УДК 625.70 **DOI: 10.33744/0365-8171-2021-110-018-025**

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

ASSESSMENT OF PHYSICAL AND MECHANICAL INDICATORS OF SANDY SOILS BY STATIC AND DYNAMIC PROBING DATA

***Литвиненко Анатолій Семенович**, інженер шляхів сполучення, Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П.Шульгіна», e-mai: asl.weise@gmail.com, тел. +380676992514,*

https://orcid.org/0000-0002-7414-4731

***Алєксєєнко Олександр Валерійович,** Національний транспортний університет, старший викладач кафедри аеропортів, e-mail: alex-alieksieienko@gmail.com, +380636039903, тел +380442807073, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 344.*

https://orcid.org/0000-0002-3796-9929

Анотація: В роботі, на основі аналізу табличних даних як чинних, так і колишніх нормативних документів з питань інженерно-геологічних вишукувань і проектування ґрунтових основ і фундаментів споруд та літературних джерел, а також власного досвіду, дається графічна і аналітична інтерпретація визначення основних значень фізико-механічних нормативних і розрахункових показників піщаних ґрунтів за даними показників статичного q, МПа та динамічного $Р_Д$, МПа зондування. Використання запропонованих емпіричних аналітичних залежностей дозволяє значно прискорити обробку даних польових інженерно-геологічних вишукувань і забезпечити більш об'єктивне порівняння стану таких ґрунтів на різних об'єктах при прийнятті проектних рішень. Вони також можуть бути використані при розробці вітчизняного програмного забезпечення, у разі його розробки і виготовлення, для автоматичного розрахунку значень фізико-механічних показників піщаних ґрунтів. Отримані аналітичні залежності представлені у вигляді двох таблиць для різних видів піщаних ґрунтів: окремо для вишукувань які здійснюються з використанням як статичних так і динамічних зондів. А графіки дозволяють наочно порівнювати ці залежності, що може надати новий матеріал для подальших наукових узагальнень і висновків в галузі ґрунтознавства і механіки ґрунтів.

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

Вступ

Вже багато десятиліть при інженерно-геологічних вишукуваннях для будівництва одночасно виконують, як бурові роботи для відбору зразків порушеного і не порушеного ґрунту, так і методи статичного і динамічного зондування ґрунтів. Та 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 подані у

[1, с.17]. В дещо більш розширеному вигляді і із залученням кореляційних даних щодо механічних властивостей піщаних ґрунтів (φ, С, Ед), вони надавались і у відповідних нормативних документах стосовно 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 таблицями у виробничій і проектний практиці є досить незручною справою.

В цій роботі була зроблена спроба представлення в графічному і аналітичному вигляді даних емпіричних табличних з метою прискорення і покращення роботи геологів і проектувальників і можливості більш об'єктивної перевірки даних отриманих в реальних умовах роботи як фундаментів будинків і інженерних споруд, так і в насипах автомобільних доріг.

Основна частина

На рис. 1, подані значення густини сухого ґрунту, піщаних ґрунтів ρ_d, г/см^3 і коефіцієнта пористості е, од, та показників умовного динамічного опору ґрунтів зондуванню Рд, МПа (таблиця 1) для кварцевих пісків з $\rho_s = 2{,}66$г/см^3 у вигляді потроєної шкали ординат.

Таблиця 1 – Емпіричних рівнянь визначення фізико-механічних показників піщаних ґрунтів за показником динамічного зондування Рд, Мпа

Table 1 – Empirical equations for the sandy soils physical and mechanical parameters determining on the indicator of dynamic sounding Pd, MPa

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

За аналогічною схемою можна побудувати відповідні потроєні шкали для густини сухого ґрунту і коефіцієнта пористості та опору грунтів зондуванню під конусом статичного зонда q, МПа, згідно даних таблиці 2.

Таблиця 2 – Емпіричних рівнянь визначення фізико-механічних показників піщаних ґрунтів за показником статичного зондування q, МПа

Table 2 – Empirical equations for the sandy soils physical and mechanical parameters determining by static sounding q, MPa

Вид піщаного ґрунту	Рівняння
Пісок грубо і середньо зернистий незалежно від вологості	ρ_d = 1,35+0,31 l_g q $\varphi = 12{,}45 + 17{,}97\ l_g$ q C = -1,58+2,95 l_g q Ед = 3,16+36,22 l_g q
Пісок дрібнозернистий не залежно від вологості	ρ_d = 1,32+0,32 l_g q $\varphi = 12{,}64 + 21{,}35\ l_g$ q C = -3,18+5,73 l_g q Ед = -5,0+40,7 l_g q
Пісок пилуватий маловологий і вологий	ρ_d = 1,31+0,35 l_g q $\varphi = 15{,}88 + 17{,}85\ l_g$ q C = -0,51+5,01 l_g q Ед = -7,22+38,44 l_g q
Пісок пилуватий водонасичений	ρ_d = 1,38+0,34 l_g q $\varphi = 16{,}86 + 18{,}28\ l_g$ q C = -1,11+6,0 l_g q Ед = -0,48+37,4 l_g q

Оскільки в більшості реальних випадків вишукувань доводиться мати справу саме з кварцевими, алювіальними, морено-зондровими і флювіогляціальними пісками як колишні, так і чинні СНиП чи ДСТУ дозволяють надавати значення фізико-механічних показників цих пісків незалежно від їх вологості, що ще більше спрощує задачу підбору емпіричних залежностей між ними та показниками статичного чи динамічного опору зондуванню.

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

$$y = a+b\ l_g\ Рд \quad (1)$$

$$\text{чи} \quad y = a+b\ l_g\ q \quad (2)$$

де y – параметр який визначається:

ρ_d - густина сухого грунту;

φ – кут внутрішнього тертя;

C – зчеплення кПа;

$Е_д$ – модуль деформації, МПа;

a, b – емпіричні коефіцієнти;

Рд – опір умовного динамічного опору грунтів;

q – опір статичному зондуванню під конусом зонда.

Таким чином, виходячи із прийнятих в нормативних документах контрольних (межових) значень коефіцієнтів пористості - е, 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 =f(Рд) також показані у таблиці 1.

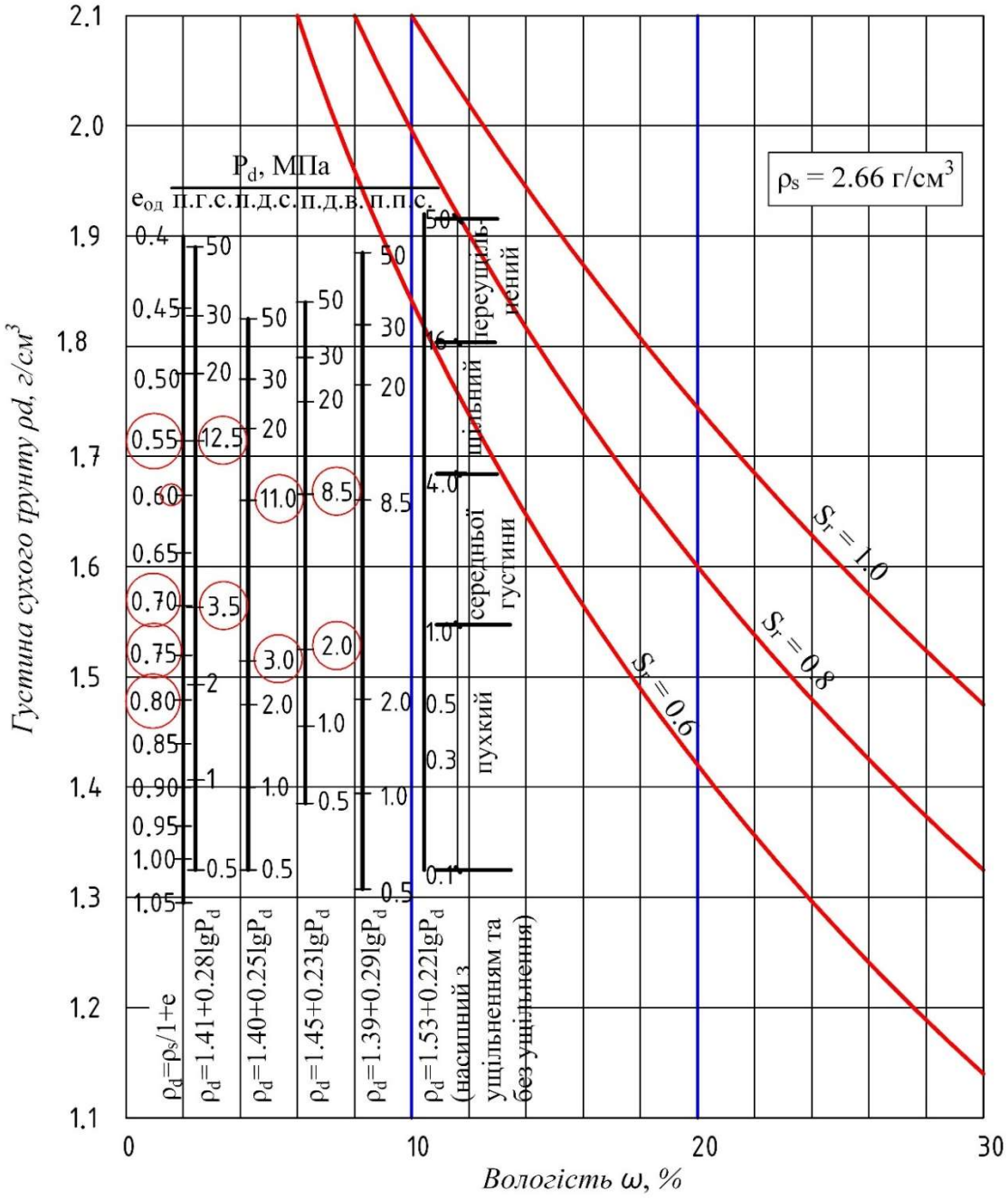

Рисунок 1 – Графічне порівняння рекомендацій чинних (ДСТУ) і колишніх (ГОСТ) щодо оцінки густини сухого ґрунту: піщаних ґрунтів природного залягання, методом динамічного зондування

Figure 1 – Graphic comparison of current (DSTU) and former (GOST) recommendations for the assessment of dry soil density: sandy soils of natural occurrence, the method of dynamic sounding

На рис. 2 наведено приклад графічної інтерпретації визначення значень фізико-механічних показників дрібнозернистий пісків маловологих і вологих. Емпіричні аналітичні залежності для цих показників також представлені у відповідній частині таблиці 1.

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

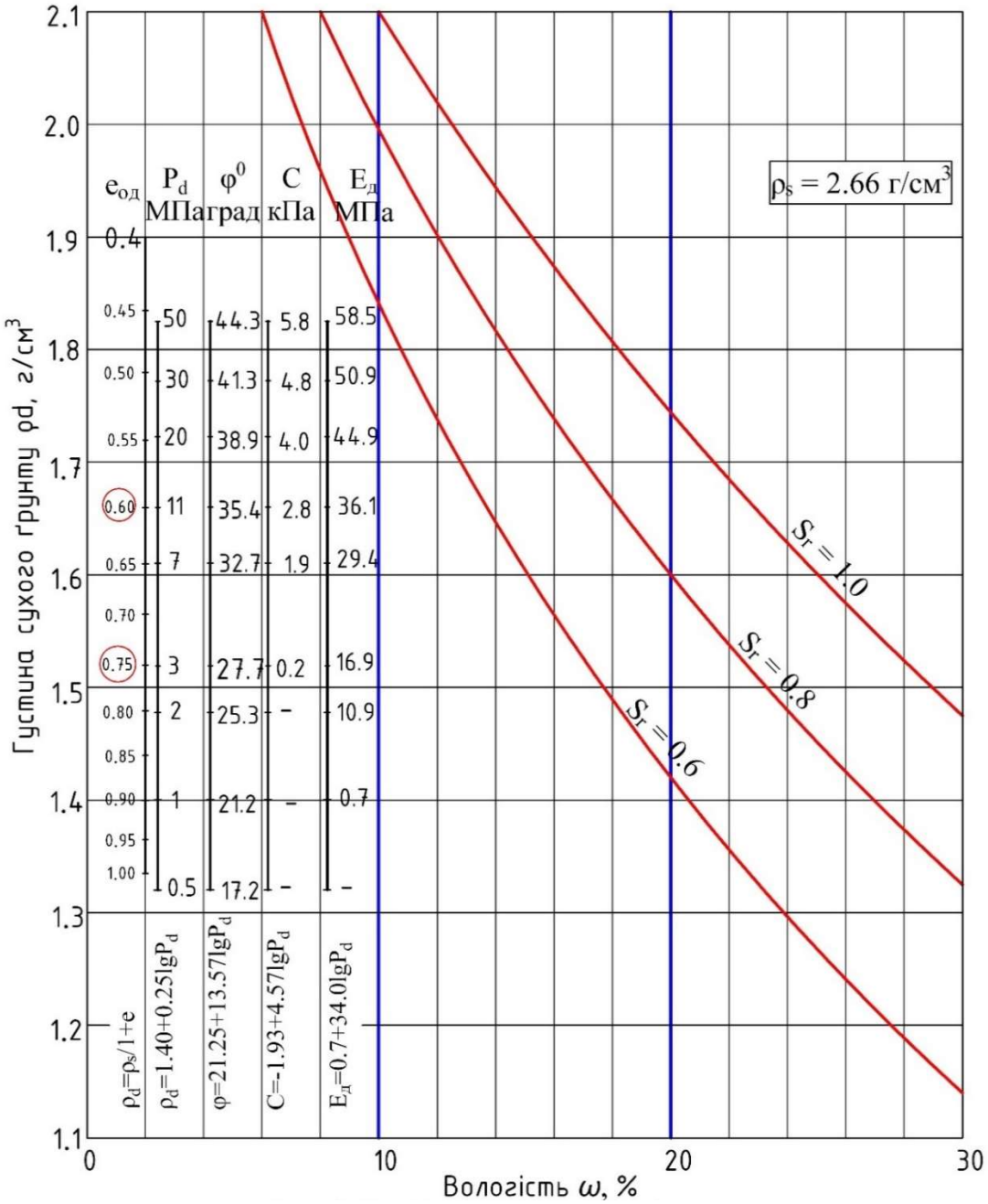

Рисунок 2 – Графічна інтерпретація значень фізико-механічних показників дрібнозернистого піску моловологого та вологого, природного залягання

Figure 2 – Graphic interpretation of the physical and mechanical parameters values of low-moisture and wet, natural occurrence fine-grained sand

З рис. 3 досить добре видно, як особливості одного так і іншого підходів і зникає необхідністю інтерполяції показників φ, С і Е завдяки можливості їх безпосереднього обрахування через надані у цій роботі формули. Більш того, завдяки такому підходу і запропонованому в [7] принципу піонерної диференціації інженерно-геологічних розрізів за інженерно-геологічними елементами (ІГЕ) в першу чергу саме через аналіз значень опору ґрунтів зондуванню Рд, з'являється можливість більш ефективно визначати і аналізувати експериментальні дані щодо підтвердження, спростування чи уточнення отриманих нами емпіричних залежностей значень фізико-механічних показників піщаних ґрунтів, шляхом їх лабораторних випробувань.

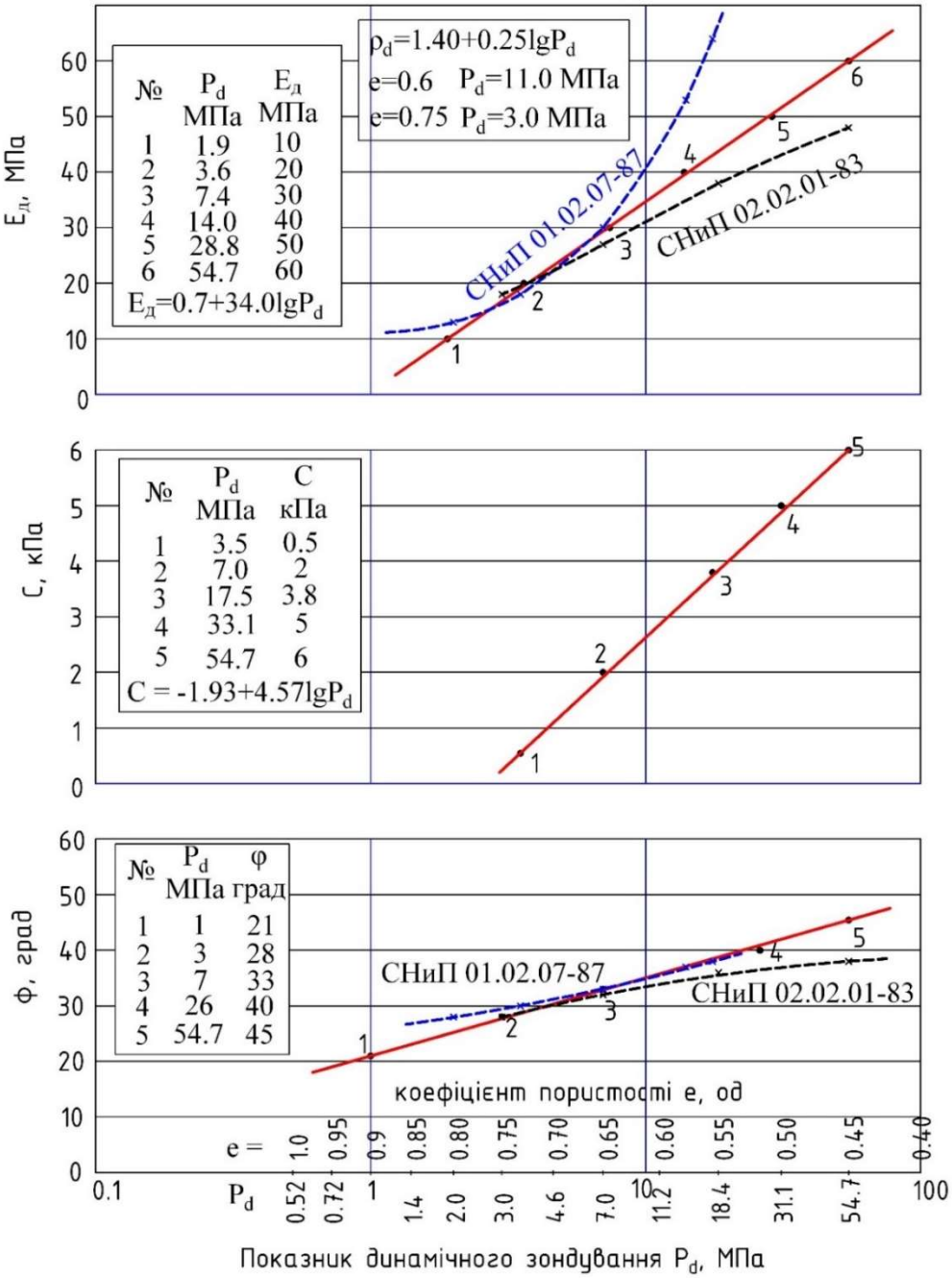

Рисунок 3 – Алгоритм оцінки механічних показників дрібнозернистого піску моловологого і вологого за здвоєною шкалою абсциси $e_{од}$-P_d

Figure 3 – Algorithm for estimating the fine-grained sand of low-moisture and wet mechanical properties on a double scale of abscissa e_{od}-P_d

Висновки

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

Перелік посилань

1. Ребрик Б. М. Справочник по бурению инженерно-геологических скважин. «Недра» М. 1983, 288 с.
2. СНиП 1.02.07-87 Инженерные изыскания для строительства. Госкомстрой СССР. М. 1988, 105с.
3. ДБН А.2.1-10-2008 Інженерні вишукування для будівництва. Мінрегіонбуд України Київ, 2008.
4. ДБН А.2.1-10-2014 Інженерні вишукування для будівництва. Мінрегіонбуд України Київ, 2014 (затверджений, але не чинний).
5. СНиП 2.02.01-83 Основания зданий и сооружений. Основные положения проектирования. Госкомстрой СССР 1983, 67 с.
6. ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд.(основні положення проектування) Мінрегіонбуд України Київ, 2009.
7. ДСТУ Б.2.1-9-2016 Грунти Методи польових випробувань статичним і динамічним зондуванням. ДП «Укр НДНЦ» 2017, 22 с.

ASSESSMENT OF PHYSICAL AND MECHANICAL INDICATORS OF SANDY SOILS BY STATIC AND DYNAMIC PROBING DATA

Lytvynenko Anatoalii Semenovych, route engineer, M.P. Shulgin State Road Research Institute State Enterprise – DerzhdorNDI SE, Kyiv, Ukraine. asl.weise@gmail.com, +380676992514, https://orcid.org/0000-0002-7414-4731
Alieksieienko Oleksandr Valeriiovych, National transport university e-mail: alexaliek-sieienko@gmail.com, тел. +380636039903, https://orcid.org/0000-0002-3796-9929

Annotation: In the work, on the basis of the analysis of tabular data of both current and former normative documents on engineering-geological surveying and design of soil bases and foundations of structures and literary sources, as well as own experience, a graphical and analytical interpretation of determination of the basic values of physical-mechanical normative and calculated indices of sandy soils according to the indicators of static q, MPa and dynamic RD, MPa probing are given. The use of the proposed empirical analytical dependencies can significantly accelerate the processing of field engineering-geological surveying and provide more objective comparison of such soils condition at different objects while making design decisions. They can also be used in the development of resident software, in case of its development and manufacture for automatically calculating the values of the physical and mechanical parameters of sandy soils. The obtained analytical dependencies are presented in the form of two tables for different types of sandy soils: separately for surveying that are carried out using both static and dynamic probes. And the graphs allow you to visually compare these dependencies, that can provide new material for further scientific generalizations and conclusions in the field of soil science and mechanics.

Key words: sandy soils, static probing, dynamic probing, density of dry soil, deg, grip, deformation modulus.

Referenses

1. Rebryk B. M. Spravochnyk po burenyiu ynzhenerno-heolohycheskykh skvazhyn, (Geological Engineering Drilling Handbook). «Nedra» M. 1983, 288 s.

2. SNyP 1.02.07-87 Ynzhenernyie yzyiskanyia dlia stroytelstva (Engineering surveys for construction). Hoskomstroi SSSR. M. 1988, 105 s.

3. DBN A.2.1-10-2008 Inzhenerni vyshukuvannia dlia budivnytstva (Engineering surveys for construction). Minrehionbud Ukrainy Kyiv, 2008.

4. DBN A.2.1-10-2014 Inzhenerni vyshukuvannia dlia budivnytstva (Engineering surveys for construction). Minrehionbud Ukrainy Kyiv, 2014 (zatverdzhenyi, ale ne chynnyi).

5. SNyP 2.02.01-83 Osnovanyia zdanyi y sooruzhenyi. Osnovnyie polozhenyia proektyrovanyia (Foundations of buildings and structures. Design Fundamentals). Hoskomstroi SSSR 1983, 67 s.

6. DBN V.2.1-10-2009 Osnovy ta fundamenty sporud.(osnovni polozhennia proektuvannia) (Foundations of buildings and structures. Design Fundamentals) Minrehionbud Ukrainy Kyiv, 2009.

DSTU B.2.1-9-2016 Hrunty Metody polovykh vyprobuvan statychnym i dynamichnym zonduvanniam (Soils Field test methods for static and dynamic probing). DP «Ukr NDNTs» 2017, 22 s.