

УДК 624.138

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2024.45.5>**Рудін А.А.**

аспірант кафедри технології будівельного виробництва,

Навчально-науковий інститут Придніпровська державна академія будівництва та архітектури,

Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро

ORCID ID: 0000-0003-4215-3884

Несевря П.І.

к.т.н., доцент кафедри технології будівельного виробництва,

Навчально-науковий інститут Придніпровська державна академія будівництва та архітектури,

Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро

ORCID ID: 0000-0003-2371-7381

ДОСЛІДЖЕННЯ ҐРУНТОВОЇ ПОДУШКИ ФУНДАМЕНТУ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ НА ВУЛ. ТЕЛЕВІЗІЙНІЙ У М. ДНІПРО МАЛОГАБАРИТНИМИ ЗАБИВНИМИ ЗОНДАМИ РІЗНИХ МОДЕЛЕЙ

Анотація. Підвищення ефективності та якості будівництва значною мірою залежить від правильності оцінки властивостей ґрунтових основ і вибору типу фундаментів будівель та споруд. Особливі труднощі виникають під час проектування будівель та споруд на лесових просідаючих ґрунтах, які широко розповсюджені на території Середнього Придніпров'я, зокрема Дніпропетровської та Запорізької областей.

Стаття присвячена польовому методу оцінки властивостей лесових ґрунтів із застосуванням малогабаритних пристроїв, а саме методу динамічного зондування. Динамічне зондування дозволяє безпосередньо на майданчику визначити межі розташування ґрунтових шарів, ступінь однорідності ґрунту, як непряму ознаку його основних міцнісних та деформаційних властивостей, а також ступінь ущільнення та зміцнення у часі насипних ґрунтів, зокрема ґрунтових подушок, використання яких широко розповсюджене у будівельній галузі. Даний метод досліджень ґрунтової основи може бути застосовано у передпроектних вишукуваннях, різних стадіях проектування та при виконанні додаткових досліджень інженерно-геологічних умов майданчику під час експлуатації будівель та споруд. Окрім того метод зондування може бути застосовано в поєднанні з іншими видами польових та лабораторних інженерно-геологічних робіт для попереднього визначення необхідних місць детальних спеціальних досліджень, скорочення трудових та матеріальних витрат на проведення вишукувань та для отримання комплексних результатів щодо ґрунтових умов майданчику.

У статті розкрито використання ручних зондів для дослідження масивів лесових ґрунтів природного залягання та ущільнених при облаштуванні ґрунтової подушки.

З'ясовано, що актуальним є встановлення достовірних залежностей між показником зондування R_d та кількістю ударів N при використанні малогабаритних та стандартних зондів на прикладі лесових ґрунтів конкретного майданчику міста Дніпро.

В результаті проведених досліджень лесових ґрунтів малогабаритними зондами виведена узагальнююча залежність між значенням умовного динамічного опору R_d і кількістю ударів N для конкретного даного майданчику, в тому числі і для ґрунтової подушки. Також за результатами польових досліджень виявлено, що конструкція використаного малогабаритного зонда виявилася недостатньо механічно міцною для зондування щільних ґрунтових подушок з лесових ґрунтів навіть при їх малій товщині. Для дослідження ґрунтових подушок стандартні зонди (зокрема – ЛДАТЕ) виявились більш міцними та надійними в експлуатації.

Ключові слова: зондування, дослідження ґрунтів, методи дослідження фундаментів і основ, інструментальні методи, стандартні зонди, геологічні умови.

Постановка проблеми. Надійне зведення будівель на лесових просідаючих ґрунтах належить до однієї з найскладніших проблем сучасного будівництва. У Середньому Придніпров'ї, зокрема й у місті Дніпро, на лесових ґрунтах проводилось та ведеться масове будівництво будівель та споруд різного призначення. Досвід показує, що тільки комплексне дослідження лесових ґрунтів за допомогою польових і лабораторних методів дозволяє оцінити фізико-механічні, а передусім просідаючі властивості ґрунтів [1–3].

У проєктно-вишукувальних організаціях України накопичено великий обсяг матеріалу щодо статичного та, в меншій мірі, динамічного зондування лесових ґрунтів, проте без відповідної наукової обробки цей матеріал залишається малоінформативним для вишуквачів і проєктувальників.

Метою даної роботи є оцінка ступеня ущільнення та однорідності ґрунтової подушки з лесових ґрунтів по площі та в розрізі методом динамічного зондування малогабаритними зондами, починаючи від етапу риття котловану і закінчуючи етапом облаштування ґрунтової подушки.

Результати досліджень. Об'єктом дослідження був процес вишукувань методом динамічного зондування природних лесових ґрунтів, ґрунтової подушки з лесових супісків, що підстелена еолово-делювіальними ґрунтами, а також представленими лесовим супіском твердої, напівтвердої та пластичної консистенції вище рівня ґрунтових вод (РГВ).

Лесові ґрунти на зазначеній території будівництва будівлі на вул. Телевізійній, м. Дніпро складають верхню частину розрізу верхньочетвертинних відкладів і представлені лесовим супіском та лесовидними суглинками. Останні, як правило, мають жовтувато-буре забарвлення, макропористі, просадочні, часто грудкуватої структури, містять стяжіння і нальоти карбонатів, у верхній частині гумусовані. Переважають легкі та середні різновиди, що переходять у супісок. Саме вони, поряд із лесовим супіском, яка також має просадочність, є ґрунтами основ для переважної більшості споруд і малоповерхових будівель у цій частині міста.

Лесові відкладення на території міста Дніпро, які є основними ґрунтами, що формують рельєф, мають наступні фізико-механічні властивості, згідно з даними регіональних

вишукувальних фондів: коефіцієнт фільтрації $K_{\phi} = 0,15-0,60$ м/добу; модуль пружності $E = 5,5-15,0$ МПа; кут внутрішнього тертя $\phi = 10-26^\circ$; питоме зчеплення $C = 0,015-0,030$ МПа; пористість $-40-48\%$. Лесові відкладення підстелені шаром бурих та червонобурих суглинків завадівського періоду та глин мартоношського віку, які можуть виконувати роль водотривкого горизонту і, таким чином, поверхні ковзання для численних зсувів по схилах балок. Просадочний лесовий шар з денної поверхні зазвичай перекритий насипними та ґрунтово-рослинними ґрунтами різної потужності. У межах багатоповерхової забудови потужність насипних ґрунтів значна, на відміну від малоповерхової забудови, так званого приватного сектора, до якого належить досліджувана ділянка, розташована в межах правого борту Довгої (колишньої Красноповстанської) балки.

Особливістю дослідження даної ділянки було те, що зондування ґрунтів на початковому етапі виконувалося з дна котловану (абс. відм. 119,6 м) стандартним зондом ЛДАТЕ (т.д.з. 1), а на наступному етапі проводилося вже через ґрунтову подушку (т.д.з. 2, 3) потужністю до 1,3 м малогабаритним зондом розробки Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (далі – ДПТ) (абс. відм. 120,9-121,0 м). Схема розташування точок зондування наведена на рис. 1.

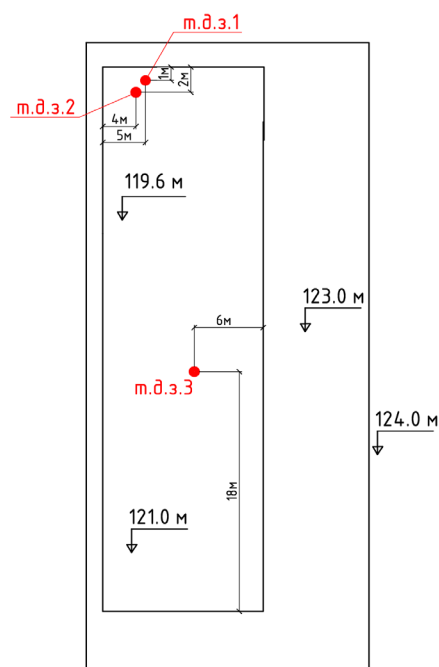


Рис. 1. Схема точок зондування на майданчику

Параметри зондів ЛДАТЕ та ДІПТ наведені в таблиці 1.

Методика дослідження ґрунтів зондами різних конструкцій, у тому числі й даних типів, викладена в нормативній літературі та наукових статтях [4–7].

Зондування лесових ґрунтів верхнього горизонту розрізу до облаштування ґрунтової подушки було виконано в т.д.з. 1 зондом ЛДАТЕ. Особливості будови та стану ґрунтів у котловані до облаштування ґрунтової подушки наведені на рис. 2.



Рис. 2. Особливості будови та стану природних ґрунтів у котловані до облаштування ґрунтової подушки на ділянці т.д.з. 1 і 2

Графік зондування в т.д.з. 1 наведено на рис. 3.

Залежність між значенням умовного динамічного опору P_d та числом ударів N для лесових супісків для зонду ЛДАТЕ може бути описана частковим рівнянням наступного вигляду (рис. 4):

$$N = 7,3011 \cdot P_d - 0,0332 \quad (1)$$

Після облаштування ґрунтової подушки було виконано зондування в обраних точках через її товщу (рис. 5, 6). Графіки динамічного зондування в т.д.з. 2, 3 наведені на рис. 7.

Таблиця 1. Параметри зондів ЛДАТЕ и ДІПТ

№	Тип зонду	Висота скидання молота, см	Маса молота, кг	Штанги		Конічний наконечник		Маса зонду в зборі, кг
				Діаметр штанг, мм	Довжина штанг, см	Діаметр конусу, мм	Кут загострення конусу, град	
1	ДІПТ	50	10	20	110/124	40	60	8 (без молота)
2	ЛДАТЕ	40	30	33.5	100/200	74	60	20 (без молота)

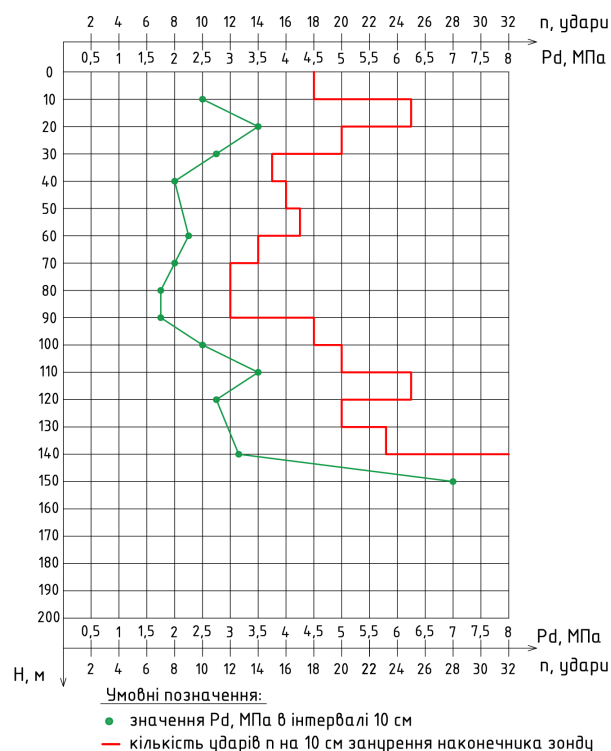


Рис. 3. Графік зондування. Будова товщі лесового супіску до облаштування ґрунтової подушки за даними динамічного зондування в т.д.з. 1

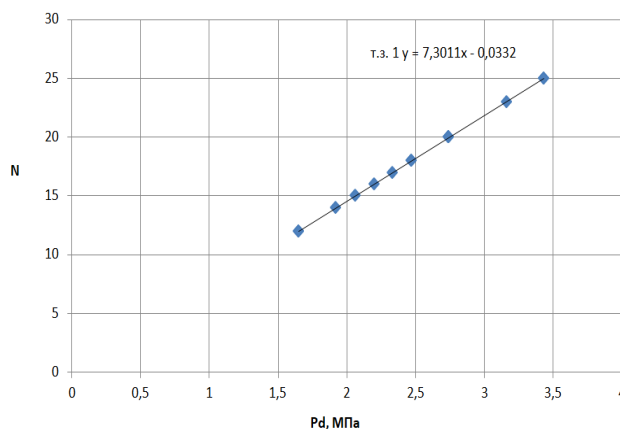


Рис. 4. Графік та формула кореляційної залежності N від P_d товщі лесового супіску в т.д.з. 1

Слід зазначити тотожність будови ґрунтової подушки в т.д.з. 2 і 3, однак, судячи з результатів зондування, щільності ґрунтів у нижній частині розрізу подушки помітно відрізняються, що, ймовірно, пов'язано з технологією ущільнення ґрунтів під час створення подушки.



Рис. 5. Загальний вигляд котловану на вулиці Телевізійній після облаштування ґрунтової подушки фундаментної плити



Рис. 7. Графік зондування. Будова ґрунтової подушки в т.д.з. 2,3

За даними отриманими від будівельників об'єкта, засипка та укатка подушки відбувалися в два етапи двома різними типами обладнання, які відрізнялися масогабаритними характеристиками, що й відображено на графіках зондування. Також відзначається очевидна неоднорідність будови верхньої частини ґрунтового розрізу товщі природних ґрунтів, представлених лесовим супіском. Наявність горизонту лесового супіску пластичної консистенції в центральній частині ділянки підтверджується графіком зондування в т.д.з. 3. Із найбільшою ймовірністю це було пов'язано із зоною витоків води з водопровідних мереж знесеного домоволодіння. Можна також припустити неоднорідність будови верхнього горизонту природних ґрун-

тів і на інших ділянках площі котловану під ґрунтовою подушкою.

Залежності між умовним динамічним опором P_d та числом ударів N для ґрунтової подушки можуть бути описані частковими рівняннями наступного вигляду (рис. 8):

– для зонда ДІІТ в т.д.з. 2:

$$N = 3,3893 \cdot P_d - 0,0152 \quad (2)$$

– для зонда ДІІТ в т.д.з. 3:

$$N = 3,3676 \cdot P_d + 0,1697 \quad (3).$$

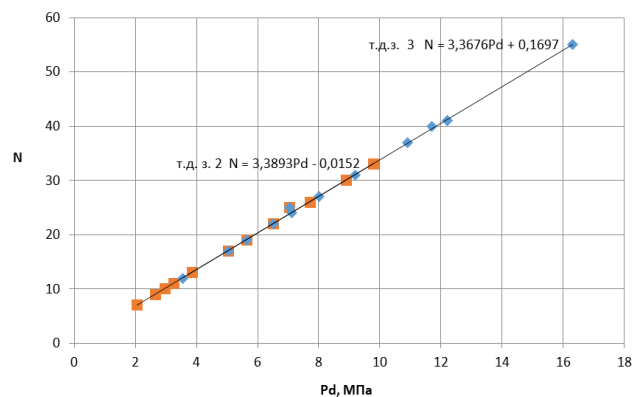


Рис. 8. Графіки та формули кореляційної залежності N від P_d для ґрунтової подушки в т.д.з. 2 і 3 фундаменту будівлі на вулиці Телевізійній

Узагальнююча залежність між значенням умовного динамічного опору P_d та числом ударів N для ґрунтової подушки може бути описана рівнянням наступного виду (рис. 9):

$$N = 3,3824 \cdot P_d + 0,0124 \quad (4)$$

Також варто врахувати, що ця залежність може бути уточнена на більшій фактичній базі. Зокрема, необхідні порівняльні дослідження стандартним зондом типу ЛДАТЕ.

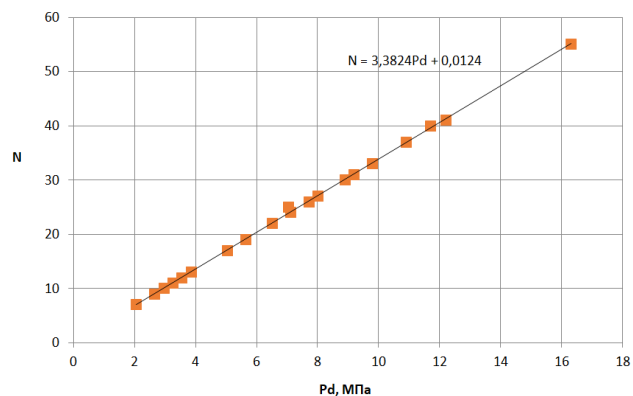


Рис. 9. Загальний графік та формула кореляційної залежності N від P_d для ґрунтової подушки фундаменту будівлі на вулиці Телевізійній.

Висновки. За результатами досліджень, проведених на ділянці будівництва житлової будівлі по вул. Телевізійній м. Дніпро можна зробити такі висновки:

– методом динамічного зондування малогабаритним та стандартним зондами визначено ступінь ущільнення та однорідності ґрунтової подушки з лесових ґрунтів;

– за результатами досліджень виведена узагальнююча залежність між значенням умовного динамічного опору P_d і кількістю ударів N для лесових ґрунтів даного майданчику, в тому числі і для ґрунтової подушки;

– на графіках зондування чітко проглядаються особливості структури ґрунтових подушок, а також технології їх спорудження,

зокрема використання обладнання з різними масогабаритними характеристиками;

– конструкція використаного малогабаритного зонда розробки ДІПТ виявилася недостатньо механічно міцною для зондування щільних ґрунтових подушок з лесових ґрунтів навіть при їх малій товщині. Результатом цього став частий вихід зонда з ладу через викривлення штанг, поломки різьбових з'єднань, розцентрування складових частин тощо. Для дослідження ґрунтових подушок суттєво краще підходять більш міцні зонди стандартної конфігурації, зокрема – ЛДАТЕ, що може свідчити про необхідність їх серійного виробництва для виконання геотехнічних досліджень.

Література

1. А.І. Григоренко. Науково-технічний звіт по об'єкту «Інженерний захист лівого схилу балки Зустрічна в районі МКР «Тополя-1» в м. Дніпропетровськ, вишукувальні роботи», ДніпроДІІНТР, 2011.
2. В.О. Шпильчак, В.В. Манюк, В.В. Сукач та ін. Державна геологічна карта України. Центральнорайонська серія. Аркуш М-36-XXXVI (Дніпропетровськ). Київ: УкрДГРІ, 2007. с. 116
3. В.В. Манюк. Особливості будови четвертинних відкладів у типових розрізах Середнього Придніпров'я. Вісник Дніпропетровського університету. Серія «Геологія. Географія», 2013, №14, – С. 8 – 14.
4. В.М. Величко, К.О. Куцевол. Проблеми укріплення лесових просадних ґрунтів під основи та фундаменти. Сучасне промислове та цивільне будівництво, Том 7, № 2, 2011. С. 99–104.
5. Я.В. Ульянов. Из досвіду проведення порівняльних випробувань лесових ґрунтів ручними динамічними зондами різноманітних конструкцій." Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, 2017, № 6 (72).
6. Arash Gholami, Massoud Palassi & Ali Fakher. Estimation of SPT N Values from the Results of DCPT Counts After Elimination of the Soil Friction Effect. Indian Geotechnical Journal, Volume 52, pp. 1267-1277, 2022.
7. ДСТУ Б В.2.1-9:2016. Ґрунти. Методи польових випробувань статичним і динамічним зондом. Київ: ДП «Національний інститут розвитку інфраструктури», 2016.

References

1. A.I. Grygorenko. Scientific and Technical Report on the Project "Engineering Protection of the Left Slope of Zustrichna Gully in the Area of MCR 'Topolia-1' in Dnipropetrovsk, Survey Works," DniproDIIINTR, 2011. (In Ukrainian).
2. V.O. Shpil'chak, V.V. Manjuk, V.V. Sukach and oth. Derzhavna geologichna karta Ukraini. Central'noukrains'ka serija. Arkush M-36-XXXVI (Dnipropetrovsk). Kyiv: UkrDGRI, 2007. p. 116 (in Ukrainian).
3. V.V. Manjuk. Osoblivosti budovi chetvertinnih vidkladiv u tipovih rozrizah Seredn'ogo Pridniprova. Dnipro: Visn. Dnipropet. un. Ser. «Geologija. Geografija, 2013, №14, pp. 8 – 14 (in Ukrainian).
4. V.M. Velychko, K.O. Kutsevol. Problems of Strengthening Collapsible Loess Soils for Foundations and Bases. Modern Industrial and Civil Construction, Vol. 7, No. 2, 2011, pp. 99–104. (In Ukrainian).
5. Ya.V. Ulyanov. Iz dosvidu provedennya porivnyal'nykh vyprobuvan' lesovykh rruntiv ruchnymy dynamichnymy zondamy riznomanitnykh konstruktsiy. Nauka ta prohres transportu. Visnyk Dnipropetrovskoho natsional'noho universytetu zaliznychnoho transportu, 2017, № 6 (72). (In Ukrainian).
6. Arash Gholami, Massoud Palassi & Ali Fakher. Estimation of SPT N Values from the Results of DCPT Counts After Elimination of the Soil Friction Effect. Indian Geotechnical Journal, Volume 52, pp. 1267-1277, 2022.
7. DSTU B V.2.1-9:2016. Grunty. Metody pol'ovykh vyprobuvan' statychnym i dynamichnym zondom. Kyiv: DP «Natsional'nyy instytut rozvytku infrastruktury», 2016. (In Ukrainian).

INVESTIGATION OF THE FOUNDATION SOIL CUSHION OF A RESIDENTIAL BUILDING ON TELEVIZIYNA STREET IN DNIPRO USING SMALL-SIZED PROBES OF VARIOUS MODELS

Abstract. The improvement of construction efficiency and quality largely depends on the accuracy of soil foundation property assessment and the selection of foundation types for buildings and structures. Special challenges arise in designing buildings and structures on collapsible loess soils, which are widespread in the Middle Dnipro region, particularly in Dnipropetrovsk and Zaporizhzhia regions.

This article is dedicated to the field method for assessing loess soil properties using small-sized devices, specifically the dynamic probing method. Dynamic probing allows for in-situ determination of soil layer boundaries, soil homogeneity, which serves as an indirect indicator of its primary strength and deformation properties, and the degree of compaction and strengthening over time for filled soils, especially soil cushions, which are widely used in construction. This soil investigation method can be applied in pre-design surveys, various design stages, and additional studies of the site's engineering-geological conditions during the operation of buildings and structures. Furthermore, the probing method can be combined with other types of field and laboratory engineering-geological work to preliminarily identify necessary areas for detailed specialized studies, reduce labor and material costs for surveys, and obtain comprehensive results regarding site soil conditions.

The article describes the use of handheld probes for studying natural loess soil formations and compacted soil cushions. It has been determined that establishing reliable relationships between the probing index P_d and the number of blows N when using small-sized and standard probes is crucial, as exemplified by loess soils at a specific site in the city of Dnipro.

As a result of the conducted research on loess soils using small-sized probes, a generalized relationship was established between the conditional dynamic resistance P_d and the number of blows N for the specific site, including for the soil cushion. Field research also revealed that the design of the small-sized probe used proved to be insufficiently mechanically robust for probing dense loess soil cushions, even when they were relatively thin. Standard probes (such as LDATE probes) were found to be more durable and reliable for investigating soil cushions.

Key words: *sounding, soil investigation, methods of foundation and base investigation, instrumental methods, standard probes, geological conditions.*

Rudin A.A.

Postgraduate student,

Department of construction technology, Educational and Research Institute,

Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture,

Ukrainian State University of Science and Technology, Dnipro

Nesevrya P.I.

Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,

Department of construction technology, Educational and Research Institute,

Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture,

Ukrainian State University of Science and Technology, Dnipro