

УДК 624.131:624.15

## СТРІЧКОВИЙ ФУНДАМЕНТ З ПОВЗДОВЖНІМ ВИРІЗОМ ПО ПІДОШВІ МАСИВНОЇ ПІДПІРНОЇ СТІНИ

Самородов О. В.<sup>1</sup>, Митинський В. М.<sup>2</sup>, Кротов О. В.<sup>1</sup>, Храпатова І. В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова

<sup>2</sup>Одеська державна академія будівництва та архітектури

**Анотація.** У статті проаналізовано конструкції традиційних стрічкових фундаментів споруд з плоскою підшоною, навантаження від яких викликає плоско-деформований напружений стан ґрунтової основи, а також інші варіанти умовно стрічкових (протяжних) фундаментів, за рахунок своєї форми (конфігурації) контакту з основою змінюють її напружений стан, що дозволяє проектувати більш раціональні фундаменти протяжних будівель та споруд. Виходячи з рішень змішаної задачі теорії пружності та пластичності з використанням критерію міцності Кулона-Мора, проведено аналітичні дослідження розвитку пластичних зон в основі стрічкового фундаменту з повздовжнім вирізом, які показують, що граничний стан завжди виникає раніше у крайових зонах фундаменту, тобто під зовнішніми краями фундаменту. Водночас відмічено, що у разі відсутності привантаження у зоні вирізу розрахунковий опір ґрунту знижується, тому запропоновано запатентовану конструкцію стрічкового фундаменту з повздовжнім вирізом по підшві, у якій виріз заввишки  $\Delta$  заповнюється низькомодульним матеріалом для підвищення розрахункового опору ґрунту. На підставі експериментально-теоретичних досліджень запропоновано методики розрахунку ґрунтової основи (розрахункового опору  $R$ , осідання  $s$  та крену  $i$ ) стрічкового фундаменту масивної підпірної стіни з повздовжнім вирізом по підшві. На реальному прикладі показано, що загальна ширина стрічкового фундаменту з вирізом менше на 1,5 м у порівнянні з суцільною формою підшви фундаменту, що дає суттєвий економічний ефект на кожному погонному метрі фундаменту стіни. Загалом, запропоновані методики дозволяють обґрунтовано проектувати ефективні позацентрово навантажені фундаменти з вирізами по підшві, а також підвищувати допустимий вертикальний тиск на основу в порівнянні з суцільною підшоною за інших рівних умов.

**Ключові слова:** стрічковий фундамент, масивна підпирна стіна, ексцентриситет, підшоша, виріз, ґрунтова основа, методика розрахунку.

## A STRIP FOUNDATION WITH A LONGITUDINAL CUT-OUT IN THE BOTTOM OF A MASSIVE RETAINING WALL

O. Samorodov<sup>1</sup>, V. Mitinskiy<sup>2</sup>, O. Krotov<sup>1</sup>, I. Khrapatova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

<sup>2</sup>Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The paper analyzes the designs of traditional strip foundations with a flat bottom, the load from which causes the plane strain stress state of the soil base, and other variations of conventionally strip (continuous) foundations, which due to their shape (configuration) of the contact area with the base change its stress state, which enables designing more sustainable foundations for continuous buildings and structures. Proceeding from the solutions to the mixed problem of the theory of elasticity and plasticity using the Mohr-Coulomb criterion strength criterion, analytical studies of the development of plastic zones in the base of a strip foundation with a longitudinal cut-out have been conducted, which show that the limit state always occurs first in the foundation's edge zones, that is, underneath the outer edges of the foundation. It is also noted, however, that the design resistance of soil decreases when there is no additional load in the area of the cut-out; therefore, a patented design has been proposed of a strip foundation with a longitudinal cut-out in the bottom, where the cut-out



with the height  $\Delta$  is filled with low-modulus material to improve the design resistance of soil. Based on experimental and theoretical studies, methods have been proposed for calculating the soil base (design resistance  $R$ , settlement  $s$  and inclination  $i$ ) for a strip foundation of a massive retaining wall with a longitudinal cut-out in the bottom. A real example shows that the total width of the strip foundation with a cut-out is shorter by 1.5 m in comparison with the continuous shape of the bottom of the foundation, which has a significant economic effect on every linear meter of the wall foundation. Overall, the proposed methods make it possible to reasonably design effective eccentrically loaded foundations with cut-outs in the bottom and to improve the permissible vertical pressure on the base in comparison with a continuous bottom, all other things being equal.

**Keywords:** strip foundation, massive retaining wall, eccentricity, bottom, cut-out, soil base, calculation procedure.

## 1 ВСТУП

Підвищення економічної ефективності фундаментобудування, витрати на яке можуть досягати в окремих випадках до 40% від загальної вартості будівництва споруд, дотепер залишається пріоритетним напрямком. Монолітні та збірні стрічкові фундаменти під несучі стіни будівель та фундаментних частин масивних підпірних стін є найбільш поширеною конструкцією фундаментів мілкого закладення, що застосовується у будівництві.

Відомо, що навантаження на ґрунтову основу від традиційних стрічкових фундаментів споруд з плоскою подошвою викликає плоско-деформований напружений стан основи. Однак, у сфері фундаментобудування пропонуються інші варіанти умовно стрічкових (протяжних) фундаментів, які за рахунок своєї форми (конфігурації) контакту з основою змінюють її напружений стан, що дозволяє проектувати більш раціональні фундаменти протяжних будівель та споруд.

## 2 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

У Радянському Союзі було зроблено першу спробу змінити традиційний спосіб передачі навантаження таким чином, щоб умови роботи фундаменту і самої основи суттєво покращилися. Цей принцип було реалізовано в 1954 р. під керівництвом Є. О. Сорочана при розробці переривчастих збірних стрічкових фундаментів. Сьогодні, застосування конструкцій переривчастих стрічкових фундаментів дозволяє за інших рівних умов підвищити допустимий вертикальний тиск на ґрунтову основу в 1,3 рази за рахунок зміни напружено-деформованого стану з плоского в просторовий, що було введено ще до радянського нормативного документа «СНиП 2.02.01-83\*. Основания зданий и сооружений». Удосконалення та дослідження роботи конструкцій умовно стрічкових фундаментів активно продовжується до теперішнього часу. Існують експериментально-теоретичні дослідження взаємодії протяжних (стрічкових, переривчастих, поруч розташованих тощо) фундаментів із ґрунтовими основами, якими займалися ряд відомих учених: Архіпов Д. Н., Богомолів А. М., Вінокуров Є. Ф., Євтушенко С. І., Корольов К. В., Крахмальний Т. А., Лучковський І. Я., Мурзенко Ю. М., Пойта П. С., Пілягін О. В., Сорочан Є. О., Фідаров М. І., Тугаєнко Ю. Ф. та багато інших [1–7]. Однак, існуючі конструкції умовно стрічкових (протяжних) фундаментів не вичерпують всіх можливих форм подошви на контакті з основою і не завжди є раціональними як у технічному, так і в технологічному аспектах. До того ж, взаємодія протяжних фундаментів з ґрунтовою основою в основному розглядається в рамках задачі теорії граничної рівноваги, попри те, що основним розрахунком основ у пострадянських країнах є розрахунок за другою групою граничних станів із визначенням розрахункового опору ґрунту  $R$ .

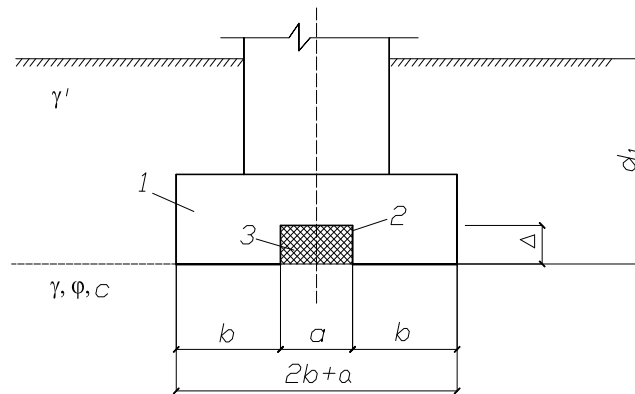
## 3 ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою статті є демонстрація суттєвого економічного ефекту при використанні конструкції стрічкового фундаменту з повздовжнім вирізом по подошві у порівнянні з традиційним фундаментом із суцільною подошвою масивної підпірної стіни.

Для досягнення поставленої мети вирішуються наступні задачі дослідження: узагальнення деяких результатів досліджень взаємодії з ґрунтовою основою стрічкового фундаменту з повздовжнім вирізом по подошві та апробація відповідних методик розрахунку на прикладі проектування реального фундаменту масивної підпірної стіни.

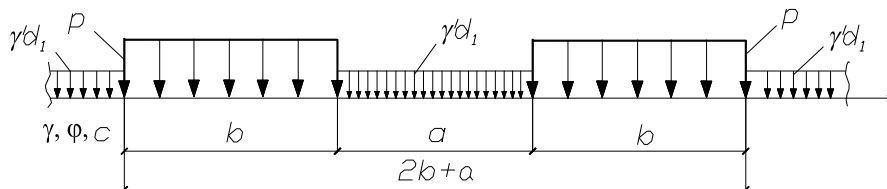
## 4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Попередні розрахунки показують, що у разі відсутності привантаження в зоні вирізу розрахунковий опір ґрунту знижується, тому запропоновано запатентовану конструкцію стрічкового фундаменту з повздовжнім вирізом по підшві (рис. 1), що складається з фундаментної частини 1 шириною  $(2b + a)$ , а також вирізу 2 шириною  $a$  та заввишки  $\Delta$ , який заповнюється низькомодульним матеріалом 3, наприклад, пінопластом [6].



**Рис. 1.** Стрічковий фундамент із повздовжнім вирізом по підшві:  
1 – фундамент; 2 – виріз; 3 – вставка із низькомодульного матеріалу

У цьому випадку пропонується розглянути розрахункову схему взаємодії фундаменту із ґрунтовою основою, яка представлена на рис. 2, де в межах ширини вирізу  $a$  при навантаженні фундаменту передається тиск, що дорівнює величині побутового тиску  $\gamma'd_1$  за межами фундаменту.



**Рис. 2.** Розрахункова схема взаємодії фундаменту з ґрунтовою основою

Тиск на основу в межах вирізу  $a$  передається за допомогою низькомодульного матеріалу з модулем пружності  $E_{вкл}$ , що дорівнює

$$E_{вкл} = \frac{\Delta}{s} \gamma' d_1, \quad (1)$$

де  $s$  – прогнозоване осідання фундаменту, м;

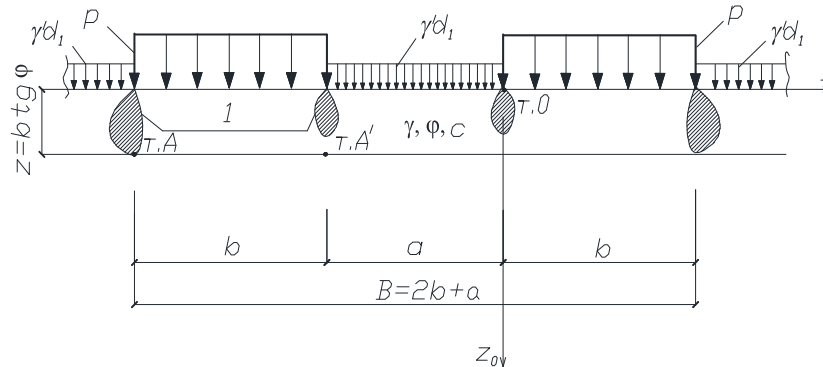
$\Delta$  – висота вирізу, м;

$\gamma'$  – питома вага ґрунту вище підшви фундаменту,  $\text{кН/м}^3$ ;

$d_1$  – глибина закладання фундаменту, м, або, навпаки, влаштується виріз заввишки  $\Delta$ , що дорівнює

$$\Delta = \frac{E_{вкл}}{\gamma' d_1} s. \quad (2)$$

Для визначення розрахункового опору основи фундаменту використано підхід М. М. Маслова: умова розташування нижньої межі зони зсуву  $z$  на вертикалі обрізу фундаменту, тобто при  $z = b \cdot \operatorname{tg} \varphi$  (рис. 3).



**Рис. 3.** Розрахункова схема до визначення розрахункового опору ґрунту  $R$  та осідання  $s$  основи стрічкового фундаменту з повздовжнім вирізом по підшви

Виходячи з рішень змішаної задачі теорії пружності та пластичності (плоска деформація) з використанням критерію міцності Кулона-Мора, проведено аналітичні дослідження розвитку пластичних зон в основі фундаменту, які показують, що граничний стан завжди виникає раніше у точках  $A$  (рис. 3), тобто під зовнішніми кряями фундаменту. При цьому, відносний допустимий тиск на основу  $\bar{R}$  можна навести у зручному для аналізу вигляді:

$$\bar{R} = k_d = \frac{R}{\gamma' d_1} = F \left( 1 + \bar{b} \operatorname{tg} \varphi + \bar{c} \operatorname{ctg} \varphi \right) + 1, \quad (3)$$

де  $\bar{b} = b / d_1$ ;  $\bar{c} = c / \gamma' d_1$ ;  $\gamma = \gamma'$ ;

$$F = \frac{\pi}{\sqrt{T} \sin \varphi}; \quad T = \left( \frac{1}{2} \sin 2\varphi - \sigma_2 \right)^2 + \left( \cos^2 \varphi + \tau \right)^2;$$

$$\sigma_1 = \left( \frac{\pi}{2} - \varphi \right) + \operatorname{arctg} \frac{\bar{a} + 2}{\operatorname{tg} \varphi} - \operatorname{arctg} \frac{\bar{a} + 1}{\operatorname{tg} \varphi}; \quad \sigma_2 = \left[ \frac{\bar{a} + 1}{(\bar{a} + 1)^2 + \operatorname{tg}^2 \varphi} - \frac{\bar{a} + 2}{(\bar{a} + 2)^2 + \operatorname{tg}^2 \varphi} \right] \operatorname{tg} \varphi;$$

$$\tau = \left[ \frac{1}{(\bar{a} + 1)^2 + \operatorname{tg}^2 \varphi} - \frac{1}{(\bar{a} + 2)^2 + \operatorname{tg}^2 \varphi} \right] \operatorname{tg}^2 \varphi,$$

де  $\bar{a} = a / b$ ;

$\gamma$  і  $\gamma'$  – питома вага ґрунту відповідно вище та нижче підшви фундаменту;

$\varphi$  і  $c$  – характеристики міцності ґрунту основи: відповідно кут внутрішнього тертя та питома зчеплення.

Згідно з формулою (3) при  $\bar{a} = a / b \rightarrow \infty$  будемо мати  $\bar{R}_0$  для одиночного фундаменту шириною  $b$  (рішення М. М. Маслова), а при  $\bar{a} = a / b \rightarrow 0$  – для суцільного фундаменту шириною  $2b$ .

Використовуючи вираз (3), побудуємо графіки функції (див. рис. 4) залежно від кута внутрішнього тертя  $\varphi = 20^\circ \div 45^\circ$ , прийнявши:  $b = d_1 = 1 \text{ м}$ ;  $\gamma = \gamma' = 18 \text{ кН/м}^3$ ;  $c = 0$ .

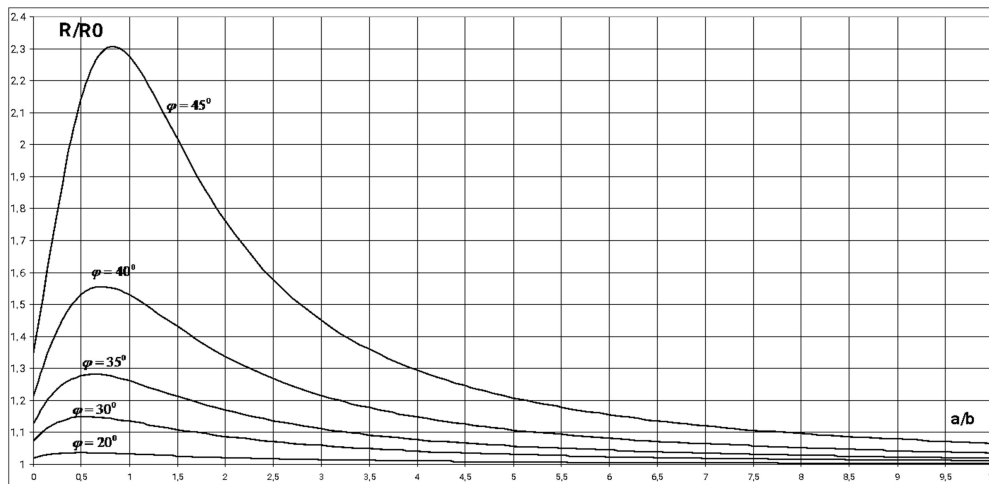


Рис. 4. Графіки залежностей  $R/R_0(kd)$  від  $a/b$

Із графіків на рис. 4 видно, що «розсування» двох частин фундаменту шириною  $b$  на відстань  $a$  підвищує розрахунковий опір ґрунту  $R$  фундаменту порівняно із суцільною шириною стрічкового фундаменту величиною  $2b$  (при  $a/b = 0$ ). При цьому існує максимум функції  $R/R_0$  при певному співвідношенні  $a/b$ .

Слід зазначити, що зміна зчеплення ґрунту  $c$  за інших рівних умов практично не впливає на зміну відносного розрахункового опору  $R/R_0$ .

У разі сприйняття фундаментом вертикального навантаження ширина  $B = (2b + a)$  підшови фундаменту з вирізом може призначатися ітераційно відповідно до загальноприйнятих принципів проєктування як для фундаменту шириною  $2b$  із суцільною підшовою, при цьому розрахунковий опір ґрунту фундаменту з вирізом  $R_{2b+a}$  приймається за формулою (4).

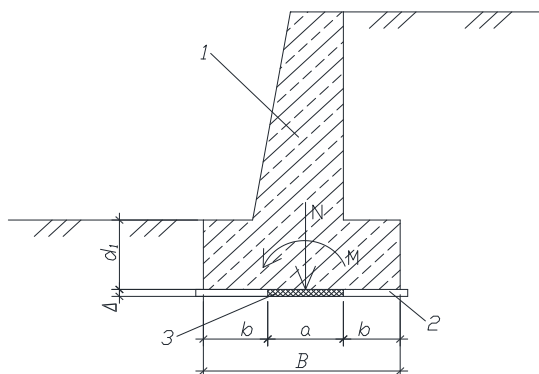
Розрахунковий опір основи стрічкового фундаменту з повздовжнім вирізом по підшві пропонується визначати за аналогією з переривчастим фундаментом згідно чинних норм [8] рівним:

$$R_{2b+a} = R_b \cdot k_d, \quad (4)$$

де  $R_b(R_0)$  – розрахунковий опір ґрунту основи фундаменту шириною  $b$ , який визначається за нормативною формулою [8] за умови прийняття будь-якого критерію розвитку зон граничної рівноваги під фундаментом;

$k_d(R/R_0)$  – коефіцієнт, який може визначатися відповідно до графіків на рис. 4.

У разі впливу на стрічкові фундаменти значних моментних навантажень  $M$ , наприклад, на фундаменти масивних підпірних стін (рис. 5), можуть застосовуватись запропоновані І. Я. Лучковським та О. В. Самородовим формули [7] для визначення раціональних геометричних розмірів підшови таких фундаментів при заданих зусиллях  $N, M$  та відповідному розрахунковому опорі ґрунту  $R_{2b+a}$  (див. формулу (4)). При цьому для технологічної зручності виріз може бути виконаний у межах бетонної підготовки за допомогою вкладки із низькомодульного матеріалу (рис. 5).



**Рис. 5.** Фундамент масивної підпірної стіни:  
1 – стіна; 2 – бетонна підготовка; 3 – вкладка із низькомодульного матеріалу

Однією з особливостей проектування фундаментів з вирізами на підшві в центральній частині є необхідність виконання умови:  $s < \Delta$ , тобто осідання  $s$  основи фундаменту не повинно перевищувати висоту вирізу  $\Delta$  для виключення потенційного повного контакту з основою фундаменту в зоні вирізу за весь термін експлуатації споруди. Тому, для визначення осідання основи таких фундаментів пропонується використовувати класичний метод пошарового підсумовування осідання уздовж осі фундаменту  $z_0$ , що проходить через точку  $O$  внутрішнього обрізу фундаменту (рис. 3) [8]. У табл. 1 наведено значення коефіцієнта затухання  $\alpha$  вертикальних напружень уздовж осі  $z_0$  на різних відносних глибинах  $z/b$  при різних співвідношеннях  $\eta = a/b$ , обчислені з використанням відомого рішення В. Г. Короткіна для умов плоскої деформації.

**Таблиця 1**

Значення коефіцієнта затухання  $\alpha$  вздовж осі  $z_0$

$\frac{z}{b}$	Значення коефіцієнта затухання $\alpha$ напруження вздовж осі $z_0$ для стрічкового фундаменту з повздовжнім вирізом по підшві при співвідношенні $\eta = a/b$ , що дорівнює									
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
<b>I</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
0	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
0,4	0,9772	0,7013	0,5636	0,5065	0,4755	0,4481	0,4129	0,3595	0,2757	0,1531
0,8	0,8809	0,7251	0,5939	0,4954	0,4203	0,3565	0,2949	0,2296	0,1581	0,0807
1,2	0,7553	0,6481	0,5453	0,4530	0,3725	0,3014	0,2367	0,1754	0,1159	0,0574
1,6	0,6417	0,5606	0,4796	0,4022	0,3304	0,2647	0,2044	0,1486	0,0963	0,0469
2	0,5498	0,4849	0,4192	0,3549	0,2934	0,2355	0,1816	0,1314	0,0847	0,0410
2,4	0,4773	0,4234	0,3686	0,3143	0,2615	0,2111	0,1633	0,1184	0,0763	0,0369
2,8	0,4200	0,3738	0,3270	0,2804	0,2346	0,1903	0,1479	0,1076	0,0696	0,0337
3,2	0,3741	0,3337	0,2929	0,2521	0,2119	0,1727	0,1348	0,0984	0,0638	0,0310
3,6	0,3366	0,3009	0,2647	0,2285	0,1927	0,1576	0,1235	0,0905	0,0589	0,0287
4	0,3057	0,2736	0,2411	0,2086	0,1764	0,1447	0,1137	0,0836	0,0546	0,0267
4,4	0,2798	0,2506	0,2212	0,1917	0,1625	0,1336	0,1052	0,0776	0,0508	0,0249
4,8	0,2578	0,2311	0,2042	0,1772	0,1504	0,1239	0,0978	0,0723	0,0474	0,0233
5,2	0,2390	0,2143	0,1895	0,1647	0,1400	0,1154	0,0913	0,0676	0,0444	0,0218
5,6	0,2226	0,1998	0,1768	0,1537	0,1308	0,1080	0,0855	0,0634	0,0417	0,0206
6	0,2083	0,1870	0,1656	0,1441	0,1227	0,1014	0,0804	0,0597	0,0393	0,0194



Крен стрічкового фундаменту шириною  $B$  з величиною центрального повздовжнього вирізу  $a$  при дії сили  $N$  вздовж сторони  $B$  (рис. 5) визначається відповідно до теоретичних досліджень Флоріна В. А. та результатами наших досліджень [9]:

$$i = \frac{12Ne}{C_0(B^3 - a^3)} 0,07, \quad (5)$$

де  $C_0 = 3E/2(1 - \mu^2)$  – інтегральний коефіцієнт жорсткості основи для умов плоскої деформації, кПа;

$E$  – модуль деформації ґрунту, кПа;

$\mu$  – коефіцієнт Пуассона ґрунту, од.

#### **Приклад розрахунку стрічкового фундаменту з повздовжнім вирізом по підшві масивної підпірної стіни.**

В якості вихідних даних для проектування фундаменту стіни прийнято реальні ґрунтові умови будівельного майданчика в Харківській області (Україна). Основою фундаменту стіни служать дрібні щільні піски, маловологі, з прошарками пісків середньої щільності з наступними фізико-механічними характеристиками:  $\gamma = \gamma' = 17,84 \text{ кН/м}^3$ ;  $\varphi = 35^\circ$ ;  $E = 38 \text{ Па}$ ;  $\mu = 0,3$ .

Відповідно до попередніх розрахунків зусилля по підшві фундаменту, а також інші розміри та параметри мають такі значення:

$N = 135 \text{ кН}$  – вертикальна сила;

$M = 80,8 \text{ кН}\cdot\text{м}$  – моментне зусилля;

$d_1 = 1 \text{ м}$  – глибина закладання фундаменту;

$\Delta = \delta = 0,1 \text{ м} = 10 \text{ см}$  – висота вирізу, яка для зручності прийнята рівною товщині бетонної підготовки, тому виріз повинен бути заповнений низькомодульним матеріалом з модулем пружності не менше чим (див. формулу (1)):

$$E_{\text{вкл}} = \frac{\Delta}{s} \gamma' d_1 = \frac{0,1}{0,2} \cdot 17,84 \cdot 1 \approx 9,0 \text{ кПа.}$$

При цьому осідання фундаменту  $s$ , обчислене методом пошарового підсумовування деформацій по глибині вздовж осі внутрішнього обрізу фундаменту (рис. 3 і табл. 1) не перевищуватиме висоту вирізу  $\Delta : s = 2 \text{ см} < 10 \text{ см} = \Delta$ , що є особливістю проектування та принциповою вимогою при розрахунку фундаменту з повздовжнім вирізом у центральній частині підшви.

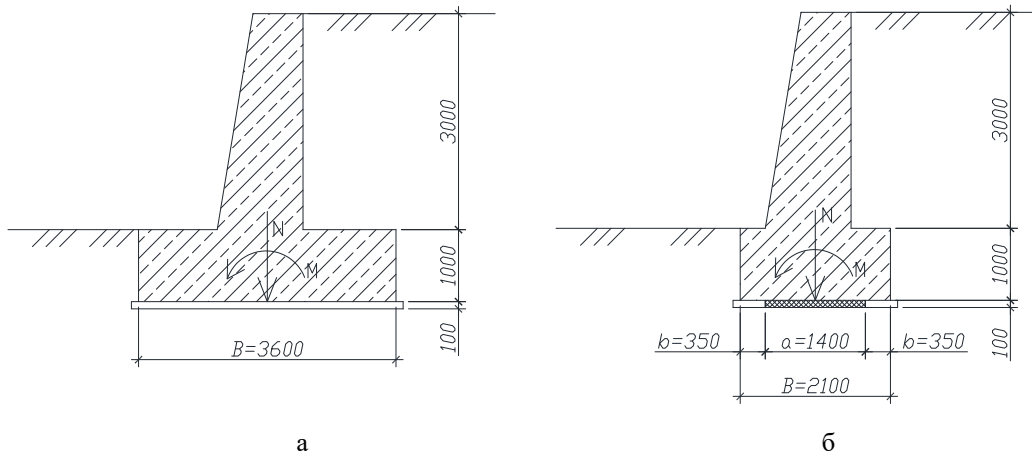
На підставі загальновідомих формул опору матеріалів виконано розрахунки розмірів підшви фундаментів масивної стіни для задоволення крайових обмежень тиску ( $p_{\text{max}}$  і  $p_{\text{min}}$ ) на ґрунтову основу. Результати зведені у табл. 2, а на рис. 6 представлені основні параметри розмірів підшви фундаментів стіни.



**Таблиця 2**

Результати розрахунку

Суцільна підшова фундаменту, $B = 2b$	Підшова фундаменту з повздовжнім вирізом, $B = 2b + a$
$B = 2b = 6M / N \approx 3,6\text{м}$ (мінімальна ширина підшови отримана для недопущення відриву підшови від основи)	$B = 2b + a = 2 \cdot 0,35 + 1,4 = 2,1\text{м}$ (розміри підшови отримані ітераційно)
$p = 37,5\text{кПа} < 470\text{кПа} \approx R_{2b}$	$p = 193\text{кПа} < 335\text{кПа} \approx R_{2b+a} = R_b \cdot k_d$ де $R_b \approx 310\text{кПа}$ ; $k_d = 1,08$ (при $a / b = 4$ )
$p_{\max} \approx 75\text{кПа} < 564\text{кПа} = 1,2R_{2b}$	$p_{\max} \approx 349\text{кПа} < 402\text{кПа} = 1,2R_{2b+a}$
$p_{\min} \approx 0$	$p_{\min} \approx 37\text{кПа} > 0$
$i = 0,000046$	$i = 0,00033$



**Рис. 6.** Порівняння основних параметрів стрічкових фундаментів масивної підпірної стіни:  
а) із суцільною підшовою; б) із повздовжнім вирізом по підшові

## 5 ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Як видно із рис. 6, у даному реальному прикладі загальна ширина стрічкового фундаменту з повздовжнім вирізом менше на 1,5 м у порівнянні з суцільною формою підшови фундаменту, що дає суттєвий економічний ефект на кожному погонному метрі фундаменту стіни.

Слід відзначити, що на відміну від розглянутого прикладу розрахунку та будь-яких інших рівних умовах, в тому числі при можливості «відриву» його підшови від основи - фундамент із вирізом по підшові буде завжди мати менші розміри у порівнянні з фундаментом із суцільною підшовою [10].

## 6 ВИСНОВКИ

1. Узагальнено деякі результати досліджень взаємодії з ґрунтовою основою стрічкових фундаментів з повздовжнім вирізом по підшові, що сприймають значні моментні навантаження із запропонованням методик розрахунку для визначення розрахункового опору ґрунту основи, осідання та крену.
2. На реальному прикладі розрахунку стрічкового фундаменту масивної підпірної стіни проведено апробацію запропонованих методик із демонстрацією суттєвого економічного ефекту при застосуванні подібних фундаментів.

## Література

1. Сорочан Е. А. Исследования вопросов применения прерывистых фундаментов. М.: Тр. НИИОСП, 1959. №40. С. 28–45.
2. Тугаенко Ю. Ф., Кушак С. И. Деформации в основаниях фундаментов из шпальных элементов. Основания, фундаменты и механика грунтов, 1986. № 2. С. 9–11.
3. Фидаров М. И. Проектирование и возведение прерывистых фундаментов. М.: Стройиздат, 1986. 230 с.
4. Крахмальний Т. А. Исследования работы песчаного основания ленточного фундамента с ломаным очертанием опорной плиты: Дис. ... канд. техн. наук: 05.23.02. Санкт-Петербург, 2010. 236 с.
5. Евтушенко С. И., Крахмальний Т. А. Исследование работы ленточных фундаментов со сложной конфигурацией подошвы. Основания, фундаменты и механика грунтов, 2017. № 3. С. 14–17.
6. Самородов О. В., Лучковський І. Я., Конюхов О. В., Кротов О. В. Патент на винахід №100647, Україна. МПК (2006.01) E02D 27/01. Стрічковий фундамент з поздовжнім вирізом по підшві. Патентоволодар Харківський національний університет будівництва та архітектури. Заявл. 03.02.2012. Опубл. 10.01.2013. Бюл. №1, 2013. 4 с.
7. Самородов О. В., Лучковський І. Я., Конюхов О. В. Фундаменти с асимметричными вырезами по подошве при действии преобладающих односторонних моментных нагрузок. Науковий вісник будівництва. Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2010. №61. С. 140–145.
8. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. К.: Мінрегіонбуд України, 2009. 104 с.
9. Samorodov A. V., Konyukhov A. V. Field Investigations of Eccentrically Loaded Foundations with Lower-Surface cut-Outs. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 2014. 51(3). pp. 105–110.
10. Самородов О. В., Гударі Раджешвар, Кротов О. В., Храпатова І. В.. Ефективні масивні плитні фундаменти з вирізами по підшві для легких баштових споруд. Науковий вісник будівництва, 2021. №4(106). С. 123–131.

## References

1. Sorochan, E. A. (1959). Issledovaniya voprosov primeneniya preryvistykh fundamentov [Research on issues of using discontinuous foundations]. *Proceedings of NIIOSP*. Moscow. 40. 28–45. [in Russian].
2. Tugayenko, Yu. F., Kushchak, S. I. (1986). Deformatsii v osnovaniyakh fundamentov iz shpal'nykh elementov [Deformations in the bases of foundations from sleeper elements]. *Bases, foundations and soil mechanics*. 2. 9–11. [in Russian].
3. Fidarov, M. I. (1986). *Proyektirovaniye i vozvedeniye preryvistykh fundamentov* [Design and erection of discontinuous foundations]. Moscow: Stroizdat. [in Russian].
4. Krakhmalny, T. A. (2010). *Issledovaniya raboty peschanogo osnovaniya lentochnogo fundamenta s lomanyim ochertaniyem opornoj plity* [Research on the behaviour of the sand base of a strip foundation with the broken contour of the base slab]. Thesis for the degree of Candidate of Technical Sciences by speciality 05.23.02. Krakhmalny T.A., St. Petersburg, 2010. [in Russian].
5. Yevtushenko, S. I. Krakhmalny, T. A. (2017). Issledovaniye raboty lentochnykh fundamentov so slozhnoy konfiguratsiyey podoshvy [Research on the behaviour of strip foundations with a complex configuration of the bottom]. *Bases, foundations and soil mechanics*. 3. 14–17. [in Russian].
6. Samorodov, O. V., Luchkovsky, I. Ya., Konyukhov, O. V., Krotov, O.V. (2013). Patent for invention No.100647, Ukraine, IPC (2006.01) E02D 27/01. *Strip foundation with a longitudinal cut-out on the bottom*. Holder of patent: Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture. Appl. February 03. 2012. Publ. January 10. 2013. Bull. 1. [in Ukrainian].
7. Samorodov, A. V. Luchkovsky, I. Ya., Konyukhov, O. V. (2010). Fundamenti s asimmetrichnymi vrezami po podoshve pri deystvii prevaliruyushchikh odnostoronnikh momentnykh nagruzok [Foundations with asymmetric cut-outs on the bottom under the action of prevailing one-way moment loads]. *Naukovyy visnyk budivnytstva*. 61. 140–145. [in Russian].

8. DBN B.2.1-10-2009 (2009). *Osnovy ta fundamente sporud* [Bases and foundations of buildings]. Kyiv: Minregionbud of Ukraine. [in Ukrainian].
9. Samorodov, A. V., Konyukhov, A. V. (2014). Field Investigations of Eccentrically Loaded Foundations with Lower-Surface cut-Outs. *Soil Mechanics and Foundation Engineering* 51(3). 105–110.
10. Samorodov, O. V., Goodary Rajeshwar, Krotov, O. V., Khrapatova, I. V. (2021). Efektyvni masyvni plytni fundamente z vyrizamy po pidoshvi dlya lehkykh bashtovykh sporud [High-Performance Solid Raft Foundations with Cutouts in the Bottoms for Lightweight Tower-Type Structures]. *Naukovyy visnyk budivnytstva* 4(106). 123-131. [in Ukrainian].

**Самородов Олександр Віталійович**

Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова  
д.т.н., професор  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, Україна, 61002  
osamorodov@ukr.net  
ORCID 0000-0003-4395-9417

**Митинський Василь Михайлович**

Одеська державна академія будівництва та архітектури  
к.т.н., доцент  
вул. Дідріхсона, 4, Одеса, Україна, 65029  
mitinskiy.v@gmail.com  
ORCID 0000-0003-3976-2531

**Кротов Олег Вікторович**

Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова  
к.т.н.  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, Україна, 61002  
krotov.project@gmail.com  
ORCID 0000-0002-7588-1370

**Храпатова Ірина Вікторівна**

Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова  
к.т.н., доцент  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, Україна, 61002  
irinakhrapatova@ukr.net  
ORCID 0000-0003-3404-5349

*Для посилань:*

Самородов О. В., Митинський В. М., Кротов О. В., Храпатова І. В. Стрічковий фундамент з повздовжнім вирізом по підшві масивної підпірної стіни. *Механіка та математичні методи*, 2023. Т. V. № 1. С. 33–43.

*For references:*

Samorodov O., Mitinskiy V., Krotov O., Khrapatova I. (2023). A strip foundation with a longitudinal cut-out in the bottom of a massive retaining wall. *Mechanics and Mathematical Methods*. V(1). 33–43.