

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/123EVN617.pdf>

Статья опубликована 31.01.2018

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Гареева Н.Б., Шильдт Л.А., Зайннеев Э.Д. Инновационный подход к расчету оснований плитных фундаментов // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №6 (2017) <https://naukovedenie.ru/PDF/123EVN617.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**УДК 624.157**

**Гареева Наталия Борисовна**

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Россия, Уфа<sup>1</sup>  
Архитектурно-строительный институт  
Кафедра «Автомобильные дороги и технология строительного производства»  
Доктор технических наук, профессор  
E-mail: natagon56@mail.ru

**Шильдт Лилия Абулаисовна**

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Россия, Уфа  
Институт нефтегазового бизнеса  
Кафедра «Экономика и управление на предприятии нефтяной и газовой промышленности»  
Ст. преподаватель  
Кандидат экономических наук  
E-mail: shildt\_lilya@mail.ru

**Зайннеев Эмиль Дамирович**

НТЦ ООО «НИИ Транснефть», Россия, Уфа  
Ведущий специалист  
E-mail: natagon56@mail.ru

## **Инновационный подход к расчету оснований плитных фундаментов**

**Аннотация.** В представленной статье приводятся инновационные предложения по применению метода использования результатов статического зондирования для оценки основных расчетных характеристик грунта в пределах всей строительной площадки на глубине залегания плитного фундамента, что позволяет повысить надежность расчетов и проектирования основания данного фундамента и оптимизировать экономическую составляющую проекта.

Актуальность темы представленной статьи подтверждается растущими объемами строительства объектов капитального строительства в монолитном и каркасно-монолитном вариантах, в том числе на площадках с преобладанием слабых грунтов. В сложившихся условиях требуется новый и научно обоснованный метод расчета грунтовых характеристик, имеющий экономическую обоснованность. Авторами разработан алгоритм и программный комплекс, выполняющий автоматизированную обработку данных полевых испытаний.

---

<sup>1</sup> 450062, Республика Башкортостан, Уфа, Космонавтов ул., 1

Программа позволяет автоматизировать все процессы вычислений и построения объемных поверхностей характеристик грунта.

Подтверждением предлагаемого метода является проведенная сравнительная оценка с инженерно-геологическими изысканиями, выполненными традиционными методами. Научная новизна подтверждается тем, что впервые предложен и обоснован метод определения величины отпора грунтового основания по данным статического зондирования, а именно – значений сопротивления грунта под наконечником зонда по всей площади плитного фундамента.

**Ключевые слова:** инновационный метод расчета; коэффициент постели; статическое зондирование; штамповые испытания; подземные сооружения; плитный фундамент; метод определения деформационных характеристик по результатам зондирования; надежность проектирования

В условиях современного городского строительства зданий и сооружений их возведение выполняется при интенсивном использовании подземного пространства, которое улучшается путем устройства заглубленных подземных этажей строящихся зданий. Увеличение этажности зданий происходит и вверх, и вниз. Фундаменты высотных зданий и зданий повышенной этажности в большинстве случаев выполняются сплошными в виде плит.

Нормируемый обязательный расчет для плитных фундаментов – это расчет по II группе предельных состояний или по деформациям. Для него необходимы расчетные характеристики грунтов основания под подошвой фундамента. Если здание или сооружение имеет большое подземное хозяйство, то и фундамент залегает на большой глубине, и для расчета требуются характеристики грунтов, залегающих на больших глубинах. В этих случаях для оценки расчетных характеристик грунтов традиционные методы испытаний штампов малого диаметра статическими нагрузками недостаточно надежны.

Для создания комфортной жизнедеятельности больших городов и мегаполисов при их современной застройке всё большее внимание уделяется освоению подземного пространства. При освоении строительных площадок в мегаполисах часто возникают проблемы, требующие научно-технического подхода: ограниченные пространства стесненных городских условий, стремительный и постоянный прирост населения, увеличение транспортных средств и необходимость развития сложной транспортной системы.

Эти проблемы и задачи требуют решений за счет размещения дорожно-транспортных и инженерных систем, объектов торговли и бытового обслуживания, складов и автостоянок, и других сооружений на значительной глубине от поверхности планировки. Для этого требуются огромные затраты при выполнении строительных работ. Однако, исходя из выполненных исследований, подземное размещение вспомогательных объектов, в большинстве случаев, является наиболее оптимальным решением, даже при значительных затратах на их возведение [7].

При выполнении работ нулевого цикла на строительстве подземных сооружений достаточно часто применяют плитный фундамент. В связи с этим появляется необходимость в изучении свойств грунтов, залегающих на глубине подошвы плиты: определение физико-механических характеристик основания, в том числе, коэффициента постели.

Часто встречающаяся глубина заложения фундаментов подземных этажей зданий и сооружений составляет более 25 метров, что в значительной степени усложняет производство и существенно увеличивает стоимость традиционных стандартных методов исследования грунтов.

При освоении подземного пространства большого объема огромный интерес представляет использование данных статического зондирования грунтов, которое может обеспечить достаточно частую сетку точек зондирования в контуре площади фундамента без увеличения затрат на инженерно-геологические изыскания.

Результаты выполненного по частой сетке статического зондирования позволяют получать информацию об изменении деформационных и прочностных характеристик грунтов в плане расположения фундамента и по глубине. А эта информация и требуется для определения класса, диаметра арматуры и степени армирования плитного фундамента. Кроме того, надо иметь в виду и то, что в последние годы отечественные производители значительно усовершенствовали возможности зондирующих установок, в том числе и максимальную глубину зондирования, достигающую сорока метров.

При разработке предлагаемого метода для оценки физико-механических характеристик грунтов основания были выполнены многочисленные полевые экспериментальные исследования и использованы результаты произведенных испытаний на площадках с грунтами, обладающими различными свойствами. Как результат выполненных и проанализированных работ были получены корреляционные формулы для определения модуля общей линейной деформации грунтов по величине сопротивления грунта под наконечником зонда  $q_s$  [1, 2, 3, 10, 11]. В частности, по результатам полевых экспериментальных исследований УГНТУ совместно с институтом БашНИИстрой предложена формула для глинистых грунтов

$$E = 7,12 \cdot q_s, \quad (1)$$

где: 7,12 – безразмерный коэффициент;  $q_s$  – сопротивление грунта под наконечником зонда при стандартной скорости погружения, размерность МПа.

Используя формулу (1), можно определять величину модуля деформации в любой точке грунтового массива, и в частности, под центром любого отдельно стоящего фундамента, и в любой точке основания плитного фундамента.

Согласно ранее выполненным исследованиям [4, 8] была получена зависимость для определения коэффициента постели при заданной площади фундамента (A):

$$K = \frac{E}{(1-\mu^2) \cdot k_0 \cdot \sqrt{A}}, \quad (2)$$

где: значение  $k_0$  определяется по таблице 1 в зависимости от отношения сторон  $\alpha = l/b$ ; величина коэффициента  $\mu = 0,35$ .

**Таблица 1**

**Значение коэффициента  $k_0$**

$\alpha$	1	3	5	7	9
$k_0$	0,88	0,83	0,77	0,73	0,69

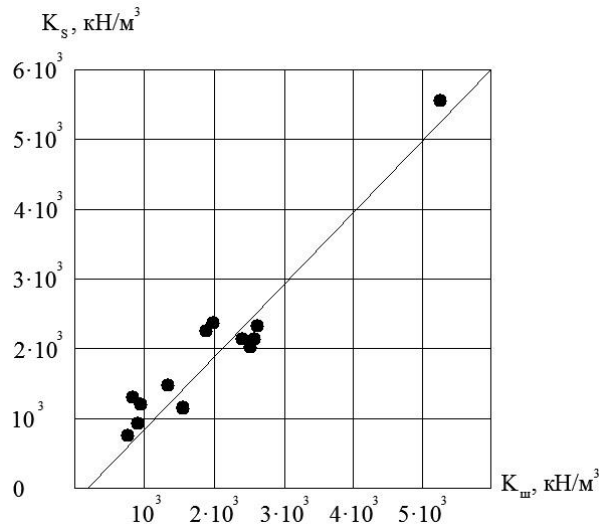
*Составлена авторами*

Полученные обработкой результатов многочисленных полевых экспериментальных исследований, зависимости (1) и (2) позволяют получить расчетную формулу для определения коэффициента постели по данным зондирования:

$$K_s = \frac{7,12 \cdot q_s}{(1-\mu^2) \cdot k_0 \cdot \sqrt{A}}. \quad (3)$$

Для оценки требуемой точности предлагаемой зависимости (3), на площадках, сложенных связными грунтами с консистенцией от мягко-пластичной до полутвердой, были выполнены стандартные штамповые испытания в шурфах. Параллельно в непосредственной близости от штампа выполнялось статическое зондирование.

На рисунке 1 представлен график рассеивания результатов параллельных испытаний штампов и зондирования. Данные графика показывают удовлетворительную сходимость расчетных данных и данных статических испытаний.



**Рисунок 1.** График рассеивания величин коэффициентов постели грунта, определенных по штамповым модулям деформации ( $K_w$ ) и по данным зондирования ( $K_s$ ) (разработан авторами)

Полевые экспериментальные исследования были продолжены на строительной площадке каркасного здания комбината «Полиэф» в Республике Башкортостан. Фундамент этого здания выполнен в виде плиты.

Согласно данным инженерно-геологических изысканий грунтовый массив под фундаментом представляет собой один ИГЭ с характеристиками грунта, приведенными в таблице 2.

**Таблица 2**

**Значения физических и механических характеристик ИГЭ**

№	Наименование	Размерность	Величина
1	Плотность	г/см <sup>3</sup>	1,83
2	Индекс текучести, $I_L$		0,51
3	Коэффициент пористости, $e$		0,85
4	Сцепление, $c$	МПа	0,018
5	Угол внутреннего трения	градус	17
6	Модуль деформации, $E_0$	МПа	7,0

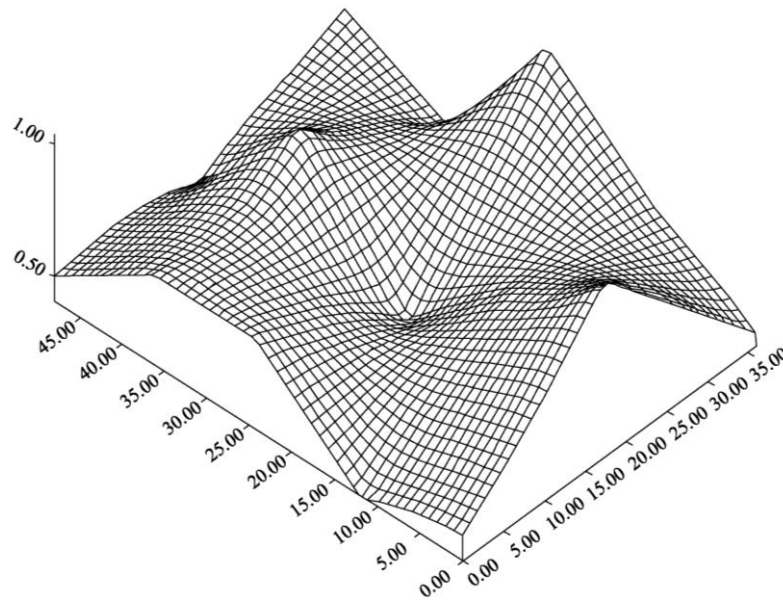
Составлена авторами

При выполнении работ по статическому зондированию на этой площадке с размерами 36 метров на 48 метров, была принята прямоугольная координатная сетка с размерами ячейки 18 метров на 12 метров, в узлах которой были размещены 15 точек зондирования.

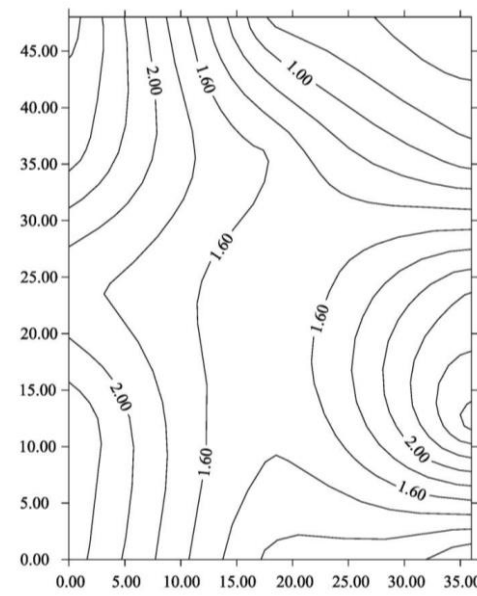
При обработке результатов статического зондирования строилась диаграмма изменений сопротивлений грунта под наконечником зонда в плане плиты. По вертикальной оси

пространственной системы координат откладывалась величина сопротивления грунта под наконечником зонда  $q_s$  в каждом узле на глубине подошвы плитного фундамента. Принималось, что эти точки, отображающие величины сопротивления грунта под наконечником зонда, принадлежат некоторой поверхности. После сглаживания поверхности методом бикубических сплайнов она была построена в виде трехмерной цифровой диаграммы изменения сопротивления под наконечником зонда  $q_s$  на глубине заложения подошвы плиты (рисунок 2).

Далее кривая разрезалась горизонтальными плоскостями и выполнялось построение плана изолиний изменения величины  $q_s$  по всей площади плиты (рисунок 3) [9, 5].



**Рисунок 2.** Диаграмма изменения сопротивления грунта под наконечником зонда  $q_s$  в плане плиты на глубине ее подошвы (разработан авторами)



**Рисунок 3.** План изолиний сопротивлений грунта под наконечником зонда  $q_s$  на глубине подошвы фундамента, Мпа (разработан авторами)

Результаты выполненных исследований и разработанный на их основе метод позволяет более точно определять величину коэффициента постели для каждого участка плиты, а также дает возможность решать вопрос разбивки плитного фундамента на участки для его расчета.

Необходимо иметь в виду, что в настоящее время многие страны, в том числе и Россия, ведут работу по модернизации оборудования для выполнения статического зондирования в направлении увеличения максимальной глубины зондирования.

Применение разработанного метода использования данных статического зондирования для определения деформационных характеристик и коэффициента постели грунтового основания позволит повысить надежность проектирования плитных фундаментов и значительно сократить сроки и стоимость проектно-изыскательских работ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гареева Н. Б., Гончаров Б. В. Использование данных статического зондирования для определения коэффициента постели основания фундаментов глубокого заложения / Н. Б. Гареева, Б. В. Гончаров // Международная конференция «Фундаменты глубокого заложения», 18-19 октября 2011 г. – Пермь, 2011. – С. 172-174.
2. Гареева Н. Б., Гончаров Б. В. Об использовании данных зондирования при проектировании фундаментов на естественном основании / Н. Б. Гареева, Б. В. Гончаров // Труды НИИпромстроя. – Вопросы фундаментостроения. – Уфа, 2004. – С. 24-26.
3. Гареева Н. Б., Рыжков И. Б. Об определении модуля деформации грунтов статическим зондированием / Н. Б. Гареева, И. Б. Рыжков // Труды НИИпромстроя. – Свайные фундаменты. – Уфа, 1984. – С. 94-99.
4. Горбунов-Посадов М. И., Маликова Т. А. Расчет конструкций на упругом основании / М. И. Горбунов-Посадов, Т. А. Маликова. – М.: Стройиздат, 1984. – 628 с.
5. Завьялов Ю. С., Квасов Б. И. Методы сплайн-функций / Ю. С. Завьялов, Б. И. Квасов. – М.: Наука, 1980. – 352 с.
6. Завьялов Ю. С., Леус В. А., Скороспелов В. А. Сплайны в инженерной геометрии / Ю. С. Завьялов, В. А. Леус, В. А. Скороспелов. – М.: Машиностроение, 1985. – 224 с.
7. Конюхов Д. С. Использование подземного пространства / Д. С. Конюхов. – М.: Архитектура, 2004. – 296 с., ил.
8. Рыжков И. Б., Исаев О. Н. Статическое зондирование грунтов / И. Б. Рыжков, О. Н. Исаев. – М.: Издательство АСВ, 2010. – 496 с.
9. Сорочан Е. А., Трофименков Ю. Г. Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения / Е. А. Сорочан, Ю. Г. Трофименков. – М.: Стройиздат, 1985. – 480 с.
10. Трофименков Ю. Г., Воробков Л. Н. Полевые методы исследования строительных свойств грунтов / Ю. Г. Трофименков, Л. Н. Воробков. – М.: Стройиздат, 1981. – 215 с., ил.
11. Трофименков Ю. Г., Мариупольский Л. Г., Пярнуу З. К. Определение прочностных характеристик глинистых грунтов по данным статического зондирования / Ю. Г. Трофименков, Л. Г. Мариупольский, З. К. Пярнуу // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1977. – № 6. – С. 15-19.
12. Шильдт Л. А., Шаманаев А. А., Дремин В. В. Развитие строительной отрасли в настоящих экономических реалиях / Л. А. Шильдт, А. А. Шаманаев, В. В. Дремин // Актуальные направления научных исследований в области экономики, финансов и учета: От теории к практике: Сборник научных трудов по материалам III Всероссийской заочной интернет-конференции. – 2016. – С. 274-277.

**Gareeva Natalya Borisovna**

Ufa state petroleum technological university, Russia, Ufa  
E-mail: natagon56@mail.ru

**Shildt Liliya Abulaisovna**

Ufa state petroleum technological university, Russia, Ufa  
E-mail: shildt\_lilya@mail.ru

**Zaineev Emil Damirovich**

Chief specialist of the scientific and research center of Transnet research institute, Russia, Ufa  
E-mail: natagon56@mail.ru

## **Innovative approach to calculation of raft foundation basements**

**Abstract.** The article contains some innovative proposals in connection with the application of the method of using static probing results for estimating the basic design characteristics of the soil within the entire construction site at the depth of the slab foundation, which makes it possible to increase the reliability of calculations and optimize the economic component of the project.

The relevance of the topic presented here is confirmed by the growing volumes of construction of capital projects in monolithic and carcass-monolithic variants, including sites with prevalence of weak soils. In the existing conditions, a new and scientifically grounded method for calculating soil characteristics which has economic validity is required. The authors developed an algorithm and program, that performs automated processing of field test data. The program allows to automatize all processes of calculation and construction of three-dimensional surfaces of soil characteristics.

The confirmation of the proposed method is a comparative estimation with data performed by traditional methods. Scientific novelty is confirmed by the fact that the method for determining the size of ground support based on static sensing data, namely the values of soil resistance under the tip of the probe over the entire area of the plate foundation, was proposed and justified for the first time.

**Keywords:** innovative method of calculation; bedding index; static probing; stamping tests; underground constructions; raft foundation; method of determination of deformation characteristics by probing results; safety of design