

За розробленою нами технологічною схемою моніторингу магістральних газопроводів виконані експериментальні роботи на території Закарпатської області. Інвентаризації підлягав газопровід "Братерство" на ділянці ДУГ-I, II протяжністю більше ніж 60 км.

Аналіз одержаних даних показав, що розроблена технологічна схема моніторингу дає змогу на сучасному рівні враховувати техногенний вплив магістральних газопроводів в гірській частині Карпат і вчасно та ефективно впливати на ці процеси.

1. Перович Л., Котик З. Інвентаризація магістральних газопроводів в контексті питань картографування глобальних проблем // Геодезія, картографія і аерофотознімання. 1997. Вип. 58. С. 59–63. 2. Біланюк В.І. Ландшафти Українських Карпат в зонах трас магістральних трубопроводів. Львів, 1998.

УДК 623.4.023.4.623.4.028

Корольов В.М.
Збройні сили України

ОБҐРУНТУВАННЯ ТОЧІСНИХ ВИМОГ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ОРІЄНТОВНИХ НАПРЯМКІВ (ОН) КООРДИНАТНИМ СПОСОБОМ ДЛЯ НАЗЕМНИХ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ (НРО)

© Корольов В.М., 2000

Выявлены составляющие погрешности определения ориентировочных направлений. Получены аналитические соотношения, которые позволяют получить их количественную оценку. Выявлено, что погрешности определения местонахождения наземных движущихся объектов вносят основной вклад в погрешность определения ориентировочных направлений.

Наявність на борту НРО навігаційної інформації (НІ) дає змогу визначити координати орієнтира і передати їх на підлеглий об'єкт, тим самим визначивши напрямки.

Від його точності значною мірою залежить ефективність сучасної техніки. Для раціональної організації орієнтирного напрямку проаналізуємо його похибки, спричинені похибками визначення декартових координат, далькості і кута візування орієнтира.

Розглянемо послідовність дій екіпажів НРО керівника (1-4) і підлеглого (5-8):

1. Виявлення та ідентифікація орієнтира.

2. Вимірювання віддалі D і кута візування орієнтира α_b , (кута між дирекційною віссю НРО і напрямком на орієнтир).

3. Розрахунок координат орієнтира за формулами

$$x_0 = x_n + D \cos \alpha_b \quad (1)$$

$$y_0 = y_n + D \sin \alpha_b \quad (2)$$

де x_n і y_n – координати машини начальника в момент вимірювання віддаленості.

4. Передача сформованого інформаційного вектора $\{x_0, y_0\}$ екіпажу підлеглого НРО.

5. Приймання і аналіз інформаційного вектора.

6. Розрахунок віддаленості D_0 і кута орієнтира α_0 за формулами:

$$D_0 = \sqrt{(x_0 - x_{II})^2 + (y_0 - y_{II})^2} \quad (3)$$

$$\alpha_0 = \arctg \frac{(y_0 - y_{II})}{(x_0 - x_{II})}, \quad (4)$$

де x_{II} і y_{II} – координати підлеглого НРО.

7. Уточнення.

8. Штатна робота з орієнтиром.

Відзначимо, що всі перераховані дії повинні бути виконані за обмежений час, близько декількох десятків секунд.

Вказаний обсяг обчислень і операцій за такий короткий час може бути виконаний тільки за допомогою ЕОМ, а передача інформації може бути здійснена по цифровому радіоканалу, для чого необхідна організація автоматизованої системи управління рухом і взаємодією групи НРО. Для розрахунку кута α_0 використовуються величини $x_n, y_n, x_{II}, y_{II}, D_0, \alpha_b$, які визначаються давачами і системами НРО з деякими похибками.

Оцінимо внесок кожної з них в загальну похибку визначення орієнтовних напрямків (ОН). Для цього необхідно одержати вираз, за допомогою якого розраховується похибка функції випадкових аргументів залежно від дисперсій цих аргументів.

Розглянемо функцію $q = q(x_1, \dots, x_n)$ випадкових аргументів x_1, x_2, \dots, x_n . Нехай нам відомі перші два моменти кожного з цих аргументів – математичне очікування m_{x_i} і середнє квадратичне відхилення $\sigma_{x_i}, i = 1, \dots, n$, обчислюване на базі достатньо великої кількості N вимірювань величин $(x_1, \dots, x_n)_j, j = 1, \dots, N$. Підставивши значення (x_1, \dots, x_n) у вираз для функції q , визначимо значення q_j , за якими розрахуємо m_q і σ_q .

Поставимо завдання пошуку залежності $m_q = m_q(m_{x_i}, \sigma_{x_i}), \sigma_q = \sigma_q(m_{x_i}, \sigma_{x_i}), i = 1, \dots, n$.

Природно припустити, що середнє значення \bar{q} дає найліпшу оцінку для функції q , а стандартне відхилення – міру випадкової похибки, тобто відхилення значень q_j від \bar{q} . При малих похибках вимірів величини x_i справедливий вираз

$$q_j = q_j(\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_n) + \sum_{i=1}^n \frac{\partial q}{\partial x_i} \Big|_{x_i=\bar{x}_i} \cdot (\bar{x}_i - \bar{x}_j) + 0(x_i - \bar{x}_i),$$

де 0 – величина більш високого порядку малості порівняно із залишковими складовими.

Оскільки \bar{x}_i одержані за реалізаціями $\{\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_n\}_j$, вони сталі в межах даної статистики і тоді

$$\bar{q} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N q_j = q(\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_n) = \mu_q. \quad (5)$$

Стандартне відхилення розраховуємо за формулою

$$\sigma_q^2 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (q_j - \bar{q})^2.$$

Після перетворень одержимо

$$\sigma_q^2 = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial q}{\partial x_i} \right)^2 \sigma_{x_i}^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n \left(\frac{\partial q}{\partial x_i} \right) \left(\frac{\partial q}{\partial x_k} \right) \sigma_{x_i x_k}.$$

Розраховуючи умову статистичної незалежності похибки вимірювання величини x_1, \dots, x_n отримаємо остаточно

$$\sigma_q^2 = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial q}{\partial x_i} \right)^2 \sigma_{x_i}^2. \quad (6)$$

У співвідношення (4) входять величини, які надходять з різних за фізичним принципом давачів, розташованих, крім того, на різних НРО (керівника і підлеглого), причому кожен зорієнтований незалежно від іншого. Відповідно можливе використання виразу (6).

Застосуємо його до співвідношення (4) і після перетворення одержимо

$$\sigma_{\alpha_0}^2 = \left(\frac{\partial \alpha_0}{\partial y_0} \right)^2 \sigma_{y_0}^2 + \left(\frac{\partial \alpha_0}{\partial y_n} \right)^2 \sigma_{y_n}^2 + \left(\frac{\partial \alpha_0}{\partial x_0} \right)^2 \sigma_{x_0}^2 + \left(\frac{\partial \alpha_0}{\partial x_n} \right)^2 \sigma_{x_n}^2. \quad (7)$$

Значення величин $\sigma_{y_n}^2$ і $\sigma_{x_n}^2$ визначаються за апріорною інформацією. Вагові коефіцієнти, які входять до (7), мають вигляд:

$$\frac{\partial \alpha_0}{\partial x_n} = \frac{y_0 - y_n}{Z}; \quad (8)$$

$$\frac{\partial \alpha_0}{\partial x_0} = -\frac{\partial \alpha_0}{\partial x_n} = -\frac{y_0 - y_n}{Z}; \quad (9)$$

$$\frac{\partial \alpha_0}{\partial y_0} = -\frac{\partial \alpha_0}{\partial y_n} = -\frac{x_0 - x_n}{Z}, \quad (10)$$

де

$$Z = \left[(x_0 - x_n)^2 + (y_0 - y_n)^2 \right]^2. \quad (11)$$

Випишемо вираз для дисперсії помилки y_0, x_0 при видачі ОН.

$$\sigma_{x_0}^2 = \sigma_{x_n}^2 + \cos^2 \alpha_b \cos^2 \xi \sigma_{D_0}^2 + D_0^2 \sin^2 \alpha_b \cos^2 \xi \sigma_{\alpha_b}^2 + D_0^2 \cos^2 \alpha_b \sin^2 \xi \sigma_{\xi}^2 \quad (12)$$

$$\sigma_{y_0}^2 = \sigma_{y_n}^2 + \sin^2 \alpha_b \cos^2 \xi \sigma_{D_0}^2 + D_0^2 \cos^2 \alpha_b \cos^2 \xi \sigma_{\alpha_b}^2 + D_0^2 \sin^2 \alpha_b \sin^2 \xi \sigma_{\xi}^2 \quad (13)$$

У співвідношенні 12, 13 зроблені заміни $\sigma_{x_H}^2$ ($\sigma_{y_H}^2$) на $\sigma_{x_{II}}^2$ ($\sigma_{y_{II}}^2$), оскільки ці дисперсії є характеристиками тієї самої навігаційної системи.

Підставивши (13) в (7) і ввівши позначення

$$X \equiv (x_H + D_0 \cos \alpha_b - x_{II})^2,$$

$$Y \equiv (y_H + D_0 \sin \alpha_b - y_{II})^2, \quad (14)$$

$$P \equiv (X + Y)^2,$$

одержимо

$$\sigma_{\alpha_0}^2 = k_x \sigma_{x_{II}}^2 + k_y \sigma_{y_{II}}^2 + k_D \sigma_{D_0}^2 + k_{\alpha_b} \sigma_{\alpha_b}^2 + k_{\xi} \sigma_{\xi}^2,$$

де

$$k_x = \frac{X}{P}$$

$$k_y = \frac{Y}{P}$$

$$k_{D_0} = \frac{(x \sin^2 \alpha_b + y \cos^2 \alpha_b) \cos^2 \xi}{P},$$

$$k_{\alpha_b} = \frac{(x \cos^2 \alpha_b + y \sin^2 \alpha_b) \cos^2 \xi D_0^2}{P},$$

$$k_{\xi} = \frac{(x \sin^2 \alpha_b + y \cos^2 \alpha_b) \sin^2 \xi D_0^2}{P}.$$

На рис. 1 наведені криві, що відображають поведінку складових у співвідношенні (15) залежно від D_0 .

З аналізу графіків можна зробити висновок, що основний внесок у формування величини $\sigma_{\alpha_0}^2$ роблять два перші складники правої частини співвідношення (15). Отже, помилки місцевизначення дають основний внесок у помилку визначення ОН. Відзначимо, що курсові системи, виконані на базі перспективних гірокурсказівників, мають незначні похибки (2-3 п. к.), що дає змогу їх не розглядати.

У співвідношенні (15) відкинемо три останні складники як несуттєві і одержимо:

$$\sigma_r^2 = \frac{\sigma_{\alpha_0}^2}{k_x + k_y}. \quad (16)$$

Останнє співвідношення дає змогу одержати обмеження на похибку СН при заданих точностях визначення ОН.

На рис. 2 наведений графік, який дає можливість за заданими вимогами до точності визначення α_0 отримати гранично допустимі похибки СН і навпаки.

Співвідношення (15) дозволяє визначити зони розташування орієнтира відносно НРО керівника, для яких забезпечується рівноточність визначення α_0 .

Виявилось, що криві, які обмежують зони рівноточності визначення кута α_0 , близькі до кола. Це дає змогу стверджувати, що похибки координатного способу визначення ОН слабо залежать від напрямку на орієнтир і взаємного розташування НРО.

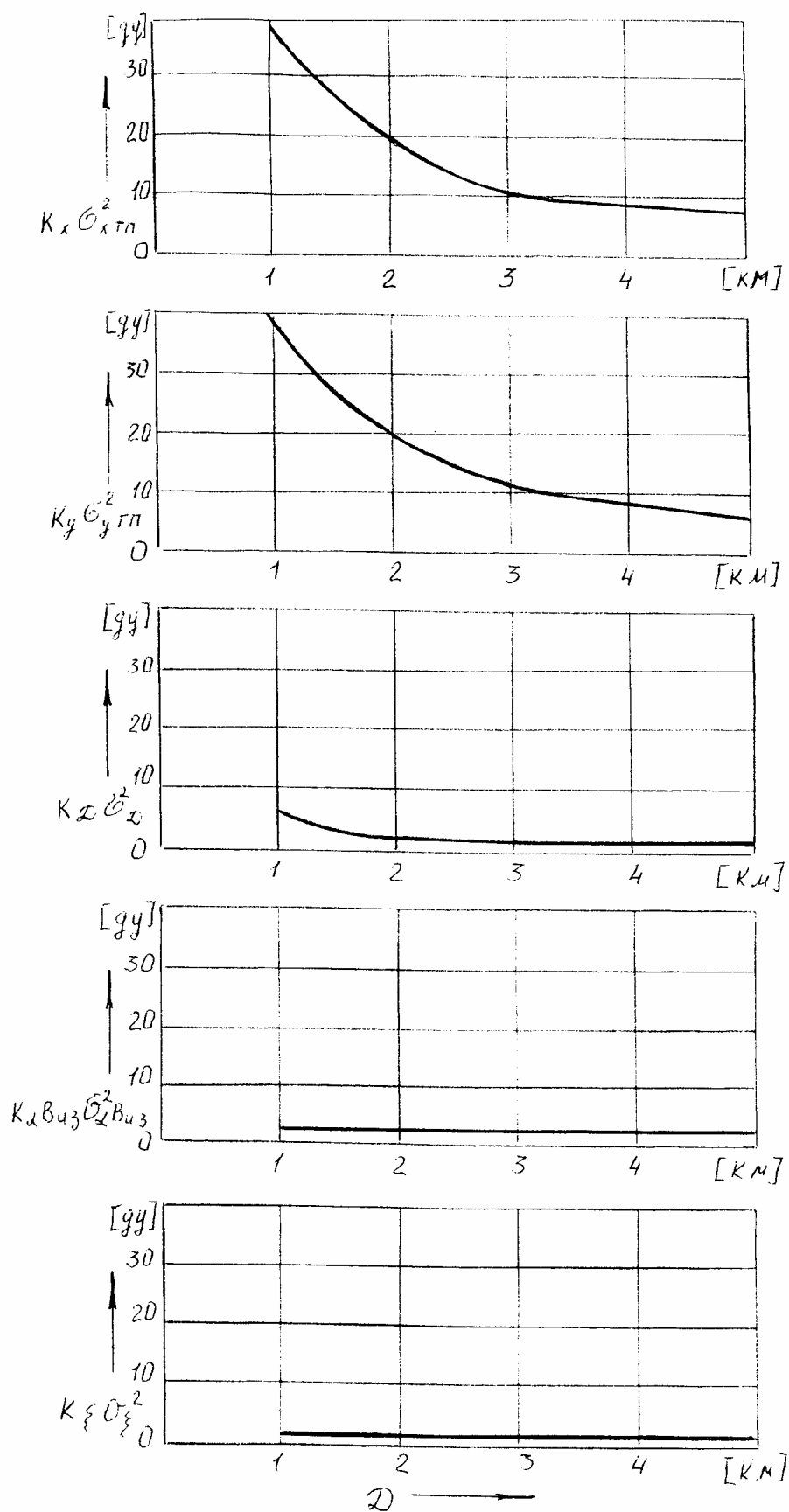


Рис. 1

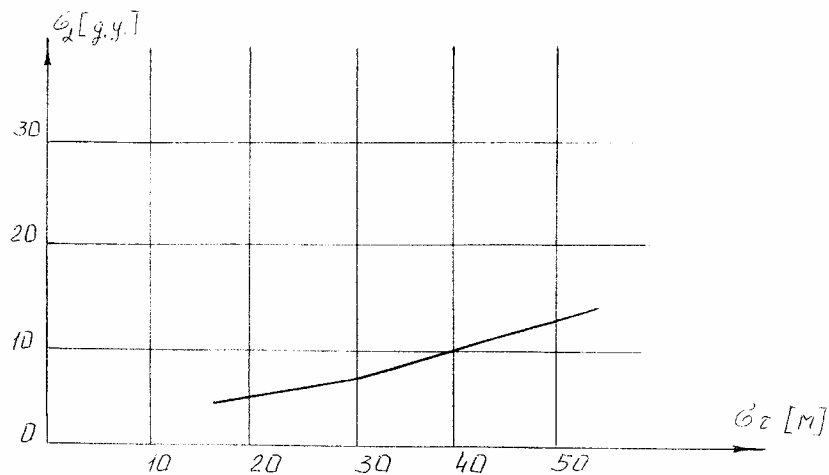


Рис. 2

Висновки:

1. Помилки місцевизначення дають основний внесок у похибки визначення орієнтирних напрямків.
2. Помилками кутів візурування і місця орієнтира, а також дальності до нього можна знехтувати.
3. Для забезпечення точності визначення орієнтирних напрямків в межах 10-12 п. к. необхідно синтезувати СН гарантованої точності, яка забезпечує визначення поточних координат НРО з точністю 40–50 м.

Вентцель Е.С. Курс теории вероятности. М., 1962.

УДК 528

Островський А.Л., Мороз О.І.

НУ “Львівська політехніка”, кафедра геодезії

ДО ПРОБЛЕМИ ОНОВЛЕННЯ ДЕРЖАВНОЇ ВИСОТНОЇ ОСНОВИ УКРАЇНИ

© *Островський А.Л., Мороз О.І., 2000*

В класичній геодезії роздільно, незалежними методами, визначають планове та висотне положення точок фізичної поверхні Землі.

Так, державні планові координати точок найчастіше визначались методом триангуляції, в той час як державна висотна основа створювалась методом геометричного нівелювання.

Звернемо увагу на те, що альтернативою триангуляції за точністю були полігонометрія, пізніше трилатерація, а у геометричного нівелювання конкурентоспроможної за точністю альтернативи не було. Тільки з появою GPS-приймачів стали актуальними питання:

- 1) чи слід переходити від роздільного визначення просторових координат точок до сумісного;
- 2) про можливість заміни геометричного нівелювання на висотні визначення GPS-приймачами;