

Ю.Л. Винников, д.т.н., професор,
 М.О. Харченко, к.т.н., Н.А. Косточка, м.н.с.
 Полтавський національний технічний
 університет імені Юрія Кондратюка

СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ РОЗПОДІЛУ ВИПАДКОВИХ ВЕЛИЧИН СПРОГНОЗОВАНОГО ЗА РІЗНИМИ МЕТОДИКАМИ ОСІДАННЯ ОСНОВИ ФУНДАМЕНТІВ

Викладено результати статистичного моделювання осідання основи фундаментів як функції випадкового аргументу модуля деформації за нормативною методикою та показника стисливості за авторською методикою. У результаті отримано, що достовірність визначених осідань більша за авторською методикою, ніж за нормативною.

Ключові слова: модуль деформації ґрунту, стисливість, осідання, коефіцієнт пористості, точність.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими практичними завданнями. Прогнозування осідань основ – першочергова задача при проектуванні фундаментів будівель і споруд [1 – 4]. Від достовірності визначення деформацій залежить їх надійність та економічність. Більшість наднормативних деформацій будівель і споруд зумовлено саме помилками при визначенні характеристик стисливості ґрунтової основи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання даної проблеми. За параметр стисливості ґрунту прийнято модуль деформації E , що залежить від початкового коефіцієнту пористості e_0 , коефіцієнту стисливості m_0 , коефіцієнту відносної стисливості m_v , зразків і коефіцієнта відносної поперечної деформації β [1 – 4]. Достовірність визначень цих характеристик впливає на точність модуля E . Недоліки модуля деформації – неврахування нелінійної стисливості ґрунту та визначення 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. Це викликає великий розкид даних, що значно занижує точність визначення параметрів стисливості основи, з якої відібрані зразки [5, 6].

Через недоліки нормативної методики обробки даних компресійних дослідів: похибка вимірювання до 6%; суттєва градація коефіцієнта, що враховує бічне розширення ґрунту, підвищує похибку оцінювання модуля деформації до 20%; значний діапазону значень коефіцієнту пористості в певному інтервалі тиску, – коефіцієнт варіації деформаційних характеристик лесових ґрунтів сягає 30-40% [5, 6].

Розроблений авторами показник стискання N_{pw} [5, 6] відображає відносну зміну коефіцієнта пористості при стисненні ґрунту й більш коректно за стандартні параметри стисливості характеризує деформаційні властивості основи за конкретних значень напружень, які змінюються за глибиною стисливої товщі під фундаментом, з урахуванням впливу пористості на стисливість ґрунту.

Точність методики визначення осідання основ фундаментів, підвищено шляхом використання у ньому показника стисливості ґрунту. Величини осідання основи фундаментів, визначені методом пошарового підсумовування, за показником стисливості ґрунтів до 26% перевищують осідання, розраховані за модулем деформації [7].

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, яким

присвячується стаття. Однак, будь-яке удосконалення методики прогнозування осідання основ фундаментів будівель і споруд, що супроводжується уточненням розрахункової моделі, ускладненням математичного апарату та зростанням об'єму інженерно-геологічних досліджень, не буде ефективним без підвищення достовірності й точності визначення параметрів стисливості ґрунту. Згідно з [8] значення характеристик ґрунтів є випадковими величинами.

Тому за **мету роботи** було прийнято – виконати статистичний аналіз розподілу випадкових величин осідань основи фундаментів, розрахованих методом пошарового підсумовування за авторською методикою та за методикою ДБН В.2.1-10-2009 [4].

Виклад основного матеріалу дослідження. Для представлення осідання основ фундаментів як функції випадкових аргументів за методиками ДБН В.2.1-10-2009 [4] та розробленою авторами [7] було використано апарат статистичного моделювання. Зокрема, застосовано метод статистичних випробовувань Монте-Карло при порівнянні результатів осідань за даними методиками.

Осідання за ДБН В.2.1-10-2009 [4] є функцією випадкового аргументу модуля деформації $S = f(E)$. Осідання за авторською методикою – функція випадкового аргументу показника стискання ґрунту $S = f(N_{pw})$. Статистичні параметри випадкових аргументів наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Статистичні параметри деформаційних характеристик ґрунтів

Деформаційна характеристика	Математичне очікування \bar{X} , МПа	Середнє квадратичне відхилення σ , МПа	Коефіцієнт варіації ν , %
Модуль деформації E , МПа	3,22	0,81	25
Показник стискання N_{pw}	0,022	0,001	2,75

Встановлено, що розподіли функцій випадкових аргументів осідання ґрунтової основи фундаментів коректно апроксимувати нормальним законом Гауса. При цьому коефіцієнт варіації випадкових величин модуля деформації коливається в межах $\nu = 20,4 - 35,3\%$, а випадкових величин показника стискання ґрунту значно менший – $\nu = 1,9 - 3,1\%$.

Методика статистичного моделювання осідання основ фундаментів має наступний алгоритм.

1. За допомогою генератору випадкових чисел організують набір змінних вищенаведених аргументів, за якими розраховують значення функції осідань.

2. Отримані значення запам'ятовують і сортують за інтервалами, формуючи графік випадкової функції.

3. Після реалізації достатньо великої кількості значень випадкових величин дослідної функції за згрупованими інтервалами будують графік апроксимації дослідної кривої розподілу цієї функції.

Для забезпечення точності статистичних параметрів кількість випробовувань назначалась величиною 10^2 . За результатами цього статистичного моделювання отримано випадкову функцію осідання основ фундаментів будівлі S .

Результати пошуку функції випадкових аргументів за методом Монте-Карло наведено на рис. 1.

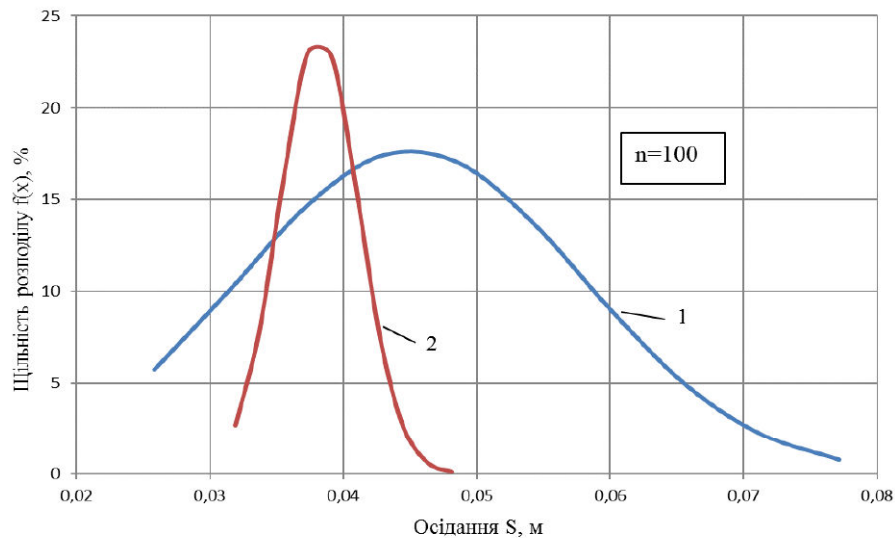


Рис. 1. Графіки розподілу величин осідання основи S як функції випадкового аргументу:
 1 – модуля деформації E ; 2 – показника стискання N_{pw}

У табл. 2 подані результати розрахунків статистичних параметрів (математичного очікування, стандарт, середнього квадратичного відхилення, коефіцієнта варіації, ексцесу, асиметрії тощо) дослідної функції випадкових аргументів (модуля деформації ґрунту E та показника стискання ґрунту N_{pw}).

З порівняння результатів статистичної обробки осідання основ фундаментів зрозуміло, що його статистичні параметри для авторської методики (через показник стискання ґрунту N_{pw}) мають значно менші значення, ніж для методики ДБН В.2.1-10-2009 [4] (через модуль деформації ґрунту E) наприклад, стандартна похибка та стандартне відхилення менші у 2,9 разів, дисперсія вибірки – у 8,6, а інтервал – у 3,2 рази. Це свідчить про більш достовірні результати визначення осідання основи за показником стискання ґрунту порівняно з нормативною методикою [4], яка використовує в якості характеристики стисливості ґрунту модуль деформації.

Таблиця 2 – Порівняльний аналіз визначених статистичних параметрів осідання основи фундаментів будівлі

№ п/п	Найменування параметру	Моделювання методом Монте-Карло	
		Осідання ґрунтової основи S , м, за ДБН В.2.1-10-2009 [4]	Осідання ґрунтової основи S , м, за авторською методикою (через показник стискання N_{pw}) [7]
1	Середнє	0,03829	0,04013
2	Стандартна похибка	0,001147	0,000392
3	Медіана	0,035	0,040
4	Мода	0,032	0,039
5	Стандартне відхилення	0,011474	0,003917
6	Дисперсія вибірки	0,000132	0,0000153
7	Ексцес	4,324436	-0,48766
8	Асиметрія	1,980297	0,091937
9	Інтервал	0,057	0,018
10	Мінімум	0,023	0,031
11	Максимум	0,080	0,049

Висновки з даного дослідження. Таким чином, виконаний статистичний аналіз розподілу випадкових величин спрогнозованого осідання основи фундаментів довів, що достовірність отриманих результатів більша за авторською методикою, ніж за ДБН В.2.1-10-2009.

Література

1. *Механіка ґрунтів. Основи та фундаменти. Підручник / В.Б. Швець, І.П. Бойко, Ю.Л. Винников, М.Л. Зоценко, О.О. Петраков, О.В. Солодянкін, В.Г. Шаповал, О.М. Шащенко, С.В. Біда. – Дніпропетровськ: «Пороги», 2014. – 232 с., видання друге, перероблене і доповнене.*
2. *Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения / Под ред. В.А. Ильичева и Р.А. Мангушева. – М.: Изд-во АСВ, 2014. – 728 с.*
3. *Manjriker, A. Foundation Engineering / A. Manjriker, I. Gunarante. – New York: Taylor and Francis, 2006. – 608 p.*
4. *ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти будівель і споруд. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 107 с.*
5. *Косточка, Н.А. Підвищення достовірності прогнозування стисливості ґрунтової основи / Н.А. Косточка // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2014. – № 3. – С. 27 – 31*
6. *Vynnykov, Y. The impact assessment of various factors on the accuracy of determining values of the deformation characteristics of soils at compression test / Y. Vynnykov, N. Kostochka // Scientific-technical progress in construction and architecture // International scientific-technical conf. – Baku: SCUPA of Republic of Azerbaijan. – 2014. – P. 219 – 224.*
7. *Винников, Ю.Л. Підвищення достовірності прогнозування осідання ґрунтової основи / Ю.Л. Винников, Н.А. Косточка // Зб. наук. праць (галузеве машинобуд., буд-во)/ Полт. нац. техн. ун-т ім. Ю. Кондратюка. Вип. 1 (40). – Полтава: ПНТУ, 2014. – С. 217 – 224.*
8. *Кригер, Н.И. Опыт применения методов математической статистики к изучению пористости лессов / Н.И. Кригер, Е.В. Емильянова. – Материалы по инженерной геологии, 1953. – Вып. 3. – С. 65 – 95.*