{ п.к.} \quad (19)$$

Середні значення величин коригування, що були знайдені двома способами з використанням виразів (14), (16), (18) і (15), (17) та (19), показують добру збіжність із результатами виразів (12) і (13), які отримані за допомогою ГІС-технологій:

$$\delta D = \frac{\Delta D' + \Delta D'' + \Delta D'''}{3} - \Delta D^\circ = 6,17 \text{ м}; \quad (20)$$

$$\delta\beta = \frac{\Delta\beta D + \Delta\beta D + \Delta\beta D}{3} - \Delta\beta^\circ = 0,47 \text{ п.к.} \quad (21)$$

З наведеного матеріалу можна зробити такі **висновки**.

1. Використання програмних продуктів Arc View Gis або ГІС “Панорама-мини” дозволяє офіцеру артилерійського підрозділу за допомогою програмних модулів провести якісне коригування вогню на підставі отриманих значень величин відхилення розривів від цілі, які передають спостерігачі.

2. Визначення значень величини коригування напрямку у звичайний спосіб супроводжується сумарною похибкою, яка є наслідком:

- похибок, що зумовлені розсіюванням точок падіння набоїв;
- похибок вимірювання бокового відхилення розриву від цілі;
- похибок трансформування, що зумовлені неточністю розрахунку значення коефіцієнта віддалення K_y .

У разі використання ГІС-технологій величина сумарної похибки визначення значення величини коригування напрямку зменшується на величину похибки трансформування та на величину похибки вимірювання бокового відхилення розриву без урахування значення величини коефіцієнта віддалення K_y .

3. У випадку використання ГІС-технологій похибки у визначенні значень величин коригування напрямку та відстані підпорядковуються нормальному закону і не залежать як від величини поправки на зміщення ПС, так і від самих значень величин коригування стрільби.

Список використаних джерел

1. Стрельба и управление огнем артиллерийских подразделений [Текст] : учебник / под ред. В. И. Волобуева. – М. : Воениздат, 1987. – 440 с.

2. Обробка даних тактичної та оперативної обстановки засобами ГІС. Частина II [Текст] : навч. посіб. / І. О. Кириченко, С. А. Горелишев, В. В. Обрядін та ін. – Х. : Акад. ВВ МВС України, 2013. – 211 с.

3. Обрядін, В. В. Використання ГІС-технологій для топогеодезичного забезпечення службово-бойової діяльності підрозділів Національної гвардії України [Текст] / В. В. Обрядін, Р. О. Гончар, П. В. Пістряк // Збірник наукових праць. – Х. : Національна акад. НГУ, 2014. – № 2. – С. 50–57.

Стаття надійшла до редакції 18.03.2015 р.

Рецензент – доктор військових наук, професор Г. А. Дробаха, Національна академія Національної гвардії України, Харків, Україна