

## ВИЗНАЧЕННЯ ТИСКУ ҐРУНТУ ПІД КРИВОЛІНІЙНОЮ ПІДОШВОЮ МОНОЛІТНОЇ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ПЛИТИ ПІДСИЛЕННЯ ФУНДАМЕНТІВ

І. Бойко д.т.н., Г. Шевчук, здобувач

Київський національний університет будівництва та архітектури.

**Ключові слова:** ґрунт, ізобари, криволінійна поверхня, плита підсилення, контактний тиск, штраба.

Розглянуто спосіб підсилення фундаментів монолітною залізобетонною плитою з криволінійною підшовою та визначено тиск на ґрунт як під існуючими фундаментами, так і під плитою підсилення. Визначені ізобари стискуючих та зсувних напружень по глибині масиву ґрунту, а також і величини осідання підшови плити підсилення.

**Постановка проблеми.** У процесі тривалої експлуатації будівлі відбуваються деформації фундаментів. При будівництві на слабких ґрунтах основними причинами деформацій є нерівномірне осідання, яке викликає руйнування самих фундаментів, стін, колон, перекрить. Для усунення виявлених дефектів необхідно будівлю підсилити, щоби зберегти від остаточних руйнувань.

**Аналіз остатніх досліджень і публікацій.** Підсилювали будівелі з давніх-давен, накопичено багато варіантів і способів збереження таких пошкоджених будівель, але за реалізації завжди проявляються як позитивні, так і негативні сторони. Сьогодні дуже часто виникає житлова проблема, відсутність вільних земельних ділянок, а також і надзвичайно висока вартість житла, яке є недоступним для більшості населення. Проблема надбудов в 1-2 поверхи, пристосування «хрущовок» під сьогоднішні підвищені умови для проживання висувають нові вимоги до підсилення основної частини будівель – фундаментів та підземних стін. На основі нашого практичного досліді найпростішим і доцільним є застосування монолітних залізобетонних плит підсилення з криволінійною підшовою в усіх підвальних (підземних) приміщеннях. Нам не відомі публікації з таких підсилень, тому вважаємо доцільним надалі вдосконалювати такий спосіб підсилення.

**Виклад основного матеріалу.** Метою написання статті є висвітлення нашого бачення розрахунку такої геометрії плити підсилення з урахуванням масиву ґрунту, що забезпечує найраціональніший спосіб розрахунку будівлі за схемою «основа-споруда» з урахуванням їхньої суміжної непружної деформації.

**Геометричні характеристики плити підсилення.** На рис. 1 та в табл. 1 подано характеристику поперечного перерізу плити.



Рис. 1. Геометричні характеристики плити.

$$\sin\beta = \frac{a}{R}$$

$$l_{\text{дна}} = \pi R \frac{\beta}{90}$$

$$H = h + f$$

h = 18 см

h = 20 см

h = 22 см

h = 25 см

Приблизний об'єм бетону плити підсилення:

а) верхня плоска частина  $V_{\text{пл}} = (l + 2c)(b + 2c)h_{\text{пл}}$ ;

б) нижня криволінійна

$$V_{\text{кр}} = \frac{2}{3}bf(l - b) + \frac{\pi}{3}f^3(3R - f) =$$

$$0.67bf(l - b) + 1.05f^2(3R - f) ;$$

в) навантаження від власної маси на 1м пог. плити по довжині

$$g_{\Phi} = \left( h_{\text{пл}} + \frac{1}{3}f \right) * \gamma_{\text{бет}}$$

Таблиця 1

Характеристики поперечного перерізу плити

Ширина b, м	Показник	Стріла опускання кривизни дна f, м						
		0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
3	Rдна, м	11,30	7,58	5,73	4,63	3,90	3,39	3,01
	sinβ	0,13	0,20	0,26	0,32	0,39	0,44	0,50
	β°	7,63	11,42	15,19	18,93	22,62	26,27	29,86
	L дна, м	3,01	3,02	3,04	3,06	3,08	3,11	3,14
4	Rдна, м	20,05	13,41	10,10	8,13	6,82	5,89	5,20
	sinβ	0,10	0,15	0,20	0,25	0,29	0,34	0,39
	β°	5,73	8,58	11,42	14,25	17,06	19,85	22,62
	L дна, м	4,01	4,02	4,03	4,04	4,06	4,08	4,11
5	Rдна, м	31,30	20,91	15,73	12,63	10,57	9,10	8,01
	sinβ	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,31
	β°	4,58	6,87	9,15	11,42	13,69	15,94	18,18
	L дна, м	5,01	5,01	5,02	5,03	5,05	5,07	5,09
6	Rдна, м	45,05	30,08	22,60	18,13	15,15	13,03	11,45
	sinβ	0,07	0,10	0,13	0,17	0,20	0,23	0,26
	β°	3,82	5,73	7,63	9,53	11,42	13,31	15,19
	L дна, м	6,00	6,01	6,02	6,03	6,04	6,05	6,07
7	Rдна, м	61,30	40,91	30,73	24,63	20,57	17,68	15,51
	sinβ	0,06	0,09	0,11	0,14	0,17	0,20	0,23
	β°	3,27	4,91	6,54	8,17	9,80	11,42	13,04
	L дна, м	7,00	7,01	7,02	7,02	7,03	7,05	7,06
8	Rдна, м	80,05	53,41	40,10	32,13	26,82	23,03	20,20
	sinβ	0,05	0,08	0,10	0,13	0,15	0,17	0,20
	β°	2,86	4,30	5,73	7,15	8,58	10,00	11,42
	L дна, м	8,00	8,01	8,01	8,02	8,03	8,04	8,05

Визначення навантажень на ґрунт від плити підсилення фундаменту.

а) навантаження від власної маси бетону плити передається на ґрунт по всій площі приміщення у вигляді рівномірно розподіленого навантаження

$$g_{\phi} = \left( h_{\text{пл}} + \frac{1}{3} f \right) \times \gamma_{\text{бет}} \text{ на } 1 \text{ м по довжині};$$

приймаємо приблизно  $g_{\phi} = 1,0 \text{ т/м}^2$ ;

б) корисне навантаження на підлогу приміщення, власна маса підлоги з утепленням приймаємо приблизно  $g = 1,0 \text{ т/м}^2$  по всій площі приміщення;

в) навантаження від надбудованих нових поверхів, від перепланування існуючих поверхів визначається відповідно до робочих креслень і передається на край плити підсилення по периметру її зароблення в штрабах існуючих підвальних стін

$g = g_{\text{рек}} = 12 \text{ т/мп}$  приблизно при надбудові 1-2 поверхів із практики;

г) умовно приймаємо, що існуючі фундаменти не довантажуються від реконструкції, тобто додаткові навантаження від надбудов та плити на них не передаються, хоча через штраби, тобто через опорні частини плити підсилення все ж таки передаються частина навантаження від надбудов (див. п.в.). Таким чином, нова плита підсилення та існуючі фундаменти сумісно разом сприймають усі додаткові навантаження, хоча в запас розрахунку не враховуємо участь існуючих підшов фундаментів в сприйнятті нових додаткових навантажень (рис. 2).

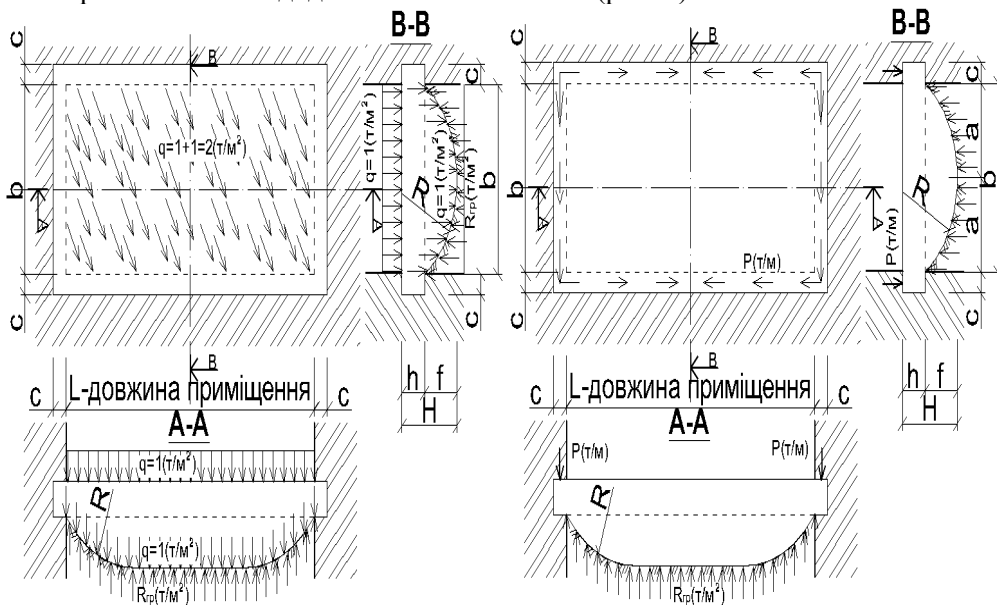


Схема « а + б »

Схема « в »

Рис. 2. Плита підсилення.

Визначення реактивного тиску ґрунту з урахуванням його масиву під криволінійною підшовою плити підсилення в неоднорідних ґрунтових умовах. Розрахунок здійснюємо за допомогою програм методу кінцевих елементів (МКЕ), для однопролітної, двопротітної та трипротітних плит.

Для побудови розрахункових схем використовували такі кінцеві елементи:

- КЕ 271 (фізично нелінійний об'ємний кінцевий елемент ґрунту);
- КЕ 36 (універсальний просторовий восьмивузловий кінцевий елемент).

Ширина розрахункової схеми прийнята 0,5 м.

Характеристика ґрунту ПЕ-1 для всіх задач наведена в табл. 2.

На плиту задаємо два завантаження: 1- власна маса плити + корисне на плиті; 2- частина навантаження від надбудови, що сприймає плита.

#### а) однопролітна плита

Розрахункову схему однопролітної плити та результати розрахунку (напруження в ґрунті) зображено на рис. 3-8.

Характеристики ґрунтів	Назва ґрунтів		
	ІґЕ-1	ІґЕ-2	ІґЕ-3
$E$ - модуль деформації ґрунту, кПа	500	1000	1500
$C$ - зчеплення, кПа	0,1	0,5	1,0
$R_t$ - граничне напруження ґрунту за розтягу, кПа	0,2	0,2	0,2
$\varphi$ - кут внутрішнього тертя, град	18	20	24
$\sigma_p$ - граничне напруження ґрунту на стиск, кПа	20	20	20
$\gamma$ - об'ємна маса ґрунту, т/м <sup>3</sup>	1,7	1,8	1,9

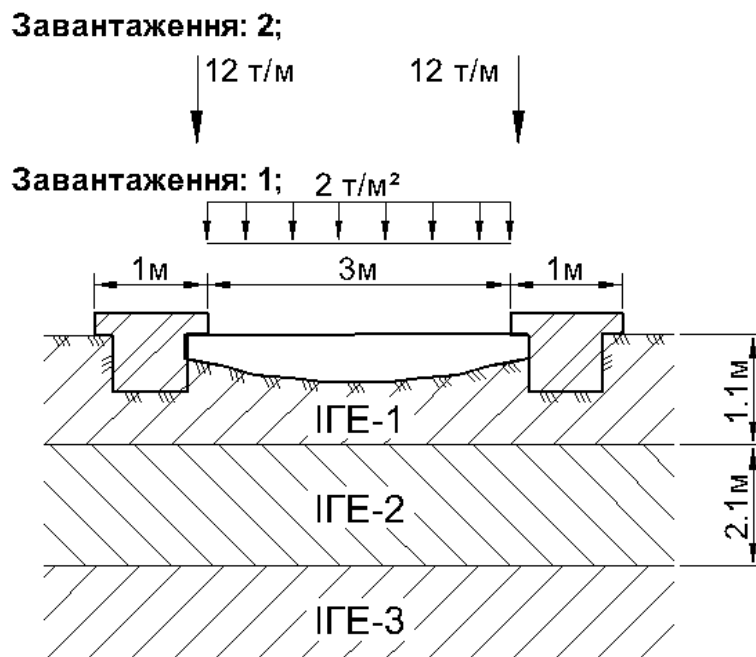


Рис. 3. Розрахункова схема однопролітної плити.

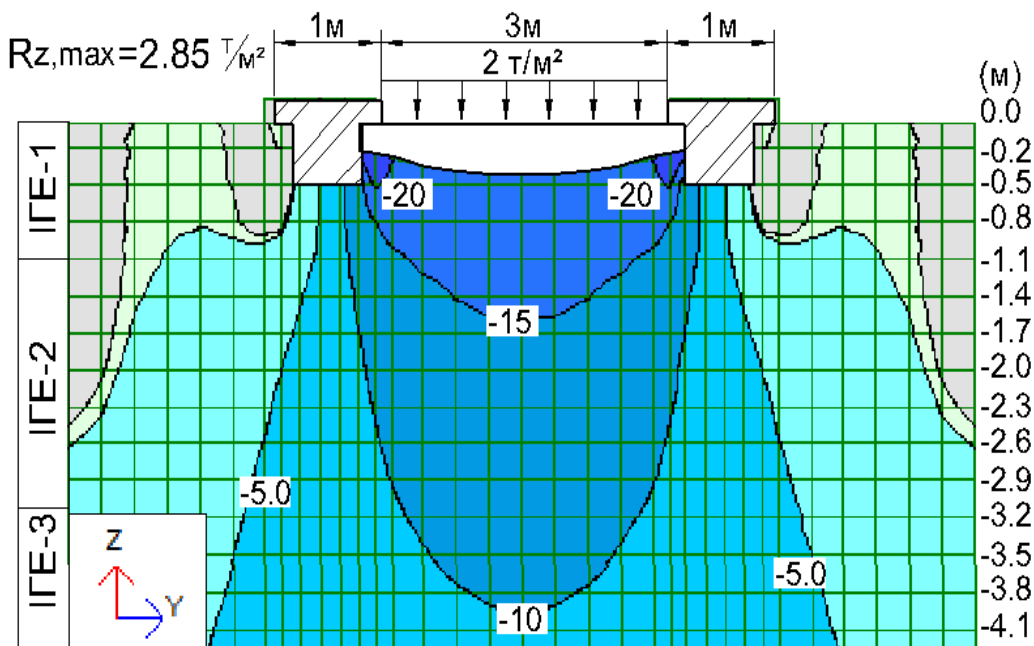


Рис. 4. Лінії рівних напружень стиску в ґрунті ( $R_z$  [кПа]) під плитою від першого

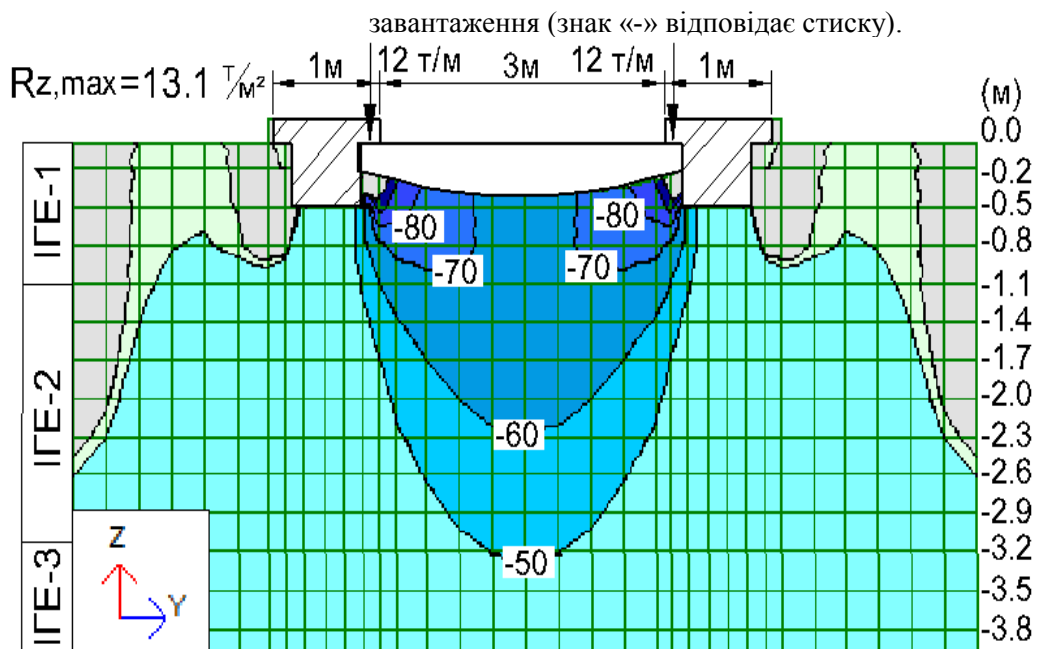


Рис. 5. Лінії рівних напружень стиску в ґрунті ( $R_z$  [кПа]) під плитою від другого завантаження (знак «->» відповідає стиску).

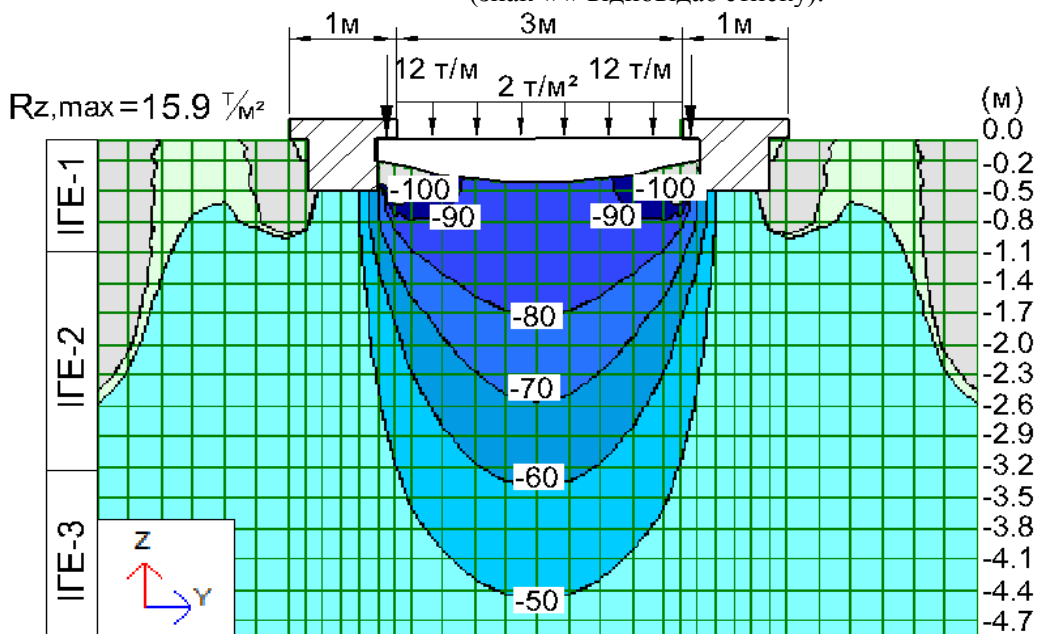


Рис. 6. Лінії рівних напружень стиску в ґрунті ( $R_z$  [кПа]) під плитою від суми першого і другого завантаження (знак «->» відповідає стиску).

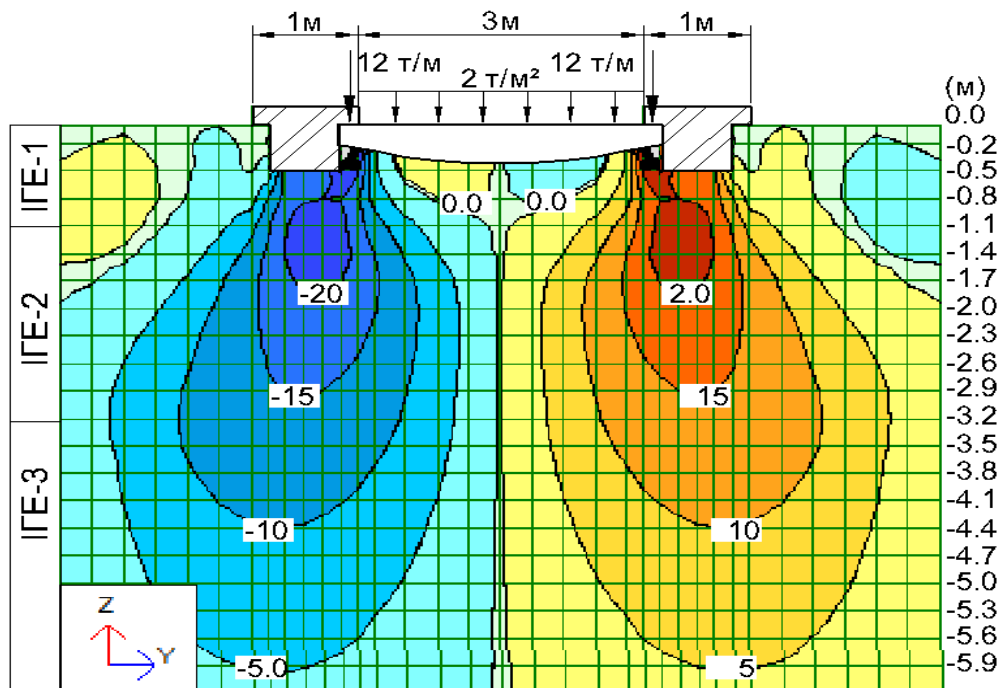
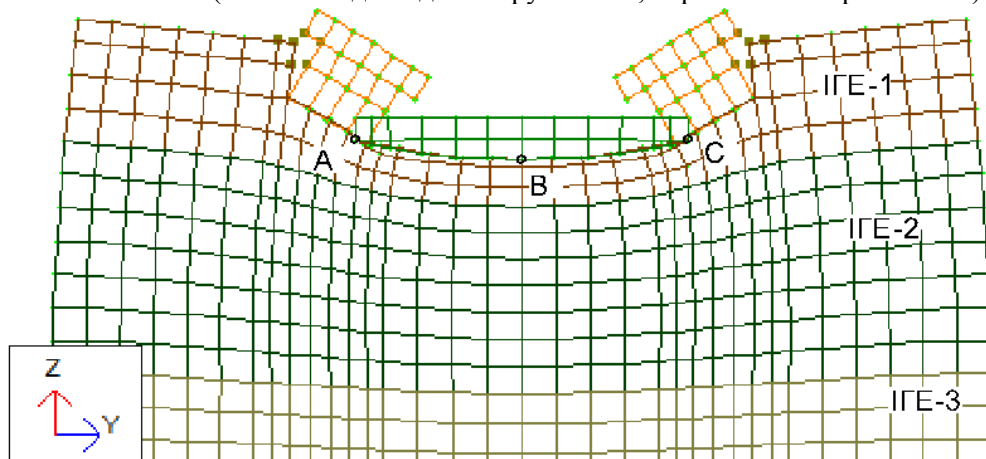


Рис. 7. Лінії рівних напружень зсуву ( $\tau_{xy}$  [кПа]) в ґрунті під плитою від суми першого і другого завантаження (знак «-» відповідає напруженням, спрямованим проти осі Y).



Точка	A	B	C
Осідання, см	5,89	5,89	5,89

Рис. 8. Схема осідання плити від суми першого і другого завантаження.

**б) двопролітна плита**

Розрахункову схему двопролітної плити та результати розрахунку (напруження в ґрунті) подано на рис. 9-12.

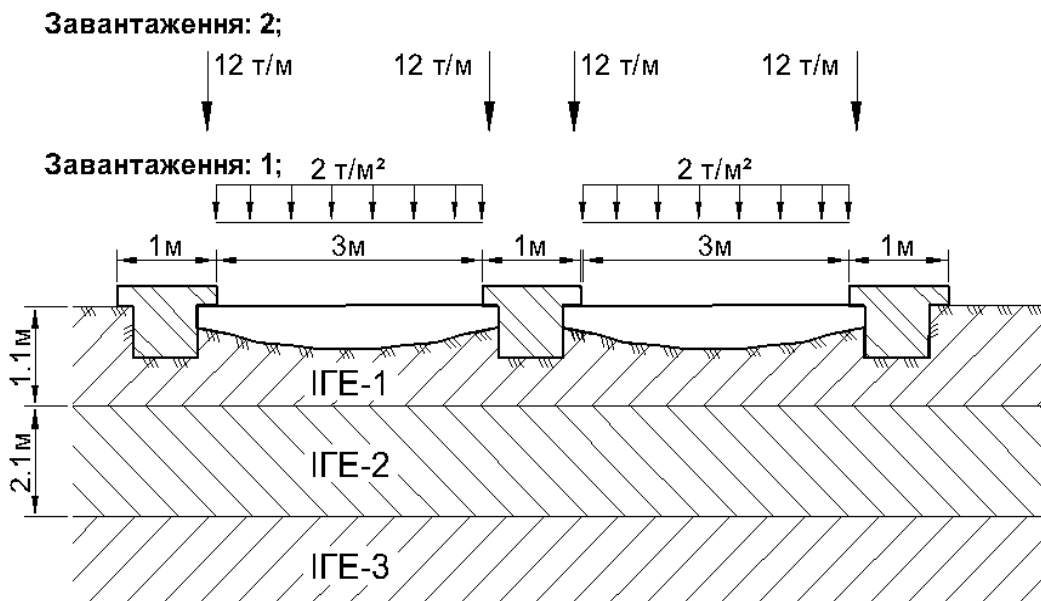


Рис. 9. Розрахункова схема дволінійної плити.

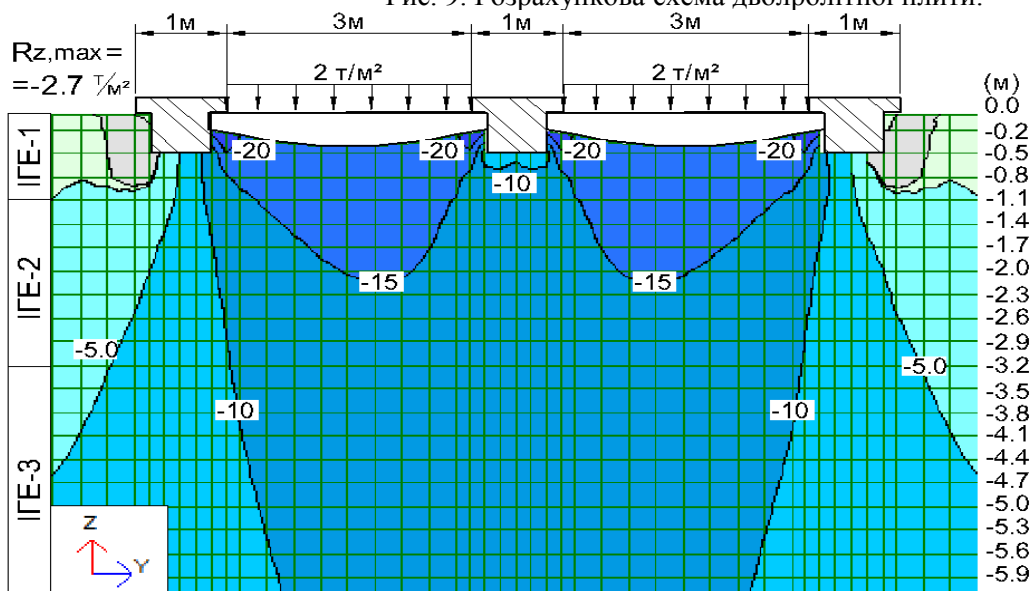


Рис. 10. Лінії рівних напружень стиску в ґрунті ( $R_z$  [кПа]) під плитою від першого завантаження (знак «-» відповідає стиску).

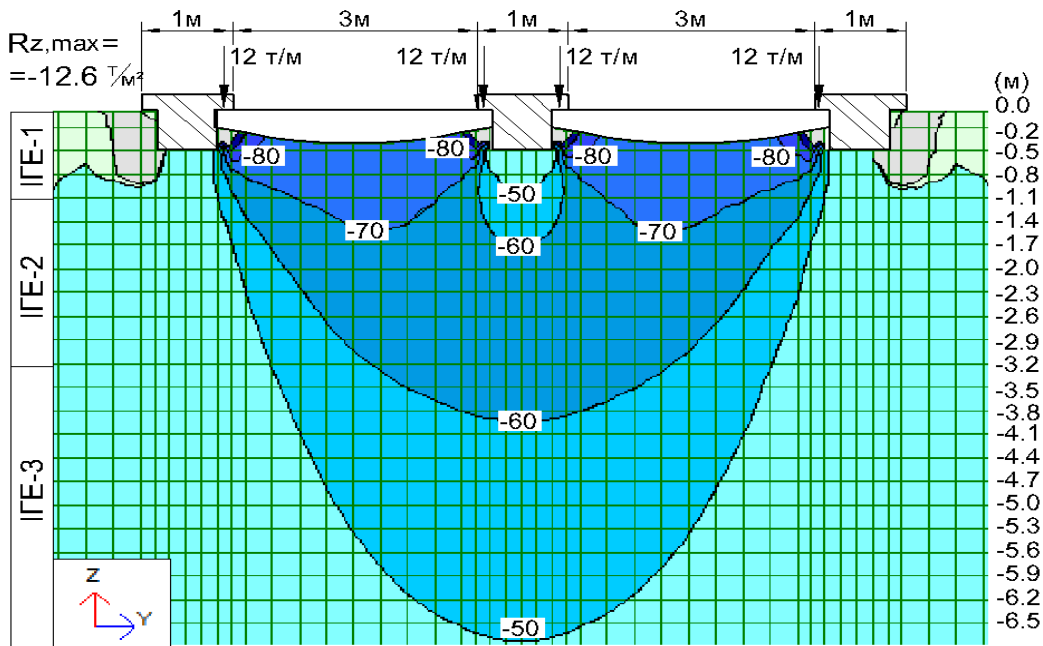


Рис. 11. Лінії рівних напружень стиску в ґрунті ( $R_z$  [кПа]) під плитою від другого завантаження (знак «-» відповідає стиску).

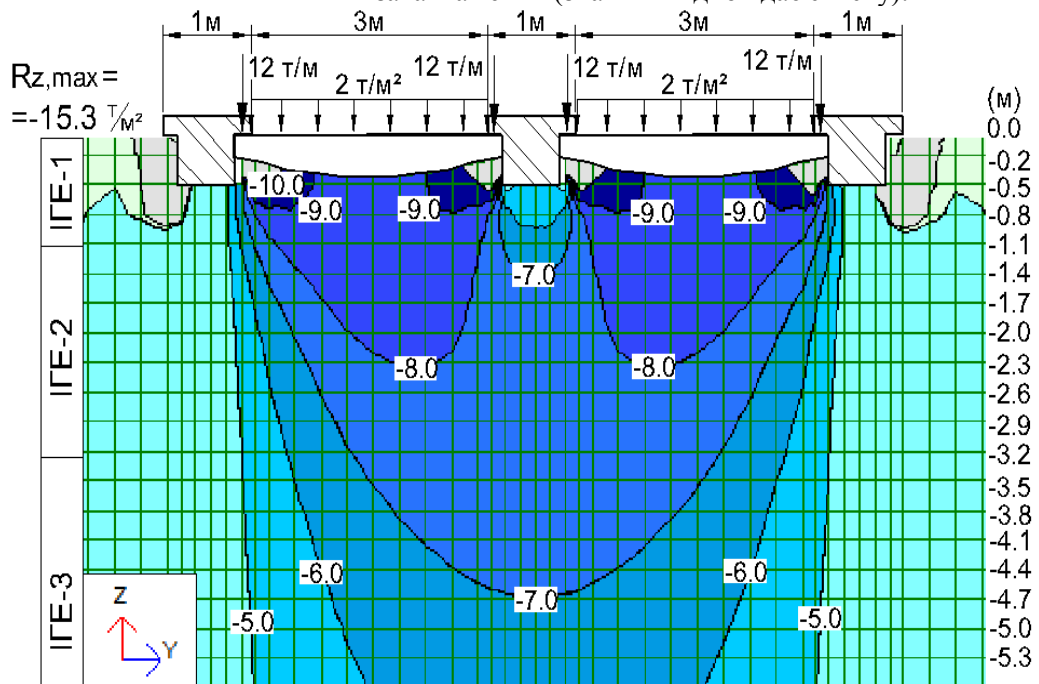


Рис. 12. Лінії рівних напружень стиску в ґрунті ( $R_z$  [кПа]) під плитою від суми першого і другого завантаження (знак «-» відповідає стиску).



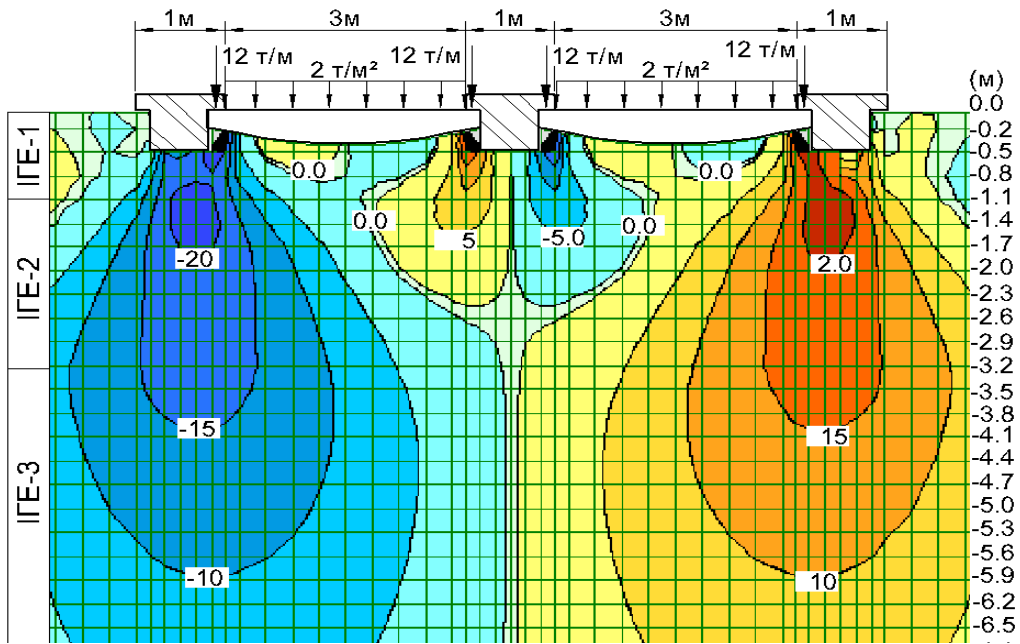
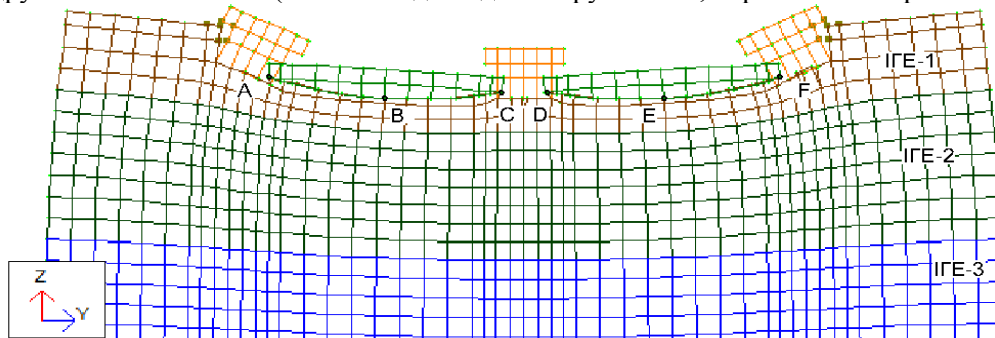


Рис. 13. Лінії рівних напружень зсуву ( $\tau_{xy}$  [кПа]) в ґрунті під плитою від суми першого і другого завантаження (знак «-» відповідає напруженням, спрямованим проти осі Y).



Точка	A	B	C	D	E	F
Осідання, см	6,62	7,40	7,58	7,58	7,40	6,62

Рис. 14. Схема осідання плити від суми першого і другого завантаження.

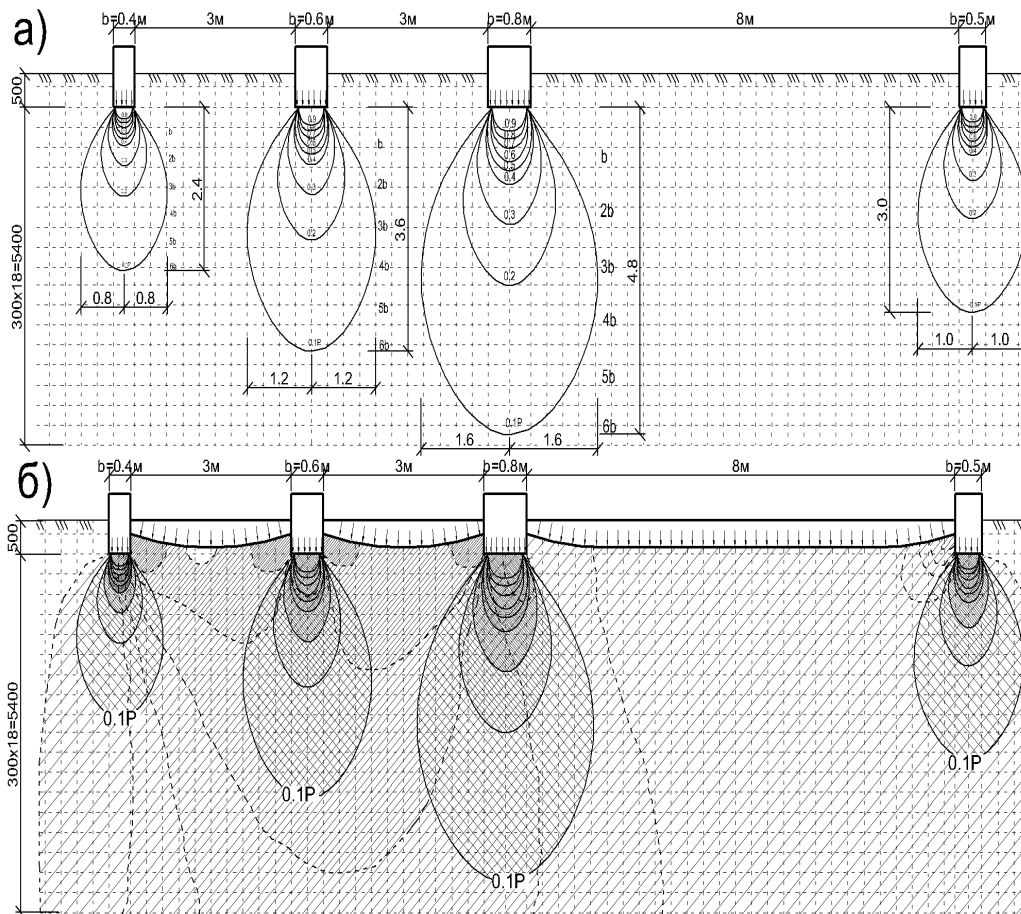


Рис. 15. Лінії рівних тисків у лінійно деформованому масиві ґрунту за плоскої задачі для однорідної основи: а) до улаштування плити підсилення; б) після улаштування плити підсилення.

**Висновки.** На основі отриманих ізобар підтверджується теза про сприйняття нових додаткових навантажень за реконструкції існуючих будівель та її надбудови тільки плитами підсилення, тиск під подошвами існуючих будівель не збільшується.

Графіки ізобар вказують на локальні (місцеві) значення тиску, що дає змогу заздалегідь додатково їх трамбувати, або хімічними підсиленнями, цементациєю тощо.

Під час улаштування плити підсилення виникає можливість додаткового обстеження ґрунтів, визначення типу гідроізоляції.

Під час улаштування плити підсилення немає потреби у відселенні мешканців 1-го поверху.

Такий спосіб підсилення уже апробований у Львові, Києві, Москві, Алупці. Технологія відпрацьована, капітальні вкладення менші і окупуються у 2 - 2,5 рази швидше, ніж від часткового капітального будівництва та за економії часу в 1,5-2,0 рази порівняно з новобудовами.

#### Бібліографічний список

1. Ремонт і підсилення несучих конструкцій і основ : ДБН В.3. 1 – 1– 2002. – К. : Держбуд України, 2003. – 83 с.
2. Коновалов П. А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий / П. А. Коновалов. – М. : Стройиздат, 1988. – 287 с.
3. Основи і фундаментити : міжвід. наук.-техн. зб. Вип. 27. – К. : КНУБА, 2002. – 168 с.
4. Палатников Е. А. Прямоугольная плита на упругом основании / Е. А. Палатников. – М. : Стройиздат, 1964. – 235 с.
5. Тетиор А. Н. Проектирование и сооружение экономичных конструкций фундаментов / А. Н. Тетиор. – К. : Будівельник, 1975, – 204 с.
6. Цытович Н. А. Механика ґрунтов / Н. А. Цытович. – М. : Изд-во ЛКИ, 2008. – 272 с.

**Бойко І., Шевчук Г. Определение давления почвы под криволинейной подошвой монолитной железобетонной плиты усиления фундаментов**

Рассмотрен способ усиления фундаментов монолитной железобетонной плитой с криволинейной подошвой и определено давление на почву как под существующими фундаментами, так и под плитой усиления. Определены изобары сжимающих и сдвигов напряжений по глубине массива почвы, а также и величины оседания подошвы плиты усиления.

**Ключевые слова:** почва, изобары, криволинейная поверхность, плита усиления, контактное давление, штраба.

**Boyko I., Shevchuk G. Determination of pressure of soil is under the curvilinear sole of monolithic reinforced-concrete flag of strengthening of foundations**

The method of shoring of the foundation by using the in-situ concrete slab with bent surface foot was examined and the pressure on the soil both under the existing foundations and the shoring slab was gauged. The isobars of pressure tension and shear stress in the depth of the soil were identified as well as the setting degree of the shoring slab foot.

**Key words:** soil, isobars, bent surface, the shoring slab, contact pressure, toothing.