

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ЗОНДИРОВАНИЯ ПРИ РАСЧЕТЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СВАЙ

**Б. М. Черепанов, К. А. Смольская**

Алтайский государственный технический университет  
им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

*В строительной практике при возведении свайных фундаментов применяются различные методы расчета несущей способности свай. Расчётный метод более простой, не требующий дополнительных усилий по проведению натурных испытаний, но, дающий не самый экономичный вариант фундаментов. Экспериментальные методы более трудоёмкие, но, в конечном итоге, зачастую позволяют уменьшить сметную стоимость возведения нулевого цикла. Целью данного исследования является сравнение стоимости фундамента здания, запроектированного на основе величин несущей способности свай, вычисленных методом зондирования и расчетным методом. Подобного рода исследования помогут оптимизировать затраты на устройство фундаментов.*

**Ключевые слова:** свая, ростверк, зонд, фундамент, несущая способность сваи, полевые испытания свай, статическое зондирование, расчетный метод, просадочные грунты.

Фундамент представляет собой несущую часть здания, которая воспринимает все нагрузки от вышележащих конструкций и передает их на основание.

Проектирование и возведение фундамента представляет собой сложный процесс, стадия строительства с высокой степенью ответственности. Долговечность здания или сооружения и безопасность при его эксплуатации напрямую зависят от качества материала фундамента, точности и правильности технологии при его возведении. Допущенные при проектировании и строительстве фундамента ошибки всегда являются критическими так как приводят к неоправданно большим материальным затратам, разрушению конструкций, а также порче имущества и гибели людей.

Немаловажным фактором при проектировании фундаментов являются инженерно-геологические условия строительной площадки. При наличии в составе грунтовой толщи специфических грунтов требуется особый подход к проектированию фундаментов. Специфическими грунтами называются грунты, изменяющие свою структуру и свойства в результате замачивания, динамических нагрузок и других видах внешних воздействий [4]. К грунтам данного типа относят просадочные, набухающие, слабые, засоленные, элювиальные и искусственные грунты.

Инженерно-геологическую карту Алтайского края образуют преимущественно просадочные грунты, что вызывает необходи-

мость более тщательно подходить к выбору типа фундамента при строительстве зданий и сооружений. Фундамент в данных условиях следует опирать на непросадочный слой грунта, что вынуждает использовать свайный тип фундамента. В процессе проектирования данного типа фундамента очень важно как можно точнее определить несущую способность сваи, что обеспечит использование ее прочностных характеристик при эксплуатации здания в полной мере.

При недооценке несущей способности сваи, как правило, проектируется ростверк массивнее требуемого и происходит увеличение сечения и количества свай в кусте. Это является нерациональным в плане финансового, временного фактора и трудоемкости процесса строительства. Именно по этой причине поиск более точного метода при определении несущей способности свай является актуальной темой на сегодняшний день.

С точки зрения финансов, на фундамент уходит порядка 30-50% общих затрат на строительство. При этом любая экономия ради экономии в этом вопросе обходится во много раз дороже. Более точный расчет несущей способности свай на стадии проектирования обеспечит меньшие затраты средств на его устройство, сохранив при этом устойчивость и долговечность основания здания или сооружения.

Основной целью данной работы является сравнение методов определения несущей способности сваи с точки зрения финансовых

затрат на примере реального объекта г.Барнаула. Данные расчеты позволят сделать вывод, какой метод расчета сокращает расходы на работы нулевого цикла здания.

Итак, как говорилось выше, наш регион характеризуется в основном просадочными грунтами. Следовательно, применяется свайный тип фундамента. Как известно, свайный фундамент представляет собой комплекс свай, объединенных в единую конструкцию, передающую нагрузку на основании [3]. Основное назначение свай - это прорезка залегающих с поверхности слабых слоев грунта и передача действующей нагрузки на нижележащие слои грунта, обладающие более высокими механическими показателями [3].

Так как целью исследования является анализ выбора метода определения несущей способности свай с точки зрения дальнейших затрат на устройство фундамента, то нужно разобрать вопрос из чего именно складывается общая стоимость фундамента.

Итак, существуют три основных параметра, которые влияют на правильную и длительную работу фундамента: предполагаемые нагрузки, сама конструкция фундамента и его основание, т.е. грунт. Влияние предполагаемых нагрузок на стоимость объясняется прямой зависимостью. Чем больше нагрузки – тем массивнее требуется фундамент, который перенесет нагрузку от здания на основание без разрушений. Второй фактор вытекает из первого и говорит о том, что существуют разные типы конструкций фундаментов. Для каждой ситуации характерен тот или иной тип и, именно исходя из этого, вычисляется стоимость фундамента. Следующий фактор это грунт. Данный фактор в большинстве случаев является определяющим при выборе типа фундаментов и, следовательно, оказывает большее влияние на конечную стоимость, нежели предыдущие факторы. Например, если непросадочный устойчивый пласт грунта находится на небольшой глубине или вообще в грунтовой толще отсутствуют специфические грунты, то и затраты будут меньше из-за небольшого расхода материала и сравнительно небольшой трудоемкости. И, наоборот, при глубоком залегании прочных надёжных грунтов требуется устройство фундаментов глубокого заложения или свайных, что приведёт к общему удорожанию объекта.

Для примера рассмотрим по данным параметрам участок, на котором будет проводиться исследование. Он расположен по адресу: г. Барнаул, ул. Сизова, 24. На участке

планируется построить 16-ти этажное кирпичное бескаркасное здание с несущими наружными и внутренними стенами. На момент сбора данных и расчетов, проект здания на рассматриваемом участке находился на стадии разработки, поэтому величину нагрузки возьмем в среднем по сечению – 2800 кН/м, что соответствует нагрузке подобных объектов. Размер здания в плане 72×114м.

Инженерно-геологическая карта этого участка состоит преимущественно из супесей просадочных и непросадочных. Так как участок характеризуется наличием специфических грунтов (просадочных), то рационально проектировать свайный тип фундамента. Грунтовые воды до глубины 19 м не обнаружены. Геоморфологическим элементом является Приобское плато. Первый слой образуют современные техногенные образования – насыпной грунт (суглинок, супесь с почвой и включением строительного слоя). Второй слой – супесь песчанистая лессовидная просадочная мощностью 6,1 м. Данный слой по своим характеристикам не подходит для опирания свай. Следующим слоем является супесь песчанистая непросадочная. Проанализировав физико-механические свойства грунта в данном слое, можно сделать вывод, что он пригоден как основание для фундамента. Консистенция супеси твердая. Длину свай рассчитываем по действующим нормам и получаем 9 м.

Для расчета несущей способности свай в данной ситуации применим два метода, согласно теме данного исследования, а именно: метод статического зондирования и расчетный, согласно СП 24.13330.2011 [4].

Методика зондирования заключается в регистрации нагрузок на основание и боковую поверхность с помощью установленных датчиков. При проведении испытания большую роль играет тип зонда.

Зонд представляет устройство, включающее «штангу» и специальный конический наконечник, который закреплен на конце этой штанги. Зонды бывают двух типов: I – с наконечником из конуса и кожуха; II – наконечником из конуса и муфты трения. Когда не нужны конкретные численные значения сопротивления отдельных слоев, применяют зонд I типа. Он позволяет определять лобовое сопротивление грунта и суммарную величину сопротивления трения по боковой поверхности. Зонды типа II с муфтой трения, позволяют определять удельное сопротивление грунта на участке боковой поверхности каждого пласта грунта, что играет немало-

важную роль. Вопрос о влиянии диаметра зонда не является особо актуальным, так как размеры зондов стандартизированы как в нашей стране, так и за рубежом, и нестандартные зонды применяются крайне редко.

Испытания на участке проводились АО «АлтайТИСИЗ» в 2016 году с помощью зонда II типа. Методика испытаний предусматривала вдавливание зонда вертикально в грунт непрерывно, с постоянной скоростью равной 1,2 метра в минуту и регистрацию показаний сопротивления грунта непрерывно, либо с шагом не более 0,2 м по глубине.

Основная погрешность, отклонение показателей измерения сопротивлений частных показателей свойств грунта, до 10%, но не более 5% максимального измеримого значения. По результатам проведенных испытаний определяют физико-механические свойства грунтов и выполняют статистическую обработку, учитывая данные таблиц СП 47.13330.2012 (Приложение И). Следующим шагом является расчет несущей способности сваи по полученным данным.

При полевом методе несущая способность сваи составила 721,14 кН, а при расчетном 512,50 кН. Разница в величинах несущей способности при использовании данных методов составила 208,64 кН или около 30%.

Метод статического зондирования более приближен к естественным условиям строительной площадки и, следовательно, можно сделать предварительный вывод о том, что метод определения несущей способности свай статическим зондированием более точен, нежели расчетный метод.

Запроектированный свайный фундамент полностью удовлетворяет проверкам по несущей способности и деформациям.

Для фундамента выбраны сваи С9-40. Свайное поле для здания по проекту насчитывает 608 свай. При использовании значений несущей способности сваи по результатам зондирования количество свай уменьшается до 456.

Для расчета стоимости устройства фундамента, следует разобрать последовательность его возведения.

Устройство фундамента складывается из следующих этапов:

1. Разметка свайного поля. Размечается участок под будущий фундамент. В местах забивки железобетонных свай забиваются арматурные прутки, между прутками натягивается шнур и проверяется геометрия будущего фундамента.

2. Доставка и разгрузка сваебойной машины.

3. Транспортировка свай по участку. Железобетонные сваи выгружаются, далее сваебойная установка подтягивает сваи к месту их установки.

4. Подготовка установки к работе. Установка приводится из транспортного в рабочее положение: опускаются и фиксируются на земле гидравлические опоры, поднимается стрела. С помощью установленной на стреле лебедке свая поднимается наверх.

5. Забивка свай. Свая вставляется в ударный механизм. Одна свая забивается в грунт за несколько минут. Забивка свай контролируется инженерами с помощью нивелира.

6. Срезание свай. Верхняя часть забитой железобетонной сваи срезается до оголения арматуры с помощью перфоратора.

7. Возведение ростверка.

Весомая часть затрат на возведение свайного фундамента приходится непосредственно на устройство ростверка. Следует отметить преимущества фундамента на железобетонных сваях с ростверком: высокая надежность фундамента; минимальный фронт земляных работ; небольшой расход строительных материалов; возможность работ в зимнее время (установка не отменяется даже при температуре ниже  $-10^{\circ}\text{C}$ ); отсутствие просадки грунта при вспучивании или подтоплении; уменьшение теплопотерь за счет сокращения площади контакта с промерзшей почвой; снижение стоимости работ до 20%; уменьшение времени возведения основания.

Для начала разберем стоимость материалов для фундамента. Стоимость сваи в Алтайском крае с данным сечением и длиной составляет около 12674 руб. Согласно ТЕР 2001 Алтайского края, стоимость забивки  $1 \text{ м}^3$  сваи составляет 500,76 руб. Прямые затраты устройства  $1 \text{ м}^3$  железобетонного ростверка составляет 1805,75 руб. Так же следует учесть стоимость каркаса арматурного для устройства ростверка. К прямым затратам в обоих случаях применяются коэффициенты для перевода в текущую стоимость (2017 г., 2 квартал).

Посчитав полные затраты устройства свайного фундамента, несущая способность сваи которого определялась расчетным методом и методом зондирования, получаем следующие величины: 14681473 руб. и 10834609 руб. соответственно. Также следует учесть затраты на проведение полевых испы-

таний. Стоимость данного вида работ составляет в среднем 50-60 тыс. рублей.

В нашем случае проводилось 6 испытаний.

Итак, затраты на устройство фундамента при первом методе определения несущей способности сваи составили 14681473 руб., при определении несущей способности сваи методом статического зондирования – 11144609 рублей.

На основании проведённых исследований можно сделать вывод, что расчетный способ определения несущей способности свай дает менее точные данные. Следовательно, происходит недооценка несущей способности свайного фундамента, что в результате привело к неоправданным финансовым затратам в размере 3536864 руб., т.е. экономия устройства фундамента при определении несущей способности свай методом зондирования составляет около 25%. В данные суммы входят стоимость материалов, оплата труда рабочих, эксплуатация машин.

Полученные данные наглядно демонстрируют экономию средств на примере одного строительного объекта. Следовательно, при застройке большего масштаба экономия возрастает в разы.

Это единственный пример, иллюстрирующий отражение финансовых затрат на определении несущей способности свай различными методами. Для более масштабных выводов, планируется рассмотреть еще несколько примеров и определить на их основе выгоду применения статического зондирования при определении несущей способности свай на стадии проектирования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 19912-2012. Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием.
2. ГОСТ 5686-2012. Грунты. Методы полевых испытаний сваями.
3. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. Минрегион России, 2010.
4. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Минрегион России. – 2000.
5. Драновский А, Латыпов А. К интерпретации результатов статического зондирования грунтов оснований // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2010. – № 1(13).
6. Рыжков, И. Статическое зондирование грунтов / И. Б. Рыжков, О. Н. Исаев. – М. : Изд-во АСВ, 2010.
7. Смольская, К. А. Сравнение величин несущей способности свай по данным статического зондирования и расчётному методу на примере территории г. Барнаула / К. А. Смольская, Б. М. Черепанов // Ползуновский альманах. – № 2. – 2017.
8. Черепанов, Б. М. Анализ существующих методов определения несущей способности свай / Б. М. Черепанов, Д. С. Лазарева // Ползуновский альманах. – № 1. – 2016.

**Черепанов Б.М.** – к.т.н., доцент кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: bmcher@mail.ru.

**Смольская К.А.** – магистрант ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: smolsk@rambler.ru.