



## ЗАСТОСУВАННЯ МАГНІТОМЕТРІВ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ МІСЦЕЗНАХОДЖЕННЯ ГРУНТОВИХ МЕТАЛЕВИХ ЦЕНТРІВ, РЕПЕРІВ

*В основу більшості інженерно-геофізических методів для определения расположения металлических центров (реперов) положена электроразведка постоянным током. При решении задачи контроля качества закладки и поиска геодезических пунктов авторы предлагают определять длины металлических труб, штырей и стержней в конструкциях центров методом магниторазведки. Проведенные расчеты указывают на достаточно высокую точность определения длины геодезического центра таким методом. Авторы рекомендуют применять его как контрольный после выполнения электроразведки.*

*The most of engineering-geophysical methods of locating metal centres (benchmarks) are based on electrical exploration with direct current. To solve the tasks of laying quality control and searching of geodetic points, the authors have proposed to determine the length of metal pipes, pins and rods in constructions of the centres by magnetic exploration method. The calculations made show, that accuracy of determination of geodetic centres lengths by this method is quite high. The authors recommend using magnetic exploration method as a check one after electrical exploration.*

**Постановка проблеми.** Для визначення глибини закладання металевих центрів або реперів у ході контролю рекомендується відкопувати їх повністю [11]. Але проведення такого контролю порушує планово-висотну стабільність підземного центру (репера) в ґрунті. Тож варто нагадати, що будь-яке металеве тіло створює довкола себе локальну магнітну аномалію. Цю аномалію можна локалізувати, визначивши геометричні параметри інородного металевого тіла методом вирішення прямої та оберненої задач магніторозвідки. Для цього слід скористатися магнітометрами, які допоможуть проконтролювати глибину закладання і форму ґрунтових металевих центрів і реперів, що і є темою нашого дослідження.

**Аналіз попередніх досліджень та публікацій.** Методику і результати застосування інженерно-геофізичних методів для визначення глибини залягання металевих центрів (реперів) подано у працях [2, 4]. Основа цих робіт – електророзвідка з використанням методу постійного струму. Використання для цього магнітометрів не виявлено. І це незважаючи на те, що частина підземних центрів і реперів має в своїй конструкції сталеву трубу або інший металевий стрижень [6, 7].

**Невирішені частини загальної проблеми.** Використання металевих геодезичних марок, стрижнів і сталевих труб у конструкціях підземних центрів і реперів зумовлює дослідження та розроблення нових інженерно-геофізичних методів контролю якості їх закладання, зокрема й методу магніторозвідки.

**Постановка завдання для дослідження.** Наявність металевих деталей у конструкціях підземних центрів та реперів дає можливість використовувати для їх визначення магнітометри. Визначення параметрів металеві труби, штиря, стрижня в конструкціях геодезичних центрів (реперів) є однією із невирішених задач контролю якості їх закладання [11, 7].

**Виклад основного матеріалу.** У Державній геодезичній мережі України металеві центри і репери представлені такими типами: І, І-А, 4, 5, 15, 54, 55,

57, 62, 68, 69, 95, 121, 125, 127, 128, 130, 133, 137 [5], 175, У16, У15Н [6], 1гр., 2гр., 6гр. [8].

Центр (репер) складається з металеві труби або штиря із залізобетонним якорем. Штир можна вмонтувати в залізобетонний центр без допоміжної арматури [6]. З позицій магніторозвідки, металевий центр (репер) можна представити як вертикальний стрижень, який з достатньою точністю апроксимується тонким вертикальним циліндром, простягання якого на глибину обмежене.

Горизонтальна  $H$ , вертикальна  $Z$  складові та повний вектор напруженості  $T$  вертикального тонкого циліндра визначаються за такими рівняннями:

$$H = Jx \left[ \frac{1}{(x^2 + h_1^2)^{\frac{3}{2}}} - \frac{1}{(x^2 + h_2^2)^{\frac{3}{2}}} \right];$$

$$Z = J \left[ \frac{h_1}{(x^2 + h_1^2)^{\frac{3}{2}}} - \frac{h_2}{(x^2 + h_2^2)^{\frac{3}{2}}} \right];$$

$$T = \sqrt{H^2 + Z^2},$$

де  $x$  – координата профілю, що проходить через центр циліндра;  $h_1$  і  $h_2$  – глибини залягання верхньої та нижньої кромки циліндра;  $J$  – лінійна намагніченість вертикального тонкого циліндра, яку визначають за формулою

$$z \approx S\chi T \approx \frac{\chi BS}{4\pi \cdot 10^2},$$

де  $S$  – площа верхньої кромки вертикального тонкого циліндра;  $T$  – напруженість магнітного поля;  $\chi$  – магнітна сприйнятливості вертикального металевого циліндра;  $B$  – рівень магнітного поля в нанотеслах (нТл); для території України  $B = 50\,000$  нТл.

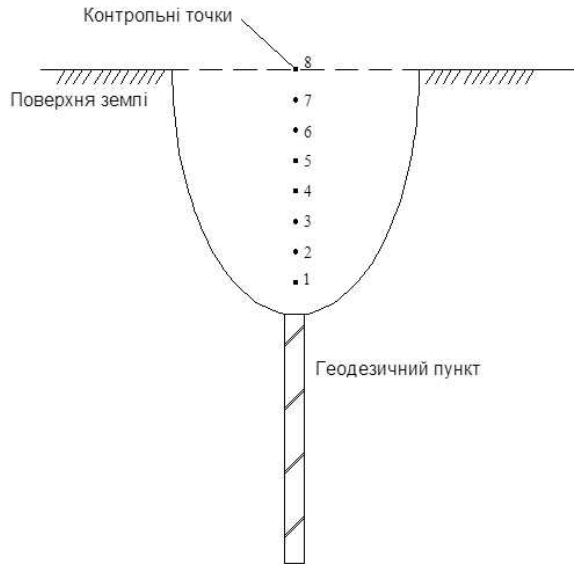
Під час експериментальних магнітометричних робіт замість вертикального тонкого циліндра було використано репер типу 133 і центр типу полігонометричного пункту № 1016. Слід зауважити, що значна частина полігонометричної мережі м. Івано-



Франківська, де проводилося дослідження, закріплені на центрах даного типу.

Польові вимірювання для визначення довжини центру пункту полігонометрії виконували магнітomeханічним (торсійним) магнітометром М-27.

Схему вимірювань наведено на мал. 1, а їх результати зведено у таблицю.



Мал. 1. Розміщення точок спостереження локальної магнітної аномалії

**Результати польових вимірювань над центром полігонометричного пункту № 1016**

№ точки	Висота над центром, см	Відлік	Висота МЧБ, м
1	0	640	0,13
2	10	310	0,23
3	18,4	124	0,314
4	26,8	76	0,398
5	35,3	84	0,483
6	43,7	46	0,567
7	52,1	24	0,651

Для визначення довжини металевого центру було вирішено обернену задачу магніторозвідки для вертикального тонкого циліндра:

$$l_{i+1,i} = \sqrt[3]{2 \cdot \frac{(h_{i+1} - h_i)}{(h_{i+1}^2 - h_i^2)} - \frac{h_i + h_{i+1}}{2} \cdot \frac{(z_i - z_{i+1})}{100I}}$$

де  $l$  – обчислена довжина центру при  $h_{i+1} - h_i$ ;  $Z_i$ ;  $Z_{i+1}$  – значення вертикальної складової аномального магнітного поля на висотах  $h_i$ ;  $h_{i+1}$ ;  $I$  – лінійна намагніченість металевого центру (вертикального стрижня);

Для зменшення впливу намагніченості ґрунту на результати вимірювань заміри  $Z$  було виконано в точках 5-7. Підставивши наперед відомі значення  $J$ ,  $R$  – радіуса металеві частини,  $\Delta h$  – перевищення між магніто-чутливим блоком (МЧБ) і верхньою частиною центру (репера) та виміряні значення  $Z$ , одержали:  $l_{6,5} = 0,603$  м,  $l_{7,6} = 0,887$  м,  $l_{7,5} = 0,709$  м. Середню квадратичну похибку вимірювань знайдено за формулою

$$\sigma = \sqrt{\sum \frac{(l_i - l_{\text{сер}})^2}{n}}$$

де  $l_i$  – значення вертикальної складової  $Z$  у точках 5, 6, 7;  $l_{\text{сер}}$  – середнє значення довжини центру;  $n$  – кількість вимірювань  $Z$  над центром:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(0,63 - 0,472)^2 + (0,887 - 0,742)^2 + (0,709 - 0,742)^2}{3}} = 0,107 \text{ м.}$$

Для визначення довжини репера польові вимірювання виконувались квантовим магнітометром ММ-60. Похибка вимірів склала 1,0 нТл. МЧБ розташовували на різних висотах над поверхнею землі. Вимірювально-реєструвальний блок (ВРБ) кріпився на витягнутому кабелі, який не торкався землі. У процесі вимірювань витримувався один і той самий напрямок МЧБ. Відстань між точками вимірювань становила 20 см. Результати магнітного знімання над репером на трьох висотах відображено на мал. 2.

На зображеннях значення магнітного поля показані у 100 раз меншими від реальних значень. Металевий репер знаходиться на перетині координат 60×60 см.

Аналогічні вимірювання виконано на цьому ж об'єкті також при розміщенні МЧБ на висотах 30 та 40 см (поз. б, в на мал. 2).

Для знаходження глибини залягання металевого репера використано таку формулу:

$$h_2 = \sqrt{\frac{j h_1^2}{j - \left(\frac{z_{\text{макс}}}{100}\right) h_1^2}}$$

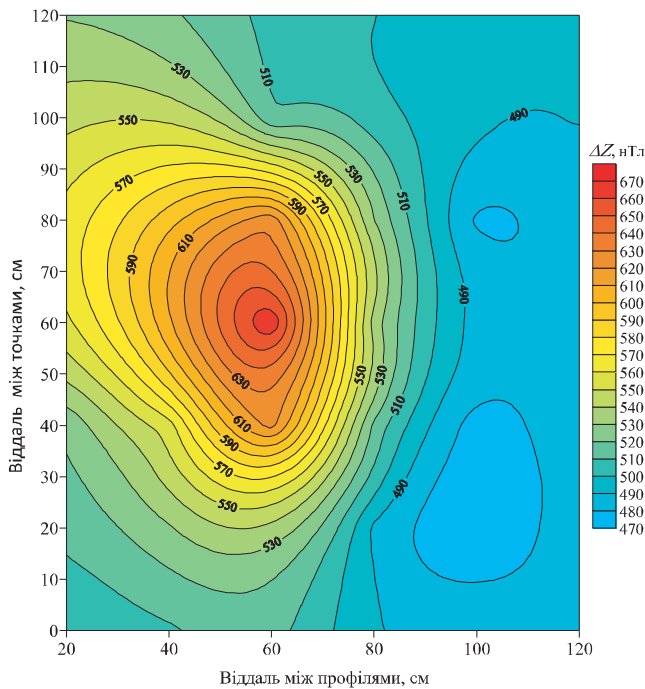
Довжина металевого репера для різних варіантів вимірювань становить:

$$\text{а) } h_2 = 10 \sqrt{\frac{j h_1^2}{j - \left(\frac{z_{\text{макс}}}{100}\right) h_1^2}} = 10 \sqrt{\frac{9,896 \cdot (0,1)^2}{9,896 - \left(\frac{67000}{100}\right) \cdot (0,1)^2}} = 10 \sqrt{\frac{0,09896}{3,196}} = 1,759 \text{ м;}$$

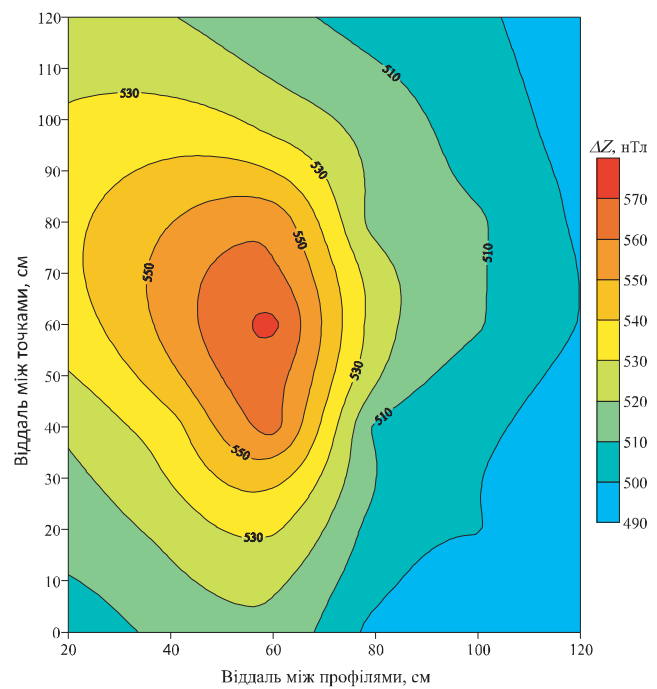
$$\text{б) } h_2 = 10 \sqrt{\frac{j h_1^2}{j - \left(\frac{z_{\text{макс}}}{100}\right) h_1^2}} = 10 \sqrt{\frac{9,896 \cdot (0,1)^2}{9,896 - \left(\frac{59000}{100}\right) \cdot (0,1)^2}} = 10 \sqrt{\frac{0,09896}{3,996}} = 1,574 \text{ м;}$$

$$\text{в) } h_2 = 10 \sqrt{\frac{j h_1^2}{j - \left(\frac{z_{\text{макс}}}{100}\right) h_1^2}} = 10 \sqrt{\frac{9,896 \cdot (0,1)^2}{9,896 - \left(\frac{57000}{100}\right) \cdot (0,1)^2}} = 10 \sqrt{\frac{0,09896}{4,196}} = 1,536 \text{ м.}$$

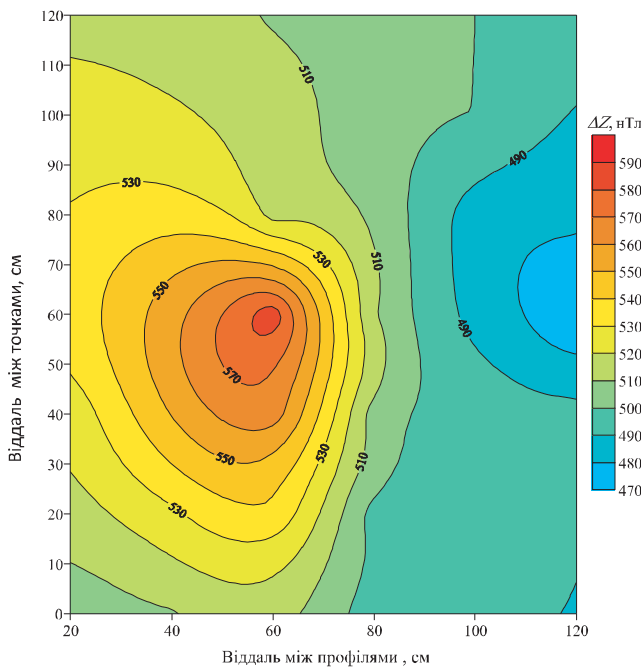
Тоді середнє значення глибини закладання репера дорівнюватиме:



а



б



в

Мал. 2. Розподіл магнітного поля над металевим репером при вимірюваннях на висотах 20 см (а), 30 см (б) і 40 см (в)

**Висновки.** Одержані результати дослідження переконують, що тип геодезичного знака істотно впливає на магнітометричне визначення довжини металевого репера і центру. Цей вплив викликаний наявністю магнітної аномалії довкола геознака (дія сторонніх металевих предметів та магнітних властивостей ґрунту). Тому для визначення довжини центрів, які в своїй конструкції мають металевий штир (тип І-А), основним методом повинна бути електророзвідка, а допоміжним – магніторозвідка. Для трубчастих металевих центрів (типи 54, 55, 121, 125, 127, 128, 130, 133) комплекс інженерно-геофізичних методів контролю їх закладання має включати два методи – магніторозвідку та електророзвідку.

### Література

1. *Анікеєв, С.Г.* Гравірозвідка і магніторозвідка: навч. посібник [Текст] / С.Г. Анікеєв, В.П. Степанюк. – Івано-Франківськ: Факел, 2003. – 247 с.
2. *Варзар, В.Д.* Один из методов определения глубины закладки металлических центров [Текст] / В.Д. Варзар // Геодез. и картогр. – 1971. – № 7. – С. 13-16.
3. *Галярник, М.В.* Використання мікромагнітного знімання для пошуку ґрунтових геодезичних знаків [Текст] / М.В. Галярник / Геодез., картогр. та аерофотознім. – 1996. – Вип. 57. – С. 9-12.
4. *Галярник, М.В.* О результатах определения закладки и длины подземного центра геофизического пункта [Текст] / М. В. Галярник, Г. И. Квятковский. – Ивано-

а середня квадратична похибка вимірювання становитиме:

$$h_{\text{сеп}} = \frac{1,759 + 1,574 + 1,536}{3} = 1,623 \text{ м,}$$

$$\delta = \sqrt{\frac{(1,759 - 1,623)^2 + (1,574 - 1,623)^2 + (1,536 - 1,623)^2}{3}} = 0,097 \text{ м.}$$

Виміряна перед закладанням довжина репера становила 1,64 м.



Франк. ин-т нефти и газа. – Ивано-Франковск, 1993. – 6 с. – Библиогр.: 2 назв. – Укр. – Деп. в ГНТБ Украины 01.11.93, №3161-УК93.

5. *Інструкція* з обстеження та оновлення пунктів Державної геодезичної мережі України. Топографо-геодезична та картографічна діяльність: законодавчі та нормативні акти. Ч.1 [Текст]. – Вінниця: Антекс, 2000. – С. 294-319.

6. *Інструкція* про типи центрів геодезичних пунктів. ГКНТА -2.01, 02-01- 93 [Текст]. – К., 1994. – 53 с.

7. *Інструкція* про порядок контролю і приймання топографо-геодезичних і картографічних робіт. (Затв.

нак. Гол. упр. геодезії, картографії та кадастру України № 19 від 17.02.2000 р.).

8. *Інструкція* по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500 / Гл. упр. геодез. и картогр. при Совете Министров СССР. – М., 1982. – 160 с.

9. *Миков, Д.С.* Методы интерпретации магнитных аномалий [Текст] / Томск: Изд-во Том. ун-та, 1962. – 188 с.

10. *Справочник* оператора-магниторазведчика [Текст] / Под ред. В. Е. Никитского. – М.: Недра, 1987. – 176 с.

11. *Темник* для изобретателей и рационализаторов в области геодезии, аэрофототопографии и картографии [Текст]. – М.: Недра, 1976. – 64 с.

Надійшла 17.07.12

\* \* \*

#### До уваги авторів

1. Матеріали до "Вісника геодезії та картографії" подаються у текстовому редакторі Microsoft Word з дотриманням таких вимог: параметри сторінки А4; всі поля на сторінці по 2 см; розмір шрифту 10 пт; інтервал одинарний; автоматичні переноси не застосовувати; абзац починати за допомогою клавіші "ENTER".

2. Формули набираються у редакторі формул програми Microsoft Word. Розміри шрифту для формул: звичайний – 10 пт, великий індекс – 7 пт, малий індекс – 6 пт, великий символ – 11 пт, малий символ – 8 пт. **Ширина формули не повинна перевищувати 8 см.**

3. Малюнки, фото та схеми подаються **окремими файлами у графічному вигляді** у форматах \*.eps (векторний), \*.tif (растровий) з роздільною здатністю не менше 300 dpi, у моделі СМҮК. Графічні зображення, вставлені в Microsoft Word або в інші редактори, **не приймаються!**

4. Розмірність малюнків і таблиць (ширина/висота): 80 / до 230 мм, 130 / 230 мм, 170 / до 230 мм. Розмір шрифту для таблиць – 10 пт. Кожна таблиця повинна мати заголовок.

5. До статті мають входити такі елементи: шифр УДК; резюме та назва статті українською, російською та англійською мовами; основний текст відповідно до вимог ВАК України; список літератури, укладений за правилами стандартів і в алфавітному порядку; назва установи, де працює (вчиться) автор; відомості про авторів (**прізвище, повне ім'я та по батькові**, вчений ступінь, вчене звання, домашня і службова адреси, **телефон, електронна пошта**, інтернет-сторінка для зв'язку).

6. Стаття і додатки подаються в електронному вигляді або пересилаються електронною поштою на адресу nv@gki.com.ua.

*Редакція*