

УДК 528.48

## ДОСЛІДЖЕННЯ ІНФОРМАТИВНОСТІ ОСІДАЇВ ПОВЕРХНІ ҐРУНТУ ЗА МЕЖАМИ ЗАВАНТАЖЕНОГО КОНТУРУ

М. Дутчин, О. Гера, І. Біда

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

**Ключові слова:** воронка осідання, поверхня ґрунту, завантажений контур, еквівалентний шар ґрунту.

### Постановка проблеми

Однією з основних задач під час проектування геодезичних спостережень за осіданнями і деформаціями інженерних споруд є вибір місця розташування і встановлення пунктів локальних нівелірних мереж.

Точність геодезичних вимірювань значною мірою залежить від стійкості висотного положення вихідних пунктів.

Одним із головних чинників порушення стійкості вихідних пунктів є осідання поверхні ґрунту, зумовлені техногенними впливами.

Як відомо, в процесі ущільнення ґрунту навколо кожної споруди, яка зводиться, утворюється так звана "воронка осідання" (або деформативна зона), область поширення якої залежить, передусім, від ряду фізико-механічних властивостей ґрунту і ваги споруди, тобто від величини її осідання.

Якщо границі поширення воронки осідання будуть практично не визначені, то репери, розташовані, ймовірно, за межею деформативної зони, можуть зміщуватися разом з породами, в яких закладено їх якорі.

Як показують результати спостережень [5], не можна не враховувати впливу деформативної зони на зміщення репера, навіть закладеного на досить значну глибину.

Допустимі для геодезичної практики величини цих зміщень зумовлені точністю визначення висот вихідних пунктів і не повинні виходити за межі цієї точності.

Неврахування цього чинника може призвести до помилкових висновків про стійкість вихідних реперів і, як наслідок, до неправильної інтерпретації результатів геодезичних спостережень.

### Аналіз останніх досліджень та публікацій, які стосуються вирішення цієї проблеми

Дослідження осідань поверхні ґрунту за межами завантаженого контуру описано в численних публікаціях у наукових виданнях.

Так, у роботі [1] наведено схему розташування точок для визначення осідань поверхні ґрунту та алгоритм розрахунку величини максимального осідання ґрунту за межами прямокутного фундаменту.

Результати розрахунків величини середнього і максимального осідань поверхні ґрунту для відстаней  $r = \frac{1}{2}h_a$  (границя зони напружень) і  $r = h_a$  (ймовірна межа поширення воронки осідання) від контуру споруди (де  $h_a$  – глибина активної зони стиснення основи фундаменту) наведено в роботі [2].

У роботі [3] наведено один з методів визначення величини максимального осідання поверхні ґрунту за межами завантаженого контуру, що оснований на моделі лінійно деформуючого півпростору. Наведено величини осідань поверхні ґрунту, розраховані цим методом.

Співвідношення між максимальним осіданням поверхні ґрунту за межами завантаженого контуру і середнім осіданням фундаменту споруди для ряду моделей прямокутних фундаментів наведено в роботі [4].

### Невирішені частини загальної проблеми

Як показують результати досліджень [1, 2], величина осідання ділянки (або точки) поверхні ґрунту за межами фундаменту споруди, за інших однакових умов, залежить від її розташування відносно контуру цієї споруди.

Тому важливим завданням є розроблення оптимальних алгоритмів для розрахунку осідань поверхні ґрунту за межами завантаженого контуру і визначення областей поверхні ґрунту, найменш чутливих до сприйняття статичних навантажень фундаментів споруд.

### Постановка завдання

Завдання роботи – визначити величини осідань точок поверхні ґрунту під впливом статичних навантажень залежно від розташування їх відносно контуру прямокутного фундаменту.

### Вклад основного матеріалу

Для розрахунку осідань поверхні ґрунту за межами завантаженого контуру використовують метод кутових точок еквівалентного шару, оснований на моделі лінійно деформуючого півпростору [6].

За допомогою цього методу можна розрахувати величину осідання будь-якої точки поверхні ґрунту: як в межах площі підшви фундаменту, так і поза його межами.

Величину осідання поверхні ґрунту  $S_{\eta}$  за межами прямокутного фундаменту в точках 1–7 (рис. 1) визначимо за формулами [1]:

$$S_{\eta} = A \left[ 2x\omega \left( \frac{l}{2x} \right) - 2r\omega \left( \frac{l}{2r} \right) \right] m_v \cdot P; \quad (1)$$

$$S_{\eta} = A \left[ x\omega \left( \frac{y}{x} \right) + x\omega \left( \frac{l-y}{x} \right) - \left[ -r\omega \left( \frac{y}{r} \right) - r\omega \left( \frac{l-y}{r} \right) \right] \right] m_v \cdot P; \quad (2)$$

$$S_{\eta} = A \left[ x\omega \left( \frac{l}{x} \right) - r\omega \left( \frac{l}{r} \right) \right] m_v \cdot P; \quad (3)$$

$$S_{r_4} = A \left[ x\omega\left(\frac{y}{x}\right) - x\omega\left(\frac{y-l}{x}\right) - r\omega\left(\frac{y}{r}\right) + r\omega\left(\frac{y-l}{r}\right) \right] m_v \cdot P; \quad (4)$$

і для точок області  $(x > b) \cdot (y \geq 0)$ :

$$S_{r_{5-7}} = A \left\{ x\omega\left(\frac{y}{x}\right) - r\omega\left(\frac{y}{r}\right) + \left[ \text{sgn}(l-y) \left[ x\omega\left(\frac{|l-y|}{x}\right) - r\omega\left(\frac{|l-y|}{r}\right) \right] \right] \right\} m_v \cdot P, \quad (5)$$

де  $A$  – постійний (для кожного виду ґрунту) коефіцієнт потужності еквівалентного шару;  $\omega$  – коефіцієнт кутової точки;  $m_v$  – коефіцієнт відносного стиснення ґрунту;  $l$  – довжина фундаменту;  $r$  – відстань від контуру фундаменту;  $P$  – інтенсивність рівномірно розподіленого навантаження.

Коефіцієнти  $A$  і  $\omega$  визначимо відповідно за формулами [1]:

$$A = \frac{(1 - \mu_0)^2}{1 - 2\mu_0}; \quad (6)$$

$$\omega(\alpha) = \frac{1}{\pi} \left[ \text{arsh}(\alpha) + \alpha \cdot \text{arsh}\left(\frac{1}{\alpha}\right) \right]; \quad (7)$$

де  $\mu_0$  – коефіцієнт поперечного розширення ґрунту;  $\alpha$  – співвідношення сторін прямокутників кутової точки (при цьому  $\lim_{\alpha \rightarrow 0} \omega(\alpha) = 0$ ).

Враховуючи симетрію розташування точок відносно центра площі підшви фундаменту, розрахунки достатньо проводити для  $\frac{1}{4}$  фундаменту, тобто для точок 1–7 (рис. 1).

Величини осідань точок поверхні ґрунту за межами контуру моделі прямокутного фундаменту, розраховані за формулами (1)–(5), наведено в таблиці. Параметри цієї моделі такі:  $l = 17 \text{ м}$ ;  $b = 4 \text{ м}$ ;  $\mu_0 = 0,2$ ;  $m_v = 3,7 \cdot 10^{-4} \text{ см}^2/\text{Н}$ ;  $P = 2,95 \text{ Н}/\text{см}^2$ .

Як впливає з проведених розрахунків, максимальну величину осідання поверхні ґрунту зафіксовано в точці 1, мінімальну – в точці 4 (рис. 1).

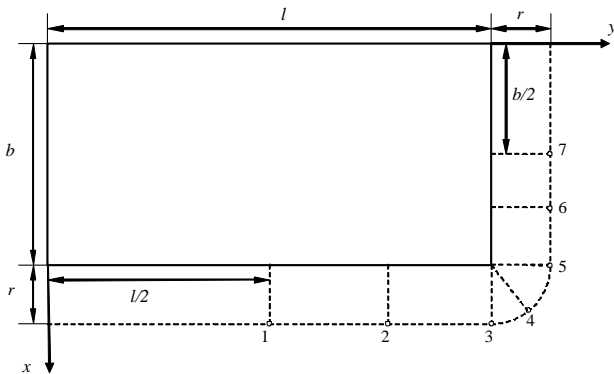


Рис. 1. Розташування точок у визначенні осідань поверхні ґрунту

**Величини осідань точок поверхні ґрунту за межами прямокутного фундаменту**

r, м	Величини осідань $S_r$ , мм						
	$S_{r_1}$	$S_{r_2}$	$S_{r_3}$	$S_{r_4}$	$S_{r_5}$	$S_{r_6}$	$S_{r_7}$
5	3,08	2,91	2,42	2,11	2,13	2,17	2,18
10	1,97	1,90	1,71	1,46	1,46	1,47	1,47
20	1,12	1,10	1,06	0,92	0,91	0,91	0,91
30	0,78	0,77	0,76	0,67	0,66	0,66	0,66
40	0,60	0,59	0,59	0,53	0,52	0,52	0,52
50	0,48	0,48	0,48	0,44	0,43	0,43	0,43
60	0,41	0,40	0,40	0,37	0,37	0,37	0,37
70	0,35	0,35	0,35	0,33	0,32	0,32	0,32
80	0,31	0,31	0,31	0,29	0,29	0,29	0,29
90	0,27	0,27	0,27	0,26	0,26	0,26	0,26
100	0,25	0,25	0,25	0,23	0,23	0,23	0,23

Для розрахунку осідань за наведеними вище алгоритмами та побудови ліній рівних осідань поверхні ґрунту розроблено програму алгоритмічною мовою PASCAL.

Лінії рівних осідань поверхні ґрунту за межами контуру моделі прямокутного фундаменту наведено на рис. 2.

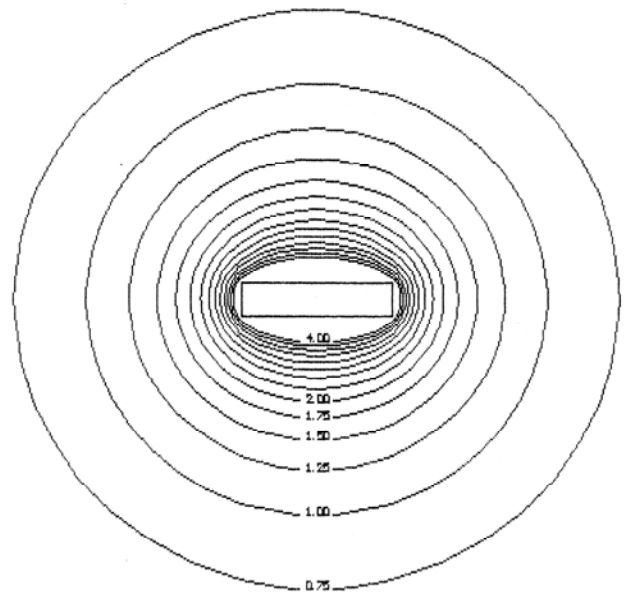


Рис. 2. Лінії рівних осідань поверхні ґрунту за межами контуру моделі фундаменту, мм

**Висновки**

Для зменшення впливу осідань поверхні ґрунту на зміщення вихідних реперів їх доцільно розташовувати на продовженні ліній контуру фундаменту або навпроти його кутів.

**Література**

1. Дутчин М. До визначення розмірів поширення воронки осідання під впливом статичних навантажень фундаментів споруд / М. Дутчин // Сучасні досягнення геодезії, геодинаміки та геодезичного виробництва. – 1999. – С. 80–82.

2. Дутчин М. Дослідження осідань поверхні ґрунту в умовах статичних навантажень фундаментів споруд / М. Дутчин // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2004. – С. 207–209.
3. Дутчин М. До визначення максимальних осідань поверхні ґрунту за межами завантаженого контуру / М. Дутчин, Г. Мельниченко // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2005. – С. 160–163.
4. Дутчин М. Дослідження осідань поверхні ґрунту за межами завантаженого контуру / М. Дутчин, Є. Ільків, І. Біда // Нові технології в геодезії, землевпорядкуванні та природокористуванні: матеріали VI міжнародної науково-практичної конференції (м. Ужгород, 24–27 жовтня 2012 р.). – С. 68–70.
5. Методы и приборы высокоточных геодезических измерений в строительстве / В.Д. Большаков, И.Ю. Васютинский, Е.Б. Ключин и др. – М.: Недра, 1976. – 335 с.
6. Цытович Н.А. Механика ґрунтов: учебник / Н.А. Цытович. – М.: Высшая школа, 1983. – 288 с.

### Дослідження інформативності осідань поверхні ґрунту за межами завантаженого контуру

М. Дутчин, О. Гера, І. Біда

Розглянуто питання осідань фіксованих точок поверхні ґрунту за межами прямокутного фундаменту під впливом статичних навантажень.

### Исследование информативности оседаний поверхности ґрунта за пределами загруженного контура

М. Дутчин, О. Гера, И. Бидя

Рассмотрены вопросы оседаний фиксированных точек поверхности ґрунта за пределами прямоугольного фундамента под влиянием статических нагрузок.

### Research of soil surface subsidence outside the loaded perimeter

M. Dutchin, O. Gera, I. Bida

The problem of soil surface fixed points subsidence outside the rectangular foundation under the influence of static loads is discussed.

## ОСНОВА ДЛЯ НАУК ПРО ЗЕМЛЮ

- відомості про референцні системи
- опис реалізації земної та небесної систем координат
- перетворення геодезичних координат і нормальних висот
- реалізація Європейської вертикальної референцної системи
- принципи побудови референцної висотної поверхні на основі методу скінченних елементів

### РЕФЕРЕНЦНІ СИСТЕМИ В ГЕОДЕЗІЇ

Навчальний посібник.  
Марченко О. М.,  
Третьяк К. Р., Ярема Н. П.  
Львів: Видавництво  
Львівської політехніки,  
2013. 220 с.



НОВИНКА

### ГНСС-МЕТЕОРОЛОГІЯ

Навчальний посібник. Заблоцький Ф. Д.  
Львів: Видавництво Львівської політехніки,  
2013. 93 с.

### ГНСС-МЕТЕОРОЛОГІЯ

НОВИНКА

- відомості про атмосферу Землі
- атмосфера та її вплив на поширення ГНСС-сигналів
- методи вимірювання метеорологічних величин
- фізика ГНСС-метеорології

Не тільки барометрам  
відома мінливість погоди