

Транспортные сооружения / Russian Journal of Transport Engineering <https://t-s.today>

2026, Том 13, № 2 / 2026, Vol. 13, Iss. 2 <https://t-s.today/issue-2-2026.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/08SATS226.pdf>

DOI: 10.15862/08SATS226 (<https://doi.org/10.15862/08SATS226>)

2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения (технические науки)

2.1.8. Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Павлов, С. Ю. Разработка метода определения крутящего момента для погружения винтовых свай с применением механизмов / С. Ю. Павлов, А. О. Глазачев, Н. Э. Урманшина, О. В. Галимнурова // Транспортные сооружения. — 2026. — Т. 13. — № 2. — URL: <https://t-s.today/PDF/08SATS226.pdf>. DOI: 10.15862/08SATS226.

For citation:

Pavlov S.Yu., Glazachev A.O., Urmanshina N.E., Galimnurova O.V. Development of a method for determining the torque for screw pile installation using machinery. *Russian Journal of Transport Engineering*. 2026;13(2): 08SATS226. Available at: <https://t-s.today/PDF/08SATS226.pdf>. DOI: 10.15862/08SATS226. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 624.154

Павлов Станислав Юрьевич

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, Россия

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Уфа, Россия

Доцент

Кандидат юридических наук, доцент

E-mail: sta227@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4201-7401>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=530132

Глазачев Антон Олегович

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, Россия

Заведующий кафедрой «Автомобильные дороги, мосты и транспортные сооружения»

Кандидат технических наук

E-mail: anton.glazachev@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4036-3155>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=989565

WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/AEZ-4308-2022>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56194737100>

Урманшина Наталия Эдуардовна

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, Россия

Доцент

Кандидат технических наук, доцент

E-mail: adtsp@mail.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=457882

Галимнурова Ольга Витальевна

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, Россия

Доцент

Кандидат технических наук

E-mail: galimnurova@mail.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=627304

Разработка метода определения крутящего момента для погружения винтовых свай с применением механизмов

Аннотация. Статья посвящена разработке метода определения крутящего момента, необходимого для погружения винтовых свай. Актуальность работы обусловлена применением винтовых свай в транспортном строительстве и необходимостью рационального выбора механизмов для погружения. Существующие аналитические методики, в основном разработанные для однолопастных свай, не всегда обеспечивают достаточную точность из-за изменчивости грунтовых условий и отсутствия учёта локальных особенностей инженерно-геологического разреза. Предлагаемый подход основан на корреляционной зависимости крутящего момента от предельного сопротивления сваи. Предложена методика расчета изменения крутящего момента по глубине с использованием данных статического зондирования. Для верификации методики на опытном полигоне выполнены натурные исследования винтовых свай. В процессе погружения производились замеры крутящего момента. Рядом с исследуемыми сваями выполнялось статическое зондирование. После погружения опытных свай проводились их статические испытания. Сравнение теоретических и экспериментальных значений крутящего момента по глубине показало хорошую сходимость, что подтверждает достоверность предложенного метода. Разработанный подход позволяет определять крутящий момент не только на проектной отметке установки винтовой сваи, но и по всей глубине погружения. Использование статического зондирования как экономичного и оперативного метода исследования грунтов даёт возможность выполнять большее количество измерений и обоснованно подбирать механизмы различной мощности. Разделение территории строительства на зоны позволяет оптимизировать технологические решения по погружению винтовых свай. Это способствует повышению производительности работ и снижению финансовых затрат при строительстве.

Ключевые слова: винтовые сваи; транспортные сооружения; статическое зондирование; крутящий момент; несущая способность свай; технология погружения свай; подбор механизмов для погружения свай

Введение

Винтовые сваи обладают такими преимуществами, как установка в любое время года и при любых погодных условиях. Возможность применения в любых дисперсных грунтах. Преимуществом является быстрота установки и эффективная логистика. Достоинством является минимум земляных работ и отсутствие мокрых процессов. Широкая возможность применения различного оборудования для погружения винтовых свай (от ручных редукторов до кабестанов внушительных размеров), что позволяет найти подходящую технику в любых регионах страны. Использование сварных конструкций позволяет реализовывать рациональные и эффективные решения под любые грунтовые условия и действующие нагрузки.

Эффективная работа винтовых свай на вдавливающие, выдергивающие и горизонтальные нагрузки определила широкое применение в электросетевом строительстве при сооружении опор ЛЭП. В промышленном строительстве — мачты, опоры трубопроводов, тепличные комбинаты. В транспортном строительстве — фундаменты опор мостов, шумозащитных экранов и прочих объектов инфраструктуры. В гражданском и жилищном строительстве винтовые сваи занимают нишу ИЖС, усиления существующих фундаментов, применения при строительстве в сложных инженерно-геологических условиях.

При строительстве транспортных сооружений с использованием фундаментов из винтовых свай немаловажным является определение технологических параметров механизмов, используемых при погружении таких свай. Наиболее важным из таких параметров является величина крутящего момента. По данному параметру происходит подбор оборудования для погружения свай, определяются технологические нагрузки, по которым проверяются характеристики сечения ствола, а также осуществляется контроль несущей способности сваи при погружении.

Погружение винтовых свай в грунт осуществляется с применением специальных машин и механизмов с установленным специальным оборудованием. По опыту строительства, исходя из мощности и создаваемого крутящего момента, их можно разделить на следующие группы: (1) ручные редукторы с крутящим моментом до 2–3 кН·м; (2) на базе «ямобура» с крутящим моментом до 6–7 кН·м; (3) на базе автокрана с крутящим моментом до 12–15 кН·м; (4) на базе гидравлических экскаваторов различной мощности с крутящим моментом до 30–45 кН·м; (5) универсальная бурильная машина УБМ-85, снабженная гидравлическим краном-манипулятором с закрепленным редуктором с крутящим моментом до 85 кН·м.

При массовом погружении на линейных объектах большой протяженности или больших площадях возникают проблемы по рациональному выбору машин для погружения винтовых свай. Сроки погружения такими машинами и их стоимость многократно отличаются между собой. Величина крутящего момента зависит не только от конструкции сваи, но и от грунтовых условий территории строительства. На больших территориях грунтовые условия могут сильно меняться в пределах одного объекта строительства. Применение механизмов с максимальным крутящим моментом, исходя из наиболее сложных условий, приводит к снижению скорости монтажа и существенным финансовым затратам. Применение же механизмов исходя из средневзвешенных грунтовых условий приводит к недопогружению свай или необходимости применять лидерное бурение, что также приводит к дополнительным затратам и снижению скорости производства работ. Существует также вероятность повреждения самой сваи из-за того, что не выполнялась проверка прочности ствола или лопасти этой сваи при восприятии крутящего момента (рис. 1).



Рисунок 1. Пример повреждения свай при их погружении:
а — ствол винтовой сваи; б — лопасти винтовых свай (фото автора)

В советский период с 50-х годов известны аналитические методики по определению величины крутящего момента, требуемого для погружения винтовых свай. Первый нормативный источник ТУВС-55 «Технические указания по проектированию и устройству фундаментов опор мостов на винтовых сваях» был выпущен в 1955 году.

В нем содержались указания по определению величины крутящего момента в зависимости от диаметров ствола и лопасти, а также глубины погружения винтовой сваи. Грунтовые условия учитывались введением специальных эмпирических коэффициентов.

Позже исследователями Цюрупа И. И. и Чистяковым И. М. [1], а также Иродовым М. Д. [2] были предложены свои аналитические формулы уже с большим количеством исходных данных, которые учитывали дополнительные параметры геометрии свай и грунтовых условий. Известный исследователь винтовых свай Железков В. Н. предложил свою аналитическую формулу [3], которая учитывает геометрические параметры свай: диаметры ствола и лопасти, глубину погружения, шаг винта. Грунтовые условия учитываются с помощью эмпирических коэффициентов: коэффициента сопротивления и коэффициента, учитывающего боковое трение грунта. Также имеются подобные решения у Пенчука В. А. [4]. Здесь нужно отметить, что все изученные разработки советских исследователей касались только однолопастных свай. Зарубежные исследователи считали довольно трудоемкой задачей применение аналитических методов для расчета крутящего момента. Они считали, что более эффективно можно использовать этот параметр как косвенный показатель при исследовании механических характеристик грунтов подобно буровому или динамическому зондированию. Подробный анализ по этой теме выполнен Perko Н. А. в своей монографии [5]. Он отмечает, что достаточно эффективно можно увязывать величину крутящего момента с несущей способностью винтовой сваи с использованием следующей зависимости.

$$P_u = K_t T, \quad (1)$$

где:

P_u — несущая способность винтовой сваи;

T — крутящий момент;

K_t — постоянная величина.

В своих исследованиях [5] Perko Н. А. проанализировал данные более 300 испытаний винтовых свай, выполненных различными авторами, как на вдавливание, так и на выдергивание. Из этих данных 239 случаев содержали информацию о крутящем моменте на этапе окончания погружения. С использованием этих данных он получил эмпирическую зависимость (2).

$$K_t = \frac{\lambda_k}{d_{eff}^{0,92}}, \quad (2)$$

где:

λ_k — корректировочный коэффициент (1433 мм^{0,92}/м);

d_{eff} — наружный диаметр ствола винтовой сваи.

Далее Perko Н. А. предложил модель, в которой несущая способность винтовой сваи напрямую зависела от крутящего момента [5]. Получилась довольно громоздкая формула, которая учитывала большое количество факторов. После детального анализа влияния различных параметров, которые учитываются в этой формуле, было определено, что наиболее существенное влияние оказывает диаметр ствола винтовой сваи. Затем после ряда упрощений предложенная формула приняла следующий вид.

$$K_t = \frac{2}{d_{eff}}, \quad (3)$$

где:

d_{eff} — наружный диаметр ствола винтовой сваи.

Как видно формула (2), которая была выведена эмпирическим путем, незначительно отличается от упрощенной формулы (3), полученной аналитическим решением с последующим упрощением. Дальнейшее сравнение, выполненное Perko Н. А., показывает справедливость этого вывода.

В свое время Железковым В. Н. тоже была предложена зависимость, аналогичная зависимости (1) для контроля несущей способности [3].

$$P = K_i M_{кр}, \quad (4)$$

где:

P — несущая способность винтовой сваи;

$M_{кр}$ — крутящий момент;

K_i — коэффициент сопротивления сваи, при её закручивании.

Железков В. Н. выделял зависимость изменения K_i от вида грунта. Так, для сваи, работающей на сжатие, K_c он предлагал принимать: для глинистых грунтов — 13–16; для песчаных грунтов — 24–28; для гравелистых грунтов — 26–30. Для сваи, работающей на выдергивание, значение K_c следует принимать: для глинистых грунтов — 7,5–11; для песчаных грунтов — 4,5–10; для гравелистых грунтов — 5–8. При этом уточняется, что меньшие значения следует принимать при глубине погружения на 2,0–2,5 м, а большие — при глубине более 5,0 м. Промежуточные значения принимаются по интерполяции.

В настоящее время российскими исследователями [6; 7] подтверждается подход Perko Н. А. Алексеев А. Г. со своими коллегами предложили следующую зависимость [7].

$$F_u = \frac{K_f T_k}{r}, \quad (5)$$

где:

F_u — частное значение предельного сопротивления винтовой сваи на вертикальную нагрузку;

T_k — крутящий момент закручивания;

K_f — безразмерный параметр корреляции;

r — радиус ствола сваи.

По результатам обработки данных статических испытаний [7], с учетом измеренных величин крутящего момента, Алексеев А. Г. со своими коллегами получил следующую зависимость.

$$F_u = \frac{0,935 T_k}{r}. \quad (6)$$

Полученная формула (6) согласуется с формулой (3), которую вывел Perko Н. А.

По результатам анализа статических испытаний винтовых свай и сопоставления со значениями крутящего момента, при погружении этих свай, представленных в публикациях авторами [3; 6; 7] были составлены диаграммы (рис. 2 и 3).

Как можно заметить, при одном и том же диаметре ствола винтовых свай (рис. 2 а) или при небольшом различии этих диаметров (рис. 3) зависимость несущей способности от крутящего момента почти функциональная. В случае, когда сваи имеют сильно различающийся диаметр ствола (89–219 мм), то появляется уже более заметный разброс (рис. 2 б). Это подтверждает выводы, сделанные Perko Н. А. и Алексеевым А. Г. о наибольшем влиянии на эту зависимость диаметра ствола винтовой сваи.

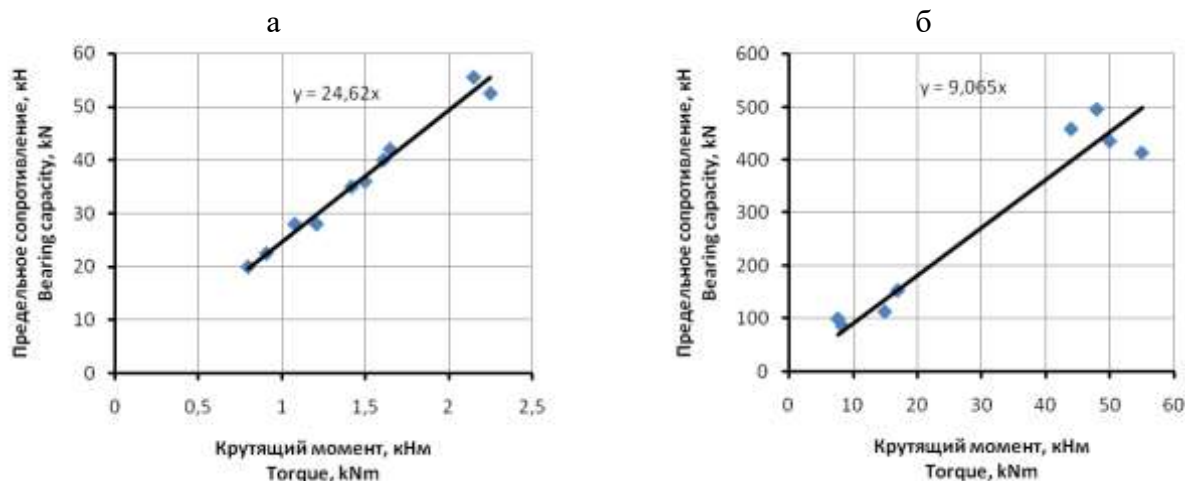


Рисунок 2. Зависимость предельного сопротивления винтовой сваи от крутящего момента: а — диаметром ствола 76,2 мм на основании данных [7]; б — диаметром ствола 89–219 мм на основании данных [6] (составлено авторами)

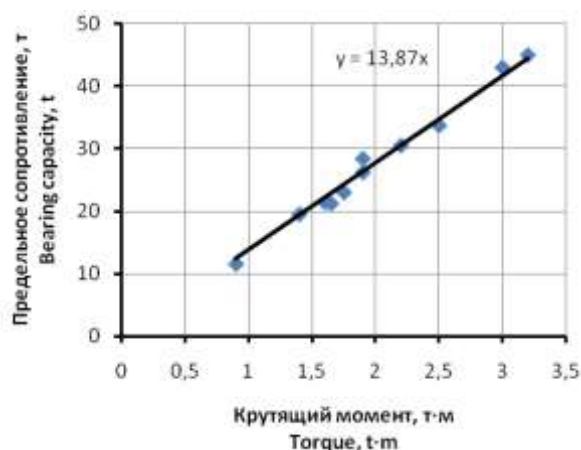


Рисунок 3. Зависимость предельного сопротивления винтовой сваи от крутящего момента с диаметром ствола 180–203 мм на основании данных [3] (составлено авторами)

По результатам вышесказанного можно отметить, что несущую способность винтовых свай при массовом погружении можно достаточно надежно контролировать, замеряя крутящий момент. На этапе же проектирования важно определять также и величину крутящего момента для подбора соответствующих машин и механизмов, а также проверки конструктивных элементов сваи по прочности материала сваи. Сегодня имеются аналитические решения определения величины крутящего момента для однолопастных свай, исходя из физико-механических характеристик грунтов [1–4]. И довольно мало предложено таких решений для многолопастных свай [5]. При этом величину крутящего момента можно определить в пределах инженерно-геологического элемента, только учитывая изменение глубины погружения сваи. Значения физико-механических характеристик остаются постоянными в пределах всего инженерно-геологического элемента, как в плане, так и по глубине. Отсутствует возможность выявления более прочных или слабых зон, а также наличия прослоек как в плане, так и по глубине.

При анализе результатов инженерно-геологических изысканий не всегда можно получить достоверно значения крутящего момента по аналитическим формулам. На рисунке 4 представлен пример грунтовых условий на площадке строительства одного из объектов ООО ПСК «ГлавФундамент» вблизи города Омск. На этом объекте применялись винтовые сваи. На одном из участков при погружении свай необходимо было пройти ИГЭ1 — суглинок твердый

и опереться в ИГЭ2 — суглинок полутвердый. Механические характеристики для этих грунтов следующие: для ИГЭ1 (угол внутреннего трения 21 град., удельное сцепление 29 кПа, модуль деформации 16,6 МПа); для ИГЭ2 (угол внутреннего трения 20 град., удельное сцепление 37 кПа, модуль деформации 15,5 МПа).

При рассмотрении характеристик грунтов, полученных в лаборатории, можно увидеть, что у нижнего слоя угол внутреннего трения и модуль деформации незначительно отличаются от характеристик верхнего слоя. При этом удельное сцепление у ИГЭ2 выше на 28 %. При расчетах по аналитическим формулам с использованием данных характеристик нижний слой должен оказывать большее сопротивление, чем верхний. Если изучить графики статического зондирования, то можно увидеть, что сопротивление под конусом зонда у верхнего грунта выше, чем у нижнего, до 50 %. По данным зондирования получается наоборот, что верхний слой существенно прочнее. В дальнейшем при погружении винтовых свай на этой площадке данный вывод подтвердился.

Высокая стоимость и трудоемкость лабораторных исследований грунтов не позволяет оценивать их расчетные характеристики в каждой точке по глубине скважины. Разработка более точного метода определения величины крутящего момента, требуемого для погружения многолопастных свай, является актуальной задачей.

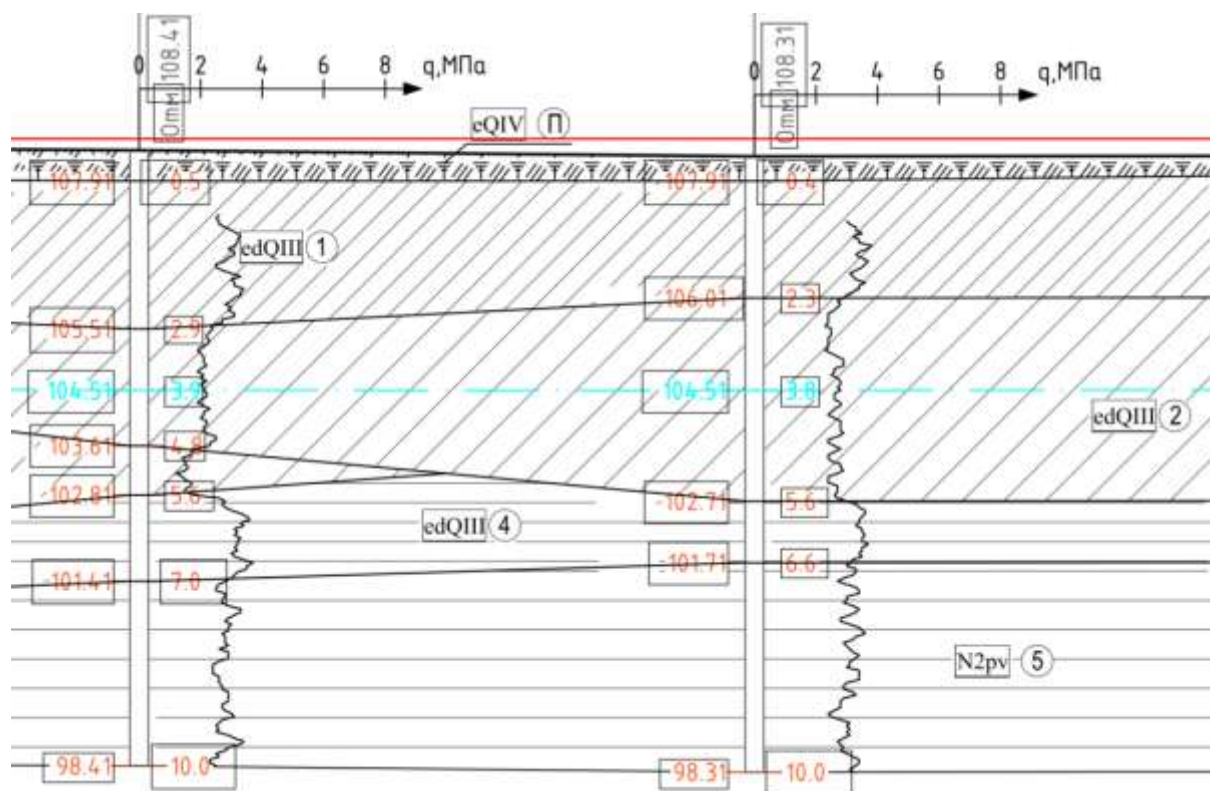


Рисунок 4. Пример инженерно-геологического разреза на одной из площадок строительства (предоставлено компанией ООО ПСК ГлавФундамент)

Известно [8–10], что статическое зондирование показывает наиболее точные результаты при определении несущей способности грунта, а крутящий момент зависит от этого показателя весьма сильно. К тому же статическое зондирование, позволяет довольно быстро определять различные характеристики грунтов в условиях их естественного залегания в любой точке на исследуемой глубине. Простота и быстрота метода статического зондирования позволяют сделать значительно больше точек исследования грунтов, чем методы использующие классическое бурение скважин.

Один из крупнейших исследователей метода статического зондирования Мариупольский Л. Г. отмечал [11]: «Статическое зондирование дает незаменимые данные для проектирования свайных фундаментов, причем сами измерения в этом случае доступны, просты и могут быть проведены в сжатые сроки». Основные преимущества данного метода заключаются в высокой скорости проведения исследований грунтов, надежности получаемых результатов, а также возможности автоматизации и механизации изыскательских работ. Еще с прошлого века статическое зондирование определило высокую ценность и популярность для изыскательских организаций как в нашей стране, так и зарубежом. Советский исследователь Солодухин М. А. [12] говорил: «Даже трудно назвать какой-либо другой метод, который бы так безоговорочно был принят в практике изысканий, как статическое зондирование». Один из крупнейших исследователей в этой области Рыжков И. Б. [13] отмечал: «Статическое зондирование обеспечивает оценку несущей способности свай во всех характерных участках площадки, на всех интересующих проектировщика глубинах, уступая по точности оценок только статическим испытаниям натурных свай». Большой вклад в исследование грунтов методом зондирования также внесли труды следующих ученых: Lunne T., Robertson P. K. [14], Бондарик Г. К. [15], Разоренов В. Ф. [16], Санглера Г. [17], Ферронский В. И. [18].

Применение метода расчета крутящего момента по данным статического зондирования позволит наиболее точно определять этот важный технологический параметр. С учетом вышесказанного, значение крутящего момента при погружении винтовой сваи можно определять по следующей формуле.

$$T_k = \gamma_g F_u r, \quad (7)$$

где:

F_u — частное значение предельного сопротивления винтовой сваи в точке зондирования, кН;

T_k — крутящий момент завинчивания, кН·м;

γ_g — коэффициент надежности, учитывающий изменчивость грунтовых условий;

r — радиус ствола сваи, м.

Предельное сопротивление винтовой сваи в точке зондирования можно определять в соответствии с методикой СП 24.13330.2021 «Свайные фундаменты» или любой другой апробированной методикой. Коэффициент надежности по грунту необходимо определять путем статистической обработки.

1. Методика проведения исследований

Для проверки предлагаемой методики на опытном полигоне были погружены 3 двухлопастные винтовые сваи. Ствол применяемых свай выполнен из трубы диаметром 76 мм. Лопасты выполнены из листа толщиной 6 мм и диаметром 200 мм. Все сваи были изготовлены длиной 2,5 м и погружались в грунт на глубину 2,25 м. Установка свай в плане выполнялась вблизи ранее выполненных точек зондирования (№ 1–3). Сваи погружались с помощью ручного редуктора (рис. 5 а), который развивает максимальный крутящий момент до 3 кН·м. Ствол сваи размечался мелом с шагом 0,25 м для удобства контроля глубины погружения (рис. 5 б). Начиная с глубины 0,75 м погружение винтовой сваи останавливалось и производился замер крутящего момента далее с шагом 0,25 м по глубине с помощью специального измерительного рычага (рис. 5 в). Статическое зондирование выполнялось установкой с тензометрическим зондом II типа. Выполнено было три точки зондирования (рис. 6). Для удобства назначенный порядковый номер точек зондирования совпадает с порядковым номером исследуемых свай. После «отдыха» свай через 30 дней выполнялись статические испытания (рис. 7).



Рисунок 5. Этапы проведения исследований: а — погружение сваи; б — разметка для контроля глубины погружения; в — измерение крутящего момента (фото автора)

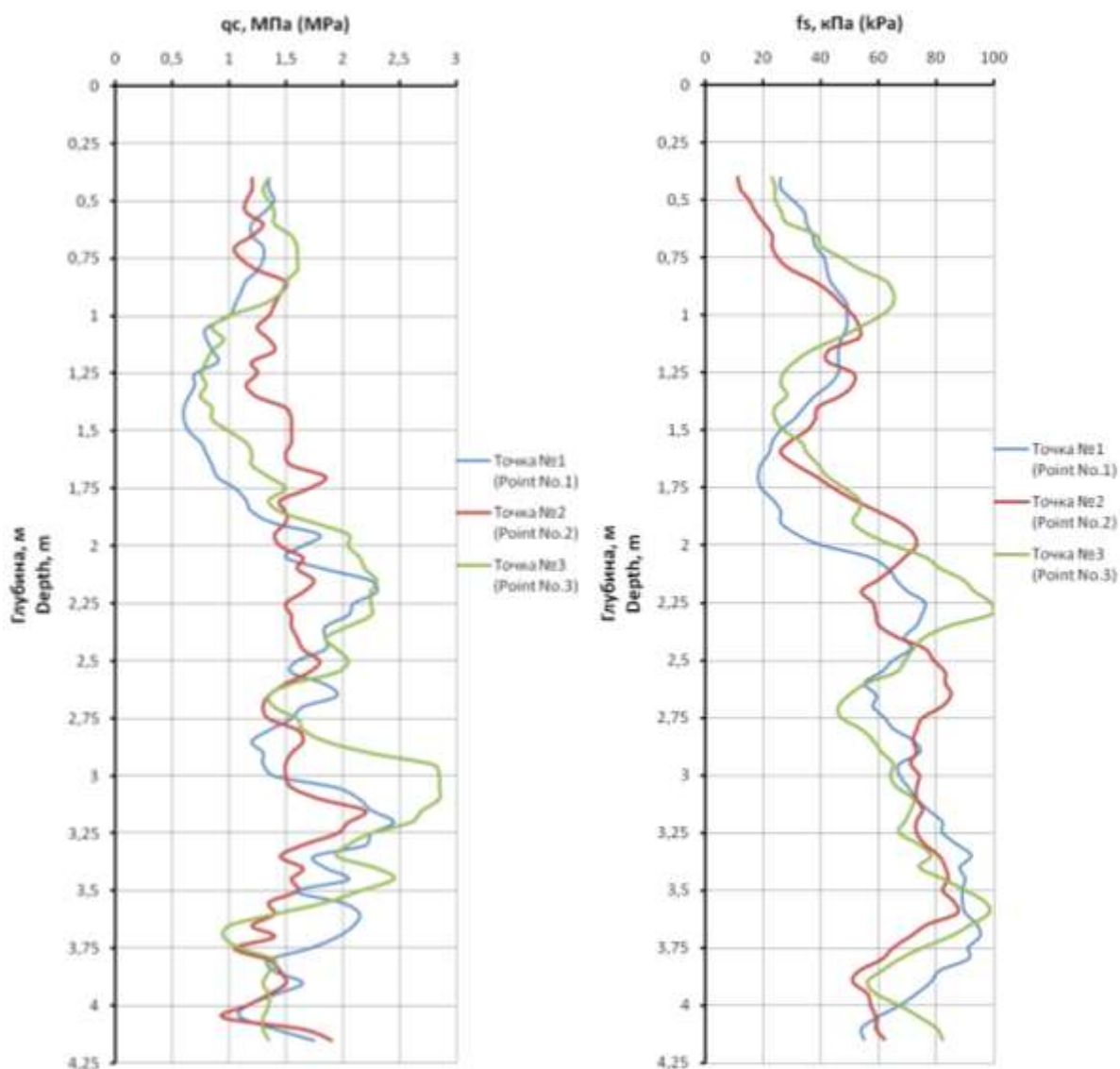


Рисунок 6. Результат статического зондирования (составлено авторами)



Рисунок 7. Статические испытания винтовой сваи (фото автора)

2. Результаты исследований

По результатам выполненных замеров крутящего момента и статических испытаний были построены графики, представленные на рисунке 8.

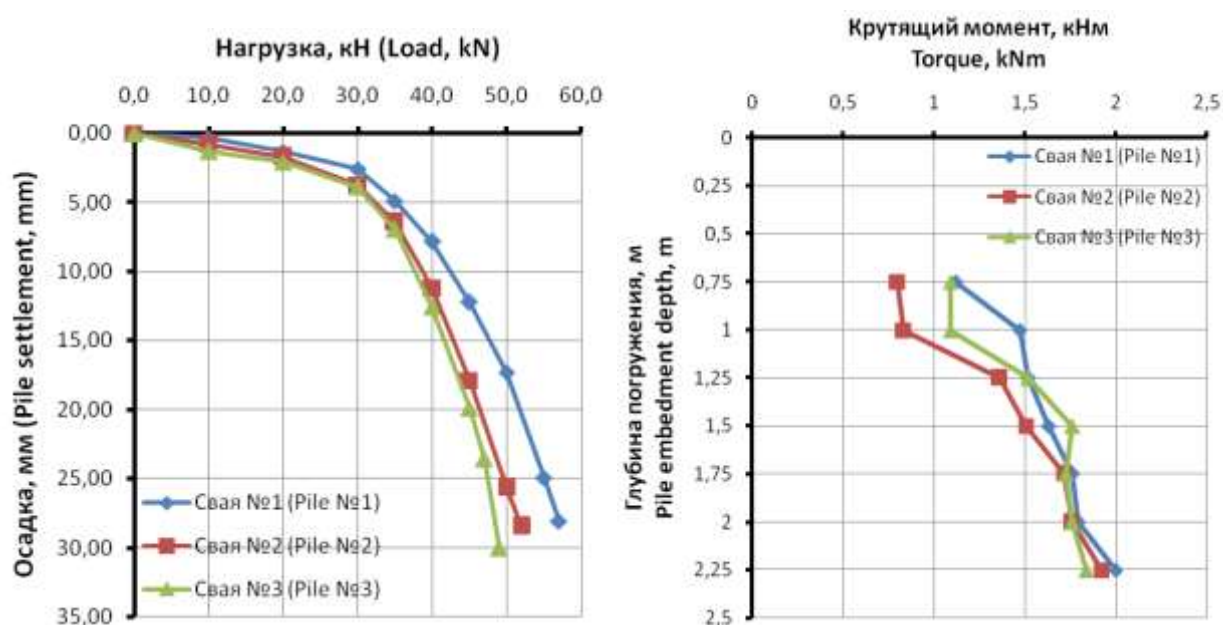


Рисунок 8. Результаты статических испытаний свай — слева и замеров крутящего момента по глубине — справа (составлено авторами)

Для сопоставления результатов расчета по предлагаемой формуле (7) с данными, полученными в ходе исследований, были построены графики изменения крутящего момента по глубине (рис. 9). На графиках представлены теоретические зависимости и полученные опытным путем. Для каждой испытуемой сваи выполнялся расчет предельного сопротивления F_u с использованием данных статического зондирования по методике СП 24.13330.2021 с шагом 0,1 м по глубине.

Так как для каждой сваи использовалась своя точка зондирования, то коэффициент надежности по грунту γ_g принимался равным единице. Полученные результаты показывают достаточно хорошую сходимость. Данный метод можно использовать для построения графиков изменения крутящего момента по глубине.

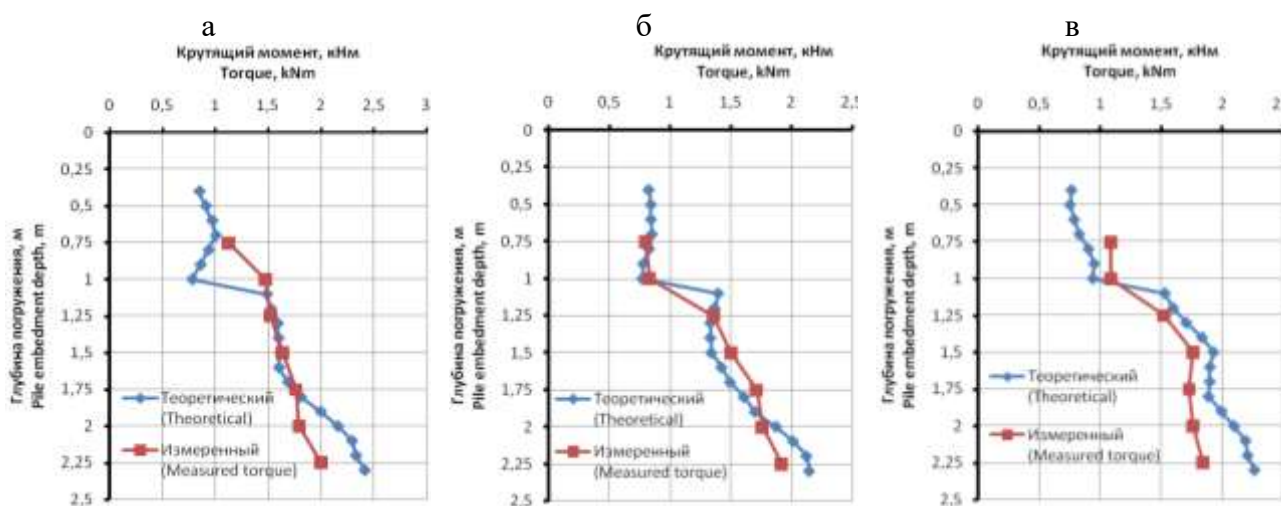


Рисунок 9. Теоретические и замеренные значения крутящего момента необходимые для погружения опытных винтовых свай: а — свая № 1; б — свая № 2; в — свая № 3 (составлено авторами)

Заключение

Предложенная методика расчета крутящего момента по данным статического зондирования позволяет наиболее точно определять этот важный технологический параметр не только в проектной отметке, но и по всей глубине погружения. Статическое зондирование, как наиболее дешевый способ исследования грунтов, позволяет произвести больше измерений и возможность разделения участка строительства на зоны и классифицировать их по величине требуемого крутящего момента. В пределах таких зон можно использовать механизмы различной мощности, что обеспечит максимальную производительность и снизит финансовые затраты при строительстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цюрупа И. И. Инженерные сооружения на винтовых сваях / И. И. Цюрупа, И. М. Чистяков. — Москва: Трансжелдориздат, 1958. — 79 с. — URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_006375078/?ysclid=mo5omjxrep746103378. (дата обращения: 17.04.2026).
2. Иродов М. Д. Применение винтовых свай в строительстве / М. Д. Иродов. — Москва: Стройиздат, 1968. — 147 с. — URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_006205610/?ysclid=mo5ophrbqz718927779. (дата обращения: 17.04.2026).
3. Железков В. Н. Винтовые сваи в энергетической и других отраслях строительства / В. Н. Железков. — СПб.: Прагма, 2004. — 124 с. — URL: https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_RU_NLR_bibl_736027/. (дата обращения: 17.04.2026).
4. Пенчук В. А. Винтовые сваи и анкеры для опор / В. А. Пенчук. — Киев: Будівельник, 1985. — 94 с. — URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_001239733/?ysclid=mo7iu89w4l318500936. (дата обращения: 17.04.2026).

5. Perko H. A. Helical Piles: A Practical Guide to Design and Installation / H. A. Perko. — Хобокен: John Wiley & Sons, 2009. — 528 с. — URL: https://books.google.ru/books/about/Helical_Piles.html?id=3u6hS4rMUX4C. (дата обращения: 17.04.2026).
6. Алексеев А. Г. Опыт применения многолопастных винтовых свай в пылевато-глинистом грунтовом основании / А. Г. Алексеев, С. Г. Безволев, П. М. Сазонов // Основания, фундаменты и механика грунтов. — 2018. — № 6. — С. 14–20. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36956371>. — EDN: [YWZHNБ](https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36956371). (дата обращения: 17.04.2026).
7. Алексеев А. Г. Определение несущей способности винтовой сваи по моменту закручивания с учетом геометрии ствола / А. Г. Алексеев, С. Г. Безволев // Основания, фундаменты и механика грунтов. — 2023. — № 3. — С. 2–9. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54383071>. — EDN: [SVMWCI](https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54383071). (дата обращения: 17.04.2026).
8. Готман А. Л. Исследование вертикально нагруженных буронабивных свай в глинистых грунтах и их расчет по данным статического зондирования / А. Л. Готман, А. О. Глазачев // Основания, фундаменты и механика грунтов. — 2014. — № 2. — С. 7–11. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22799686>. — EDN: [TEYBLZ](https://elibrary.ru/item.asp?id=22799686). (дата обращения: 17.04.2026).
9. Исаев О. Н. Определение несущей способности свай в пластично-мерзлых грунтах статическим зондированием / О. Н. Исаев, Ф. Е. Волков, М. А. Минкин // Основания, фундаменты и механика грунтов. — 1987. — № 5. — С. 17–19. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39197523>. — EDN: [RBMDQU](https://elibrary.ru/item.asp?id=39197523). (дата обращения: 17.04.2026).
10. Трофименков Ю. Г. Об определении трения грунта по боковой поверхности свай статическим зондированием / Ю. Г. Трофименков, Л. Г. Мариупольский // Основания, фундаменты и механика грунтов. — 1975. — № 1. — С. 27–28. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36871402>. — EDN: [YVMPYT](https://elibrary.ru/item.asp?id=36871402). (дата обращения: 17.04.2026).
11. Мариупольский Л. Г. Исследования грунтов для проектирования и строительства свайных фундаментов / Л. Г. Мариупольский. — Москва: Стройиздат, 1989. — 199 с. — URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_001505990/. (дата обращения: 17.04.2026).
12. Солодухин М. А. Инженерно-геологические изыскания для промышленного и гражданского строительства / М. А. Солодухин. — Москва: Недра, 1975. — 188 с. — URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_007010742/. (дата обращения: 17.04.2026).
13. Рыжков И. Б. Статическое зондирование грунтов / И. Б. Рыжков, О. Н. Исаев. — Москва: АСВ, 2010. — 495 с. — URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_02000011142/. — ISBN 978-5-93093-758-9. (дата обращения: 17.04.2026).
14. Lunne T. Cone penetration testing in geotechnical practice / T. Lunne, P. K. Robertson, J. J. M. Powell. — London; New York: Spon Press, 2004. — 312 с. — URL: https://books.google.ru/books?id=0UxZDwAAQBAJ&redir_esc=y. (дата обращения: 17.04.2026).
15. Бондарик Г. К. Динамическое и статическое зондирование грунтов в инженерной геологии / Г. К. Бондарик. — Москва: Недра, 1964. — 164 с. — URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_005980913/. (дата обращения: 17.04.2026).
16. Разоренов В. Ф. Пенетрационные испытания грунтов: теория и практика применения / В. Ф. Разоренов. — Москва: Стройиздат, 1980. — 248 с. — URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_001004401/. (дата обращения: 17.04.2026).

17. Санглер Г. Исследование грунтов методом зондирования / Г. Санглер. — Москва: Изд-во лит-ры по стр-ву, 1971. — 232 с. — URL: https://rusneb.ru/catalog/010003_000061_a6bd7337a7ceca90abdae524c529c3b6/?ysclid=mo85wf3k4c283068185. (дата обращения: 17.04.2026).
18. Ферронский В. И. Пенетрационно-каротажные методы геологических исследований / В. И. Ферронский. — Москва: Недра, 1969. — 240 с. — URL: https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_rc_3256887/. (дата обращения: 17.04.2026).

Pavlov Stanislav Yurievich

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia
E-mail: sta227@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4201-7401>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=530132

Glazachev Anton Olegovich

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia
E-mail: anton.glazachev@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4036-3155>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=989565

WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/AEZ-4308-2022>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56194737100>

Urmanshina Nataliia Eduardovna

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia
E-mail: adtsp@mail.ru

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=457882

Galimnurova Olga Vitalevna

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia
E-mail: galimnurova@mail.ru

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=627304

Development of a method for determining the torque for screw pile installation using machinery

Abstract. The article is devoted to the development of a method for determining the torque required to install screw piles. The relevance of this work stems from the use of screw piles in transportation construction and the need to make a rational selection of installation equipment. Existing analytical methods, primarily developed for single-blade piles, do not always provide sufficient accuracy due to variations in soil conditions and the lack of consideration for local features of the geological profile. The proposed approach is based on the correlation between the torque and the ultimate bearing capacity of the pile. A calculation method is proposed for estimating how the torque changes with depth, using data from static cone penetration testing. To verify the method, full-scale studies of screw piles were carried out at a test site. During the installation process, torque measurements were taken. Static cone penetration testing was carried out near the piles under study. After installation the test piles, their static tests were performed. A comparison of theoretical and experimental torque values with depth showed good agreement, which confirms the reliability of the proposed method. The developed approach makes it possible to determine the torque not only at the design elevation for installing a screw pile, but also along the entire depth of penetration. Using static cone penetration testing as a cost-effective and efficient method for soil investigation enables a larger number of measurements to be taken and allows machinery of varying power ratings to be selected on a well-founded basis. Dividing the construction site into zones makes it possible to optimise technological solutions for installation screw piles. This helps improve work productivity and reduce financial costs during construction.

Keywords: screw piles; transport structures; cone penetration test; torque; bearing capacity of piles; pile installation technology; selection of machinery for pile installation