

Технічні науки

УДК 622.692.4

Тутко Тетяна Феліксівна

кандидат технічних наук,

доцент кафедри Газонафтопроводів та газонафтоосховищ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Тутко Татьяна Феликсовна

кандидат технических наук,

доцент кафедры Газонефтепроводов и газонефтехранилищ

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа

Tutko Tetyana

PhD, Associate Professor of the Department of

Gas and Oil Pipelines and Gas and Oil Storage

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

**ОСОБЛИВІСТЬ СПОРУДЖЕННЯ МІКРОТУНЕЛЮ ДЛЯ
МАГІСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДУ ПІД РУСЛОМ ВОДНИХ
ПЕРЕШКОД**

**ОСОБЕННОСТЬ СООРУЖЕНИЯ МИКРОТОННЕЛЯ ДЛЯ
МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА ПОД РУСЛОМ ВОДНЫХ
ПРЕГРАД**

**FEATURE OF CONSTRUCTION OF A MICROTUNNEL FOR THE
MAIN GAS PIPELINE UNDER THE CHANNEL OF WATER
OBSTACLES**

Анотація. З метою відсутності зсуву ґрунту у вибій при спорудженні мікротунелю для магістрального газопроводу знайдено мінімально необхідний довантаж вибою залежно від фізичних

властивостей ґрунту, діаметра тунелю, глибини його прокладання під дном водної перешкоди, а також її глибини.

Ключові слова: мікротунель для магістрального газопроводу, зсув ґрунту у вибій, довантаж вибою.

Аннотація. С целью отсутствия перемещения ґрунта в забой при сооружении микротоннеля для магистрального газопровода найдено минимально необходимый пригруз забоя в зависимости от физических свойств ґрунта, диаметра тоннеля, глубины его сооружения под дном водной преграды, а также ее глубины.

Ключевые слова: микротоннель для магистрального газопровода, перемещение ґрунта в забой, пригруз забоя.

Summary. In order to avoid landslides in the face during the construction of the microtunnel for the main gas pipeline, the minimum required loading of the face was found depending on the physical properties of the soil, the diameter of the tunnel, the depth of its laying under the bottom of the water barrier and its depth.

Key words: microtunnel for the main gas pipeline, landslide into the face, bottom loading.

Вступ. При спорудженні магістральних газопроводів зустрічаються різноманітні перешкоди, серед них і водні перешкоди (річки, озера). Раніше магістральні трубопроводи прокладали тільки по дну водної перешкоди. В останні десятиліття з'явився альтернативний метод, а саме, спорудження мікротунелю для газопроводу під дном водної перешкоди. Досить надійним та ефективним при спорудженні мікротунелю є використання прохідницьких щитів AVN [1, с. 52-54].

У випадку слабих водонасичених ґрунтів під руслом водної перешкоди існує небезпека зсуву ґрунту у вибій тунелю під дією його

власної ваги та тиску води на дно водної перешкоди. Попереду вибою утворюється область граничного стану. У такому випадку мікротунель споруджують з довантаженням його вибою. У вибійну камеру щита подається глинистий розчин, глиниста паста або інші компоненти під певним тиском. Це дозволяє створити додатковий довантаж на вибій і цим самим попередити руйнування ґрунтового масиву вибою.

Метою даної роботи є встановлення мінімально необхідного довантажу вибою, за якого буде відсутнє руйнування ґрунтового масиву вибою залежно від діаметра тунелю, глибини його прокладання під руслом водної перешкоди, фізичних властивостей ґрунту, а також глибини водної перешкоди.

Основна частина. У роботі [2, с. 53] розглядається метод прогнозу тиску довантажу вибою і осідання земної поверхні ґрунту при будівництві тунелів прохідницькими комплексами. Зона зсуву має форму зрізаного конуса. Ґрунтовий масив зміщується у виробку під дією власної ваги по поверхні ковзання.

За показник стійкості вибою тунелю у цій роботі прийнято відношення сил, які перешкоджають зсуву ґрунтового масиву у виробку, до сил, що сприяють зсуву. Якщо це відношення більше одиниці, то зсув ґрунту у виробку буде відсутній, у протилежному разі зсув ґрунту матиме місце. До сил, які перешкоджають зсуву ґрунту відносяться сили тертя по боковій поверхні сповзаючого масиву ґрунту і поверхні ковзання у вибої, сили зчеплення між частинками ґрунту по боковій поверхні сповзаючого масиву і боковій поверхні у вибої, а також сила, що перешкоджає переміщенню ґрунту у вибій, зумовлена тиском довантажу. До сил, які сприяють переміщенню ґрунту у виробку відноситься сила, викликана вагою сповзаючого ґрунту.

Проектуючи всі вказані сили на вертикальний напрям, в роботі [2, с. 56] отримано аналітичні вирази для показника стійкості вибою тунелю і для тиску довантажу вибою.

У нашому випадку силами, що можуть викликати зсув ґрунту, є не тільки вага сповзаючого ґрунту, але і сила тиску води на донну поверхню водної перешкоди. Використовуючи методику, викладену в [2, с.60], отримано для цього випадку показник стійкості вибою мікротунелю, а також мінімально необхідний додатковий (граничний) тиск на вибій при роботі прохідницького щита за умови стійкості вибою у такому вигляді:

$$F = \frac{H}{4} \frac{S_{\text{бок}} \cdot \sin \varphi}{(1 + G_e/W)V \sin \theta} + \frac{ctg \theta \cdot tg \varphi}{1 + G_e/W} + \frac{cS_{\text{бок}} \cos(45^\circ - \varphi/2)}{(1 + G_e/W)\gamma V \sin \theta} + \frac{\pi D^2 c}{4(1 + G_e/W)W \sin \theta \cos \theta} + \frac{\pi D^2 q tg(45^\circ - \varphi/2)}{4(1 + G_e/W)W \sin \theta}, \quad (1)$$

$$q_{zp} = \frac{4}{\pi D^2 tg(45^\circ - \varphi/2)} \left[(1 + G_e/W)\gamma \cdot V \sin \theta - \frac{\gamma \cdot H}{2} \sin(45^\circ - \varphi/2) \times \right. \\ \left. \times \cos(45^\circ - \varphi/2) tg \varphi \cdot S_{\text{бок}} - \gamma \cdot V \cos \theta \cdot tg \varphi - cS_{\text{бок}} \cos(45^\circ - \varphi/2) - \frac{\pi D^2 c}{4 \cos \theta} \right], \quad (2)$$

де F - показник стійкості вибою; q, q_{zp} - відповідно додатковий і мінімально необхідний (граничний) тиски довантажу вибою, Па; H - відстань між верхом щита і дном водної перешкоди, м; φ, θ - кути внутрішнього тертя і нахилу площадки зсуву, град; γ - питома вага ґрунту, H/m^3 ; $S_{\text{бок}}$ - бокова поверхня конуса (зовнішня поверхня ґрунту, що зсувається), m^2 ; V - об'єм зрізаного конуса, m^3 ; G_e - вага шару води водної перешкоди між її поверхнею і дном та діаметром, рівним діаметру мікротунелю, H ; W - загальна вага ґрунту, що зсувається по поверхні зрізаного конуса, H ; D - діаметр тунелю без обкладки (приймаємо цей параметр рівним зовнішньому діаметру щита), м.

Величини $G_e, W, V, S_{\text{бок}}$ визначаються за формулами

$$G_e = \frac{\pi D^2}{4} h \gamma_e, \quad W = \gamma \cdot V, \quad (3)$$

$$V = \frac{1}{12} \pi \cdot H \left\{ D^2 + D \left[D + 2H \cdot \operatorname{tg} \left(45^\circ - \varphi/2 \right) \right] + \left[D + 2H \cdot \operatorname{tg} \left(45^\circ - \varphi/2 \right) \right]^2 \right\}, \quad (4)$$

$$S_{\text{бок}} = \pi H \frac{D + H \cdot \operatorname{tg} \left(45^\circ - \varphi/2 \right)}{\cos \left(45^\circ - \varphi/2 \right)}. \quad (5)$$

де h - відстань від поверхні водної перешкоди до її дна, м;

γ_e - питома вага води, $H/\text{м}^3$.

Користуючись приведеними формулами виконано обчислення граничного тиску довантажу на вибій при спорудженні мікротунелю для магістрального газопроводу для двох типів грантів, супісків і суглинків. Фізичні властивості грантів були прийняті наступні [3, с. 11, 24]:

а) для супісків $\gamma = 26500 \text{ Н/м}^3$, $\varphi = 15^\circ$, $C = 0,009 \text{ МПа}$;

б) для суглинків $\gamma = 20000 \text{ Н/м}^3$, $\varphi = 22^\circ$, $C = 0,016 \text{ МПа}$.

Інші параметри однакові для обох грантів: $D = 2 \text{ м}$; $H = 5 \text{ м}$; $h = 4 \text{ м}$;
 $\theta = 45^\circ$.

За результатами обчислення отримано для супісків $q_{ep} = 0,1372 \text{ МПа}$, а для суглинків $q_{ep} = -0,5694 \text{ МПа}$. Знак мінус в результаті q_{ep} для суглинків вказує на те, що зсув ґрунту у цьому випадку буде відсутній, довантажувати вибій прохідницького щита непотрібно. При обчисленні параметра стійкості вибою F отримаємо результат менший одиниці.

Висновки.

1. За однакових значень величин D, H, h і θ для двох різних грантів зсув ґрунту чи його відсутність у виробку щита залежить від фізичних властивостей ґрунту.

2. Чим більша питома вага ґрунту, менший кут його внутрішнього тертя і менше зчеплення ґрунту, тим більша ймовірність зсуву ґрунту при роботі щита, а отже необхідність довантажу вибою.

Література

1. Корзун Н.Л., Балканов А.А. Обоснование применения микротоннелирования для прокладки инженерных сетей на урбанизированных территориях / Н. Л. Корзун, А. А. Балканов // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2014. №1 (6). С.50-65.
2. Протосеня А.Г. Разработка метода прогноза давления пригруза забоя и осадок земной поверхности при строительстве тоннелей механизированными проходческими комплексами/А.Г.Протосеня, Н.А. Беляков, До Нгок Тхай // Национальный минерально-сырьевой университет "Горный", Санкт-Петербург. Записки Горного института. 2015. Т. 211. С. 53-63.
3. Бородавкин П.П. Механика грунтов в трубопроводном строительстве: учебник для вузов [2-е изд., перераб. и доп.] / П. П. Бородавкин. М.: Недра, 1986. 224с.