

УДК 528.48

## ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ҐРУНТУ НА ВИСОТНЕ ПОЛОЖЕННЯ РЕПЕРІВ

**І. Тревого**

Національний університет "Львівська політехніка"

**Є. Ільків, Д. Кухтар, С. Досин**

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

**Ключові слова:** репери, температура, точність.

### Постановка проблеми

Геодезичний моніторинг деформацій інженерних споруд, зокрема їх осідань, – одне із важливих завдань інженерної геодезії. Для забезпечення необхідної точності результатів спостережень за осіданнями фундаментів ставляться високі вимоги до контролю за стійкістю і положенням реперів висотної основи. Для того, щоб отримати значення осідання з точністю 1 мм, стійкість вихідної основи повинна бути в 3 рази вищою – 0,3 мм. Одним з факторів, який впливає на висотне положення головки репера, є температурні деформації реперної труби. Коливання температури ґрунту протягом року, місяця, доби приводять до зміни висоти репера. Для того, щоб виключити цей вплив з результатів нівелювання, знаходять зміну довжини реперної труби за формулою [1]:

$$\Delta = \alpha_c \cdot l \cdot \Delta t, \quad (1)$$

де  $\alpha_c$  – коефіцієнт лінійного розширення сталі, що дорівнює 0,0000125;  $l$  – довжина реперної труби, що зазнає температурних деформацій;  $\Delta t$  – амплітуда коливання температури реперної труби між циклами спостережень.

Коливання температури реперної труби безпосередньо залежить від зміни температури ґрунтів. Встановлення закономірностей розподілу температури в ґрунтах дасть змогу розрахувати величину зміни довжини реперної труби.

### Аналіз останніх досліджень та публікацій, які стосуються вирішення цієї проблеми

Дослідження теплових властивостей ґрунтів дуже поширене в різних галузях науки і техніки. Особливо актуальне це питання під час проектування фундаментів споруд, моделювання роботи теплових насосів [8]. Зміна температури і вологості ґрунтів є одним з основних факторів, що впливає на стійкість геодезичних знаків [6]. Так, за результатами досліджень [3] встановлено, що температурні деформації глибинного репера завдовжки 16 м, закладеного в дворі МІІГАІК в 1956 р., становили 1,3 мм.

### Невирішені частини загальної проблеми

Зміна температурного режиму ґрунтів може привести до збільшення або зменшення об'єму ґрунтів внаслідок набухання, усадки чи промерзання, цим самим веде до зміни положення знаків. Крім цього, зміна температури ґрунту безпосередньо впливає на реперну трубу, а саме на її довжину. На нашу думку, недостатньо проаналізовано вплив розподілу темпера-

тури по всій довжині реперної труби в різні періоди року, місяця, доби для різних конструкцій реперів.

### Постановка завдання проблеми

Дослідити, як змінюється довжина реперної труби в різні періоди року за рахунок зміни температури ґрунту.

### Викладення основного матеріалу проблеми

На положення репера впливають три основні фактори зовнішнього середовища: сили, що виникають внаслідок замерзання і танення води в ґрунтах, вологість ґрунтів, температура реперної труби. Відповідно до принципу рівних впливів, якщо вимоги до стійкості репера – 0,3 мм, то вплив температури не повинен перевищувати 0,1 мм.

Прийmemo, що температура реперної труби дорівнює температурі ґрунту. Вона змінюється від значення температури повітря на поверхні ґрунту до постійного значення на деякій глибині  $x$ . Визначити температуру ґрунту для заданої глибини можна з формули, наведеної у праці [9]:

$$T_{zp}(x, t) = \overline{T}_{zp} + A \cdot e^{-x \sqrt{\frac{\pi}{365\alpha}}} \times \sin\left(\frac{2\pi(t-t_0)}{365} - x \sqrt{\frac{\pi}{365\alpha}} - \frac{\pi}{2}\right), \quad (2)$$

де  $x$  – глибина ґрунту, м;  $t$  – день року;  $\overline{T}_{zp}$  – середньорічна температура поверхні ґрунту (атмосферного повітря), °С;  $A$  – річна амплітуда коливань температури;  $\alpha$  – температуропровідність ґрунту, м<sup>2</sup>/с;  $t_0$  – час відставання (у днях) від довільно вибраної початкової дати (1 січня) до виникнення мінімальної температури в році.

Змінні рівняння (2) визначають вплив клімату вибраного регіону ( $T_{zp}$ ,  $A$ ) і теплові властивості ґрунтового покриву ( $\alpha$ ). Температуропровідність ґрунтів  $\alpha$  характеризує швидкість поширення температури внаслідок поглинання чи віддачі тепла. Вона залежить від співвідношення твердої, рідкої і газоподібної складових, текстурних і структурних особливостей ґрунтів, вмісту вологи і температури [5]. Розраховують коефіцієнт температуропровідності за формулою:

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho C}, \quad (3)$$

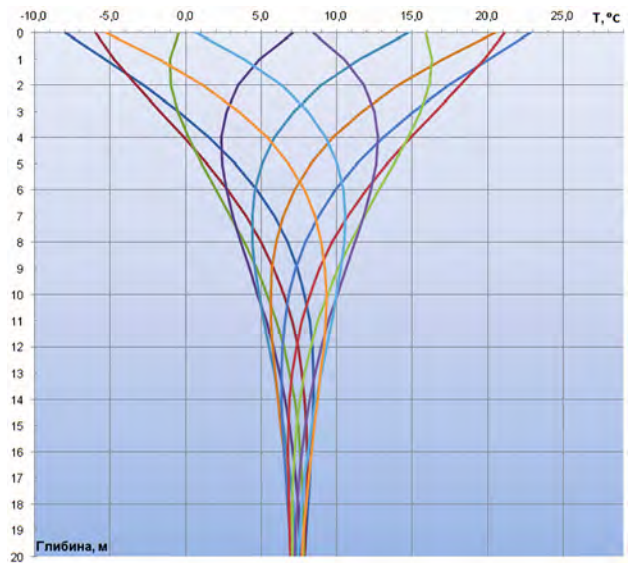
де  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності ґрунту;  $\rho$  – густина ґрунту;  $C$  – питома теплоємність ґрунту.

У праці [7] наведено графіки та номограми для розрахунку теплофізичних характеристик, зокрема температуропровідності, найпоширеніших типів ґрунтів території СРСР.

У табл. 1 наведемо значення середньомісячної температури повітря для Івано-Франківської області. За даними табл. 1 та значенням коефіцієнта теплопровідності ( $\alpha = 0,282 \text{ м}^2/\text{с}$ ) розрахуємо температуру ґрунту на різній глибині за формулою (2).

На рисунку наведено графіки зміни температури ґрунту від глибини для кожного з місяців року. Максимальна глибина промерзання ґрунту досягається в лютому і березні. Найхолодніший місяць року – січень. Це зумовлено термодинамікою ґрунтів. Найбільша глибина промерзання ґрунтового покриву встановлюється наприкінці зими – на початку весни.

Зона стабільних температур зосереджена на глибині 20 м і дорівнює середньорічній температурі в заданому регіоні. Вікові, фундаментальні та ґрунтові репери закладають на глибину 5–10 м [4]. Відповідно до даних графіка річна амплітуда температури ґрунту на цих глибинах становить 15°C і 5°C відповідно. Коливання температури ґрунтового покриву призведе до циклічних змін довжини реперної труби.



Графік зміни температури ґрунту від глибини

Таблиця 1

**Середньомісячні температури повітря**

Місяць року	Середньорічна температура, °C	Амплітуда коливань температури, °C
Січень	-3,4	13,8
Лютий	-2,3	15,6
Березень	3	17,5
Квітень	9,6	17,5
Травень	15	15,7
Червень	18	14,6
Липень	21,2	14,9
Серпень	19,9	16,2
Вересень	14	16,3
Жовтень	8	15,3
Листопад	3,7	14,1
Грудень	-3,6	13,2

Таблиця 2

**Розрахунок відносного видовження реперної труби**

Тип репера	Температура повітря, °C (січень/липень)	Температура верхньої/нижньої частини, °C	Середня температура реперної труби, °C	Довжина реперної труби, мм	Відносне видовження репера, мм	Зміна довжини репера, мм
Віковий репер 174	-7,9	-5,3 +4,0	-0,6	4600	-0,03	+0,92
	+22,8	+20,1 +10,7	+15,4		+0,88	
Віковий репер 175	-7,9	-5,3 +6,1	0,4	6200	0,03	+1,15
	+22,8	+20,1 +8,6	+14,4		+1,12	
Фундаментальний репер 161	-7,9	-6,6 -4,0	-5,3	1000	-0,07	+0,32
	+22,8	+21,5 +18,8	+20,2		+0,25	
Ґрунтовий репер 160	-7,9	-6,6 -3,3	-5,0	1300	-0,08	+0,39
	+22,8	+21,5 +17,0	+19,2		+0,31	

Розрахуємо значення відносного видовження реперної труби для січня і липня, скориставшись формулою (1). Обчислення виконаємо для чотирьох типів реперів, конструкції яких вміщено в додатках до Інструкції [2]. На основі конструкцій кожного типу репера встановлюємо довжину реперної труби та місцезнаходження верхньої і нижньої частин репера. З графіка на рисунку визначаємо температуру верхньої і нижньої частин репера залежно від глибини. Для спрощення розрахунку відносного видовження репера використаємо значення середньої температури реперної труби, яку отримуємо як середнє арифметичне температури верхньої і нижньої частин репера. Результати розрахунків наведемо в табл. 2.

**Висновки**

На основі розрахунків можна зробити такі висновки:

1. Встановлено значення зміни довжин (висот) реперів з січня до липня внаслідок зміни температури повітря і ґрунтів. Для фундаментальних і ґрунтових реперів це 0,32–0,39 мм, а для вікових реперів – 0,92–1,15 мм, що суттєво перевищує прийняту допустиму величину 0,1 мм. Це свідчить про необхідність врахування цієї поправки до результатів нівелювання під час виконання робіт у різні пори року.

2. Застосування формули для розрахунку температури ґрунту на різній глибині дає можливість вводити поправки в довжину реперної труби для нівелірних знаків різної конструкції та відповідно до кліматичних умов.

3. Для зменшення впливу температурної деформації рекомендуємо розмішувати верхню частину репера на глибині 1,5 м і більше. Це дасть змогу зменшити вплив амплітуди коливань температури ґрунту на репер, оскільки що менша глибина, то більша амплітуда.

**Література**

- Ганьшин В.Н. Измерение вертикальных смещений сооружений и анализ устойчивости реперов [Текст] / В.Н. Ганьшин, А.Ф. Стороженко, А.Г. Ильин [и др]. – М.: Недра, 1981. – 215 с.

2. Інструкція про типи центрів геодезичних пунктів [Текст] / ІГКНТА – 2.01, 02-01-93. – К., 1994. – 53 с.
3. Пискунов М.Е. Наблюдения за устойчивостью глубинного репера МИИГАиК [Текст] / М.Е. Пискунов // Изв. вузов “Геодезия и аэрофотосъемка”. – 1958. – Вып. 5. – С. 107–116.
4. Правила закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сетей [Текст]. – М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 1993 – 104 с.: ил.
5. Сергеева Е.М. Грунтоведение [Текст] / Е.М. Сергеева. – М.: Издат. Московского ун-та, 1983. – 388 с.
6. Успенский М.С. Условия устойчивости геодезических центров и реперов [Текст] / М.С. Успенский. – М.: Геодезиздат, 1955. – 95 с.
7. Чудновский А.Ф. Теплофизические характеристики дисперсных материалов [Текст] / А.Ф. Чудновский. – М.: Гос. изд. физ.-мат. л-ры, 1962. – 456 с.
8. RETScreen International. Ground-source Heat Pump Project Analysis: Chapter // RETScreen Engineering & Cases Textbook. – Ministry of Natural Sources of Canada, 2005. – 70 p.
9. Soil Temperature Variations With Time and Depth [Електронний ресурс] : автор статті Nofziger D.L.– доступ до ресурсу: <http://soilphysics.okstate.edu/software/SoilTemperature/document.pdf>.

#### **Вплив температури ґрунту на висотне положення реперів**

І. Тревого, Є. Ільків, Д. Кухтар, С. Досын

Встановлено, що коливання температури ґрунту істотно впливає на стабільність геодезичних знаків. Виникає необхідність визначення величини зміни висоти репера та врахування цих даних у результаті високоточного нівелювання. Застосована формула для визначення температури ґрунту дає змогу розрахувати значення поправки в довжину реперної труби для нівелірних знаків різної конструкції, а також відпо-

відно до ґрунтово-кліматичних умов, у межах яких розміщена мережа реперів. Наведені в статті обчислення підтверджують необхідність урахування поправки за зміну довжини реперної труби.

#### **Влияние температуры почвы на высотное положение реперов**

И. Тревого, Е. Илькив, Д. Кухтар, С. Досын

Установлено, что колебания температуры почвы значительно влияет на стабильность геодезических знаков. Возникает необходимость определения изменения высоты репера и учета этих данных в результаты нивелирования. Примененная формула для определения температуры почвы позволяет рассчитать значение поправки в длину реперной трубы для нивелирных знаков различной конструкции, а также в соответствии с почвенно-климатическими условиями, в пределах которых размещена сеть реперов. Приведенные в статье вычисления подтверждают необходимость учета поправки за изменение длины реперной трубы.

#### **Influence of the soil temperature on benchmark high position**

I. Trevoho, Je. Ilkiv, D. Kukhtar, S. Dosyn

Found that temperature fluctuations of the soil creates a significant impact on the stability of geodetic marks. There is a need to identify the change in the height of benchmarks and incorporation of these data in the results of precision leveling. The applied formula authors to determine the temperature of the soil allows to calculate the value adjustment to the length of benchmark pipe for leveling characters of different designs, and according to soil and climatic conditions within which posted benchmarks network. Calculation are given in the article confirms the necessity of considering the amendment for changing the length of benchmark pipe.

## **Conference and trade fair for geodesy, geo information and land management.**



**9-11 October, Hannover, Germany, INTERGEO 2012**

Web site: <http://www.intergeo.de/en/englisch/index.php>