

УДК 528.48

Нікітенко К.О.,

Київський національний університет будівництва і архітектури

## МЕТОДОЛОГІЯ ПЕРЕХОДУ ВІД ІНТЕГРАЛЬНОЇ ОЦІНКИ НДС ГАЗОПРОВОДУ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ.

*Проаналізовано загальний порядок визначення напружено-деформованого стану магістрального газопроводу в ґрунтовій основі.*

*Отримані результати стану НДС газопроводу дозволяють обґрунтовано визначити необхідну точність вимірювань і судити про стан магістрального газопроводу в цілому на момент вимірювань.*

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

**Постановка проблеми.** За останній час в літературі деформаціям підземних газопроводів взагалі не приділяють уваги. Проте зі збільшенням техногенного навантаження на геологічне середовище проблема стабільності лінійних споруд стає досить актуальною. Порушення екологічної рівноваги у верхній частині літосфери з причини господарської діяльності людини, пов'язаної з видобуванням корисних копалин, будівництвом метро, збором ґрунтових вод, меліорацією, може призводити до перерозподілу енергії пружних деформацій і напруженого стану в масивах гірських порід. Це створює умови для виникнення техногенних землетрусів, обвалів, просядок. Вони впливають на зміну геодинамічного режиму території і на стійкість підземних комунікацій та призводить до аварійного стану.

Тому актуальним завданням є визначення напружено-деформованого стану як ґрунтового масиву так и газопроводу в цілому для обґрунтування точності виконання інженерно-геодезичних робіт при спостереженні за газопроводом.

**Постановка завдання.** Метою дослідження є модулювання переходу від оцінки визначення напружено-деформованого стану на ділянках магістрального газопроводу «Уренгой — Помари — Ужгород» (УПУ) в ґрунтовому масиві до визначення максимально допустимих значень прогинів трубопроводу, що дозволить визначити точність геодезичних робіт.

**Виклад основного матеріалу.** Визначення переміщень лінійної частини газопроводів є складним завданням. Це обумовлено різноманітністю конструктивних рішень прокладки газопроводу і значною протяжністю

споруди. Складні умови експлуатації, довжина лінійної частини, розміщення газопроводу на великій висоті над природними та штучними перешкодами створюють специфічні вимоги до вибору методів і приладів для визначення відхилення осі газопроводу від проектного положення.

Точність геодезичних робіт встановлюють на основі величини допустимого вертикального зміщення осі газопроводу, тобто величини прогину. В свою чергу, допустиме зміщення осі газопроводу визначають, виходячи з результатів перевірки газопроводу на міцність. Міцність характеризується напружено-деформованим станом газопроводу.

Таким чином, за результатами оцінки та моніторингу НДС лінійної частини газопроводів можна знизити рівень діючих напружень в трубопроводі і уникнути аварійної ситуації. Це, в свою чергу, передбачає необхідність розробки та вдосконалення інженерно-геодезичних методів моніторингу магістральних газопроводів.

Аналіз алгоритму розрахунків [1] НДС газопроводу показує, що допустимі величини вертикальних прогинів осі газопроводу залежать від наступних параметрів газопроводу: довжини прольоту ділянки газопроводу; відстані від осі трубопроводу до верху засипки; шару ґрунту; діаметру труби, товщини стінки, металу труби.

Це потребує диференційованого підходу до встановлення точності геодезичних робіт для кожної ділянки трубопроводу.

Щоб досягти необхідної точності визначення зміщення осі газопроводу від проектного, необхідно враховувати дію декількох факторів. Тобто змоделювати товщини шару ґрунту над газопроводом, таким чином, щоб досягнути максимальних переміщень осі або деформацій газопроводу. Це можливо при дослідженні в різні сезонні умови.

Під час осені або весни, коли інтенсивні і тривалі зливи, швидке танення снігів або льодовиків, кожен з цих процесів природи призводить до постійно діючих додаткових навантажень, що діють в період експлуатації та призводять до якнайшвидшого вироблення ресурсу трубопроводів.

Геодезична і геологічна служби на газопроводах з зсувними ділянками траси визначають геометричні параметри зсуву, тобто його ширину і глибину закладення лінії ковзання і труби, кут нахилу; періодично роблять топографічні зйомки поверхні зсуву; визначають положення зсувних марок і встановлюють фактичні швидкості руху зсуву; визначають фізико-механічні характеристики порід зсуву (коефіцієнт тертя, в'язкість, зчеплення, защемлення, дотичний опір, об'ємну вагу, тиск на трубу ґрунту); періодично роблять зйомку труби і обчислюють абсолютні значення стріли прогину труби і швидкості її наростання [2].

Такі дані дозволяють отримати деформації вигину труби і порівняти їх з допустимими.

На рис. 1 представлено епюру розрахунку НДС [1] газопроводу при нормальних кліматичних умовах та шар ґрунту – глина. Для розрахунку використовувались такі дані:

$$\text{питома вага ґрунту } - \gamma = 19,4 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3} ;$$

$$\text{модуль деформації } E = 16 \text{ МПа.};$$

$$\text{коефіцієнт постелі } k = 6134 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2} .$$



Рис.1. Епюра згинальних моментів (грунт – глина).

Змодельємо епюру (Рис.2), коли частина газопроводу знаходиться в заплавах водотоків (грунт - заболочений). Характеристики ґрунта :

$$\text{питома вага ґрунту } - \gamma = 18,4 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3} ;$$

$$\text{модуль деформації } E = 6 \text{ МПа.};$$

$$\text{коефіцієнт постелі } k = 2300 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2} .$$

Результати обчислень показують, що критичні значення напружень характеризується величинами прогину в зоні деформованої ділянки. В роботі [3] виведена математична залежність, із якої випливає, що значення напруження  $\sigma$  залежать від технічних характеристик матеріалу труб, величини згинального моменту  $M(x)$  та вертикальне переміщення  $w(x)$ .



Рис.2. Епюра згинальних моментів (грунт – болото).

Маючи максимальні та нормальні допустимі значення згинальних моментів газопроводу порівнюємо їх (Рис.3).

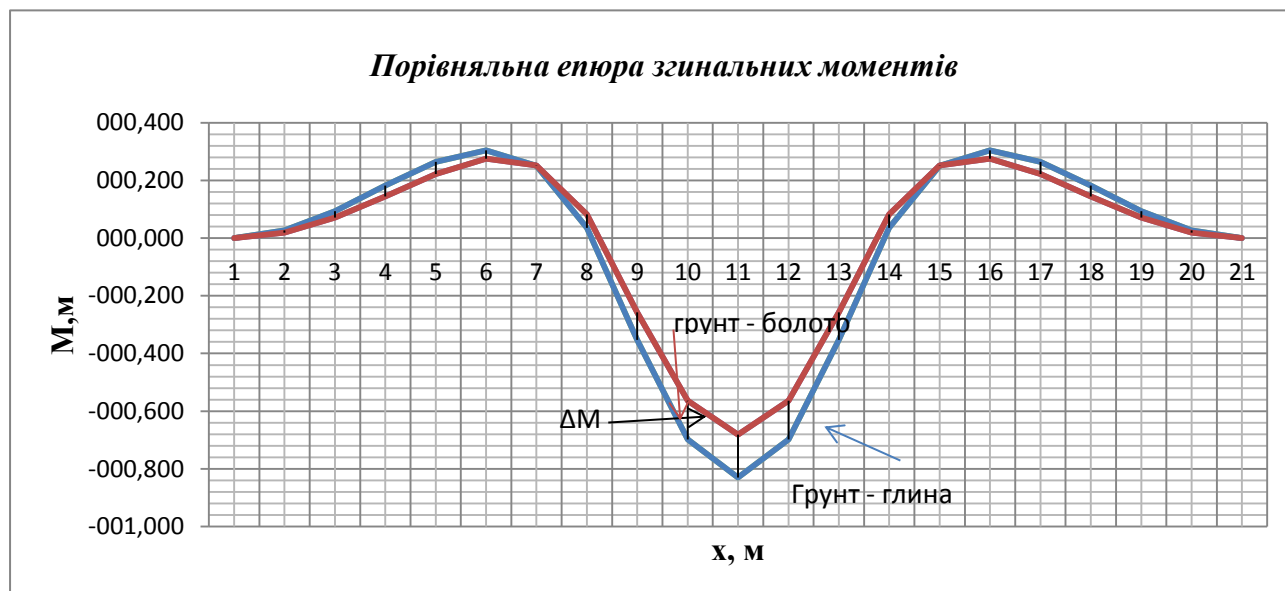


Рис.3. Порівняльна епюра згинальних моментів.

Методологія переходу від НДС газопроводу до визначення точності геодезичних робіт буде такою:

- Моделюється сумісна робота трубопроводу з ґрунтовою основою.
- Під час моделювання визначається похибка моделювання НДС газопроводу  $\Delta M$ .
- Встановити функціональну залежність між значенням СКП моделювання величини прогину осі газопроводу та СКП значення приросту моменту.

- Визначити СКП визначення приросту моменту через допустиме граничне значення приросту експлуатаційного моменту (враховуються коефіцієнти надійності та інше).
- Обґрунтувати точність виконання геодезичних робіт;
- Визначити СКП абсолютної висоти марки, за якою ведуться геодезичні спостереження.
- Необхідно визначити динаміку переміщень газопроводу.

Основними питаннями при обґрунтуванні точності виконання геодезичних робіт є [4]:

- місцерозташування марок, за якими визначаються осідання;
- обґрунтування точності виконання геодезичних робіт;
- обґрунтування періодичності виконання геодезичних робіт.

**Висновок.** За результатами моделювання оцінки напружено-деформованого стану магістральних газопроводів можна зробити наступні висновки:

- методика розв'язку спільної роботи газопровід з ґрунтовою основою виконується шляхом порівняння результатів розрахунків з відомими результатами;
- при розрахунку НДС для модельних ділянок газопроводу встановлено, що урахування ґрунтового масиву дозволяє скорегувати значення діючих напружень;
- в результаті такого рішення дані дозволяють обґрунтовано вибрати місця розташування контрольних марок і визначити необхідну точність вимірювань і судити про стан будівельної конструкції та споруди в цілому на момент спостережень.

### Список літератури

1. Чибіряков В.К., Староверов В.С., Нікітенко К.О. Оцінка напружено-деформованого стану магістрального газопроводу для визначення геодезичної точності вимірювання. Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. Збірник.-К.:КНУБА, 2013.-Вип.50. – С.731.
2. Морозов В. Н. Магистральные трубопроводы в сложных инженерно-геологических условиях. Л.: Недра. 1987. - 121 с.
3. Чибіряков В.К., Староверов В.С., Нікітенко К.О. Дослідження точності геодезичних спостережень стану магістрального газопроводу на основі визначення напружено-деформованого стану при спільних деформаціях розтягу – стиснення та прогину його осі. Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. Збірник.-К.:КНУБА, 2014.-Вип.51. – С. 688.
4. Видуев Н.Г., Староверов В.С. К определению точности и периодов наблюдений осадок инженерных сооружений. Сб. «Инженерная геодезия». – К.: Будівельник, 1972. - Вып.12. – С. 57.

### Аннотация

Проанализирован общий порядок определения напряженно-деформированного состояния магистрального газопровода в грунтовой основе.

Полученные результаты состояния НДС газопровода позволяют обоснованно определить необходимую точность измерений и судить о состоянии магистрального газопровода в целом на момент измерений.

Чтобы достичь необходимой точности определения смещения оси газопровода от проектного, необходимо учитывать действие нескольких факторов.

Точность геодезических работ устанавливают на основе величины допустимого вертикального смещения оси газопровода, то есть величины прогиба. В свою очередь, допустимое смещение оси газопровода определяют, исходя из результатов проверки газопровода на прочность. Прочность характеризуется напряженно-деформированным состоянием газопровода.

Таким образом, по результатам оценки и мониторинга НДС линейной части газопроводов можно снизить уровень действующих напряжений в трубопроводе и избежать аварийной ситуации.

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

### Annotation

Reviewed and analyzed the impact of the existing methods of geological processes on the pipe, as well as the general procedure for determining the stress-strain state of the main gas pipelines in the ground-based

To achieve the required accuracy of determining the displacement of the axis of the pipeline project, you must consider several factors.

The accuracy of geodetic works is set based on the value of the permissible vertical displacement of the axis of the pipeline, that is, the magnitude of deflection. In turn, the allowable displacement of the axis of the pipeline is determined on the basis of the test results for the strength of the pipeline. Durability is characterized by stress-strain state of the pipeline.

Thus, the evaluation and monitoring of NDS linear pipelines can reduce operating stresses in the pipe and avoid emergency.

**Keywords:** gas pipeline (MG), the stress-strain state (NDS), the deflection of the pipeline.