

УДК 625.7/.8

Литвиненко А.С.

**ПРО НАЙВАЖЛИВІШИЙ НЕДОЛІК ЧИННОГО МЕТОДУ
СТАТИЧНОГО ЗОНДУВАННЯ ЯК ПОЛЬОВОГО МЕТОДУ
ВИПРОБУВАННЯ ҐРУНТІВ**

Анотація. У роботі доводиться, що незважаючи на велику технічну досконалість сучасного обладнання для статичного зондування і наявність сертифікатів придатності метод статичного зондування не забезпечує більшості задекларованих ДСТУ Б В.2.1-9-2002 випробувань, хіба що крім визначення глибини залягання покрівлі скельних, грубоуламкових, або щільних піщаних ґрунтів.

Ключові слова: автомобільна дорога, польові методи, статичне зондування, результати вимірювань, недоліки методу.

УДК 625.7/.8

Литвиненко А.С.

**ВАЖНЕЙШИЙ НЕДОСТАТОК ДЕЙСТВУЮЩЕГО МЕТОДА
СТАТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ КАК ПОЛЕВОГО МЕТОДА
ИСПЫТАНИЯ ГРУНТОВ**

Аннотация. В работе показано, что, не смотря на высокое техническое совершенство современного оборудования для статического зондирования и наличия к нему сертификатов соответствия, метод статического зондирования не обеспечивает большинства задекларированных ДСТУ Б В.2.1-9-2002 испытаний, кроме разве что определения глубины залегания кровли скальных, крупнообломочных или плотных песчаных грунтов.

Ключевые слова: автомобильная дорога, полевые методы, статическое зондирование, результаты измерений, недостатки метода.

UDC 625.7/.8

Lytvynenko A. S.

A MAJOR DRAWBACK OF THE CURRENT METHOD OF STATIC SENSING AS A FIELD METHOD OF SOIL TESTING

Abstract. The paper proves that despite significant technical perfection of modern equipment for static sensing and availability of Certificates of Conformance, the method of static sensing does not provide the majority of the tests declared by the State Standard DSTU B V.2.1-9-2002, except for those designed for determining the occurrence depth of top of rock, coarse soils or dense sandy soils.

Keywords: road, field methods, static sensing, measurement results, the shortcomings of the methods.

Вступ

Аналіз загальної ситуації на багатьох ділянках будівництва як транспортної інфраструктури, так і окремих будівельних об'єктів, свідчить, що дані випробувань отримані методом статичного зондування, який як допоміжний використовують для екстраполяції даних отриманих за допомогою бурових свердловин, не зовсім відповідають реальному стану ґрунтів і дуже часто суттєво занижують їх фактичну несну здатність. Оскільки такий аналіз вимагає залучення досить об'ємного графічного матеріалу, то у цій роботі обмежимося прикладами лише для декількох досліджених об'єктів без надання конкретної їх назви. У той же час, треба мати на увазі, що не тільки ми, але й інші зацікавлені фахівці, користуючись викладеним тут підходом, можуть самостійно підтвердити слушність наших висновків.

Представлену у цій роботі графічну інтерпретацію даних статичного зондування і їх аналізу ми не тільки рекомендуємо впровадити у нову редакцію ДСТУ Б В.2.1-9 [1], але й пропонуємо змінити саму концепцію цього стандарту. У його новій редакції статичне і динамічне зондування, залишаючись допоміжними методами геотехнічних вишукувань, повинні стати провідними методами визначення саме просторової мінливості як шарів і лінз ґрунтів, так і їх стану. Це необхідно для більш цілеспрямованого вибору місць відбирання зразків ґрунтів для подальших лабораторних випробувань, а також місць розташування дослідних майданчиків і глибини проведення польових випробувань ґрунтів іншими методами, наприклад пресіометрії.

Основна частина

Для аналізу скористались паспортами статичного зондування отриманими при обстеженні природних основ деяких об'єктів транспортної інфраструктури, які складені як зв'язними, так і різного виду піщаними ґрунтами. Хоча самі паспорти тут і не наводяться, з метою зменшення друкованого об'єму роботи, та фахівцям добре відомо, що для зв'язних ґрунтів у пластичному стані ($I_L = 0 - 1,0$) графіки статичного зондування, зазвичай являють собою слабо-хвилясту малоінформативну вертикальну лінію (рис. 1 а) або [2 с. 157 рис. 86, 87].

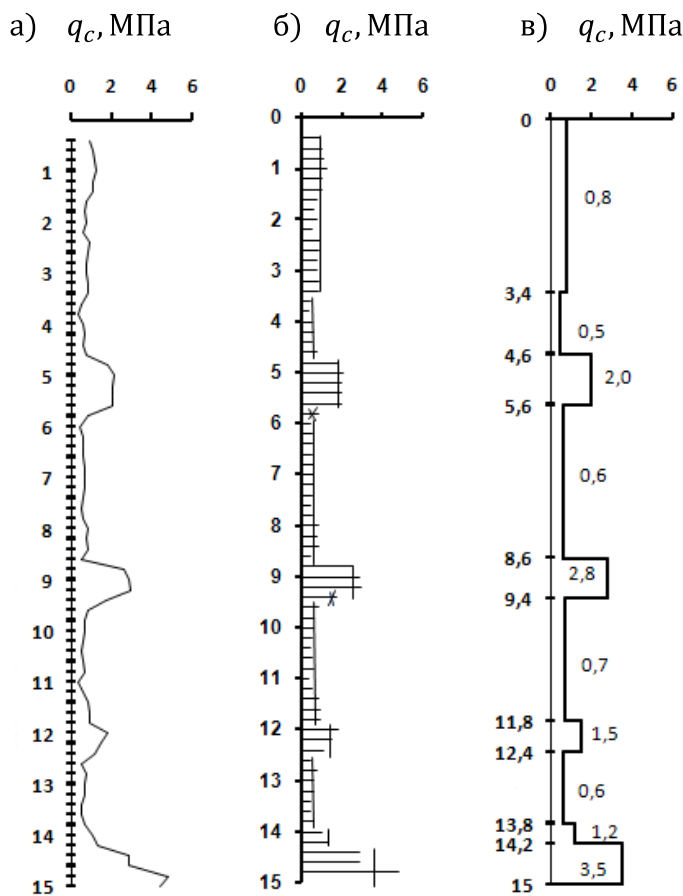


Рисунок 1 – Чинний і ті, що пропонуються варіанти представлення показників статичного зондування на геотехнічному розрізі з переважанням зв'язних ґрунтів: а) у традиційній Європейській інтерпретації в т.ч. і ДСТУ Б В.2.1-9; б) у вигляді стовпчикової діаграми; в) у вигляді усереднених значень показника в інтервалах (тобто в шарах і лінзах реальних ґрунтів), але із статистично відмінними властивостями

Для піщаних же ґрунтів, залежно від їх виду і щільності залягання, така лінія навпаки дуже кострубата згори до низу (рис. 2 а) або [2 с. 157 рис. 88], але теж не відзначається особливою інформативністю. І все це незважаючи на те, що саме графіки, схеми та рисунки будь-ким, зазвичай, сприймаються значно краще ніж таблиці чи формули. Там же у паспортах, зазвичай, наводять числові

значення лобового опору ґрунтів індентору – q_c , МПа, та тертя по бічній поверхні, так званої, муфти тертя – f_s , кПа.

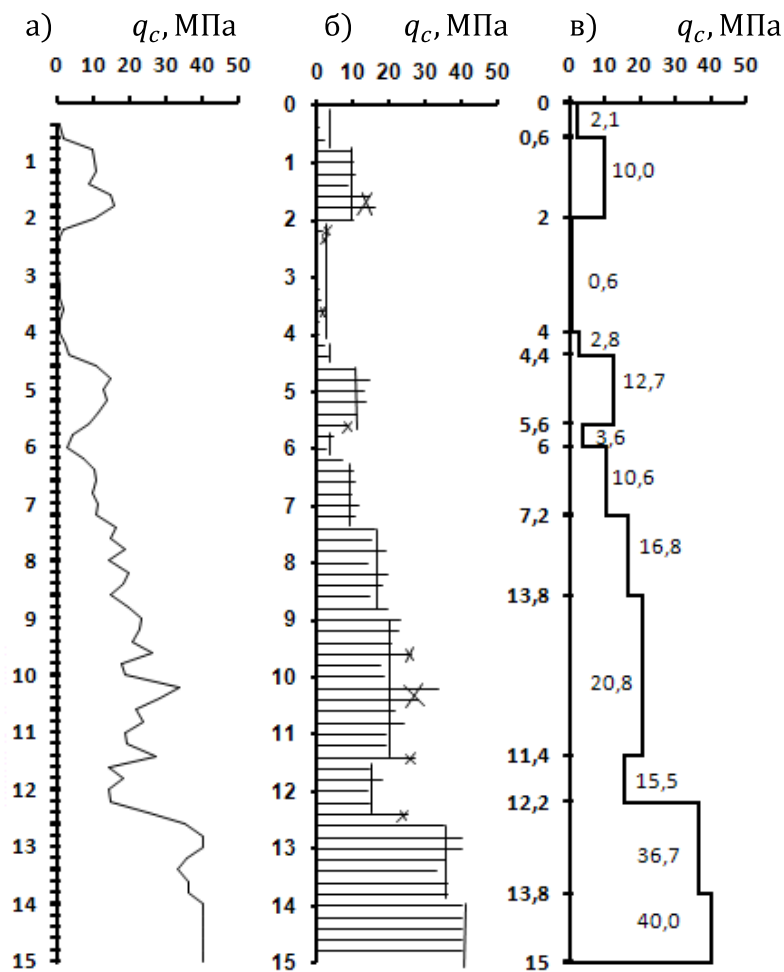


Рисунок 2 – Чинний і ті, що пропонуються варіанти представлення показників статичного зондування на геотехнічному розрізі з переважанням піщаних ґрунтів: а) у традиційній Європейській інтерпретації в т.ч. і ДСТУ Б В.2.1-9; б) у вигляді стовпчикової діаграми; в) у вигляді усереднених значень показника в інтервалах (тобто в шарах і лінзах реальних ґрунтів), але із статистично відмінними властивостями

Одночасно у паспортах, для кожних двадцяти сантиметрів глибини зондувальних свердловин, автоматично роздруковуються значення таких показників механічних властивостей ґрунтів, як кут внутрішнього тертя – ϕ , зчеплення – c , кПа та модуль деформації – E_d , МПа, а також назва ґрунту, та його стан (у значеннях показника текучості I_L). Але ці значення є дуже сумнівними, оскільки не прописана процедура визначення кореляційної залежності саме до результатів випробовування зразків ґрунтів взятих із пройдених перед тим поруч бурових свердловин. А зараз ця кореляція здійснюється згідно невідомих залежностей, визначених фірмами виробниками

зондувального обладнання і схованих у відповідних розрахункових програмах. У той же час, зовсім не йдеться про такі важливі показники, як вологість чи густина ґрунтів, що було б значно природнішим. Таким чином такий підхід у використанні даних статичного зондування не є достатньо обґрунтованим не зважаючи на широку практику його застосування, як в країнах Європейського союзу, так і в Україні, де він є адаптованим та гармонізованим з міжнародними і європейськими стандартами серії ISO та CEN: ДСТУ ISO 22476-2:2008 та ДСТУ ISO 22476-3:2008 і є чинним згідно національного стандарту ДСТУ Б В.2.1-9. У той же час, усі ці стандарти не є обов'язковими для використання, а тільки довідковими, і їх наявність не заперечує можливості подальшої роботи над удосконаленням методик аналізу даних статичного зондування з метою досягнення нових більш об'єктивних результатів при аналізі будови інженерно-геологічних розрізів.

Вважаємо що необхідно спочатку зосередитись не на автоматичному розрахунку даних для якихось кореляційних залежностей для певних показників механічних властивостей ґрунтів при інженерно-геологічних вишукуваннях, а на можливості оцінки саме мінливості геотехнічного розрізу для чого цілком достатньо таких показників статичного зондування як лобовий опір ґрунтів конусу – $q_c = f(H)$, МПа та опір по бічній поверхні муфти тертя – $f_s = f(H)$, кПа, які безпосередньо визначаються в процесі випробовувань.

На рис. 1 б і рис. 2 б, як ми про це вже згадували в [3 с. 32; 4 с. 230], ті ж самі безпосередньо виміряні значення показників статичного зондування представлені спочатку у вигляді стовпчикових діаграм, а потім (рис. 1 в та рис. 2 в) у вигляді певних інтервалів глибини зондувальних свердловин з уже усередненими по цих інтервалах значеннями показників статичного зондування. І, що дуже важливо, для кожного із цих інтервалів тепер можна розраховувати такі статистичні показники як: дисперсія – S^2 , середнє квадратичне відхилення – S ; коефіцієнт варіації k_v ; показник оцінки точності розрахунку виборки – ρ та кількості вимірів, які враховані у кожному інтервалі глибини – n , (табл. 1) при статистичних розрахунках. На жаль, масштаби графіків у журнальній статті не дозволяють більш виразно показати той факт, що частина конкретних значень отриманих показників будь-яких зондувальних досліджень у процесі аналізу графіків відкидається як такі, що значно відхиляються, тобто їх можна вважати помилковими із тих чи інших причин,

але масштаби графіків запропоновані у новій редакції стандарту задовольняють таким вимогам. Таким чином, у подальшому аналізі геотехнічного розрізу є змога оперувати не тільки теоретичними (одиничними) статистичними показниками надійності (0,95; 0,85) прийнятими для параметрів q_c та f_s , а з урахуванням реальних для кожного інтервалу глибини значення квадратичних відхилень – S по кожній точці зондування, чи визначеному шару ґрунту.

Накладаючи безперервні графіки опору ґрунтів зондуванню на геотехнічний розріз нескладно отримати більш-менш реальне уявлення про мінливість будови цього розрізу та властивості ґрунтів, які його складають рис. 3 – 5.

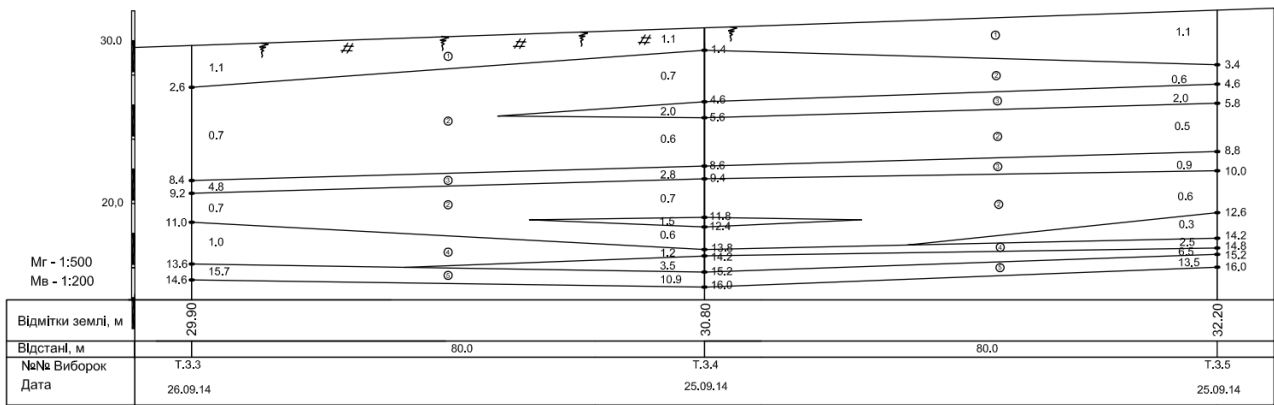


Рисунок 3 – Геотехнічний розріз з переважанням зв'язних ґрунтів побудований за усередненими значеннями показника q_c , МПа

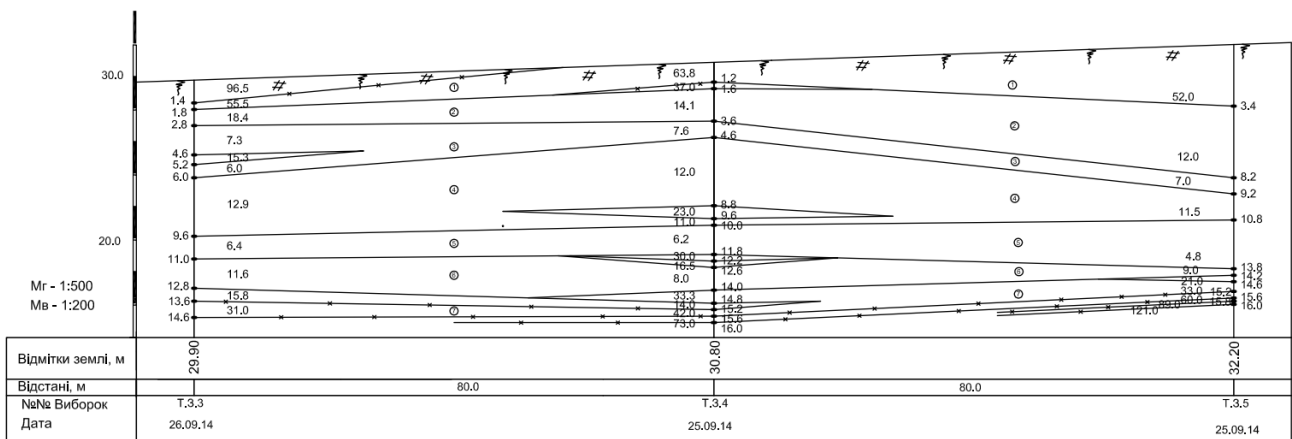


Рисунок 4 – Геотехнічний розріз з переважанням зв'язних ґрунтів побудований за усередненими значеннями показника f_s , кПа

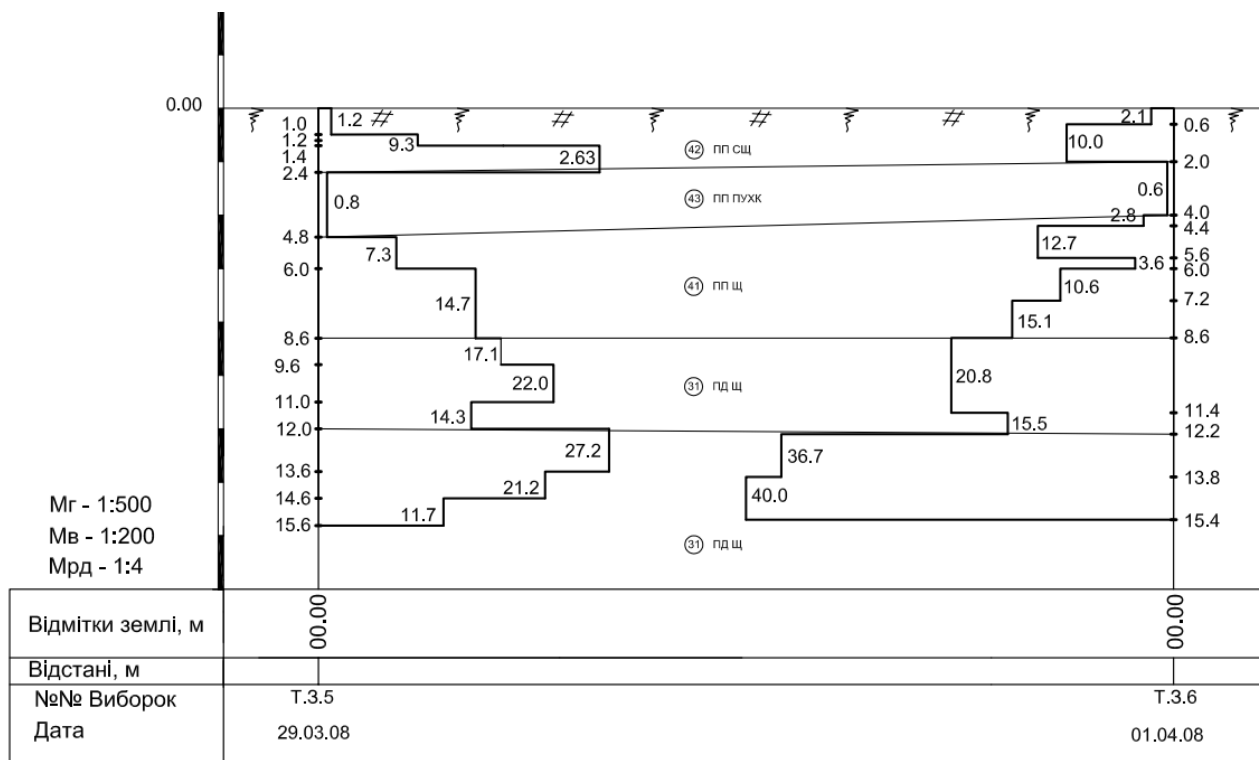


Рисунок 5 – Геотехнічний розріз з переважанням піщаних ґрунтів побудований за усередненими значеннями показника q_c , МПа

Таблиця 1 – Середні значення показників q_c та параметри їх неоднорідності у визначених інтервалах по глибині точки зондування № 6 на геотехнічному розрізі з переважанням піщаних ґрунтів (рис. 2 в)

№ шару	q_c , МПа	S^2 , МПа	S , МПа	K_v , ч.од	ρ , ч.од	кількість вимірів n , од	h , м	H_1 , м	$H=H_{уст}-H_1$, м
1	2,1	–	–	–	–	1	0,6	0,6	
2	10,0	0,850	0,76	0,08	0,034	5	1,4	2,0	
3	0,6	0,091	0,30	0,51	0,192	7	2,0	4,0	
4	2,8	0,320	0,56	0,20	0,143	2	0,4	4,4	
5	12,7	2,950	1,72	0,14	0,061	5	1,2	5,6	
6	3,6	1,550	1,24	0,34	0,244	2	0,4	6,0	
7	10,6	0,460	0,68	0,06	0,028	5	1,2	7,2	
8	16,8	4,910	2,22	0,13	0,050	7	1,4	8,6	
9	20,8	4,530	2,13	0,10	0,032	10	2,8/	11,4	
10	15,5	3,400	1,84	0,12	0,060	4	0,8	12,2	
11	36,7	6,400	2,53	0,07	0,026	7	1,6	13,8	
12	40,0	–	–	–	–	8	1,6	15,4	

З одного боку, при цьому збільшується обґрунтованість вибору місць проходки розвідувальних бурових свердловин і глибини відбору зразків ґрунтів, а з іншого боку, аналіз отриманих геотехнічних розрізів дозволяє більш серйозно поставитись до достовірності представлення реального геотехнічного розрізу на основі методу статичного зондування ґрунтів.

На розрізі (рис. 3), із переважанням зв'язних ґрунтів, одразу видно велику товщу слабких (тобто із невеликою несною здатністю) ґрунтів ($q_c \leq 1,1$ МПа) по глибині розрізу. Модуль деформації цих ґрунтів, згідно чинних кореляційних залежностей, не перевищує 5 МПа, а це вимагає, скоріш за все, влаштування саме пальового фундаменту і найімовірніше, що це були б палі стійки при глибині обпирання біля 17 м.

З іншого боку виникає певний сумнів, а чи на справді основа є такою слабкою? Чи не занижують дані статичного зондування несну здатність ґрунтів? Бо ж буквально поруч (50 – 100 м) знаходиться вже досить давно побудований шляхопровід над залізницею і насип висотою біля семи метрів, які не мають жодних деформацій, що були б обумовлені недостатньою міцністю основи. У той же час, малоімовірно щоб фундаменти цього шляхопроводу колись були побудовані на 15 метрових палях-стійках.

Не сприяють довірі до методу статичного зондування й інженерно-геологічні розрізи побудовані на основі аналізу розподілу значень показника f_s по глибині зондувальних свердловин, рис. 4. Найперше, що тут привертає увагу (Т.3.4), так це досить часта, і різка на деяких глибинах, зміна середніх значень показника f_s . У зв'язку із цим виникає питання можливого суттєвого впливу механічних похибок при вимірюванні цього показника. І чи справді відбувається вимірювання саме тертя ґрунту по поверхні муфти тертя, чи це вимірюється щось інше? Таким чином, уже сама по собі побудова інженерно-геологічних розрізів за даними безпосередніх вимірів опору ґрунтів конусу чи поверхні муфти тертя при статичному зондуванні дає поштовх для більш ретельного наступного вивчення цих явищ.

На рис. 5 показано геотехнічний розріз, який складений піщаними ґрунтами з нанесеними на нього безперервними графіками усереднених значень показниками q_c , МПа. Ці графіки дозволять значно краще оцінювати мінливість несної здатності різних прошарків пісків.

Висновки

При аналізі стану ґрунтових основ за допомогою метода статичного зондування як допоміжного методу до даних бурових вишукувань краще користуватись не традиційним безперервними лініями графіків $q_c = f_s(H)$ (рис. 1а і 2а), а стовпчиковими діаграмами – $q_c = f(H)$ (рис. 1б і 2б). Статистичний аналіз окремих інтервалів таких діаграм одразу дозволяє більш ефективно оцінювати просторову мінливість властивостей ґрунтів і, відповідно, здійснювати вибір місць проходження бурових свердловин і глибини відбору зразків.

Пропонується застосовувати саме такий метод аналізу ґрунтово-геологічних розрізів у новій редакції ДСТУ Б В.2.1-9.

Література

1. ДСТУ Б В.2.1-9-2002. Ґрунти. Методи польових випробувань статичним і динамічним зондуванням. – К.: Держбуд України, 2002.
2. Санглера Г. Исследование ґрунтов методом зондирования (с применением пенетрометров). – М.: Стройиздат, 1971 (перевод с франц.).
3. ИН 280 УССР 040-87. Инструкция. Повышение устойчивости высоких насыпей автомобильных дорог Украинской ССР. – К.: Миндорстрой УССР, 1987.
4. Литвиненко А.С. Удосконалення методики обробки даних отриманих методами динамічного і статичного зондування ґрунтів // Будівельні конструкції : міжвідомчий науково-технічний збірник. – 2005. – Вип. 63. – С.154-162.

Рецензенти:

Савенко В.Я., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Балашова Ю.Б., канд. техн. наук, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури.

Reviewers:

Savenko V.Ya., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Balashova Yu.B., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture.

Стаття надійшла до редакції: **15.11.2016 р.**