

## РАЗДЕЛ VI. МЕХАНИКА ГРУНТОВ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

УДК 624.154

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОСНОВАНИЙ НАБИВНЫХ СВАЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ И ДАННЫХ СТАТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

*ЕРОХИНА Ю. А.*

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

Статическое зондирование является одним из наиболее подходящих методов для прогнозирования несущей способности свай и оценки изменения физико-механических свойств этих грунтов в результате заглубления свай. Статическое зондирование - процесс вдавливания зонда в грунт с постоянной скоростью и одновременным измерением показателей сопротивления грунта. Данный метод приходит на помощь при получении наиболее полных и достоверных данных о грунте, таких как его мощность, границы распространения, однородность по площади и глубине. Одним из оснований для использования статического зондирования исследования является сам факт устройства на площадке свайного фундамента. Однако куда более серьезным поводом оснастить буровые штанги специализированным статическим зондом является невозможность забора проб грунта, а также сложные условия для бурения – мерзлота, обилие песчаных и водяных линз, значительна массовая доля твердых мелкофракционных включений, частое чередование слоев грунта с различной плотностью.

Методы полевых испытаний грунтов сваями (натурными, эталонными, сваями-зондами) выполняются в соответствии с требованиями СТБ 2242-2011 «Грунты. Методы полевых испытаний сваями», статическое зондирование выполняются в соответствии с ГОСТ 20069-81.

Статическое зондирование позволяет исследовать грунты в природном сложении и отличается от их испытаний сваями высокой производительностью, относительной простотой и незначительной стоимостью. Параметры статического зондирования позволяют наиболее достоверно оценить несущую способность грунтов по боковой поверхности свай и под ее пятой.

Для анализа результатов определения несущей способности набивных свай используем результаты статического зондирования грунтов и испытания грунтов буронабивными сваями статической вдавливающей нагрузкой на объекте «Многофункциональный комплекс на пересечении просп. Независимости и ул. Макаенка, дом 5а [1]. Статическое зондирование было выполнено установкой УСЗ-15/36А (тип зонда II) согласно ГОСТ 19912-2001 и СТБ ISO для оценки прочности грунтов и выделения инженерно-геологических элементов (ИГЭ) в точках наблюдения. Глубина погружения зонда составила от 10,0м до 25,0м. По всей глубине погружения регистрировались: удельное сопротивление грунта под наконечником зонда  $q_s$ , МПа и удельное сопротивление зонда по боковой поверхности зонда  $f_s$ , МПа. Определение нормативных и расчетных значений характеристик грунтов и выделения инженерно-геологических элементов (ИГЭ) производились в соответствии с требованиями ГОСТ [2], СТБ ISO [3] и ТКП [4].

По результатам буровых работ, статического зондирования и лабораторных исследований на территории, отведенной под строительство жилого дома № 5а выделено 12 инженерно-геологических элементов (ИГЭ). Перечень ИГЭ приведен в таблице 1. Несущим слоем для свай является супесь моренная средней прочности ИГЭ-11 и супесь моренная прочная ИГЭ-12. Моренные глинистые грунты считаются надежными основаниями для самых тяжелых и ответственных сооружений, что обусловлено их плотным сложением, очень низкой пористостью и слабой сжимаемостью. В соответствии с высокой плотностью сжимаемость моренных отложений незначительна: показатели механических свойств характеризуют морену как плотный, слабосжимаемый грунт.

Таблица 1

## Перечень инженерно-геологических элементов

ИГЭ	Разновидность грунтов
Искусственные (техногенные) образования	
ИГЭ-1	Насыпной грунт
Флювиогляциальные надморенные отложения и пески моренные	
ИГЭ-2	Супесь средней прочности
ИГЭ-3	Супесь слабая
ИГЭ-4	Песок мелкий прочный
ИГЭ-5	Песок мелкий средней прочности
ИГЭ-6	Песок средней крупности средней прочности
ИГЭ-7	Песок крупный и гравелистый прочный
ИГЭ-7а	Песок крупный и гравелистый средней прочности
ИГЭ-7б	Песок крупный малопрочный
Моренные отложения	
ИГЭ-8	Супесь моренная слабая
ИГЭ-9	Супесь моренная средней прочности ( $1.0 < g_s < 1.4 \text{ МПа}$ )
ИГЭ-10	Супесь моренная средней прочности $1.4 < g_s < 1.8 \text{ МПа}$ )
ИГЭ-11	Супесь моренная средней прочности ( $1.8 < g_s < 2.5 \text{ МПа}$ )
ИГЭ-12	Супесь моренная прочная

Анализом результатов статического зондирования установлено, что изученная толща грунтов (до глубины 25м) неоднородная по прочностным и деформационным характеристикам. Строение толщи сложное слоистое. Характер пространственной изменчивости показателен физических свойств отдельных ИГЭ незакономерный, значения коэффициентов вариации удовлетворяют требованиям ГОСТ 20522-96.

Геологический разрез представлен сложной слоистой толщей с непредсказуемыми границами линз и прослоев отдельных ИГЭ. Обобщенные результаты статического зондирования приведены в таблице 2.

Расчетная нагрузка, допускаемая на сваю по несущей способности ( $N$ , кН), определяется по формуле [5]:

$$N = \frac{F_d}{\gamma_k}, \quad (1)$$

где  $F_d$  - расчетная несущая способность грунта основания сваи, кН;

$\gamma_k$  – коэффициент надежности, принимаемый равный 1,25, если несущая способность определена по результатам статического зондирования грунта.

Таблица 2

Обобщенные результаты статического зондирования

Номер ИГЭ	Значение $g_s$ , МПа	Значение $f_s$ , МПа
ИГЭ-1	9.1	0.125
ИГЭ-2	2.3	0,044
ИГЭ-3	0.6	0.019
ИГЭ-4	18.3	0.1S4
ИГЭ-5	6.1	0.071
ИГЭ-6	10.2	0,12
ИГЭ-7	18.3	0.199
ИГЭ-7а	0.6	0.025
ИГЭ-7б	1.2	0.029
ИГЭ-8	1,6	0.029
ИГЭ-9	2.1	0.037
ИГЭ-10	3.3	0.46
ИГЭ-11	2.1	0.037
ИГЭ-12	3.3	0.46

Несущую способность сваи, работающей на сжимающую нагрузку, по результатам статического зондирования ( $F_d$ , кН), следует определять по формуле:

$$F_d = \frac{\sum_{i=1}^n F_u}{n\gamma_g}, \quad (2)$$

где  $F_u$  -частное значение предельного сопротивления сваи в точке статического зондирования, кН;

$n$  – количество точек статического зондирования;

$\gamma_g$  – коэффициент надежности(безопасности)по грунту.

Частное значение предельного сопротивления сваи в точке статического зондирования ( $F_u$ , кН), следует определять по формуле:

$$F_u = \overline{R}_s A + \overline{R}_{fs} hU, \quad (3)$$

где  $\overline{R}_s$  – среднее значение предельного сопротивления грунта под нижним концом сваи по данным статического зондирования в рассматриваемой точке, МПа;

$A$  – площадь поперечного сечения сваи,  $m^2$ ;

$\overline{R}_{fs}$  – среднее значение предельного сопротивления грунта на боковой поверхности сваи по данным статического зондирования в рассматриваемой точке, МПа;

$h$  – глубина погружения сваи в грунт, м;

$U$  – периметр поперечного сечения ствола сваи, м.

Среднее значение предельного сопротивления грунта под нижним концом сваи по данным статического зондирования в рассматриваемой точке ( $\overline{R}_s$ , МПа), определяется по формуле:

$$\overline{R}_s = \sum_{i=1}^n \beta_{li} \overline{g}_{si} z_i / z, \quad (4)$$

где  $\beta_{li}$  – коэффициент перехода от  $g_s$  к  $\overline{R}_s$  для  $i$ -го слоя грунта в пределах участка  $z$ , м;

$\overline{g}_{si}$  – среднее значение удельного сопротивления  $i$ -го слоя грунта под наконечником зонда, МПа, полученное из опыта на участке  $z$ , м;

$z_i$  – толщина  $i$ -го слоя грунта в пределах участка  $z$ , м;

$z$  – участок, расположенный в пределах одного диаметра или меньшей стороны сечения сваи выше и четырех диаметров или четырех меньших сторон сечений сваи ниже отметки острия проектируемой сваи, м.

Среднее значение предельного сопротивления грунта на боковой поверхности сваи ( $\overline{R}_{fs}$ , МПа) по данным статического зондирования в рассматриваемой точке, следует определять по формуле:

$$\overline{R}_{fs} = \sum_{i=1}^n \beta_{2i} \overline{f}_{si} h_i / h, \quad (5)$$

где  $\beta_{2i}$  – коэффициент, принимаемый по таблице 4.2. П2-2000 к СНБ 5.01.01-99;

$\overline{f_{si}}$  – среднее значение удельного сопротивления  $i$ -го слоя грунта на боковой поверхности зонда, полученное в пределах глубины погружения на боковой поверхности сваи ( $h$ , м), МПа;

$h_i$  – толщина  $i$ -го слоя грунта в пределах глубины погружения на боковой поверхности сваи, м;

$h$  – глубина погружения сваи, м.

Результаты значений сопротивлений, определенных статическими испытаниями и по данным статического зондирования на данном объекте представлены в таблице 3.

Таблица 3

Значения в кН сопротивлений грунтов, определенные разными методами

№ точки зондирования	Значения сопротивлений в кН			
	По статическим испытаниям $F_d^{ст. исп.}$	По прочностим грунта $F$	По статическому зондированию $F_d^{ст. зонд.}$	N, кН
1	2	3	4	5
1	1050	875	1029	823,2
2	1050	875	750,3	600,24
3	1050	875	840	672
4	1050	875	690	552
5	1050	875	908,4	726,72
6	1050	875	834,4	667,52
7	1100	917	773,21	618,568
8	1100	917	904	723,2
9	1100	917	617,4	493,92
10	1100	917	821,4	657,12
11	1100	917	730	584
12	1100	917	637,8	510,24
13	1100	917	739	591,2
14	1100	917	794,3	635,44
15	870	725	809,4	647,52
16	1050	875	807,8	646,24
17	1050	875	761,1	608,88
18	1050	875	530	424
19	870	725	856	684,8
20	1050	875	664,9	531,92

1	2	3	4	5
21	1100	917	673	538,4
22	1100	917	624	499,2
23	1100	917	753,4	602,72
24	1100	917	893,2	714,56
25	1100	917	949,9	759,92
26	1100	917	921,48	737,184
27	1100	917	650	520
29	1100	917	965	772
30	1100	917	766,8	613,44
31	400	333	605,2	484,16
32	1050	875	861	688,8
33	1050	875	865,4	692,32
34	1050	875	868,5	694,8

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический отчет (часть 2) о результатах инженерно- геологических изысканий по объекту № 13.043.0.00 «Многофункциональный комплекс на пересечении просп. Независимости - ул. Макаёнка. Жилой дом № 5а по г/п».-91с.
2. ГОСТ 20522-96 Грунты. Метод статической обработки результатов испытаний - Минск, 1996.
3. СТБ ISO 22476-12-2009. Геотехнические исследования и испытания. Полевые испытания. Часть 12. Испытания с помощью механического конического пенетromетра (СРТМ). Госстандарт-Минск, 2009.
4. ТКП 45-5.01-15-2005(02250). Прочностные и деформационные характеристики грунтов по данным статического зондирования. Минск: Минкстройархитектуры Республики Беларусь,2006.
5. Национальный комплекс нормативно-технических документов в строительстве. Пособие к строительным нормам Республики Беларусь. Проектирование забивных и набивных свай по результатам зондирования грунтов: П2-2000 к СНБ 5.01.01-99. - Введ. 25.07.2000.- Минск: Минкстройархитектуры Республики Беларусь, 2001-26с.