

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства та
природокористування

Кафедра міського будівництва та господарства

03-04-086М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсового проекту з навчальної дисципліни
**«Інженерна підготовка та благоустрій міських територій
з курсовим проектом»**

для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня
за освітньо-професійною програмою
«Міське будівництво і господарство»
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
усіх форм навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою з
якості ННІБА
Протокол № 1 від 29.08 2023 р.

Рівне – 2023

Методичні вказівки до виконання курсової проекту з навчальної дисципліни «Інженерна підготовка та благоустрій міських територій з курсовим проектом» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою «Міське будівництво і господарство» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» усіх форм навчання [Електронне видання] / Ліпянін В. А. – Рівне : НУВГП, 2023. – 24 с.

Укладач: Ліпянін В. А., к.т.н., доцент кафедри міського будівництва та господарства.

Відповідальний за випуск Ткачук О. А., д-р. техн. наук, професор, завідувач кафедри міського будівництва і господарства.

Керівник ОПШ

Ткачук О. А.

© В. А. Ліпянін, 2023
© НУВГП, 2023

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ.....	4
1. Зміст курсового проекту.....	4
2. Методика виконання курсового проекту	5
2.1 Порядок проведення розрахунків.....	11
2.2. Приклад виконання курсового проекту.....	14
3. Література	24

ВСТУП

Розроблено структуровані методичні вказівки для допомоги здобувачам у виконанні курсового проекту, що охоплює частину дисципліни «Інженерна підготовка та благоустрій міських територій», а саме «Інженерна підготовка підроблюваних територій».

Виконання цього курсового проекту сприяє більш глибокому засвоєнню вивченого матеріалу [1,2,3,5,6].

Проект повинен бути виконаний на папері формату А4. Розрахунки повинні бути зроблені розбірливим почерком, а пояснення повинні бути короткими, але не скороченими. Якщо цитується література, її необхідно пронумерувати в тексті та вказати її повне найменування (автор, видавництво, рік видання, формула і номер таблиці) у розділі «Література». Усі таблиці в тексті повинні мати двозначний номер, де перша цифра вказує на номер розділу, до якого належить таблиця, а друга цифра вказує на порядок розташування таблиці в розділі.

Усі креслення та підсумкова таблиця результатів розрахунків нанесені на аркуші формату А3 (див. рисунок 1). Графічний матеріал виконуються за допомогою систем автоматизованого проектування (САПР) за правилами виконання інженерних і будівельних креслень.

Курсовий проект, який виконаний неохайно без усіх проміжних розрахунків і невідповідає до заданого варіанту, не буде зарахований та буде відправлено назад для виправлення.

1. ЗМІСТ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Визначити оптимальні варіанти інженерної підготовки та заходи захисту підроблювальної території з можливістю зведення п'ятиповерхового житлового будинку з поперечними і поздовжніми несучими стінами при дії на нього розрахункових горизонтальних деформацій розтягування основи ϵ , направлених паралельно поздовжній осі будинку, і радіусі кривизни випуклості $R = 6 \text{ км}$. при вихідних даних згідно таблиці 1.

2. МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБІТ

Конструкції фундаментно-підвальної частини будівель при дії на них переміщень ґрунту, викликаних відносними горизонтальними деформаціями, сприймають такі навантаження, (рис. 2),[5]:

t_t – сили тертя по підшві фундаментів поздовжніх стін будівлі;

t_{in} – сили тертя по підшві фундаментів поперечних стін;

t_n – сили тертя по бокових поверхнях підземної частини фундаментів поздовжніх стін;

t_b – нормальний тиск на бокову поверхню підземної частини поперечних стін ґрунту, що зміщується.

Навантаження на фундаменти визначають при таких допущеннях:

– відносні горизонтальні деформації приймаються постійними по довжині будівлі і визначаються за формулою (1):

$$\varepsilon = \varepsilon_{\max} \times \gamma_f \times \gamma_c, \quad (1)$$

де ε_{\max} – очікувані максимальні деформації земної поверхні на ділянці забудови;

γ_f – коефіцієнт перенавантаження;

γ_c – коефіцієнт умов роботи.

– розрахункове переміщення ґрунту в межах будинку визначається за формулою (2):

$$\Delta l = X \times \varepsilon, \quad (2)$$

де X – відстань від центральної поперечної осі будинку до перебізу фундаменту, де визначаються дані характеристики;

– сили тертя (зсувні сили) приймаються зростаючими пропорційно переміщенню ґрунту відносно фундаменту від нульового значення на відстані X по осі будинку до граничного (рис. 3б), рівного опору ґрунту на зріз;

– нормальний тиск ґрунту вважається пасивним і залежить від переміщення ґрунту відносно фундаменту.

Врахування власних деформацій конструкцій (розтягування поздовжніх конструктивних елементів, прогини фундаментів під поперечними стінами, а також вигин основи, який викликає перерозподіл (релаксацію) відпору ґрунту під підшвою фундаментів), забезпечує зниження розрахункових зусиль.

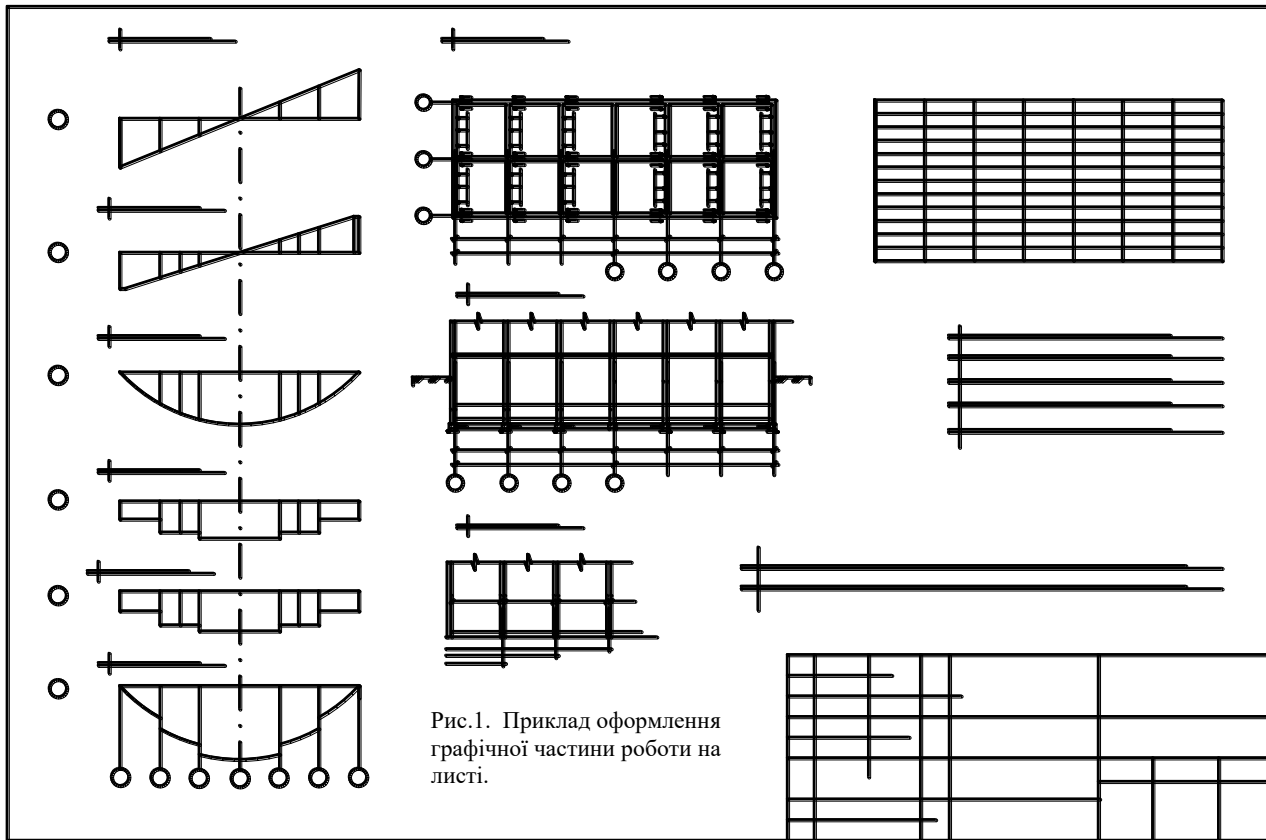


Рис.1. Приклад оформлення графічної частини роботи на листі.

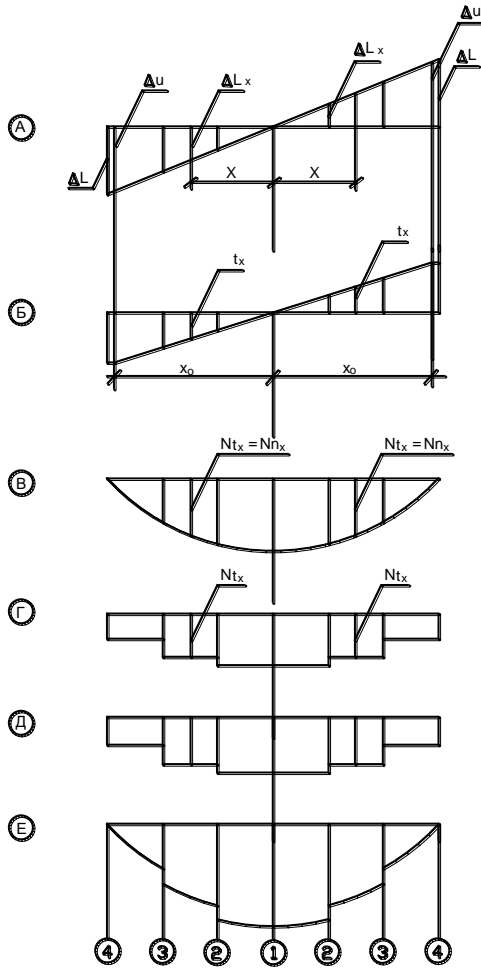


Рис.3. Зусилля в заглибленій частині фундаменту.
 А-епюра переміщень ґрунту; Б - епюра зсуваючих зусиль t по підшві фундаментів; В, Г, Д, Е - епюра зусиль відповідно по $N_t + N_n$, N_n , N_g і сумарна епюра зусиль N .

Таблиця 1.

Варіанти вихідних даних для виконання курсового проекту

№ ва- ріанту	ε , мм/м	$2l$, м	l , м	$l/3$, м	n , кН/м	I_l	φ^0	C , кПа	E_0 , МПа	γ , кН/м ³	h_1 , м	h_2 , м	R_0 , кПа	b , м	Клас бетону
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	4,2	24,0	4,0	4,00	120	0,2	16	18	17,0	15,0	1,2	0,2	220	0,30	C12/15
2	4,3	23,8	3,9	3,97	118	0,3	17	19	17,2	15,2	1,4	0,4	225	0,32	C8/10
3	4,4	23,6	3,8	3,93	116	0,4	18	20	17,4	15,4	1,6	0,6	230	0,34	C8/10
4	4,5	23,4	3,7	3,90	114	0,5	19	21	17,6	15,6	1,8	0,8	235	0,36	C12/15
5	4,6	23,2	3,6	3,87	112	0,4	20	22	17,8	15,8	2,0	1,0	240	0,38	C16/20
6	4,7	23,0	3,5	3,83	110	0,3	21	23	18,0	16,0	2,2	1,2	245	0,40	C8/10
7	4,8	22,8	3,4	3,80	108	0,2	22	24	18,2	16,2	2,2	1,4	250	0,42	C12/15
8	4,9	22,6	3,3	3,77	106	0,3	23	25	18,4	16,4	2,4	1,2	255	0,44	C12/15
9	5,0	22,4	3,2	3,73	104	0,4	24	22	18,6	16,6	2,0	1,0	260	0,46	C8/10
10	5,1	22,2	3,1	3,70	102	0,5	16	21	18,8	16,8	1,8	0,8	265	0,48	C8/10
11	5,2	22,0	3,0	3,67	100	0,4	17	20	19,0	17,0	1,6	0,6	270	0,50	C8/10
12	5,3	21,8	2,9	3,63	98	0,3	18	19	19,2	17,2	1,4	0,4	275	0,30	C20/25
13	5,4	21,6	2,8	3,60	96	0,2	19	18	19,4	17,4	1,2	0,2	280	0,32	C20/25
14	5,5	21,4	2,7	3,57	94	0,5	20	17	19,6	17,6	1,4	0,4	285	0,34	C16/20
15	5,6	21,2	2,6	3,53	92	0,4	21	18	19,8	17,8	1,6	0,6	290	0,36	C16/20
16	5,7	21,0	2,5	3,50	90	0,3	22	19	20,0	18,0	1,8	0,8	295	0,38	C12/15
17	5,8	20,8	2,4	3,47	88	0,2	19	20	20,2	15,0	2,0	1,0	300	0,40	C8/10
18	5,9	20,6	2,3	3,43	86	0,5	20	21	20,4	15,2	2,2	1,2	295	0,42	C8/10
19	6,0	20,4	2,2	3,40	84	0,4	21	22	20,6	15,4	2,4	1,4	290	0,44	C8/10
20	6,1	20,2	2,1	3,37	82	0,3	22	23	20,8	15,6	1,2	0,2	285	0,46	C8/10
21	6,2	20,0	2,0	3,33	80	0,2	23	24	21,0	15,8	1,4	0,4	280	0,48	C8/10
22	6,3	19,8	1,9	3,30	78	0,5	24	25	21,2	16,0	1,6	0,6	275	0,50	C8/10
23	6,4	19,6	1,8	3,27	76	0,4	18	18	21,4	16,2	1,8	0,8	270	0,48	C8/10
24	6,5	19,4	1,7	3,23	74	0,3	17	19	21,6	16,4	2,0	1,0	265	0,46	C8/10

25	6,6	19,2	1,6	3,20	72	0,2	16	20	21,8	16,6	2,2	1,2	260	0,44	C20/25
26	6,7	19,0	4,0	3,17	120	0,2	16	18	17,0	15,0	1,2	0,2	220	0,30	C8/10
27	6,8	24,2	3,9	4,03	118	0,3	17	19	17,2	15,2	1,4	0,4	225	0,32	C8/10
28	6,9	24,4	3,8	4,07	116	0,4	18	20	17,4	15,4	1,6	0,6	230	0,34	C8/10
29	7,0	24,6	3,7	4,10	114	0,5	19	21	17,6	15,6	1,8	0,8	235	0,36	C12/15
30	8,0	24,8	3,6	4,13	112	0,4	20	22	17,8	15,8	2,0	1,0	240	0,38	C16/20
31	8,1	25,0	3,5	4,17	110	0,3	21	23	18,0	16,0	2,2	1,2	245	0,40	C16/20
32	8,2	25,2	3,4	4,20	108	0,2	22	24	18,2	16,2	2,2	1,4	250	0,42	C20/25
33	8,3	25,4	3,3	4,23	106	0,3	23	25	18,4	16,4	2,4	1,2	255	0,44	C12/15
34	8,4	25,6	3,2	4,27	104	0,4	24	22	18,6	16,6	2,0	1,0	260	0,46	C25/30
35	8,5	25,8	3,1	4,30	102	0,5	16	21	18,8	16,8	1,8	0,8	265	0,48	C8/10
36	8,6	26,0	3,0	4,33	100	0,4	17	20	19,0	17,0	1,6	0,6	270	0,50	C8/10
37	8,7	26,2	2,9	4,37	98	0,3	18	19	19,2	17,2	1,4	0,4	275	0,30	C16/20
38	8,8	26,4	2,8	4,40	96	0,2	19	18	19,4	17,4	1,2	0,2	280	0,32	C20/25
39	8,9	26,6	2,7	4,43	94	0,5	20	17	19,6	17,6	1,4	0,4	285	0,34	C16/20
40	9,0	26,8	2,6	4,47	92	0,4	21	18	19,8	17,8	1,6	0,6	290	0,36	C16/20
41	9,1	27,0	2,5	4,50	90	0,3	22	19	20,0	18,0	1,8	0,8	295	0,38	C12/15
42	9,2	27,2	2,4	4,53	88	0,2	19	20	20,2	15,0	2,0	1,0	300	0,40	C8/10
43	9,3	27,4	2,3	4,57	86	0,5	20	21	20,4	15,2	2,2	1,2	295	0,42	C8/10
44	9,4	27,6	2,2	4,60	84	0,4	21	22	20,6	15,4	2,4	1,4	290	0,44	C8/10
45	9,5	27,8	2,1	4,63	82	0,3	22	23	20,8	15,6	1,2	0,2	285	0,46	C8/10
46	9,6	28,0	2,0	4,67	80	0,2	23	24	21,0	15,8	1,4	0,4	280	0,48	C8/10
47	9,7	28,2	1,9	4,70	78	0,5	24	25	21,2	16,0	1,6	0,6	275	0,50	C12/15
48	9,8	28,4	1,8	4,73	76	0,4	18	18	21,4	16,2	1,8	0,8	270	0,48	C8/10
49	9,9	28,6	1,7	4,77	74	0,3	17	19	21,6	16,4	2,0	1,0	265	0,46	C12/15
50	10,0	28,8	1,6	4,80	72	0,2	16	20	21,8	16,6	2,2	1,2	260	0,44	C8/10

2.1. Порядок проведення розрахунків

Визначаємо граничний зсув ґрунту для підроблюваних територій, (рис. 3а):

$$\Delta u = (20 + 0,15 \times n) \times 10^{-3}, \quad (3)$$

де 20 і 0,15 – емпіричні коефіцієнти, (м, м²/кН);

n – вертикальне нормативне навантаження на основу від будинку, (кН/м).

Відстань X₀ до перерізу, де настає зріз ґрунту знаходимо за формулою, (рис. 3б):

$$X_0 = \frac{\Delta u}{\varepsilon - \varepsilon_k}, \quad (4)$$

де ε^k – середня власна деформація фундаменту, при деформаціях розтягування, $\varepsilon_k = 1 \times 10^{-3} = 10 \text{ мм/м}$.

Сили тертя під подошвою фундаментів вираховуємо за формулою:

$$t_t = c \times b + n \times \operatorname{tg} \varphi, \quad (5)$$

де c – коефіцієнт зчеплення ґрунту, (кПа);

b – ширина подошви фундаменту, (м);

n – вертикальне навантаження на ґрунтову основу, (кН/м);

$\operatorname{tg} \varphi$ – кут внутрішнього тертя ґрунту, (град).

Зусилля N_t (від сил тертя по подошві фундаментів поздовжніх стін) визначаємо за формулами, (рис. 3в):

на ділянці $X_0 \leq X \leq l$

$$N_t = (l - X) \times t_t, \quad (6)$$

на ділянці $X_0 > X \geq 0$

$$N_t = (l - X_0) \times t_t + \frac{X_0^2 - X^2}{2X_0} \times t_t, \quad (7)$$

де l – довжина половини будинку, (м);

X_0 – відстань до січення, де настає зріз ґрунту, визначається за формулою (4),(м);

t_t – сили тертя ґрунту під подошвою фундаменту, визначається за формулою (5), ($\kappa H/m$);

X – відстань від центральної поперечної осі будинку до перерізу, яке розглядаємо, (м).

Для визначення зусиль N (від сил тертя по бокових поверхнях фундаментів поздовжніх стін) необхідно вирахувати опір ґрунту t_n зсувові по бокових поверхнях фундаментів:

$$t_n = c_n (h_1 + h_2) + \frac{1}{2} k_n (h_1^2 + h_2^2), \quad (8)$$

де c_n і k_n – емпіричні коефіцієнти по [6];

h_1 і h_2 – по рис. 2б.

Для визначення зусиль N_m (від сил тертя по подошві фундаментів поперечних стін), необхідно визначити зусилля N_{mi} (опорна реакція i -тої поперечної стіни):

$$N_{mi} = l' \times t_t, \quad (9)$$

де l' – по рис. 2а;

t_t – сили тертя під подошвою фундаментів, визначається за формулою (5).

Сумарне зусилля N_m в будь-якому перерізі X фундаменту по осі "А" визначаємо за формулою:

$$N_m = \sum_{i=1}^n N_{mi}, \quad (10)$$

де n – число поперечних стін, що примикають до розрахункового фундаменту по осі "А" на ділянці від l до X .

Характер епюри N_m представлений на рис. 3г.

Для розрахунку зусиль N_g (від нормального тиску на бокову поверхню поперечних стін ґрунту, що зсувається) необхідно вирахувати граничний пасивний тиск ґрунту t_g , (рис. 2б):

$$t_g = \frac{\gamma \times h_2^2}{2} \times \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) + 2 \times c \times h_2 \times \operatorname{tg}\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right), \quad (11)$$

Граничне стискання ґрунту при пасивному тиску визначаємо за виразом:

$$\Delta g = \frac{t_g}{h_2} \times \left(\frac{l_i}{E_g} + \frac{a}{E_c}\right), \quad (12)$$

Де t_g – по формулі (11);

h_2 – по рис. 2б;

l_i – довжина призми випору ґрунту $l_i = h_i \times \operatorname{tg}\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right)$;

E_g – модуль бокової деформації ґрунту ненарушеної структури,

$$E_g = 0,5E_0;$$

E_c – модуль бокової деформації ґрунту засипки пазух фундаментів;

a – середня ширина пазухи між фундаментом і стінкою котловану.

Зусилля N_{gt} (опорна реакція від i -тої поперечної стіни, рис. 3д), яке сприймається фундаментом по осі А, вираховуємо за формулою:

$$N_{gt} = l' \times k_i \times \xi_i \times t_{gi}, \quad (13)$$

де l' – по рис. 2а;

k_i – коефіцієнт, що враховує стискання ґрунту,

$$k_i = \frac{\Delta l_i}{\Delta g} = \frac{(\varepsilon - \varepsilon_k) \times X_i}{\Delta g} \leq 1, \quad (14)$$

де Δl_i – гранична довжина призми випору ґрунту;

Δg – за формулою (12).

З формули (14) $\Delta l_i = (\varepsilon - \varepsilon_k) \times X_i$, де X_i - відстань від поперечної осі симетрії будинку до і-ого фундаменту поперечної стіни;

ξ_i - коефіцієнт, яких враховує можливість повного розвитку призми випору ґрунту по її довжині $\xi_i = \frac{\bar{l}_i}{l_i} \leq 1$, де \bar{l}_i - відстань між гранями фундаментів поперечних стін зі сторони призми випору;

ξ_k - деформація фундаменту при розтягуванні $\xi_k = 1 \times 10^{-3}$, при стисканні - $\xi_k = 0$.

Зусилля N_g (від нормального тиску на бокову поверхню поперечних стін ґрунту, що зсувається) вираховуємо за формулою:

$$N_g = l' \times \sum k_i \times \xi_i \times t_{gi}, \quad (15)$$

Сумарне поздовжнє зусилля розтягування в будь-якому перерізі стрічкового фундаменту (рис. 3е) визначаємо за виразом:

$$N = 0,8(N_t + N_m + N_n + N_g), \quad (16)$$

де 0,8 - коефіцієнт, що враховує поєднання навантажень [7].

Перевіряємо достатність міцності поздовжніх фундаментів будинку для сприйняття осьових розтягуючих зусиль N за виразом:

$$f_{ctk,0.05} \times A_{bt} \geq 0,8N_{max},$$

$f_{ctk,0.05}$ - характеристичне значення опору бетону при осьовому розтягу; Мпа;

A_{bt} - площа перерізу, м².

2.2. Приклад виконання курсової роботи

Вихідні дані

Визначити оптимальні заходи з інженерної підготовки на підроблювальній території з можливістю зведення п'ятиповерхового житлового будинку з поперечними і поздовжніми несучими стінами при дії на нього розрахункових горизонтальних деформацій розтягування основи $\varepsilon = 5$ мм/м, направлених паралельно поздовжній осі

будинку, і радіусі кривизни випуклості $R = 6$ км при наступних вихідних даних:

- довжина будинку $2l = 21,6$ м;
- половина довжини поперечних стін $l = 2,8$ м;
- крок поперечних стін $l/3 = 3,6$ м;
- навантаження на основу під усіма поздовжніми і поперечними стінами $n = 96$ кН/м;
- ґрунти основи – суглинки з $I_L = 0,2$; $\varphi = 19^\circ$; $c = 18$ кПа; $E_O = 19,4$ МПа; $\gamma = 17,4$ кН/м³;
- будинок має технічний підвал, заглиблення фундаментів: із зовнішньої сторони $h_1 = 1,2$ м; під внутрішніми стінами $h_2 = 0,2$ м;
- розрахунковий опір ґрунту основи $R_O = 280$ кПа;
- ширина подошви всіх фундаментів $b = 0,32$ м;
- матеріал фундаментів – важкий бетон класу C20/25.

Розрахунок

1. Визначаємо граничний зсув ґрунту для підроблюваних територій :

$$\Delta u = (20 + 0,15 \cdot n) \cdot 10^{-3} = (20 + 0,15 \cdot 96) \cdot 10^{-3} = 0,0344 \text{ м,}$$

де n - вертикальне нормативне навантаження на основу від будинку, кН/м.

2. Відстань X_0 до січення, де настає зріз ґрунту знаходимо за формулою:

$$X_0 = \frac{\Delta u}{\varepsilon - \varepsilon_k} = \frac{0,0344}{0,0054 - 0,001} = 7,8 \text{ м,}$$

де $\varepsilon_k = 1 \cdot 10^{-3}$ - середня власна деформація фундаменту при деформаціях розтягування;

ε - розрахункова горизонтальна деформація розтягування основи.

3. Сили тертя під подошвою фундаментів вираховуємо за формулою:

$$t_t = c \cdot b + n \cdot \operatorname{tg} \varphi = 18 \cdot 0,32 + 96 \cdot 0,344 = 38,8 \text{ кН/м},$$

де c - коефіцієнт зчеплення ґрунту, кПа ;

b - ширина подошви фундаменту, м ;

$\operatorname{tg} \varphi = 0,334$ - кут внутрішнього тертя ґрунту, град .

4. Зусилля N_t від сил тертя по подошві фундаментів поздовжніх стін визначаємо за формулою:

на ділянці $X_0 \leq X \leq l$:

$$N_{t10,8} = (l - X) \cdot t_t = (10,8 - 10,8) \cdot 38,8 = 0 \text{ кН};$$

$$N_{t7,8} = (l - X) \cdot t_t = (10,8 - 7,8) \cdot 38,8 = 115,7 \text{ кН};$$

на ділянці $X_0 > X$:

$$N_{t7,2} = (l - X_0) \cdot t_t + \frac{X_0^2 - X^2}{2X_0} \cdot t_t = (10,8 - 7,8) \cdot 38,8 + \frac{7,8^2 - 7,2^2}{2 \cdot 7,8} \cdot 38,8 = 138,8 \text{ кН};$$

$$N_{t5,4} = (l - X_0) \cdot t_t + \frac{X_0^2 - X^2}{2X_0} \cdot t_t = (10,8 - 7,8) \cdot 38,8 + \frac{7,8^2 - 5,4^2}{2 \cdot 7,8} \cdot 38,8 = 217,6 \text{ кН}$$

$$N_{t3,6} = (l - X_0) \cdot t_t + \frac{X_0^2 - X^2}{2X_0} \cdot t_t = (10,8 - 7,8) \cdot 38,8 + \frac{7,8^2 - 3,6^2}{2 \cdot 7,8} \cdot 38,8 = 235,3 \text{ кН}$$

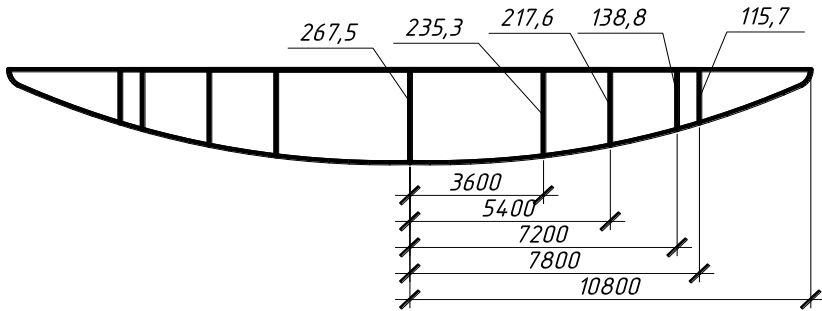
$$N_{t0} = (l - X_0) \cdot t_t + \frac{X_0^2 - X^2}{2X_0} \cdot t_t = (10,8 - 7,8) \cdot 38,8 + \frac{7,8^2 - 0}{2 \cdot 7,8} \cdot 38,8 = 267,5 \text{ кН};$$

де l - довжина половини будинку, м ;

t_t - сили тертя під подошвою фундаменту, кН/м ;

x - відстань від центра поперечної осі будинку до перерізу, яке розглядається, м .

Будуємо епюру N_t :



5. Для визначення зусиль N_n спочатку визначаємо опір ґрунту зрізуванню t_n по бокових поверхнях фундаментів за формулою:

$$t_n = c_n \cdot (h_1 + h_2) + \frac{1}{2} \cdot k_n \cdot (h_1^2 + h_2^2) = 4_n \cdot (1,2 + 0,2) + \frac{1}{2} \cdot 2,5 \cdot (1,2^2 + 0,2^2) = 7,45 \text{ кН/м}$$

де $c_n = 4 \text{ кН/м}^2$ і $k_n = 2,5 \text{ кН/м}^2$.

Так як величина t_n складає 19,19 % від величини t_t , то і відповідно величини зусиль N_n одержуємо множенням величин N_t на коефіцієнт 0,192.

$$N_{n10,8} = N_{t10,8} \cdot 0,192 = 0 \cdot 0,192 = 0 \text{ кН};$$

$$N_{n7,8} = N_{t7,8} \cdot 0,192 = 115,7 \cdot 0,192 = 22,2 \text{ кН};$$

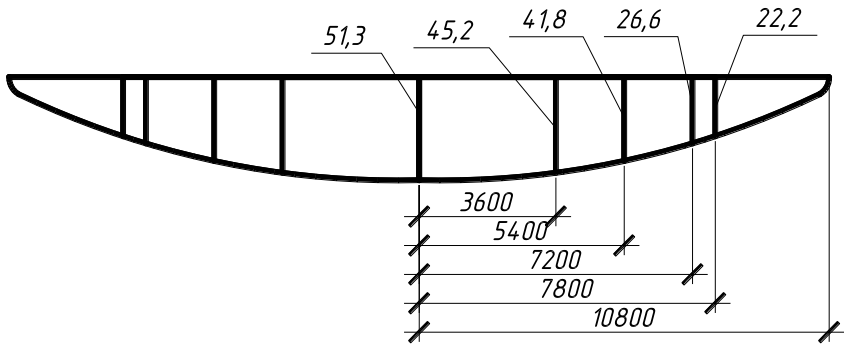
$$N_{n7,2} = N_{t7,2} \cdot 0,192 = 138,8 \cdot 0,192 = 26,6 \text{ кН};$$

$$N_{n5,4} = N_{t5,4} \cdot 0,192 = 217,6 \cdot 0,192 = 41,8 \text{ кН};$$

$$N_{n3,6} = N_{t3,6} \cdot 0,192 = 235,3 \cdot 0,192 = 45,2 \text{ кН};$$

$$N_{n0} = N_{t0} \cdot 0,192 = 267,5 \cdot 0,192 = 51,3 \text{ кН}.$$

Будуємо епюру N_n :



6. Так як навантаження на всі фундаменти однакове, то значення $t_t = t_n = 38,8$ кН/м, а X_0 для поперечних фундаментів також рівне 7,8 м.

Значення зусиль N_m (сума опорних реакцій поперечних фундаментів) вираховуємо за формулою і будуємо епюру:

$$N_{m10,8} = \frac{X}{X_0} \cdot l \cdot t_t = \frac{7,8}{7,8} \cdot 2,8 \cdot 38,8 = 108,68 \text{ кН};$$

$$N_{m7,2} = \frac{X}{X_0} \cdot l \cdot t_t + N_{m10,8} = \frac{7,2}{7,8} \cdot 2,8 \cdot 38,8 + 108,68 = 208,77 \text{ кН};$$

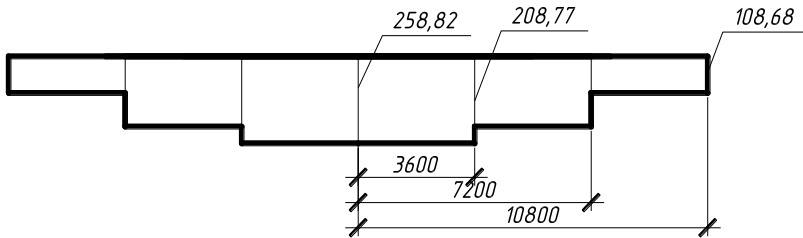
$$N_{m3,6} = \frac{X}{X_0} \cdot l \cdot t_t + N_{m7,2} = \frac{3,6}{7,8} \cdot 2,8 \cdot 38,8 + 208,77 = 258,82 \text{ кН};$$

$$N_{m0} = \frac{X}{X_0} \cdot l \cdot t_t + N_{m10,8} = \frac{0}{7,8} \cdot 2,8 \cdot 38,8 + 258,82 = 258,82 \text{ кН};$$

де l - половина довжини поперечних стін;

при $X > X_0$ слід приймати $X/X_0 = 1$.

Будуємо епюру N_{tn} :



7. Для визначення зусилля N_g (від нормального тиску ґрунту, що зсувається, на бокову поверхню поперечних фундаментів). Визначимо величину граничного пасивного тиску t_B :

$$t_B = \frac{\gamma \cdot h_2^2}{2} \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) + 2 \cdot c \cdot h_2 \cdot \operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) =$$

$$= \frac{17,4 \cdot 0,2^2}{2} \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{19}{2} \right) + 2 \cdot 18 \cdot 0,2 \cdot \operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{19}{2} \right) = 10,78 \text{ кН/м.}$$

Для ґрунту засипки пазах котловану (суглинок середньої щільності) приймаємо $E_c = 3,7 \text{ МПа}$.

Визначаємо граничне стиснення ґрунту при пасивному тиску:

$$\Delta g = \frac{t_B}{h_2} \cdot \left(\frac{l_i}{E_g} + \frac{a}{E_c} \right) = \frac{10,78}{0,2} \cdot \left(\frac{0,28}{9,7} + \frac{0,3}{3,7} \right) = 0,59 \text{ см,}$$

де $l_i = h_i \cdot \operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) = 0,2_i \cdot \operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{19}{2} \right) = 0,28 \text{ м}$ – довжина призми випору ґрунту;

$E_g = 0,5 \cdot E_0 = 0,5 \cdot 19,4 = 9,7 \text{ МПа}$ – модуль бокової деформації ґрунту ненарушеної структури;

a - середня ширина пазухи між фундаментом і стінкою котловану.

Значення. Δl_i - зміщення ґрунту відносно фундаментів, що викликане горизонтальними деформаціями становить:

$$\Delta l_i = (\varepsilon - \varepsilon_k) \cdot X_i,$$

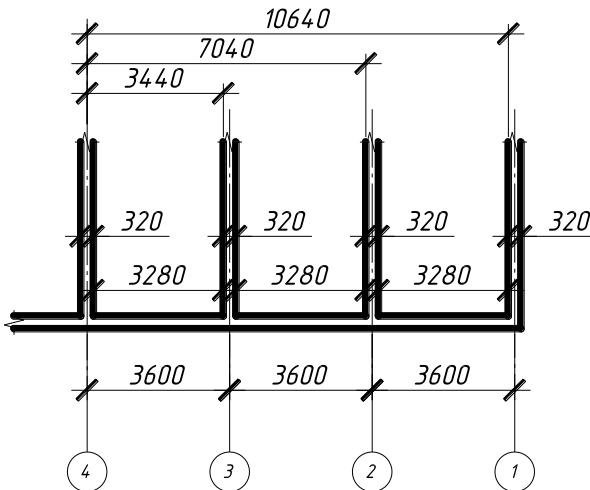
X_i - відстань від поперечної осі симетрії будинку до і-ого фундаменту поперечної стіни.

$$\Delta l_1 = (\varepsilon - \varepsilon_k) \cdot X_1 = (5,4 - 1) \cdot 10^{-3} \cdot 10,5 = 46,1 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 4,61 \text{ см};$$

$$\Delta l_2 = (\varepsilon - \varepsilon_k) \cdot X_2 = (5,4 - 1) \cdot 10^{-3} \cdot 7 = 31 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 3,1 \text{ см};$$

$$\Delta l_3 = (\varepsilon - \varepsilon_k) \cdot X_3 = (5,4 - 1) \cdot 10^{-3} \cdot 3,4 = 15,1 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 1,51 \text{ см};$$

$$\Delta l_4 = (\varepsilon - \varepsilon_k) \cdot X_4 = (5,4 - 1) \cdot 10^{-3} \cdot 0 = 0 \text{ м} = 0 \text{ см}.$$



Зусилля N_{gt} (опорна реакція від і-тої поперечної стіни) визначається за формулою:

$$N_{gt} = l \cdot k_i \cdot \xi_i \cdot t_{Bt},$$

де $k_i = \frac{\Delta l_i}{\Delta g} \leq 1$ - коефіцієнт, що враховує стиснення ґрунту:

$$k_1 = \frac{\Delta l_1}{\Delta g} = \frac{4,61}{0,59} = 7,78 - \text{приймаємо } k_1 = 1;$$

$$k_2 = \frac{\Delta l_2}{\Delta g} = \frac{3,1}{0,59} = 5,23 - \text{приймаємо } k_2 = 1;$$

$$k_3 = \frac{\Delta l_3}{\Delta g} = \frac{1,51}{0,59} = 2,55 - \text{приймаємо } k_3 = 1;$$

$$k_4 = \frac{\Delta l_4}{\Delta g} = \frac{0}{0,59} = 0 - \text{приймаємо } k_4 = 0.$$

Визначаємо коефіцієнт, що враховує можливості повного розвитку призми випору ґрунту по її довжині:

$$\xi_1 = \xi_2 = \xi_3 = \xi_4 = \frac{\bar{l}_i}{l_i} = \frac{3,28}{1} = 3,28,$$

де \bar{l}_i - відстань між гранями фундаментів поперечних стін;

l_i - довжина призми випору ґрунту.

Так як $\xi \leq 1$, то приймаємо $\xi_1 = \xi_2 = \xi_3 = \xi_4 = 1$.

$$t_{B1} = t_g \cdot k_1 \cdot \xi_1 = 10,78 \cdot 1 \cdot 1 = 10,78 \text{ кН/м};$$

$$t_{B2} = t_g \cdot k_2 \cdot \xi_2 = 10,78 \cdot 1 \cdot 1 = 10,78 \text{ кН/м};$$

$$t_{B3} = t_g \cdot k_3 \cdot \xi_3 = 10,78 \cdot 1 \cdot 1 = 10,78 \text{ кН/м};$$

$$t_{B4} = t_g \cdot k_4 \cdot \xi_4 = 10,78 \cdot 0 \cdot 1 = 0 \text{ кН/м}.$$

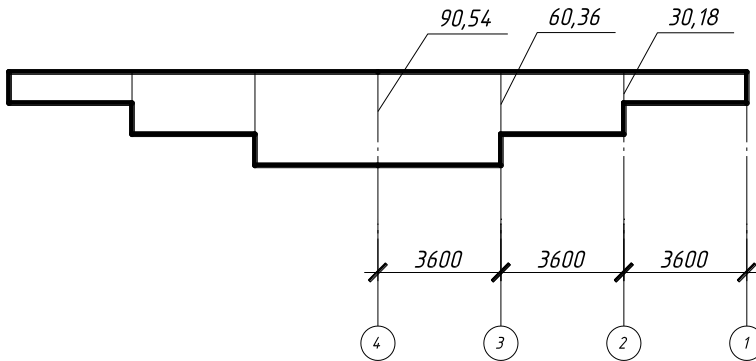
Визначаємо значення зусилля N_g (від нормального тиску на бокову поверхню поперечних стін ґрунту, що зсувається):

$$N_{g10,8} = 2,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 10,78 = 30,18 \text{ кН};$$

$$N_{g7,2} = 2,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 10,78 + 30,18 = 60,36 \text{ кН};$$

$$N_{g3,6} = 2,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 10,78 + 60,36 = 90,54 \text{ кН};$$

$$N_{g0} = 2,8 \cdot 0 \cdot 1 \cdot 10,78 + 90,54 = 90,54 \text{ кН}.$$

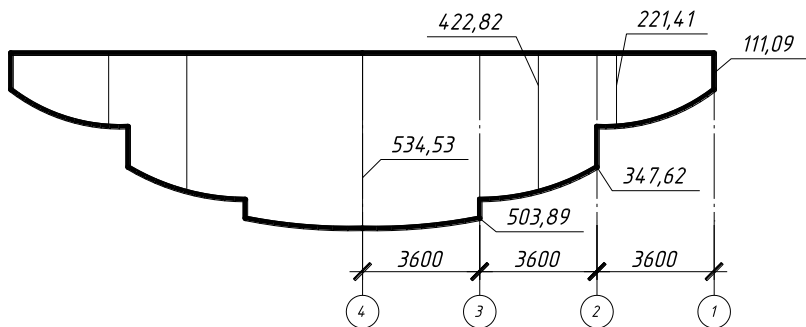


8. Вираховані значення величин N_t, N_n, N_m, N_g представляємо в табличній формі, а сумарне зусилля розтягування в будь-якому сиченні стрічкового фундаменту по осі «А» визначаємо за виразом:

$$N = 0,8 \cdot (N_t + N_n + N_m + N_g),$$

де 0,8 – коефіцієнт, що враховує поєднання навантаження.

Переріз X, м	N_t	N_n	N_{tn}	N_g	N	$0,8N$
10,8	0	0	108,7	30,18	138,9	111,09
7,8	115,7	22,2	108,7	30,18	276,8	221,41
7,2	138,8	26,6	208,8	60,36	434,5	347,62
5,4	217,6	41,8	208,8	60,36	528,5	422,82
3,6	235,3	45,2	258,8	90,54	629,9	503,89
0	267,5	51,3	258,8	50,54	668,2	534,53



9. Визначаємо достатність міцності поздовжніх фундаментів будинку для сприйняття розтягуючи зусиль N :

$$f_{ctk,0.05} \times A_{bt} = 1,5 \times 0,32 \times 1,2 = 576kH > 0,8N_{max} = 534,5kH$$

Експлуатаційна надійність будинку забезпечена, так як розтягуючи зусилля, що діють на підземну частину будівлі не перевищують міцність фундаментів на розтягування.

Якщо експлуатаційна надійність будинку **не забезпечена**, то необхідно запропонувати оптимальні заходи з інженерної підготовки території та конструктивні інженерні заходи щодо житлового будинку, що проектується.

Перевірку запропонованого рішення можливо виконати за допомогою програми на ЕОМ.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій. К. : Мінрегіонбуд України, 2019. 177 с.
2. ДБН А.2.1-1-2014. Інженерні вишукування для будівництва. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 2014.
3. ДБН В.1.1-25-2009. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів. Основи проектування. Міністерство з питань житлово-комунального господарства України, 2008.
4. ДСТУ В.2.6-156:2011 Бетонні та залізобетонні конструкції.
5. ДБН В.1.1-5-2000 Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України. Київ 2000, 66 с.
6. Ліпянін В. А., Стародуб І. В. Інженерна підготовка і благоустрій міських територій. Рівне : НУВГП, 2015. 297 с.
7. Павліков А. М., Кочкаръов Д. В. Залізобетонні конструкції: практичні методи розрахунків та конструювання. Полтава : ПолтНТУ. – ТОВ «АСМІ», 2019. 240 с.
8. Проектування міських територій : підручник, ч. 2. / В. М. Бабаєв та ін. Харків : ХНУМГ, 2019. 544 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/17398/>