

## МОНІТОРИНГ ГАЗОПРОВОДУ

**Захарчук В.В.**, асистент,  
**Нахмуров О.М.**, к.т.н., професор,  
**Шишкалова Н.Ю.**, ст. викладач,  
**Юрковський Р.Г.**, к.т.н., професор,  
**Ярошенко В.М.**, к.т.н., професор,  
*Одеська державна академія будівництва та архітектури*  
geodesy.odaba@gmail.com

**Анотація.** Викладено результати моніторингу газопроводу високого тиску, прокладеного на крутосхилій ділянці над підземними виробками (катакомбами). Для досліджень на ділянці створено опорну геодезичну мережу з чотирьох пунктів, а на трубі закріплено 15 деформаційних марок. Високоточними лінійно-кутовими і висотними вимірюваннями виконано 3 цикли спостережень для визначення просторово-часового стану труби газопроводу.

Виявлено і проаналізовано деформаційні процеси труби відносно підтримуючих її фундаментних опор, а також зрушення усього масиву земної поверхні внаслідок локальних і глибинних неотектонічних процесів.

**Ключові слова:** моніторинг, газопровід, деформація, геодезична основа, спостереження, неотектонічні процеси.

## МОНИТОРИНГ ГАЗОПРОВОДА

**Захарчук В.В.**, асистент,  
**Нахмуров О.Н.**, к.т.н., профессор,  
**Шишкалова Н.Е.**, ст. преподаватель,  
**Юрковський Р.Г.**, к.т.н., профессор,  
**Ярошенко В.Н.**, к.т.н., профессор,  
*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*  
geodesy.odaba@gmail.com

**Аннотация.** Изложены результаты мониторинга газопровода высокого давления, проложенного на крутосклонном участке над подземными выработками (катакомбами). Для исследований на участке создана опорная геодезическая сеть из четырех пунктов, а на трубе закреплены 15 деформационных марок. Високоточными линейно-угловыми и высотными измерениями выполнены 3 цикла наблюдений для определения пространственно-временного состояния трубы газопровода.

Выявлены и проанализированы деформационные процессы трубы относительно поддерживающих ее фундаментных опор, а также смещение всего массива земной поверхности вследствие локальных и глубинных неотектонических процессов.

**Ключевые слова:** мониторинг, газопровод, деформация, геодезическая основа, наблюдения, неотектонические процессы.

## THE PIPELINE MONITORING

**Zakharchuk V.**, Assistant,  
**Nakhmurov A.**, PhD, Professor,  
**Shyshkalova N.**, senior lecturer,

**Abstract.** Experience of monitoring of high pressure gas pipeline laid on steep slope area above the underground workings is outlined. For research the geodetic reference network consisting of four points was established on the site. 15 deformation marks were fixed on the tube. 3 observation cycles were performed by high-precision linear angular and elevation measurements to determine space-time condition of the gas pipe.

Deformation processes of the pipe were identified and analyzed. They include deformations regarding foundation pillars supporting the pipe and shear of the entire massif of the ground due to local and deep neotectonic processes.

As a result of observations of the reference network firmness of the upper (southern) part of the array and shear of the lower and the middle sections of the array in the direction opposite to the gravity slope inclination were found. It probably indicates destructive processes in underground workings (catacombs) under the pipeline. One can hypothesize about transition of plastic deformations to sliding final displacements. At this shifting the pipe behaved as a more rigid system than the ground, some sections of the pipe were deformed by curving upwards. In that way the hypothesis of the array's shifting to the south-west direction is confirmed by the visible secondary signs.

**Keywords:** monitoring, gas pipeline, deformation, geodetic reference, observation, neotectonic processes.

**Вступ (постановка проблеми).** Досліджувана труба магістрального газопроводу діаметром 630 мм пролягає над двоярусними підземними виробками (катакомбами). На її 165 метровій ділянці круті до 28° схили чередуються з майже пологими (рис. 1). Труба зафіксована металевими хомутами з сідлоподібними опорами, які підтримуються масивними наземними бетонними фундаментними опорами-гумбами (рис. 2), заглибленими в ґрунт на 0,3...1,2 м.

Між опорами №№ 10 – 13 розміщений вертикальний температурний компенсатор.

Необхідність моніторингу газопроводу була викликана візуальними просторовими зміщеннями металевих сідлоподібних опор труби відносно фундаментних опор, що викликає загрозу руйнування труби.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** В умовах зростаючого антропогенного впливу на літосферу, наявності підземних виробок (катакомб), непередбачуваної зміни режиму ґрунтових вод, попадання в них агресивних домішок, що розмивають ґрунт, впливу добових і сезонних коливань температури, застосування при будівництві не апробованих технологій і конструкцій кріплення, і опор труби – першочергове значення мають кількісні оцінки просторово-часових змін положення труби, отримані об'єктивними геодезичними методами спостережень.

**Мета та завдання.** Аналізом сучасних геотектонічних рухів і їх впливом на аварійність газопроводів займається група одеських вчених [1-3]. Ними відмічена аварійність одеських газопроводів після землетрусів, які відбулися в Турції у 2003 році, коли інтенсивні пластичні деформації переростали у змінення форми земної поверхні.

Кількісна оцінка деформаційних процесів труби газопроводу дозволяє визначити їх можливі причини і джерела, що необхідно для своєчасного проведення відповідних заходів по забезпеченню подальшої безаварійної експлуатації газопроводу.

**Об'єкт та методи досліджень.** При плануванні моніторингу було розглянуто можливість двох видів просторових зміщень труби:

1. Відносно фундаментних опор, причиною яких можуть бути гравітаційне спрямування труби по схилу, і сезонно-добові коливання температури.

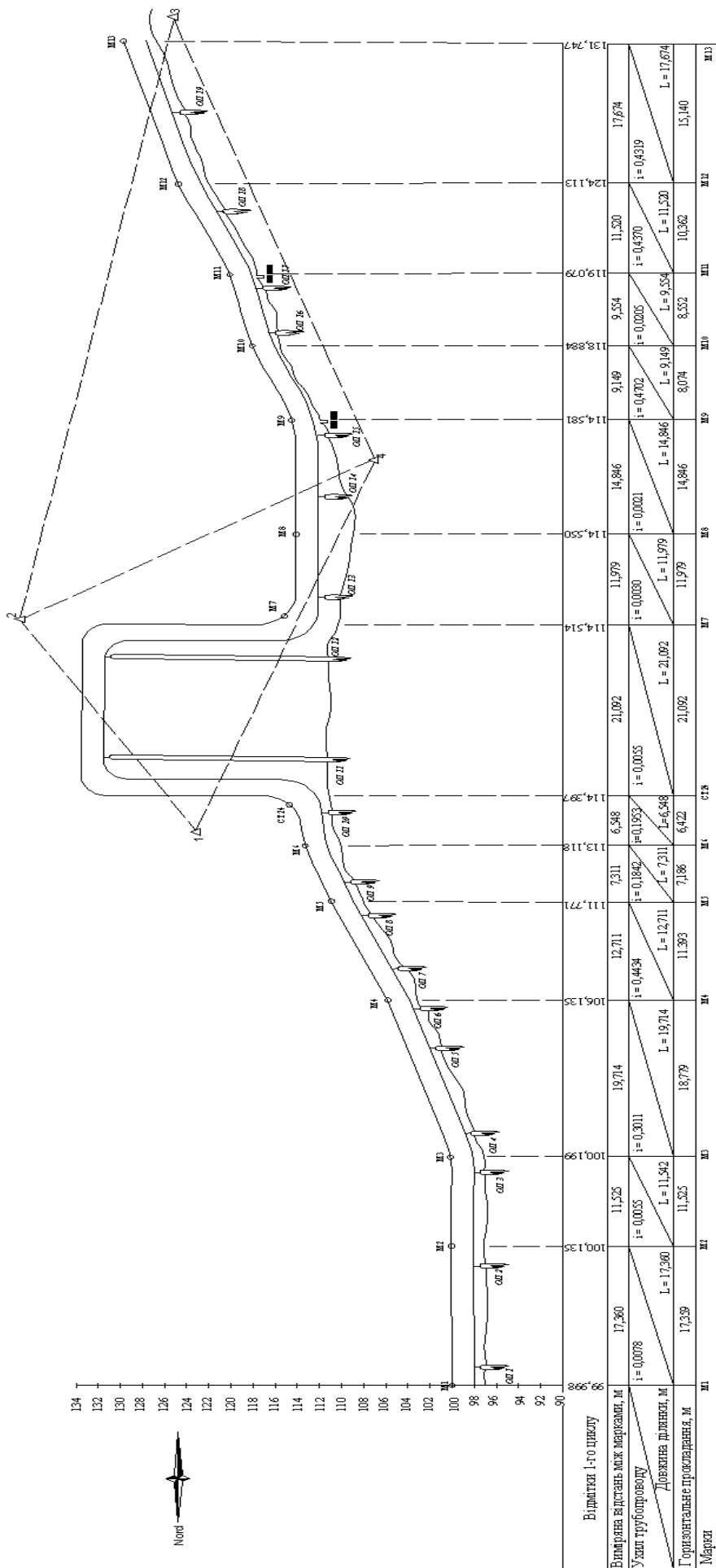


Рис. 1. Схема суміщення профілю труби з плановою опорною мережею

1 Δ - пункт планової опорної мережі

2. Тектонічні процеси в літосфері, оскільки, згідно сучасних уявлень руйнування споруд, можливо за рахунок рухів як в осадочній, так і в кристалічній частині земної кори.

**Результати досліджень.** Перші зрушення труби відносно фундаментних опор вивчались по відхиленням рухомих опор відносно попереднього антикорозійного їх пофарбування. Для подальших визначень зміщень труби у фундаментні опори були пристріляні по 3 дюбеля, що зафіксували умовні координатні осі X, Y, H. При подальших періодичних спостереженнях вимірювались відстані рухомих металевих опор відносно зафіксованих дюбелями у бетоні умовних координатних осей X, Y, а також висоти центра низу труби над відповідним дюбелем.

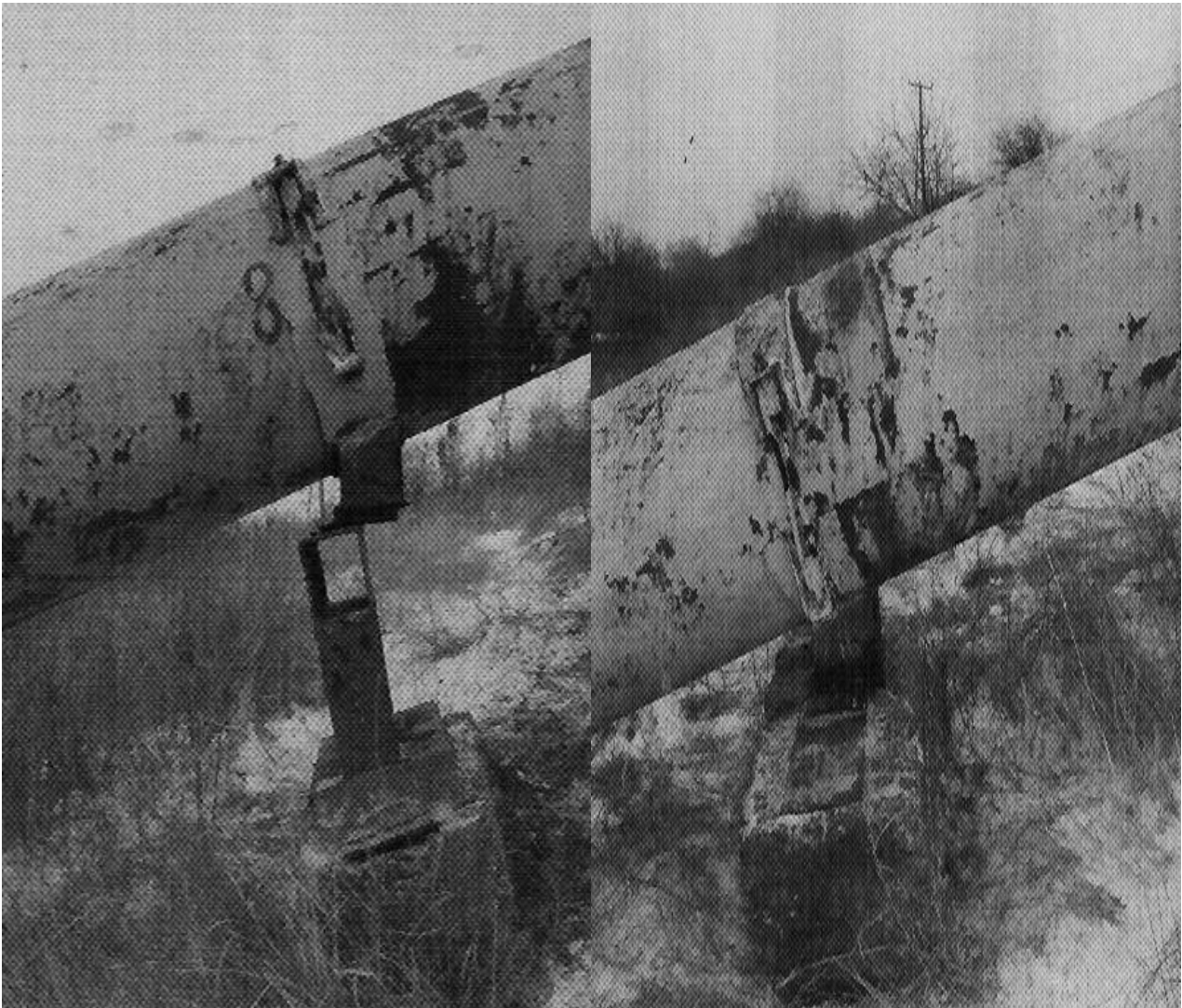


Рис. 2. Видимі зміщення сідлоподібної (рухомої) частини труби відносно бетонних опор 8 і 7

Порівняльний аналіз зміщення рухомих опор показує рух труби в горизонтальній і вертикальній площинах в межах 1...20 мм.

Для визначення планового стану труби, як єдиної системи, була створена локальна опорна лінійно-кутова мережа геодезичних пунктів мікротріангуляції 1, 2, 3, 4 (рис. 2), координати яких визначались за технічними вимогами до пунктів згущення місцевих геодезичних мереж IV класу вимірів; на перегибах труби по її верху холодним зварюванням були закріплені 15 деформаційних марок у вигляді конусоподібних п'яти міліметрових в основі візирних цілей.

Планове положення опорної мережі і деформаційних марок визначалось трьома циклами спостережень на протязі двох років електронними тахеометрами Sokkia 600 і 3TA5P [4, 5].

За результатами контрольних спостережень марок з різних пунктів мережі координати марок визначені з точністю  $\pm 2 \div \pm 6$  мм. Одночасно виконувалось геометричне нівелювання за програмою IV класу [4, 5].

Спостереження опорної мережі виявили стабільність пункту 3 і зсув на 60...70 мм масиву з пунктами 1, 2, 4 у напрямі до пункту 3, тобто у напрямі протилежному гравітаційному, що вірогідно свідчить про руйнівні процеси в підземних виробках між пунктами 1, 2, 4 і пунктом 3. Аналіз цих переміщень за часом збігається з турецькими землетрусами.

При цьому зсуві масиву труба газопроводу повела себе, як більш жорстка система ніж земна поверхня: деякі ділянки труби деформувались, вигинаючись вгору, деформації зазнав температурний компенсатор. Зрушення масиву підтвердив і нахил верха деяких фундаментних бетонних нерухомих опор під тиском рухомих хомутів, які залишились на місці. Нахил цей був протилежний зсуву масиву, тобто спрямований за нахилом схилу.

Тому, враховуючи наявність в масиві з пунктами 1, 2, 4 підземних виробок (іноді багатоярусних), можна припустити перехід пластичних деформацій на цій ділянці у насувні остаточні порушення, можливо пов'язані з руйнуванням у катакомбах. Основна схильна прямокутна ділянка труби (між М4 – М14) при цьому зсуві земної поверхні, як більш жорстка система, вимушена деформуватись, вигинаючись вгору, а на ділянці М4 – М1 до вигону додається її кручення.

Гіпотеза переміщення масиву в південно-західному напрямі підтверджується і такими побічними ознаками, як видимі розриви-насуви земної поверхні, особливо в точці М1 при вході газопроводу в землю (рис. 2).

Так, паралельно центральній частині газопроводу (М4 – М13) на 50 м західніше проходить дорога, яка звертає на схід і проходить під температурним компенсатором. Дороги мають вигляд гармошки: виїмки-пагорби, особливо на схильній ділянці.

Розглядаючи у [4] вплив горизонтальної складової геодинамічних рухів земної кори, зафіксовано нетипові і рідкі аварії газових мереж: «Розгерметизація газопроводів у місцях їх виходу із землі». Через деформаційний вигин труби вгору між нерухомими і рухомими опорами труби виникають значні зазори (рис.1).

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Організацію геодезичного моніторингу магістрального газопроводу необхідно здійснювати в кілька послідовних стадій. Тільки створення вздовж трубопроводу на складних ділянках мережі опорних геодезичних пунктів (геодинамічного полігону) і проведення на них систематичних спостережень, дозволить кількісно зафіксувати деформацію труби і виявити їх дійсні причини, та надати оптимальні рекомендації по організації заходів забезпечення нормальної експлуатації трубопроводу.

## Література

1. Учитель И.Л. Основы неогеодинамики / И.Л. Учитель, В.Н. Ярошенко, И.И. Гладких, Б.Б. Капочкин // Монографія. – Одесса, 2000. – 162 с.
2. Учитель И.Л. Косвенные методы наблюдения за горизонтальными движениями земной коры / И.Л. Учитель, В.Н. Ярошенко, И.И. Гладких, Б.Б. Капочкин // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Зб. наук. праць, 2004. – С. 269 – 272.
3. Учитель И.Л. Дослідження просторового стану магістрального газопроводу / И.Л. Учитель, В.М. Ярошенко, Р.Г. Юрковський, А.С. Мірошніченко, Т.С. Шмадюк // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Зб. наук. праць. – Львів, 2005. – С. 286–289.
4. ДБН В.1.3 – 2:2:2010. Геодезичні роботи у будівництві. – К., 2010. – 70с.
5. Створення та реконструкція міських геодезичних мереж в УСК – 2000. Інструкція. – К., 2007. – 93 с.

Стаття надійшла 23.03.2017