

## СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ СТАТИЧЕСКОГО И ДИНАМИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ С РЕЗУЛЬТАТАМИ, ПОЛУЧЕННЫМИ ДРУГИМИ МЕТОДАМИ

УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины»,  
г. Гомель, Республика Беларусь,  
[Ota1945@mail.ru](mailto:Ota1945@mail.ru)

Инженерно-геологические изыскания были выполнены УП «Геосервис» в августе-сентябре 2015 г. на основании договора № 479/09 [1]. Цель изысканий – получение исходных данных для расчета оснований проектируемых зданий.

В процессе проведения инженерно-геологических изысканий изучению подлежали грунты как основания фундамента, заключенные в грунтах подземные воды, различные физико-геологические процессы во всех формах их проявления. Для определения их характеристик применялись полевые и лабораторные методы.

Для выделения инженерно-геологических элементов, оценки прочностных и деформационных свойств грунтов, выполнено статическое зондирование (СЗ) в 2 точках наблюдения [6]. Точки статического зондирования располагались в 1,5 – 2,0 м от скважин [1].

Основным документом, регламентирующим проведение испытаний статическим и динамическим зондированием, является ГОСТ 19912-2012 «Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием» [2].

Статическое зондирование представляет собой процесс вдавливания зонда в грунт с постоянной скоростью и одновременным измерением показателей сопротивления грунта. Регистрируемые параметры – удельное сопротивление под конусом зонда (лобовое сопротивление)  $q_c$ , МПа и удельное сопротивление грунта на участке боковой поверхности зонда (боковое сопротивление)  $f_s$ , кПа [3].

Статическое зондирование производилось установкой «GeoMill», с применением зонда второго типа диаметром 36 мм, согласно ГОСТ 19912-2012 [2]. При достижении предельного усилия вдавливания зонда из-за повышенной прочности грунтов СЗ прекращалось выше проектных глубин. Глубина статического зондирования (СЗ) – 18,7 – 23,0 м [1].

Установка статического зондирования включает: зонд (со штангами и каналами связи); механизм вдавливания (извлечения) зонда; опорное устройство, соответствующее дизайну установки (масса установки, анкера и т. п.); измерительно-регистрирующую аппаратуру [3].

Информация, регистрируемая в ходе задавливания зонда, накапливается на дискретных цифровых файлах и визуализируется в виде непрерывных графиков в определенном масштабе как для параметров зондирования, так и по глубине. Для записи и представления графиков зондирования используются специальные полевые самописцы (логгеры), принтеры или портативные компьютеры с соответствующим программным обеспечением [3].

Графики зондирования с показателями  $q_c$  и  $f_s$  совмещены с колонками скважин и приведены на инженерно-геологических разрезах (приложение Д) [6].

Для оценки прочности песчаных грунтов ниже глубины исследования СЗ, выполнено динамическое зондирование (ДЗ) тяжелым типом оборудования по ГОСТ 1991 – 2012 [2] в 2 точках [6].

Испытание грунта методом динамического зондирования проводят с помощью специальной установки, обеспечивающей внедрение зонда ударным или ударно-

вибрационным способом. При динамическом зондировании измеряют:

– глубину погружения зонда  $h$  от определенного числа ударов молота (залога) при ударном зондировании;

– скорость погружения зонда  $v$  при ударно-вибрационном зондировании.

По данным измерений вычисляют условное динамическое сопротивление грунта погружению зонда  $p_d$ .

В состав установки для испытания грунта динамическим зондированием входят: зонд (набор штанг и конический наконечник); ударное устройство для погружения зонда (молот или вибромолот); опорно-анкерное устройство (рама с направляющими стойками); устройства для измерения глубины и скорости погружения зонда.

Регистрацию результатов испытания проводят в журнале испытания, на диаграммных лентах и (или) электронном запоминающем устройстве. При использовании специальных зондов регистрируют дополнительно измеряемые параметры [4].

**Результаты статического зондирования (СЗ).** По результатам статического зондирования определяются: наименование грунта, модуль деформации  $E$  (МПа); удельное сцепление  $c$  (кПа); угол внутреннего трения  $\varphi$  (°); показатель текучести  $I_L$  и расчетное сопротивление  $R_0$  (МПа).

Согласно методике проведения статического зондирования, на графиках изменения удельного сопротивления грунта под наконечником зонда  $q_c$ , МПа, по глубине  $h$ , м, начало плавного перегиба соответствует пересечению зондом границы между различными слоями грунта [6]. Изменение значения  $q_c$  по глубине продолжается до полного погружения конуса зонда в нижележащий слой и прекращения влияния контакта слоев на величину  $q_c$ .

На разрезе кровля слоя выделена по концу перегиба, а не по его началу, как это предусмотрено ТКП 45-5.01-15-2005 (02250) (погрешность составила 0,2 м).

Для проектируемых зданий и сооружений I уровня ответственности при  $q_c \leq 10$  МПа деление грунтов на песчаные и пылевато-глинистые производят по значению отношения  $fs/q_c^2$  с учетом требований СНБ 1.02.01. Песчаным соответствуют грунты, если отношение  $fs/q_c^2 < 0,0025$ , пылевато-глинистым – если  $fs/q_c^2 \geq 0,0025$ .

Для установок с диаметром зонда 62 мм (СПК) значения  $q_c$  и  $fs$  следует определять делением полученных значений на коэффициенты перехода  $K_q$  и  $K_f$  соответственно.

Значения коэффициентов перехода  $K_q$  и  $K_f$  следует определять по таблицам Б.1 и Б.2, соответственно [5].

Показатель текучести пылевато-глинистых грунтов  $I_L$  следует принимать по таблице 6.4 [5], а при промежуточных значениях  $q_c$  – по корреляционной зависимости:

$$I_L = 0,352 - 0,184 \times \ln q_c \quad (1)$$

Пылевато-глинистые грунты по значению удельного сопротивления грунта под наконечником зонда  $q_c$  в соответствии с СТБ 943 подразделяются на очень прочные, прочные, средней прочности и слабые [5].

Нормативные значения удельного сцепления  $c$  и угла внутреннего трения  $\varphi$  пылевато-глинистых грунтов в зависимости от значения удельного сопротивления грунта под наконечником зонда  $q_c$  следует принимать по таблице 6.6 [5], а для грунтов с промежуточными значениями  $q_c$  значения  $c$  и  $\varphi$  следует определять интерполяцией.

Модуль деформации  $E$  пылевато-глинистых грунтов по данным результатов статического зондирования следует определять по формуле:

$$E = \frac{3,14 \cdot \alpha \cdot (1 + \mu) \cdot (3 - 4\mu) \cdot q_c}{16 \cdot (1 - \mu)} \quad (2)$$

где  $\alpha$  – эмпирический коэффициент, для супесей  $\alpha=8,8$   
 $\mu$  – коэффициент Пуассона, взятый по таблице  $\mu=0,35$ .

Расчетное сопротивление  $R_0$ , МПа, оснований из грунтов естественного сложения по данным статического зондирования следует принимать в зависимости от значения удельного сопротивления грунта под наконечником зонда  $q_c$  по таблице 6.8 [5].

**Вывод:** при определении физико-механических характеристик грунта косвенным методом (СЗ) они получаются значительно меньше, чем при определении прямыми методами. Это свидетельствует о наличии запаса прочности при строительстве, в случае их определения методами СЗ.

**Результаты динамического зондирования (ДЗ).** По результатам динамического зондирования определяются: наименование грунта, модуль деформации  $E$  (МПа); удельное сцепление  $c$  (КПа); угол внутреннего трения  $\varphi$  (°); коэффициент пористости  $e$  и расчетное сопротивление  $R_0$  (МПа).

Для проектируемых зданий и сооружений I и II уровней ответственности при среднем давлении под подошвой фундамента  $p>0,30$  МПа прочностные ( $c$ ,  $\varphi$ ) и деформационные ( $E$ ) характеристики грунтов допускается определять по значению условного динамического сопротивления грунта  $p_d$  при условии выборочного параллельного определения их прямыми методами [4].

Коэффициент пористости  $e$  песчаных грунтов естественного сложения, независимо от генезиса, гранулометрического состава и влажности (кроме водонасыщенных пылеватых) следует принимать в зависимости от условного динамического сопротивления грунта  $p_d$  по таблице 5.1, а при промежуточных значениях  $p_d$  – по корреляционной зависимости [4].

$$p_d = 0,855 - 0,130 \cdot \ln p_d \quad (3)$$

коэффициент вариации  $V = 10 \%$ .

В зависимости от значения условного динамического сопротивления грунта  $p_d$  песчаные грунты естественного сложения (кроме водонасыщенных пылеватых) в соответствии с СТБ 943 подразделяются на прочные, средней прочности и малопрочные [4].

Нормативные значения удельного сцепления  $c$  и угла внутреннего трения  $\varphi$  песчаных грунтов естественного сложения (кроме водонасыщенных пылеватых) по значению условного динамического сопротивления грунта  $p_d$  следует принимать по соответствующей таблице [4]. Для песчаных грунтов с промежуточными значениями  $p_d$  значения  $c$  и  $\varphi$  следует определять интерполяцией, а при значениях  $p_d$  более 17,5 МПа значения  $c$  и  $\varphi$  следует принимать как для  $p_d = 17,5$  МПа.

Нормативные значения модуля деформации  $E$  песчаных грунтов естественного сложения (кроме водонасыщенных пылеватых) следует принимать в зависимости от условного динамического сопротивления грунта  $p_d$  по соответствующей таблице [4]. Для грунтов с промежуточными значениями  $p_d$  значения  $E$  следует определять интерполяцией, а при значениях  $p_d$  более 15 МПа следует принимать как для  $p_d = 15$  МПа.

Расчетное сопротивление  $R_0$ , МПа, оснований из грунтов естественного сложения по данным динамического зондирования следует принимать в зависимости от значения условного динамического сопротивления грунта  $p_d$  по соответствующей таблице [4]. При промежуточных значениях  $p_d$  значения  $R_0$  следует определять интерполяцией, а при значениях  $p_d$  более 15 МПа значения  $R_0$  следует принимать как для  $p_d = 15$  МПа.

**Вывод:** при определении физико-механических характеристик грунта косвенным методом (ДЗ) они получаются больше, чем при определении прямыми методами. Это свидетельствует об отсутствии запаса прочности при строительстве.

## Список литературы

- 1 Архив производственного республиканского унитарного предприятия «Геосервис». – Технический отчет об инженерно-геологических изысканиях по объекту: «Проект застройки (общественно-жилой комплекс) территории в границах пр. Независимости – границы ландшафтно-рекреационной зоны 85ЛР1 – ул. Скорины – продолжение ул. Калиновского (проектируемой). 4-очередь строительства. Жилой дом № 10». Минск, 2015. Копия.
- 2 ГОСТ 19912-2012. Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием. Дата введ. 01.01.2012. – М., 2012. – 33 с.
- 3 Захаров, М. С. Статическое зондирование в инженерных изысканиях : учеб.-метод. пособие / М. С. Захаров. – СПб, 2007. – 72 с.
- 4 Прочностные и деформационные характеристики грунтов по данным динамического зондирования. Правила определения : ТКП 45-5.01-17-2006 (02250). – Введ. 01.07.2006. – Минск, 2006. – 35 с.
- 5 Прочностные и деформационные характеристики грунтов по данным статического зондирования и пенетрационного каротажа. Правила определения : ТКП 45-5.01-15-2005 (02250). – Введ. 01.07.2006. – Минск, 2006. – 38 с.
- 6 Соломенко, Р. Е. Оценка инженерно-геологических условий строительства жилого дома № 10 по ул. Калиновского в г. Минске : дипломная работа / Р. Е. Соломенко. – Фонд ГГУ им. Ф. Скорины, 2017. – 70 с.

Д.А. СУВХАНОВ

## ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГАЗОПРОВОДОВ

*УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины»  
г. Гомель, Республика Беларусь  
[suvhan.281095@mail.ru](mailto:suvhan.281095@mail.ru)*

Трубопроводный транспорт является весьма эффективным при перемещении жидких, газообразных и твердых веществ как на небольшие расстояния, в пределах промышленных комплексов и районов, так и на расстояния, исчисляемые тысячами километров (газо- и нефтепроводы). Вследствие этого строительство трубопроводов приобрело широкий размах.

Для газопроводов характерна незначительная удельная нагрузка на основание, которая не превышает  $0,2 \text{ кгс/см}^2$ , но для них свойственна высокая чувствительность к деформациям (механическим и температурным, геоэлектрические поля, физико-химические взаимодействия с грунтами), которые могут вызвать осевые перемещения и повреждение соединений в стыках. Газопроводы укладывают ниже глубины сезонного промерзания пород, располагая их по возможности параллельно рельефу местности. Расчет устойчивости газопроводов производится с учетом прочности основания, веса пород засыпки или насыпи, глубины сезонного и наличия постоянного промерзания пород, сейсмичности, блуждающих электрических токов, а также временных нагрузок, возникающих при пересечении транспортных коммуникаций.

Инженерно-геологические изыскания газопроводов обычно проводятся в две стадии.

1) Изыскания на первой стадии проводятся с целью обоснования выбора оптимального варианта трассы.

2) На второй стадии работы они осуществляются по выбранному варианту трассы со съемкой участков индивидуального проектирования. Такими участками являются: