

ВИЗНАЧЕННЯ ГЛИБИНИ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНОГО РОЗВІДУВАННЯ НА ТЕРИТОРІЯХ СПОРУДЖЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ БУДІВЕЛЬ

**Козачок Л.Д.
Фабрика Ю.М.**

Львівський національний аграрний університет

Постановка проблеми

Для того, щоб розробити якісний проект транспортної споруди, необхідно знати інженерно-геологічні умови території, відведеної під забудову. Щоб отримати дані про такі умови, виконують інженерно-геологічні вишукування [3]. Загальна послідовність цих вишукувань така:

- збирання, аналіз та узагальнення відомостей про природні, зокрема інженерно-геологічні умови, території забудови;
- інженерно-геологічне рекогносцирування;
- інженерно-геологічне знімання;
- інженерно-геологічне розвідування.

Інженерно-геологічне розвідування виконують тоді, коли відоме точне місце розташування транспортної споруди на території, визначені її основні конструктивні особливості, зокрема конструктивна схема, глибина закладення фундаментів, навантаження, які передаватимуться на них. Основними завданнями, що вирішуються при проведенні інженерно-геологічного розвідування, є виділення в сфері взаємодії споруди з геологічним середовищем інженерно-геологічних елементів і визначення розрахункових характеристик цих елементів. Якісне вирішення зазначених та інших завдань можливе лише при постійній і тісній співпраці спеціалістів вишуквальних та проектних організацій.

Матеріал цієї статті має на меті сприяти більш точному призначенню глибини інженерно-геологічного розвідування, а це підвищуватиме якість його проведення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Методична схема проведення інженерно-геологічного розвідування полягає в наступному:

- аналіз матеріалів, отриманих на попередніх етапах вишукувань, з врахуванням конструктивних особливостей споруди;
- визначення меж сфери взаємодії споруди з геологічним середовищем;
- формулювання завдань інженерно-геологічного розвідування;
- вироблення схеми інженерно-геологічного розвідування;
- призначення методів проведення інженерно-геологічного розвідування;
- проведення польових і лабораторних робіт;
- поточний камеральний аналіз, систематизація отриманих матеріалів;
- складання інженерно-геологічної моделі основи споруди;
- розробка рекомендацій проектувальникам і будівельникам;

– оформлення звітної документації про інженерно-геологічне розвідування території забудови.

Одним із важливих завдань наведеної схеми є визначення меж сфери взаємодії споруди з геологічним середовищем, бо від розмірів цієї сфери залежить кількість та глибина інженерно-геологічних виробок. Так, глибина інженерно-геологічних виробок за вимогами нормативних документів [3] повинна перевищувати стисливу товщу основи фундаментів на 1-2 м. Як відомо, розмір стислої товщі визначається при проектуванні методами механіки ґрунтів [1, 4, 6]. Товщина залежить від багатьох чинників, основними з яких є глибина закладення фундаментів у ґрунт, форма і розміри їх підшви, значення вертикального тиску, що передається на ґрунти основи, розрахункові характеристики ґрунтів, такі, зокрема, як їх питома вага, модуль деформації. На стадії проведення інженерно-геологічного розвідування більшість із зазначених величин (розміри підшви фундаментів, вертикальний тиск, характеристики ґрунтів) є невідомими, тому розмір стислої товщі досить точно визначити немає можливості.

Формування цілей статті

Зважаючи на це, глибину інженерно-геологічного розвідування у сучасній практиці вишукувань для транспортного будівництва призначають грубонаближено, орієнтуючись при цьому на табличні дані (табл. 1), що подаються в нормативних документах [3].

Таблиця 1 – Рекомендована глибина інженерно-геологічних виробок H_o від підшви фундаментів

Глибина H_o , м, для будівель з фундаментами					
стрічковими			окремими		
при навантаженні, кН/м	ґрунтові води в стислій товщі		при навантаженні, кН	ґрунтові води в стислій товщі	
	немає	є		немає	є
до 100	4	6	до 500	4	6
200	6	8	1000	5	7
500	9	12	2500	7	9
700	12	15	5000	9	13
1000	15	20	10000	11	15
2000	20	23	15000	12	19
			50000	18	26

Практика інженерно-геологічних вишукувань і наступного проектування транспортних споруд свідчить про те, що наведені в табл. 1 дані з певним наближенням можна використовувати для призначення глибини виробок, але все ж у деяких випадках вони мають суттєві похибки і тому вимагають коригування. Зважаючи на це, виникає необхідність уточнити деякі з наведених у табл. 1 значень глибин виробок, розширити цю таблицю, врахувавши у більшій мірі можливі випадки її застосування. Зокрема, в табл. 1 немає даних про рекомендовану глибину виробок на територіях з надмірно стисливими ґрунтами з модулем деформації $E \leq 5$ МПа. Адже відомо, що в таких ґрунтових умовах розмір стислої товщі в основах збільшується [4]. Крім того, варто в табл. 1 розширити обсяг даних для випадків з різною висотою дзеркала ґрунтових вод в стислій товщі основ будівель, бо ця висота може значно різнитися, наприклад, становити менше чверті висоти товщі, а може й бути вищою глибини закладення фундаменту в ґрунт, що суттєво впливає на розмір стислої товщі. Фактично виходить так, що глибина закладення не впливає на розмір товщі, а відповідно і на глибину розвідування, а це не відповідає положенням нормативних документів [4].

Виклад основного матеріалу дослідження

Працюючи над вирішенням зазначених питань, ми дійшли висновку, що їх можна успішно вирішити, застосувавши аналітичний метод знаходження глибини інженерно-геологічних виробок [2]. У цій статті викладається розширений й удосконалений варіант розробленого нами аналітичного методу. За цим методом глибину інженерно-геологічних виробок, H , м від планувального рівня землі навколо споруди рекомендується знаходити за формулами:

на території, відведеній для спорудження будівель зі стрічковими фундаментами:

$$H = K_1 \sqrt{N_1} + \frac{d}{2} + \Delta, \quad (1)$$

на території, відведеній для спорудження будівель з окремими фундаментами:

$$H = K_2 \sqrt[3]{N_2} + \frac{2d}{3} + \Delta, \quad (2)$$

де K_1 і K_2 – коефіцієнти, що мають розмірність м/кН^{1/2} і м/кН^{1/3} відповідно, значення яких подано в табл. 2;

N_1 – навантаження на стрічковий фундамент, кН/м;

N_2 – навантаження на окремий фундамент, кН;

d – глибина закладення фундаменту в ґрунт, м;

Δ – додаткова глибина перевищення виробками розміру стисливої товщі основи, приймається в межах 1-2 м.

Таблиця 2 – Значення коефіцієнтів K

Особливості ґрунтових і гідрогеологічних умов	Значення коефіцієнтів	
	K_1 , м/кН ^{1/2}	K_2 , м/кН ^{1/3}
Ґрунтових вод в межах H немає	0,41	0,51
Ґрунтові води залягають у нижній чверті висоти H	0,42	0,53
Ґрунтові води залягають у нижній половині висоти H	0,46	0,55
Ґрунтові води залягають на три чверті висоти H	0,50	0,59
Ґрунтові води залягають майже на всю висоту H	0,56	0,63
На нижній межі стисливої товщі залягають надто деформівні ґрунти ($E \leq 5$ МПа)	0,58	0,64

Примітка. При інших глибинах дзеркала ґрунтових вод значення коефіцієнтів K_1 і K_2 допускається знаходити за лінійною інтерполяцією.

Щоб співставити дані про глибини виробок, які рекомендуються нормативними документами і знайдені за формулами (1) і (2), складено порівняльні табл. 3 і 4. При складанні цих таблиць умовно прийнято, що глибина закладення стрічкових фундаментів у ґрунт дорівнює 1 м, а окремих – 1,5 м, бо саме такі глибини найчастіше зустрічаються в практиці будівництва, хоча вони, звісно, можуть мати й інші значення.

Таблиця 3 – Порівняльні значення глибин інженерно-геологічних виробок H , м, на територіях для спорудження будівель зі стрічковими фундаментами

Особливості ґрунтових і гідрогеологічних умов	Навантаження на фундаменти, кН/м					
	100	200	500	700	1000	2000
Ґрунтових вод в межах H немає	$\frac{5}{5,6}$	$\frac{7}{7,3}$	$\frac{10}{10,7}$	$\frac{13}{12,3}$	$\frac{16}{14,5}$	$\frac{21}{19,8}$
Ґрунтові води знаходяться у нижній чверті висоти H	$\frac{7}{5,7}$	$\frac{9}{7,5}$	$\frac{13}{10,9}$	$\frac{16}{12,6}$	$\frac{21}{14,8}$	$\frac{24}{20,3}$
Ґрунтові води знаходяться у нижній половині висоти H	$\frac{7}{6,1}$	$\frac{9}{8,0}$	$\frac{13}{11,8}$	$\frac{16}{13,7}$	$\frac{21}{16,0}$	$\frac{24}{22,1}$
Ґрунтові води знаходяться на три чверті висоти H	$\frac{7}{6,5}$	$\frac{9}{8,6}$	$\frac{13}{12,7}$	$\frac{16}{14,7}$	$\frac{21}{17,3}$	$\frac{24}{23,8}$
Ґрунтові води залягають майже на всю висоту H	$\frac{7}{7,1}$	$\frac{9}{9,4}$	$\frac{13}{14,0}$	$\frac{16}{16,3}$	$\frac{21}{19,2}$	$\frac{24}{26,5}$
На нижній межі стисливої товщі залягають наддеформівні ґрунти ($E \leq 5 \text{ МПа}$)	$\frac{-}{7,3}$	$\frac{-}{9,7}$	$\frac{-}{14,5}$	$\frac{-}{16,8}$	$\frac{-}{19,8}$	$\frac{-}{27,4}$
<i>Примітка.</i> У чисельнику проставлені значення H , визначені за рекомендаціями [3], у знаменнику – обчислені за формулою (1).						

Таблиця 4 – Порівняльні значення глибин інженерно-геологічних виробок H , м, на територіях для спорудження будівель з окремими фундаментами

Особливості ґрунтових і гідрогеологічних умов	Навантаження на фундаменти, кН						
	500	1000	2500	5000	10000	15000	50000
Ґрунтових вод в межах H немає	$\frac{5,5}{7}$	$\frac{6,5}{8,1}$	$\frac{8,5}{9,9}$	$\frac{10,5}{11,7}$	$\frac{12,5}{14,0}$	$\frac{13,5}{15,6}$	$\frac{19,5}{21,8}$
Ґрунтові води знаходяться у нижній чверті висоти H	$\frac{7,5}{7,2}$	$\frac{8,5}{8,3}$	$\frac{10,5}{10,5}$	$\frac{14,5}{12,1}$	$\frac{16,5}{14,4}$	$\frac{20,5}{16,1}$	$\frac{27,5}{22,5}$
Ґрунтові води знаходяться у нижній половині висоти H	$\frac{7,5}{7,4}$	$\frac{8,5}{8,5}$	$\frac{10,5}{10,5}$	$\frac{14,5}{12,4}$	$\frac{16,5}{14,9}$	$\frac{20,5}{16,6}$	$\frac{27,5}{23,1}$
Ґрунтові води знаходяться на три чверті висоти H	$\frac{7,5}{7,7}$	$\frac{8,5}{8,9}$	$\frac{10,5}{11,0}$	$\frac{14,5}{13,1}$	$\frac{16,5}{15,7}$	$\frac{20,5}{17,6}$	$\frac{27,5}{24,8}$
Ґрунтові води залягають майже на всю висоту H	$\frac{7,5}{8,0}$	$\frac{8,5}{9,3}$	$\frac{10,5}{11,6}$	$\frac{14,5}{13,8}$	$\frac{16,5}{16,6}$	$\frac{20,5}{18,6}$	$\frac{27,5}{26,0}$
На нижній межі стисливої товщі залягають наддеформівні ґрунти ($E \leq 5 \text{ МПа}$)	$\frac{-}{8,1}$	$\frac{-}{9,4}$	$\frac{-}{11,7}$	$\frac{-}{14,2}$	$\frac{-}{16,8}$	$\frac{-}{18,8}$	$\frac{-}{26,3}$
<i>Примітка.</i> У чисельнику проставлені значення H , визначені за рекомендаціями норми [3], у знаменнику – обчислені за формулою (2).							

Із порівняння даних табл. 3 і 4 випливає, що глибина виробок, знайдена за нормативними документами і за формулами (1) і (2), у більшості випадків відрізняється несуттєво (до 10 %), але інколи відхилення значне і сягає 25 %. Порівняння даних дозволяє стверджувати, що застосування аналітичного методу дає можливість точніше врахувати розмаїття ґрунтових і гідрогеологічних умов на територіях будівництва, що підвищує якість вишукувань.

Ще ефективнішим є застосування аналітичного методу для визначення глибини інженерно-геологічних виробок на територіях, відведених для спорудження будівель з пальовими фундаментами. На таких територіях за вимогами нормативних документів [3] глибину виробок в нескельних ґрунтах треба приймати нижче рівня кінців паль не менше ніж на 5 м. При цьому не враховуються як ґрунтові та гідрогеологічні умови, так і значення діючого навантаження. Практика використання таких вимог в деяких випадках призводить до сумнівних результатів, а саме: в одних і тих же умовах глибину виробок для пальових фундаментів допускається приймати меншою, ніж для мілких.

Візьмемо для прикладу територію, на якій мають споруджуватися дві однакові будівлі зі стрічковими фундаментами з діючим на них навантаженням 700 кН/м, причому перша будівля споруджуватиметься на мілких фундаментах з глибиною закладання 1 м, а друга – на пальових з розміщенням нижніх кінців на глибині 5,5 м. Якщо керуватися вимогами нормативних документів [3], то треба глибину інженерно-геологічних виробок на місці спорудження першої будівлі з мілкими фундаментами призначити 12-16 м, а на території, де розташовуватиметься друга будівля з пальовими фундаментами, можна обмежитися меншою глибиною виробок, а саме 11 м, що нелогічно, бо в другому випадку глибина передачі сили від ваги будівлі на ґрунт буде значно більшою, а це означає, що й глибина стислої товщі в основі розташовуватиметься нижче. Таких прикладів при потребі можна навести й більше, а з цього випливає, що для визначення глибини виробок на територіях спорудження будівель з пальовими фундаментами необхідно розробляти нові методики, які дають точніші результати, що використовуються для розрахунків деформацій основ на стадії проектування будівель.

Нами рекомендується в подібних випадках визначити глибину виробок H , м, від планувального рівня землі навколо будівлі аналітичним методом за формулами:

для будівель зі стрічковими пальовими фундаментами:

$$H = K_1 \sqrt{N_1} + \frac{d+l}{2} + \Delta, \quad (3)$$

для будівель з окремими фундаментами у вигляді кущів паль:

$$H = K_2 \sqrt[3]{N_2} + \frac{2(d+l)}{3} + \Delta, \quad (4)$$

де K_1, K_2, N_1, N_2 – те ж, що і в формулах (1) і (2);

Δ – додаткова глибина виробок, приймається в межах 0-1 м;

d – глибина закладання ростверка в ґрунт, м;

l – довжина паль, м.

Значення додаткової глибини Δ приймають залежно від орієнтовного співвідношення складових вертикального навантаження, що передається через бічну поверхню паль і через їх нижні кінці.

Щоб мати уявлення про глибини виробок, призначені за вимогами нормативних документів і визначені за формулами (3) і (4), складено табл. 5 і 6.

Таблиця 5 – Порівняльні значення глибин виробок на територіях спорудження будівель зі стрічковими пальовими фундаментами при $d = 0,5$ м і $l = 5$ м

Ґрунти в основах фундаментів	Значення H , м						
	за вимогами норм	за нормою [5] при навантаженні на куш паль, кН					
		100	200	500	700	1000	2000
Необводнені	$\geq 10,5$	<u>7</u>	<u>9</u>	<u>12</u>	<u>14</u>	<u>16</u>	<u>21</u>
Обводнені		9	11	15	18	21	28

Таблиця 6 – Порівняльні значення глибин виробок на територіях спорудження будівель з фундаментами у вигляді кущів паль, при $d = 0,5$ м і $l = 5$ м

Грунти в основах фундаментів	Значення H , м							
	за вимогами норм	за нормою [6] при навантаженні на кущ паль, кН						
		500	1000	2500	5000	10000	15000	50000
Необводнені	≥ 11	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>13</u>	<u>15</u>	<u>17</u>	<u>23</u>
Обводнені		9,5	10,5	12,5	15	17,5	19,5	27

Аналізуючи розбіжності поданих в табл. 5 і 6 глибин виробок, можна дійти висновку, що вимоги норм [3] стосуються випадків, коли на стадії проектування будівель основи пальових фундаментів розраховуватимуться за першою групою граничних станів, тобто за несною здатністю, хоча на цьому в нормах спеціально не наголошується. Але треба мати на увазі, що норми проектування пальових фундаментів [5] вимагають: якщо палі в складі фундаментів працюють як висні, то треба додатково розраховувати основи за другою групою граничних станів, тобто за деформаціями, і тоді глибину виробок треба визначати аналітичним методом за формулами (3) і (4).

Висновки

Розроблений аналітичний метод дозволяє точніше і обґрунтованіше призначати глибину інженерно-геологічних виробок на територіях, відведених для спорудження безкаркасних і каркасних будівель як з фундаментами неглибокого закладання, так і пальових.

Застосування аналітичного методу підвищує якість проведення інженерно-геологічних вишукувань для складання робочої документації.

Література

1. Гольдштейн М.Н., Кушнір С.Г., Шевченко М.И. Расчёты осадок и прочности оснований. – К.: Будівельник, 1997. – 208с.
2. Козак Р.В., Козачок Л.Д. Призначення глибини гірських виробок при проведенні інженерно-геологічних вишукувань // Звітна конф. викладачів та аспірантів за наслідками наук.-дослідної роботи 1993 р.: Тези доп. – Львів, 1994. – С. 234–235.
3. СНиП 1.02.07-87 Инженерные изыскания для строительства // Госстрой СССР, ГУГК СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 104 с.
4. СНиП 2.02.01-83 Основания зданий и сооружений // Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985. – 40 с.
5. СНиП 2.02.01-85 Свайные фундаменты // Госстрой СССР – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 48 с.
6. Цытович Н.А. Механика грунтов. – М.: Госстройиздат, 1963. – 636 с.