

## УДК 624.131.1

Я. В. УЛЬЯНОВ<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Лабораторія досліджень атомних і теплових електростанцій, Придніпровський науково-освітній центр інноваційних технологій у будівництві, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24 а, Дніпро, Україна, 49600, тел. +38 (063)180 33 86, ел. пошта t-vail^ulianov@ua.fm, ORCID 0000-0002-5575-4753

## ІЗ ДОСВІДУ ПРОВЕДЕННЯ ПОРІВНЯЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ ЛЕСОВИХ ҐРУНТІВ РУЧНИМИ ДИНАМІЧНИМИ ЗОНДАМИ РІЗНОМАНІТНИХ КОНСТРУКЦІЙ

**Мета.** Для визначення параметрів ґрунтів лесової формації, які вважаються складними в будівництві або експлуатації житлових та промислових споруд, передбачається аналіз отриманих даних польових досліджень для того, щоб використовувати їх у розрахунках для прогнозування ситуації, що може скластися в експлуатації об'єктів. За головну мету дослідження було висунуто: 1) вдосконалення наших уявлень про ґрунти лесової формації на прикладі визначення можливої зміни параметрів лесової товщі, яка знаходиться під впливом навантаження від повної ваги будівлі; 2) відпрацювання методики проведення зондування шляхом впровадження поліпшених, удосконалених ручних зондів та порівняння даних цих випробувань із тими, що були отримані іншими методами; 3) визначення шляхів подальшого проведення досліджень за допомогою ручних зондів. **Методика.** Напрямки інженерно-геологічних досліджень були актуалізовані за допомогою методів аналізу та синтезу, та як інструментарій було виконано динамічне зондування. **Результати.** Автором були проаналізовані дані динамічного зондування ґрунтів зондами типу ДІТ-5 конструкції Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Також проведено зондування легким малогабаритним зондом типу ЛДАТЕ на об'єкті випробувань, що знаходився в складних інженерно-геологічних умовах: на забудованій території, ґрунти якої представлені лесами. У подальшому був визначений динамічний опір ґрунту зондуванню та виведена формула залежності між отриманими показниками динамічного опору. **Наукова новизна.** Зондування необхідних лесових ґрунтів, які склали територію будівництва, проводилося вперше застосованим зондом власної розробки групи авторів, у тому числі – й автора статті. **Практична значимість.** Динамічне зондування, що набуло значного поширення під час інженерних випробувань у будівництві 60–70 рр. минулого сторіччя, сьогодні вживається рідко, а для дослідження лесових ґрунтів у їх різноманітних станах (обводнених, порушених тощо) майже не розроблено. Тому виведення формули кореляції, що підтверджує права на вживання існуючих формул та розрахункових коефіцієнтів саме для ґрунтів лесової формації (а це близько 90 % четвертинних ґрунтів України), є актуальною та новітньою темою.

*Ключові слова:* динамічне зондування; малогабаритний зонд; умовний динамічний опір; ґрунти лесової формації

### Вступ

Під час інженерних випробувань під будівництво будь-яких об'єктів ставиться за мету визначення параметрів ґрунту безпосередньо в польових умовах. До обладнання, яке доцільно використовувати в польових умовах, належать динамічні зонди різного виконання. Динамічний зонд – легкий та доступний прилад, за допомогою якого відбирають проби ґрунту непорушеної структури з метою проведення ґрунтових випробувань та визначення параметрів ґрунту [1, 2].

Широко розповсюджені випробування за допомогою динамічного зондування не скельних порід, більш того, рекомендовані такі випробування в складних геологічних умовах (карст), на забудованій території або в межах старих будівель і споруд тощо. Щодо випробувань лесових ґрунтів, то динамічне зондування лесів взагалі представлялося досить складною проблемою, також через те, що леси легко порушуються, просідають, створюють пливуні та каверни. Тому матеріал з досліджень лесів саме зондуванням є актуальною темою сучасних інженерних випробувань [3].

Виділимо окремо, що такі дослідження є досить економічними, оскільки включають тільки

## ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

витрати на зонд та його транспортування, а також зарекомендували себе в тих випадках, коли на забудованій території або в межах старих будівель і споруд неможливо розташувати громіздке обладнання або виникають труднощі через обмеженість простору, значну кількість комунікацій.

### Мета

Перед виконанням досліджень на підставі даних літературних джерел з історії питання в архівах ДПТУ, ПДАБА, МГСУ, МГУ [2, 3, 6–9, 12, 13, 17] тощо (попутно відзначимо, що сучасні публікації про динамічне зондування малогабаритними зондами, а особливо про зондування лесових товщ – дуже нечисленні), були визначені такі напрямки дослідження, а саме:

- визначення можливих змін параметрів лесової товщі верхньої частини геологічного розрізу, що знаходиться між кущами буронабивних паль з урахуванням повної ваги будівлі;

- отримання вихідних даних для розрахунків показників лесу через отримані коефіцієнти між геотехнічними параметрами для стандартних та нестандартних зондів, співставлення їх з нормами та вимогами існуючих нормативних документів;

- розробка напрямів подальшого покращення методів проведення випробувань зондами ЛДАТЕ (рос. – ЛИАТЭ) та ДПТ-5 з упором на випробування в складних інженерно-геологічних обставинах та в умовах діючого будівельного виробництва.

### Методика

У процесі дослідження використані методи аналізу і синтезу з метою визначення найбільш актуальних напрямків інженерно-геологічних досліджень лесів. Як інструментарій було виконано динамічне зондування ґрунтів та за його результатами порівняльно-аналітичним методом була отримана кореляційна залежність.

### Методика та обладнання дослідження

Дані дослідження проводилися в складних інженерно-геологічних умовах: на території 5-поверхового житлового будинку (м. Дніпро) з підземним паркінгом; який близько розташований до інших споруд, у тому числі дорево-

люційної забудови, з фундаментом, що складається з кущів буронабивних паль, на які спирається плита ростверку завтовшки 1 000 мм [4].

Під час експлуатації даної території неодноразово проводилися дослідження ґрунтів, що її складають. Тому за попередньо отриманими даними ґрунти характеризуються як еолово-делювіальні верхньочетвертинні лесові супіски, пилюваті, тверді, високопористі, загальною міцністю до 10 м, схильні до просідання. Щільність ґрунту 1,59 г/см<sup>3</sup>, щільність сухого ґрунту 1,47 г/см<sup>3</sup> та пористість 45 %, природна вологість 0,09 част. од. Модуль деформації ґрунту з природною вологістю становить  $E = 18$  МПа, а у вологонасиченому стані – 9 МПа. Проектна гранична величина середнього осідання фундаменту складає 15 см.

Після закінчення будівництва житлового будинку було виконано динамічне зондування лесів до глибини до 3,1 м двома ручними зондами розробки ЛДАТЕ та ДПТ-5 через підвал (підземний паркінг) завдяки спеціально розташованим під час будівництва в плиті ростверку трубним проходкам діаметром 1 000 мм та розташованому всередині паркінга наскрізному приямку загальною площею 1 м<sup>2</sup>. Відстань між точками зондування не перебільшувала 1 м. Схема розташування точок зондування наведена на рис. 1.

Випробування проводилися згідно з діючим на час виконання робіт ДСТУ Б В.2.1-9-2002, пізніше – ДСТУ Б В.2.1-9-2016 [4, 5].

### Результати

Під час польових випробувань зондами двох типів були отримані дані, за якими накреслений графік (рис. 2), що пов'язує значення умовного динамічного опору ґрунту  $Pd(cз)$  (стандартний зонд ЛДАТЕ) та  $Pd(мз)$  (малогабаритний – ДПТ-5).

Технічні параметри обох зондів наведено в табл. 1.

Як відомо, переважна більшість ручних забивних зондів, що застосовуються в наступний час, представлена легкими типами (з молотом до 10 кг), за винятком майже недавно розроблених ручних зондів стандартного типу РДК та ЛДАТЕ, причому слід відзначити, що зонд ЛДАТЕ було застосовано значно раніше, ніж зонд компанії «Геотест» – РДК [8, 10, 11].

## ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

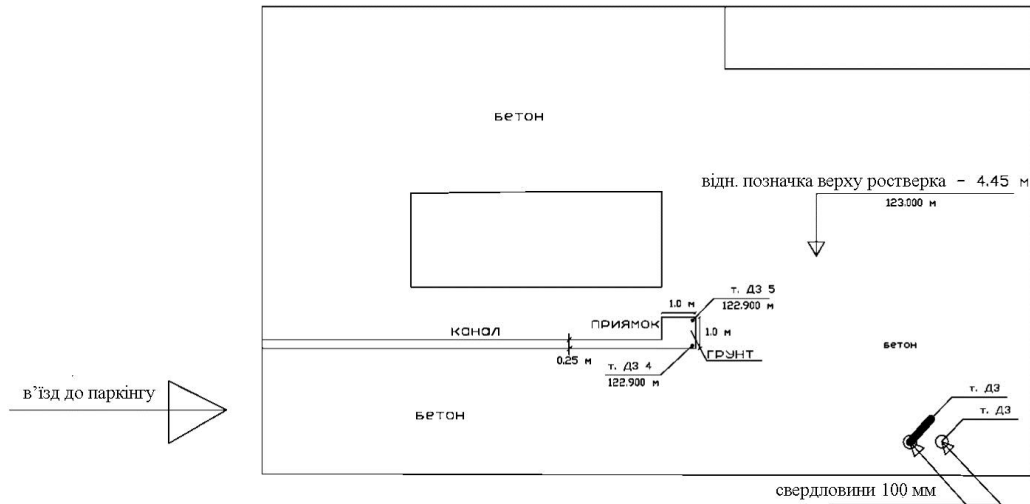


Рис. 1. Схема ділянки випробувань

Fig. 1. Scheme of test section

Таблиця 1

## Основні параметри ручних забивних зондів ЛДАТЕ та ДПТ-5

Table 1

## The main parameters of manual driving rods LDATE and DPT-5

№	Тип зонда	Висота скидання молота, см	Маса молота, кг	Штанги		Конічний наконечник		Маса складеного зонда (без молота), кг
				Діаметр штанг, мм	Довжина штанг, см	Діаметр конуса, мм	Кут загострення конуса, град	
1	ДПТ-5	50	10	20,0	110/124	40	60	8
2	ЛДАТЕ	40	30	33,5	90/100	74	60	30

сз/мз	
2,67	1,37
3,38	2,2
4,79	2,06
3,1	1,65
3,51	1,11
3,27	1,65
3,51	1,55
3,27	1,88
3,98	1,44
4,68	2,22

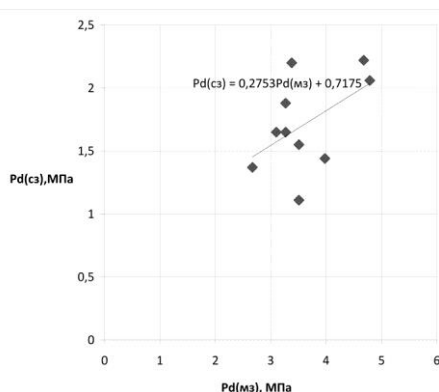


Рис. 2. Графік динамічного опору ґрунту зондуванню

Fig. 2. Graph of dynamic soil resistance to sounding

Відомі деякі спроби виведення формул та коефіцієнтів перерахунку параметру  $P_d$  для стандартних або малогабаритних зондів. Зокрема, такі залежності запропонувала Н. Н. Зубкова для флювіогляціальних відкладів Підмосков'я [6, 7]. Аналіз їх показує, що їх неможливо застосовувати для лесів середнього Придніпров'я, однак, вже отримані дані можуть стати прикладом для виведення регіональних кореляційних залежностей аналогічного виду.

Зокрема, для ґрунтових умов даного будівельного майданчика на підставі обробки та аналізу матеріалів польових досліджень, які були виконані зондами ЛДАТЕ (стандартний зонд) та ДПТ-5 (нестандартний зонд), для лесових ґрунтів напівтвердої та твердої консистенції, що залягають під плитою ростверка, була запропонована кореляційна залежність:

$$Pd(сз)=0.2753Pd(мз)+0.7175.$$

## ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

Було визначено, що лесові ґрунти, що складають дану територію, схильні до просідання ґрунту та порушень його структури. Можна прогнозувати, як буде змінюватися структура лесу під впливом вологи або вібрації, через рух транспорту тощо.

Відзначимо також, що були отримані проміжні результати експериментів і для подальших висновків з метою їх достовірності можна запланувати такі дослідження, як: зондування ґрунту у вологому стані (водонасиченому або обводненому), польові експерименти з розташуванням паль біля траси або на трасі (під впливом постійного руху транспорту) або поблизу будівництва і т. д. Методика експериментів була покращена з точки зору її проведення, однак, залишаються питання про обсяг та зміст подальших польових випробувань. Крім того, з точки зору оцінки стану ґрунтів, слід запроєктувати дослідження за деякі протяжні інтервали часу (місяць, рік тощо). За тими даними, що були обрані в літературі [9], такі зміни за часом були незначними, хоча і рухалися територією будівельно-кранові машини, екскаватори, самоскиди – все це не змінювало істотно показники ґрунту. Але слід враховувати, що стан конкретного типу ґрунту на території його розповсюдження залежить і від стихійного водопостачання або розташування будь-якого виробництва. Тобто, щоб прогнозувати поведінку ґрунтів, особливо посадочних, таких як леси, необхідно визначати всі умови експлуатації даної території та споруд, що там розташовані. Тільки з урахуванням всіх техногенних та природних факторів можна говорити про достовірність та вірогідність експериментів.

### Наукова новизна та практична значимість

Дані дослідження мали за відправний поштовх вдосконалення приладів та пристосувань для зондування. Існуючі установки (такі, наприклад, як найбільш близький за призначенням і параметрами аналог зонду даної конфігурації прилад РДК компанії «ГЕОТЕСТ», розроблений у м. Єкатеринбург, Росія, <http://geotest.ru/complect/РДК/ДЗ>, складний за конструкцією та великий за габаритами: складається з кількох штанг із закріпленим до них конусом для занурювання в ґрунт, комплекту-

ється утримувачем з рукоятками і центратором зі спеціальними штирями). Недоліками цього та багатьох інших приладів є відносно складна для ручного пристрою конструкція, достатньо великі габарити, що роблять важкими проведення випробувань в обмежених (складних) умовах, а головне, відсутня можливість застосування таких приладів для зондування за стандартом SPT (*Standart Penetration Test*). До того ж, для проведення випробувань комплектом РДК потрібні зусилля 3 виконавців.

В основу технічного рішення зонду власної розробки було покладено мету створення дешевого і простого за конструкцією вітчизняного пристрою, з можливістю серійного виробництва, для випробувань ґрунтів під фундаменти споруд методом динамічного зондування, особливо в недоступних місцях з мінімальною кількістю виконавців. Для цього була покращена конструкція зонду, з доданням додаткового приладдя для роботи з важкими ґрунтами, у тому числі – з тими, що містять у собі включення будівельного сміття, уламки тощо. Такі передбачені допоміжні прилади та пристосування роблять зонд універсальним, а також надають можливість зондування за стандартом SPT.

Польові випробування з відпрацюванням методики застосування виконаного зонду сприяли подальшим дослідженням, завдяки їм була виведена кореляційна залежність (за даними зондування декількох будівельних майданів та подальшою статистичною обробкою результатів розрахунків), що й підтверджує наукову новизну даних досліджень та висвітлює перспективи практичного застосування розробленого зонду, спрямовуючи їх не тільки в будівництво, але й в напрямку відновлення та відбудови споруд різноманітного призначення. Перспективи застосування зондів, у тому числі – й у залізничному будівництві вже доказані, оскільки й під час будівництва колії визначаються райони або окремі ділянки, які представлені важкими ґрунтами, тобто проводяться роботи в умовах просідання ґрунту, зсувів (наприклад, під час будівництва Львівської та Одеської залізничних колій).

До того ж, за нашим дослідженням, отримані кореляційні залежності, що вживають під час розрахунків за даними зондування ґрунтів, надають можливість стежити за змінами у часі,

## ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

які спостерігаються при довготривалій експлуатації території розташування споруд, з отриманням практичних рекомендацій у випадках погіршення інженерно-геологічних умов або наступної забудови території.

**Висновки**

Проведені дослідження довели зручність та легкість в експлуатації динамічних малогабаритних зондів обох типів. Розраховані параметри ґрунту є достовірними і досить повно характеризують стан лесу в даних інженерно-геологічних умовах. Проте, щоб вдосконалити

висновки або поширити наші уявлення про поведінку лесів конкретного їх типу, необхідні неодноразові польові експерименти. Правильно проектуючи їх та маючи на увазі отримання не тільки рекомендацій з експлуатації даної території, необхідно проводити дослідження, з установкою на співвідношення їх результатів з даними інших випробувань. Відпрацювання методики, яка була запропонована у статті, слід вести в кількох напрямках та у різних інженерно-геологічних умовах, що може представити широкий матеріал для подальших досліджень.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Болдырев, Г. Г. Испытание грунтов методом динамического зондирования. Ч. III / Г. Г. Болдырев // Инженерные изыскания. – 2011. – № 1. – С. 22–31.
2. Гончаров, Б. В. Использование динамического зондирования при обследовании оснований аварийных и реконструированных зданий / Б. В. Гончаров, Ф. З. Мухаметзянов // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2005. – № 6. – С. 19–22.
3. Григорян, Е. Ю. Исследование свойств лессовых грунтов методами зондирования (на примере Северного Кавказа) : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 25.00.08 / Григорян Ерванд Юрьевич ; ОАО «ПНИИИС». – Ставрополь, 2007. – 21 с.
4. ДСТУ Б В.2.1-9-2002 (ГОСТ 19912-2001). Ґрунти. Методи польових випробувань статичним і динамічним зондуванням. – Введ. 2002–05–07. – Київ : Укрархбудінформ, 2002. – 21 с.
5. ДСТУ Б В.2.1-9-2016. Ґрунти. Методи польових випробувань статичним і динамічним зондуванням. – Введ. 2016–06–14. – Київ : УкрНДНЦ, 2017. – 22 с.
6. Зубкова, Н. Н. Использование малогабаритных зондов в практике инженерно-геологических исследований (на примере установки РЗГ-2) / Н. Н. Зубкова // Строительство – формирование среды жизнедеятельности : материалы IV Междунар. межвуз. науч.-практ. конф. / Моск. гос. строит. ун-т. – Москва, 2001. – С. 25–28.
7. Зубкова, Н. Н. Оценка качества результатов испытаний грунтов методами динамического и статического зондирования / Н. Н. Зубкова // Проблемы обеспечения экологической безопасности строительства : IV-е Денисовские чтения (Москва, 23–24 окт. 2008 г.) / Моск. гос. строит. ун-т. – Москва, 2000. – С. 128–131.
8. Методика испытаний грунтов универсальным динамическим зондом ЛИАТЭ / В. Л. Седин, В. Ю. Ульянов, Е. А. Бауск, Я. В. Ульянов // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури : зб. наук. пр. – Дніпропетровськ, 2016. – № 2. – С. 19–24.
9. Объект 2559 : отчет об инженерно-геологических изысканиях на площадке строительства жилого дома по ул. Жуковского, 33 в г. Днепропетровске / ГП «ДнепроГИИТИЗ». – Днепропетровск, 2014. – 230 с. – (Архив ГП «ДнепроГИИТИЗ»).
10. Ульянов, Я. В. Применение ручных забиваемых зондов при исследованиях грунтов строительных площадок / Я. В. Ульянов, В. Л. Седин, Е. М. Бикус // Будівельні конструкції : міжвідом. наук.-техн. зб. – Київ, 2016. – Вип. 83 (1). – С. 470–479.
11. Application of the Dynamic Cone Penetrometer (DCP) for determination of the engineering parameters of sandy soils / S. D. Mohammadi, M. R. Nikoudeh, M. Khamsehchiyan, H. Rahimi // Engineering Geology. – 2008. – Vol. 101. – Iss. 3–4. – P. 195–203. doi: 10.1016/j.enggeo.2008.05.006.
12. Kulhawy, F. H. Manual on estimating soil properties for foundation design : Report EL-6800 / F. H. Kulhawy, P. H. Mayne. – Palolto, USA : Electric Power Research Institute, 1990. – 250 p.
13. Livneh, M. The Effect of Vertical Confinement on the DCP Strength Values in Pavement and Subgrade Evaluations / M. Livneh, I. Ishai, N.A. Livneh // Transportation Research Record. – 1995. – Iss. 1473. – P. 1–8.

## ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

14. Lunne, T. Cone penetration testing in geotechnical practice / T. Lunne, P. K. Robertson, J. J. M. Powell. – New York : Spon Press, 1997. – 312 p.
15. Soil Stiffness Gauge (SSG) and Dynamic Cone Penetrometer (DCP) tests for estimating engineering properties of weathered sandy soils in Korea / L. Changho , K. Kyu-Sun , W.Woo , W. Lee // Engineering Geology. – 2014. – Vol. 169. – P. 91–99. doi: 10.1016/j.enggeo.2013.11.010.
16. Ulianov, Y. V. Soil investigation by universal dynamic penetrometer LSNTPP / Наука і техніка: перспективи XXI століття : матеріали міжвуз. наук.-практ. конф. молодих вчених (1 грудня 2015 р.) // Придніпр. держ. акад. буд-ва та архітектури. – Дніпропетровськ, 2015. – С. 78–79.
17. Zumrawi, M. M. E. Prediction of In-situ CBR of Subgrade Cohesive Soils from Dynamic Cone Penetrometer and Soil Properties / M. M. E. Zumrawi // International Journal of Engineering and Technology. – 2014. – Vol. 6. – Iss. 5. – P.439–442. doi: 10.7763/ijet.2014.v6.738.

Я. В. УЛЬЯНОВ<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Лаборатория исследований атомных и тепловых электростанций, Приднепровский научно-образовательный центр инновационных технологий в строительстве, Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, ул. Чернышевского, 24 а, Днепро, Украина, 49600, тел. +38 (063)180 33 86, эл. почта t-vail^ulianov@ua.fm, ORCID 0000-0002-5575-4753

## ИЗ ОПЫТА ПРОВЕДЕНИЯ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ РУЧНЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ЗОНДАМИ РАЗНООБРАЗНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

**Цель.** Для определения параметров грунтов лессовой формации, которые считаются трудными при строительстве или эксплуатации жилищных и промышленных сооружений, предусматривается анализ полученных данных полевых испытаний с тем, чтобы использовать их в расчетах для прогнозирования ситуации, которая может осложниться во время эксплуатации объектов. За главную цель исследования были выдвинуты: 1) усовершенствование наших представлений о грунтах лессовой формации на примере определения возможных изменений параметров лессовой толщи, которая находится под нагрузкой от полного веса сооружения; 2) отработка методики проведения зондирования путем внедрения улучшенных, с повышенными качествами, ручных зондов: сравнение данных этих исследований с теми, которые были получены другими методами; 3) определение путей дальнейшего проведения исследований с помощью ручных зондов.

**Методика.** Направления инженерно-геологических исследований были актуализованы с помощью методов анализа и синтеза, и в качестве инструментария было выполнено динамическое зондирование.

**Результаты.** Авторами были проанализированы данные динамического зондирования грунтов зондами типа ДИИТ-5 конструкции Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна. Также проведено зондирование легким малогабаритным зондом типа ЛИАТЭ на объекте исследований, который находился в сложных инженерно-геологических условиях: на застроенной территории, грунты которой представлены лесами. Далее было определено динамическое сопротивление грунта зондированию и выведена формула зависимости между полученными показателями.

**Научная новизна.** Зондирование необводненных лессовых грунтов, которые составляют территорию строительства, проводилось впервые используемым зондом собственной разработки группы авторов, в том числе – и автора статьи. **Практическое значение.** Динамическое зондирование, которое приобрело значительное распространение во время инженерных исследований в строительстве 60–70 гг. прошлого века, в настоящее время используется редко, а для исследования лессовых грунтов в их разнообразных состояниях (обводненных, необводненных, нарушенных, ненарушенных и т. д.) практически не разработано. Поэтому выведение формул корреляции, которые подтверждают права на использование существующих формул и расчетных коэффициентов именно для лессовой толщи (а это около 90 % современных четвертичных грунтов Украины), представляется актуальной и новейшей темой.

**Ключевые слова:** динамическое зондирование; малогабаритный зонд; условное динамическое сопротивление; почвы лессовой формации

Y. V. ULYANOV<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Research Laboratory of Nuclear and Thermal Power Plants, Prydniprovsk Research and Education Center for Innovative Technologies in Construction, Prydniprovsk State Academy of Construction and Architecture, Chernyshevskiy St., 24 a, Dnipro, Ukraine, 496000, tel. +38 (063)180 33 86, e-mail t-vail^ulyanov@ua.fm, ORCID 0000-0002-5575-4753

## FROM EXPERIENCE OF CONDUCTING COMPARATIVE TESTS OF LOESS SOILS BY MANUAL DYNAMIC PROBES OF DIFFERENT CONSTRUCTIONS

**Purpose.** To determine the parameters of soils of loess formation, which are considered difficult in the construction or operation of housing and industrial facilities it is provided an analysis of the obtained field test data in order to use them in calculations to predict the situation, which can be complicated during operation of the facilities. The main purpose is: 1) improvement of our ideas about soils of loess formation using the example of determining possible changes in parameters of the loess mass, which is under load from the total weight of the structure; 2) testing the methodology of sounding by introducing improved manual probes: comparing the data of these studies with those obtained by other methods; 3) determination of the ways of further research using manual probes.

**Methodology.** The directions of engineering-geological research were updated with the help of analysis and synthesis methods. Dynamic sounding was performed as a tool. **Findings.** The authors analyzed the data of dynamic sounding of soils by probes of the type DIIT-5 made by the Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan (DNURT). Also, it was sounded the research object in difficult engineering-geological conditions: in a built-up area, the soil of which is represented by forests. The sounding was carried out using the small-sized LIATE probe. Further, the dynamic soil resistance to sounding was determined and the dependency formula between the obtained indices was derived. **Originality.** The sounding of the unwatered loess soils was carried out by light non-standard probe developed by the DNURT and, for comparison, by a self-developed probe of a group of authors, including the author of the article. The probe was used at the first time. **Practical value.** Dynamic sounding, which had spread significantly during engineering research in the construction of 60-70 years of the last century, is currently used rare. As for research of loess soils in their various states (watered, unwatered, disturbed and undisturbed, etc.) it is practically not developed. Therefore, the derivation of correlation formulas that confirm the rights to use existing formulas and design coefficients precisely for the loess mass (and this is about 90% of modern Quaternary soils of Ukraine) seems to be a topical subject.

**Keywords:** dynamic sounding; small-sized probe; conditional dynamic resistance; loess formation soils

### REFERENCES

1. Boldyrev, G. G. (2011). Testing soils by penetration methods. Part III. *Inzhenernyye izyskaniya*, 1, 22-31. (in Russian)
2. Goncharov, B. V., & Mukhametzyanov, F. Z. (2005). Use of dynamic probing to inspect the beds of damaged and reconstructed buildings. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 6, 19-22. (in Russian)
3. Grigoryan, Ye. Yu. (2007). *Issledovaniye svoystv lessovykh gruntov metodami zondirovaniya (na primere Severnogo Kavkaza)* (PhD thesis) (p. 21) OJSC «PNIIS», Stavropol. (in Russian)
4. Grunty. Metody polovykh vyprobuvan statychnym i dynamichnym zonduvanniam, DSTU B V.2.1-9-2002 (HOST 19912-2001) (2002). (in Ukrainian)
5. Grunty. Metody polovykh vyprobuvan statychnym i dynamichnym zonduvanniam, DSTU B V.2.1-9-2016 (2017). (in Ukrainian)
6. Zubkova, N. N. (2001). Ispolzovaniye malogabaritnykh zondov v praktike inzhenerno-geologicheskikh issledovaniy (na primere ustanovki RZG-2). *Stroitelstvo – formirovaniye sredey zhiznedeyatel'nosti: Proceedings of the IV International Inter-University Scientific and Practical Conference*, 25-28. (in Russian)
7. Zubkova, H. H. (2000). Otsenka kachestva rezultatov ispytaniy gruntov metodami dinamicheskogo i staticheskogo zondirovaniya: *IV Denisov's Readings Denisovskiye chteniya. Problemy obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti stroitelstva*, 128-131. (in Russian)
8. Sedin, V. L., Ul'yanov, V. Yu., Bausk, E. A., & Ul'yanov, Ya. V. (2016). Methods of soil testing by universal dynamic probe of LRN & T. *Bulletin of Prydniprovsk`ka State Academy of Civil Engineering and Architecture*, 2, 19-24. (in Russian)

## ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

9. *Obekt 2559 (otchet ob inzhenerno-geologicheskikh izyskaniyakh na ploshchadke stroitelstva zhilogo doma po ul. Zhukovskogo, 33 v g. Dnepropetrovske)* (2014). Retrieved 2014, from Arkhiv GP «DneproGIINTIZ». (in Russian)
10. Ulyanov, Ya. V., Sedin, V. L., & Bikus, Ye. M. (2016). *Primeneniye ruchnykh zabivayemykh zondov pri issledovaniyakh gruntov stroitelnykh ploshchadok. Budivelni konstruktsii*, 83(1), 470-479. (in Russian)
11. Mohammadi, S. D., Nikoudel, M. R., Khamchayan, M., & Rahimi, H. (2008). Application of the Dynamic Cone Penetrometer (DCP) for determination of the engineering parameters of sandy soils. *Engineering Geology*, 101(3-4), 195-203. doi:10.1016/j.enggeo.2008.05.006. (in English)
12. Kulhawy, F. H., Mayne, P. H. & Kulhawy, F. H. (1990). *Manual on estimating soil properties for foundation design* (Report EL-6800). (in English)
13. Livneh, M., Ishai, I., & Livneh, N. A. (1995). The Effect of Vertical Confinement on the DCP Strength Values in Pavement and Subgrade Evaluations. *Transportation Research Record*, 1473, 1-8. (in English)
14. Lunne, T., Robertson, P. K., J. & Powell, J. M. (1997). *Cone penetration testing in geotechnical practice*. New York, NY: Spon Press. (in English)
15. Changho, L., Kyu-Sun, K., Woo, W., & Lee W. (2014). Soil Stiffness Gauge (SSG) and Dynamic Cone Penetrometer (DCP) tests for estimating engineering properties of weathered sandy soils in Korea. *Engineering Geology*, 169, 91-99. doi:10.1016/j.enggeo.2013.11.010. (in English)
16. Ulianov, Y. V. (2015). Soil investigation by universal dynamic penetrometer LSNTPP. *Nauka i tekhnika: perspektyvy XXI stolittia: Materialy mizhvuzivskoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh vchenykh (I hrudnia 2015 r.)*. Prydniprovska derzhavna akademiia budivnytstva ta arkhitektury, (pp. 78-79). Dnepropetrovsk (in English)
17. Zumrawi, M. M. E. (2014). Prediction of In-situ CBR of Subgrade Cohesive Soils from Dynamic Cone Penetrometer and Soil Properties. *International Journal of Engineering and Technology*, 6(5), 439-442. doi:10.7763/ijet.2014.v6.738. (in English)

Стаття рекомендована до друку к.т.н., доц. К. Ц. Главацьким (Україна); д.т.н., проф. В. Л. Седіним (Україна)

Надійшла до редколегії: 09.08.2017

Прийнята до друку: 15.11.2017