

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 624.159.2:624.131.37

Ю. Л. ВИННИКОВ^{1*}, Н. А. КОСТОЧКА², І. В. МІРОШНИЧЕНКО³

^{1*} Кафедра «Видобування нафти і газу та геотехніки», Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Першотравневий пр., 24, Полтава, Україна, 36011, тел. +38 (067) 256 42 86, ел. пошта vunnykov@yandex.ru

² Кафедра «Видобування нафти і газу та геотехніки», Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Першотравневий пр., 24, Полтава, Україна, 36011, тел. +38 (099) 964 62 79, ел. пошта marsel_kot@mail.ru

³ Кафедра «Видобування нафти і газу та геотехніки», Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Першотравневий пр., 24, Полтава, Україна, 36011, тел. +38 (099) 619 93 53, ел. пошта iramuxa@i.ua

ВИЗНАЧЕННЯ ОСІДАННЯ ОСНОВИ БУДІВЕЛЬ ЗА ПОКАЗНИКОМ СТИСКАННЯ ҐРУНТУ

Мета. Удосконалити методику розрахунку осідання основи фундаментів будівель з урахуванням впливу тиску на величини параметрів стисливості ґрунту за глибиною стисливої товщі. **Методика.** Лабораторні методи визначення фізичних і деформаційних властивостей ґрунтів; методи механіки ґрунтів; розрахунок осідання основи фундаментів методом пошарового підсумовування. **Результати.** Для удосконалення методики прогнозування осідання основи будівель виконано порівняльні розрахунки осідання основи методом пошарового підсумовування за методиками ДБН В.2.1-10-2009 з використанням модуля деформації ґрунту та ПолтНТУ з використанням показника стискання ґрунту. Підвищено точність методики прогнозування осідання основи фундаментів будівель шляхом використання в ній показника стискання ґрунту й урахування впливу тиску на деформаційні параметри ґрунту і зміни його пористості за глибиною стисливої товщі. Результати розрахунків за удосконаленою та нормативною методиками порівняно з даними натурних спостережень. Осідання основ фундаментів, визначені через цей показник, до 27 % перевищують розраховані через модуль деформації ґрунту. **Наукова новизна.** Підвищено точність методики прогнозування осідання основи фундаментів будівель використанням в ній показника стискання ґрунту й урахуванням впливу тиску на деформаційні параметри ґрунту за глибиною стисливої товщі. **Практична значимість.** Підвищено достовірність прогнозування осідання ґрунтової основи фундаментів будівель.

Ключові слова: компресійне випробування ґрунту; бічне розширення ґрунту; коефіцієнт пористості ґрунту; модуль деформації ґрунту; показник стискання ґрунту; стисливість; основа; осідання

Вступ

За параметр стисливості ґрунту в геотехніці прийнято модуль деформації E , який використовують при прогнозуванні осідань основ будівель і споруд [1, 2]. Він залежить від початкового коефіцієнту пористості e_0 , коефіцієнту стисливості m_0 , коефіцієнту відносної стисливості m , зразків і коефіцієнта відносної поперечної деформації β . Достовірність визначень цих характеристик впливає на точність модуля E . Недоліки модуля деформації полягають у неврахуванні нелінійної стисливості ґрунту та визначенні його величини у вузькому інтервалі тиску за кожним зразком, властивості яких крім об'єктивної інформації про стисливість містять й суб'єктивну, про стисливість конкретного зразка [3-8]. Це викликає великий розкид да-

них, що значно знижує точність визначення параметрів стисливості основи, з якої відібрані зразки [9].

Для підвищення достовірності результатів оцінювання стисливості ґрунтів в ПолтНТУ удосконалено пристрої для визначення їх деформаційних параметрів за умов одновісного стиску, які усувають недоліки компресійного пристрою – відсутність бічного розширення ґрунту й тертя зразка за стінками кільця, що зменшують фактичну стисливість ґрунтів. Результати випробувань ґрунту в удосконаленому та стандартному приладах порівняно між собою [9, 10].

Обґрунтовано показник стискання ґрунту, що відображає відносну зміну коефіцієнта пористості зразка в компресійних випробуваннях [11]. Стисливість ґрунту залежить від його початкової пористості й, відповідно, початкового

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

коефіцієнту пористості. Тому, щоб виключити вплив пористості окремих зразків на характеристику стисливості її величину, доцільно визначати, як відносне зменшення коефіцієнта пористості при стисканні зразка ґрунту за виразом

$$N_{pw}^i = (e_0^i - e_p^i) / e_0^i = \Delta e_p^i / e_0^i, \quad (1)$$

де N_{pw}^i – показник стискання i -го зразка; e_0^i , e_p^i – коефіцієнти пористості i -го зразка ґрунту, відповідно початковий і після прикладання тиску; Δe_p^i – зменшення коефіцієнту пористості i -го зразка після прикладання тиску p .

Параметр N_{pw} було названо показником стискання ґрунту [11]. Його визначають як середню величину показників стискання зразків

$$N_{pw} = \sum_{i=1}^n \frac{e_0^i - e_p^i}{e_0^i \cdot n} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta e_p^i}{e_0^i \cdot n} = \sum_{i=1}^n \frac{N_{pw}^i}{n}, \quad (2)$$

де N_{pw} – показник стискання ґрунту певної вологості від тиску.

Індекс у показника вказує на те, що його визначають при конкретних значеннях тиску і вологості. Показник стискання ґрунту відображає відносне зменшення його коефіцієнта пористості при стисканні тиском.

Достовірність визначення осідань основ будівель і споруд є необхідною умовою для їх надійної експлуатації. Для удосконалення методики прогнозування осідання основи будівель є сенс виконати порівняльні розрахунки осідання основи методом пошарового підсумовування за методиками ДБН В.2.1-10-2009 [2] (тобто з використанням модуля деформації ґрунту E) та ПолтНТУ (з використанням показника стискання ґрунту N_{pw}).

Мета

Удосконалити методику розрахунку осідання основи фундаментів будівель з урахуванням впливу тиску на величини параметрів стисливості ґрунту за глибиною стисливої товщі.

Методика

Метод пошарового підсумовування [2] завдяки універсальності набув найбільшу популярність серед геотехніків у практиці прогнозів осідань основ будівель і споруд. Осідання основи у ньому визначають за формулою

$$S = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zp,i} h_i}{E_i} + \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{z\gamma,i} \cdot h_i}{E_{e,i}}, \quad (3)$$

де $\beta = 0,8$; $\sigma_{zp,i}$ – середнє значення додаткового тиску в i -му елементарному шарі; h_i – товщина i -го шару ґрунту; $\sigma_{z\gamma,i}$ – середня величина вертикального напруження від власної ваги ґрунту, вийнятого з котловану, в i -му шарі на вертикалі, що проходить через центр підшови фундаменту, на глибині z від цієї підшови; E_i , $E_{e,i}$ – модуль деформації i -го шару ґрунту за гілкою відповідно первинного та вторинного навантаження (модуль пружності); n – кількість елементарних шарів у межах стислої товщі.

Відомо цілий ряд пропозицій з уточнення прогнозу осідань цим методом, зокрема, шляхом:

- обмеження потужності стислої товщі урахування структурної міцності ґрунту (М. Ю. Абелєв, О. В. Голлі, Ю. Ф. Тугаєнко, В. Б. Швець [4] та ін. [7]);

- введення в розрахунок змінного за глибиною масиву модуля деформації (Б. І. Далматов [12], Г. К. Клейн, О. Г. Шашкін [13] та ін.);

- урахування природного напруженого стану ґрунту при визначенні модуля деформації за лабораторних умов (Б. І. Далматов, О. В. Голлі, М. Б. Лісюк [14]);

- визначення коефіцієнта β , яка гарантує безпечно урахування впливу бічного обтиснення ґрунту на осідання основи (С. Г. Безволев, В. Г. Федоровський, В. Ф. Александрович [8]). Величина β змінна. Її оцінюють за параметрами міцності ґрунту: нормалізованого зчеплення \bar{c} (постійна для різновиду ґрунту) й еквівалентного тиску σ_e , що відповідає коефіцієнту пористості e ґрунту на кривій первинної компресії. Недолік методики – в складності встановлення відповідних параметрів в умовах вишуквальних і проектних організацій;

- урахування структурної міцності ґрунтів (В. М. Широков [15]), збільшення кількості ступенів навантаження при компресійних дослідках (і зменшення їх величин) порівняно зі

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

звичайними методиками в межах структурної міцності. Недолік цього підходу той же, що й у попередньому випадку;

– призначення глибини розрахункової області як певного умовного параметру, не пов'язаного прямо з уявленнями про закономірності деформування ґрунту, за емпіричним виразом, числові параметри якого залежать від виду ґрунту (В. В. Лушніков та ін. [16]). Цей спосіб не досить наглядний, бо в ньому в чистому вигляді не застосовують параметри стисливості ґрунтів;

– урахуванням: змінності модуля деформації ґрунту в усьому діапазоні тиску, що сприймає основа при навантаженні; коефіцієнта β_z за міцністю ґрунту; деформаційної анізотропії ґрунтів; закономірностей зміни модуля деформації ґрунту за глибиною стислої товщі (Ю. Л. Винников, А. В. Яковлев [8]).

Результати

Осідання ґрунтової основи фундаментів будівель і споруд методом пошарового підсумовування за формулою (3) визначено відповідно до розрахункової схеми, поданої на рис. 1, згідно [2].

Аналізуючи вираз (3), можна відзначити, що модуль деформації ґрунту, не може достатньо коректно характеризувати стисливість основи від додаткового напруження до $\sigma_{zp} = 0,2 \cdot \sigma_{zg}$, бо його величину зазвичай визначають в інтервалі тиску 0,1...0,2 МПа.

Тому пропонується розраховувати осідання основи фундаментів методом пошарового підсумовування за показником стискання ґрунту.

Осідання шару ґрунту виражається формулою

$$e_p = e_o - \Delta h/h(1 + e_o), \quad (4)$$

де e_o, e_p – відповідно коефіцієнти пористості ґрунту початковий і при тиску.

Звідки

$$\frac{\Delta h}{h} \cdot (1 + e_o) = e_o - e_p, \quad (5)$$

тоді осідання шару ґрунту товщиною дорівнює

$$\Delta h = \frac{e_o - e_p}{1 + e_o} \cdot h. \quad (6)$$

Із формули (1) зменшення коефіцієнту пористості при стисканні складає

$$e_o - e_p = N_{pw} \cdot e_o. \quad (7)$$

Підставивши значення (7) у формулу (6), маємо

$$\Delta h = \frac{N_{pw} e_o}{1 + e_o} \cdot h. \quad (8)$$

Замінивши на осідання i -го шару ґрунту S_i товщиною h_i , отримуємо

$$S_i = N_{pw}^i \frac{e_o}{1 + e_o} \cdot h_i. \quad (9)$$

Звідки суму осідань окремих шарів можливо описати наступним виразом

$$S = \sum_{i=1}^n S_i = \sum_{i=1}^n N_{pw}^i \frac{e_o}{1 + e_o} \cdot h_i, \quad (10)$$

де S_i – осідання ґрунтової основи від навантаження фундаменту; коефіцієнт $= 0,8$; N_{pw}^i – показник стискання i -го шару ґрунту; e_o^i – початковий коефіцієнт пористості i -го шару ґрунту; h_i – товщина i -го шару ґрунту.

Розрахунок за формулою (10), що виражається через величину, осідання методом пошарового підсумовування, враховує зміну напруженого стану за глибиною ґрунтової основи від вертикального навантаження та вплив пористості ґрунту на його стискання.

Осідання ґрунтової основи визначались за двома деформаційними характеристиками (модулем деформації E та показником стискання ґрунту), що отримані у пристроях К-1 та СБРГ [10]. Відповідно до методики випробувань при проведенні на конкретних видах пристроїв, було застосовано належні методики розрахунків.

Для підтвердження більшої достовірності значень осідань ґрунтової основи за показником стискання ґрунту, ніж за його модулем деформації проведено порівняльний аналіз результатів тривалих геодезичних спостережень за осіданнями натурного об'єкту (секції шестиповерхового житлового будинку) та розрахованих за обома методиками величин осідання його основи. Ділянка забудови розміщена у центральній частині м. Полтави. У геоморфо-

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

логічному відношенні її віднесено до Полтавського лесового плато. Рівень ґрунтової води склав 5,0 м від денної поверхні. У межах ділянки під секцію IV будинку виділені такі інженерно-геологічні елементи (ІГЕ): ІГЕ-1 – насипний ґрунт і ґрунтово-рослинний шар (потужністю 1,4 м); ІГЕ-2 – суглинок лесовий, твердий,

високопористий, просадочний (3,1 м); ІГЕ-3 – суглинок лесовий, текучопластичний (5,6 м); ІГЕ-4 – суглинок тугопластичний (4,8 м); ІГЕ-5 – суглинок лесовий, м'якопластичний (пройдено до глибини 17 м). Фізико-механічні характеристики ґрунтів наведено у табл. 1.

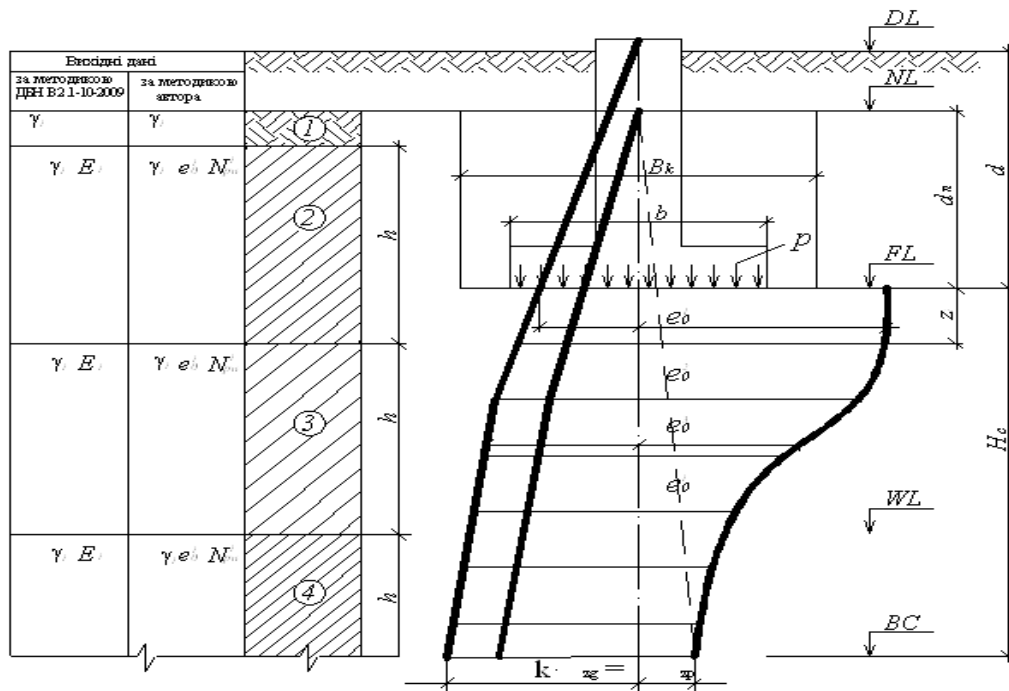


Рис. 1. Схема до визначення осідання фундаментів методом пошарового підсумовування за нормами [2] та з використанням показника:

(умовні позначення на схемі: DL – позначка планування; NL – позначка поверхні природнього рельєфу; FL – позначка підшови фундаменту; BC – нижня межа стисливої товщі; d_n і d – глибина закладання підшови фундаменту відповідно від рівня природнього рельєфу та рівня планування; p – середній тиск під підшовою фундаменту; H_c – глибина стисливої товщі; B_k – ширина котловану; σ_{zg} і σ_{zg0} – напруження від власної ваги ґрунту на глибині z і на рівні підшови фундаменту; σ_{zp} і σ_{zp0} – додатковий тиск на основу від фундаменту на глибині z і на рівні підшови фундаменту; b – ширина підшови фундаменту; E_i – модуль деформації i -го шару ґрунту; e_0 – початковий коефіцієнт пористості i -го шару ґрунту; k – коефіцієнт визначення нижньої межі стисливої товщі)

Таблиця 1

Значення фізико-механічних властивостей ґрунтів ділянки під секцію IV житлового будинку у м. Полтава

Характеристики ґрунтів	Номери ІГЕ, значення характеристик				
	1	2	3	4	5
Вологість на межі текучості	-	0,36	0,28	0,36	0,29
Вологість на межі пластичності	-	0,21	0,18	0,21	0,19
Число пластичності	-	0,15	0,10	0,15	0,10
Вологість природна	0,16	0,20	0,26	0,28	0,25
Показник текучості	-	-0,07	0,80	0,47	0,60
Питома вага частинок ґрунту, кН/м^3	-	26,56	26,36	26,56	26,46

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

Закінчення таблиці 1

Характеристики ґрунтів	Номери ІГЕ, значення характеристик				
	1	2	3	4	5
Питома вага ґрунту, кН/м^3	15,00	16,60	18,66	18,47	18,79
Питома вага сухих ґрунту, кН/м^3	-	13,83	14,81	14,43	15,03
Коефіцієнт пористості	-	0,92	0,78	0,84	0,76
Розрахункові значення характеристик ґрунтів					
Питома вага ґрунту, $\gamma_{\text{п}}, \text{кН/м}^3$	-	16,46	18,52	18,33	18,62
Питоме зчеплення, $c_{\text{п}}, \text{кПа}$	-	11	8	16	9
Кут внутрішнього тертя, $\varphi_{\text{п}}, \text{град.}$	-	25	28	26	28
Модуль деформації, $E, \text{МПа}$	-	6	8	11	8

Будівництво секції IV (рис. 2) велося з квітня 2010 р. по грудень 2011 р. Середній тиск під подошвою стрічкових фундаментів на природній основі склав $p = 180$ кПа при розрахунковому опорі ґрунту $R = 200$ кПа.

У процесі зведення та подальшої експлуатації будівлі організовано геодезичне спостереження за осіданнями її основи під керівництвом і за методикою [17] проф. М. Л. Зоценка шляхом нівелювання за III класом точності стінових поверхневих марок (рис. 3) у характерних місцях на рівні цоколя несучих стін. Типові графіки осідань марок секції наведено на рис. 4.



Рис. 2. Загальний вигляд будинку в м. Полтаві (секція IV найближча)

Розрахунок осідань основи фундаментів виконано методом пошарового підсумовування (рис. 5): 1) через модуль деформації ґрунту E ; 2) через показник стискання

ґрунту, котрий визначено в кожному шарі при відповідному тиску на глибині з урахуванням початкового коефіцієнту пористості ґрунту цього шару (рис. 6).



Рис. 3. Поверхнева марка на об'єкті в м. Полтаві

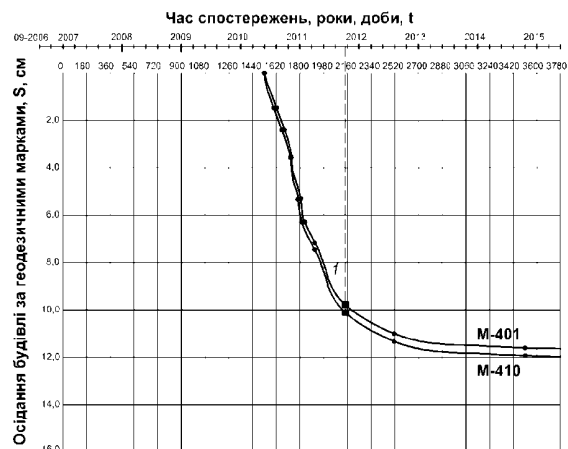


Рис. 4. Графіки осідання у часі секції IV за стіновими марками: 1 – завершення будівництва секції I (дані проф. М. Л. Зоценка)

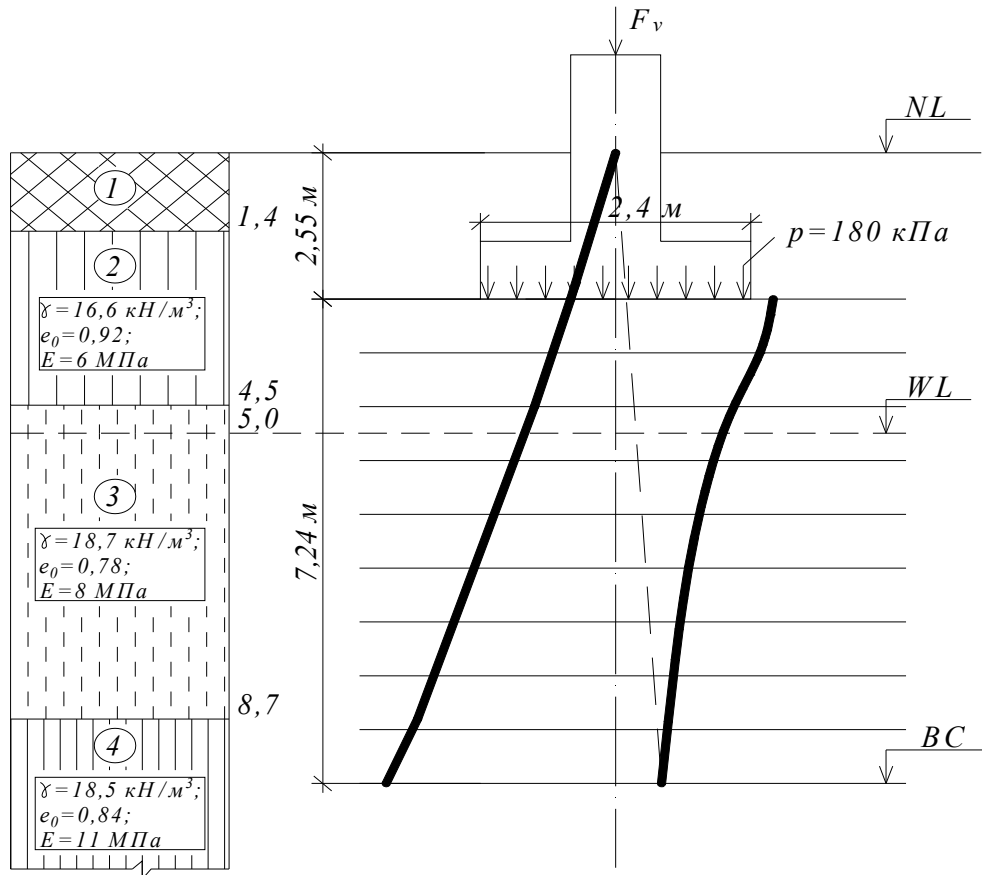


Рис. 5. Схема до визначення осідання основи фундаментів методом пошарового підсумовування за модулем деформації ґрунту секції IV по вул. Паризької Комуни в м. Полтаві

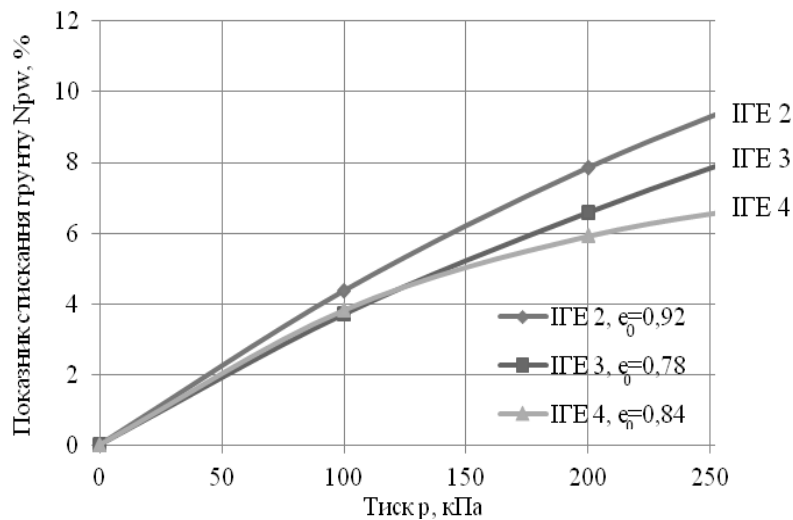


Рис. 6. Графік визначення показників стиснення ґрунтів для розрахунку осідання основи фундаментів секції IV по вул. Паризької Комуни в м. Полтаві

Порівняння результатів розрахованих величин осідань основи секції IV за двома методами з даними натурних спостережень наведено в табл. 2.

Порівняння результатів розрахованих за двома методиками значень осідань основи фундаментів секції IV будинку з даними натурних спостережень

№ ПЕ	Початковий коефіцієнт пористості ґрунту e_0	Модуль деформації ґрунту E , МПа	Осідання основи S , м, визначене через модуль деформації E [2]	Показник стиснення ґрунту	Осідання основи S , м, визначене через показник стиснення	Осідання основи S , м, визначене за геодезичними спостереженнями
2	0,92	6,0	0,088	7,62	0,138	0,119
3	0,78	8,0		6,45		
4	0,84	11,0		5,61		

Порівнюючи результати розрахунків за двома методиками з даними натурних спостережень, встановлено, що осідання основи, визначене за методикою автора має більш наближені до фактичних значення, ніж за нормативною методикою [2]. Величина осідання основи за показником стиснення ґрунтів на 36 % перевищує величину, розраховану за модулем деформації. При цьому осідання основи, визначене через показник стиснення ґрунту, на 13,8 % перевищує величину, отриману за геодезичними спостереженнями, а осідання основи, розраховане через модуль деформації ґрунту, на 26 % менше за дані спостережень.

Наукова новизна та практична значимість

За результатами роботи підвищено точність і достовірність методики прогнозування осідання основи фундаментів будівель шляхом використання в ній показника стиснення ґрунту й урахуванням впливу тиску на деформаційні параметри ґрунту за глибиною стисливої товщі.

Висновки

Таким чином, показник стиснення відображає відносну зміну коефіцієнта пористості при стисненні ґрунту, а його величина не залежить від пористості окремих зразків ґрунту. Розрахунок осідання основи фундаментів з використанням цієї характеристики враховує зміну додаткового тиску та коефіцієнта пористості ґрунту за глибиною стисливої товщі, а проведення лабораторних випробувань на пристрої СБРГ враховує бічне розширення ґрунту при стис-

канні. Означені чинники підвищують достовірність визначення параметрів стисливості ґрунту та дають можливість більш точного прогнозу осідання ґрунтової основи фундаментів будівель.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ Б В.2.1-4-96. Ґрунти. Методи лабораторного визначення характеристик міцності і деформованості [Текст] – Надано чинності 1997-04-01. – Київ : Держ. ком. України у справах містобуд. та архіт., 1997. – 101 с.
2. ДБН В.2.1-10:2009. Об'єкти будівництва та промислова продукція будівельного призначення. Основи та фундаменти будинків і споруд. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. Зі змінами №1 і №2. [Текст]. – Надано чинності 2009-01-07. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 161 с.
3. Линник, Г. О. Компресійні дослідження щебеневево-ґрунтової суміші для повторного застосування [Текст] / Г. О. Линник, В. Д. Петренко, О. Л. Тютькін, І. М. Петрівська // Мости та тунелі : теорія, дослідження, практика. – 2012. – Вип. 1. – С. 40-45.
4. Механіка ґрунтів. Основи та фундаменти. Підручник [Текст] / В. Б. Швець, І. П. Бойко, Ю. Л. Винников, М. Л. Зоценко, О. О. Петраков, О. В. Солодянкін, В. Г. Шаповал, О. М. Шашенко, С. В. Біда. – Дніпропетровськ : «Пороги», 2014. – 232 с., вид. друге, перероб. і доп.
5. Braja M. Das Shallow foundations. Bearing capacity and settlement. CRC Press. Taylor & Francis Group, 2009. 327 p.
6. Mechi J. Geotechnical Engineering Examples and Solutions Using the Cavity Expanding Theory. Budapes, Hungarian Geotechnical Society, 2013. 221 p.
7. Нікіфорова, Н. А. Встановлення придатності використання порід розкриву буровугільних

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

- кар'єрів у будівельній галузі [Текст] / Н. А. Нікіфорова, А. Ю. Дриженко, І. Л. Сафронов, В. І. Стецюк // Мости та тунелі : теорія, дослідження, практика. – 2012. – Вип. 1. – С. 65-68.
8. Винников, Ю. Л. Математичне моделювання взаємодії фундаментів з ущільненими основами при їх зведенні та наступній роботі: Монографія [Текст] / Ю. Л. Винников. – Полтава : ПолтНТУ імені Юрія Кондратюка, 2016. – 280 с., вид. друге, перероб. і доп.
 9. Винников, Ю. Л. Підвищення достовірності показників стисливості основи за даними компресійних випробувань ґрунтів [Текст] / Ю. Л. Винников, Н. А. Косточка // Ресурсоєкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: 36. наук. пр. Вип. 27. – Рівне : НУВГП, 2013. – С. 407-414.
 10. Пристрій для визначення характеристик деформованості ґрунтів в умовах одновісного стиску [Текст] // Ю. Л. Винников, Н. А. Косточка Патент на корисну модель №56732. E02D 1/02 (2011.01) G01B 5/30 (2011.01). Реєстраційний номер заявки у 2010 08311. Дата подання 05.07.2010. Дата, з якої є чинними права на корисну модель 25.01.2011, Бюл. № 2, 2011 р.
 11. Косточка, Н. А. Прогноз деформацій основ на базі компресійних випробувань ґрунтів [Текст] : Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.23.02 / Н. А. Косточка. – Полтава : ПолтНТУ, 2015. – 22 с.
 12. Далматов, Б. И. К вопросу о расчете оснований зданий [Текст] / Б. И. Далматов // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1992. – № 1. – С. 6-7.
 13. Улицкий, В. М. Геотехническое сопровождение развития городов [Текст] / В. М. Улицкий, А. Г. Шашкин, К. Г. Шашкин – Санкт-Петербург : «Стройиздат Северо-Запад», Группа компаний «Геореконструкция», 2010. – 551 с.
 14. Парамонов, В. Н. Метод конечных элементов при решении нелинейных задач геотехники [Текст] / В. Н. Парамонов. – Санкт-Петербург : «Геореконструкция», 2012. – 264 с.
 15. Широков, В. Н. Расчет осадок оснований с учетом структурной прочности грунтов [Текст] / В. Н. Широков, А. К. Мурашов // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1988. – № 5. – С. 21-23.
 16. Лушников, В. В. Оценка характеристик деформируемости элювиальных грунтов по результатам измерений деформаций зданий [Текст] / В. В. Лушников // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2011. – № 3. – С. 16-22.
 17. Зоценко, М. Л. Напряжено-деформованный стан основ фундаментів, які споруджують без виймання ґрунту [Текст] : Автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.02. / М. Л. Зоценко. – Київ : НДІБК, 1994. – 44 с.

Ю. Л. ВИННИКОВ^{1*}, Н. А. КОСТОЧКА², И. В. МИРОШНИЧЕНКО³

^{1*} Кафедра «Добычи нефти и газа и геотехники», Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Первомайский пр., 24, Полтава, Украина, 36011, тел. +38 (067) 256 42 86, эл. почта vunnykov@yandex.ru

² Кафедра «Добычи нефти и газа и геотехники», Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Первомайский пр., 24, Полтава, Украина, 36011, тел. +38 (099) 964 62 79, эл. почта marsel_kot@mail.ru

³ Кафедра «Добычи нефти и газа и геотехники», Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Первомайский пр., 24, Полтава, Украина, 36011, тел. +38 (099) 619 93 53, эл. почта iramuxa@i.ua

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСАДКИ ОСНОВАНИЯ ЗДАНИЙ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ СЖАТИЯ ГРУНТА

Цель. Усовершенствовать методику расчета осадки основания фундаментов зданий с учетом влияния давления на величины параметров сжимаемости грунта по глубине сжатой толщи. **Методика.** Лабораторные методы определения физических и деформационных свойств грунтов; методы механики грунтов; расчет осадки основания фундаментов методом послойного суммирования. **Результаты.** Для усовершенствования методики прогнозирования осадки основания зданий использованы сравнительные расчеты осадки основания методом послойного суммирования по методикам ДБН В.2.1-10-2009 с использованием модуля деформации грунта и ПолтНТУ с использованием показателя сжатия грунта. Увеличена точность методики прогнозирования осадки основания фундаментов зданий путем использования в ней показателя сжатия грунта и учета влияния давления на деформационные параметры грунта, а также изменения его пористости по глубине сжимаемой толщи. Результаты расчетов по усовершенствованной и нормативной методикам сравнивались с данными натурных наблюдений. Осадки оснований фундаментов, которые были определены при помощи этого показателя, до 27 % превышают рассчитанные по модулю деформации грунта. **Научная новизна.** Увеличена точность методики прогноза осадки основания фундаментов зданий благодаря использованию в ней показателя сжатия грунта и учета влияния давления на деформационные параметры

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

грунта по глибині сжимаемой толщі. **Практическая значимость.** Увеличена достовірність прогноза осадки ґрунтового основания фундаментов зданий.

Ключевые слова: компрессионное испытание ґрунта; боковое расширение ґрунта; коэффициент пористости ґрунта; модуль деформации ґрунта; показатель сжатия ґрунта; основание; осадка

YU. L. VYNNYKOV^{1*}, N. A. KOSTOCHKA², I. V. MIROSHNYCHENKO³

^{1*} Department of Oil and Gas Production and Geotechnics, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Pervomaysky av., 24, Poltava, Ukraine, 36011, tel. +38 (067) 256 42 86, e-mail vynnykov@yandex.ru

² Department of Oil and Gas Production and Geotechnics, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Pervomaysky av., 24, Poltava, Ukraine, 36011, tel. +38 (099) 964 62 79, e-mail marsel_kot@mail.ru

³ Department of Oil and Gas Production and Geotechnics, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Pervomaysky av., 24, Poltava, Ukraine, 36011, tel. +38 (099) 619 93 53, e-mail ipamyxa@i.ua

DETERMINATION OF BUILDINGS BASIS SUBSIDENCE FOR SOIL COMPRESSION INDICATOR

Purpose. To improve the methodology for determining the soil base settlements from the foundation pressure on the parameters of compressibility compressible soil depth strata. **Methodology.** Laboratory methods for determining the physical and deformation properties of soils; soil mechanics methods; subsidence calculation based on the foundation of layer summation method. **Findings.** Comparative calculations settling foundations by summing layered methods for using DBN V.2.1-10-2009 deformation modulus of soil and PoltNTU method by using soil compressibility index to improve soil subsidence prediction foundations of buildings. Increased accuracy of forecasting methods of settling base building foundations by using soil compressibility index and the effect of pressure on the deformation parameters of soil and its porosity changes the depth of compressible strata. The calculation results by an improved and normative techniques compared with the data of field observations. Subsidence of foundations bases defined by this index, to 27 % higher than calculated by the soil deformation modulus **Originality.** Increased accuracy of prediction methods of settling base building foundations by using soil compressibility index and the effect of pressure on the deformation parameters of soil depth compressible strata. **Practical value.** Increased reliability prediction of subsidence soil base building foundations.

Keywords: soil compression test; soil sample lateral expansion; soil porosity coefficient; soil deformation modulus; soil compressibility index; soil base; settlement

REFERENCES

1. DSTU B V.2.1-4-96. *Grunty. Metody laboratornogho vyznachennja kharakterystyk micnosti i deformovanosti* [State Standard B V.2.1-4-96. Soils. Methods of laboratory determination of durability and deformity descriptions]. Derzhavnyj komitet Ukrajinu u spravakh mistobuduvannja ta arkhitektury. Kyjiv, MNTKS, 1997. 101 p.
2. DBN V.2.1-10-2009. *Osnovy ta fundamenti budivelj i sporud. Osnovni polozhennja proektuvannja* [State Norms of Construction. Bases and foundations of buildings. Fundamental regulations of planning]. Zi zminamy no.1 i no. 2. Kyjiv, Minregionbud Ukrajinu, 2009. 161 p.
3. Lynnyk Gh. O., Petrenko V. D., Tjutjkin O. L., Petrivs'jka I. M. *Kompresijni doslidzhennja shhebenevo-gruntovoji sumishi dlja povtornogho zastosuvannja* [Compression researches of the crushed stone-ground mixed for the repeated use]. *Mosty ta tuneli : teorija, doslidzhennja, praktyka – Bridges and tunnels : theory, research, practice*, 2012, issue 1. pp. 40-45.
4. Shvecj V. B., Bojko I. P., Vynnykov Ju. L., Zocenko M. L. *Mekhanika gruntiv. Osnovy ta fundamenti. Pidruchnyk* [Mechanics of soils. Bases and foundations]. – Dnipropetrovs'jk: «Poroghy», 2014. 232 p.
5. Braja, M. Das Shallow foundations. Bearing capacity and settlement. CRC Press. Taylor & Francis Group, 2009. 327 p.
6. Mechi J. Geotechnical Engineering Examples and Solutions Using the Cavity Expanding Theory. Budapest, Hungarian Geotechnical Society, 2013. 221 p.
7. Nikiforova N. A., Dryzhenko A. Ju., Safronov I. L., Stecjuk V. I. *Vstanovlennja prydatnosti vykorystannja porid rozkryvu buruvghilnykh kar'jeriv u budiveljnij ghaluzi* [Establishment of fitness of the use of brown coal quarries breeds in building industry]. *Mosty ta tuneli : teorija, doslidzhennja, praktyka – Bridges and tunnels : theory, research, practice*, 2012, issue 1, pp. 65-68.

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

8. Vynnykov Ju.L. *Matematychno modeljuvannja vzajemodiji fundamentiv z ushiljnenymy osnovamy pry jikh zvedenni ta nastupnij roboti: Monografija* [Mathematical design of co-operation of foundations with compression bases at their report and next work]. Poltava: PolNTU imeni Jurija Kondratjuka, 2016. 280 p.
9. Vynnykov Ju.L., Kostochka N.A. *Pidvyshhennja dostovirnosti pokaznykiv styslyvosti osnovy za danymy kompresijnykh vyprobuvanj gruntiv* [Increase of indexes authenticity of basis compressibility from data of compression tests of soils]. *Resursoekonomni materialy, konstrukciji, budivli ta sporudy – Materials, constructions, buildings*. 2013. issue 27, pp. 407-414.
10. Vynnykov Ju.L., Kostochka N.A. *Prystrij dlja vyznachennja kharakterystyk deformovanosti gruntiv v umovakh odnovisnogho stysku* [Device for determination of soils deformity descriptions in the conditions of one-axis compression]. Patent UA, no. u 2010 08311.
11. Kostochka N.A. *Proghnoz deformacij osnov na bazi kompresijnykh vyprobuvanj gruntiv* Avtoreferat Diss. [Prognosis of bases deformations on the base of compression tests of soils]. Poltava, 2015. 22 p.
12. Dalmatov B. I. *K voprosu o raschete osnovaniy zdaniy* [To the question about the calculation of buildings bases]. *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov – Bases, fundaments and mechanics of soils*, 1992, no1. pp. 6-7.
13. Ulitskiy V.M., Shashkin A.G., Shashkin K.G. *Geotekhnicheskoe soprovozhdenie razvitiya gorodov* [Geotechnical accompaniment of cities development]. SPb., «Sroyizdat Severo-Zapad», Gruppa kompanij «Georekonstruktsiya», 2010. 551 p.
14. Paramonov V.N. *Metod konechnykh elementov pri reshenii nelineynykh zadach geotekhniki* [Finite elements method at the decision of nonlinear tasks of geotechnics]. SPb.: «Georekonstruktsiya», 2012. 264 p.
15. Shirokov V.N. *Raschet osadok osnovaniy s uchetom strukturnoy prochnosti gruntov* [Calculation of bases deformations taking into account structural durability of soils] / V.N. Shirokov, A.K. Murashov // *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov – Bases, fundaments and mechanics of soils*, 1988, no5. pp. 21-23.
16. Lushnikov, V.V. *Otsenka kharakteristik deformiruemosti elyuvialnykh gruntov po rezultatam izmereniy deformatsiy zdaniy* [Estimation of descriptions of deformed of eluvial soils on results measuring of buildings deformations] / V.V. Lushnikov // *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov – Bases, fundaments and mechanics of soils*, 2011, no 3. pp. 16-22.
17. Zocenko M. L. *Napruzhenno-deformovanyj stan osnov fundamentiv, jaki sporudzhujutj bez vyjmannja gruntu*. Dokt. Diss. [Stress-strain state of foundations bases which erect without taking out]. Kyiv, 1994. 44 p.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. М. М. Біляєвим (Україна), д.т.н, проф. В. Д. Петренко (Україна).

Надійшла до редколегії 06.12.2015

Прийнята до друку 21.12.2015