

ПРИМЕНЕНИЕ РУЧНЫХ ЗАБИВАЕМЫХ ЗОНДОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ГРУНТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДОК

Ульянов Я.В., Бикус Е.М., Седин В.Л.

Приднепровская государственная академия
строительства и архитектуры
г. Днепр, Украина

АННОТАЦИЯ: У наші дні вишукувальні організації відчують потребу в установках легкого типу, які не виробляються серійно. Але вони є необхідними для прискороного випробування ґрунтів з можливістю застосування в обмежених умовах. Мета статті – ознайомити читача з описом та конструктивними особливостями існуючих пристроїв.

АННОТАЦИЯ: 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. Цель статьи – ознакомить читателя с описанием и конструктивными особенностями существующих установок.

ABSTRACT: Today, survey organizations are in need of light type plants, which are not produced commercially. But they are necessary for the accelerated test soils with application in cramped conditions. The main purpose of the article is to acquaint the reader with a description of the design features of existing equipment.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: зондирование, пенетрометр, конус.

Последнее десятилетие на Украине и в целом по СНГ характеризуется существенным ростом объемов и разнообразием проектно-изыскательских работ. Значительно увеличился также объем работ по

обследованию, восстановлению, ремонту и реставрации ранее построенных гражданских, промышленных и исторических зданий и сооружений, зачастую находящихся в аварийном состоянии.

В большинстве случаев основной причиной развития неравномерных осадок и, как следствие, кренов и деформаций зданий и сооружений является изменение состояния и свойств грунтов оснований, происходящее вследствие ряда обстоятельств, в основном техногенного свойства. Правильное выявление основных причин деформирования зданий и сооружений невозможно без комплексного изучения конструктивных особенностей как зданий и сооружений в целом, так и грунтового массива ниже отметок заложения фундаментов. Решение последней задачи встречает значительные затруднения, и, в основном, по причине того, что основным недостатком большинства унаследованных методов инженерно-геологических исследований грунтов оснований является невозможность проведения подобных исследований непосредственно под фундаментами (на глубину менее 10 м). Основная причина либо отсутствия, либо чрезмерная громоздкость немногих существующих образцов оборудования, трудоёмкость технологий и их разрушающее влияние, оказываемое на сферу взаимодействия сооружений с геологической средой. Положение усугублялось так же и тем обстоятельством, что разработке и производству малогабаритного геотехнического оборудования уделялось в прежние десятилетия неоправданно мало внимания. Оно использовалось либо в дорожном строительстве, либо в военном деле (инженерные войска). Импортное геотехническое оборудование по причине высокой стоимости, как правило, большинству изыскательских фирм оказалось недоступно. К настоящему времени на территории СНГ сохранились в серийном производстве лишь единичные образцы. Имевшиеся удачные разработки отдельных НИИ совершенно не влияли на сложившуюся картину. Однако в последние годы и в этом деле наметился определённый прогресс, коснувшийся, однако, в основном производства бурового малогабаритного оборудования.

Способом, позволившим выйти из данной сложной ситуации, связанной с исследованием около фундаментного пространства, является, в купе с незамедлительным вовлечением в массовое производство имеющихся разработок. В этом случае появляется возможность «*in situ*» исследовать структуру грунтов оснований зданий и сооружений, оценивать их физико-механические и иные свойства, практически не нарушая геологическую среду в широком понимании данного аспекта [1].

Ещё одним важным направлением, связанным с применением данного оборудования, является исследование грунтов под мощными монолитными фундаментными плитами большой площади, где ещё имеется ряд нерешённых вопросов.

В номенклатуру подобного оборудования входят портативные буровые установки, облегчённые устройства для статического и динамического (в т.ч. горизонтального и наклонного) зондирования, переносные приборы для определения прочностных свойств грунтов, радары при-поверхностного зондирования (георадары) и пр.

ДИНАМИЧЕСКОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ СТАНДАРТНЫМ КОНУСОМ

До настоящего времени в странах СНГ малогабаритные установки для динамического зондирования грунтов стандартного исполнения выпускались очень ограниченно, несмотря на большую в них потребность. Более или менее были представлены легкие пенетрометры для дорожного строительства.

С 2012 г. компанией “ГЕОТЕСТ” серийно производится ручной динамический комплект РДК предназначенный для динамического зондирования грунтов и относящийся к установкам лёгкого типа.

Область применения комплекта регламентирована требованиями раздела 1 ГОСТ 19912-2001 (Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием).

По результатам испытаний (согласно СП 11-105-97, ч.1, Приложение «И») дают оценку плотности сложения, модуля деформации, угла внутреннего трения и динамической устойчивости песчаных грунтов.

Характеристики устройства для динамического зондирования стандартным конусом:

• масса молота, кг	30
• высота падения молота, см	40 ± 2
• погрешность измерения глубины погружения зонда, см	0,5
• диаметр штанг, мм	36
• диаметр центратора, мм	108
• диаметр конуса, мм	74
• удельная энергия зондирования А, Н/см	280
• стакан диаметром 73 мм и длиной 250 мм	
• длина штанг, мм	1000
• диапазон температур эксплуатации, град	40..+80
• диапазон температур хранения, град	40..+80
• масса комплекта (без штанг), кг	63

Испытания грунтов динамическим зондированием выполняют в соответствии с требованием раздела 6.4 ГОСТ 19912-2001, результаты записывают в полевой журнал. Для обработки результатов используется программа Georpush.

Также рядом проектных и научно-исследовательских институтов аналогичные или близкие по конструкции установки разработаны и ограниченно применяются в единичных экземплярах.

В ЛИАиТЭПГАСиАсоздана лёгкая переносная универсальная установка для динамического зондирования стандартным конусом в соответствии с требованиями ГОСТ 19912-2001 [2]. Схема установки приведена на рис. 1.

Масса молота, кг	30
Высота сбрасывания, см	40
Диаметр штанг, мм	33,5
Длина штанг, мм	1000
Соединение штанг	муфто-замковое
Диаметр конуса, мм	74
Угол заострения конуса, град	60
Число ударов, уд / мин	<20
Удельная энергия зондирования, Н/см	280

В комплект установки также входит облегчённый двойной разъёмный центратор (на схеме не указан). Другой особенностью установки является возможность применения многоразовых и одноразовых (теряемых) конусов. А также молотов меньшей массы: 12 кг и 20 кг, что делает возможным зондирование по типу DPL и DPM.

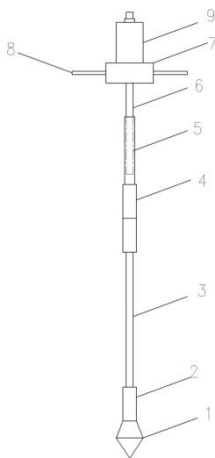


Рис. 1. Общий вид и устройство зонда:

- 1 - конус; 2 - муфта; 3 - штанга; 4 - замок; 5 - штанга-наковальня;
 6 - направляющий внутренний шток с меткой; 7 - молот весом 12 кг;
 8 - рукоятки; 9 - добавочные съёмные грузы общим весом 18 кг

Для исследования грунтов этим зондом была разработана методика испытаний [3], которая применялась в натуральных условиях на объектах в г. Днепр.

ДИНАМИЧЕСКОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ НЕСТАНДАРТНЫМ КОНУСОМ

До настоящего времени в странах СНГ малогабаритные установки для динамического зондирования грунтов нестандартного исполнения выпускались очень ограничено и были представлены в основном легкими пенетрометрами для дорожного строительства.

В соответствии с п.2 Примечания к Таблице 2 ГОСТ 19912-2001, при испытании грунтов в стеснённых условиях возможно применение прочих малогабаритных установок при наличии данных сопоставительных испытаний на стандартных установках.

В данном классе приборов наибольший интерес вызывает новый серийный белорусский легкий забивной зонд П-400.

П-400 предназначен для контроля степени уплотнения песчаных и пылевато-глинистых грунтов методом динамического зондирования на глубину до 5 метров.

Технические данные:

- диаметр основания конуса наконечника	35,7 мм
- угол при вершине конуса наконечника	60°
- высота падения ударника	500±5 мм
- масса ударника	10,0±0,1 кг
- диаметр/длина штанг (4 шт.) $\varnothing 22 \times h$	1000 мм
- габариты (собранный состояние, 1 штанга) не - более	2000x250x130 мм
- общая масса	не более 30 кг.

Аналогичный по назначению и выпускаемый ранее легкий забивной зонд Л 33 был предназначен для определения механических свойств грунтов, а также позволял обеспечивать оперативный полевой контроль качества возведения грунтовых сооружений, экспресс-оценку свойств естественного основания, исследовать изменения свойств основания под действующими объектами в процессе их эксплуатации. Его преимуществом является возможность испытания песчаных и других структурно-неустойчивых грунтов, отобрать монолиты, из которых было практически невозможно.

Технические данные:

- высота падения молота, мм	500 ± 5
- диаметр основания конуса, мм	28,8 ± 0,1
- угол при вершине конуса, град	60 ± 1
- глубина контроля от поверхности сооружения, м	6

- масса зонда с набором штанг, кг 30
- обслуживающий персонал, чел. 2
- длительность одного замера при глубине контроля до 2 м, мин 15

При проведении опытов зондами П-400 и Л-33 и обработке результатов исследований удобнее всего руководствоваться белорусскими нормативными документами СТБ 1241-2000, СТБ 2176-2011 и П12-2000.

НПО «ГЕОТЭК» (Пенза, Россия) освоил выпуск легкого динамического пенетрометра ГТ 1.4.2., служащего одновременно и для отбора проб грунтов из шурфов.

В Украине ряд организаций до сих пор использует сохранившиеся в единичных экземплярах ручные малогабаритные динамические зонды конструкции ДИИТ («ДИИТ-2», «ДИИТ-3», «ДИИТ-4», ДИИТ-5»), отличающиеся весом падающего груза, длиной и диаметром штанг, и некоторыми прочими конструктивными особенностями.

В частности, для контроля плотности грунтов обратных засыпок с толщиной уплотняемых слоев до 0,5 м используется лёгкий зонд «ДИИТ-4». Зонд состоит из трубы диаметром 12 мм, конусного наконечника с углом заострения 60°, шабота, приваренного к трубе, цилиндрического груза массой 3,2 кг и ограничителя подъема груза. Общая масса устройства, около 5 кг. Нижняя часть трубчатой штанги, представляющая собой зонд с конусным наконечником, забивается в грунт серией ударов груза по шаботу, падающего с высоты 50 см. Зондовая часть штанги имеет кольцевые насечки через 1 см для отсчета глубины погружения зонда при заданном постоянном количестве ударов, принятого для данного грунта.

Для зондирования насыпей при обследовании участков железных дорог успешно применялся динамический зонд «ДИИТ-3» с молотом массой 10 кг, при высоте сбрасывания 50 см, конусом диаметром 40 мм, сменными штангами диаметром 19 мм и длиной 115 см. Для этих же целей использовался более тяжёлый зонд «ДИИТ-2», с молотом массой 20 (по другим данным 25) кг, при высоте сбрасывания 50 см и диаметре штанг 32 мм.

За рубежом малогабаритные установки для динамического зондирования разработаны и серийно выпускаются в Италии, Швеции, Нидерландах, США, Канаде, Китае, Тайване и др. странах.

В частности, фирма "CONTROLS" (Италия) в содружестве с TRL – UK Transport Laboratory производит целый ряд малогабаритных пенетрометров марок 16-TOO12 и 16-TOO13 (геотехнический стандарт DIN 4094), отличающихся габаритами и собственным весом (от 30 до 71 кг), глубиной зондирования (от 2 до 12 м), массой молота (от 8 до 30 кг), углом заострения (от 60 до 90 град) и диаметром конусного наконечника (от 20 до 35,5 мм), приводом (ручным или от двигателя), диаметром и длиной штанг (от 400 до 1000 мм).

Аналогичное оборудование производит и фирма "MATEST" (Италия). Разработанный ею динамические конусные пенетрометры (DCP) S051 (стандарты BS 1377:9 и ASTM D6951-2009) и S050 (стандарт DIN 4094), предназначенные для определения плотности различных слоев грунта, при контроле работ по уплотнению грунтов, а также для определения относительной плотности отсыпки и естественных несвязанных грунтов [4, 5]. Испытание состоит в пенетрации зонда на глубину от 0.8 до 2 м (S051) и до 12 м (S050) с использованием удлинительных стержней.

Технические данные S051:

- масса падающего груза 8 кг
- высота падения груза 575 мм
- диаметр пенетрационного наконечника 20 мм
- конусность пенетрационного наконечника 60°.

Геотехническая фирма "DGSИ" (США) производит модель универсального ручного пенетрометра S-205 имеющего следующие характеристики:

- масса молота 6.8 кг;
- высота сбрасывания 50,8 см;
- диаметр конуса 38 мм;
- угол заострения конуса 45 град;
- глубина зондирования 4.6-6.1 м.

Подобное оборудование также производит фирма "KESSLER SOILS ENGINEERING PRODUCTS, INC» (США), предлагающая модель лёгкого динамического пенетрометра K-100 Standard DCP kit (стандарт ASTM D 6951-03), состоящего из конусного наконечника, молота массой 8 кг при высоте сбрасывания 57,5 см, наковальни, опорной плиты с измерительной рейкой и штанг диаметром 16 мм.

Итальянский концерн «PaganiGeotechnicalEquipment» предлагает модель ручного портативного пенетрометра Manual DP, имеющего следующие характеристики:

- масса молота 10 кг;
- высота сбрасывания 50 см;
- диаметр конуса 35, 6 мм;
- площадь конуса 10 см²;
- угол заострения 90 град;
- диаметр штанг 22 мм;
- длина штанг 1 м.

Из переносных малогабаритных пенетрометров с двигательным приводом можно выделить следующие модели.

Старейшая шведская геотехническая фирма «BORROS AB» выпускает типовой ряд малогабаритных пенетрометров с двигательным

приводом AutomaticRamSoundingApparatus, имеющих молоты массой 50 и 63,5 кг при высоте сбрасывания 50 и 76 см.

Наиболее интересна немецкая разработка - ручной пневматический пенетромтр PR-10. Позволяет проводить динамическое зондирование грунта до глубины 10 м методами DPL и DPM в соответствии со стандартом DIN EN ISO 22476-2 (вместо DIN 4094-3). Вес падающего груза 10 кг (DPL) и 30 кг (DPM). В комплект входят конусные наконечники площадью 5 и 10 кв. см. Для привода компрессора прибор предназначен четырёхтактным бензиновым двигателем Honda. Возможна комплектация пневматического пенетромметра электронным измерительным устройством для автоматического сбора и обработки результатов измерений и формирования отчетов.

Близкий по конструкции полевой комплект уже используется в Украине, в частности, на объектах в Киеве и Днепропетровске применяется установка динамического зондирования компании Pagani DPM 30 – 20. Установка имеет следующие характеристики:

- масса молота – 30 кг;
- h (высота падения молота) – 0,2 м;
- диаметр конуса- 35,6 мм;
- угол при вершине - 60градусов;
- удельная энергия зондирования – ориентировочно 591-603 Н/см.

Однако широкому использованию данной модели, очевидно, будет препятствовать её высокая стоимость, а также несоответствие её параметров действующим отечественным нормативным требованиям (в частности, по диаметру конуса и штанг, высоте падения молота и пр.).

ПРИМЕНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ОСНАЩЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

В современных армиях по всему миру активно используются различные модификации установок для динамического зондирования. Так для определения прочности грунта в полевых условиях, в США, в настоящее время используются конусные твердомеры (пенетрометры), которые могут быть откалиброваны и для определения плотности снега, например, для строительства аэродромов в зимних условиях [6].

На территории СНГ в арсенале инженерных подразделений активно используются портативные пенетрометры. Они применяются для оценки несущей способности грунтов, то есть с его помощью выясняют, выдержит ли верхний слой в данной местности вес ракетного тягача, сможет ли он проехать в данных условиях или даже оборудовать пусковую позицию [7, 8].

В настоящий момент при постоянном наращивании военной мощи ВСУ поднимается и уровень оснащения инженерных частей, которые так

же нуждаются в модернизации, независимой от иностранных производителей и расширении своих возможностей. Однако в данном вопросе есть ряд проблем и одна из них – отсутствие отечественного серийного производства установок для зондирования. Эта проблема и ряд других задач будут в дальнейшем решаться в наших исследованиях.

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 не оправданно дороги. Таким образом, остается ряд нерешенных вопросов. Однако, зонд ЛИАТЭ, в какой-то мере, может восполнить нишу в оборудовании такого класса и способствовать расширению технических возможностей изыскательских организаций.

Обобщая изложенные в этой статье материалы, есть основания полагать, что разработка методики испытаний грунтов и земляных сооружений с применением универсального зонда конструкции ЛИАТЭ будет способствовать ускоренному испытанию грунтов, в частности, в сложных геологических условиях (рыхлых и особо рыхлых песков, прочих структурно-неустойчивых грунтов).

Также немаловажным аспектом данного вопроса является снабжение активно модернизируемых инженерных частей ВСУ портативными устройствами для испытаний грунтов, в т.ч. и динамическими зондами различных конструкций.

ЛИТАРАТУРА

1. Болдырев Г.Г. Испытание грунтов методом динамического зондирования / Болдырев Г.Г. // Инженерные изыскания, 2011. – №1. – ч. III. – С. 22 – 31.
2. Грунти. Методи польових випробувань статичним і динамічним зондуванням: ДСТУ Б В.2.1-9-2002 (ГОСТ 19912-2001). – [Чинний від 2002-01-01]. – К.: Державний комітет України з будівництва та архітектури, 2002. – III, 21 с. – (Національний стандарт України).
3. Методика испытаний грунтов универсальным динамическим зондом ЛИАТЭ / [Седин В.Л., Ульянов В.Ю., Бауск Е.А., Ульянов Я.В.] // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпропетровськ, 2016. – № 2. – С. 19-24.
4. EN 1997-2: 2007 -10. Eurocode 7. Geotechnical design. Ground investigation and testing.

5. ASTM D6951-03. Standard Test Method for Use of the Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications
6. US Army TOE Devel Guide. TOE NO 05423C000. Headquarters Department of the Army, Washington, DC, 5. August 1999.
7. [Электронный ресурс] – Электрон.дан. – режим доступа:<http://www.zvo.su/voennaya-ekonomika/nekotorye-voprosy-stroitelstva-polevyh-aerodromov.html>, свободный.
8. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – режим доступа: <http://milita.jofo.ru/608734.html>, свободный.

REFERENCES

1. Boldyrev G.G. Test the soil by dynamic probing / Boldyrev G.G. // Engineering surveys, 2011. – №1. – p. III. – P. 22 – 31.
2. DSTU B V.2.1-9-2002 (ГОСТ 19912-2001). Foundations of buildings and structures. Soils. Field test methods by static and dynamic sounding.
3. EN 1997-2: 2007 -10. Eurocode 7. Geotechnical design. Ground investigation and testing.
4. ASTM D6951-03. Standard Test Method for Use of the Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications
5. US Army TOE Devel Guide. TOE NO 05423C000. Headquarters Department of the Army, Washington, DC, 5. August 1999.
6. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – режим доступа: <http://www.zvo.su/voennaya-ekonomika/nekotorye-voprosy-stroitelstva-polevyh-aerodromov.html>, свободный.
7. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – режим доступа: <http://milita.jofo.ru/608734.html>, свободный.

Статья поступила в редакцию 12.09.2016 г.