

УДК 625.7

Литвиненко А. С., інженер шляхів сполучення, <https://orcid.org/0000-0002-7414-4731>

ЩОДО ОЦІНКИ ЗНАЧЕНЬ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПІЩАНИХ ҐРУНТІВ ЗА ДАНИМИ СТАТИЧНОГО ТА ДИНАМІЧНОГО ЗОНДУВАННЯ

Анотація

Вступ. Під час інженерно-геологічного вишукування на стадії проектування об'єктів або для оцінки стану і несної здатності природної основи чи земляної споруди на стадії експлуатації, часто використовують методи статичного або динамічного зондування.

Результати. На основі аналізу табличних даних, як чинних так і колишніх нормативних документів та літературних джерел, а також власного досвіду, наведена графічна й аналітична інтерпретація значень основних фізико-механічних показників піщаних ґрунтів за даними показників статичного і динамічного зондування.

Висновки. Отримані нові емпіричні аналітичні залежності дозволяють значно прискорити оброблення даних польових інженерно-геологічних вишукувань і забезпечити більш об'єктивне порівняння стану таких ґрунтів на різних об'єктах під час прийняття проектних рішень для попередніх розрахунків основ будівель і споруд.

Ключові слова: густина сухого ґрунту, динамічне зондування, зчеплення, кут внутрішнього тертя, модуль деформації, піщані ґрунти, статичне зондування.

Вступ

Протягом багатьох десятиліть під час інженерно-геологічних вишукувань для будівництва одночасно виконують, як бурові роботи для відбору зразків порушеного та не порушеного ґрунту, так і методи статичного і динамічного зондування ґрунтів, але через значну складність відбору монолітів піщаних ґрунтів, особливо нижче рівня ґрунтових вод, при оцінці значень їх фізико-механічних показників на практиці безумовну перевагу надають саме результатам зондування.

За цей час на основі узагальнення багатьох досліджень були складені відповідні таблиці, які в першу чергу характеризують умовні межі переходу піщаних ґрунтів від одного стану щільності до іншого за їх коефіцієнтом пористості: пухкі, середньої густини, щільні, такі, як наприклад наведені у [1, с. 17]. У дещо більш розширеному вигляді та із залученням кореляційних даних щодо механічних властивостей піщаних ґрунтів (φ , C , E_d), вони надавались й у відповідних нормативних документах щодо інженерних вишукувань для будівництва [2, с. 92; 5; с. 27], але без приміток щодо можливості інтерполяції цих даних для більш детального аналізу. Тому користування цими даними у виробничій і проектній практиці є досить складною справою.

У цій роботі була зроблена спроба представлення в графічному й аналітичному вигляді надбаних емпіричних табличних даних із метою покращення роботи геологів і проектувальників та можливості більш об'єктивного перевіряння даних, отриманих у реальних умовах роботи фундаментів будинків та інженерних споруд.

Основна частина

На рис. 1 зображено значення густини сухого ґрунту, піщаних ґрунтів ρ_d , г/см³, і коефіцієнта пористості e , од, (здвоєна шкала ординат), а також показника умовного динамічного опору ґрунтів

Як показує проведений аналіз, всі ці залежності досить добре підпорядковуються логарифмічній залежності типу:

$$y = a + b \lg P_d, \quad (1)$$

$$\text{або } y = a + b \lg q. \quad (2)$$

Таблиця 1

Емпіричні рівняння визначення фізико-механічних показників піщаних ґрунтів за показником динамічного зондування P_d , МПа

Вид піщаного ґрунту	Рівняння
Пісок грубо і середньо зернистий незалежно від вологості	$\rho_d = 1,41 + 0,28 \lg P_d$ $\varphi = 12,6 + 28,37 \lg P_d$ $C = -2,07 + 3,02 \lg P_d$ $E_d = 4,64 + 37,4 \lg P_d$
Пісок дрібнозернистий маловологий і вологий	$\rho_d = 1,40 + 0,25 \lg P_d$ $\varphi = 21,2 + 13,6 \lg P_d$ $C = -1,93 + 4,57 \lg P_d$ $E_d = 0,7 + 34,0 \lg P_d$
Пісок дрібнозернистий водонасичений	$\rho_d = 1,45 + 0,23 \lg P_d$ $\varphi = 9,98 + 23,81 \lg P_d$ $C = -1,7 + 3,39 \lg P_d$ $E_d = 5,75 + 37,79 \lg P_d$
Пісок пилуватий маловологий і вологий	$\rho_d = 1,39 + 0,29 \lg P_d$ $\varphi = 14,80 + 17,22 \lg P_d$ $C = 0,1 + 5,13 \lg P_d$ $E_d = -0,58 + 25,68 \lg P_d$
Пісок дрібнозернистий насипний маловологий і вологий без ущільнення та з ущільненням	$\rho_d = 1,53 + 0,22 \lg P_d$ $\varphi = 9,93 + 21,85 \lg P_d$ $C = -0,64 + 5,38 \lg P_d$ $E_d = -17,52 + 73,94 \lg P_d$

Таблиця 2

Емпіричні рівняння визначення фізико-механічних показників піщаних ґрунтів за показником статичного зондування q , МПа

Вид піщаного ґрунту	Рівняння
Пісок грубо і середньо зернистий незалежно від вологості	$\rho_d = 1,35 + 0,31 \lg q$ $\varphi = 12,45 + 17,97 \lg q$ $C = -1,58 + 2,95 \lg q$ $E_d = 3,16 + 36,22 \lg q$
Пісок дрібнозернистий не залежно від вологості	$\rho_d = 1,32 + 0,32 \lg q$ $\varphi = 12,64 + 21,35 \lg q$ $C = -3,18 + 2,95 \lg q$ $E_d = -5,0 + 40,7 \lg q$
Пісок пилуватий маловологий і вологий	$\rho_d = 1,31 + 0,35 \lg q$ $\varphi = 15,88 + 17,85 \lg q$ $C = -0,51 + 5,01 \lg q$ $E_d = -7,22 + 38,44 \lg q$
Пісок пилуватий водонасичений	$\rho_d = 1,38 + 0,34 \lg q$ $\varphi = 16,86 + 18,28 \lg q$ $C = -1,11 + 6,0 \lg q$ $E_d = -0,48 + 37,4 \lg q$

Таким чином, виходячи із прийнятих у нормативних документах контрольних (межових) значень коефіцієнтів пористості — e , не становить складності підібрати для кожного виду піщаного ґрунту відповідні їм емпіричні коефіцієнти логарифмічних рівнянь, як це показано на рис. 1.

Дані необхідні для побудови цих графіків (для динамічного зондування), тобто стосовно значень $\rho_d = f(P_d)$ також наведені у табл. 1.

На рис. 2 зображено приклад графічної інтерпретації значень фізико-механічних показників дрібнозернистих пісків маловологих і вологих. Емпіричні аналітичні залежності для цих показників також наведені у відповідній частині табл. 1.

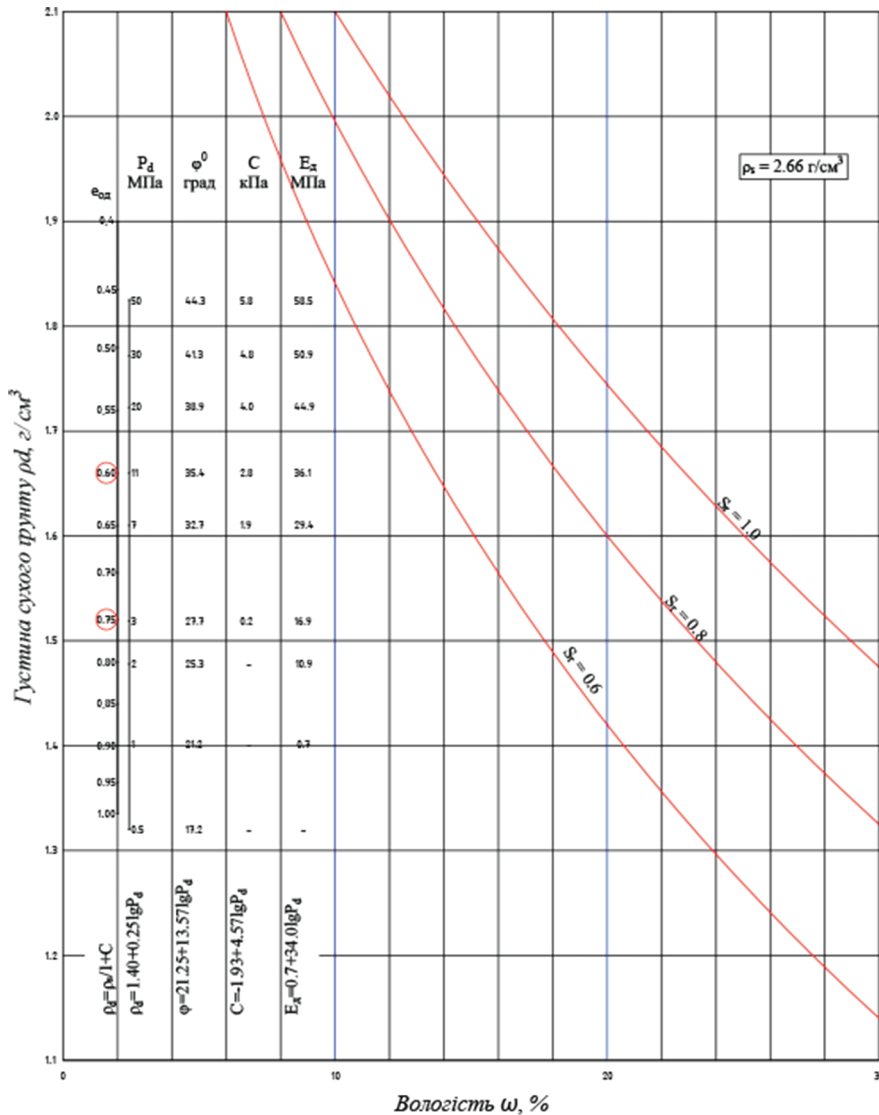


Рисунок 2 — Графічна інтерпретація значень механічних показників дрібнозернистого піску маловологого, вологого, природного залягання

Щоб краще зрозуміти механізм аналітичної оцінки значень механічних показників будь-яких піщаних ґрунтів на рис. 3 наведений приклад такої оцінки для тих же дрібнозернистих маловологих і вологих пісків. Тут здвоєною ($e_{од} - P_d$, МПа) є шкала абсцис, а показники ϕ , град, C , кПа і E_d , МПа представлені відповідними відрізками шкали ординат. Як видно з цього рисунка, у такий спосіб зручно порівнювати й аналізувати дані, що мають у різних нормативних документах [2, 5] різні представлення, або через показник пористості e , од ґрунтів, як у [5], або у значеннях P_d , як у [2].

На рис. 3 досить добре видно, які особливості одного так і іншого підходів та зникає

необхідністю інтерполяції показників φ , C і E_d завдяки можливості їх безпосереднього обрахування через надані в цій роботі формули. Більш того, завдяки такому підходу та запропонованому в [7] принципу піонерної диференціації інженерно-геологічних розрізів за інженерно-геологічними елементами (ІГЕ) в першу чергу саме через аналіз значень опору ґрунтів зондуванню P_d , з'являється можливість більш ефективно набувати й аналізувати експериментальні дані щодо підтвердження, спростування чи уточнення отриманих нами емпіричних залежностей значень фізико-механічних показників піщаних ґрунтів.

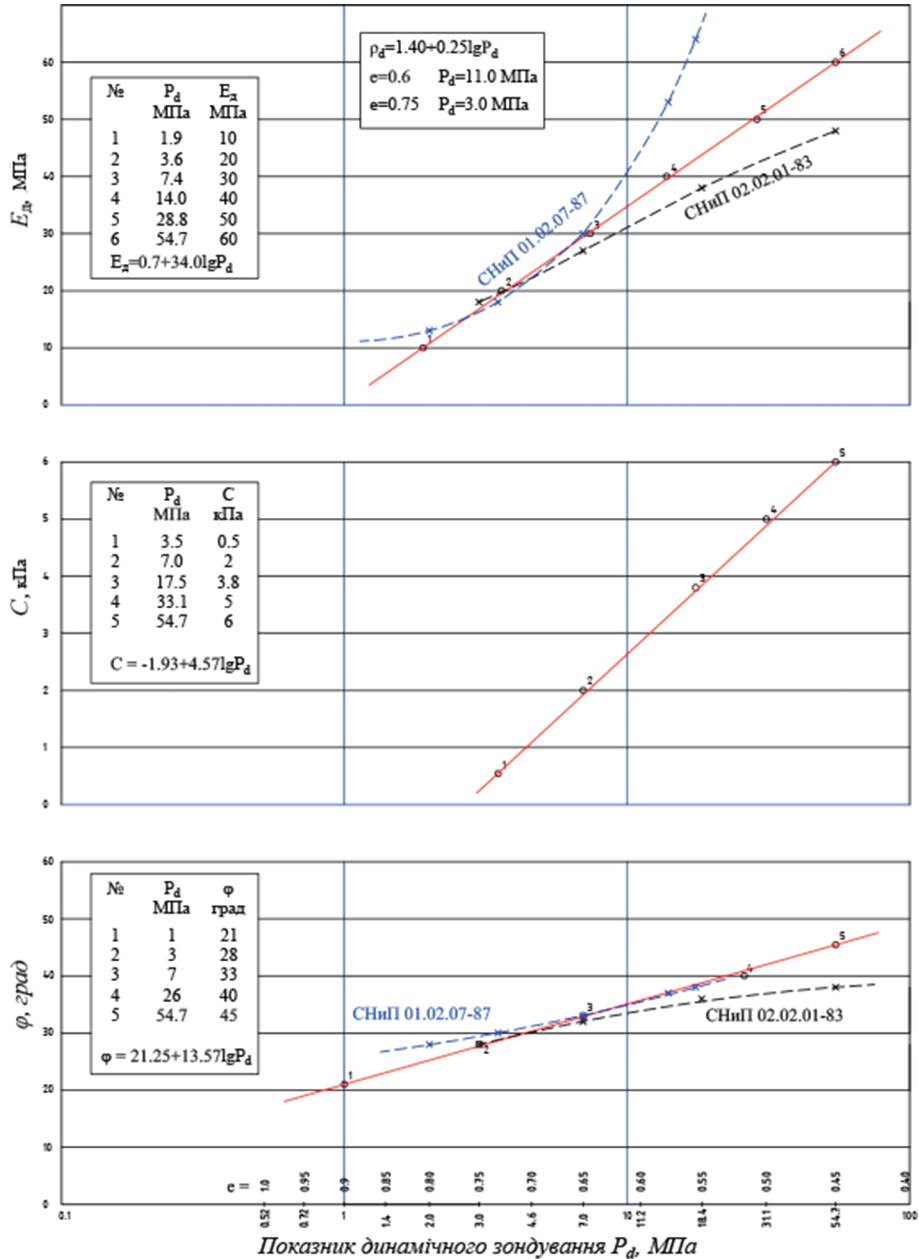


Рисунок 3 — Механізм оцінки механічних показників дрібнозернистого піску маловологого та вологого за здвоєною шкалою абсциси e - P_d

Висновки

Надання чинним табличним нормативним значенням показників фізико-механічних властивостей піщаних ґрунтів, графічного й аналітичного змісту дозволяє не тільки краще усвідомлювати реальний стан таких ґрунтів у їх природному заляганні чи штучних інженерних спорудах, але і більш швидко та детально перевіряти їх у процесі геотехнічних вишукувань і проектування.

Список літератури

1. Ребрик Б.М. Справочник по бурению инженерно-геологических скважин. Москва, 1983. 288 с.
2. СНиП 1.02.07-87 Инженерные изыскания для строительства. Москва, 1988. 105 с. (Інформація та документація).
3. ДБН А.2.1-1-2008 Інженерні вишукування для будівництва. Київ, 2008. 78 с. (Інформація та документація).
4. ДБН А.2.1-1-2014 Інженерні вишукування для будівництва. Київ, 2014. 85 с. (Інформація та документація).
5. СНиП 2.02.01-83 Основания зданий и сооружений. Основные положения проектирования. Москва, 1983. 67 с. (Інформація та документація).
6. ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. Київ, 2009. 85 с. (Інформація та документація).
7. ДСТУ Б.2.1-9:2016 Ґрунти. Методи польових випробувань статичним і динамічним зондуванням. Київ, 2017. 22 с. (Інформація та документація).

References

1. Rebrik B.M. Spravochnik po bureniyu inzhenerno-geologicheskikh skvazhin (Handbook for Drilling Engineering and Geological Wells). Moscow, 1983. 288 p. [in Russian].
2. SNiP 1.02.07-87 Inzhenernyye izyskaniya dlya stroitelstva (Building regulations (SNiP 1.02.07-87) Engineering surveys for construction). Moscow, 1988. 105 p. (Information and documentation) [in Russian].
3. DBN A.2.1-1-2008 Inzhenerni vyshukuvannia dlia budivnytstva (State Building Norms (DBN A.2.1-1-2008) Engineering surveys for construction). Kyiv, 2008. 78 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].
4. DBN A.2.1-1-2014 Vyshukuvannia, proektuvannia i terytorialna diialnist. Vyshukuvannia inzhenerni. Vyshukuvannia dlia budivnytstva (State Building Norms (DBN A.2.1-1-2014) Survey, design and territorial activities. Engineering research. Research for construction). Kyiv, 2014. 85 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].
5. SNiP 2.02.01-83 Osnovaniya zdaniy i sooruzheniy. Osnovnyye polozheniya proyektirovaniya (Building regulations (SNiP 2.02.01-83) Foundations of buildings and structures. Basic design principles. Moscow, 1983. 67 p. (Information and documentation) [in Russian].
6. DBN V.2.1-10-2009 Osnovy ta fundamenti sporud. Osnovni polozhennia proektuvannia (State Building Norms (DBN V.2.1-10-2009) Foundations and foundations of buildings. Basic design provision. Kyiv, 2009. 85 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].
7. DSTU B.2.1-9:2016 Grunty. Metody polovykh vyprobuvan statychnym i dynamichnym

zonduvanniam (State Standard of Ukraine (DSTU B.2.1-9:2016) Soils. Methods of field tests by static and dynamic sounding). Kyiv, 2017. 22 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

Anatoly Lytvynenko, *Engineer of Traffic Route*, <https://orcid.org/0000-0002-7414-4731>

ON EVALUATION OF VALUES OF PHYSICAL AND MECHANICAL INDICATORS OF SAND SOILS ACCORDING TO STATIC AND DYNAMIC DATA OF PROBING

Abstract

Introduction. During engineering and geological surveys at the stage of objects designing or to assess the condition and bearing capacity of a natural foundation or earthwork during the operation stage, static or dynamic probing methods are often used.

Results. Based on the analysis of tabular data, both current and former regulations and literature sources, as well as own experience, graphical and analytical interpretation of the values of the main physical and mechanical parameters of sandy soils according to static and dynamic probing data is given.

Conclusions. The obtained new empirical and analytical dependences allow significantly accelerating the processing of field engineering and geological surveys data and providing more objective comparison of the condition of such soils at different sites during design solutions taking for preliminary calculations of the buildings and facilities foundations.

Keywords: dry soil density, dynamic probing, adhesion, internal friction angle, deformation modulus, sandy soils, static probing.