

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ОВТ

УДК 623.4.023.47:358.13(075.8)

В.М. Корольов, Р.В. Сергієнко

Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ВИВІРКИ ВІЗИРНОГО ПРИСТРОЮ ФІКСУВАННЯМ ПОЛОЖЕНЬ МАШИНИ КУТОМІРНИМИ ПРИЛАДАМИ, РОЗМІЩЕНИМИ НА БАЗИСІ

Обґрунтовано можливість проведення вивірки візирного пристрою, що полягає у визначенні непаралельності візирної осі візирного пристрою та динамічної осі машини шляхом здійснення заїзду на непозначеній ділянці з фіксуванням положень машини відносно базису; визначено порядок дій та здійснення обчислень при проведенні вивірки візирного пристрою запропонованим способом.

Ключові слова: польові вивірки, візирна лінія, візирний пристрій, засічка по вимірних кутах, динамічна вісь машини.

Актуальність завдання

Польові вивірки апаратури топоприв'язки є невід'ємною складовою топогеодезичної підготовки дій РВіА. Досвід виконання бойових завдань показує, що топогеодезична прив'язка елементів бойового порядку здійснюється головним чином апаратурою топоприв'язки: супутниковою чи автономною [1, 2]. Хоча автономну апаратуру топоприв'язки складніше готувати до роботи, необхідно зазначити, що вона забезпечить найменший час визначення координат та дирекційних кутів орієнтирних напрямів (без урахування часу на підготовку апаратури на початковій точці), і, що важливо, на її роботу не впливають засоби РЕБ, які є на озброєнні противника.

Керівними документами [2] визначено порядок проведення вивірки візирного пристрою, а також сумісної вивірки візира та визначення коефіцієнта коректури шляху. Однак їх проведення потребує розмічення мірної ділянки: рівної і прямолінійної. Для вивірки візирного пристрою довжина цієї ділянки повинна складати близько 1000 м для зменшення похибок, які головним чином виникають через неточність встановлення машини над початковою та кінцевою точками.

Досвід проведення практичних занять показує, що не вдається з необхідною точністю встановити машину на початковій та кінцевій точках. Крім того, виникають складнощі з наведенням візира у віху на кінцевій точці, яка віддалена на 1 км, оскільки збільшення візира лише $2,7^{\times}$ і конструкцією не передбачено встановлення окуляра по оку. Необхідно також зазначити, що, як правило, мірна ділянка створюється одна на підрозділ, і на ділянці вивіряють

одночасно декілька машин. Через те, що на початковій точці необхідно підготувати візир до роботи, визначити відлік візира на кінцеву точку, розрахувати умовний дирекційний кут поздовжньої осі машини та встановити його по шкалі КУРС, привести візир до похідного положення, – процес вивірень декількох машин вимагатиме багато часу на проведення вивірок. Вищезазначені чинники говорять про необхідність пошуку шляхів підвищення оперативності вивірки, головним чином – зменшення часу на проведення вивірок та підготовчих робіт. Розглянемо, що вже зроблено у цьому напрямі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Порядок проведення польових вивірок апаратури топоприв'язки зазначений у чинних керівних документах [2]. Зокрема, зазначається необхідність створення вивірочної ділянки довжиною 1 км, точного встановлення (з похибкою не більше 0,5 м) машини на початкову та кінцеву точки. Відомо, що вивірці візирного пристрою та визначенню коефіцієнта коректури шляху повинно передувати визначення та компенсації відходу осі курсового гіроскопа відносно площини меридіана. У роботі [3] пропонується скоротити час проведення цієї вивірки з 1 години до 30 хвилин, оскільки відхід, як правило, є рівномірним. У проведеному раніше одним з авторів дослідження зазначено про можливість проведення комплексної польової вивірки без використання мірної ділянки, а саме заїздом між пунктами геодезичної мережі [4]. Однак необхідно зазначити, що у цьому випадку необхідно мати два пункти геодезичної мережі, між якими можна прокласти маршрут, близький до прямолінійного, а також мати

орієнтирні напрями з цих пунктів. Крім того, при використанні цього методу зроблено припущення, що відхід головної осі курсового гіроскопа є рівномірним, що може не відповідати дійсності. Тому доцільно розглянути варіант дій, що дозволяє зменшити довжину мірної ділянки без втрати точності вивірки, а також зменшити час на проведення підготовчих робіт зі створення та розмічення мірної ділянки та власне вивірок. Це також дозволить зменшити час заїзду між початковою та кінцевою точками і відповідно похибку, що виникає внаслідок відходу осі курсового гіроскопа відносно площини меридіана.

Формулювання мети статті

Метою дослідження обрано розробку методики польової вивірки візирного пристрою на мірній ділянці меншої довжини з фіксуванням початкового та кінцевого положення машини

Виклад основного матеріалу

Відомо, що обчислення кута непаралельності візирної осі візирного пристрою до динамічної осі машини виконують за формулою (1) [1, 2]

$$\Delta\beta = \frac{\delta Y}{X} 1000, \quad (1)$$

де δY – відхилення значення лічильника «Y» від нульового значення, тобто поперечне зміщення машини від умовного напрямку OX ;

X – значення лічильника «X», що відповідає довжині пройденого під час вивірки маршруту.

Необхідно зазначити, що перед виконанням заїзду на шкалі КУРС встановлюють умовне значення дирекційного кута поздовжньої осі машини, яке обчислюють з тієї умови, що напрям з початкової на кінцеву точку збігається з віссю OX . Для цього необхідно візирним пристроєм виміряти кут між поздовжньою віссю машини за напрямом на кінцеву точку, тобто визначити орієнтацію машини відносно умовного початкового напрямку OX .

Якщо доводиться відмовлятися від використання позначеної на місцевості мірної ділянки, тобто немає можливості навести візир на кінцеву точку, можна фіксувати початкове A та кінцеве B положення машини засічкою кутомірними приладами, які знаходяться на протилежних точках базису MN з відомою довжиною, розгорнутого перпендикулярно напрямку заїзду приблизно посередині ділянки, де здійснюється цей заїзд (рис. 1). Орієнтування машини та подальше визначення положення осі машини відносно напрямку з початкової на кінцеву точку можна виконати також за допомогою візирного пристрою, а вимір кута $\beta_{\text{віз}}$ виконувати по одній з точок базису (рис. 1).

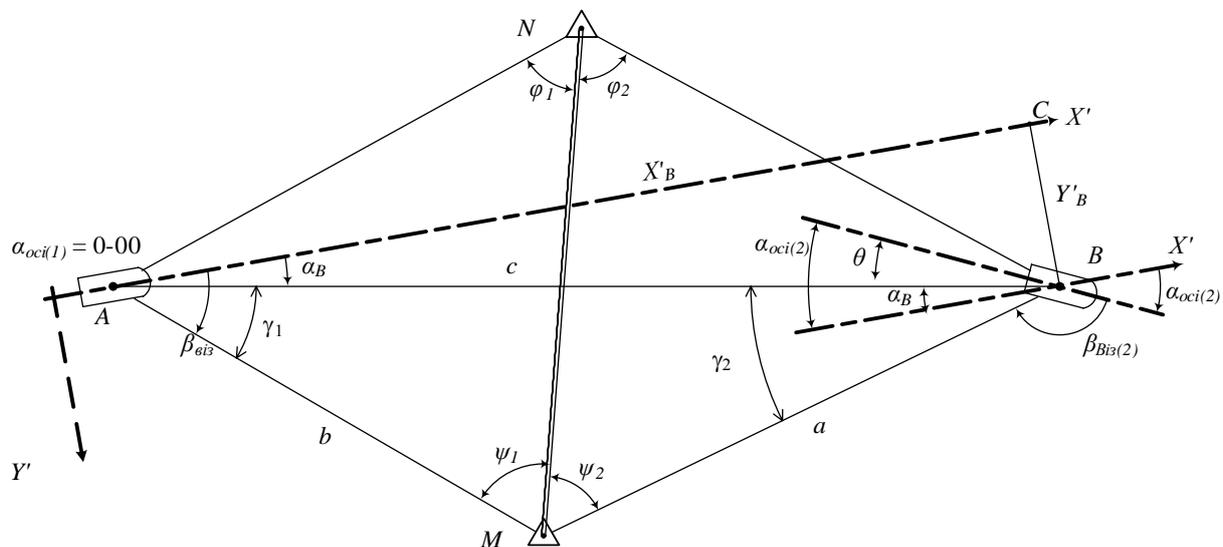


Рис. 1. Схема проведення польових вивірок навігаційної апаратури з фіксуванням положення машини кутомірними приладами, встановленими на базисі

Спираючись на вищезазначене, визначимо порядок виконання робіт та обчислень більш детально. Для фіксування положення машини у початковому та кінцевому положеннях на кінцях базису необхідно виміряти кут ψ_1 між лінією базису та напрямом на початкову точку (тут та далі початковою точкою називатимемо підготовлений до роботи візир машини, встановлений на початку заїзду), а після заїзду – кут ψ_2 між лінією базису та напрямом на кінцеву

точку (тут та далі кінцевою точкою називатимемо підготовлений до роботи візир машини після заїзду). Далі з трикутників BNM та ANM визначають довжини ліній a і b відповідно (рис. 1), після чого визначають довжину лінії c – рішенням трикутника AMB за двома відомими сторонами a і b та кутом $(\psi_1 + \psi_2)$ між ними. Цю процедуру можна виконати за алгоритмом, що виводиться у [5], або з використанням теореми косинусів [6]:

$$c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos(\psi_1 + \psi_2)}. \quad (2)$$

Отримане таким чином значення довжини лінії c можна використовувати як істинне значення довжини мірної ділянки.

Для отримання даних, що характеризують непаралельність візирної осі візирного пристрою до динамічної осі машини, необхідно на початковій точці A зафіксувати положення осі машини відносно напрямку на одну з точок базису, що у послідовному дасть можливість визначити це положення відносно напрямку AB . Для цього на початковій точці необхідно підготувати візирний пристрій до роботи та виміряти кут $\beta_{віз}$, наприклад, на точку M . Для наочності встановимо, щоб напрям поздовжньої осі машини був максимально наближеним до напрямку осі абсцис, відповідно перед заїздом необхідно по шкалі КУРС встановити значення 0-00. Після здійснення заїзду на кінцевій точці зчитують з лічильників «X» та «Y» приладні значення X'_{np} та Y'_{np} відповідно. Штрих у позначеннях означає, що ці значення – у системі координат, пов'язаній з напрямом осі машини на початковій точці. Нарешті, необхідно від цих приладних значень перейти до значень X_{np} та Y_{np} , які були б на лічильниках, якщо вісь абсцис умовної системи координат збіглася б з напрямом AB , як це встановлено для традиційного методу здійснення вивірки візирного пристрою. Виконаємо це за допомогою формул геометричного перетворення на площині, яке має назву поворот [6, стор. 259]. Для цього треба знайти кут повороту CAB , тобто α_B .

Визначивши за формулою (2) довжину сторони $AB = c$, за теоремою синусів знаходять внутрішні кути γ_1 і γ_2 трикутника AMB у точках A і B відповідно

$$\sin \gamma_1 = \frac{a}{c} \sin(\psi_1 + \psi_2), \quad (3)$$

Згідно з рис. 1, визначивши кути $\beta_{віз}$, і $\angle A$, можна розрахувати дирекційний кут α_B в прийнятій умовній системі координат

$$\alpha_B = \beta_{віз} - \gamma_1 = \beta_{віз} - \arcsin\left(\frac{a}{c} \sin(\psi_1 + \psi_2)\right), \quad (4)$$

За відомим дирекційним кутом α_B та за відомою вирахованою віддаллю AB за допомогою формул повороту на площині визначимо приладні значення X_{np} та Y_{np} у системі координат, у якої вісь абсцис проходить через початкову A та кінцеву B точки маршруту, тобто значення після заїзду на лічильниках «X» та «Y» для випадку, коли динамічна вісь машини збіглася б з віссю візирного пристрою.

За умови, що точка повороту має координати $(0; 0)$, а кут повороту – α_B , шукані приладні координати будуть дорівнювати [6]

$$\begin{aligned} X_{np} &= X'_{np} \cos \alpha_B + Y'_{np} \sin \alpha_B, \\ Y_{np} &= -X'_{np} \sin \alpha_B + Y'_{np} \cos \alpha_B. \end{aligned} \quad (5)$$

Після цього переходять від Y_{np} до δY_{np} та обчислюють традиційним способом за формулою (1) значення непаралельності осі візирного пристрою до поздовжньої осі машини.

Визначивши на кінцевій точці візирним пристроєм значення $\beta_{віз(2)}$ і значення $\alpha_{oci(2)}$ по шкалі „КУРС”, розраховують значення кута α_B повторно за формулою

$$\alpha_B = \alpha_{oci(2)} + \beta_{віз(2)} + \angle B - 180^\circ. \quad (6)$$

Далі, користуючись формулами (3) і (4), повторно обчислюють значення $\Delta\beta$ за результатами вимірювань на кінцевій точці. Таким чином, значення $\Delta\beta$ непаралельності осі візирного пристрою до динамічної осі машини визначають двічі за результатами одного заїзду.

Необхідно зазначити, що відмінність між отриманими двічі за формулою (1) значеннями кута $\Delta\beta$ – відповідно до вимірів $\beta_{віз}$ на початковій та $\beta_{віз(2)}$ на кінцевій точках маршруту – можна розцінювати як відхід головної осі курсового гіроскопа. Але час, протягом якого здійснюється заїзд, незначний: близько 2-3 хв. Тому відхід головної осі курсового гіроскопа визначити практично неможливо, і його вплив на значення $\Delta\beta$ буде незначним. Вивірку візира виконують після вивірки курсового гіроскопа; отже, відхід головної осі курсового гіроскопа незначний і вимірювання на кінцевій точці дозволять повторно оцінити непаралельність осі візира до осі машини.

Таким чином, запропонована методика проведення польових вивірок дозволить визначити кут непаралельності візирної осі візирного пристрою до динамічної осі машини, а також перевірити значення цього кута вимірами на кінцевій точці маршруту за рахунок зменшення похибок фіксування початкового та кінцевого положень машини. При цьому немає необхідності витратити час на підготовку мірної ділянки для вивірки. Крім того, розроблена методика дозволяє одночасне проведення вивірки декількох машин.

Подальші напрями дослідження

У подальшому автори планують детально дослідити систему похибок запропонованого способу з метою визначення мінімальних розмірів базису та ділянки для заїзду в залежності від того, які кутомірні прилади використовуються для здійснення замірів.

Висновки

1. Апаратура топогеодезичної прив'язки командирських машин управління та засобів артилерійської розвідки в умовах недостатньої топогеодезичної забезпеченості місцевості та придушення засобами радіоелектронної боротьби сигналів супутникових навігаційних систем є єдиним засобом здійснення топогеодезичної прив'язки елементів бойового порядку артилерійських підрозділів. Враховуючи

вищезазначене, актуальним є питання своєчасного та якісного проведення польових вивірок апаратури топоприв'язки, дослідження шляхів зменшення часу на їх проведення.

2. Одним із шляхів зменшення часу на проведення вивірки та її підготовку, а також зменшення довжини мірної ділянки для вивірки візирного пристрою може бути фіксування початкового та кінцевого положень машини кутомірними приладами, встановленими на кінцях базису, який має довжину, меншу за довжину мірної ділянки, та розгорнутий у поперечному до маршруту заїзду напрямі.

3. Суттєвими перевагами запропонованого способу, поряд зі зменшенням довжини маршруту для вивірки, є відсутність потреби у підготовці мірної ділянки, а також можливість проведення вивірки для декількох машин підрозділу.

Список літератури:

1. Військова топографія та топогеодезична підготовка РВиА СВ. Ч.2. Топогеодезична підготовка / С.Г. Власенко та ін. – Львів: АСВ, 2010. – 329 с.

2. Указания по работе на топогеодезических приборах РВиА. – М.: Воениздат, 1986. – 360 с.

3. Приходько А.І. Польові вивірки навігаційної апаратури КМУ: Навчальний посібник / А.І. Приходько. – Суми: ВІ РВиА, 2005. – 55 с.

4. Сергієнко Р.В. / Оцінка непаралельності візуальної осі візира до динамічної осі машини методом заїзду між двома пунктами геодезичної мережі / Військово-технічний вісник. – Львів: АСВ, 2013. – № 8. – С. 77-80.

5. Сергієнко Р.В. Спеціальні розділи вищої математики. Частина 1. Обробка геометричних вимірів на площині та на сфері: Курс лекцій / Р.В. Сергієнко. – Львів: АСВ, 2015. – 160 с.

6. Гусев В.А. Геометрия. Полный справочник (для школьников и абитуриентов) / В.А. Гусев, И.Б. Кожухов, А.А. Прокофьев. – М.: Махаон, 2006. – 320 с.

7. Корольов В.М. Основи та засоби навігації наземних рухомих об'єктів: Навчальний посібник / В.М. Корольов, О.В. Збруцький, В.Ф. Беляков, В.Д. Макаревич // Львів: ЛІСВ, 2008. – 226 с.

Рецензент: к.т.н., доц. О.М. Дробан, Національна академія сухопутних військ, Львів.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ВИБЕРКИ ВИЗИРНОГО УСТРОЙСТВА ФІКСИРОВАНИЕМ ПОЛОЖЕНИЙ МАШИНЫ УГЛОИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ ПРИБОРАМИ, РАЗМЕЩЕННЫМИ НА БАЗИСЕ

В.Н. Королёв, Р.В. Сергиенко

Обоснована возможность проведения выверки визирного устройства, который состоит в определении непараллельности визирной оси визирного устройства и динамической оси машины путем осуществления заезда на неотмеченном участке с фиксированием положений машины относительно базиса; определены порядок действий и выполнения вычислений при проведении выверки визирного устройства предложенным методом.

Ключевые слова: полевые выверки, визирная линия, визирное устройство, засечка по измеренным углам, динамическая ось машины.

METHOD OF A SIGHTING DEVICE ADJUSTMENT BY FIXING THE MACHINE POSITION WITH ANGLE-MEASURING INSTRUMENTS SET ON BASE LINE ENDINGS

V. Koroliov, R. Serhienko

In this paper described the similar method of sighting device adjustment that demands shorter route: about 500 m length. Reducing the length in general case would increase the impact of errors of positioning the sighting device at start and end points to the error of determining the misalignment angle between pointing line of sighting device and machine's center line. Therefore, it is necessary more accurately locate the vehicle's sighting device on start and end points of the route. Here is proposed to position sighting device in the initial and final position by angle measurement instruments installed on the basis; this basis of length about 200 m optimally should be positioned perpendicularly to the route. The authors proved that shortening the route to 500 m with positioning the vehicle's sighting device by method proposed would not increase the error of determining the misalignment angle between pointing line of sighting device and vehicle's center line.

To determine the orientation of the vehicle's center line relatively to «starting point – endpoint» line they measure with the sighting device the angles between the vehicle's center line and line to angle measuring device located on the one of basis ending in the starting and end points. This will enable: 1) to determine conditional grid azimuth from the initial to the final point, 2) to transform values of «X» and «Y» counters to those that would be obtained at zero grid azimuth from the initial to the final point and 3) calculate the misalignment angle between pointing line of sighting device and machine's center line with formula (1).

It should be noted that the proposed method allows simultaneous APADS adjustment of several vehicles of a subunit, which reduces the time and fuel consuming without reducing the accuracy of adjustment.

Key words: field adjustment, pointing line, sighting device, intersection, vehicle's center line.