

1. García López Ramón, & Moraila Valenzuela Carlos, & López Moreno Manuel, & Vázquez Becerra Esteban, & Balderrama Corral Rigoberto, & Plata Rocha Wenseslao, & Trejo Soto Manuel. (2006). *Solución del Campo de Gravedad Empleando Datos Combinados de las misiones GRACE y CHAMP usando el principio de Conservación de la energía. Reunion Annual de la Union Geofisica Mexicana*, 6, 36-37
2. Chan Khan', & Nhuen V'et Kha (2008). Analyz stably'nosty punktov opornoy sety pry nablyudenyu za horizontal'nymy smeshchenyamy hydrotekhnicheskyykh sooruzhenyy vo V'etname [Stability analysis of points core network when observing horizontal displacements of hydraulic structures in Vietnam] *Yzvestyya VUZov, Heodezyya y aerofotos'emka* - Proceedings of the universities. Geodesy and aerial photography. 5. 33-38.
3. Nilforoushani F., & Masson F., & Vemant P., & Vigny C., & Abbassis M., & Nankali H., & Hatzfeld D., & Bayer R., & Chery J., & Doerflinger E. (2003). GPS network monitors the Arabia-Eurasia collision deformation in Iran. *Journal of Geodesy* 77. 411-422.
4. Hulyaev Yu. P. (1985). Klassyfykatsyya y vzaymosvyaz' matematycheskyykh modeley dlya prohnozyrovaniya protsessov deformatsyy sooruzhenyy po heodezycheskym dannym [Classification and relationship of mathematical models for predicting the deformation processes on geodetic data structures]. *Yzvestyya VUZov, Heodezyya y aerofotos'emka*. Proceedings of the universities. Geodesy and aerial photography. 1. 39-44.
5. Marcuse Y. I.
Obobshchennyye rekurrentnyy alhorytmuravnyvaniyasvobodnykh y nesvobodnykh heodezycheskyykh hsetey s lokalizatsiyey hrubykh oshybok
[Generalized recursive algorithm for equalization of free and non-free geodetic networks with localization blunders] *Yzvestyya VUZov, Heodezyya y aerofotos'emka*. Proceedings of the universities. Geodesy and aerial photography. 1. 3-16.
6. Kyle Brian Snow. (2002) Applications of Parameter Estimation and Hypothesis Testing GPS Network Adjustments. The Ohio State University. *Geodetic and Geoinformation Science*. Report No. 465
7. G. Even-Tzur. (2002). GPS vector configuration design for monitoring deformation network. *Journal of Geodesy*. 76. 455-461.
8. P. Vanicek, & M. R. Craymer, & E. J. Krakiwsky. (2001). Robustness analysis of geodetic horizontal networks. *Journal of Geodesy*. 75. 199-209.
9. R. Hsu, & S. Li. (2004) Decomposition of deformation primitives of horizontal geodetic networks: Applications to Taiwan's GPS network. *Journal of Geodesy*. 78. 251-262.

А.В. Мельник

АНАЛИЗ СТАБИЛЬНОСТИ ПЛАНОВЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПРИ НАБЛЮДЕНИИ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Чтобы иметь возможность определить стабильность геодезической сети, необходимо исследовать степень деформации, которой она подвергается. Одним из самых простых способов описания степени деформации является определение индивидуальных смещений каждой из точек, из которых состоит сеть. Анализ концепции деформации в геометрии сети похож на анализ деформации в твердом теле, которая определяется как отношение, или пропорция, изменения (градиента) смещения объекта относительно своего положения. В основу предлагаемой методики исследования

деформації геометрії геодезическої мережі положен аналіз деформацій в твердому тілі, який визначається через розширення, поворот і нахил. Представлений в статті підхід дозволив отримати достатньо репрезентативні результати, які добре корелюють з результатами класических GPS-наблюдень.

Ключеві слова: планові геодезическі мережі, стабільність мережі, вектори зміщень, стійкість до масштабу, диференціальне обертання, скалярна деформація.

O.V. Melnyk

STABILITY ANALYSIS OF PLANNED GEODETIC NETWORKS DURING OBSERVATIONS ON DEFORMATION OF HYDRAULIC STRUCTURES

In order to determine the degree of stability of the geodetic network, it is necessary to examine extent of deformation, which is undergoing network. One of the easiest ways to describe the degree of deformation is to determine the displacement of each of the individual points that make up the network.

Analysis of concepts in geometry deformation network is similar to the analysis of deformation in solids which is determined as the ratio or proportion of change (gradient) shift the object relative to its position.

Is necessary to notice that resistance is considered only in the horizontal system, thus for GNSS measurements necessary to transform the vector of spatial displacements in the horizontal system using matrix rotation. Local displacement gradient is estimated independently for each coordinate. The basis of the proposed methodology for analyzing the deformation geometry of the geodetic network based on the analysis of deformations in solids, as determined through the expansion, rotation and tilt. Is necessary to notice that the highest value for each parameter correspond to the smallest stability of the network at this point. Therefore in the case stable network necessary to achieve relatively small values for these three parameters.

Proposed in the article an alternative approach to the study and analysis of reliability and sustainability of planned geodetic networks provided a sufficiently representative results are in good agreement with the results of classical GPS observations, indicating the feasibility of their use and allows you to get current information about the studied deformation processes.

Keywords: *planned geodetic network, network stability, displacement vectors, resistance to scale differential rotation, scalar deformation.*

Надійшла до редакції

15.04.2014.

УДК 528.48

В.К. Чибіряков, д-р техн. наук, професор кафедри вищої математики,
В.С. Староверов, канд. техн. наук, професор кафедри інженерної геодезії,
К. О. Нікітенко, асп. кафедри інженерної геодезії,
 Київський національний університет будівництва і архітектури

**ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ
 МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВІДІВ З ОГЛЯДУ НА ОПІР
 НАВКОЛИШНЬОГО ҐРУНТУ**

Розглянуто і проаналізовано загальний порядок визначення напружено - деформованого стану на ділянках магістрального газопроводу «Уренгой – Помари - Ужгород» (УПУ), прокладеному в складному ґрунтовому масиві.

© В.К. Чибіряков, В.С. Староверов, модель магістрального газопроводу у вигляді балки на
К.О. Нікітенко, 2014 у. Розглянуто гіпотезу Фусса–Вінклера, що дає
допустимих напружень.

Розв'язано систему рівнянь з певними граничними умовами за допомогою ефективного чисельного методу С.К. Годунова, що дає можливість диференційовано підходити до обґрунтування точності геодезичних робіт.

Використана методологія дозволяє оцінити динаміку зсувних явищ, визначити стадію руху масиву, розподілення в ньому ділянок розтягувань і стиснень, а також визначити мінімальну довжину в зсувному масиві, за якої можлива поява критичних напружень.

Завдяки отриманим результатам можна чітко простежити закономірність зміщення газопроводу внаслідок зміни шару і властивостей ґрунту і дійти висновку, що величина напружень є змінною по довжині газопроводу.

Ділянки газопроводу, розміщені в зоні переходу слабких ґрунтів і ґрунтів, які мають досить велику несучу здатність, характеризуються підвищеним рівнем напружень характеристик НДС і більшою імовірністю зміщення газопроводу від проектного положення.

Запропоновано рекомендації щодо обґрунтування точності виконання інженерно-геодезичних робіт у процесі спостереження за газопроводом у небезпечних геологічних умовах.

Ключові слова: магістральний газопровід (МГ), напружено-деформований стан (НДС), зсув, прогин трубопроводу.

Постановка проблеми. Територія України насичена транзитними газотранспортними магістралями. Наприклад, газопровід «Уренгой — Помари — Ужгород» (УПУ) з'єднує уренгойське газове родовище та газові родовища півночі Західного Сибіру із Ужгородом. Далі газ транспортується споживачам у Центральній та Західній Європі. Ці магістралі є джерелами підвищеної небезпеки як погляду екології, так і можливого виникнення надзвичайної ситуації внаслідок аварій на газопроводах.

Отже, актуальним завданням є геодезичний контроль технічного стану газопроводів.

Геодезичний моніторинг напружено-деформованого стану магістральних газопроводів полягає у визначенні характеристик напружено-деформованого стану з метою підвищення точності виконання інженерно-геодезичних робіт.

Постановка завдання. Метою дослідження є аналіз й оцінка напружено-деформованого стану на ділянках магістрального газопроводу «Уренгой – Помари – Ужгород» (УПУ) в ґрунтовому масиві. Визначення максимально допустимих значень прогинів трубопроводів дасть змогу вирішити актуальну наукову проблему – моделювання точності геодезичних робіт.

Виклад основного матеріалу. В реальних умовах магістральний трубопровід, за умов безканального прокладання, перебуває в деякому об'ємі ґрунту. Напружено-деформований стан труб у зв'язку з цим визначається двома видами впливу

навколишнього ґрунту на трубопровід. З одного боку, вище розташований ґрунт справляє тиск на трубопровід, тобто з погляду будівельної механіки зумовлює навантаження на трубопровід. З другого боку, нижче розташований ґрунт забезпечує опір трубопроводу.

Для виявлення функціональних зв'язків між величиною деформацій та властивостями ґрунтового масиву треба брати до уваги всі навантаження і впливи на магістральний газопровід [1].

У гірських умовах можливі зсуви частини ґрунту, що призводить до більших ускладнень у визначенні напружено-деформованого стану (НДС) газопроводу.

Для того щоб проводити геодезичний моніторинг потрібно мати уявлення принаймні про наближений рівень і характер НДС: саме за ними можна визначити потрібну точність геодезичних досліджень та їх оптимальну технологію, загалом.

Для оцінки НДС магістрального газопроводу скористаємося деякими методами будівельної механіки.

У будівельній механіці прогнозування НДС починають із застосування деякої розрахункової моделі. Найпростішою розрахунковою моделлю магістрального газопроводу може бути модель балки під час згинання, тоді НДС газопроводу можна описати одновимірним напружено-деформованим станом балки, тобто одновимірною системою, яка є прямою, що збігається з поздовжньою віссю трубопроводу.

Вплив ґрунту, що знаходиться нижче трубопроводу, враховується за гіпотезою Фусса–Вінклера як сукупність пружних стержнів жорсткістю k , де k -коефіцієнт постелі (рис.1).

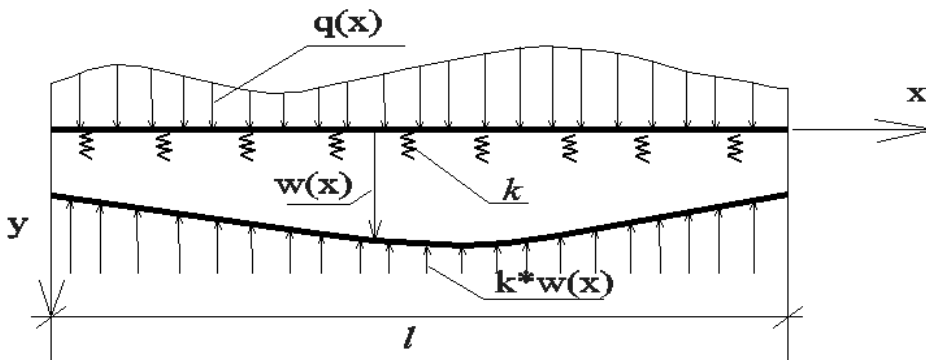


Рис.1. Розрахункова модель магістрального газопроводу

Моделлю вінклеровської основи може слугувати ряд пружин однакової жорсткості, що спираються на абсолютно жорстку основу і діють незалежно одна від одної. Друге припущення теорії: пружна основа однаково працює на стиск і на розтяг [2].

Відповідно до гіпотези Фусса–Вінклера реакція пружної основи в кожній точці пропорційна прогину балки. Диференціальне рівняння пружної лінії балки має такий вигляд:

$$EI \frac{d^4 w}{dx^4} + kw = q, \quad (1)$$

де EI – жорсткість балки; q – навантаження; величина $k = k_0 \cdot h_{сл}$. називається погонним коефіцієнтом постелі.

Коефіцієнт постелі визначають за усередненими значеннями модуля деформації і коефіцієнта Пуассона для ґрунта:

$$k_0 = \frac{E_{\text{гр}}}{H_c(1 - 2m_{\text{гр}}^2)}, \quad (2)$$

де $E_{\text{гр}}$ – модуль деформації; $m_{\text{гр}}$ – коефіцієнт Пуассона; H_c – глибина стислої товщі.

Навантаження і дії, пов'язані з вигинанням осі газопроводу (тиск і реакція ґрунту) слід визначати згідно із СНиП 2.05.06-85 * [3] на підставі аналізу ґрунтових умов і їх можливої зміни в процесі експлуатації.

Якщо частина ґрунту може зсуватися з деякою швидкістю V , то можна розглядати такий наслідок як задані кінематичні дії на розрахункову модель газопроводу.

Розрахунковою математичною моделлю газопроводу є система звичайних диференціальних рівнянь, розрахункові функції яких мають бути відповідними певним граничним умовам, які впливають з умов закріплення газопроводу.

Використання досить простої в той же час достатньо адекватної розрахункової моделі магістрального газопроводу дає змогу орієнтуватися щодо рівня його напружено-деформованого стану, що потрібно для визначення оптимальної точності геодезичного моніторингу.

Стан балки на пружній основі описують системою диференціальних рівнянь, у яких використовуються кінематичні фактори:

- вертикальне переміщення $w(x)$;
- горизонтальне переміщення $U(x)$ (з огляду на зсув);
- кути повороту перерізів $\varphi(x)$;

та статичні фактори:

- нормальна сила $N(x)$;
- перерізуюча сила $Q(x)$;
- згинальний момент $M(x)$.

Система диференціальних рівнянь має вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dU}{dx} = \frac{N}{EF}; \\ \frac{dw}{dx} = \varphi; \\ \frac{d\varphi}{dx} = -\frac{M}{EI_x}; \\ \frac{dN}{dx} = -k \cdot U - q(x); \\ \frac{dQ}{dx} = \begin{cases} -q(x) + k \cdot w(x) & (x < a) \\ -q(x) + k \cdot w(x) + k_3 \cdot w_3(x) & (x > a) \end{cases} \\ \frac{dM}{dx} = Q. \end{array} \right. \quad (3)$$

Розрахункові функції в кінцевих точках розрахункової моделі $x=0$ та $x=l$ повинні бути заданими (граничні умови):

$U=0, w=0, \varphi=0$ – якщо кінець жорстко защемлений;

$U=0, w=0, M=0$ – якщо йдеться про шарнірне опирання;

$N=0, Q=0, M=0$ – якщо кінець зовсім не закріплений.

Для розв'язання цієї системи рівнянь з певними граничними умовами використовують ефективний чисельний метод С.К.Годунова, який дає змогу отримувати результати з будь-якою точністю.

У результаті розв'язання цієї системи відповідно до конкретних граничних умов отримуємо різні величини: dU , dw , $d\varphi$, dN , dQ , dM , що дає можливість диференційовано підходити до обґрунтування точності геодезичних робіт.

Розроблену спрощену методику реалізовано у вигляді програми для РС-ЕОМ. За допомогою програми написаної алгоритмічною мовою FORTRAN можна проаналізувати рівні НДС за різних неоднорідних умов:

- зміни товщини шару ґрунту над газопроводом,
- зміни фізичних характеристик ґрунту внаслідок замочування,
- можливі зсуви ґрунту в гірських районах та інше.

Можливості розробленої методики ілюструє приклад розрахунку (рис.2).

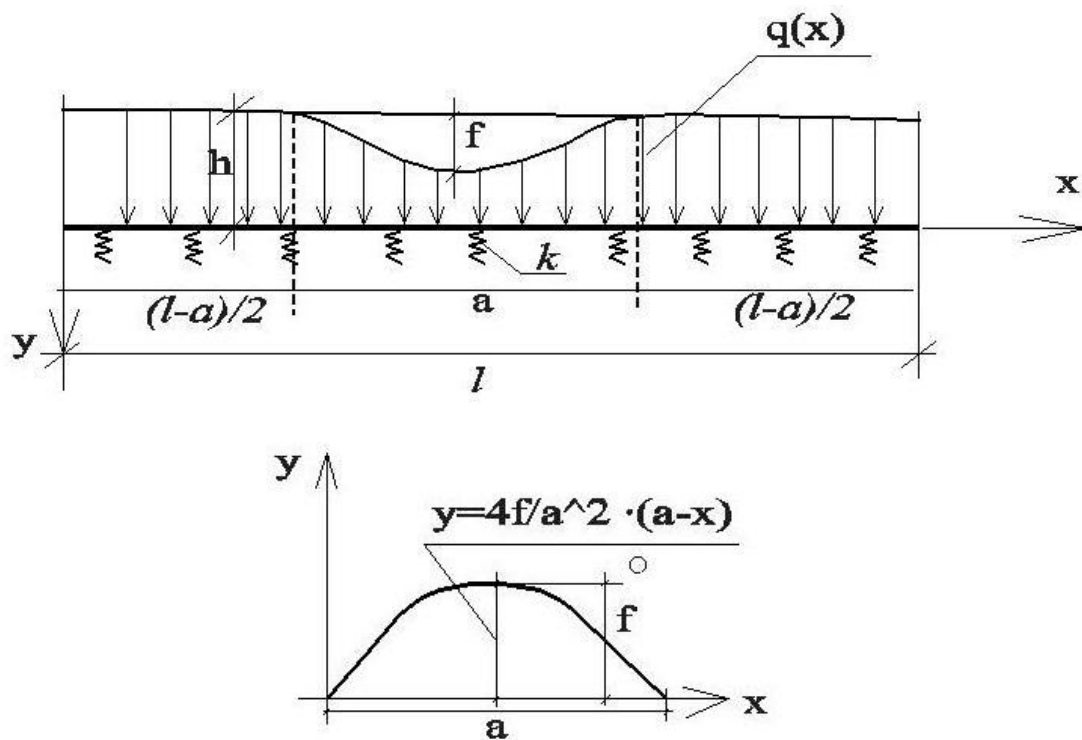


Рис. 2. Розрахункова модель зміни товщини шару ґрунту над газопроводом

Тут $q(x)$ – зовнішнє навантаження; k – коефіцієнт постелі ґрунту; l – розрахункова довжина ділянки газопроводу; h – шар ґрунту; f – зміна висоти шару ґрунту.

Приклад розрахунку для визначення прогину газопроводу та приблизна структура аналізу результатів наведені в таблиці та на рис.3.

Для розрахунку були використані такі дані: довжина прогону ділянки газопроводу $l=50$ м, довжина прилеглих ділянок $\frac{a-l}{2}=17,5$ м.

Відстань від осі трубопроводу до верху засипки $h_{сл}=5$ м.

Газопровід УПУ виконаний з труб діаметром $D= 1,42$ м та товщиною стінки $\delta=0,018$ м; метал труби - сталь $E = 2.10 \cdot 10^8$ кПа.

Питома вага ґрунту, який складається з суглинку легкого пилуватого твердого та напівтвердого становить $\gamma=19,4 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$.

У розрахунках вертикальна складова навантаження на одиницю довжини трубопроводу дорівнює $q = 1,42\text{м} \cdot 19,4 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3} = 27,548 \frac{\text{кН}}{\text{м пог}}$.

Таблиця

Розрахунок моделі магістрального газопроводу

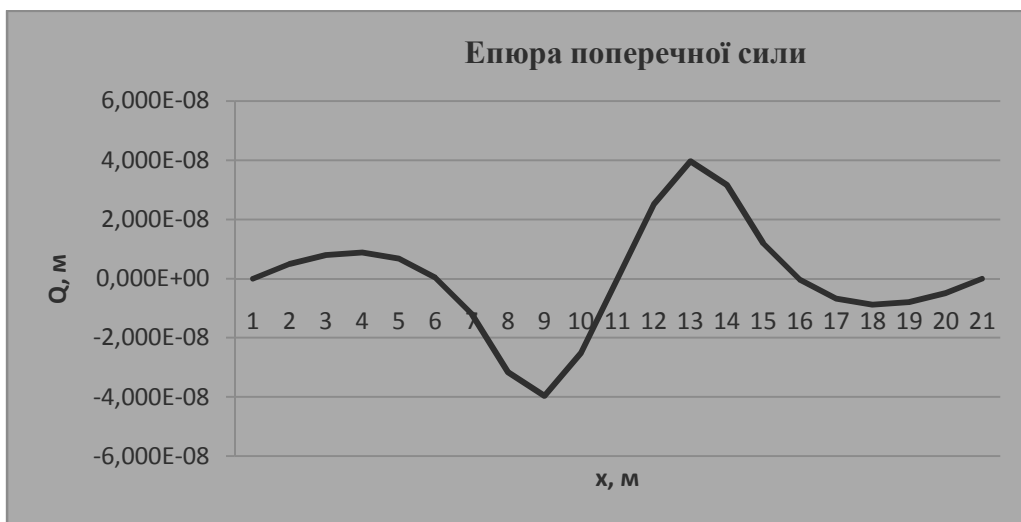
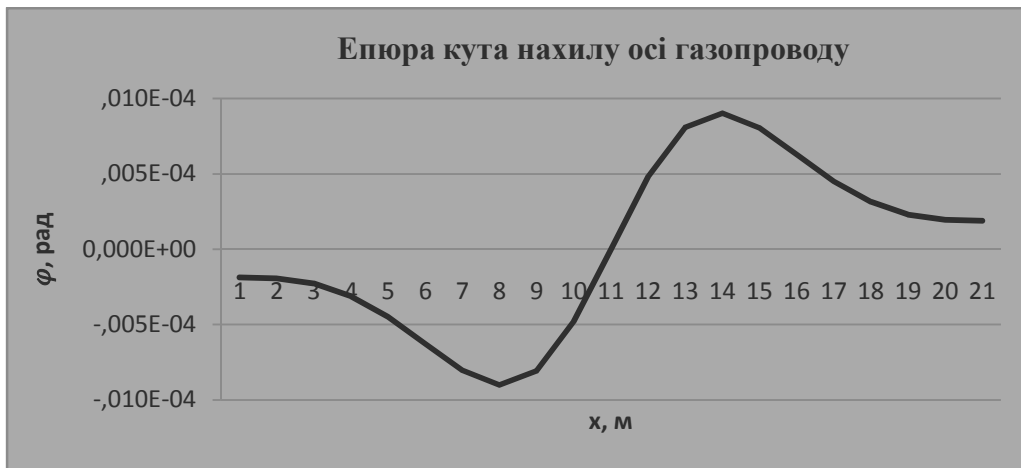
Кількість точок	1	2	3	4	5
Горизонтальне переміщення	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Прогин	0,02400	0,02352	0,02300	0,02234	0,02139
Кут повороту	-0,00019	-0,00019	-0,00023	-0,00031	-0,00045
Нормальна сила	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Перерізуюча сила	0,00000	0,00000	0,00001	0,00001	0,00001
Згинальний момент	0,00000	0,00001	0,00002	0,00004	0,00006

Кількість точок	6	7	8	9	10
Горизонтальне переміщення	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Прогин	0,02005	0,01826	0,01610	0,01391	0,01226
Кут повороту	-0,00063	-0,00080	-0,00090	-0,00081	-0,00048
Нормальна сила	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Перерізуюча сила	0,00000	-0,00001	-0,00003	-0,00004	-0,00003
Згинальний момент	0,00007	0,00006	0,00001	-0,00009	-0,00017

11	12	13	14	15	16
0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
0,01164	0,01226	0,01391	0,01610	0,01826	0,02005
0,00000	0,00048	0,00081	0,00090	0,00080	0,00063
0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
0,00000	0,00003	0,00004	0,00003	0,00001	0,00000
-0,00020	-0,00017	-0,00009	0,00001	0,00006	0,00007



Рис. 3. Епюри НДС газопроводу УПУ в ґрунтовій основі (закінчення на с. 54)



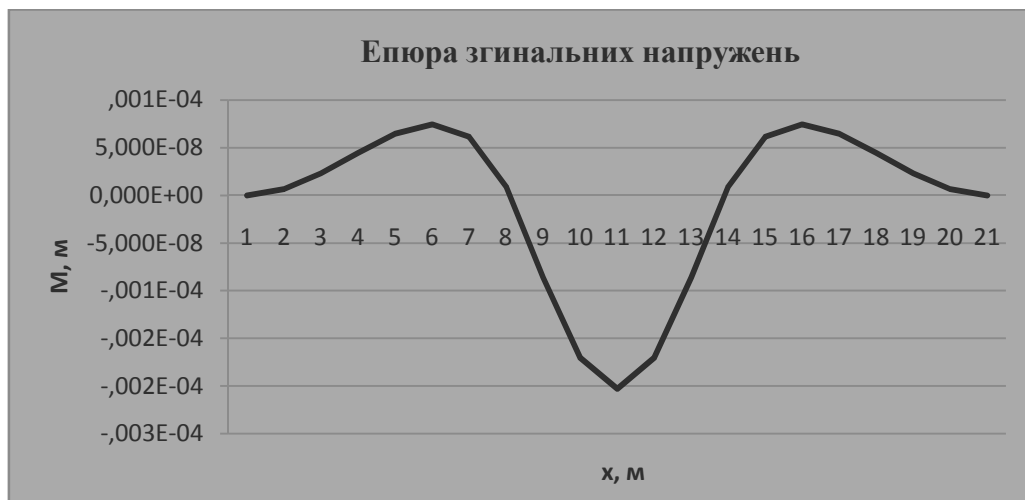


Рис.3. Закінчення

Дослідження прогину газопроводу дає можливість перейти до моделювання деформації газопроводу, на підставі якого можна обґрунтувати точність геодезичних спостережень за деформаціями і точність виконання геодезичних робіт.

Функція прогину і її похідні повністю описують напружено-деформований стан газопроводу що знаходиться в ґрунтовому масиві [4]. На графіках епюр легко проглядаються проміжки зростання та спадання функцій прогинів, точки локального максимуму і мінімуму, а також інтервали опуклості й увігнутості графіків цих функцій.

Таким чином, точність геодезичних робіт під час моніторингу магістральних газопроводів залежить від того, наскільки повно відображено фактори, що позначалися на моделюванні напружено-деформованого стану, зокрема й ті, які були під час будівництва.

На підставі розрахунків й аналізу графіків можна дійти такого висновку:

1. За незначних розмірів провалу і висоти засипки ґрунту над трубою характеристики напружено-деформованого стану газопроводу можна визначити, розв'язавши задачу в лінійній постановці.

2. Кінці труби, що знаходиться в ґрунті, просідають пропорційно вазі труби з газом і вазі ґрунту над трубою. Глибина просідання може бути оцінена за значенням коефіцієнта постелі для цього типу ґрунту.

3. Джерелом максимальних напружень є не вага труби, а її защемлення в ґрунті.

Наведена методологія дає можливість прогнозувати вплив небезпечних геологічних процесів на газопровід і розробити рекомендації та обґрунтувати точність виконання геодезичних робіт, тобто виконати моделювання точності на такому рівні, який сприяє фіксації деформацій конструкції та ґрунтового масиву.

Зважаючи на викладене, можна запропонувати рекомендації з організації геодезичних спостережень за напружено-деформованим станом магістральних газопроводів в ґрунтовій основі.

1. Якщо в процесі рекогностування траси газопроводу виявлено ділянки з рухом ґрунту, то на цих ділянках потрібно встановити постійні станції спостереження, розмістивши їх в зоні без впливу переміщень ґрунту.

2. У разі значних ґрунтових зрушень перед початком детальних досліджень потрібно попередньо закріпити ряд контрольних марок в місцях прояву НДС газопроводу.

3. Для виконання спостережень за деформаціями створити планово – висотну локальну геодезичну мережу. Схема і точність геодезичної мережі та методика спостережень залежать від розміру досліджуваної ділянки, протяжності небезпечної в деформаційному відношенні частини ділянки. Для дослідження деформацій газопроводів потрібно створювати планову геодезичну основу, точність якої визначають на підставі напружено - деформованого стану .

Висновок.Визначення напружено-деформованого стану магістральних газопроводів з використанням методів фізичного та математичного моделювання з подальшим розв'язанням крайових задач дає змогу визначити місця максимально допустимих напружень, а щодо кожної ділянки газопроводу – можливі характеристики деформацій. Отримані дані дають можливість обґрунтовано обрати місця для контрольних марок, визначити потрібну точність вимірювань і дійти висновку про стан будівельної конструкції та споруди в цілому на момент спостережень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Рудаченко А.В. Исследование напряженно-деформированного состояния трубопроводов / А. В.Рудаченко. – Томск: Изд-во Томского политехнического ун-та, 2011. – 136с.
2. Антонович П.Б. К расчету балок и плит, опирающихся на упругое основание / П.Б. Антонович. – Томск: Известия Томского политехнического ин-та им. С.М. Кирова, 1954. – Т.76. – 150с.
3. Магистральные трубопроводы:СНиП III-42-80*. – М.: М-во регион. развития Российской Федерации, 2012.
4. Расчет напряженно-деформированного состояния и прочности газопровода, проходящего по карстовой территории /Р.М.Зарипов, Г.Е.Коробков, В.А.Чичелов, Р.А. Фазлетдинов. –Уфа: Изд-во УГНТУ, 1999 – 74с.

REFERENCES

1. Rudachenko, A.V. (2011). *Issledovaniya napryazhonno-deformirovannogo sostoyaniya truboprovoda [Investigation of the stress-strain state of the pipelines]*. Tomsk: Publishing House of Tomsk Polytechnic University [in Russian].
2. Antanovych P.B. *Kraschety balok i плит, opirayushchikhsya na uprugoe osnovanie [By calculation beams and plates, based on elastic cushion]*. Tomsk: Tomsk Polytechnic Institute Proceedings behalf S.M.Kyrova, [in Russian].
3. *SNIP III-42-80 *(2012). Magistralnue tryboprovodu [Major Pipelines]*. Moscow: Ministry of Regional Development [in Russian].
4. Zarypov P.M., Korobkov G.E., Chychelov V.A., Fazletdinov R.A. (1999) *Raschet napryazhonno-deformirovannogo sostoyaniya i prochnosti gazoprovoda [Calculation of stress-strain state and Strength pipeline, transmitted on karstovoy territory]*. Ufa: UGNTU[in Russian].

**В.К. Чибиряков,
В.С. Староверов,
К.А. Никитенко**

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ С УЧЕТОМ СОПРОТИВЛЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ ИХ ПОЧВЫ

Рассмотрен и проанализирован общий порядок определения напряженно-деформированного состояния на участках магистрального газопровода «Уренгой - Помары - Ужгород» (УПУ), проложенного в сложном грунтовом массиве.

Смоделирована расчетная модель магистрального газопровода в виде изгиба балки на упругом основании. Рассмотрена гипотеза Фусса - Винклера, позволяющая определить места максимально допустимых напряжений.

Решена система уравнений с определенными граничными условиями с помощью эффективного численного метода С.К. Годунова, позволяющая дифференцированно подходить к обоснованию точности геодезических работ.

Использованная методология позволяет оценить динамику оползневых явлений, определить стадию движения массива, распределения в нем областей растяжений и сжатий, а также определить минимальную длину в оползневом массиве, при которой возможно появление критических напряжений.

Благодаря полученным результатам можно четко проследить закономерность смещения газопровода с изменением слоя и свойств почвы и прийти к выводу, что величина напряжений является переменной по длине газопровода.

Участки газопровода, расположенные в зоне перехода слабых грунтов и почв, которые имеют достаточно большую несущую способность, характеризуются повышенным уровнем напряжений и большей вероятностью смещения газопровода от проектного положения.

Предложены рекомендации по обоснованию точности выполнения инженерно-геодезических работ при наблюдении за газопроводом в опасных геологических условиях.

Ключевые слова: *магистральный газопровод (МГ), напряженно-деформированное состояние (НДС), прогиб газопровода.*

**V.K. Chibiriakov
V.S. Staroverov
K.O. Nikitenko**

GEODETIC MONITORING OF THE STRESS-STRAIN STATE OF THE MAIN GAS PIPELINES CONSIDERING THE RESISTANCE OF THE SURROUNDING SOIL

Considered and analyzed general procedure for determining the stress-strain state in areas main gas pipeline "Urengoy - Pomary - Uzhgorod" (UPU), which is a complex array of soil.

Simulated calculation model gas pipeline in the form of beams on elastic foundation bending. Considered hypothesis Fuss - Winkler, to determine the maximum allowable stress space.