

Міністерство освіти та науки України

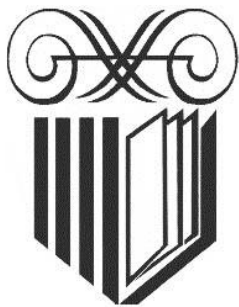
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**

Спеціальність:
192 «Будівництво та цивільна інженерія»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**щодо виконання розрахунково-графічного завдання
"Визначення тиску ґрунту на огорожуючі конструкції
від місцевих навантажень на поверхні"
із спеціального курсу «Основи механіки ґрунтів»**

Харків 2017



Міністерство освіти та науки України

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**

Спеціальність:
192 «Будівництво та цивільна інженерія»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**щодо виконання розрахунково-графічного завдання
"Визначення тиску ґрунту на огорожуючі конструкції
від місцевих навантажень на поверхні"
із спеціального курсу «Основи механіки ґрунтів»**

**Затверджено на засіданні
кафедри геотехніки
та підземних споруд
Протокол № 2 от 28.09.2017г.**

Харків 2017

Методичні вказівки щодо виконання розрахунково-графічного завдання "Визначення тиску ґрунту на огорожуючі конструкції від місцевих навантажень на поверхні" із спеціального курсу «Основи механіки ґрунтів» для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»/ Укладачі: О.В. Самородов, І.В. Храпатова, Д.О. Чепурний, О.В. Кротов. – Харків, ХНУБА, 2017. – 36 с.

Рецензент А.В. Убийвовк

Кафедра геотехніки та підземних споруд

ВСТУП

Основною метою спеціального курсу «Основи механіки ґрунтів» для студентів спеціальностей «Промислове і цивільне будівництво» і «Гідротехнічне будівництво» є вивчення теоретичних основ і оволодіння практичними навичками в питаннях механіки ґрунтів.

Завданням курсу, згідно з типовою програмою та кваліфікаційною характеристикою, є набуття знань з розрахунку і проектування підпірних стін, стін підвалів та інших підземних споруд. У результаті вивчення курсу студент повинен набути знання необхідні для інженера, який у своїй практичній діяльності повинен правильно оцінити спільну роботу системи «основа – підземна споруда», обирати адекватні розрахункові схеми та відповідні їм методи розрахунку і конструювання надійних і раціональних підземних конструкцій.

У результаті вивчення дисципліни студент напряму підготовки «Будівництво та цивільна інженерія» повинен:

знати:

- моделі ґрунтової основи;
- методи визначення тиску ґрунту на підземні споруди від місцевих навантажень на поверхні;

вміти вирішувати:

- задачі по визначенню тиску ґрунту на підземні споруди, в тому числі від місцевих навантажень на поверхні;
- задачі з розрахунку підземних споруд.

Спецкурс базується на знаннях математики, будівельної механіки, механіки ґрунтів, проектування фундаментів та їх основ.

Придбані навички будуть далі використовуватися при виконанні модульних, розрахунково-графічних та курсових робіт і безпосередньо в дипломному проектуванні.

При проектуванні підпірних та огорожуючих конструкцій, що контактують з ґрунтом, питання розподілу тиску ґрунту на ці споруди від місцевих навантажень на поверхні має актуальне значення, оскільки однозначного нормативного документа не існує. Наприклад, при проектуванні споруд промислових підприємств користуються відповідним СНиП [1], а при проектуванні набережних іншим нормативним документом [2]. Це пояснюється тим, що єдиної думки з цього питання не знайдено. Відзначимо також, що ці два підходи можуть давати значення тисків, які значно відрізняються один від одного.

У даних методичних вказівках представлені різні методи визначення активного тиску ґрунту від смугових місцевих навантажень на поверхні, причому, як при використанні лінійно-деформованих моделей ґрунту (методи дзеркального відображення і пружного шару кінцевої ширини), так і моделей

сипучого середовища (методи з одним і двома кутами нахилу поверхонь ковзання, метод чотирьох зон та нормативний метод СНиП).

Слід відзначити, що тут запропоновані абсолютно нові методи: метод пружного шару кінцевої ширини, та метод чотирьох зон, запропонований І.Я. Лучковським, які враховують реальні розподільні властивості ґрунтової основи і дають найбільш точні результати, в деяких випадках не вигідніші, для прийняття надійних конструктивних рішень підпірних споруд [4].

Слід відзначити, що запропоновані методи надані для досить довгих у плані споруд (плоска задача) і не враховують сил зчеплення в ґрунті, які звичайно приймаються в «запас», оскільки що зчеплення знижує інтенсивність тиску ґрунту на споруди.

1 МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ТИСКУ ҐРУНТУ ВІД МІСЦЕВИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ПОВЕРХНІ

1.1 Методи визначення тиску ґрунту від місцевих навантажень з використанням рішень теорії пружності

1.1.1 Спосіб дзеркального відображення

Метод заснований на розв'язанні Мітчелла для розподілених горизонтальних напружень у пружній напівплощині від місцевого смугового навантаження на поверхні [3]. Можливі два варіанти зовнішнього навантаження: місцеве навантаження прилягає до стінки ($a=0$) (рис. 1) або місцеве навантаження знаходиться на деякій відстані ($a \neq 0$) від стінки (рис. 2).

Місцеве навантаження прилягає до стінки (рис. 1)

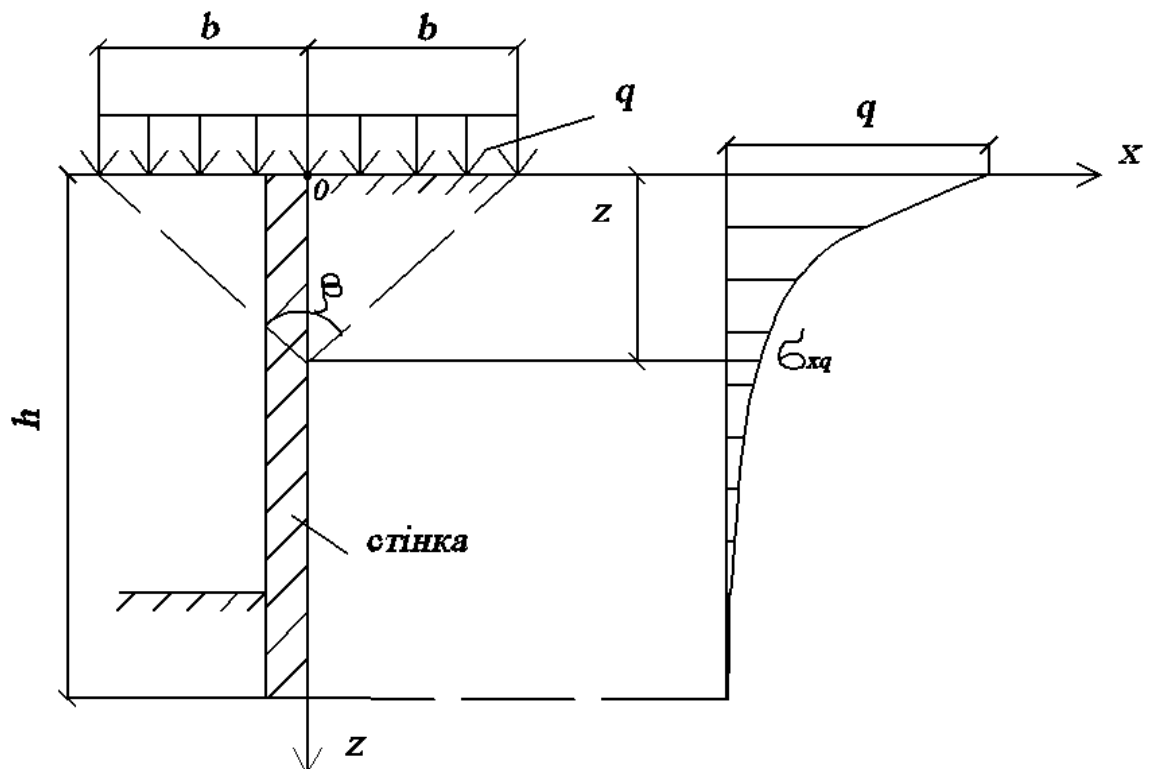


Рисунок 1 – Схема завантаження та розподілу горизонтального тиску σ_{xq}

Горизонтальний тиск σ_{xq} на глибині z складає:

$$\sigma_{xq} = \frac{q}{\pi} (\beta - \sin \beta). \quad (1.1)$$

Методика розрахунку:

1 Виконується «дзеркальне» відображення навантаження (показано пунктиром).

2 Стінка розбивається по глибині z .

3 Знаходиться значення кута β для кожної точки по глибині z за формулою:

$$\beta = \left(2 \operatorname{arctg} \frac{b}{z} \right) \frac{\pi}{180}, \text{ рад.}$$

4 Знаходяться напруження в кожній точці по глибині стінки z за формулою (1.1).

Допоміжні величини для розрахунку наведені у додатку А.

Місцеве навантаження на деякій відстані ($a \neq 0$) від стінки (рис. 2)

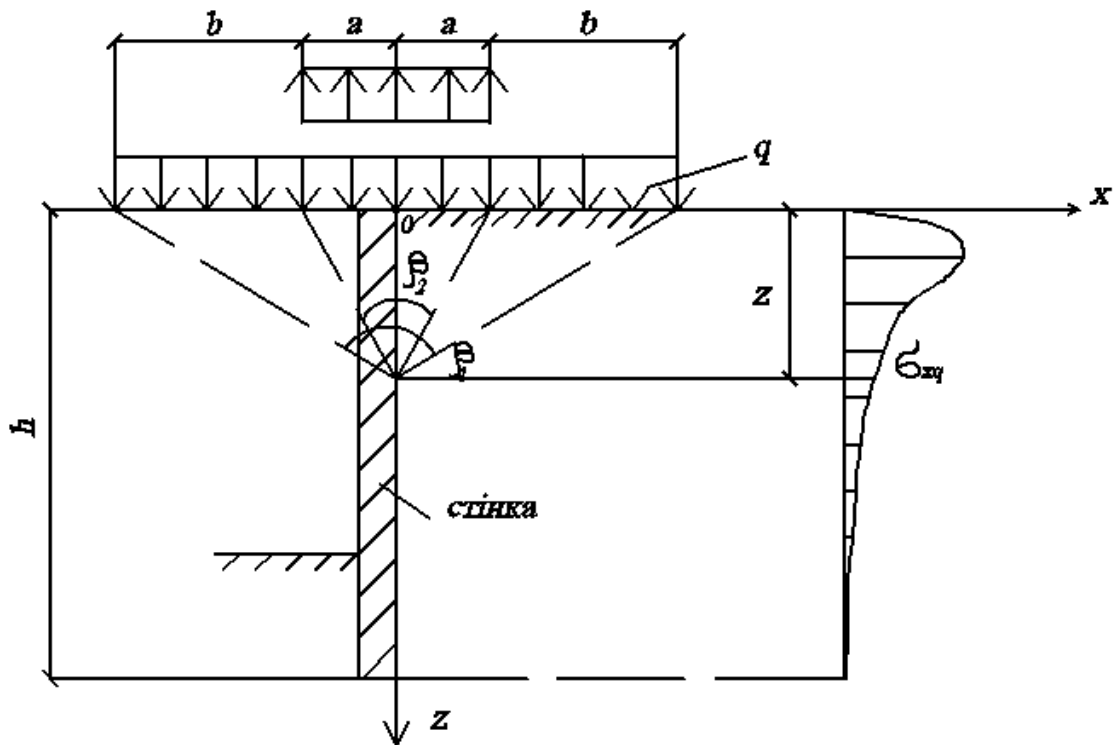


Рисунок 2 – Схема завантаження та розподілу горизонтального тиску σ_{xq}

Горизонтальний тиск σ_{xq} на глибині z складає:

$$\sigma_{xq} = \frac{q}{\pi} (\beta_1 - \beta_2 - \sin \beta_1 + \sin \beta_2). \quad (1.2)$$

Методика розрахунку:

1. Виконується «дзеркальне» відображення навантаження (показано пунктиром).

2. Стінка розбивається по глибині z .

3. Знаходяться значення кутів β_1 і β_2 за формулами:

$$\beta_1 = (2 \operatorname{arctg} \frac{a+b}{z}) \frac{\pi}{180}, \text{ рад,}$$

$$\beta_2 = (2 \operatorname{arctg} \frac{a}{z}) \frac{\pi}{180}, \text{ рад.}$$

4. Знаходяться напруги в кожній точці по глибині z стінки за формулою (1.2).

Допоміжні величини для розрахунку наведені у додатку А.

1.1.2 Метод пружного шару кінцевої ширини

Цей метод заснований на основі розв'язання проф. І.Я. Лучковського з використанням в якості основи моделі лінійно-деформованого шару скінченної ширини [4].

На рис. 3 наведена модель шару симетрично відносно осі z з 11 варіантами розташування місцевих навантажень на поверхні для використання табличного методу.

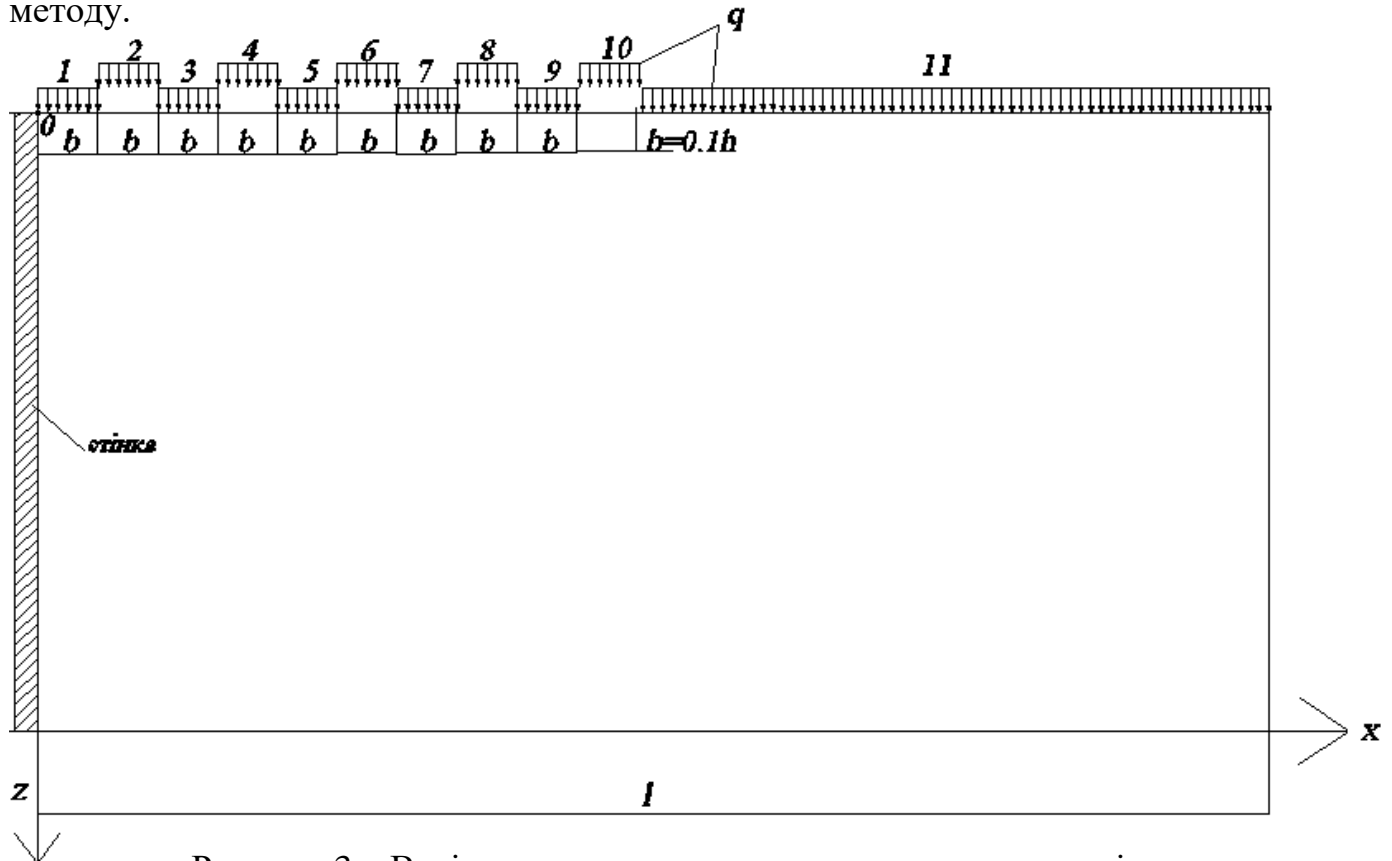


Рисунок 3 – Варіанти розташування навантажень щодо стінки

Методика розрахунку:

- 1 Місцеве навантаження симетрично розташовується відносно осі симетрії z .
- 2 Стінка розбивається по глибині z .
- 3 Знаходиться співвідношення z / h .
- 4 Для кожної точки по висоті підпірної стінки визначаються значення відносних горизонтальних тисків $\overline{\sigma_{xq}}$ за формулою (1.3) або з табл. Б.1 – Б.2 додатка Б.

$$\overline{\sigma_{xq}} = -\frac{\mu}{1-\mu} \frac{\bar{b}}{1} - \frac{2}{\pi} \left[\operatorname{arctg} \frac{\sin \pi(\bar{a} + \bar{b})}{e^{\pi \bar{z}} - \cos \pi(\bar{a} + \bar{b})} - \operatorname{arctg} \frac{\sin \pi \bar{a}}{e^{\pi \bar{z}} - \cos \pi \bar{a}} \right] + \bar{z} \left[\frac{\sin \pi(\bar{a} + \bar{b})}{ch \pi \bar{z} - \cos \pi(\bar{a} + \bar{b})} - \frac{\sin \pi \bar{a}}{ch \pi \bar{z} - \cos \pi \bar{a}} \right], \quad (1.3)$$

де μ – коефіцієнт Пуассона ґрунту;

q – рівномірно розподілене навантаження, кН/м^2 ;

$\bar{b} = \frac{b}{l}$, $\bar{a} = \frac{a}{l}$, $\bar{z} = \frac{z}{l}$ – відносні величин;

$l = 2h$ – ширина шару відносно осі z , м;

h – товщина лінійно-деформованого шару (довжина споруди), м;

b – ширина площадки навантаження, м;

a – відстань від осі z до розподіленого навантаження, м.

5 Знаходяться напруження для кожної точки по висоті підпірної стінки за формулою

$$\sigma_{xq} = q \cdot \overline{\sigma_{xq}}.$$

1.2 Методи визначення тиску ґрунту від місцевого навантаження на поверхні з використанням розв'язання теорії граничної рівноваги

1.2.1 Метод з одним кутом нахилу поверхонь ковзання θ

Цей метод заснований на розв'язання теорії граничної рівноваги у припущенні утворення постійного кута нахилу θ до горизонту і передачі навантаження на деяку глибину інтенсивністю $q \cdot \lambda_a$ по висоті підпірної стінки [5]. Розрахункова схема представлена на рис. 4.

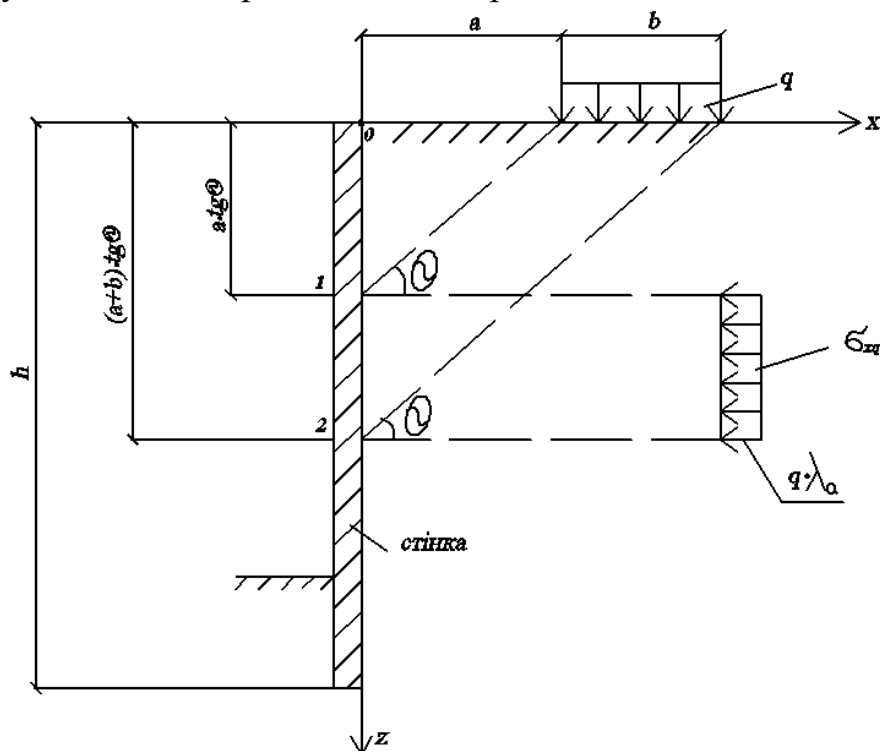


Рисунок 4 – Схема завантаження та розподілу горизонтального тиску σ_{xq} при постійному куті нахилу поверхонь ковзання θ

Методика розрахунку:

1 Знаходиться невідомий кут нахилу поверхонь ковзання до горизонталі:

$$\theta = 45^\circ + \frac{\varphi}{2}.$$

2 Визначається коефіцієнт активного тиску:

$$\lambda_a = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right).$$

3 Обчислюється «початок» і «кінець» ділянки, куди передається горизонтальний тиск σ_{xq} від місцевого навантаження:

$$h_1 = a \cdot \operatorname{tg} \theta;$$

$$h_2 = (a + b) \cdot \operatorname{tg} \theta.$$

4 Визначається інтенсивність горизонтального тиску від місцевого навантаження на поверхні за формулою

$$\sigma_{xq} = q \lambda_a. \quad (1.4)$$

1.2.2 Метод з двома кутами нахилу поверхонь ковзання θ і φ

Цей метод заснований на розв'язанні теорії граничної рівноваги у припущенні утворення двох кутів нахилу θ і φ до горизонту і передачі навантаження на деяку глибину по висоті підпірної стінки [5]. Можливі два варіанти взаємного розташування кутів нахилу θ і φ до горизонту: при умовно «непересічних» кутах нахилу поверхонь ковзання θ і φ (рис. 5) і з умовно «пересічними» кутами нахилу поверхонь ковзання θ і φ (рис. 6).

1.2.2.1 Метод з умовно «непересічними» кутами нахилу поверхонь ковзання θ і φ .

Методика розрахунку:

1 Знаходиться перший кут нахилу поверхонь ковзання до горизонталі:

$$\theta = 45^\circ + \frac{\varphi}{2}.$$

Другим кутом нахилу приймається кут внутрішнього тертя ґрунту φ .

2 Визначається коефіцієнт активного тиску:

$$\lambda_a = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right).$$

3 Знаходяться характерні точки ділянки підпірної стінки, на яку передається горизонтальний тиск σ_{xq} від місцевого навантаження:

$$h_1 = a \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad h_2 = a \cdot \operatorname{tg} \theta; \quad h_3 = (a + b) \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad h_4 = (a + b) \cdot \operatorname{tg} \theta.$$

4 Визначається горизонтальний тиск від місцевого навантаження на поверхні зі змінною по глибині інтенсивністю і максимальної ординатою $\sigma_{xq} = q \lambda_a$ (рис. 5).

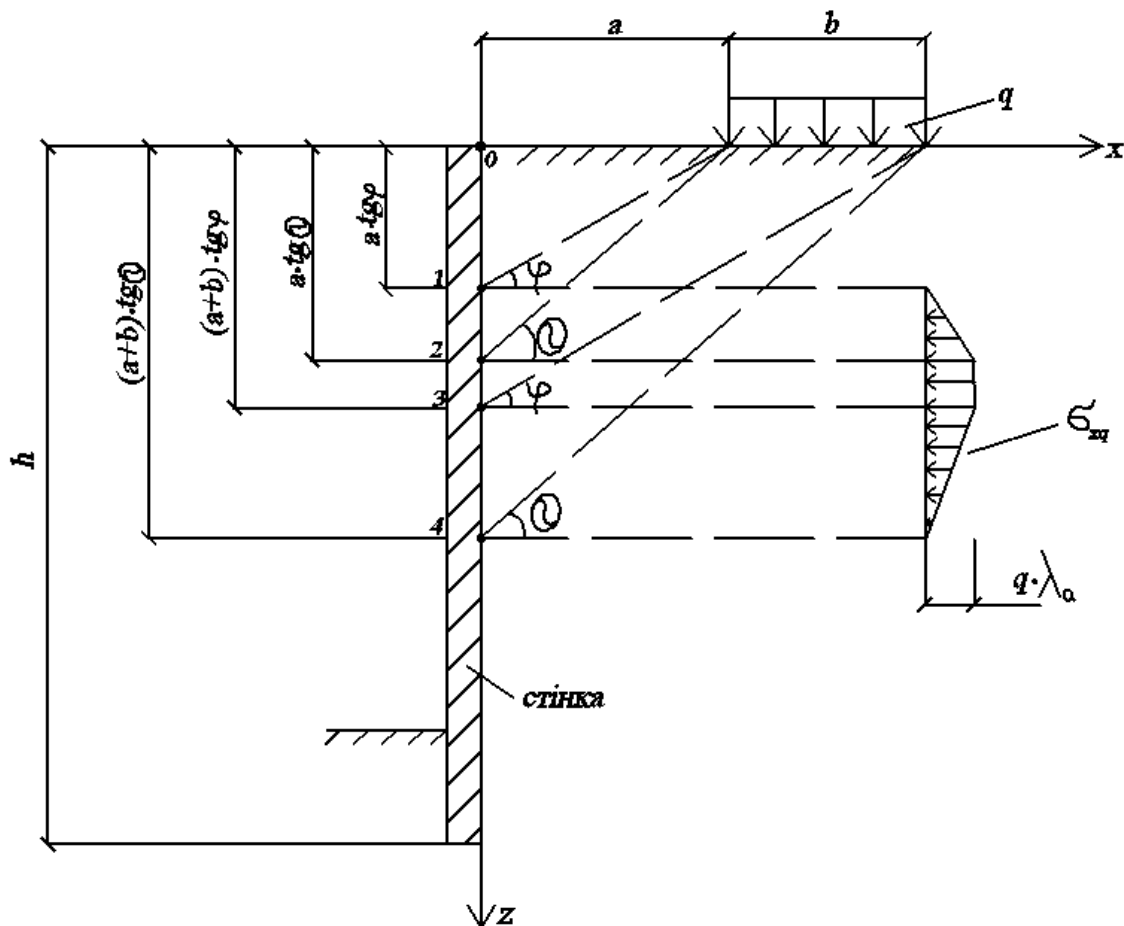


Рисунок 5 – Розподіл горизонтального тиску σ_{xq} від смугового навантаження при двох умовно «непересічних» кутах нахилу поверхонь ковзання: θ і φ

1.2.2.2 Метод з умовно «пересічними» кутами нахилу поверхонь ковзання θ і φ

Методика розрахунку:

1 Знаходиться перший кут нахилу поверхонь ковзання до горизонталі: $\theta = 45^\circ + \frac{\varphi}{2}$. Другим кутом нахилу приймається кут внутрішнього тертя ґрунту φ .

2 Визначається коефіцієнт активного тиску:

$$\lambda_a = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right).$$

3 Знаходяться характерні точки ділянки підпірної стінки, на яку передається горизонтальний тиск σ_{xq} від місцевого навантаження:

$$h_1 = a \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad h_2 = a \cdot \operatorname{tg} \theta; \quad h_3 = (a+b) \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad h_4 = (a+b) \cdot \operatorname{tg} \theta.$$

4 Визначається горизонтальний тиск від місцевого навантаження на поверхні зі змінною по глибині інтенсивністю (див. рис. 6) і максимальною ординатою

$$\sigma_{xq}^{\max} = \left(a + \frac{b}{1 - \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \theta}} \right) \frac{q \cdot \lambda_a}{(2a+b)} \quad (1.5)$$

на глибині

$$z_{\max} = a \cdot \operatorname{tg} \varphi + \frac{a}{(2a+b)} \left[a \left(1 - \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \theta} \right) + b \right] \operatorname{tg} \theta.$$

У випадку $z_{\max} = a \cdot \operatorname{tg} \theta = (a+b) \operatorname{tg} \varphi$,

$$\sigma_{xq}^{\max} = q \cdot \lambda_a.$$

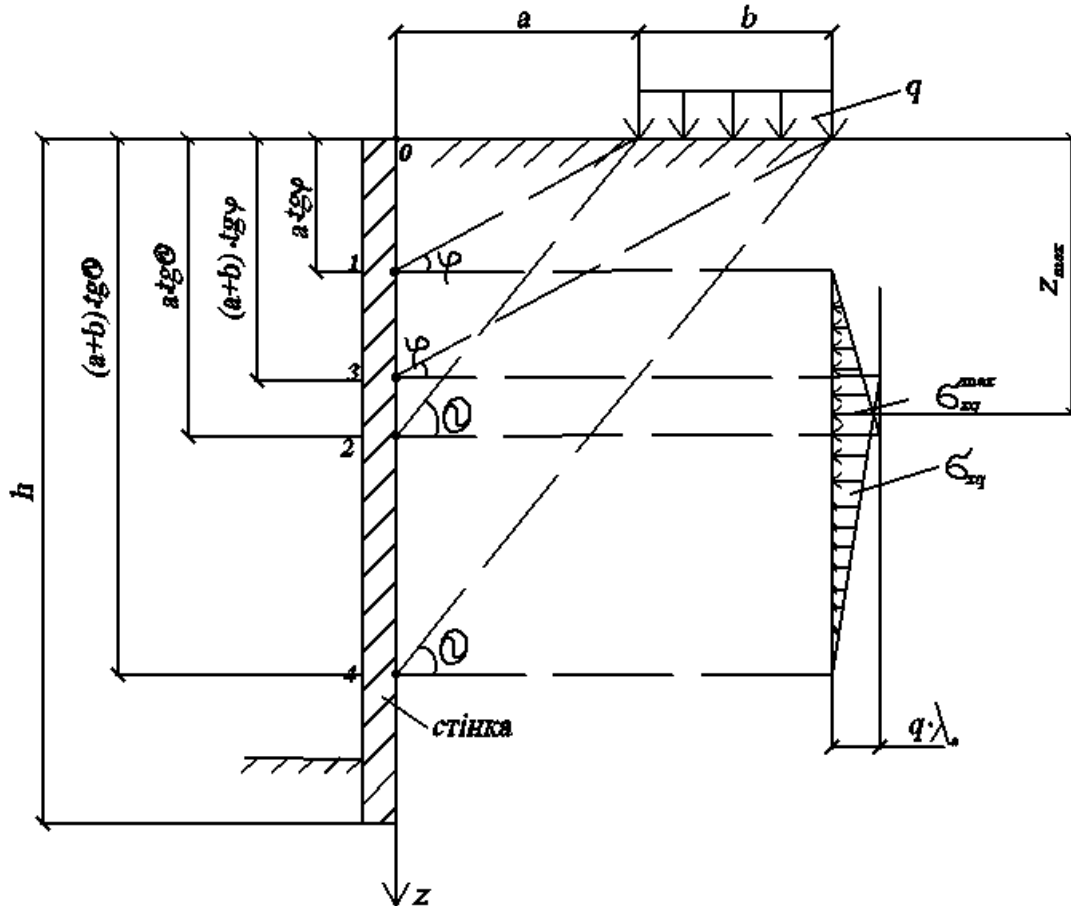


Рисунок 6 – Розподіл горизонтального тиску σ_{xq} при двох умовно «пересічних» кутах нахилу поверхонь ковзання θ і φ

1.2.3 Нормативний метод СНиП

При наявності на поверхні ґрунту в межах поверхонь ковзання смугового рівномірно розподіленого навантаження q по ширині b тиск від неї слід розподіляти в сторони під кутами θ до вертикалі (рис. 7) до перетину з площиною підпірної стіни на глибині z_0 і приймати рівномірно розподіленим на ширині $b_{\text{ум}}$, яка безпосередньо примикає до стінки [1].

Методика розрахунку:

1 Знаходиться кут нахилу поверхонь ковзання до горизонталі:

$$\theta = 45^\circ + \frac{\varphi}{2}.$$

2 Визначається коефіцієнт активного тиску:

$$\lambda_a = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right).$$

3 Знаходиться глибина «початку» розподілу горизонтального тиску:

$$z_0 = a \cdot \operatorname{tg} \theta.$$

4 Розраховується ширина розподілення горизонтального тиску

$$b_{ym} = b + 2a.$$

5 Інтенсивність вертикального тиску від смугового навантаження слід визначати за формулою

$$\sigma_{zq} = q \frac{b}{b_{ym}}.$$

6 Визначається інтенсивність горизонтального тиску від смугового навантаження за формулою

$$\sigma_{xq} = \sigma_{zq} \cdot \lambda_a. \quad (1.6)$$

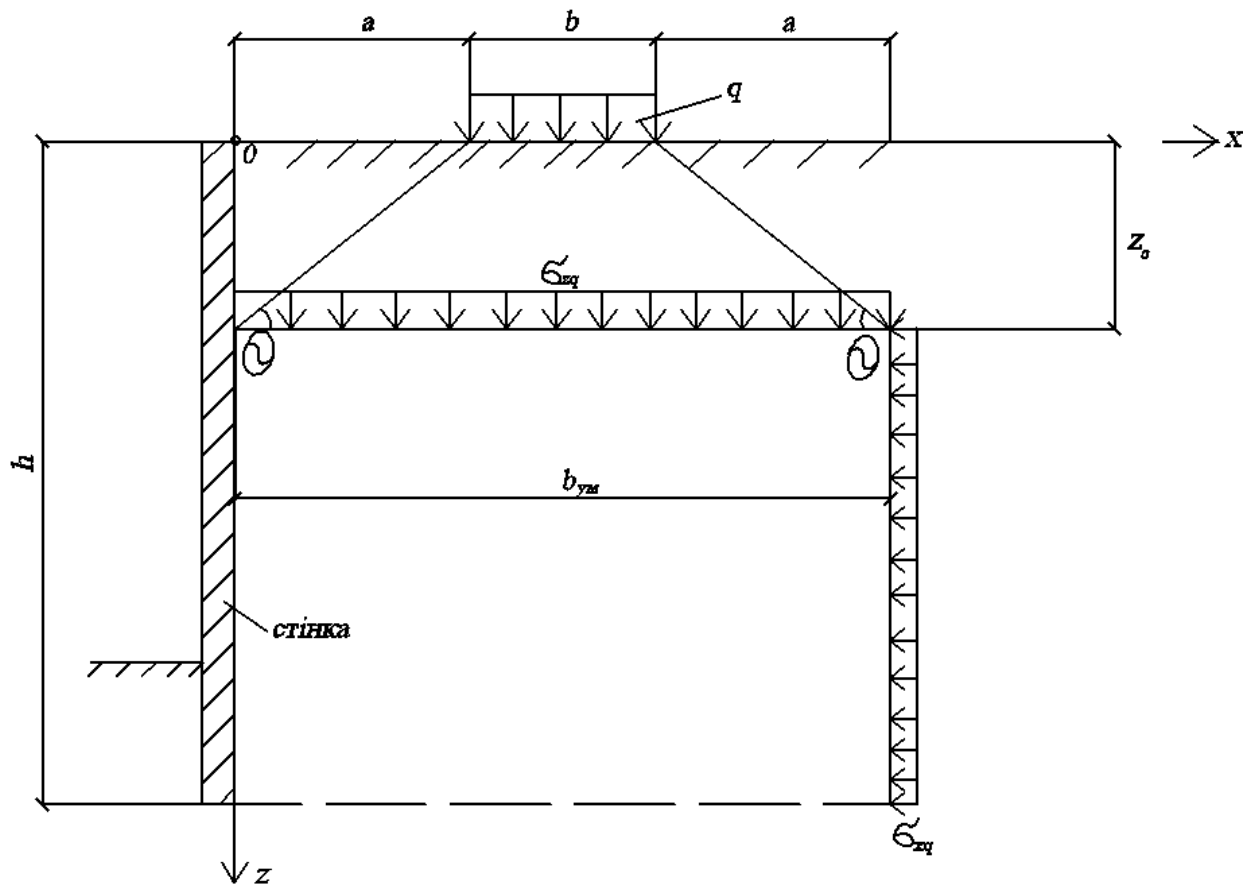


Рисунок 7 – Схема завантаження та розподілу горизонтального тиску σ_{xq} за нормативним методом СНП

1.2.4 Метод чотирьох зон

Даний метод розроблений проф. І.Я. Лучковським у припущенні утворення чотирьох зон по глибині підпірної стінки, кожній з яких відповідає свій закон зміни по глибині невідгінного кута нахилу поверхонь ковзання θ та розподілу горизонтального тиску[4].

Особливість цього методу є взаємний вплив власної ваги ґрунту та дії місцевих навантажень на поверхні.

Методика розрахунку:

1. Знаходиться кут нахилу поверхонь ковзання до горизонталі:

$$\theta_0 = 45^\circ + \frac{\varphi}{2}.$$

2. Визначається коефіцієнт активного тиску:

$$\lambda_a = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right).$$

3. Знаходяться додаткові відносні величини:

$$\bar{q} = \frac{2q}{\gamma a}; \quad \bar{b} = \frac{b}{a}; \quad \bar{h} = \frac{h}{a}.$$

4. Знаходиться глибина першої зони розподілу горизонтального тиску:

$$h_s = \operatorname{tg} \varphi + \frac{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}}{1 + \bar{q}(1 - \operatorname{tg} \varphi)}.$$

5. Знаходиться глибина другої зони розподілу горизонтального тиску:

$$h_1 = \frac{1}{2} \left[\frac{1 + \bar{b}}{\sqrt{\lambda_a}} - \bar{q} + \sqrt{\left(\frac{1 + \bar{b}}{\sqrt{\lambda_a}} + \bar{q} \right)^2 - \frac{4\bar{q}}{\cos \varphi}} \right].$$

6. Знаходиться глибина третьої зони розподілу горизонтального тиску:

$$h_2 = \frac{1}{2} \left[\frac{1 + \bar{b}}{\sqrt{\lambda_a}} + \sqrt{\left(\frac{1 + \bar{b}}{\sqrt{\lambda_a}} \right)^2 + \frac{8\bar{q}\bar{b}}{\sin 2\varphi}} \right].$$

7. Визначається горизонтальний тиск від місцевого навантаження на поверхні у першій зоні:

$$\sigma_1 = \gamma h \lambda_a.$$

8. Визначається горизонтальний тиск від місцевого навантаження на поверхні у другій зоні:

$$\sigma_2 = \lambda_a (q + \gamma h) \left[1 - \frac{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}{(S + \sqrt{\lambda_a})^2} \right], \quad (1.7)$$

де
$$S = \bar{h} \left(1 + \frac{\bar{h}}{\bar{q}} \right).$$

9. Визначається горизонтальний тиск від місцевого навантаження на поверхні у третій зоні:

$$\sigma_3 = \frac{1}{(a+b+htg\varphi)^2} \left\{ qb(a+b)(1+tg^2\varphi) + \left[\frac{\gamma}{2}(a+b) \right] [2h(a+b) + h^2tg\varphi - (a+b)^2tg\varphi] \right\}. \quad (1.8)$$

10. Визначається горизонтальний тиск від місцевого навантаження на поверхні у четвертій зоні:

$$\sigma_4 = \gamma\lambda_a B(1+T)(1+BT \sin \varphi), \quad (1.9)$$

де $B = \frac{1}{1-T(1-\sin \varphi)}, \quad T = \frac{\bar{q}\bar{b}(1+tg^2\varphi)}{\bar{h}^2 tg\varphi}.$

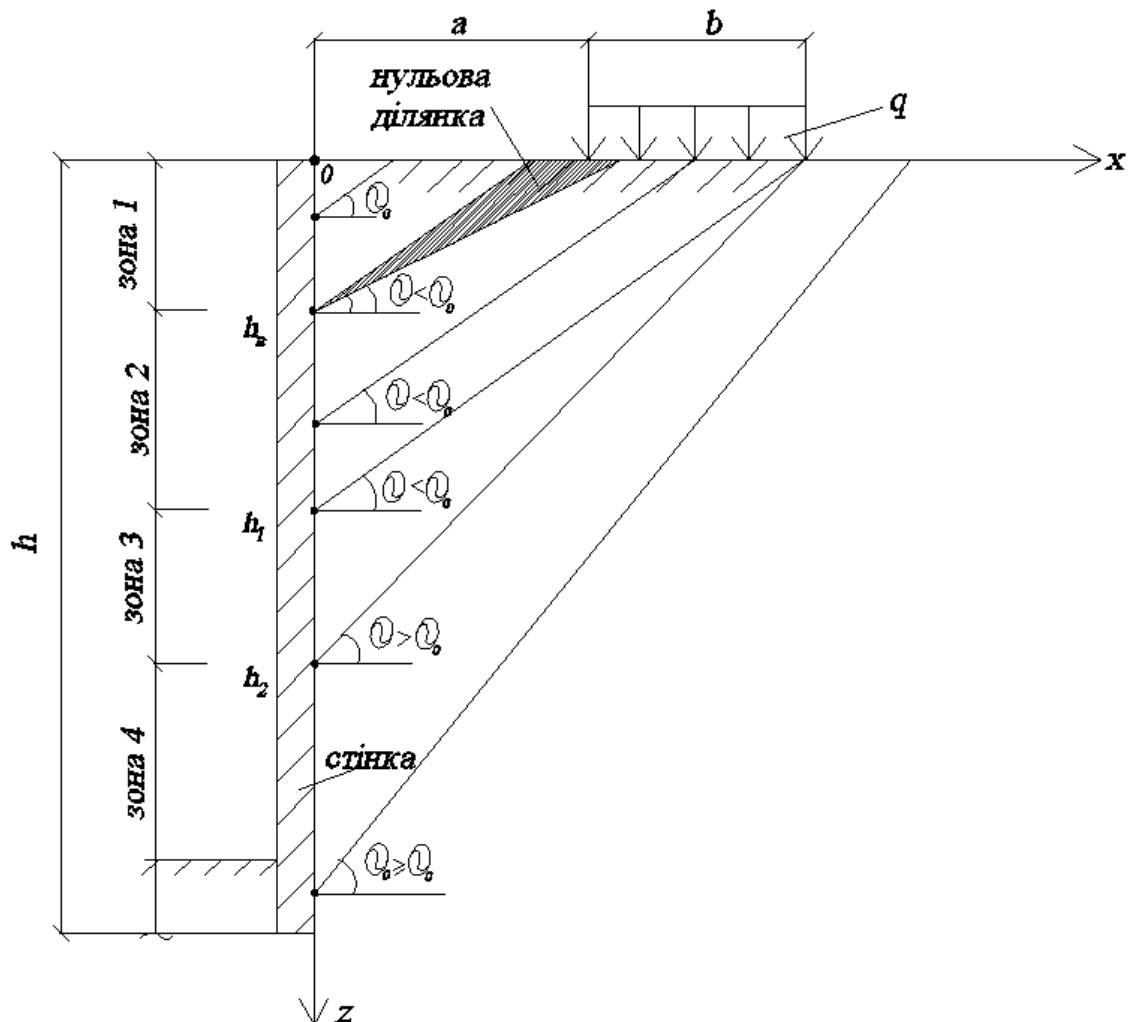


Рисунок 8 – Характерні ділянки розподілу горизонтального тиску σ_{xq} за методом чотирьох зон

2. ПРИКЛАДИ ВИЗНАЧЕННЯ ТИСКУ ҐРУНТУ ВІД МІСЦЕВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ПОВЕРХНІ

Приклад розрахунку 1

Вихідні дані:

Основа складена з піску з $\gamma = 18,2 \text{ кН/м}^3$, $\varphi = 30^\circ$; висота підпірної стінки $h = 6 \text{ м}$; місцеве навантаження на поверхні $q = 10 \text{ кН/м}^2$ шириною $b = 1,8 \text{ м}$ прилягає до стіни.

Визначити тиск ґрунту від місцевого навантаження на поверхні методом «дзеркального» відображення.

Розв'язання:

1 Розбивається стінка по глибині z на 12 рівних відрізків.

2 Виконується дзеркальне відображення навантаження.

3 Знаходиться значення кута β за формулою

$$\beta = (2 \arctg \frac{b}{z}) \frac{\pi}{180}, \text{ рад.}$$

4 Знаходяться напруження в кожній точці по глибині стінки:

$$\sigma_{xq} = \frac{q}{\pi} (\beta - \sin \beta).$$

Допоміжні величини наведено у додатку А.

Результати розрахунку наведено у табл. 2.1.

Епюра розподілу горизонтального тиску σ_{xq} наведена на рис. 9.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку

№ точки	z , м	$\frac{b}{z}$	β , рад	$\sin \beta$	σ_{xq} , кН/м ²
0	0	0	π	0	10
1	0,5	3,6	2,6	0,52	6,62
2	1	1,8	2,13	0,85	4,04
3	1,5	1,2	1,75	0,98	2,45
4	2	0,9	1,47	0,99	1,52
5	2,5	0,72	1,25	0,95	0,96
6	3	0,6	1,08	0,88	0,63
7	3,5	0,51	0,94	0,81	0,41
8	4	0,45	0,85	0,75	0,32
9	4,5	0,4	0,76	0,69	0,22
10	5	0,36	0,69	0,64	0,16
11	5,5	0,33	0,63	0,59	0,13
12	6	0,3	0,58	0,55	0,09

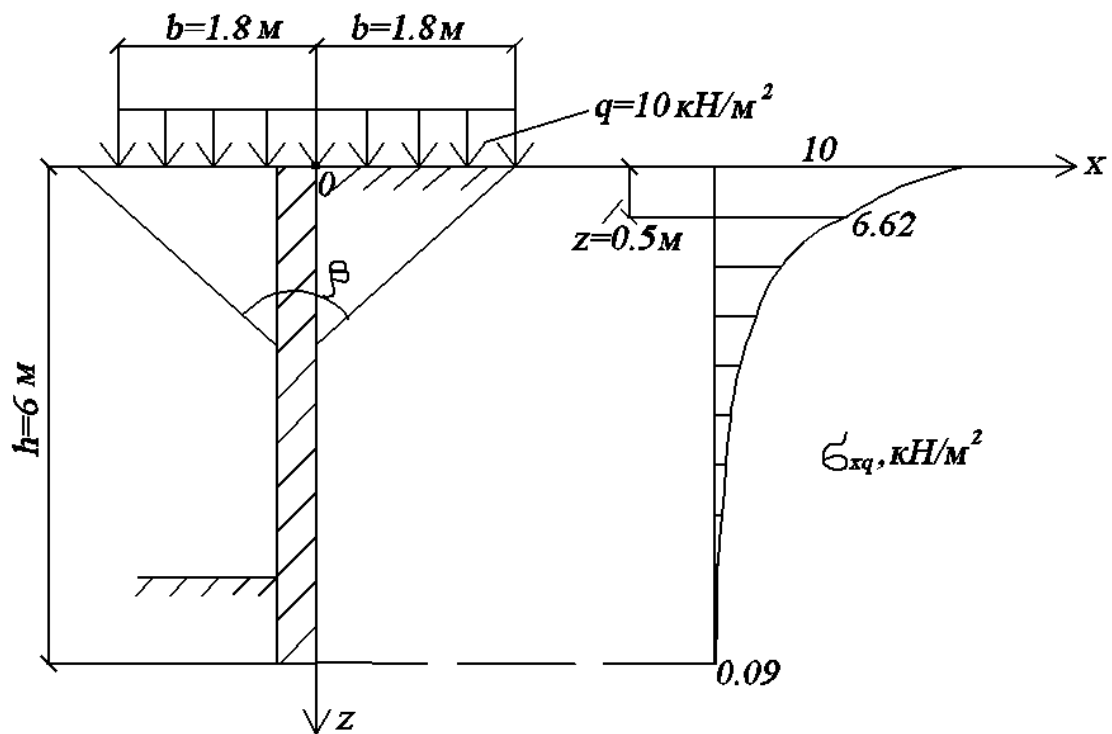


Рисунок 9 – Схема завантаження та розподілу горизонтального тиску σ_{xq}

Приклад розрахунку 2

Вихідні дані:

Основа складена з піску з $\gamma = 18,2 \text{ кН/м}^2$, $\phi = 30^\circ$; висота підпірної стінки $h = 6 \text{ м}$; місцеве навантаження $q = 10 \text{ кН/м}^2$ шириною $b = 1,8 \text{ м}$ на відстані $a = 1,2 \text{ м}$ від стінки.

Визначити тиск ґрунту від місцевого навантаження на поверхні методом «дзеркального» відображення.

Розв'язання:

1. Розбивається стінка по глибині z на 12 рівних відрізків.
2. Виконується дзеркальне відображення навантаження.
3. Знаходяться значення кутів β_1 і β_2 за формулами:

$$\beta_1 = (2 \arctg \frac{a+b}{z}) \frac{\pi}{180}, \quad \beta_2 = (2 \arctg \frac{a}{z}) \frac{\pi}{180}.$$

4. Знаходяться напруження в кожній точці по глибині стінки:

$$\sigma_{xq} = \frac{q}{\pi} (\beta_1 - \beta_2 - \sin \beta_1 + \sin \beta_2).$$

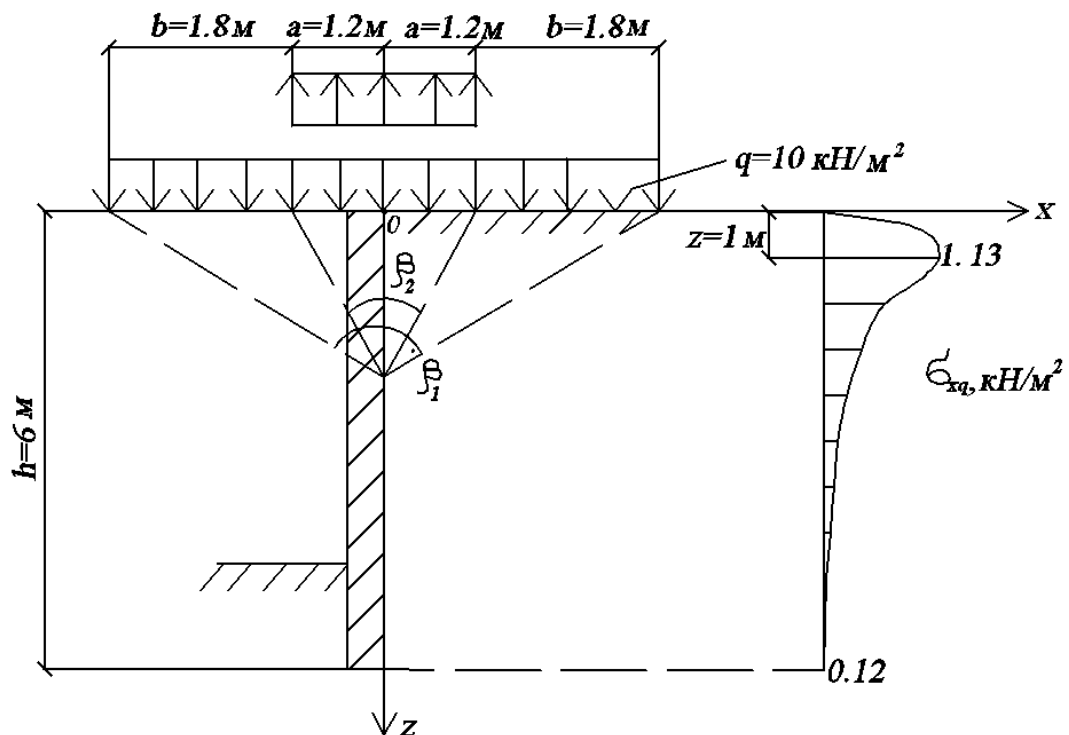
Допоміжні величини наведено у додатку А.

Результати розрахунку наведені у табл. 2.2.

Епюра розподілу горизонтального тиску σ_{xq} наведена на рис. 10.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку

№ точки	$z, \text{ м}$	$\frac{(a+b)}{z}$	$\frac{a}{z}$	$\beta_1, \text{ рад}$	$\beta_2, \text{ рад}$	$\sin\beta_1$	$\sin\beta_2$	$\sigma_{xq}, \text{ кН/м}^2$
0	0	0	0	π	π	0	0	0
1	0,5	6	2,4	2,8	2,35	0,32	0,71	0,84
2	1	3	1,2	2,5	1,75	0,6	0,98	1,13
3	1,5	2	0,8	2,21	1,35	0,8	0,97	1,04
4	2	1,5	0,6	1,97	1,08	0,92	0,88	0,85
5	2,5	1,2	0,48	1,75	0,89	0,98	0,77	0,65
6	3	1	0,4	1,57	0,76	1	0,69	0,5
7	3,5	0,86	0,34	1,42	0,66	0,89	0,61	0,48
8	4	0,75	0,3	1,29	0,58	0,96	0,55	0,3
9	4,5	0,67	0,26	1,18	0,51	0,92	0,49	0,24
10	5	0,6	0,24	1,1	0,47	0,88	0,46	0,21
11	5,5	0,55	0,22	0,99	0,43	0,84	0,42	0,14
12	6	0,5	0,2	0,93	0,39	0,8	0,38	0,12

Рисунок 10 – Схема завантаження та розподілу горизонтального тиску σ_{xq}

Приклад розрахунку 3

Вихідні дані:

Основа складена з піску з $\gamma = 18,2 \text{ кН/м}^3$, $\varphi = 30^\circ$; $\mu = 0,25$; висота підпірної стінки $h = 6 \text{ м}$; місцеве навантаження $q = 10 \text{ кН/м}^2$ шириною $b = 1,8 \text{ м}$ на відстані $a = 1,2 \text{ м}$ від стінки.

Визначити тиск ґрунту від місцевого навантаження на поверхні за методом пружного шару кінцевої ширини.

Розв'язання:

1. Стінка розбивається по глибині z на 12 відрізків.
2. Знаходиться співвідношення z/h .
3. Використовується табличний метод розрахунку (табл. Б.1 - Б.2 додатка Б). Приймаємо згідно з рис. 3 ділянки завантаження 3, 4 і 5, тому що $b = 0,1 \cdot h = 0,1 \cdot 6 = 0,6 \text{ м}$.
4. Знаходяться напруження для кожної точки по висоті підпірної стінки за формулою

$$\sigma_{xq} = q \cdot \overline{\sigma}_{xq}.$$

Епюра розподілу горизонтального тиску σ_{xq} наведена на рис.11.

Результати розрахунку наведені у табл.2.3.

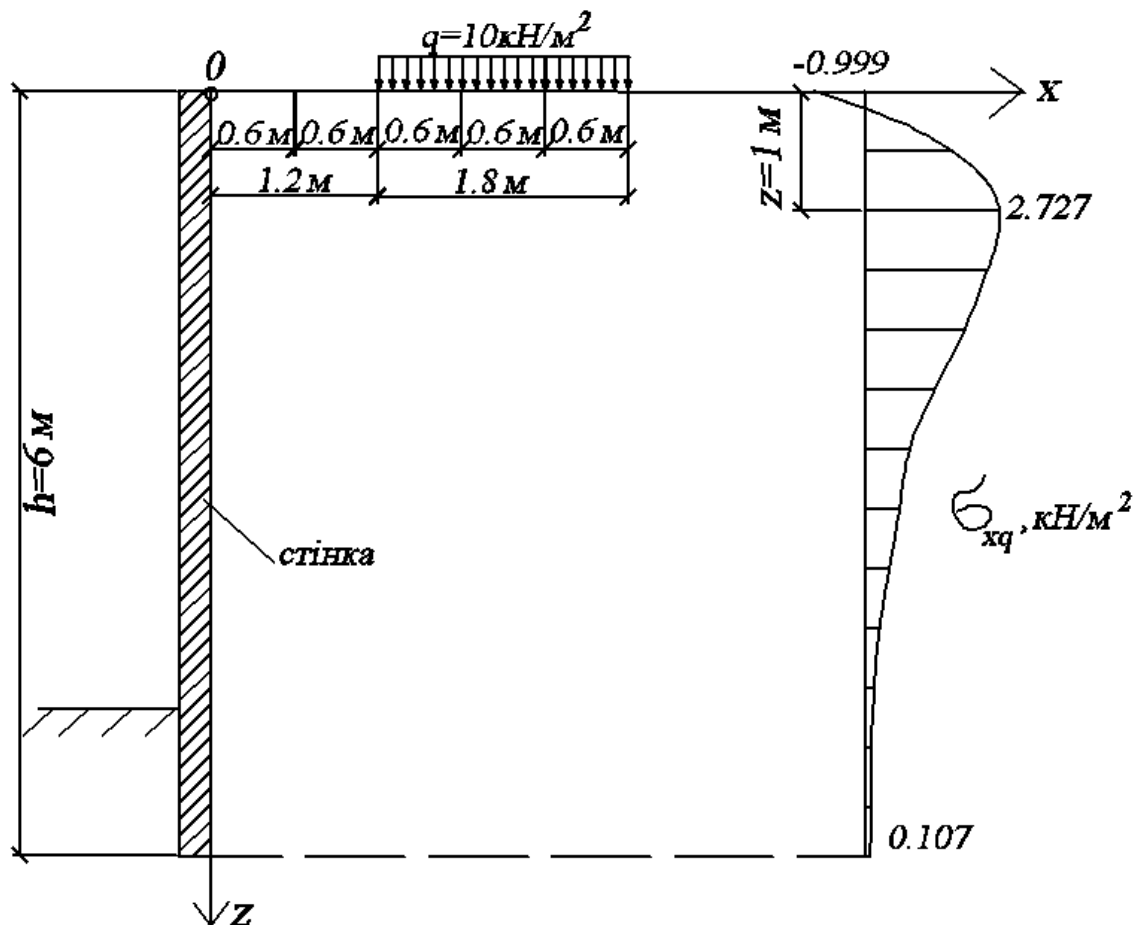


Рисунок 11 – Схема завантаження та розподілу горизонтального тиску σ_{xq}

Таблиця 2.3 – Результати розрахунків

№ точки	z, м	$\frac{z}{h}$	$\overline{\sigma_{xq}^3}$	$\overline{\sigma_{xa}^4}$	$\overline{\sigma_{xa}^5}$	$\sum \overline{\sigma_{xa}}$	$\sigma_{xq} = q \cdot \sum \overline{\sigma_x}, \text{ кН/м}^2$
0	0	0	-0.0333	-0.0333	-0.0333	-0.0999	-0.999
1	0.5	0.08	0.1061	0.0451	0.0166	0.1678	1.678
2	1	0.17	0.13215	0.08715	0.0534	0.2727	2.727
3	1.5	0.25	0.09885	0.0868	0.06485	0.2504	2.504
4	2	0.33	0.06355	0.07085	0.063	0.1971	1.971
5	2.5	0.42	0.0355	0.0504	0.0539	0.1318	1.388
6	3	0.5	0.0201	0.0355	0.0425	0.098	0.981
7	3.5	0.58	0.0105	0.0244	0.0331	0.068	0.68
8	4	0.67	0.0041	0.0157	0.0263	0.0461	0.461
9	4.5	0.75	0.0009	0.01055	0.0188	0.03025	0.3025
10	5	0.83	-0.00115	0.00715	0.01455	0.02055	0.2055
11	5.5	0.92	0.0018	0.0047	0.0111	0.014	0.14
12	6	1	-0.0019	0.0035	0.0091	0.0107	0.107

Приклад розрахунку 4**Вихідні дані:**

Основа складена з піску з $\gamma = 18,2 \text{ кН/м}^3$, $\varphi = 30^\circ$; висота підпірної стінки $h = 6 \text{ м}$; місцеве навантаження $q = 10 \text{ кН/м}^2$ шириною $b = 1,8 \text{ м}$ на відстані $a = 1,2 \text{ м}$ від стінки.

Визначити тиск ґрунту від місцевого навантаження на поверхні з використанням методу з одним кутом нахилу площин ковзання θ .

Розв'язання:

1 Знаходиться невідгідний кут нахилу площин ковзання до горизонталі:

$$\theta = 45^\circ + \frac{\varphi}{2} = 45^\circ + \frac{30}{2} = 60^\circ.$$

2 Знаходиться коефіцієнт активного тиску:

$$\lambda_a = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{30}{2}\right) = 0.33.$$

3 Знаходиться «початок» і «кінець» ділянки:

$$h_1 = a \cdot \operatorname{tg} \theta = 1.2 \cdot \operatorname{tg} 60 = 2.1 \text{ м};$$

$$h_2 = (a + b) \cdot \operatorname{tg} \theta = (1.2 + 1.8) \operatorname{tg} 60 = 5.2 \text{ м}.$$

4 Визначається тиск ґрунту від місцевого навантаження на поверхні:

$$\sigma_{xq} = q \lambda_a = 17 \cdot 0.33 = 5.61 \text{ кН/м}^2.$$

Епюра розподілу горизонтального тиску σ_{xq} наведена на рис. 12.

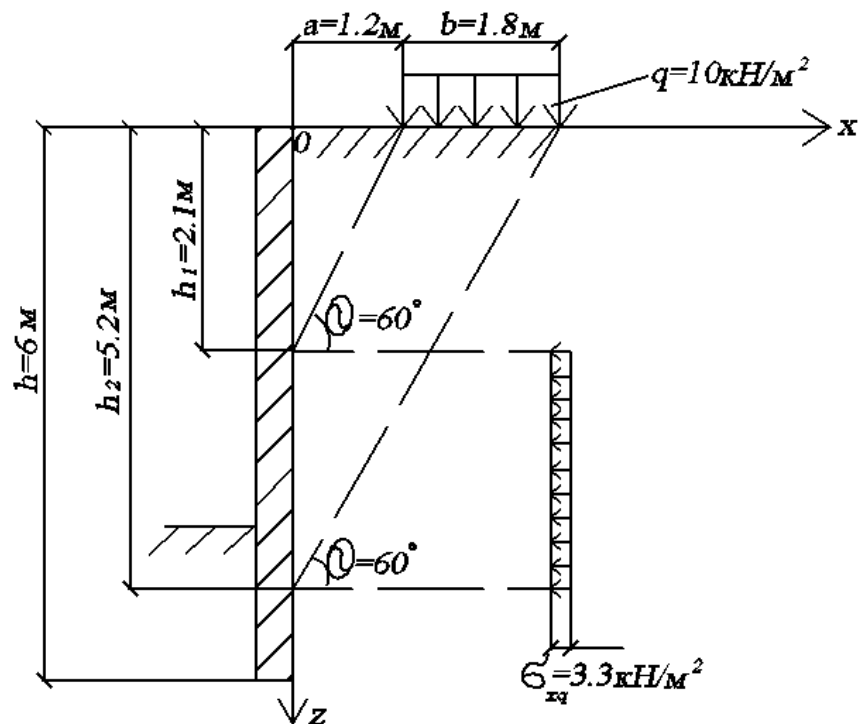


Рисунок 12 – Схема завантаження та розподілу горизонтального тиску σ_{xq}

Приклад розрахунку 5

Вихідні дані:

Основа складена з піску з $\gamma = 18,2 \text{ кН/м}^2$, $\varphi = 42^\circ$; висота підпірної стінки $h = 6 \text{ м}$; місцеве навантаження $q = 10 \text{ кН/м}^2$ шириною $b = 1,8 \text{ м}$ на відстані $a = 1,2 \text{ м}$ від стінки.

Визначити тиск ґрунту від місцевого навантаження на поверхні з використанням методу з двома кутами нахилу площин ковзання θ і φ .

Розв'язання:

1 Знаходиться перший кут нахилу площин ковзання до горизонталі:

$$\theta = 45^\circ + \frac{\varphi}{2} = 45^\circ + \frac{42^\circ}{2} = 66^\circ.$$

Другий кут нахилу дорівнює $\varphi = 42^\circ$

2 Знаходиться коефіцієнт активного тиску:

$$\lambda_a = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{42^\circ}{2}\right) = 0.2.$$

3 Знаходиться положення характерних точок:

$$h_1 = a \cdot \operatorname{tg} \varphi = 1.2 \cdot \operatorname{tg} 42 = 1.1 \text{ м};$$

$$h_2 = a \cdot \operatorname{tg} \theta = 1.2 \cdot \operatorname{tg} 66 = 2.7 \text{ м};$$

$$h_3 = (a + b) \cdot \operatorname{tg} \varphi = (1.2 + 1.8) \operatorname{tg} 42 = 2.7 \text{ м};$$

$$h_4 = (a + b) \cdot \operatorname{tg} \theta = (1.2 + 1.8) \operatorname{tg} 66 = 6.7 \text{ м}.$$

4 Визначається тиск ґрунту від місцевого навантаження на поверхні з максимальною ординатою інтенсивністю:

$$\sigma_{xq} = q \lambda_a = 10 \cdot 0.2 = 2 \text{ кН/м}^2.$$

Епюра розподілу горизонтального тиску σ_{xq} наведена на рис. 13.

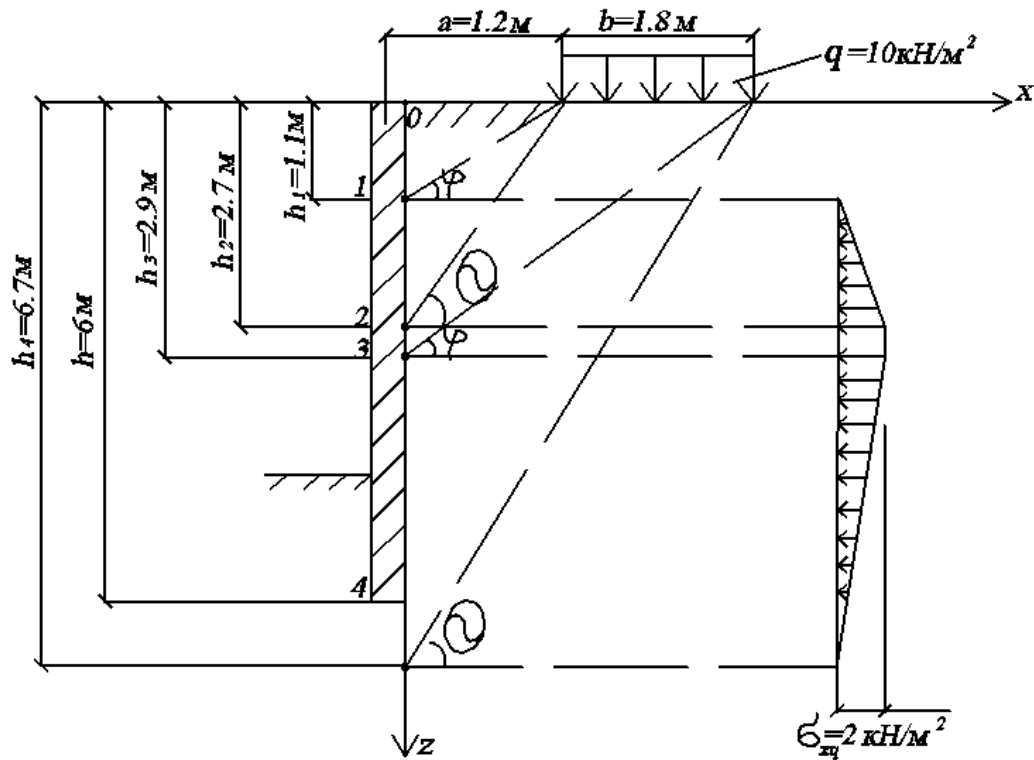


Рисунок 13 – Схема завантаження та розподілу горизонтального тиску σ_{xq}

Приклад розрахунку 6

Вихідні дані:

Основа складена з піску з $\gamma = 18,2 \text{ кН/м}^3$, $\varphi = 30^\circ$; висота підпірної стінки $h = 6 \text{ м}$; місцеве навантаження $q = 10 \text{ кН/м}^2$ шириною $b = 1,8 \text{ м}$ на відстані $a = 1,2 \text{ м}$ від стінки.

Визначити тиск ґрунту від місцевого навантаження на поверхні з використанням методу з двома кутами нахилу площин ковзання θ і φ .

Розв'язання:

1 Знаходиться невідгідний кут нахилу площин ковзання до горизонталі:

$$\theta = 45^\circ + \frac{\varphi}{2} = 45^\circ + \frac{30^\circ}{2} = 60^\circ.$$

Другий кут нахилу дорівнює $\varphi = 30^\circ$

2 Знаходиться коефіцієнт активного тиску:

$$\lambda_a = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2}\right) = 0.33.$$

3 Знаходяться положення характерних точок:

$$h_1 = a \cdot \operatorname{tg} \varphi = 1.2 \cdot \operatorname{tg} 30 = 0.69 \text{ м};$$

$$h_2 = a \cdot \operatorname{tg} \theta = 1.2 \cdot \operatorname{tg} 60 = 2.1 \text{ м};$$

$$h_3 = (a + b) \cdot \operatorname{tg} \varphi = (1.2 + 1.8) \operatorname{tg} 30 = 1.73 \text{ м};$$

$$h_4 = (a + b) \cdot \operatorname{tg} \theta = (1.2 + 1.8) \operatorname{tg} 60 = 5.2 \text{ м}.$$

4 Визначається тиск ґрунту від місцевого навантаження на поверхні з максимальною ординатою

$$\sigma_{xq}^{\max} = \left(a + \frac{b}{1 - \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \theta}} \right) \frac{q \cdot \lambda_a}{(2a + b)} = \left(1.2 + \frac{1.8}{1 - \frac{\operatorname{tg} 30}{\operatorname{tg} 60}} \right) \frac{10 \cdot 0.33}{2 \cdot 1.2 + 1.8} = 3.06 \text{ кН/м}^2,$$

на глибині

$$z_{\max} = a \cdot \operatorname{tg} \varphi + \frac{a}{(2a + b)} \left[a \left(1 - \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \theta} \right) + b \right] \operatorname{tg} \theta =$$

$$= 1.2 \cdot \operatorname{tg} 30 + \frac{1.2}{(2 \cdot 1.2 + 1.8)} \left[1.2 \left(1 - \frac{\operatorname{tg} 30}{\operatorname{tg} 60} \right) + 1.8 \right] \operatorname{tg} 60 = 2.6 \text{ м.}$$

Епюра розподілу горизонтального тиску σ_{xq} наведена на рис. 14.

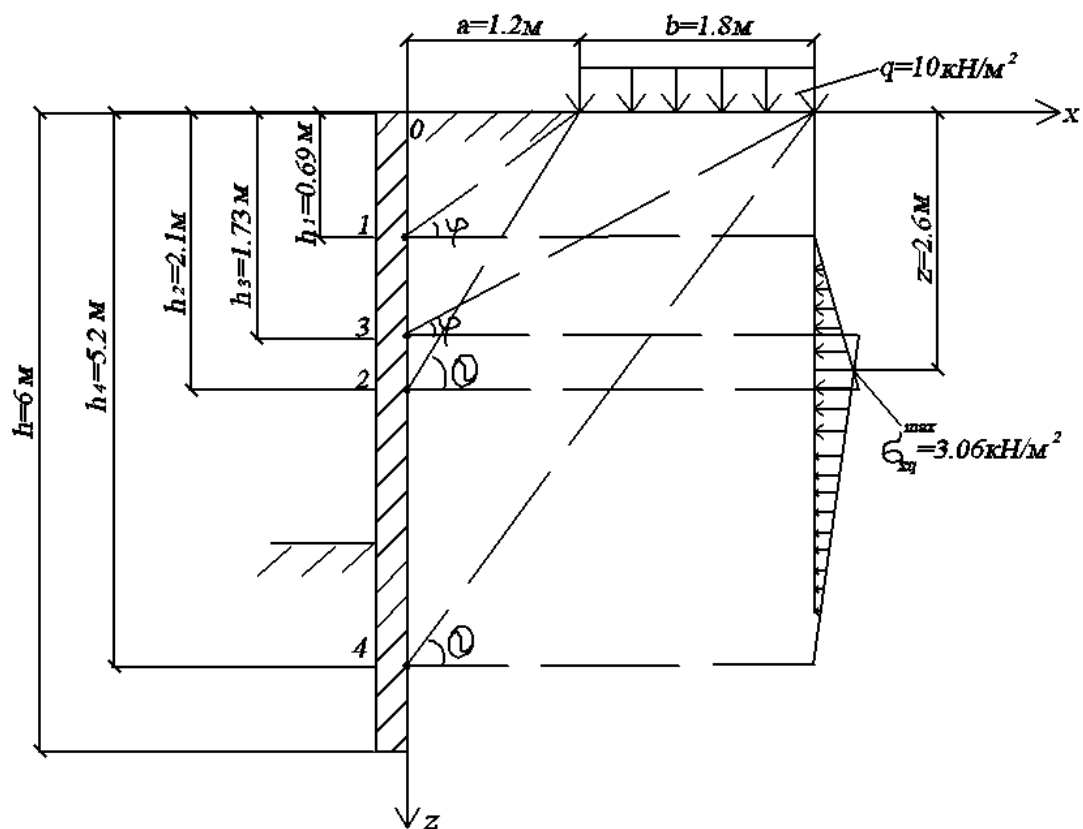


Рисунок 14 – Схема завантаження та розподілу горизонтального тиску σ_{xq}

Приклад розрахунку 7

Вихідні дані:

Основа складена з піску з $\gamma = 18,2 \text{ кН/м}^2$, $\varphi = 30^\circ$; висота підпірної стінки $h = 6 \text{ м}$; місцеве навантаження $q = 10 \text{ кН/м}^2$ шириною $b = 1,8 \text{ м}$ на відстані $a = 1,2 \text{ м}$ від стінки.

Визначити тиск ґрунту від місцевого навантаження на поверхні з використанням нормативного методу СНиП.

Розв'язання:

1. Знаходиться невіддний кут нахилу поверхонь ковзання до горизонталі:

$$\theta = 45^\circ + \frac{\varphi}{2} = 45^\circ + \frac{30^\circ}{2} = 60^\circ.$$

2. Визначається коефіцієнт активного тиску:

$$\lambda_a = \operatorname{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2}) = \operatorname{tg}^2(45^\circ - \frac{30^\circ}{2}) = 0.33.$$

3. Знаходиться глибина «початку» розподілу горизонтального тиску:

$$z_0 = a \cdot \operatorname{tg} \theta = 1.2 \cdot \operatorname{tg} 60^\circ = 2.1 \text{ м.}$$

4. Визначається ширина розподілу тиску вертикального тиску:

$$b_{ym} = b + 2a = 1.8 + 2 \cdot 1.2 = 4.2 \text{ м.}$$

5. Інтенсивність вертикального тиску на глибині z_0 від смугового навантаження q визначається за формулою

$$\sigma_{zq} = q \frac{b}{b_{ym}} = 10 \frac{1.8}{4.2} = 4.3 \text{ кН/м}^2.$$

6. Визначається інтенсивність горизонтального тиску від смугового навантаження за формулою

$$\sigma_{xq} = \sigma_{zq} \lambda_a = 4.3 \cdot 0.33 = 1.41 \text{ кН/м}^2.$$

Епюра розподілу горизонтального тиску σ_{xq} наведена на рис. 15.

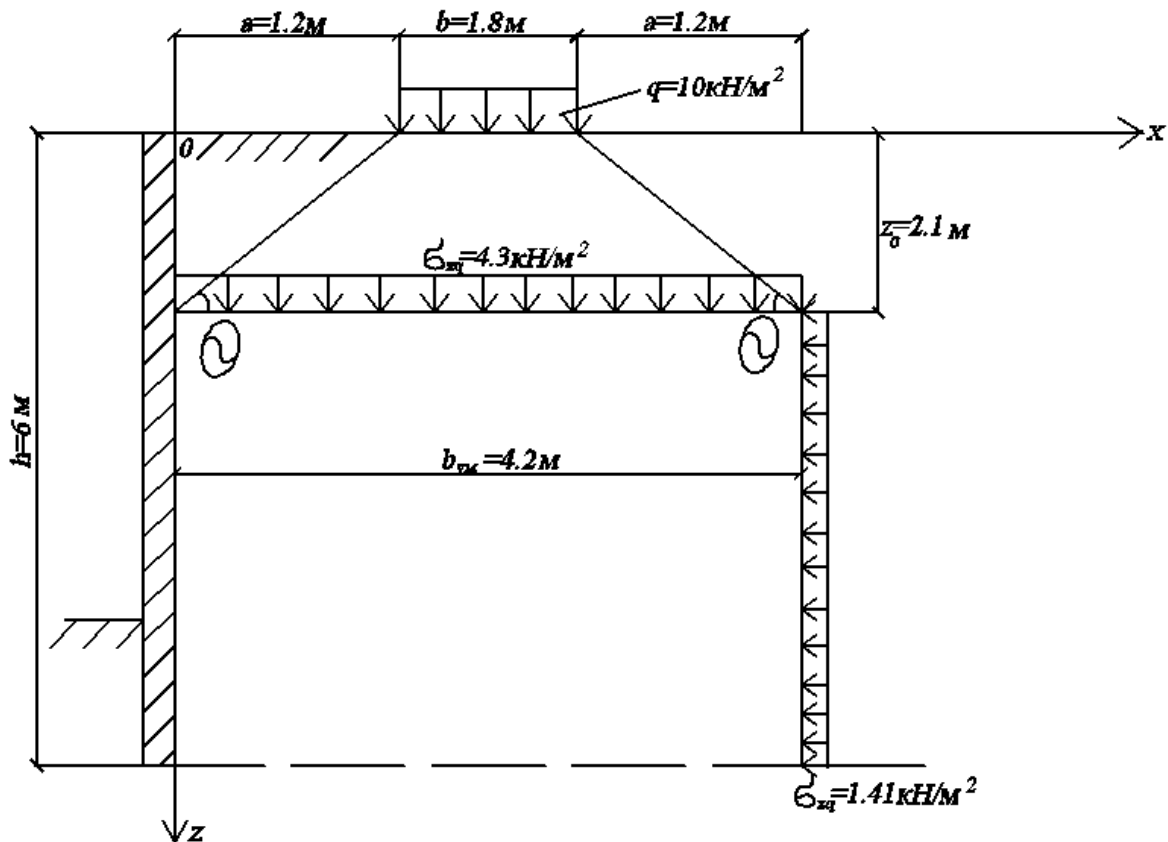


Рисунок 15 – Схема завантаження та розподілу горизонтального тиску σ_{xq}

Приклад розрахунку 8

Вихідні дані:

Основа складена з піску з $\gamma = 18,2 \text{ кН/м}^2$, $\varphi = 30^\circ$; висота підпірної стінки $h = 6 \text{ м}$; місцеве навантаження $q = 10 \text{ кН/м}^2$ шириною $b = 1,8 \text{ м}$ на відстані $a = 1,2 \text{ м}$ від стінки.

Визначити тиску ґрунту від місцевого навантаження на поверхні з використанням методу чотирьох зон.

Розв'язання:

1 Стінка розбивається по глибині z на 13 відрізків.

2 Знаходиться кут нахилу поверхонь ковзання до горизонталі:

$$\theta = 45^\circ + \frac{\varphi}{2} = 45^\circ + \frac{30^\circ}{2} = 60^\circ.$$

3 Визначається коефіцієнт активного тиску:

$$\lambda_a = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2}\right) = 0.33.$$

4 Знаходяться допоміжні відносні величини:

$$\bar{q} = \frac{2q}{\gamma a} = \frac{2 \cdot 10}{18.2 \cdot 1.2} = 0.09; \quad \bar{b} = \frac{b}{a} = \frac{1.8}{1.2} = 1.5; \quad \bar{h} = \frac{h}{a} = \frac{6}{1.2} = 5.$$

5 Знаходиться глибина першої зони розподілу горизонтального тиску:

$$h_e = \operatorname{tg} \varphi + \frac{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}}{1 + \bar{q}(1 - \operatorname{tg} \varphi)} = \operatorname{tg} 30^\circ + \frac{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 30^\circ}}{1 + 0.09(1 - \operatorname{tg} 30^\circ)} = 1.84 \text{ м.}$$

6 Знаходиться глибина другої зони розподілу горизонтального тиску:

$$h_1 = \frac{1}{2} \left[\frac{1 + \bar{b}}{\sqrt{\lambda_a}} - \bar{q} + \sqrt{\left(\frac{1 + \bar{b}}{\sqrt{\lambda_a}} + \bar{q} \right)^2 - \frac{4\bar{q}}{\cos \varphi}} \right] =$$
$$\frac{1}{2} \left[\frac{1 + 1.5}{\sqrt{0.33}} - 0.09 + \sqrt{\left(\frac{1 + 1.5}{\sqrt{0.33}} + 0.09 \right)^2 - \frac{4 \cdot 0.09}{\cos 30^\circ}} \right] = 4.32 \text{ м.}$$

7 Знаходиться глибина третьої зони розподілу горизонтального тиску:

$$h_2 = \frac{1}{2} \left[\frac{1 + \bar{b}}{\sqrt{\lambda_a}} + \sqrt{\left(\frac{1 + \bar{b}}{\sqrt{\lambda_a}} \right)^2 + \frac{8\bar{q}\bar{b}}{\sin 2\varphi}} \right] = \frac{1}{2} \left[\frac{1 + 1.5}{\sqrt{0.33}} + \sqrt{\left(\frac{1 + 1.5}{\sqrt{0.33}} \right)^2 + \frac{8 \cdot 0.09 \cdot 1.5}{\sin 60^\circ}} \right] = 4.42 \text{ м.}$$

7 Визначається горизонтальний тиск від місцевого навантаження на поверхні у першій зоні:

$$\sigma_1 = \gamma \lambda_a.$$

8 Визначається горизонтальний тиск від місцевого навантаження на поверхні у другій зоні:

$$\sigma_2 = \lambda_a (q + \gamma h) \left[1 - \frac{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}{(S + \sqrt{\lambda_a})^2} \right],$$

$$\text{де} \quad S = \bar{h} \left(1 + \frac{\bar{h}}{q} \right) = 5 \left(1 + \frac{5}{0.09} \right) = 282.8.$$

9 Визначається горизонтальний тиск від місцевого навантаження на поверхні у третій зоні:

$$\sigma_3 = \frac{1}{(a+b+htg\varphi)^2} \left\{ qb(a+b)(1+tg^2\varphi) + \left[\frac{\gamma}{2}(a+b) \right] [2h(a+b) + h^2tg\varphi - (a+b)^2tg\varphi] \right\}.$$

10 Визначається горизонтальний тиск від місцевого навантаження на поверхні у четвертій зоні:

$$\sigma_4 = \gamma h \lambda_a B(1+T)(1+BT \sin \varphi),$$

$$\text{де} \quad B = \frac{1}{1-T(1-\sin \varphi)} = \frac{1}{1-0.012(1-\sin 30)} = 1.006,$$

$$T = \frac{qb(1+tg^2\varphi)}{h^2tg\varphi} = \frac{0.09 \cdot 1.5(1+tg^2 30)}{5^2tg 30} = 0.012.$$

Результати розрахунку наведені у табл. 2.4.

Епюра розподілу горизонтального тиску σ_{xq} наведена на рис. 16.

Таблиця 2.4 – Результати розрахунків

№	h	σ_1 , кН/м ²	σ_2 , кН/м ²	σ_3 , кН/м ²	σ_4 , кН/м ²
1	0.5	3.003			
2	1	6.006			
3	1.84	11.05			
4	2		15.302		
5	2.5		18.305		
6	3		21.308		
7	3.5		24.311		
8	4		27.314		
9	4.32		29.24		
10	4.42			26.94	
11	5				30.75
12	5.5				33.825
13	6				36.9

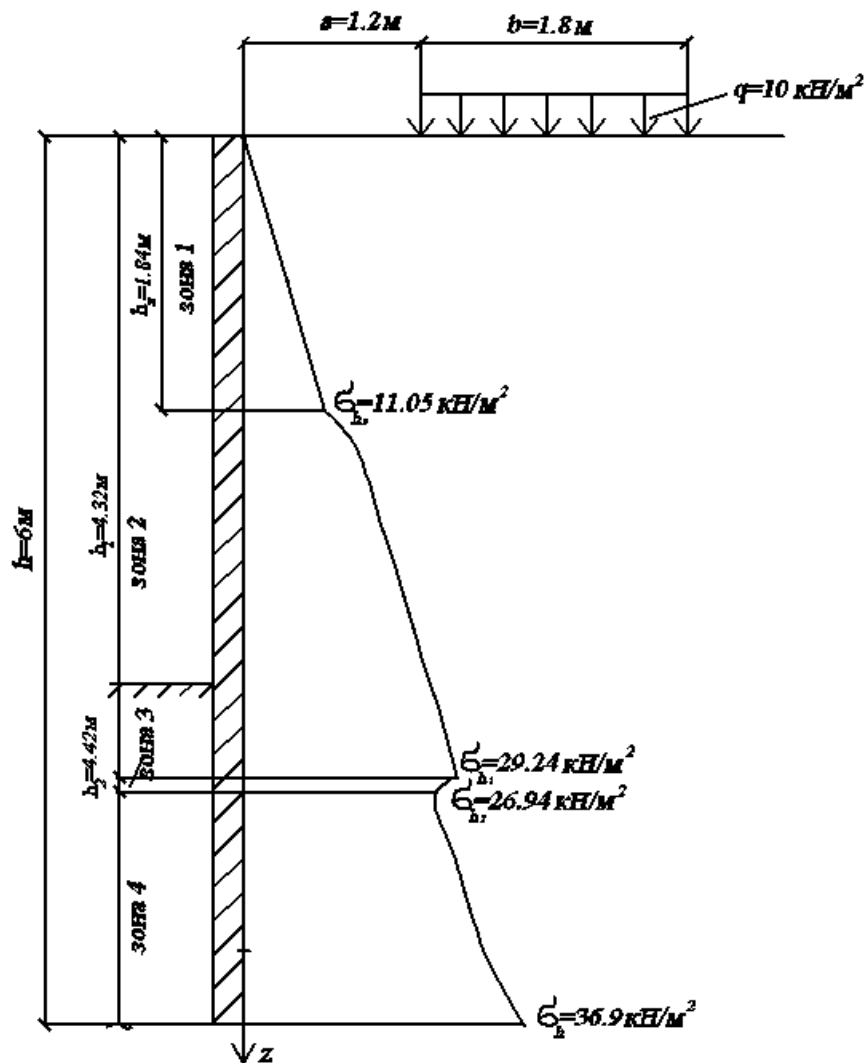


Рисунок 16 – Схема завантаження та розподілу горизонтального тиску σ_{xq}

На рис. 17 для порівняння наводяться епюри розподілу горизонтального тиску ґрунту σ_{xq} від місцевого навантаження на поверхні з використанням різних методів.

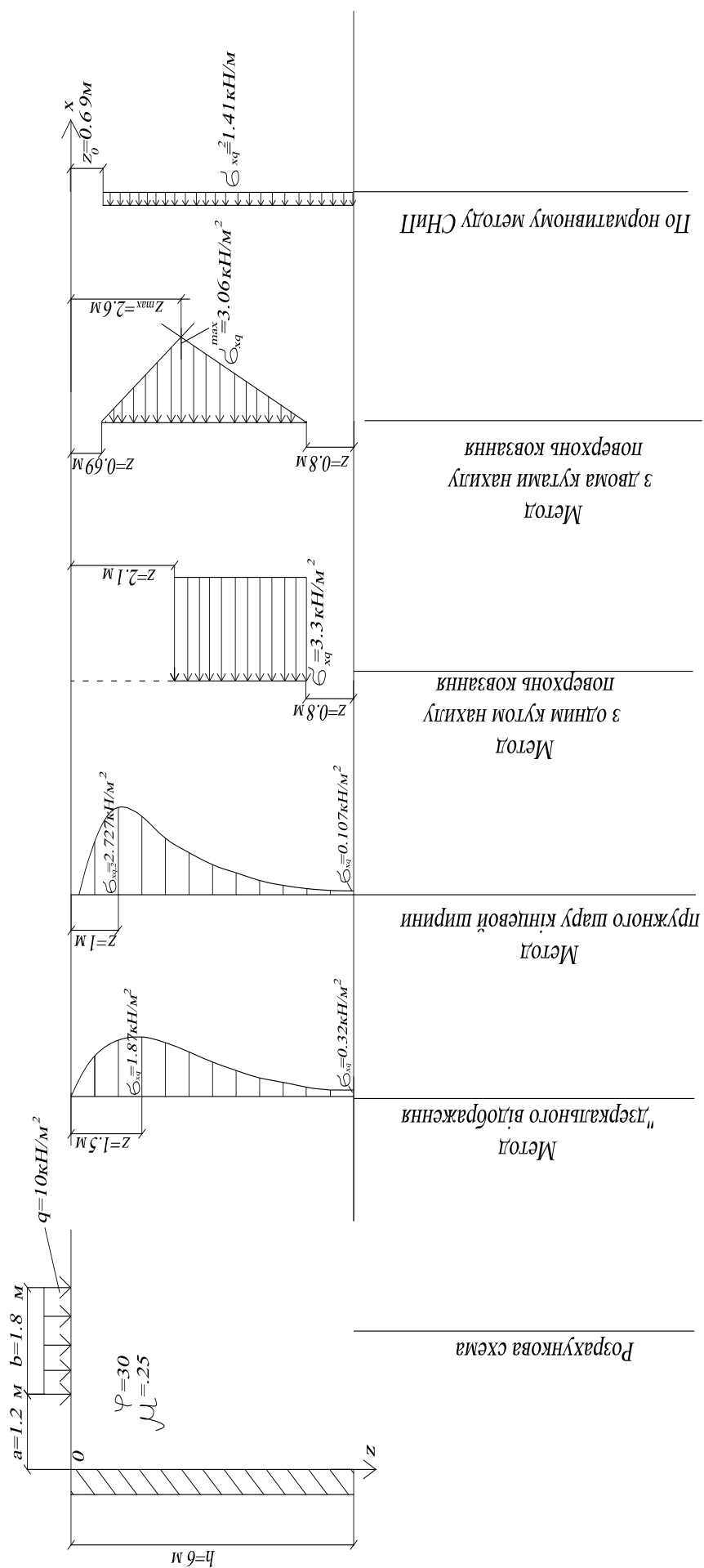


Рисунок 17 - Епюри горизонтального тиску ґрунту σ_{eq} на огорожуючу конструкцію від місцевого навантаження q на поверхні з використанням різних методів

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Значення **arctg(c)**

$c = \frac{b}{z}$	Arctg(c)	$c = \frac{b}{z}$	Arctg(c)
0	0	4.2	1.34
0.2	0.2	4.4	1.35
0.4	0.38	4.6	1.36
0.6	0.54	4.8	1.37
0.8	0.67	5	1.37
1	0.79	5.2	1.38
1.2	0.88	5.4	1.39
1.4	0.95	5.6	1.39
1.6	1.01	5.8	1.4
1.8	1.06	6	1.41
2	1.11	6.2	1.41
2.2	1.14	6.4	1.42
2.4	1.18	6.6	1.42
2.6	1.2	6.8	1.42
2.8	1.23	7	1.43
3	1.25	7.2	1.43
3.2	1.27	7.4	1.44
3.4	1.28	7.6	1.44
3.6	1.3	7.8	1.44
3.8	1.31	8	1.45
4	1.33		10

Таблиця А.2 – Значення **sin(F)**

F, рад.	Sin(F)	F, рад.	Sin(F)
0	0	1.6	1
0.1	0.1	1.7	0.99
0.2	0.2	1.8	0.97
0.3	0.3	1.9	0.95
0.4	0.39	2	0.91
0.5	0.48	2.1	0.86
0.6	0.56	2.2	0.81
0.7	0.64	2.3	0.75
0.8	0.72	2.4	0.68
0.9	0.78	2.5	0.6
1	0.84	2.6	0.52
1.1	0.89	2.7	0.43
1.2	0.93	2.8	0.33
1.3	0.96	2.9	0.24
1.4	0.99	3	0.14
1.5	1		

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 – Відносні горизонтальні напруження $\overline{\sigma}_x$ при $\mu = 0,25$ (до методу пружного шару скінченної ширини)

z/h	для схем навантажень										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	0.9663	-0.0333	-0.0333	-0.0333	-0.0333	-0.0333	-0.0333	-0.0333	-0.0333	-0.0333	-0.3333
0.02	0.7191	0.0888	0.009	-0.0117	-0.0201	-0.0243	-0.0267	-0.0282	-0.0292	-0.0299	-0.3133
0.04	0.506	0.1814	0.048	0.009	-0.0072	-0.0155	-0.0202	-0.0232	-0.0251	-0.0265	-0.2934
0.06	0.3433	0.2324	0.0809	0.0282	0.0051	-0.0068	-0.0138	-0.0182	-0.0211	-0.0232	-0.2735
0.08	0.2287	0.2471	0.1061	0.0451	0.0166	0.0014	-0.0076	-0.0133	-0.0171	-0.0198	-0.2538
0.1	0.151	0.2378	0.1233	0.0594	0.027	0.0091	-0.0017	-0.0086	-0.0133	-0.0166	-0.2341
0.12	0.099	0.2157	0.133	0.0709	0.0362	0.0163	0.004	-0.004	-0.0095	-0.0134	-0.2147
0.14	0.0641	0.1887	0.1363	0.0795	0.0442	0.0228	0.0092	0.0003	-0.0059	-0.0103	-0.1956
0.16	0.0403	0.1613	0.1347	0.0854	0.0508	0.0286	0.0141	0.0044	-0.0024	-0.0073	-0.1766
0.18	0.0239	0.1357	0.1296	0.0889	0.056	0.0337	0.0186	0.0083	0.001	-0.0043	-0.158
0.2	0.0124	0.1131	0.1221	0.0903	0.0601	0.038	0.0227	0.0118	0.0041	-0.0016	-0.1397
0.22	0.0042	0.0935	0.1132	0.09	0.0629	0.0417	0.0263	0.0152	0.0071	0.0011	-0.1217
0.24	-0.0018	0.0768	0.1037	0.0882	0.0647	0.0447	0.0294	0.0182	0.0099	0.0036	-0.1041
0.26	-0.0061	0.0628	0.094	0.0854	0.0656	0.047	0.0322	0.0209	0.0125	0.0061	-0.0869
0.28	-0.0093	0.051	0.0846	0.0818	0.0656	0.0487	0.0345	0.0234	0.0149	0.0083	-0.0702
0.3	-0.0117	0.0411	0.0757	0.0776	0.065	0.0498	0.0364	0.0256	0.0171	0.0104	-0.0538
0.32	-0.0134	0.0329	0.0674	0.0732	0.0638	0.0505	0.038	0.0275	0.0191	0.0124	-0.038
0.34	-0.0147	0.026	0.0597	0.0685	0.0622	0.0507	0.0392	0.0291	0.0209	0.0143	-0.0225
0.36	-0.0157	0.0203	0.0527	0.0639	0.0602	0.0506	0.0401	0.0305	0.0225	0.016	-0.0076
0.38	-0.0164	0.0154	0.0464	0.0592	0.0579	0.0501	0.0406	0.0317	0.024	0.0175	0.0068
0.4	-0.0168	0.0114	0.0406	0.0548	0.0555	0.0493	0.041	0.0326	0.0252	0.019	0.0208
0.42	-0.0171	0.008	0.0355	0.0504	0.0529	0.0483	0.041	0.0334	0.0263	0.0202	0.0342
0.44	-0.0173	0.0051	0.031	0.0464	0.0503	0.0472	0.0409	0.0339	0.0273	0.0214	0.0472
0.46	-0.0174	0.0027	0.0269	0.0425	0.0477	0.0458	0.0406	0.0343	0.0281	0.0225	0.0597
0.48	-0.0173	0.0007	0.0233	0.0389	0.045	0.0444	0.0401	0.0345	0.0287	0.0234	0.0716
0.5	-0.0173	-0.001	0.0201	0.0355	0.0425	0.0429	0.0395	0.0346	0.0293	0.0242	0.0831
0.52	-0.0171	-0.0024	0.0172	0.0324	0.04	0.0413	0.0388	0.0345	0.0297	0.0249	0.094
0.54	-0.0169	-0.0036	0.0147	0.0295	0.0376	0.0397	0.038	0.0344	0.03	0.0255	0.1045
0.56	-0.0167	-0.0046	0.0124	0.0268	0.0353	0.0381	0.0372	0.0341	0.0302	0.026	0.1145
0.58	-0.0165	-0.0054	0.0105	0.0244	0.0331	0.0365	0.0362	0.0338	0.0303	0.0265	0.124
0.6	-0.0162	-0.0061	0.0087	0.0221	0.031	0.0349	0.0353	0.0334	0.0303	0.0268	0.1331
0.62	-0.0159	-0.0066	0.0072	0.0201	0.029	0.0334	0.0343	0.0329	0.0303	0.0271	0.1417
0.64	-0.0155	-0.0071	0.0058	0.0182	0.0271	0.0319	0.0333	0.0324	0.0301	0.0273	0.1499
0.66	-0.0152	-0.0074	0.0046	0.0165	0.0253	0.0304	0.0323	0.0318	0.03	0.0274	0.1576
0.68	-0.0149	-0.0077	0.0036	0.0149	0.0237	0.029	0.0312	0.0312	0.0297	0.0275	0.1649
0.7	-0.0145	-0.0079	0.0027	0.0135	0.0222	0.0277	0.0302	0.0306	0.0295	0.0276	0.1719
0.72	-0.0141	-0.008	0.0019	0.0122	0.0207	0.0264	0.0292	0.0299	0.0292	0.0275	0.1784
0.74	-0.0138	-0.0081	0.0012	0.0111	0.0194	0.0251	0.0283	0.0293	0.0288	0.0275	0.1845
0.76	-0.0134	-0.0081	0.0006	0.01	0.0182	0.024	0.0273	0.0286	0.0285	0.0274	0.1903
0.78	-0.013	-0.0081	0.0001	0.0091	0.017	0.0228	0.0264	0.028	0.0281	0.0273	0.1957
0.8	-0.0126	-0.008	-0.0004	0.0082	0.016	0.0218	0.0255	0.0273	0.0277	0.0271	0.2008
0.82	-0.0122	-0.008	-0.0007	0.0075	0.015	0.0208	0.0246	0.0267	0.0273	0.0269	0.2055
0.84	-0.0118	-0.0078	-0.001	0.0068	0.0141	0.0198	0.0238	0.026	0.0269	0.0267	0.2099
0.86	-0.0114	-0.0077	-0.0013	0.0062	0.0132	0.019	0.023	0.0254	0.0264	0.0265	0.2141
0.88	-0.011	-0.0075	-0.0015	0.0056	0.0125	0.0181	0.0222	0.0248	0.026	0.0263	0.2179
0.9	-0.0107	-0.0074	-0.0017	0.0052	0.0118	0.0174	0.0215	0.0242	0.0256	0.026	0.2215
0.92	-0.0103	-0.0072	-0.0018	0.0047	0.0111	0.0166	0.0208	0.0236	0.0251	0.0258	0.2247
0.94	-0.0099	-0.007	-0.0018	0.0044	0.0106	0.016	0.0201	0.023	0.0247	0.0255	0.2278
0.96	-0.0095	-0.0067	-0.0019	0.004	0.01	0.0153	0.0195	0.0225	0.0243	0.0252	0.2306
0.98	-0.0091	-0.0065	-0.0019	0.0038	0.0096	0.0147	0.0189	0.0219	0.0239	0.0249	0.2331
1.0	-0.0087	-0.0063	-0.0019	0.0035	0.0091	0.0142	0.0183	0.0214	0.0235	0.0247	0.2355

Таблиця Б. 2 – Відносні горизонтальні напруження $\overline{\sigma}_x$ при $\mu = 0,35$ (до методу пружного шару скінченної ширини)

z/h	для схем навантажень										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	0.9772	-0.0231	-0.0231	-0.0231	-0.0231	-0.0231	-0.0231	-0.0231	-0.0231	-0.0231	-0.2308
0.02	0.7294	0.0991	0.0193	-0.0015	-0.0099	-0.0141	-0.0165	-0.018	-0.019	-0.0197	-0.2108
0.04	0.5162	0.1916	0.0583	0.0193	0.0031	-0.0052	-0.0099	-0.0129	-0.0149	-0.0163	-0.1908
0.06	0.3536	0.2426	0.0912	0.0384	0.0154	0.0034	-0.0035	-0.0079	-0.0109	-0.0129	-0.1709
0.08	0.2389	0.2574	0.1164	0.0554	0.0268	0.0116	0.0027	-0.0031	-0.0069	-0.0096	-0.1512
0.1	0.1612	0.248	0.1336	0.0696	0.0373	0.0194	0.0086	0.0017	-0.003	-0.0063	-0.1316
0.12	0.1093	0.226	0.1432	0.0811	0.0465	0.0265	0.0142	0.0062	0.0008	-0.0031	-0.1122
0.14	0.0743	0.199	0.1466	0.0897	0.0544	0.033	0.0195	0.0106	0.0044	0	-0.093
0.16	0.0506	0.1715	0.145	0.0957	0.061	0.0388	0.0244	0.0147	0.0079	0.003	-0.0741
0.18	0.0342	0.146	0.1398	0.0992	0.0663	0.0439	0.0289	0.0185	0.0112	0.0059	-0.0554
0.2	0.0227	0.1233	0.1323	0.1006	0.0703	0.0483	0.0329	0.0221	0.0144	0.0087	-0.0371
0.22	0.0144	0.1037	0.1235	0.1002	0.0732	0.0519	0.0365	0.0254	0.0173	0.0114	-0.0192
0.24	0.0085	0.0871	0.1139	0.0985	0.075	0.0549	0.0397	0.0284	0.0201	0.0139	-0.0016
0.26	0.0041	0.073	0.1043	0.0956	0.0758	0.0572	0.0424	0.0312	0.0227	0.0163	0.0156
0.28	0.0009	0.0613	0.0949	0.092	0.0759	0.0589	0.0448	0.0337	0.0251	0.0186	0.0324
0.3	-0.0014	0.0514	0.086	0.0879	0.0753	0.0601	0.0467	0.0358	0.0273	0.0207	0.0487
0.32	-0.0032	0.0432	0.0776	0.0834	0.0741	0.0608	0.0482	0.0377	0.0293	0.0227	0.0646
0.34	-0.0045	0.0363	0.0699	0.0788	0.0724	0.061	0.0494	0.0394	0.0311	0.0245	0.08
0.36	-0.0054	0.0305	0.0629	0.0741	0.0704	0.0608	0.0503	0.0408	0.0328	0.0262	0.095
0.38	-0.0061	0.0257	0.0566	0.0695	0.0682	0.0603	0.0509	0.042	0.0342	0.0278	0.1094
0.4	-0.0066	0.0216	0.0509	0.065	0.0657	0.0596	0.0512	0.0429	0.0355	0.0292	0.1234
0.42	-0.0069	0.0182	0.0458	0.0607	0.0632	0.0586	0.0513	0.0436	0.0366	0.0305	0.1368
0.44	-0.007	0.0154	0.0412	0.0566	0.0606	0.0574	0.0512	0.0442	0.0375	0.0317	0.1498
0.46	-0.0071	0.013	0.0372	0.0527	0.0579	0.0561	0.0509	0.0446	0.0383	0.0327	0.1622
0.48	-0.0071	0.011	0.0335	0.0491	0.0553	0.0547	0.0504	0.0448	0.039	0.0336	0.1742
0.5	-0.007	0.0093	0.0303	0.0458	0.0527	0.0531	0.0498	0.0448	0.0395	0.0345	0.1856
0.52	-0.0069	0.0078	0.0275	0.0426	0.0502	0.0516	0.0491	0.0448	0.0399	0.0352	0.1966
0.54	-0.0067	0.0066	0.0249	0.0397	0.0478	0.05	0.0483	0.0446	0.0402	0.0358	0.2071
0.56	-0.0065	0.0057	0.0227	0.0371	0.0455	0.0484	0.0474	0.0444	0.0404	0.0363	0.2171
0.58	-0.0062	0.0048	0.0207	0.0346	0.0433	0.0468	0.0465	0.044	0.0405	0.0367	0.2266
0.6	-0.0059	0.0042	0.019	0.0324	0.0412	0.0452	0.0455	0.0436	0.0406	0.0371	0.2357
0.62	-0.0056	0.0036	0.0174	0.0303	0.0392	0.0437	0.0445	0.0431	0.0405	0.0373	0.2443
0.64	-0.0053	0.0032	0.0161	0.0285	0.0374	0.0421	0.0435	0.0426	0.0404	0.0376	0.2524
0.66	-0.005	0.0028	0.0149	0.0267	0.0356	0.0407	0.0425	0.0421	0.0402	0.0377	0.2602
0.68	-0.0046	0.0026	0.0138	0.0252	0.034	0.0393	0.0415	0.0415	0.04	0.0378	0.2675
0.7	-0.0042	0.0024	0.0129	0.0238	0.0324	0.0379	0.0405	0.0408	0.0397	0.0378	0.2744
0.72	-0.0039	0.0023	0.0121	0.0225	0.031	0.0366	0.0395	0.0402	0.0394	0.0378	0.2809
0.74	-0.0035	0.0022	0.0114	0.0213	0.0297	0.0354	0.0385	0.0395	0.0391	0.0377	0.2871
0.76	-0.0031	0.0022	0.0108	0.0203	0.0284	0.0342	0.0376	0.0389	0.0387	0.0377	0.2928
0.78	-0.0027	0.0022	0.0103	0.0193	0.0273	0.0331	0.0366	0.0382	0.0384	0.0375	0.2983
0.8	-0.0024	0.0022	0.0099	0.0185	0.0262	0.032	0.0357	0.0376	0.038	0.0374	0.3033
0.82	-0.002	0.0023	0.0095	0.0177	0.0252	0.031	0.0349	0.0369	0.0375	0.0372	0.3081
0.84	-0.0016	0.0024	0.0092	0.017	0.0243	0.0301	0.034	0.0363	0.0371	0.037	0.3125
0.86	-0.0012	0.0026	0.009	0.0164	0.0235	0.0292	0.0332	0.0356	0.0367	0.0368	0.3166
0.88	-0.0008	0.0027	0.0088	0.0159	0.0227	0.0284	0.0325	0.035	0.0363	0.0365	0.3205
0.9	-0.0004	0.0029	0.0086	0.0154	0.022	0.0276	0.0317	0.0344	0.0358	0.0363	0.324
0.92	0	0.0031	0.0085	0.015	0.0214	0.0269	0.0311	0.0338	0.0354	0.036	0.3273
0.94	0.0004	0.0033	0.0084	0.0146	0.0208	0.0262	0.0304	0.0333	0.035	0.0357	0.3303
0.96	0.0008	0.0035	0.0084	0.0143	0.0203	0.0256	0.0298	0.0327	0.0346	0.0355	0.3331
0.98	0.0012	0.0038	0.0083	0.014	0.0198	0.025	0.0292	0.0322	0.0341	0.0352	0.3357
1.0	0.0016	0.004	0.0084	0.0138	0.0194	0.0245	0.0286	0.0317	0.0337	0.0349	0.338

ДОДАТОК В

Таблиця В.1 – Варіанти вихідних даних

Варіант	Висота стінки h, м	Характеристики ґрунту				Параметри навантаження		
		γ , кН/м ³	φ , град.	c , кН/м ²	μ	a, м	b, м	q , кН/м ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	5	17	20	16	0,25	1	3	10
2	5	17	21	17	0,25	1	3	10
3	5	17	22	18	0,25	1	3	10
4	5	17	23	19	0,25	1	3	10
5	5	17	24	20	0,25	1	3	10
6	5	18	25	21	0,25	1,5	2,5	15
7	5	18	26	22	0,25	1,5	2,5	15
8	5	18	27	23	0,25	1,5	2,5	15
9	5	18	28	24	0,25	1,5	2,5	15
10	5	18	29	25	0,25	1,5	2,5	15
11	5	19	30	26	0,25	2	2	20
12	5	19	31	25	0,25	2	2	20
13	5	19	32	24	0,25	2	2	20
14	5	19	33	23	0,25	2	2	20
15	5	19	34	22	0,25	2	2	20
16	5	20	35	21	0,35	2,5	1,5	15
17	5	20	36	20	0,35	2,5	1,5	15
18	5	20	37	19	0,35	2,5	1,5	15
19	5	20	38	18	0,35	2,5	1,5	15
20	5	20	39	17	0,35	2,5	1,5	15
21	5	21	40	16	0,35	3	1	10
22	5	21	41	16	0,35	3	1	10
23	5	21	42	17	0,35	3	1	10
24	5	21	43	18	0,35	3	1	10
25	5	21	44	19	0,35	3	1	10
26	5	18.5	15	19	0,35	3	1	10
27	5	18.5	16	20	0,35	3	1	10
28	5	18.5	17	21	0,35	3	1	10
29	5	18.5	18	22	0,35	3	1	10

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	5	18.5	19	23	0.25	3	1	10
31	5	21	25	21	0.25	2.5	1.5	15
32	5	21	26	22	0.25	2.5	1.5	15
33	5	21	27	23	0.25	2.5	1.5	15
34	5	21	28	24	0.25	2.5	1.5	15
35	5	21	29	25	0.25	2.5	1.5	15
36	5	20	30	26	0.25	2	2	15
37	5	20	31	25	0.25	2	2	15
38	5	20	32	24	0.25	2	2	15
39	5	20	33	23	0.25	2	2	20
40	5	20	34	22	0.25	2.5	1.5	20
41	5	19	35	21	0.25	2.5	1.5	15
42	5	19	36	20	0.25	2.5	1.5	15
43	5	19	37	19	0.25	2.5	1.5	15
44	5	19	38	18	0.25	2.5	1.5	15
45	5	19	39	17	0.25	2.5	1.5	15
46	5	18	40	16	0.25	1	3	10
47	5	18	41	16	0.25	1	3	10
48	5	18	42	17	0.25	1	3	10
49	5	18	43	18	0.25	1	3	10
50	5	18	44	19	0.25	1	3	10
51	5	17	16	20	0.35	2.5	1.5	15
52	5	17	17	21	0.35	2.5	1.5	15
53	5	17	18	22	0.35	2.5	1.5	20
54	5	17	19	23	0.35	2.5	1.5	20
55	5	17	20	24	0.35	2.5	1.5	20
56	5	19	15	19	0.35	1	3	30
57	5	19	16	20	0.35	1	3	29
58	5	19	17	21	0.35	1	3	28
59	5	19	18	22	0.35	1	3	27
60	5	19	19	23	0.35	1	3	26
61	6	18	20	21	0.35	1.2	2.4	25
62	6	18	21	22	0.35	1.2	2.4	24
63	6	18	22	23	0.35	1.2	2.4	23

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
64	6	18	23	24	0.35	1.2	2.4	22
65	6	18	24	25	0.35	1.2	2.4	21
66	6	17	25	26	0.35	1.2	1.8	20
67	6	17	26	25	0.35	1.8	1.8	19
68	6	17	27	24	0.35	1.8	1.8	18
69	6	17	28	23	0.35	1.8	1.8	17
70	6	17	29	22	0.35	0.6	1.8	16
71	6	18.5	44	21	0.35	0.6	1.8	15
72	6	18.5	43	20	0.35	0.6	1.8	14
73	6	18.5	42	19	0.35	0.6	2.4	13
74	6	18.5	41	18	0.35	0.6	2.4	12
75	6	18.5	40	17	0.35	0.6	2.4	11
76	6	21	39	16	0.25	0.6	1.8	10
77	6	21	38	16	0.25	1.8	1.8	11
78	6	21	37	17	0.25	1.8	1.8	12
79	6	21	36	18	0.25	1.8	1.8	13
80	6	21	35	19	0.25	2.4	1.2	14
81	6	20	34	20	0.25	2.4	2.4	15
82	6	20	33	21	0.25	2.4	2.4	16
83	6	20	32	22	0.25	2.4	1.8	17
84	6	20	31	23	0.25	1.8	2.4	18
85	6	20	30	24	0.25	1.8	3	19
86	6	17	20	16	0.25	1.8	3	14
87	6	17	21	17	0.25	1.8	2.4	12
88	6	17	22	18	0.25	1.8	3	12
89	6	17	23	19	0.25	1.2	3	12
90	6	17	24	20	0.25	1.2	3.6	14
91	7	18	25	21	0.25	1,4	2.1	17
92	7	18	26	22	0.25	0.7	2.8	17
93	7	18	27	23	0.25	1.4	2.8	18
94	7	18	28	24	0.25	1,4	2,1	18
95	7	18	29	25	0.25	1.4	3.5	18
96	7	19	30	26	0.25	0.7	2.1	19
97	7	19	31	25	0.35	0.7	2.8	19

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
98	7	19	32	24	0.35	0.7	1.4	19
99	7	19	33	23	0.35	2.1	2.1	21
100	7	19	34	22	0.35	2	2	21
101	7	20	35	21	0.35	2.1	1.8	22
102	7	20	36	20	0.35	2.8	2.8	23
103	7	20	37	19	0.35	1.4	2.1	23
104	7	20	38	18	0.35	2.1	0.7	16
105	7	20	39	17	0.35	0.7	1.4	18
106	7	21	40	16	0.35	31.4	1.4	19
107	7	21	41	16	0.35	1.4	1.4	21
108	7	21	42	17	0.35	1.4	1.4	22
109	7	21	43	18	0.35	2.1	2.1	23
110	7	21	44	19	0.35	1.4	1.4	24
111	7	18.5	15	19	0.35	0.7	1.4	25
112	7	18.5	16	20	0.35	0.7	2.1	26
113	7	18.5	17	21	0.35	1.4	2.1	27
114	7	18.5	18	22	0.35	2.1	2.8	25
115	7	20	31	25	0.35	2.1	2.1	19

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

- 1 СНиП 2.09.03-85. Сооружения промышленных предприятий. – М.: Госстрой СССР, 1986. – 57 с.
- 2 СНиП 2.06.07–87. Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. – М.: Госстрой СССР, 1988. – 48 с.
- 3 Цытович Н.А. Механика грунтов. М.: 1951. – 548 с.
- 4 Лучковский И.Я. Взаємодія конструкцій з основою. – Бібліотека ІТЕ. Том 3. – Харків.: ХДАМГ, 2000. – 264 с.
- 5 Клейн Г.К. Расчет подпорных стен. – М.: «Высшая школа», 1964. – 196 с.
- 6 Методические указания к определению давления грунта на ограждающие конструкции от местных нагрузок на поверхности по специальному курсу «Основы механики грунтов» для студентов-иностранцев направления подготовки 6.092101 «Строительство» / Составители: И.Я. Лучковский, А.В. Самородов, И.В. Храпатова, В.И. Никитенко – Харьков, ХГТУСА, 2010. – 31 с.
- 7 ДСТУ-Н Б В.2.1-31:2014. Настанова з проектування підпірних стін. Київ Мінрегіон України. 2015. – 86 с.

ЗМІСТ

Вступ.....	3
1 Методи визначення тиску ґрунту від місцевих навантажень на поверхні	5
1.1 Методи визначення тиску ґрунту від місцевих навантажень з використанням розв'язань теорії пружності	5
1.1.1 Метод дзеркального відображення	5
1.1.2 Метод пружного шару скінченної ширини	7
1.2 Методи визначення тиску ґрунту від місцевих навантажень з використанням розв'язання теорії граничної рівноваги	8
1.2.1 Метод з одним кутом нахилу поверхонь ковзання	8
1.2.2 Метод з двома кутами нахилу поверхонь ковзання	9
1.2.2.1 Метод з умовно «непересічними» кутами нахилу поверхонь ковзання θ і φ	9
1.2.2.2. Метод з умовно «пересічними» кутами нахилу поверхонь ковзання θ і φ	10
1.2.3 Нормативний метод СНиП	11
1.2.4 Метод чотирьох зон.....	13
2 Приклади визначення тиску ґрунту від місцевого навантаження на поверхні	15
Додаток А.....	28
Додаток Б.....	29
Додаток В.....	31
Список джерел інформації.....	35

Навчальне видання

Методичні вказівки щодо виконання розрахунково-графічного завдання "Визначення тиску ґрунту на огорожуючі конструкції від місцевих навантажень на поверхні" із спеціального курсу «Основи механіки ґрунтів» для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Укладачі: Самородов Олександр Віталійович
Храпатова Ірина Вікторівна
Чепурний Дмитро Олександрович
Кротов Олег Вікторович

Відповідальний за випуск Г.Г. Стріжельчик

Під редакцією авторів

План 2018, поз.160.

Підп. до друку

Надруковано на ризографі.

Тираж 50 прим.

Формат 60x84 1/16.

Обл.-вид. арк 1.6.

Умов. друк. арк. 1.7.

Зам. № 4796.

Папір друк. №2.

Безкоштовно.

ХНУБА, 61002, м. Харків-2, вул. Сумська, 40

Підготовлено та надруковано РВВ Харківського національного
університету будівництва та архітектури