

УДК 624.131.381

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ ГРУНТОВ УНИВЕРСАЛЬНЫМ ДИНАМИЧЕСКИМ ЗОНДОМ ЛИАТЭ

СЕДИН В. Л.^{1*}, д. т. н., проф., зав. каф.,

УЛЬЯНОВ В. Ю.^{2*}, асс.,

БАУСК Е. А.^{3*}, зав. лаб.,

УЛЬЯНОВ Я. В.^{4*}, м. н. с., асп.

^{1*} Кафедра оснований и фундаментов, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, ORCID ID: 0000-0003-2293-7243

^{2*} Кафедра оснований и фундаментов, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, ORCID ID: 0000-0002-9028-3408

^{3*} Лаборатория исследований атомных и тепловых электростанций Приднепровского научно-образовательного института инновационных технологий в строительстве (ЛИАТЭ), кафедра оснований и фундаментов, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, ORCID ID: 0000-0003-0504-1891

^{4*} Лаборатория исследований атомных и тепловых электростанций Приднепровского научно-образовательного института инновационных технологий в строительстве (ЛИАТЭ), кафедра оснований и фундаментов, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина. тел. + 38(063) 180-33-86, e-mail: uljanov@ua.fm, ORCID ID: 0000-0002-5575-4753

Аннотация. Постановка проблемы. В наши дни изыскательские организации испытывают потребность в установках легкого типа, которые не производятся серийно. Но они являются необходимыми для ускоренного испытания грунтов с возможностью применения в стесненных условиях. Описанный ниже зонд и методика проведения испытаний – один из возможных вариантов решения поставленной задачи. **Цель работы.** Ознакомить с описанием конструктивных особенностей и методики испытаний грунтов универсального динамического зонда, разработанного в Лаборатории исследования атомных и тепловых электростанций (ЛИАТЭ) Приднепровского научно-образовательного института инновационных технологий в строительстве. **Вывод.** Предлагаемый зонд предназначен для определения механических свойств грунтов и позволяет обеспечить экспресс-оценку свойств грунтов естественного основания, исследовать изменения свойств грунтов основания под действующими объектами в процессе их эксплуатации. Универсальной особенностью зонда является возможность применения одноразовых (теряющихся) стандартных конусов и составной конструкции молота (при необходимости уменьшения веса молота), а также возможность проведения испытаний по зарубежным стандартам, в частности, по стандарту для SPT (Standart Penetration Test). Результаты зондирования оформляют в виде стандартного непрерывного ступенчатого графика изменения по глубине значения условного динамического сопротивления грунтов Pq с последующим осреднением графика и вычислением средневзвешенных показателей зондирования для каждого слоя земляного сооружения. Данный зонд и указанная ниже методика заполняют нишу в недостатке ручных малогабаритных установок и могут способствовать расширению технических возможностей изыскательских организаций.

Ключевые слова: динамическое зондирование, условное динамическое сопротивление грунта, залога

МЕТОДИКА ВИПРОБУВАНЬ ГРУНТІВ УНІВЕРСАЛЬНИМ ДИНАМІЧНИМ ЗОНДОМ ЛДАТЕ

СЕДИН В. Л.^{1*}, д. т. н., проф., зав. каф.,

УЛЬЯНОВ В. Ю.^{2*}, асс.,

БАУСК Е. А.^{3*}, зав. лаб.,

УЛЬЯНОВ Я. В.^{4*}, м. н. с., асп.

^{1*} Кафедра основ та фундаментів, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, ORCID ID: 0000-0003-2293-7243

^{2*} Кафедра основ та фундаментів, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, ORCID ID: 0000-0002-9028-3408

^{3*} Лабораторія досліджень атомних та теплових електростанцій Придніпровського науково-освітнього інституту інноваційних технологій у будівництві (ЛДАТЕ), кафедра оснований и фундаментов, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, ORCID ID: 0000-0003-0504-1891

^{4*} Лабораторія досліджень атомних та теплових електростанцій Придніпровського науково-освітнього інституту інноваційних технологій у будівництві (ЛДАТЕ), Кафедра основ та фундаментів, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна. тел. + 38(063) 180-33-86, e-mail: uljanov@ua.fm, ORCID ID: 0000-0002-5575-4753

Анотація. Постановка проблеми. Сьогодні вишукувальні організації відчувають потребу в установках легкого типу, які не виробляються серійно. Але вони необхідні для прискореного випробування ґрунтів із можливістю застосування в обмежених умовах. Описаний нижче зонд і методика проведення випробувань - один із можливих варіантів вирішення проблеми. **Мета статті** - ознайомити з описом конструктивних особливостей і методики випробувань ґрунтів універсального динамічного зонда, розробленого в Лабораторії дослідження атомних і теплових електростанцій (ЛДАТЕ) Придніпровського науково-освітнього інституту інноваційних технологій у будівництві. **Висновок.** Пропонований зонд призначений для визначення механічних властивостей ґрунтів і дозволяє забезпечити експрес-оцінку властивостей ґрунтів природної основи, досліджувати зміни властивостей ґрунтів основи під діючими об'єктами в процесі їх експлуатації. Універсальною особливістю зонда є можливість застосування одноразових (які втрачаються) стандартних конусів і складової конструкції молота (за необхідності зменшення ваги молота), а також можливість проведення випробувань за зарубіжними стандартами, зокрема, за стандартом для SPT (Standart Penetration Test). Результати зондування оформляють у вигляді стандартного безперервного ступеневого графіка зміни за глибиною значення умовного динамічного опору ґрунтів Pq із подальшим усередненням графіка і обчисленням середньозважених показників зондування для кожного шару земляної споруди. Даний зонд, певною мірою, заповнює нішу в нестачі ручних малогабаритних установок і сприяє розширенню технічних можливостей вишукувальних організацій.

Ключові слова: динамічне зондування, умовний динамічний опір ґрунту, залага

METHODS OF SOIL TESTING BY UNIVERSAL DYNAMIC PROBE OF LRN & TP

SEDIN V. L. ^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,

UL'YANOV V. Yu. ^{2*}, *assistant*,

BAUSK E. A. ^{3*}, *head of laboratory*,

UL'YANOV Ya. V. ^{4*}, *junior reacher, postgraduate*

^{1*} Department of bases and foundations, State Higher Education Establishment «Pridneprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernyshevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, ORCID ID: 0000-0003-2293-7243

^{2*} Department of bases and foundations, State Higher Education Establishment «Pridneprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernyshevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, ORCID ID: 0000-0002-9028-3408

^{3*} Laboratory of research of nuclear and thermal power plants of Pridneprovsk scientific and educational institution of innovative technologies in the construction (LRN and TP), department of bases and foundations, State Higher Education Establishment «Pridneprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernyshevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, ORCID ID: 0000-0003-0504-1891

^{4*} Laboratory of research of nuclear and thermal power plants of Pridneprovsk scientific and educational institution of innovative technologies in the construction (LSNTP), department of bases and foundations, State Higher Education Establishment «Pridneprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernyshevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine. tel: + 38(063) 180-33-86, e-mail: uljanov@ua.fm, ORCID ID: 0000-0002-5575-4753

Summary. Problem statement. Nowadays the survey organizations need in facilities of light type not being produced mass. But they are necessary for the accelerated testing of soil with the possibility of use in cramped conditions. Described below probe and test procedures is one of the possible solutions to this problem. **Purpose.** To acquaint with a description of the constructional features and testing methods of soil dynamic universal probe, developed in the laboratory of research of nuclear and thermal power plants (LRNTP) of Pridneprovsk scientific and educational institution of innovative technologies in construction. **Conclusion.** The proposed probe intended to determine the mechanical properties of soils and allows to provide the express assessment of the soil properties of natural foundations to explore the changes of the properties of soil foundation under the operative objects in the process of their operation. Universal feature of the probe is the possibility to use disposable standard cones and of the composite construction of hammer (if it is necessary to reduce the weight of the hammer). As well as the possibility of carrying out tests on foreign standards, in particular on standard for the SPT (Standard Probe Test). Results of probing are drawn up as a standard continuous step schedule of change of depth value of conditional dynamic resistance of soils Pq , followed by averaging schedule and calculating of weighted index of probing for each layer land constructions. This probe and the following technique, fill a niche of the lack of manual small facilities and can contribute to the expansion of technical capabilities of survey organizations.

Keywords: dynamic probing, conditional dynamic resistance of the soil, blowcount value

Постановка проблеми. В настоящее время забивные динамические зонды в Украине серийно не производятся, несмотря на большую в них потребность

изыскательских организаций. Зонд предлагаемой конструкции предназначен заполнить данную нишу в нехватке оборудования для малоглубинных геотехниче-

ских исследований.

Зонд относится к установкам лёгкого типа и предназначен для ускоренного испытания грунтов, в т.ч. в сложных геологических условиях (рыхлые пески и другие структурно-неустойчивые грунты), и земляных сооружений методом динамического зондирования на глубину до 1,0 м в особо стеснённых условиях.

Цель статьи – описать зонд (см. рис.), предназначенный для определения механических свойств грунтов, который позволяет обеспечить экспресс-оценку свойств грунтов естественного основания и исследовать изменения свойств грунтов основания под действующими объектами в процессе их эксплуатации. Его преимуществом является возможность испытания рыхлых песчаных и других структурно-неустойчивых грунтов, где отбор монолитов невозможен или затруднён [1].

Отличиями данного зонда от существующих российских и белорусских устройств типа Л-33 и П-400 являются:

- особенности конструкции, в частности, использование молота с внутренним штоком, а вместо сплошных штанг малого диаметра – прочных цельнотянутых стальных труб большего диаметра с муфтовым или муфто-замковым соединением;

- соответствие требованиям *ДСТУ Б В.2.1-9-2002* для стандартных установок лёгкого типа, изложенным в п. 6.3.2. (табл. 2) и п. 6.2.3. (табл. 3), в связи с чем отпадает необходимость в сопоставительных испытаниях [2].

От аналогичного по параметрам комплекта РДК компании «Геотест» (Россия) данный зонд отличается простотой конструкции и большей компактностью.

Характеристики зонда приведены в таблице.

Таблица

Технические характеристики зонда

Масса молота (общая), кг	30
Высота сбрасывания, см	40
Диаметр штанг, мм	33,5
Длина штанг, мм	500;1000
Соединение штанг	Муфто-замковое
Диаметр муфт/замков, мм	44
Диаметр конуса зонда, мм	74
Угол заострения конуса, град	60

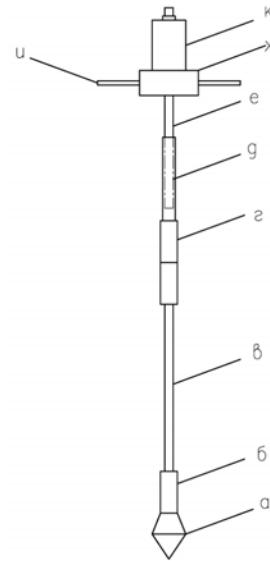


Рис. Общий вид и устройство зонда:
 а - конус; б - муфта; в - штанга; з – замок; д. штанга-наковальня; е. направляющий внутренний шток с меткой; и. молот весом 12 кг;
 ж - рукоятки; к - добавочные съёмные грузы общим весом 18 кг

Универсальной особенностью зонда является возможность применения одноразовых (теряющихся) стандартных конусови составной конструкции молота (при необходимости уменьшения веса молота), а также возможность проведения испытаний по зарубежным стандартам, в частности, по стандарту для SPT (*Standart Penetration Test*).

Для проведения SPT испытаний по стандартам ASTMSTP 399 [3], ASTM D 1586-08a[4] и EN 1997-2:2007-10 [5] в комплект установки входит специально разработанный пробоотборник-грунтонос с острым входным внешним скосом (наружный диаметр пробоотборника 60 мм, внутренний диаметр 50 мм, длина 250 мм). Зарубежным аналогом зонда в данной конфигурации является облегчённый ручной пенетрометр S-200/S-20035 компании DGSI (DurhamGeoSlopeIndicator, USA), по сути – уменьшенная копия стандартного забивного пенетрометра SPT [6].

Изложение основного материала

Методика проведения испытаний

Методика и особенности проведения испытаний динамическими зондами изложены в нормативных документах и специальной литературе [7 – 11].

Приборы и оборудование, необходимые для выполнения работ: легкий динамический зонд с набором конусов, шарнирный хомут, стальной строительный лом, измерительная линейка с подставкой, отвес, уровень.

Подготовка к испытаниям. Подготовку к испытаниям грунта динамическим зондированием выполняют в соответствии с требованиями *ДСТУ Б В.2.1-9-2002*.

При необходимости проверяют прямолинейность штанг и степень износа наконечника. Проверка выполняется путем сборки всех звеньев зонда. При этом отклонение от прямой линии в любой плоскости не должно превышать 5 мм по всей длине проверяемого зонда. Уменьшение высоты конуса наконечника зонда при максимальном его износе не должно превышать 5 мм, а диаметр 0,3 мм. Отклонение оси штанг установки от вертикали не должно превышать 2.

Проведение испытаний. Сборку, установку зонда и зондирование выполняют два человека. В выбранной точке зондирования на выровненной поверхности грунта намечается ломом лунка. После присоединения к нижней муфте штанги постоянно закреплённого или теряющегося конуса зонд устанавливается в точке зондирования. Вертикальность установки зонда проверяется отвесом. На поверхность грунта, рядом с зондом (10–20 см), устанавливается подставка с линейкой. Отсчеты снимаются по линейке и по одной из меток на штанге зонда, нанесенных с интервалом 10 см. В журнал испытаний записывается отметка заглубления конуса до начала зондирования. За нулевую отметку принимают поверхность грунта.

Динамическое зондирование следует выполнять последовательной забивкой зонда в грунт свободно падающим молотом с фиксацией числа ударов при погружении зонда на глубину 10 см при обеспечении необходимой точности измерения глубины зондирования ($\pm 0,5$ см).

Зондирование производится непрерывно до достижения заданной глубины или до резкого уменьшения величины ско-

рости погружения зонда (менее 2 см за 10 ударов). Перерывы в забивке допускаются только для наращивания штанг. Зондирование следует выполнять, применяя постоянную частоту ударов (в среднем 1 удар за 2 с или менее 1 см/с).

При глубине зондирования более 1 м следует применять специальный теряющийся конический наконечник.

При зондировании устройство удерживается в вертикальном положении одним человеком, другой поднимает молот за рукоятки по направляющему внутреннему штоку на высоту 40 см (до отметки на штоке) и опускает в верхней точке, позволяя молоту свободно падать и наносить удар по штанге-наковальне со специальной фрезерованной верхней кромкой.

При проведении работ один человек фиксирует перемещение меток на штангах относительно линейки, второй считает удары.

При достижении величины погружения зонда, равной принятому залому – 10 см, зондирование прекращают, и данные фиксируют (количество ударов за залом).

В процессе зондирования необходимо постоянно контролировать вертикальность погружения штанг.

При обнаружении под конусом зонда природных или техногенных включений сначала можно сделать попытку преодолеть их сопротивление за счет увеличения энергии ударов, сбрасывая молот с приложением усилий на него. Если это не дает результата, то на малых глубинах делается попытка пробивки включения ломом или разбуривания ручным буром («комплект геолога»). Если указанные меры не принесли результатов, выбирается новая точка зондирования путём смещения на 0,3 – 0,5 м от прежней точки. Дабы избежать повреждения конуса зонда из-за подобных обстоятельств, предполагаемый участок зондирования предварительно обследуют при помощи георадара.

При извлечении зонда штанги выбиваются вверх шарнирным хомутом (входит в комплект зонда, на рисунке не показан), упирающимся снизу в верхнюю муфту. При

этом срезается фиксатор конуса. Конус те-
ряется, и набор штанг с муфтами извлека-
ется из грунта.

Обработка результатов. Результаты зондирования фиксируются в стандартном журнале динамического зондирования (см. Приложение Б ДСТУ Б В.2.1-9-2002).

По результатам испытаний определяют условное динамическое сопротивление грунта P_q , МПа по формуле:

$$P_q = AK_1K_2n/h,$$

где A – удельная энергия зондирования, Н/см (кгс/см), определяемая в зависимости от типа применяемой установки и равная для данного типа установок 280 Н/см;

K_1 – коэффициент учета потерь энергии при ударе молота о наковальню и на упругие деформации штанг, определяемый согласно таблице 4 ДСТУ Б В.2.1-9-2002 в зависимости от типа установки и глубины погружения зонда; для условий работы данного типа установок равен 0,49;

K_2 – коэффициент учета потерь энергии на трение штанг о грунт, принимаемый согласно Приложению Д ДСТУ Б В.2.1-9-2002; для условий работы устройств данного типа принимается равным 1;

n – количество ударов молота в залоге;

h – глубина погружения зонда за залог, см.

Результаты зондирования оформляют в виде стандартного непрерывного ступенчатого графика изменения по глубине значения условного динамического сопротивления грунтов P_q с последующим осреднением графика и вычислением средневзвешенных показателей зондирования для каждого слоя земляного сооружения. При-

меры оформления приведены в Приложении Ж ДСТУ Б В.2.1-9-2002.

Расчёт параметров. Значения плотностей песчаных грунтов различного сложения по данным динамического зондирования приведены многочисленной технической литературе, в т. ч. в таблице 32 [12]. Там же, в таблице 33, приведены значения углов внутреннего трения песков.

Значения плотностей песчаных грунтов различного сложения по данным динамического зондирования приведены в таблице 10 [13]. Ориентировочные значения модулей деформации и углов внутреннего трения песчаных грунтов приведены там же, соответственно, в таблицах 21, 25.

Выводы. Потребность изыскательских организаций в устройствах подобного типа, особенно при выполнении работ в стесненных условиях, достаточно велика. Тем не менее, серийное производство малогабаритных зондов отечественной разработки в Украине в настоящее время отсутствует, а зарубежные модели подобных устройств неоправданно дороги. Таким образом, данный зонд в какой-то мере восполняет эту нишу и способствует расширению технических возможностей изыскательских организаций.

Есть основания полагать, что разработка методики испытаний грунтов и земляных сооружений с применением универсального зонда данной конструкции будет способствовать ускоренному испытанию грунтов, в частности, в сложных геологических условиях (рыхлых и особо рыхлых песков, прочих структурно-неустойчивых грунтов).

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Болдырев Г. Г. Испытание грунтов методом динамического зондирования. Ч. 3 / Болдырев Г. Г. // Инженерные изыскания. – 2011. – № 1. – С. 22–31.
2. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием : ДСТУ Б В.2.1-9-2002 (ГОСТ 19912-2001) / Гос. комитет Украины по стр-ву и архитектуре ; Межгос. науч.-техн. комиссия по стандартизации, техн. нормированию и сертификации в стр-ве. – Взамен ГОСТ 19912-81, ГОСТ 20069-81 ; введ. 2002-10-01. – Изд. офиц. – Киев, 2002. – 20 с.
3. Оперативный контроль плотности и прочности грунтов земляных сооружений зондированием : лаб. практикум / сост. В. А. Гриценко, В. Н. Шестаков. – Омск : СибАД, 2008. – С. 14–19.
4. Кулагин В. П. Балластировка трубопроводов с использованием грунта засыпки и геосинтетических материалов / Кулагин В. П., Кабин Л. А., Спектор Ю. И. – Уфа : УГНТУ, 1998. – С. 26–28.
5. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83) / Науч.-исслед. ин-т оснований и подземных сооружений им. Герсеванова Госстроя СССР. – Москва : Стройиздат, 1986. – 415 с.

6. Проектирование фундаментов зданий и сооружений в Санкт-Петербурге : ТСН 50-302-2004 / С.-петерб. экспертно-консульт. комиссия по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям. – Санкт-Петербург, 2004. – 74 с.
7. Руководство по геотехническому контролю за подготовкой оснований и возведением грунтовых сооружений в энергетическом строительстве : РД 34 15.073-91 / М-во энергетики и электрификации СССР ; Всесоюз. ин-т гидротехники им. Б. Е. Веденеева. – Введ. 1991-07-01. – Ленинград : ВНИИГ, 1991. – 434 с.
8. Проектирование и устройство фундаментов на намывных песчаных грунтах / С. А. Слюсаренко, Г. П. Степаненко, М. А. Глотова, М. Ф. Новиков, И. П. Гордеев, Н. П. Божко, С. П. Дудник. – Киев : Будивельник, 1990. – С. 72–83.
9. Трофименков Ю. Г. Полевые методы исследования строительных свойств грунтов / Ю. Г. Трофименков, Л. Н. Воробков. – 3-е изд, перераб. и доп. – Москва : Стройиздат, 1981. – С. 143–145.
10. Dynamic cone penetrometer ; Corps of engineers single- and dual-mass cone penetrometers // DGS1. Durham geo slope indicator. – Режимдоступа: <http://www.durhamgeo.com/testing/soils/field-testing-dynconeopen.html>.
11. Vane shear and cone penetration resistance. Testing of in-situ soils : a symposium presented at the Fifth pacific area national, meeting American society for testing and materials, Seattle, oct. 31-nov. 5, 1965 : special technical publication № 399. – Philadelphia, 1966. – 47 p.
12. Standard test method for standard penetration test (SPT) and split-barrel sampling of soils: D1586–11 / American society for testing and materials (ASTM). – Режим доступа: <http://www.jeanlutzsa.fr/public/temp/Normes/ASTM/D1586.17074.pdf>
13. Eurocode 7. Geotechnical design. P. 2 : Ground investigation and testing : EN 1997-2:2007 / British standards institution. – London, 2010. – 16 p.

REFERENCE

1. Boldyrev G.G. *Ispytanie gruntov metodom dinamicheskogo zondirovaniya. Ch. 3.* [Test soil by dynamic probing. Part 3]. *Inzhenernye izyskaniya* [Engineering surveys]. 2011, no. 1, pp. 22-31. (in Russian).
2. *Osnovaniya i fundamenti zdaniy i sooruzheniy. Grunty. Metody polevykh ispytaniy staticheskim i dinamicheskim zondirovaniyam*: DSTU B V.2.1-9-2002 (GOST 19912-2001) [Base and foundations of buildings and structures. Soils. Methods of field tests by static and dynamic probing : state standard of Ukraine B.V.2.1-9-2002]. Kiev, 2002, 20 p. (in Ukrainian).
3. Gritsenko V.A. and Shestakov V.N. *Operativny kontrol' plotnosti i prochnosti gruntov zemlyanykh sooruzheniy zondirovaniem* [Operational control of the density and strength of the soils of land structures by probing]. Omsk: SibAD, 2008, pp. 14-19. (in Russian).
4. Kulagin V.P., Kabin L.A. and Spektor Yu.I. *Ballastirovka truboprovodov s ispol'zovaniem grunta zasypki i geosinteticheskikh materialov* [Ballasting of the pipelines with use of soil backfill and geosynthetic materials]. Ufa:UGNTU, 1998, pp. 26-28. (in Russian).
5. Nauch.-issled. in-t osnovaniy i podzemnykh sooruzheniy im. Gersevanova. *Posobie po proektirovaniyu osnovaniy zdaniy i sooruzheniy (k SNiP 2.02.01-83)* [Manual for the design of the bases of buildings and structures (to the CN&R 2.02.01-83)]. Moscow: Stroyizdat, 1986, 415 p. (in Russian).
6. С.-петерб. експертно-консульт. комиссия по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям. *Проектирование фундаментов зданий и сооружений в Санкт-Петербурге: ТСН 50-302-2004* [Design of the foundations of buildings and structures in St. Petersburg: TSN 50-302-2004]. Санкт-Петербург, 2004, 74 p. (in Russian).
7. М-во энергетики и электрификации СССР; Всесоюз. ин-т гидротехники им. Б.Е. Веденеева. *Руководство по геотехническому контролю за подготовкой оснований и возведением грунтовых сооружений в энергетическом строител'стве : RD 34 15.073-91* [Manual of geotechnical control for preparation of grounds and arising of ground structures in the energy construction: RD 15.073-91 34]. Ленинград:ВНИИГ, 1991, 434 p. (in Russian).
8. Slyusarenko S.A., Stepanenko G.P., Glotova M.A., Novikov M.F., Gordeev I.P., Bozhko N.P. and Dudnik S.P. *Proektirovanie i ustroystvo fundamentov na namyvnykh peschanykh gruntakh* [Design and appliance of foundations on alluvial sand soils]. Kiev: Budivelnik, 1990, pp. 72-83. (in Russian.)
9. Trofimenkov Yu.G. and Vorobkov L.N. *Polevye metody issledovaniya stroitel'nykh svoystv gruntov* [Field research methods of construction properties of soils]. 3-e izd. [3-d edition]. Moscow: Stroyizdat, 1981, pp. 143-145. (in Russian).
10. *Dynamic cone penetrometer ; Corps of engineers single- and dual-mass cone penetrometers. DGS1. Durham geo slope indicator.* Available at : <http://www.durhamgeo.com/testing/soils/field-testing-dynconeopen.html>.
11. *Vane shear and cone penetration resistance. Testing of in-situ soils : a symposium presented at the Fifth pacific area national, meeting American society for testing and materials, Seattle, oct. 31-nov. 5, 1965 : special technical publication no. 399.* Philadelphia, 1966, 47 p.
12. *Standard test method for standard penetration test (SPT) and split-barrel sampling of soils: D1586–11.* Available at: <http://www.jeanlutzsa.fr/public/temp/Normes/ASTM/D1586.17074.pdf>
13. *Eurocode 7. Geotechnical design. P. 2 : Ground investigation and testing : EN 1997-2:2007.* London, 2010, 16 p.

Рецензент: д-р т. н., проф. М. В. Савицький

Надійшла до редколегії: 20.07.2015 р. Прийнята до друку: 21.08.2015 р.