



Мал. 6. Схема розміщення найважливіших розломів у Центральній Європі [2]

39,3 мм/рік (від -26,4 до +12,9), а найменша у 2009 р. – 11,8 мм/рік (від -5,4 до +6,4). Середні квадратичні похибки визначення щорічних абсолютних швидкостей вертикальних рухів знаходяться в межах до 2 мм/рік.

2. На основі аналізу графіків зміни абсолютних швидкостей вертикальних рухів земної кори виділено п'ять груп перманентних станцій, у межах яких зберігається взаємна кореляція вертикальних рухів у часі.

3. Укладено картосхеми розподілу щорічних регіональних швидкостей вертикальних рухів території Центральної Європи. Виділено три умовні блоки з різними кінематичними характеристиками. Між ними встановлено три- та дворічна циклічність усереднених взаємних зміщень.

4. Поділ на умовні блоки різної активності та диференційованості щорічних проявів сучасних верти-

кальних рухів за даними ГНСС-вимірювань дав можливість виявити їх зв'язок з глибинними тектонічними структурами.

Література

1. *Атлас "Геологія та корисні копалини України"*; під ред. Л.С. Галецького / НАН України; Мін-во екології та прир. рес. України. – Вид-во У/ЦПТ "Геос – XXI століття", 2001. – С. 15.

2. *Соколовский, А.К.* Важнейшие зоны разломов Центральной Европы: происхождение и история развития / А.К. Соколовский // Матер. Междунар. геол. конгр. "Тектонические процессы", XXVIII сес.: Докл. сов. геологов. – М., 1989. – С. 242-252.

3. *Bennet, R.A.* Constraints on vertical crustal motion for long base lines in the central Mediterranean region using continuous GPS / R. A. Bennet, S. Hreinsdottir // Earth and Planet. Sci. Lett. – 2007. – V. 257. – № 3-4. – P. 419-434.

4. *Calais, E.* Current Extension in the Central Part of the Western Alps from Continuous GPS Measurements 1996-2001 / E. Calais, J.-M. Njéquet, F. Jouanne, M. Tardy // *Geology*. – 2002. – P. 651-654.

5. *Caporali, A.* Geokinematics of Central Europe: New insights from the CERGOP-2 (Environment Project) / A. Caporali, C. Aichhorn, M. Becker [et al.] // *Geodynamics*. – 2008. – V. 45. – № 4-5. – P. 246-256.

Інтернет-джерела

6. *База даних SOPAC* (Scripps orbit and permanent array center). – <http://sopac.ucsd.edu>

7. *Веб-сторінка* геодезичної лабораторії в штаті Невада (Nevada Geodetic Laboratory). – <http://geodesy.unr.edu>

Надійшла 27.02.13

* * *

УДК 528.48

І. С. Тревого, Є. Ю. Ільків, Д. В. Кухтар

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ДЕФОРМАЦІЙ НАДЗЕМНИХ ТРУБОПРОВІДІВ МЕТОДОМ КОРЕЛЯЦІЙНОГО АНАЛІЗУ

Выполнены наблюдения за смещениями опорного сечения надземного перехода магистрального газопровода "Уренгой – Помары – Ужгород" методом корреляционного анализа. На основе экспериментальных данных установлена степень влияния термического фактора на величину смещения трубопровода. Получено уравнение регрессии для прогнозирования этих смещений.

The monitoring of displacements of the reference section of an overground switch of gas pipeline "Urengoy – Pomary – Uzhgorod" have been conducted with use of correlation analysis method. On the basis of experimental data the level of influence of thermal effect on the pipeline displacement has been determined. The regression equation to predict the displacements has been obtained.

Постановка проблеми. Температурні деформації надземних трубопроводів виникають внаслідок їх видовження, викликаного зміною температурного ре-

жиму атмосфери. Температура поверхні труби є змінною по довжині та в часі величиною. Її визначають в основному температура речовини, що транспортується, і температура навколишнього середовища [6].

Якщо температуру повітря над окремими ділян-

© І. С. Тревого, Є. Ю. Ільків, Д. В. Кухтар, 2013



ками надземних переходів протяжністю 100-200 м можна приймати сталою, то односторонній нагрів труби сонячними променями порушує цю закономірність і спричинює розвиток температурних деформацій металу. Різниця температури поверхні труби на сонячній і тіншовій сторонах створює додаткові напруження в трубопроводі [7], результатом дії яких є зміщення труби в горизонтальній площині.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, дотичних до вирішення проблеми. Фактор теплового впливу на надземні переходи трубопроводів має нестабільний і випадковий характер. Теплові процеси, викликані впливом сонячної радіації і теплом від оточуючого середовища, не дають змоги визначити температуру труби теоретичним шляхом. У праці [8] наведено результати експериментальних досліджень залежності між температурою атмосферного повітря та деформаціями газопроводів.

У дослідженні [9] зазначається, що зміна координат пунктів на багатопверхових будівлях корелюється з денним ходом температури і радіації. Пряма сонячна радіація є важливим фактором короткоперіодичної динаміки геодезичних пунктів на високих спорудах протягом дня.

Питання інтенсивності впливу сонячної радіації залежно від напрямку дії та сили на температурну складову крену висотних споруд і його азимут викладено в праці [1].

Одним з основних напрямків дослідження деформацій інженерних споруд є встановлення залежності між зміщеннями і випадковими факторами, що на них впливають. Для встановлення таких залежностей найчастіше користуються методами математичної статистики [2-4].

Невирішені частини загальної проблеми. Циклічні температурні деформації надземних переходів магістральних газопроводів слід враховувати для встановлення необхідної точності геодезичних спостережень. Тому доцільно проаналізувати випадкові фактори теплового впливу на положення надземного трубопроводу. Отримані результати можуть бути використані для прогнозування зміщень трубопроводів під дією температурної складової деформацій.

Постановка завдання: на основі експериментальних даних встановити ступінь впливу температури навколишнього середовища та різниці температури труби на сонячній і тіншовій сторонах на величину зміщень трубопроводу.

Виклад основного матеріалу. Досліджено зміщення S опорного перерізу надземного переходу магістрального газопроводу "Уренгой – Помари – Ужгород" методом кореляційного аналізу. Діаметр досліджуваної ділянки труби – 1420 мм. Трубопроводи таких діаметрів дуже поширені в Карпатському регіоні як переходи через штучні та природні перешкоди. При спостереженнях фіксувалися: температура повітря t , різниця температур труби з сонячного і тіншового боків ΔT у межах перерізу та зміщення S (методику спостережень описано у [8]). Температуру труби визначали за допомогою

портативного пірометра з точністю до 0,1 °С. Упродовж 13-ти годин проведено 41 цикл спостережень. Температура повітря змінювалася від 13-ти до 37 °С. Аналіз виконано на підставі усереднених даних для одного опорного перерізу (табл. 1).

Таблиця 1. Результати спостережень у межах опорного перерізу

Номер циклу	Поперечні (абсолютні) зміщення S , мм	Температура повітря, °С	Різниця температур	Відхилення		
				$S-M[S]$	$t-M[t]$	$\Delta T-M[\Delta T]$
1	0	13,0	8,7	-3,44	-14,41	-2,58
2	0	13,5	8,9	-3,44	-13,91	-2,44
3	1	13,0	8,7	-2,44	-14,41	-2,58
4	2	14,0	9,0	-1,44	-13,41	-2,31
5	2	16,0	9,5	-1,44	-11,41	-1,83
6	0	19,0	10,1	-3,44	-8,41	-1,21
7	1	23,0	10,8	-2,44	-4,41	-0,51
8	1	24,0	10,9	-2,44	-3,41	-0,36
9	0	22,5	10,7	-3,44	-4,91	-0,59
10	3	26,5	11,3	-0,44	-0,91	0,00
11	2	26,5	11,3	-1,44	-0,91	0,00
12	3	26,5	11,3	-0,44	-0,91	0,00
13	3	24,5	11,0	-0,44	-2,91	-0,28
14	1	24,5	11,0	-2,44	-2,91	-0,28
15	3	26,5	11,3	-0,44	-0,91	0,00
16	2	27,0	11,4	-1,44	-0,41	0,07
17	4	28,5	11,6	0,56	1,09	0,27
18	2	27,0	11,4	-1,44	-0,41	0,07
19	3	28,5	11,8	-0,44	3,09	0,51
20	5	33,0	12,1	1,56	5,59	0,80
21	5	34,0	12,2	1,56	6,59	0,91
22	7	34,5	12,3	3,56	7,09	0,96
23	4	37,0	12,5	0,56	9,59	1,21
24	10	34,0	12,2	6,56	6,59	0,91
25	6	34,0	12,2	2,56	6,59	0,91
26	6	33,5	12,2	2,56	6,09	0,85
27	4	33,0	12,1	0,56	5,59	0,80
28	6	34,0	12,2	2,56	6,59	0,91
29	6	33,0	12,1	2,56	5,59	0,80
30	4	31,0	11,9	0,56	3,59	0,57
31	4	34,5	12,3	0,56	7,09	0,96
32	4	29,0	11,6	0,56	1,59	0,33
33	3	31,0	11,9	-0,44	3,59	0,57
34	3	29,5	11,7	-0,44	2,09	0,39
35	3	30,5	11,8	-0,44	3,09	0,51
36	5	30,0	11,8	1,56	2,59	0,45
37	4	27,5	11,4	0,56	0,09	0,14
38	4	27,5	11,4	0,56	0,09	0,14
39	4	32,5	12,0	0,56	5,09	0,74
40	7	30,0	11,8	3,56	2,59	0,45
41	4	25,0	11,1	0,56	-2,41	-0,21
[M]	3,44	27,41	11,31	-	-	-

У загальному вигляді результати спостережень представимо числами x_{ki} . Перший індекс означає номер випадкової величини, другий – цикл спостережень. Отже, x_{ki} – це значення випадкової величини x_k в i -му циклі. Основними характеристиками випадкових величин x_i є математичне очікування $M[x_k]$, дисперсія Dx_k і кореляційні моменти K_{ki} :

$$K = \{K_{ki}\}. \quad (1)$$

Математичне очікування, дисперсію і кореляційні моменти визначимо за відомими формулами [5]

$$M[x_k] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ki}; \quad (2)$$



$$Dx_k = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ki} - M[x_k])^2; \quad (3)$$

$$K_{ki} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ki} - M[x_k])(x_{ii} - M[x_i]), \quad (4)$$

де n – кількість циклів спостережень.

Розділивши значення кореляційної матриці (4) на добуток відповідних середніх квадратичних похибок $m_k = \sqrt{D_k}$ і $m_i = \sqrt{D_i}$, отримаємо нормовану матрицю

$$\rho = \{ \rho_{ij} \}. \quad (5)$$

За формулами (2-4) обчислимо елементи кореляційної та нормованої матриці:

$$[K_{ki}] = \begin{pmatrix} 4,70 & 10,55 & 1,59 \\ 10,55 & 41,51 & 6,54 \\ 1,59 & 6,54 & 1,05 \end{pmatrix}; \quad [\rho_{ij}] = \begin{pmatrix} 1,00 & 0,76 & 0,71 \\ 0,76 & 1,00 & 0,99 \\ 0,71 & 0,99 & 1,00 \end{pmatrix}.$$

Парні коефіцієнти кореляції ρ характеризують зв'язок між випадковими факторами без врахування інших. Кореляційний зв'язок буде вагомий, якщо виконуються умови:

$$\rho \geq 3\sigma_\rho; \quad (6)$$

$$\sigma_\rho = \frac{1-\rho^2}{\sqrt{n-1}}. \quad (7)$$

Часткові коефіцієнти кореляції характеризують взаємозв'язок між двома змінними при постійному впливі третьої:

$$\rho_{12,3} = A_{12} / \sqrt{A_{11}A_{22}}; \quad \rho_{13,2} = A_{13} / \sqrt{A_{11}A_{33}}; \\ \rho_{23,1} = A_{23} / \sqrt{A_{22}A_{33}}, \quad (8)$$

де $A_{11}, A_{22}, \dots, A_{ij}$ – визначники другого порядку, які знаходять з матриці (5). Використовуючи нормовану кореляційну матрицю і формули (8), обчислимо визначник A_{ij} та часткові коефіцієнти кореляції. Характер зв'язку між двома факторами при постійному третьому перевіримо за умовою (6). Результати зведемо у табл. 2.

Таблиця 2. Парні та часткові коефіцієнти кореляції

Параметр	Кореляція між		
	S i t	S i ΔT	t i ΔT
Парна			
ρ	0,76	0,71	0,99
σ_ρ	0,07	0,08	0,003
$3\sigma_\rho$	0,2	0,24	0,01
Часткова			
ρ	0,47	0,34	0,98
σ_ρ	0,12	0,14	0,01
$3\sigma_\rho$	0,37	0,42	0,02

Силу впливу одночасно декількох факторів на залежну змінну характеризує коефіцієнт множинної кореляції:

$$R_{1,23} = \sqrt{1 - \frac{A}{A_{11}}}, \quad (9)$$

де A – визначник третього порядку.

Множинні коефіцієнти кореляції без врахування дії одного з факторів визначимо за формулами

$$R_{1,2} = \sqrt{1 - \frac{1 - R_{1,23}^2}{1 - \rho_{13,2}^2}}; \quad R_{1,3} = \sqrt{1 - \frac{1 - R_{1,23}^2}{1 - \rho_{12,3}^2}}. \quad (10)$$

Статистичне оцінювання вибірових коефіцієнтів виконаємо за критерієм Фішера:

$$F_\Phi = \frac{R_{1,23}^2(n-m)}{(1-R_{1,23}^2)(m-1)} \geq F_q. \quad (11)$$

де $n=41$ – кількість циклів спостережень; $m=3$ – кількість параметрів.

Прийнявши рівень значущості 0,05 при числі ступенів свободи $f_1=38$ і $f_2=2$, знайдемо F_q . Значення коефіцієнтів R_i вважаються достовірними при виконанні умови (11). Результати обчислень зведемо в табл. 3.

Таблиця 3. Множинна кореляція

Параметр	Кореляція		
	загальна	без t	без ΔT
R	0,79	0,71	0,76
F_Φ	31,55	23,91	28,07
F_q	19,43	19,43	19,43

Рівняння множинної регресії має вигляд:

$$X = b_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3. \quad (12)$$

Використовуючи матрицю (1), знайдемо визначники другого порядку B_{11}, B_{12}, B_{13} та коефіцієнти регресії:

$$b_2 = B_{12}/B_{11}; \quad b_3 = B_{13}/B_{11}. \quad (13)$$

Вільний параметр рівняння b_1 знаходимо за формулою

$$b_1 = M[x_1] - b_2 M[x_2] - b_3 M[x_3], \quad (14)$$

де $M[x_i]$ – математичне очікування випадкових факторів.

У результаті обчислень отримано такі значення коефіцієнтів регресії: $b_1=18,79$, $b_2=0,76$, $b_3=-3,19$. Тоді рівняння залежності горизонтальних зміщень трубопроводу від факторів, які ми аналізуємо, матиме вигляд:

$$\tilde{S} = 18,79 + 0,76t - 3,19\Delta T.$$

Отримане рівняння регресії може бути використане для прогнозування зміщень трубопроводу під дією факторів термічного впливу.

Висновки. 1. Експериментальне дослідження впливу факторів теплового впливу на зміщення надземного трубопроводу дало змогу отримати дані для побудови рівняння регресії даного процесу. Завдяки цьому можна спрогнозувати горизонтальні зміщення труби.

2. Отриманий в результаті розрахунків загальний множинний коефіцієнт кореляції $R_{S,t,\Delta T}^2=0,62$ вказує на те, що на 62 % зміщення S залежить від аналізованих факторів.



3. З аналізу коефіцієнтів кореляції випливає, що зв'язок між S і t та S і ΔT майже однаковий. Підвищення температури повітря приводить до збільшення величини зміщення, оскільки коефіцієнт парної ($\rho_{St}=0,76$) і часткової ($\rho_{St,\Delta T}=0,47$) кореляції відмінні від нуля і мають додатне значення. Окрім цього, підвищення температури повітря зумовлює збільшення різниці температури труби на сонячній і тіншовій сторонах. Але цей фактор менше впливає на зміщення трубопроводу ($\rho_{\Delta T,t}=0,71$; $\rho_{\Delta T,t}=0,34$).

Література

1. Баран, П.І. Врахування температурної деформації при вимірюванні горизонтальних і вертикальних зміщень інженерних споруд / П.І. Баран // Вісн. геодез. та картогр. – 2007. – № 4. – С. 14-20.
2. Большаков, В.Д. Теория ошибок наблюдений / В.Д. Большаков. – 2-е изд. – М.: Недра, 1983. – 223 с.
3. Войтенко, С.П. Математична обробка геодезичних вимірів. Теорія похибок вимірів / С.П. Войтенко. – К.: Вид-во Бучасової С.Г., 2003. – 215 с.
4. Войтенко, С.П. Тенденції використання багатови-

мірного розподілу при аналізі результатів геодезичних вимірювань / С.П. Войтенко, М.В. Білоус // Инж. геодез. – 2008. – Вип. 54. – С. 27-32.

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

6. Замиховський, Л.М. Математичний апарат для контролю напружено-деформованого стану трубопроводів при зміні їх просторового положення / Л.М. Замиховський, А.П. Олійник. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2008. – 306 с.

7. Пічугін, С.Ф. Розрахунок надійності сталевого магістрального трубопроводу / С.Ф. Пічугін, О.Є. Зима // Проблеми та перспективи розвитку академічної та університетської науки: зб. наук. пр. Всеукр. наук.-практ. конф., 16-18 груд. 2009 р. – Полтава: ПолтНТУ, 2009. – С. 210-214.

8. Тревого, І.С. Методика контролю температурних деформацій надземних переходів магістральних газопроводів / І.С. Тревого, Є.Ю. Ільків, Д.В. Кухтар // Вісн. геодез. та картогр. – 2011. – № 6. – С. 6-9.

9. Тревого, І.С. Проблеми побудови планових геодезичних мереж у містах та методи їх вирішення: автореф. дис... д-ра техн. наук: спец. 05.24.01 – "Геодезія" / Нац. ун-т "Львівська політехніка". – Л., 1999. – 34 с.

Надійшла 04.02.13

* * *

УДК 528.3+551.3+502/504

О. І. Мороз, А. Т. Дульцев, І. С. Сідоров, О. В. Серант,
З. Р. Тартачинська, С. П. Ямелинець, Н. І. Карпенко

ПРО ГЕОДИНАМІЧНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ НА ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИХ ТЕРИТОРІЯХ

На примере биосферного резервата "Западное Полесье" рассматривается важный вопрос геодезического мониторинга с целью достоверной оценки ситуации и прогнозирования вероятных деформаций земной поверхности, угрожающих стабильности экологического состояния природно-заповедных территорий. Доказывается необходимость включения геодинимических исследований в научные программы работы заповедников.

By the example of "Zakhidne Polissia" Biosphere Reserve it is considered the importance of geodetic monitoring of natural protected areas for accurate assessment and prediction of possible deformations of the earth's surface, threatening their ecological state. It is substantiated the necessity to include geodynamic research in scientific programs of protected areas work.

Постановка проблеми. У сфері державної економічної політики країни одним з пріоритетних напрямів є створення заповідних територій. Сьогодні загальна площа природоохоронних територій України різного статусу і форми заповідання, які мають особливу природоохоронну, наукову, естетичну, рекреаційну та культурну цінність, становить близько 5 %.

До природоохоронних територій, які мають статус науково-дослідних установ і на яких проводяться наукові дослідження, належать природні й біосферні заповідники, національні парки, заказники. З метою збереження природного середови-

ща та різноманіття флори і фауни на цих територіях суттєво обмежується господарська діяльність, виконується комплекс наукових досліджень, спрямованих на самовідновлення та екологічну стабілізацію розвитку природних елементів.

Особливу увагу приділяють міждержавним природно-заповідним територіям, біосферним резерватам, розташованим на кордоні із сусідніми країнами. Діяльність на цих територіях регламентується законами України, програмами ЮНЕСКО та ООН, українських ("Заповідники", Загальнодержавна програма формування національної екологічної мережі України тощо) і міжнародних (Конвенція про водно-болотні угіддя, що мають міжнародне значення, головним чином як середовище існування водоплавних птахів, 1971 р.; Конвенція про охорону дикої флори і фауни та природних

© О. І. Мороз, А. Т. Дульцев, І. С. Сідоров,
О. В. Серант, З. Р. Тартачинська,
С. П. Ямелинець, Н. І. Карпенко, 2013