

**Булiтко К.О., аспiрант,  
Зуєвська Н.В., д. т. н., проф.,  
Пасько О.З., магістр**  
*Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»*

## **РОЗРАХУНОК МIЦНОСТI I СТIЙКОСТI ВИРОБКИ ПРИ ГОРИЗОНТАЛЬНО НАПРАВЛЕНОМУ БУРIННI**

З швидким розвитком будiвельних технологiй з'являються новi методи та методики будiвництва будинкiв та споруд. Незважаючи на такий швидкий прогрес будiвельних технологiй, нiхто не зупиняється на вирiшеннi недолiкiв уже iснуючих методiв та методик будiвництва, а знову беруться до розробки нових методiв та технологiй будiвництва. Звичайно це лише великий «плюс» для будiвельної сфери, але необхiдне i доцiльне рiшення було б що до вдосконалення уже iснуючих методiв та методик.

Розглянемо метод горизонтально направленогo бурiння.

Бурiння пiлотної свердловини здiйснюється за допомогою породоруйнуючого iнструменту - бурової головки з скосом в переднiй частинi i вбудованим випромiнювачем. Бурова головка має отвори для подачi бурового розчину, який пiд тиском подається в свердловину для полiпшення тертя бурової головки. Точнiсть бурової головки при направленому бурiннi становить 1% по горизонталi та глибинi.

При проведеннi робiт з направленогo бурiння розширення свердловини здiйснюється пiсля завершення пiлотногo бурiння. При цьому бурова головка вiд'єднується вiд бурових штанг i замисть неї приєднується риммер - розширювач зворотної дiї. Операцiї по розширенню при горизонтальному бурiннi можуть повторюватися неодноразово, з наростаючим збiльшенням дiаметра розширювача. Буровий розчин очищає вибiй свердловини вiд розбуреної породи i виносить її на поверхню, запобiгає вiд обвалiв i осипiв стовбур свердловини, зменшує коливання штанг при направленому бурiннi. Для забезпечення безперешкодного протягування трубопроводу методом горизонтально-направленогo бурiння, через розширену свердловину її дiаметр повинен перевищувати на 25-30% нiж проектний дiаметр закладаючої труби.

Процес протягування трубопроводiв є завершальним етапом при будiвництвi пiдземних комунiкацiй iз застосуванням методу горизонтально-направленогo бурiння (ГНБ). Суть процесу полягає в тому, що на протилежному боцi вiд бурової установки бiля свердловини розташовується готовий трубопровiд.

Мiжтрубний простiр мiж трубопроводом i ґрунтової свердловиною залишається заповненим буровим розчином, що зменшує силу тертя труби об стiнки свердловини.

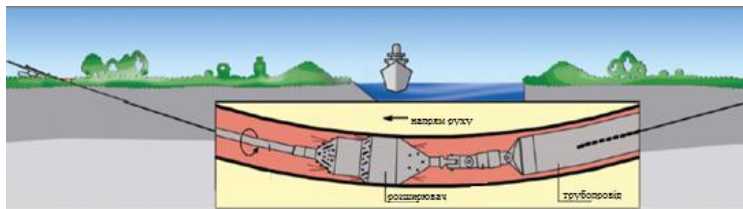


Рис. 1. Процес протягування трубопроводу

Переваги ГНБ:

- - при будівництві та експлуатації зберігається природний режим водної перешкоди, що відповідає підвищеним екологічним вимогам і має особливе значення при перетинанні трубопроводами річок з розвиненим рибальством;
- - не потрібні вибухові роботи з розпушування щільних ґрунтів для подальшого риття підводної траншеї;
- - будівництво можливо в будь-який час року.
- - обмежене вільний простір у коридорі, де прокладено кілька трубопроводів і неможливо виконати вимогу СНиП про мінімальну відстань проєктованого трубопроводу до існуючих;
- - у випадках, коли техніко-економічними розрахунками встановлено скорочення коштів і часу.

Недолік технології полягає в тому, що при 2-му етапі утворюється пустоти між виробкою та трубопроводом, що можуть в подальшій експлуатації деформуватись. Нажаль простір, який потім залишається між трубою та ґрунтовим масивом нічим не закладається, а отже є необхідність перевірити умови стійкості виробки та визначити можливі деформації (осідання) над траєкторією проведення виробки.

Для проведення розрахунків, необхідною умовою яких є наявність вихідних даних, необхідно було розглянути об'єкт, що будується методом ГНБ і безпосередньо на прикладі даного об'єкта провести розрахунки. Було обрано об'єкт, що будується в м. Київ, Печерський р-н, вул. Кутузова. Діаметр прокладаючого трубопроводу сягав  $d=315\text{мм}$ , глибина закладання  $h=2000\text{мм}$ . Для подальшого дослідження було взято зразки ґрунтового масиву і в лабораторії «Основ та фундаментів» на базі ДП Науково-дослідного інституту були визначені їх властивості (Таблиця 1).

Таблиця 1

Фізичні характеристики ґрунтів				
Параметри	Позначення	Найменування ґрунту		
		супісок	суглинок	глина
Природна вологість	$w, \%$	17,5	23,2	24,9
Щільність ґрунту	$\rho, \text{г/см}^3$	1,72	1,94	2,05
Вологість на межі текучості	$w_L$	25	34	50
Вологість на межі пластичності	$w_P$	17	23	24
Кут внутрішнього тертя	$\varphi^0$	17	15	13
Коефіцієнт зчеплення	$c, \text{МПа}$	0.016	0.046	0.059
Модуль деформації	$E, \text{МПа}$	15	22	41

Розрахунок на просідання ґрунтового масиву над поверхнею виробки

Розрахунок проводиться згідно із ДБН В.1.1-2000 Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах.

Повне осідання основи з використанням її розрахункової схеми у виді лінійно-деформівного напівпростору за розрахунковою вертикаллю слід визначати методом пошарового підсумовування за формулою

$$s = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zp,i} h_i}{E_i} \quad (1)$$

де  $\beta$  - безрозмірний коефіцієнт, що дорівнює 0,8;

$\sigma_{zp,i}$  - значення додаткової вертикальної нормальної напруги від сумарних навантажень,;

$h_i$  - товщина  $i$  шару ґрунту;

$E_i$  - модуль повних деформацій  $i$  шару ґрунту;

$n$  - число шарів, на які розбита стислива товща основи.

Розрахуємо вертикальне напруження від власної ваги ґрунту,

$$\sigma_{zp,1} = h_1 \cdot \gamma_{s1} \quad (2)$$

$$\sigma_{zp2} = \sigma_{zp,1} + \gamma_{s2} \cdot h_2 \quad (3)$$

де  $h_i$  - товщина шару ґрунту;  $\gamma_s$  - питома вага ґрунту.

$$\sigma_{zp,1} = 0,9 \cdot 17,2 = 15,48 \text{ кН/м}^2$$

Розрахунок пошарового осідання від власної ваги ґрунту :

$$S_1 = \beta \cdot \frac{\sigma_{zp,1} \cdot h_1}{E_1} = 0,8 \frac{18,48 \cdot 0,9}{15 \cdot 10^3} = 0,0007 \text{ м}$$

№	$\sigma_{zpi\text{cp}}$	$h_i$	E, МПа	$S_i$
1	15,48	0,9	15	0,0007
2	28,18	0,5	22	0,0005
3	37,48	0,6	41	0,00044
$\Sigma S$				0.00164

Деформація ґрунту від власної ваги знаходиться в допустимих нормах.

Розрахунок на міцність виробки від додаткового навантаження

Слід провести розрахунок на міцність виробки від додаткового навантаження, а саме – навантаження від асфальтного покриття і від автомобілів, що рухаються по дорожньому покриттю.

Розрахунковий граничний опір ґрунту визначається:

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{k} M_{\gamma} \cdot k_z \cdot b \cdot \gamma_{II} + M_q \cdot b \cdot \gamma'_{II} + M_c \cdot c \quad (4)$$

де:  $k=1.1$  (коли ґрунт не перевірений в лабораторних умовах);  $k_z=1.0$ ;

$\gamma_{II}$  – середнє значення питомої ваги ґрунтів, розміщених нижче підшоши закладання споруди;

$\gamma'_{II}$  – те саме для ґрунтів, які залягають вище від підшоши;

Тверда глина (третій шар) має наступні характеристики:

$$\varphi = 13^{\circ}; \quad c = 0.059 \text{ МПа}$$

Коефіцієнти прийняті з СНіП 2.02.01-83 мають величини:

$$M_{\gamma} = 0.21 \quad M_g = 1.83 \quad M_c = 4.29$$

$$\gamma_{II} = 20,5 \text{ кН/м}^3$$

$$\gamma'_{II} = \frac{h_1 \gamma_1 + h_2 \gamma_2}{h_1 + h_2} = \frac{0.9 \cdot 17.2 + 0.6 \cdot 19.4}{0.9 + 0.6} = 18.08 \text{ кН/м}^3 \quad (5)$$

$$R_g = 263.76 \text{ кН/м}^3$$

Визначення розрахункової міцності дорожнього покриття

Для отримання остаточної міцності виробки необхідно врахувати міцність дорожнього покриття, під який прокладена виробка.

Розрахунковий граничний опір дорожнього покриття розраховується відповідно ДБН В.2.3-4-2000 «Споруди транспорту. Автомобільні дороги.»

Міцність матеріалу монолітного при багаторазовому розтягу при згині визначають за формулою:

$$R_p = R_{\text{лаб}} k_m k_{kn} k_T \quad (6)$$

де  $R_{\text{лаб}}$  – лабораторне значення границі міцності на розтяг при згині за одноразового прикладання навантаження ( $R_{\text{лаб}}=5,8$  МПа);

$k_m$  – коефіцієнт, що враховує зниження міцності в часі від дії погоднокліматичних умов ( $k_m=0,75$ );

$k_T$  – коефіцієнт, що враховує зниження міцності матеріалу в конструкції в результаті температуро-усадкових впливів ( $k_T=0,8$ );

$k_{kn}$  – коефіцієнт, що враховує короткочасність та повторність навантажень на дорозі ( $k_{kn}=0.125$ ):

$$R_p = 5.8 \cdot 0.75 \cdot 0.125 = 0.544 \text{ МПа}$$

Сумарна міцність ґрунтового масиву і дорожнього покриття становитиме:

$$R = R_p + R_g = 0.544 + 0.263 = 0.807 \text{ МПа}$$

Враховуючи вимоги ДБН В.2.3-4-2000 «Споруди транспорту. Автомобільні дороги.» – дорожнє полотно повинно витримувати 0.89МПа. Виходячи із цієї вимоги перевіряємо умову на міцність:

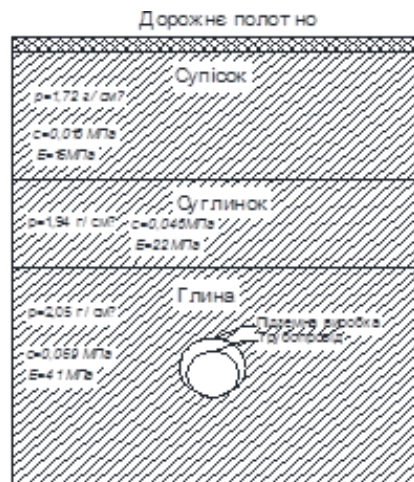


Рис.2. Схема розташування трубопроводу в ґрунтовому масиві

$$R > \sigma_{\text{доп}}$$

$$R (0,807) > \sigma_{\text{доп}} (0,89)$$

Дана умова не виконується, тому над виробкою відбуватимуться поступові деформації, що призведе до утворення мульки просідання у розмірі 25-30% від діаметру проектної труби, тобто при  $d=315$  мм мулька просідання матиме висоту від 78,75 до 94,5 мм що є критичними показниками.