

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <https://naukovedenie.ru/>

Том 9, №6 (2017) <https://naukovedenie.ru/vol9-6.php>

URL статьи: <https://naukovedenie.ru/PDF/05EVN617.pdf>

Статья опубликована 24.11.2017

Ссылка для цитирования этой статьи:

Самофеев Н.С., Ковалева Д.В. Оценка эффективности применения средств малой механизации при динамическом зондировании грунта в стесненных условиях // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №6 (2017) <https://naukovedenie.ru/PDF/05EVN617.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 550.8:658.0

Самофеев Никита Святославович

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Россия, Уфа¹
Институт экономики
Кафедра «Экономики и управления на предприятии нефтяной и газовой промышленности»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: volvita@inbox.ru

Ковалева Дарья Викторовна

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Россия, Уфа
Кафедра «Транспорт и хранение нефти и газа», факультет «Трубопроводного транспорта»
Бакалавр
E-mail: dv_kovaleva@mail.ru

Оценка эффективности применения средств малой механизации при динамическом зондировании грунта в стесненных условиях

Аннотация. Динамическое зондирование грунтовых оснований предполагает более мобильные исследования грунтовых условий, чем статические методы зондирования.

Классические варианты методов статического и динамического зондирования предусматривают использование весьма громоздкого оборудования для устройства шурфов по отбору монолитов грунтов, особенно затруднительно их использование в стесненных условиях, исследовательской работе в эксплуатирующихся зданиях и др.

Наиболее целесообразным способом оптимизации изыскательской работы, для таких условий исследований, по мнению авторов, может служить вариант облегчения установки динамического зондирования за счет максимального снижения веса, габаритов контрольно-измерительных приборов.

В стесненных условиях использование малогабаритных установок зондирования является единственно возможным. Эффективность таких установок проявляется и при исследовании грунтов, например, в подвальной части здания, где другое оборудование технически не применимо, а устройство шурфов для отбора монолитов грунта очень трудоемко.

На основе широкого опыта полевых исследований в различных грунтовых условиях, в том числе и в пылевато-глинистых грунтах, авторами установлена высокая достоверность полученных результатов по оценке вида грунтов оснований, положения уровня грунтовых вод.

¹ 450062, Республика Башкортостан, Уфа, Космонавтов ул., 1

Оценка приведенных затрат метода динамического зондирования с применением средств малой механизации показывает высокую эффективность по сравнению с классическими методами исследований грунтов за счет простоты использования, высокой производительности, малого веса и высокой надежности результатов исследований.

Ключевые слова: инженерно-геологические изыскания; методы изысканий; оценка приведенных затрат; методы зондирования; малая механизация в исследованиях; изыскания в стесненных условиях; сравнительный анализ

В настоящее время проведение инженерных изысканий неразрывно связано с необходимостью применения различного уровня техники, обеспечивающей более полную картину получаемых сведений относительно предмета исследований. Например, для инженерно-геологических исследований возможны различные способы добычи информации о состоянии грунтовых условий оснований. Очевидно, что условия получения сведений о состоянии грунтов, для нового строительства и реконструкции принципиально не отличается, если нет ограничивающих условий использования широко известных методов статического или динамического зондирования [2]. Эти методы весьма эффективны в условиях, где имеется свободный доступ к локациям зондирования, нет ограничений по весу, габаритам, близко расположенных объектов и других стесняющих условий применения оборудования [6].

Статическое зондирование применяется в основном для анализа грунтов в свайных фундаментах, расчета буронабивных и забивных свай. Это связано с наибольшей глубиной погружения зонда, по сравнению с другими методами зондирования. Оборудование для статического зондирования обладает большими габаритами и массой, и, следовательно, применяется для глубокого анализа грунтов, когда фундамент еще не заложен и требуется рассчитать его несущую способность [1].

В сложных или стесненных условиях использование малогабаритных установок динамического зондирования, зачастую, является единственно возможным. Эффективность таких установок проявляется и при исследовании грунтов в подвальной части здания, где другое оборудование неприменимо, а устройство шурфов для отбора монолитов грунта очень трудоемко [3].

Использование маломеханизированных устройств динамического зондирования совместно с другими методами инженерно-геологических изысканий повышает надежность получаемых результатов [9]. Считается, что динамическое зондирование эффективно только в песчаных грунтах, а также при определении глубины залегания скальных и крупнообломочных грунтов. Однако, многолетние исследования ГУП «БашНИИстрой» (г. Уфа) показали возможность его применения и в пылевато-глинистых грунтах [10]. Из-за отсутствия возможности применить другие методы исследований основания динамическим зондированием можно приближенно определить некоторые расчетные характеристики грунта.

Имеющиеся установки стандартного динамического зондирования грунта, регламентированные к применению нормативными документами², смонтированы на базовой машине, имеют существенные габариты и неприменимы в стесненных условиях. Поэтому, для оптимизации устройства динамического зондирования при обследовании грунтового основания использована малогабаритная установка, за основу которой принята авторская конструкция забивного зонда [2].

² ГОСТ 19912-2012 «Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием».

В состав установки входят: съемный конус зонда; сборные штанги; груз; съемная направляющая с ограничителем высоты падения груза, с наковальней и двумя ручками; измерительная линейка, позволяющая измерять перемещения зонда точно до 1 см; устройство для извлечения сборных штанг из грунта. Простая конструкция установки, ее небольшой вес и удобства в эксплуатации обеспечивают, вместе с тем значительную производительность (рис. 1).



Рисунок 1. Примеры реализации динамического зондирования грунтового основания с применением средств малой механизации на различных объектах (источник: разработано автором)

Основные технические характеристики малогабаритной установки динамического зондирования грунта приведены в табл. 1. При необходимости зондирования из подвальной части здания в бетонном полу с помощью перфоратора пробивались сквозные отверстия. Глубина и расположение точек зондирования определяются, исходя из требований технического задания и, чтобы, получить профили в изолиниях равных значений измеряемых параметров [4, 7].

Отметим технологическую идентичность процессов динамического зондирования «классическим» способом и с применением средств малой механизации, основное и принципиальное отличие при малой механизации будет связано с несколько иным набором приборов, инструментов и оборудования, но порядок их применения регламентирован действующими нормами³.

Таблица 1

Основные характеристики установок для динамического зондирования с использованием средств малой механизации и «классических»

Характеристики основных элементов установки	Статическое [6]	Динамическое [5] (традиционное)	Динамическое с применением средств малой механизации
1	2	3	4
Вес груза, кг	19,5	19,5	10,4
Вес установки без груза и штанг, кг	240	150	1,7
Вес одной штанги, кг	12	12	0,7
Площадь поперечного сечения конуса, см ²	100	100	4
Высота падения груза, см	90	50	50

³ ГОСТ 19912-2012 «Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием».

Характеристики основных элементов установки	Статическое [6]	Динамическое [5] (традиционное)	Динамическое с применением средств малой механизации
1	2	3	4
Диаметр штанг, мм	19	19	16
Длина одной штанги, м	1,0	1,0	1,0
Высота помещения рабочей зоны, м	≥ 2,5	≥ 2,0	≥ 1,5
Время монтажа установки на рабочем месте, мин.	120	90	15
Время свинчивания двух штанг, мин.	30	30	10
Максимальная глубина зондирования, м	15-20	15-18	10
Примечание	Не применяется в эксплуатирующихся зданиях, стесненных условиях, песчаных грунтах	Средняя функциональная гибкость, ограниченность условий применения	Малый вес, гибкая функциональность, в том числе при любых стесняющих условиях

Составлено автором

Производится монтаж первой секции штанг, направляющей с грузом и наковальней, устанавливается линейка для измерения перемещений зонда. По наковальне наносятся удары грузом с высоты падения 50 см. При этом измеряется количество ударов на залог (10 см) и рассчитывается величина условного динамического сопротивления грунта, с регистрацией полученных значений в журнале производства работ.

Погружение каждой секции штанг производится на полную глубину, после чего навинчивается следующая секция. Необходимо свести к минимуму время свинчивания штанг, так как в некоторых грунтах отмечается эффект «засасывания» и искажаются результаты зондирования. Вертикальность штанг при погружении зонда контролируется визуально по отвесу.

Исходя из опыта ГУП «БашНИИстрой» для предотвращения изгиба штанг, погружение зонда следует прекратить, если его перемещение от 10 ударов груза достигло 2-3 см. Например, в глинистых грунтах тугопластичной консистенции погружение зонда на величину 10 см от 20-25 ударов груза можно принять за окончание погружения. Для извлечения зонда и штанг по окончании зондирования разработано специальное устройство. Если поверхность всех штанг после их извлечения осталась сухой, то в пределах глубины зондирования не выявлено грунтовых вод.

По значениям количества ударов груза на залог (погружение зонда на каждые 10 см) рассчитывается условное динамическое сопротивление грунта на каждой глубине. Для компенсации потерь энергии удара груза при наращивании штанг в расчеты вводятся поправочные коэффициенты. По существенным изменениям условного динамического сопротивления грунта выявляются прочные прослойки или ослабленные зоны грунта.

Ориентировочное деление разреза на слои производилось на основании анализа так называемой «индикационной линии» графиков зондирования (табл. 2).

Таблица 2

Деление разреза на слои по графикам зондирования (составлено автором)

Характеристика пород	Форма индикационной линии на графиках	Характер изменения величины сопротивления зондированию
Лессовидные суглинки и глины	Плавная кривая без резких перегибов	Изменяется плавно, резкие увеличения и уменьшения сопротивления, как правило отсутствуют
Лессовидные супеси	Кривая или ломанная с многочисленными мелкими пиками и перегибами	В пределах небольших интервалов глубин, может незакономерно изменяться в сравнительно узких границах
Горизонты вымывания и вмывания погребенных почв	В пределах небольшого интервала глубин образует перегиб, сменяющийся затем резким пиком	Резкое уменьшение по сравнению со средними значениями, а затем столь же резкое увеличение сопротивления
Пески маловлажные, рыхлые и средней плотности	Ступенчатая форма с прямыми отрезками параллельными оси ординат	Сопротивление часто отклоняется от среднего даже в пределах небольших интервалов
Пески водонасыщенные, плотные	Индикационная линия под большим углом наклонена к ординате, часто выгнута в сторону абсциссы.	Резко возрастает по глубине
Суглинки моренные, мягкопластичные	Плавная кривая, без резких перегибов, отдельные участки наклонены к ординате под разными углами	Возрастает с глубиной, имеются пики, соответствующие грубым включениям

Составлено автором

Оценка состояния глинистых грунтов выполнялась с учетом данных грунтов природного сложения и их данных плотности и консистенции табл. 3.

Таблица 3

Показатели состава и плотности грунтовых оснований, принятых для оценки

Грунты природного сложения	Состав, показатель текучести грунтов	Условное динамическое сопротивление, МПа	Плотность сложения и консистенция грунтов
Глины и суглинки	$I_L > 1$	Менее 0,3	Текучие
	$0,75 < I_L \leq 1$	0,3-0,6	Текучепластичные
	$0,50 < I_L \leq 0,75$	0,6-1,7	Мягкопластичные
	$0,25 < I_L \leq 0,50$	1,7-3,5	Тугопластичные
	$0 < I_L \leq 0,25$	3,5-9	Полутвердые
	$I_L < 1$	Более 9	Твердые

Составлено автором

За критерий изменения состояния грунтового основания было принято количество ударов молота менее или равное 4 на 10 см погружения зонда, что соответствует глинистым грунтам полутвердой консистенции, что верифицируется нормативными методиками определения свойств грунта для классических вариантов зондирования [8]. Действующая нормативная методика определения свойств грунта предполагает возможность приближенной оценки физико-механических характеристик грунта в пределах глубины зондирования с учетом значений коэффициента пористости грунта (табл. 4).

Таблица 4

Приблизительная оценка физических и механических характеристик грунта при динамическом зондировании с использованием средств малой механизации

Глубина зондирования, м	Условное динамическое сопротивление, МПа	Показатель текучести грунта	Модуль деформации, МПа	Удельное сцепление, МПа	Угол внутреннего трения, град
1,0	1,5-2,0	$0,50 \leq I_L \leq 0,75$	7-15	0,012-0,025	12-19
1,5	6,0-8,0	$0 \leq I_L \leq 0,25$	11-34	0,019-0,047	20-26
2,0	6,0-7,0				
2,5	6,0-7,0				
3,0	$\geq 8,0$				
3,5	$\geq 8,0$				

Составлено автором

Предложенная технология зондирования оснований успешно реализована на территории завода ОАО «Уфаоргсинтез», где было выполнено обследование грунтового основания под бетонным покрытием в отделении полимеризации производства полипропилена. На отдельных участках в отделении полимеризации наблюдались сезонные деформации бетонного покрытия путем просадки и выпора с образованием трещин шириной раскрытия до 5 мм, отмечено нарушение центровки технологического оборудования. По результатам динамического зондирования с применением средств малой механизации были подготовлены предложения по устранению причин деформации покрытия. Также, данные зондирования были использованы для оценки состояния грунтового основания при выборе типа фундамента и дальнейшего расчета несущей его способности, а также, для принятия решения о возможности надстройки дополнительного этажа здания и необходимости усиления фундаментов.

Оценка величины приведенных затрат и ТЭП варианта динамического зондирования с применением средств малой механизации показывает высокую экономическую эффективность, до 2-4 раз, относительно других методов зондирования (табл. 5).

Таблица 5

Основные ТЭП и оценка приведенных затрат (на метр зондирования) методов зондирования в условиях г. Уфа

Вариант зондирования	Статическое	Динамическое (традиционное)	Динамическое с применением средств малой механизации
Показатель			
Срок службы зонда, м	1500	1000	900
Затраты на транспорт оборудования, т. руб.	10,0-15,0	5,0-9,0	1,0
Подготовительные затраты, т. руб.	6,0	3,0	1,0
Ориентировочная стоимость оборудования, руб./м	150	100	55
ФОТ, т. руб./комплект	50,0	25,0	15,0
Трудозатраты, чел-час/м	0,58	0,39	0,065
Приведенные затраты, т. руб./м	9,261	6,852	2,457

Составлено автором

Проведенный анализ эффективности предложенного метода динамического зондирования с применением средств малой механизации показал возможность совершенствования действующих стандартных методик зондирования грунтовых оснований, с повышением их функциональной гибкости, технической надежности и требуемой

достоверности результатов изысканий, сопряженной с их высокой экономической эффективностью и простотой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трофименков Ю. Г., Воробков Л. Н. Полевые методы исследования строительных свойств грунтов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. / Ю. Г. Трофименков, Л. Н. Воробков. – М.: Стройиздат, 1974. – 176 с.
2. Гончаров Б. В., Мухаметзянов Ф. З. Использование динамического зондирования при обследовании оснований аварийных и реконструируемых зданий / Б. В. Гончаров, Ф. З. Мухаметзянов // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2005. – №6. – С. 19-22.
3. Чичкин А. Ф. Динамическое зондирование и несущая способность свай / А. Ф. Чичкин // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. – 2013. – № 3 (28). – С. 16.
4. Каширский В. И., Шелихов В. В., Дмитриев С. В. Метод прямого определения энергии удара и потери ударного импульса на забое скважины в процессе динамического зондирования / В. И. Каширский, В. В. Шелихов, С. В. Дмитриев // Инженерные изыскания. – 2010. – № 1. – С. 36-42.
5. Болдырев Г. Г. Испытания грунтов методом динамического зондирования / Г. Г. Болдырев // Инженерные изыскания. – 2011. – № 1. – С. 22-30.
6. Гоманов М. Б., Тарасенко Е. П., Молчанов А. Н. Статическое и динамическое зондирование грунтов / М. Б. Гоманов, Е. П. Тарасенко, А. Н. Молчанов // Инновационная наука: прошлое, настоящее, будущее: Сборник статей научно-практической конференции. – 2016. – С. 28-30.
7. Каширский В. И. Динамическое зондирование в рамках классической механики и теории короткого удара / В. И. Каширский // Вестник МГСУ. – 2012. – № 5. – С. 202-212.
8. Зубкова Н. Н. Оценка качества результатов испытаний грунтов методами динамического и статического зондирования // Денисовские чтения. М.: МГСУ, 2000. Т. 1. С. 128-131.
9. Каширский В. И., Шелихов В. В., Дмитриев С. В. Испытания грунтов различными методами зондирования. История вопроса и современное состояние // Городские грунты и техногенез. М., 2006. С. 22-45.
10. Гончаров Б. В., Галимнурова О. В., Гареева Н. Б. О динамическом методе оценки несущей способности фундаментов в вытрамбованных котлованах // Основания, фундаменты и механика грунтов, 2009, № 1. – С. 11-13.

Nikita Samofeev Svyatoslavovich

Ufa state petroleum technological university, Russia, Ufa
E-mail: volvita@inbox.ru

Kovaleva Darya Victorovna

Ufa state petroleum technological university, Russia, Ufa
E-mail: dv_kovaleva@mail.ru

Evaluation of the effectiveness of small-scale mechanization in uncomfortable conditions during dynamic ground sounding

Abstract. Methods of dynamic sounding suggest more mobile testing of ground conditions than static ones. Classical variants of both methods use very ponderous equipment for testing pits for sampling monoliths of soils, it is especially difficult to use them in cramped conditions, research work in existing buildings, etc.

The best way to optimize the research work in such conditions, according to authors, is to facilitate the installation of dynamic sounding, or to reduce the overall dimensions of instrumentation.

The use of small-size sounding installations is the only possible in cramped conditions. The effectiveness of such installations is also evident in the study of soils, for example, in the basement part of the building, where other equipment is technically not applicable, and the installation of pits for sampling soil is very laborious.

The authors established a high reliability of results obtained in assessing the type of soils, the position of the groundwater, based on the wide experience of field research in various soil conditions, including geological survey in silty-clay soils.

The estimation of the expenses of the method of dynamic sounding with application of means of small mechanization shows high efficiency in comparison with classical methods of researches of grounds due to simplicity of use, high productivity, small weight and high reliability of results of researches.

Keywords: engineering and geological survey; methods of research; estimated costs; sounding methods; small mechanization in research; research in cramped conditions; comparative analysis