

ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ДЕФОРМАЦІЙ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ ТА МАГІСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДУ В ЗОНІ ВПЛИВУ ГІРНИЧИХ РОБІТ

Н. А. КОЛЕСНИК,

кандидат технічних наук

E-mail: kolesniknatalka@gmail.com

М. С. КОЖЕМ'ЯКО,

здобувач,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: nikitakozhemiakons@gmail.com

Анотація. Обґрунтована важливість задачі розрахунку й аналізу зрушень та деформацій земної поверхні для моніторингу за станом об'єктів, розташованих на земній поверхні в межах впливу гірничих робіт. Були проведені дослідження, які вказують на те, що фактичні величини зрушень та деформацій земної поверхні суттєво відрізняються від розрахункових, визначених за стандартними методиками. Сьогодні при розробці заходів захисту об'єктів на земній поверхні використовується нормативна методика, в якій застосовується коефіцієнт перевантаження. Однак, він не дає можливості визначення фактичного діапазону варіації осідань та деформацій земної поверхні.

Авторами статті обґрунтовано проєкт спостережної станції для геодезичних вимірювань зрушень земної поверхні та деформацій магістрального газопроводу, що підробляється шахтою ім. «Героїв космосу» ПрАТ «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ».

Виконано закладання спостережної станції та проведені інструментальні спостереження із використанням ГНСС приймача компанії Leica Geosystem.

За нормативною методикою для певних гірничо-геологічних умов розраховані очікувані й розрахункові осідання та деформації земної поверхні в межах впливу 960-ї лави. Результати, отримані авторами під час виконання натурних вимірювань, підтверджують розкид осідань та деформацій вздовж головних перерізів мультискладу зрушення. Запропоновано враховувати отримані результати при виборі засобів захисту магістрального газопроводу.

Ключові слова: зрушення та деформації земної поверхні, геодезичний моніторинг, спостережна станція, ГНСС-спостереження, натурні вимірювання, мультисклад зрушення.

Постановка проблеми

Аналіз зрушень і деформацій земної поверхні та об'єктів, що на ній розташовані, залишається актуальною задачею при їх підробці гірничими виробками та є критично важливим для забезпечення безпеки, збереження інфраструктури, екологічної стійкості, ефективності гірничих робіт тощо.

Гірничі роботи можуть спричинити значні зміни в рельєфі земної поверхні та структурі земної товщі, що викликає обвали, просідання, зсувами вміщуючих порід. Контроль за деформаціями допомагає вчасно виявити потенційні небезпеки і вжити необхідних заходів для їх усунення. В свою чергу, деформації земної поверхні можуть негативно вплинути на будівлі, дороги та іншу інфраструктуру, розташовану в зоні впливу гірничих робіт. Регулярний моніторинг за деформаціями дозволяє захистити цю інфраструктуру та уникнути великих витрат на її ремонт або реконструкцію. З точки зору екології, постійний моніторинг за деформаціями земної поверхні необхідний для визначення змін та вчасного усунення впливу гірничих робіт на місцеву екосистему, зокрема на водні ресурси, ґрунти і рослинність.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

На сьогоднішній день, розрахунок очікуваних та розрахункових зрушень та деформацій земної поверхні виконується за методикою, описаною в нормативному документі [1]. Однак, навіть при використанні даної методики розрахунку деформацій земної поверхні впродовж тривалого часу,

всеодно виникають деформації та руйнування об'єктів, що підробляються. В роботах багатьох вітчизняних та іноземних авторів показані фактичні результати впливу деформацій земної поверхні на об'єкти, що розташовані в межах гірничих робіт [2-4].

В роботах авторів статей [5-8] наведено результати натурних спостережень або різноманітних моделювань, які вказують на різницю між розрахунковими зрушеннями та деформаціями земної поверхні і фактичними їх величинами. Вказана варіація виникає в результаті впливу на процес зрушення різних факторів (геометричні, гірничо-геологічні умови, фізико-механічні властивості гірських порід тощо).

Таким чином, виконання спостережень за деформаціями земної поверхні та вивчення впливу даних деформацій на підроблюванні об'єкти залишається актуальним на сьогоднішній день.

Мета дослідження. В нашій роботі наведено результати натурних інструментальних спостережень, проведених в зоні гірничої діяльності шахти ім. «Героїв космосу» ПрАТ «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ». Об'єктом дослідження є магістральний газопровід-відведення високого тиску до м. Тернівка на території Вербківської територіальної громади Дніпропетровської області. Геодезичні спостереження виконані з метою обґрунтування раціональної підробки ділянки газопроводу, що гарантує його безпечне використання за призначенням.

Матеріали і методи наукового дослідження

На рис. 1 наведено фрагмент виконання з плану гірничих робіт плас-

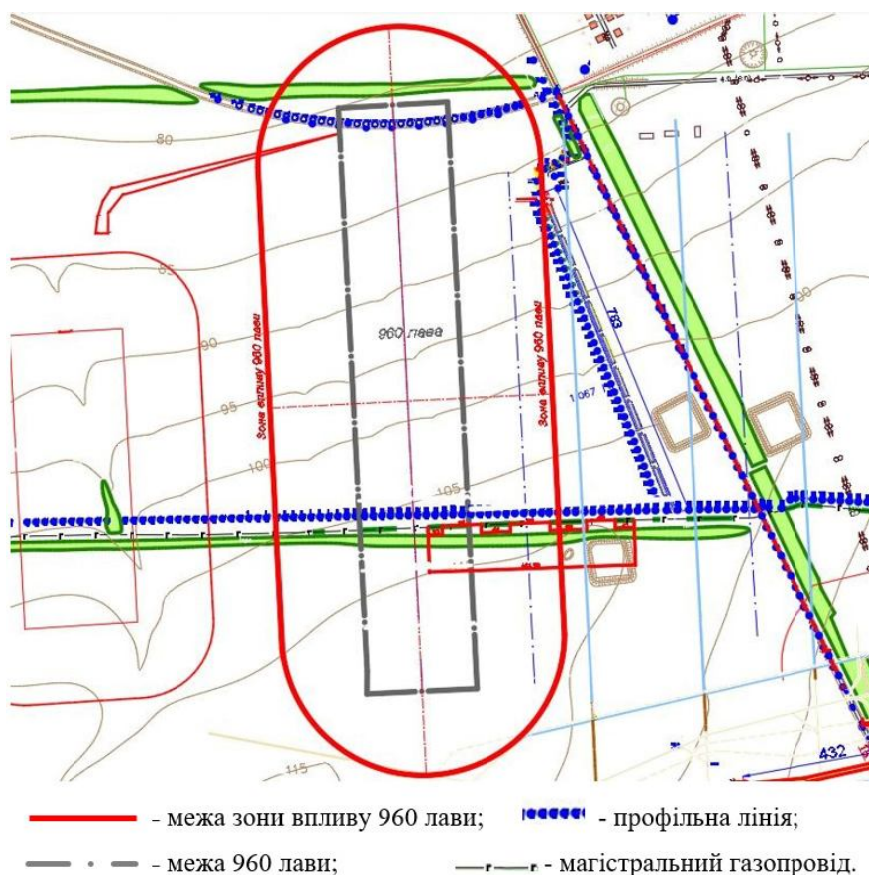


Рис. 1. Фрагмент викопіювання з плану гірничих робіт пласта с9

та с9 з нанесеною межею зони впливу очисних робіт 960-ї лави, положенням газопроводу та розташуванням профільної лінії спостережної станції.

Підробка на цій ділянці земної поверхні та магістрального газопроводу раніше була здійснена гірничими роботами пластів с10 і с11 , а на сьогоднішній день підробляється 960-ю лавою пласта с9. З боку, зворотному простяганню пласта с9, до лави приймає 956-а лава. Зі сторони падіння, підняття та простягання цього пласта інші очисні виробки відсутні.

Основні гірничо-геологічні характеристики 960-ї лави пласта с9:

- довжина стовпа – 1326 м.

- довжина лави – 250 м,
- кут падіння – 4°,
- середня глибина розробки – 321 м,
- потужність пласта с9 – 1,05 м,
- потужність наносів – 160 м,
- марка вугілля – ДГ.

У покрівлі пласта с9 переважно залягають алевроліти (50%) та аргіліти (35%), рідше пісковики (10%) та аргіліти кушисті (5%).

Відпрацювання виконується довгим стовпом за падінням. Як спосіб управління покрівлею, в лаві прийнято повне обрушення.

Підземний магістральний газопровід до м. Тернівка Дніпропе-

тровської області від магістрального газопроводу Шебелинка-Дніпропетровськ-Одеса введено в дію у 1986 р. та експлуатується Запорізьким ЛП УМГ (Дніпропетровський майданчик). Проект підробки розроблений з урахуванням ймовірних деформацій земної поверхні внаслідок розтягування-стиснення в розмірах від $2,0 \times 10^{-3}$ до $5,0 \times 10^{-3}$ відповідно до гірничо-геологічного обґрунтування.

Магістральний газопровід до м. Тернівка виконаний зварним способом із труб діаметром 325 мм із товщиною стінки 6 мм із сталі 20, його довжина становить 651 м у зоні впливу 960-ї лави пласта с9 – між розрахунковими точками 1 та 34.

Основні механічні характеристики трубопроводу наведені в сертифікаті якості: тимчасовий опір розриву сталі 420 МПа, межа текучості сталі 245 МПа. Проектний тиск у газопроводі-відведенні: максимальний 55 кгс/см², мінімальний 31 кгс/см². Глибина укладання газопроводу 0,8 м до верху труби, ґрунт зворотного засипання – суглинок твердий.

Захист газопроводу від ґрунтової корозії виконаний плівкою товщиною 0,63 мм і катодним захистом. Газопровід запроектовано II категорії зі 100% контролем всіх зварних стиків рентгенівськими променями та з використанням труб діаметром 325×6 мм, що мають запас міцності 10% [9].

Перед виконанням натурних інструментальних вимірювань було здійснено розрахунок очікуваних зрушень земної поверхні для описаних вище умов підробки. Розрахунок був виконаний за чинною методикою [1].

Зона впливу гірничих робіт визначається за граничними кутами на вертикальних розрізах навхрест до простягання і по простягання плас-

та. Значення граничних кутів визначаються за [1]. Граничні кути склали: за падінням $\beta_0 = 65^\circ$; за підняттям $\gamma_0 = 65^\circ$; по простяганню $\delta_0 = 65^\circ$, у наносах $\phi_0 = 45^\circ$. Кути повних зрушень склали: за падінням $\psi_1 = 55^\circ$; за підняттям $\psi_2 = 56,2^\circ$; за падінням $\psi_3 = 55^\circ$. Кут максимального осідання θ становив $= 86,8^\circ$. Максимальне осідання земної поверхні при склоло 840 мм.

Метою інструментальних вимірювань на спостережній станції є геодезичний моніторинг за деформаціями земної поверхні на ділянці прокладання магістрального газопроводу із подальшим обґрунтуванням засобів його охорони від пошкоджень. Спостережна станція складається з профільної лінії ґрунтових реперів, розташованих уздовж траси газопроводу-відведення.

Згідно з [10], ґрунтові реperi спостережної станції закладаються через 20 м один від одного та розташовані на відстані 15 м від проекції осі газопроводу на земну поверхню. Опорні реperi (Rp I та Rp II) спостережної станції були закладені за межами впливу гірничих робіт на відстані 50 та 100 м. Загальна довжина профільної лінії вздовж траси газопроводу складає 860 м, кількість ґрунтових реперів – 34. Схема розташування спостережної станції представлена на рис. 2.

Основною вимогою до конструкцій ґрунтових реперів спостережної станції були невіддатливості їх сезонним промерзанням та пученню ґрунтів. Репери були виготовлені з металевих стержнів завдовжки 1,5 м діаметром 20 мм. У верхніх кінцях реперів висвердлюється заглибини діаметром 1,2 мм та глибиною 5-7 мм [10].

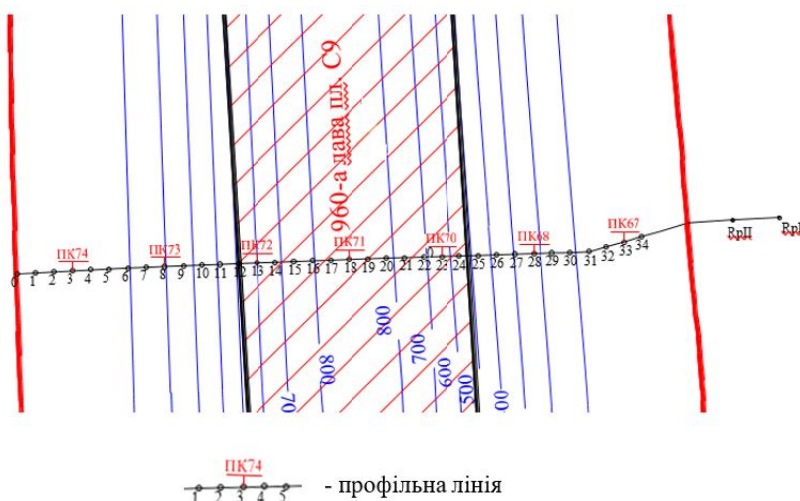


Рис. 2. Схема спостережної станції

Висотна прив'язка опорних реперів спостережної станції проводиться за методикою нівелювання IV класу від вихідних реперів, розташованих на промайданчику ПСП «ШАХТОУПРАВЛІННЯ імені ГЕРОЇВ КОСМОСУ».

Спостережна станція була закладена до початку процесу зрушення земної поверхні, викликаного гірничими роботами 960-ї лави. За початок процесу зрушення від 960-ї лави приймається момент, коли її очисний вибій відійде від розрізної виробки на відстань, що дорівнює 47,4 м. Початкове положення реперів визначалося із двох серій спостережень до початку підробки земної поверхні. Газопровід-відведення є потенційно небезпечним об'єктом, тому наступні серії інструментальних спостережень проводилися два рази на місяць згідно з [10].

У разі перевищення фактичних величин зрушень та деформацій допустимих показників, результати інструментальних спостережень треба передавати для контролю ТОВ «Ін-

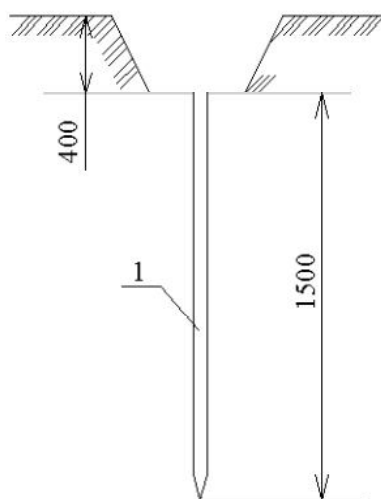


Рис. 3. Конструкція репера 1 – металевий стержень

ститут проблем міцності імені Г. С. Писаренка НАН України» [11].

Під час інструментальних спостережень використовувались геодезичний ГНСС приймач компанії Leica Geosystem, а саме приймач Leica Viva GS08 Plus та польовий контролер Leica Viva CS10.

Контролер працює на базі операційної системи Windows Embedded Handheld, що дозволяє використовувати широкий спектр професійного програмного забезпечення. Підтримка технології RTK (Real-Time Kinematic) дозволяє отримувати високоточні результати в реальному часі [12].

Для підтвердження точності геодезичної основи, перед початком натурних спостережень на об'єкті були проведені контрольні вимірювання в пунктах Державної геодезичної мережі України, координати яких відомі у вибраній системі координат [13].

Точність виконання робіт за участю приладу Leica GS08 з польовим контролером Leica CS10, в режимі статика 5 мм+13 мм (1 мм на 1 км ходу зв'язку, є фіксованими при всьому зніманні) складала 18 мм при зйомці реперів та спостережних пунктів.

Результати дослідження та їх обговорення

На кожному пункті спостереження були отримані координати X, Y, H двічі, при висоті приладу 2,00 м та 1,50 м. В таблиці 1 наведено каталог середніх координат, отриманих на одну з дат спостережень. Аналогічні таблиці отримані для кожної дати спостереження.

При обґрунтуванні заходів охорони будівель та споруд використовуються розрахункові зрушення та деформації, які одержують множенням очікуваних зрушень та деформацій на коефіцієнти перевантаження [1].

За отриманими результатами натурних вимірювань за нормативним документом [1] були виконані обчислення розрахункових осідань і деформацій земної поверхні. На рис. 4 представлені розрахункові та фак-

тичні показники осідання земної поверхні.

Як видно з рис. 4, осідання, отримані за результатами ГНСС спостережень, в цілому мають таку саме тенденцію, як і розрахункові осідання. Максимальні осідання спостерігаються на рівні 18 репера (849 мм) та фіксуються в центрі мультиспостереження. При цьому осідання, отримані за результатами польових вимірювань, не перевищують розрахункових осідань (1008 мм).

На рис. 5 показаний графік нахилів земної поверхні вздовж профільної лінії спостережної станції, отриманих в результаті опрацювання даних натурних вимірювань та порохованих за методикою [1]. В даному випадку нахили це відношення різниці величин осідань двох сусідніх точок на земній поверхні до відстані між ними.

З аналізу рис. 5 видно, що нахили, отримані за даними натурних вимірювань, перевищують розрахункові значення (наприклад, на реперах 1, 4, 10, 24 та інших), а в деяких випадках навіть мають протилежний знак (наприклад, реperi 2, 5, 19, 33 та інші).

Такі деформації, як кривизна і горизонтальні зрушення не розглядались, тому що для газопровідних комунікацій найбільш небезпечними є горизонтальні деформації стиснення та розтягування.

На рис. 6 наведено графіки розрахункових горизонтальних деформацій, отриманих за чинним нормативним документом [1] та за результатами натурних вимірювань. Горизонтальні деформації – це відношення різниці довжин на земній поверхні в горизонтальній площині до початкової довжини.

З рис. 6 видно, що розрахункові горизонтальні деформації земної по-

1. Каталог координат знімання на 13.07.2023

№ точки	X	Y	H
Rp1	86665,459	-5241,223	99,881
Rp2	86690,569	-5272,335	100,173
Rp3	86716,36	-5304,675	100,529
Rp4	86727,868	-5319,007	100,854
Rp5	86740,269	-5334,459	100,95
Rp6	86752,912	-5350,103	101,04
Rp7	86765,486	-5365,978	101,125
Rp8	86777,989	-5381,571	101,241
Rp9	86790,515	-5397,277	101,372
Rp10	86802,887	-5412,754	101,522
Rp11	86815,48	-5428,392	101,698
Rp12	86828,068	-5443,964	101,913
Rp13	86840,544	-5459,448	102,081
Rp14	86852,959	-5474,998	102,256
Rp15	86865,495	-5490,627	102,37
Rp16	86877,903	-5506,192	102,539
Rp17	86890,363	-5521,728	102,77
Rp18	86902,818	-5537,355	102,837
Rp19	86915,252	-5552,946	103,036
Rp20	86927,814	-5568,301	103,271
Rp21	86940,231	-5583,993	103,543
Rp22	86952,535	-5599,733	103,867
Rp23	86965,215	-5615,214	104,212
Rp24	86977,577	-5630,838	104,446
Rp25	86990,139	-5646,355	104,783
Rp26	87002,711	-5661,939	104,871
Rp27	87015,088	-5677,675	105,103
Rp28	87027,885	-5693,461	105,34
Rp29	87040,186	-5709,081	105,443
Rp30	87052,734	-5724,725	105,581
Rp31	87065,188	-5740,407	105,862
Rp32	87077,783	-5755,948	106,173
Rp33	87088,376	-5769,115	106,351
Rp34	87100,802	-5784,683	106,369

верхні вздовж траси газопроводу мають максимальні значення стиснення в районі репера №18 ($-4,7 \times 10^{-3}$). Максимальні значення розтягування спостерігаються на реперах 7 та 29 ($3,2 \times 10^{-3}$).

Однак, за результатами натурних спостережень максимальні зна-

чення стиснення спостерігається на рівні реперів 14 і 22 та становлять $-4,7 \times 10^{-3}$ і $-4,6 \times 10^{-3}$ відповідно. При цьому максимальні значення розтягування спостерігаються в межах реперів 9 та 27 ($3,9 \times 10^{-3}$ та $4,5 \times 10^{-3}$), що значно більше ніж розрахункові.

Це може бути викликано впливом

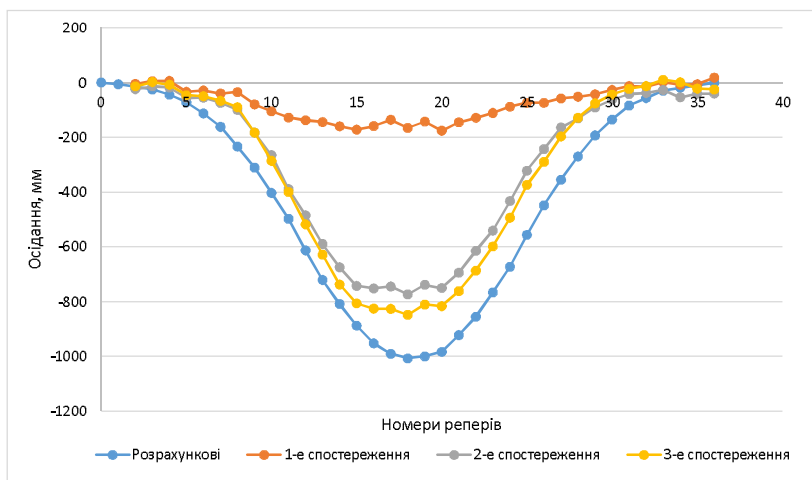


Рис. 4. Графік осідань земної поверхні вздовж профільної лінії

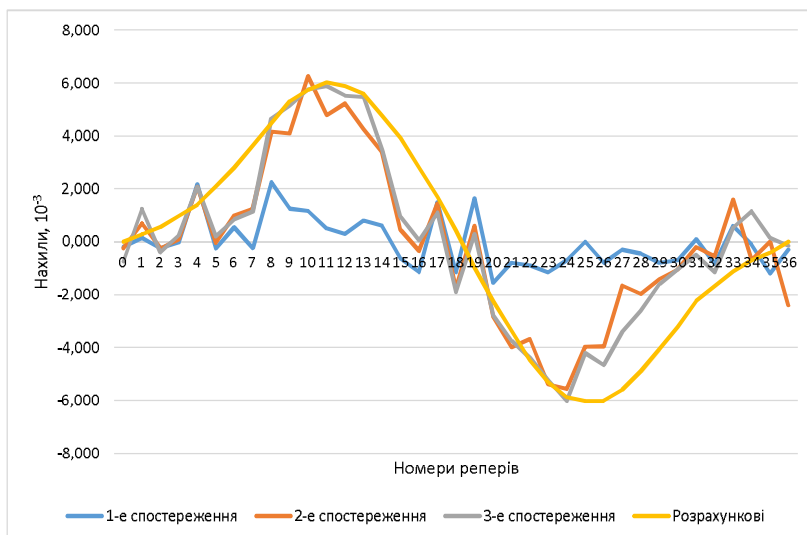


Рис. 5. Графік нахилів земної поверхні вздовж профільної лінії

різноманітних факторів, одним з яких є варіація фізико-механічних властивостей масиву гірських порід [3].

Також на деяких реперах спостерігається протилежний знак горизонтальних деформацій у порівнянні з розрахунковими величинами. Наприклад, на репері 32 розрахункові горизонтальні деформації становлять $2,24 \times 10^{-3}$, при цьому го-

ризонтальні деформації за даними 3-го етапу спостережень складають $-1,50 \times 10^{-3}$.

На рис. 6 синім кольором показано лінію допустимих значень горизонтальних деформацій ($2,5 \times 10^{-3}$) розрахованих для даного газопроводу з урахування його характеристик. При цьому горизонтальні деформації вздовж профільної лінії переви-

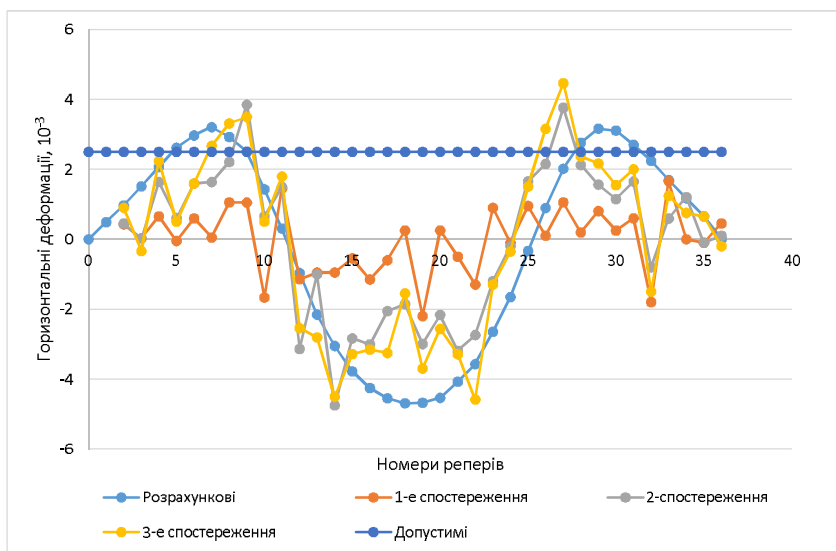


Рис. 6. Графік горизонтальних деформацій земної поверхні вздовж профільної лінії

щують допустимі значення на 0,2–2,0×10⁻³ в діапазонах реперів 5–10 та 26–31, що в 1,8 разів більше допустимих значень і є недопустимим для магістрального газопроводу.

Висновки і перспективи

Таким чином, можна зробити висновки, що нормативний документ для розрахунку зрушень і деформацій земної поверхні необхідно вдосконалювати. На сьогоднішній день використання коефіцієнту перевантаження недостатньо для встановлення можливої варіації зрушень та деформацій. Виникає необхідність введення поправок за варіацію фізико-механічних властивостей масиву гірських порід, за рельєф, за похибки натурних вимірювань тощо. Отримані результати натурних спостережень в подальшому будуть використовуватися при обґрунтуванні заходів захисту магістрального газопроводу від деформацій.

Список літератури

1. Правила підробки будівель, споруд та природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом: ДСТУ 101.00159226.001-2003. Чинний від 2003–11–22. К.: Мінпаливенерго України. 2003. 126 с.
2. Кучин О., Бруй Г., Янкін О. Моделювання просторового зміщення точок земної поверхні за результатами геодезичних спостережень. *Просторовий розвиток*. 2023. №3. С. 122–133.
3. Гордієнко М.Е., Колеснік Н.А., Козловський Г.І., Назимко В.В. Удосконалення методики розрахунку деформацій підроблюваних будівель та споруд. *Проблеми гірського тиску*. 2013. №22–23. С. 137–166.
4. Blachowski J., Cacoń S., Milczarek W. The influence of mining in complicated geological conditions on surface of the ground. *International Society for Mine Surveying*. XIII International Congress. Budapest, 2007.
5. Luo Y. Techniques to Investigate Subsidence Events Over Inactive Room-and-Pillar

- Mines. 28th International Conference on Ground Control in Mining. Morgantown, 2009. URL: <http://icgcm.conferenceacademy.com/papers/allpapers.aspx?subdomain=icgcm&MeetingID=420>
6. Chris M. Rock Mechanics Section NIOSH. Lakeview Scanticon Resort & Conference Center. 21st International Conference on Ground Control in Mining. Morgantown, WV, USA, 2002. P. 377.
 7. Бугайова Н.А., Назимко В.В. Особливості розподілу стохастичних відхилень осідань земної поверхні при її підробці одиночною лавою. *Проблеми гірського тиску*. 2008. №16. С. 194-237.
 8. Кодунов Б.А. Распределение вертикальных деформаций в зоне сдвижения горных пород. *Вісті Донецького гірничого інституту*. 2010. №2. С. 11-16.
 9. Проект підробки ділянки магістрального газопроводу-відведення високого тиску до м. Тернівка 960 лавою пласта с9 шахти ім. Героїв космосу ВСП «Шахтоуправління імені героїв космосу» ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля». 2021.
 10. Інструкція зі спостережень за зсувом гірських порід, земної поверхні та спорудами, що підробляються на вугільних і сланцевих родовищах. 1989. 96 с.
 11. Ориняк І.В., Бородій М.В., Богдан А.В. Використання категоризації напружень і деформаційних критеріїв при оцінці міцності магістральних трубопроводів. 2007. №4. С.6-15.
 12. Huang G., Du S., Wang D. GNSS techniques for real-time monitoring of landslides: a review. *Satellite navigation*. 2023. Vol. 4, No. 1. P. 1–10.
 13. Про затвердження Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКН-ТА-2.04-02-98) Документ з0393-98, поточна редакція. Редакція від 28.09.1999. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0393-98#Text>

References

1. Pravyla pidrobky budivel, sporud ta pryrodnykh ob'ektiv pry vydobuvanni vuhillia pidzemnym sposobom: HSTU 101.00159226.001-2003. [Chynnyi vid 2003–11–22]. K.: Minpalyvenerho Ukrainy. 2003. 126 (in Ukr.).
2. Kuchyn, O., Bruy, G., Yankin, O. (2023). Modeliuvannia prostorovoho zmishchennia tochok zemnoi poverkhni za rezultatamy heodezychnykh sposterezhen. [Modeling of the spatial displacement of points on the earth's surface based on the results of geodetic observations]. *Prostorovy rozvytok*. 3, 122–133.
3. Gordienko, M., Kolesnik, N., Kozlovsky, G., Nazimko, V. (2013). Udoshkonalennia metodyky rozrakhunku deformatsii pidrobliuvanykh budivel ta sporud. [Improvement of the methodology for calculating deformations of undermining buildings and structures]. *Problemy hirs'koho tysku*. 22-23, 137-166.
4. Blachowski, J., Cacoń, S., Milczarek, W. (2007). The influence of mining in complicated geological conditions on surface of the ground. International Society for Mine Surveying. XIII International Congress. Budapest.
5. Luo, Y. (2009). Techniques to Investigate Subsidence Events Over Inactive Room-and-Pillar Mines. 28th International Conference on Ground Control in Mining. Morgantown. Available at: <http://icgcm.conferenceacademy.com/papers/allpapers.aspx?subdomain=icgcm&MeetingID=420>
6. Chris, M. (2002). Rock Mechanics Section NIOSH. 21st International Conference on Ground Control in Mining. Morgantown, USA, 377 pp.
7. Bugayova, N., Nazimko, V. (2008). Osoblyvosti rozpodilu stokhastychnykh vidkhylen osidan zemnoi poverkhni pry yii pidrobtsi odynochnoiу lavoіu. [Features of the distribution of stochastic deviations of earth surface subsidence when it is undermin-

- ing by a single longwall]. *Problemy hirsko-ho tysku*. 16, 194-237.
8. Kodunov, B.A. (2010). Raspredelenye ver-tykalnykh deformatsyi v zone sdvyzheniya hornnykh porod. [Distribution of vertical de-formations in the shear zone of rocks]. *Visti Donetskoho hirnychoho instytutu*. 2, 11-16.
 9. Proiekt pidrobky dilianky mahistralnoho hazoprovodu-vidvedennia vysokoho ty-sku do m. Ternivka 960 lavoiu plasta s9 shakhty im. Heroiv kosmosu VSP «Shakh-toupravlinnia imeni heroiv kosmosu» PrAT «DTEK Pavlohradvuhillia». 2021. (in Ukr.).
 10. Instruktsiia zi sposterezhen za zsvom hirskykh porid, zemnoi poverkhni ta sporudamy, shcho pidrobliaiutsia na vuhil-nykh i slantsevykh rodovyshchakh. 1989. 96. (in Ukr.).
 11. Oryniak, I.V., Borodii, M.V., Bohdan, A.V. (2007). Vykorystannia katehoryzatsii napruzhen i deformatsiinykh kryteriiv pry otsintsi mitsnosti mahistralnykh trubopro-vodiv. [The use of stress categorization and deformation criteria when assessing the strength of main pipelines]. 4, 6-15.
 12. Huang, G., Du, S., Wang, D. (2023). GNSS techniques for real-time monitoring of landslides: a review. *Satellite navigation*. 4, No. 1, 1–10.
 13. Pro zatverdzhennia Instruksii z topogra-fichnoho znimannia u mashtabakh 1:5000, 1:2000, 1:1000 ta 1:500 (HKNTA-2.04-02-98) Dokument z0393-98, potochna redakt-siia. Redaktsiia vid 28.09.1999. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0393-98#Text> (in Ukr.).

Kolesnik N., Kozhemiako M.

GEODETIC MONITORING OF DEFORMATIONS OF THE EARTH'S SURFACE AND THE MAIN GAS PIPELINE IN THE AREA AFFECTED BY MINING OPERATIONS
LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 3'24: 123-133.
<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2024.03.10>

Abstract. The importance of the task of calculating and analyzing the displacements and de-formations of the earth's surface for monitoring the state of objects located on the earth's surface within the influence of mining operations is substantiated. Studies have been conducted that in-dicate that the actual values of earth surface displacements and deformations differ significantly from the calculated values determined by standard methods. Today, when developing measures to protect objects on the earth's surface, a regulatory methodology is used that applies an overload coefficient. However, it does not make it possible to determine the actual range of the variation of subsidence and deformation of the earth's surface.

The authors of the article substantiate the design of an observation station for geodetic mea-surements of earth surface displacements and deformations of the main gas pipeline, which is being undermining by the Geroyev Kosmosa mine of DTEK Pavlohradvuhillya.

An observation station was laid and instrumental observations were made using a GNSS re-ceiver from Leica Geosystem.

According to the normative methodology, the expected and calculated subsidence and de-formation of the earth's surface within the influence of the 960th longwall were calculated for certain mining and geological conditions. The results obtained by the authors during the natural measurements confirm the variation of subsidence and deformation along the main sections of the trough. It is proposed to take the obtained results into account when choosing the means of protection of the main gas pipeline.

Key words: displacement and deformation of the earth's surface, geodetic monitoring, obser-vation station, GNSS observation, natural measurements, trough.