

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального
образования
«АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. И.И. ПОЛЗУНОВА»
(АлтГТУ)

КАФЕДРА «ОСНОВАНИЯ, ФУНДАМЕНТЫ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ГЕОДЕЗИЯ»
(ОФИГИГ)

УДК 624.131.3.001

СОГЛАСОВАНО
Директор ООО «Криньер-Сибирь»


« 23 » _____ 2011 г.


УТВЕРЖДАЮ
Проректор по НИР д.т.н., профессор


« 23 » _____ 2011 г.


ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
по договору № 30-10 от 03.03.10

**по теме "Исследование работы Винтовых Свай «! В.А.У.»
в инженерно-геологических условиях Юга - Западной
Сибири"**

(ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ)

Научный руководитель
чл.-корр. РААСН, д.г.-м.н., профессор


Швецов Г.И.
подпись, дата

Барнаул 2011

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель темы:

чл.-корр. РААСН, д.г.-м.н., профессор,
зав. кафедрой «Основания, фундаменты,
инженерная геология и геодезия» АлтГТУ



Г.И.Швецов
подпись, дата 24.05.12

Исполнители темы:


Ответственный исполнитель
советник РААСН, профессор кафедры
«Основания, фундаменты, инженерная
геология и геодезия» АлтГТУ
канд.техн.наук, доцент


И.В.Носков
подпись, дата 23.05.12

канд.техн. наук , старший преподаватель
кафедры «Основания, фундаменты,
инженерная геология и геодезия»
АлтГТУ


Л.Н.Амосова
подпись, дата 23.05.12


старший преподаватель
кафедры «Основания, фундаменты,
инженерная геология и геодезия»
АлтГТУ


23.05.12 О.Н.Романенко
подпись, дата

аспирант кафедры
кафедры «Основания, фундаменты,
инженерная геология и геодезия»
АлтГТУ



А.Ю.Халтурин
подпись, дата 23.05.12

аспирант кафедры
кафедры «Основания, фундаменты,
инженерная геология и геодезия»
АлтГТУ


Д.И. Цысь
подпись, дата 24.05.12

Нормоконтролер:

канд. геолого-минер. наук доцент
кафедры «Основания, фундаменты,
инженерная геология и геодезия»
АлтГТУ


М.А.Осипова
подпись, дата 24.05.2012

РЕФЕРАТ

Отчет 90 с., 4 рис., 19 фото , 10 табл., 10 источников.

ВИНТОВАЯ СВАЯ «BAU», ГРУНТ, СТЕНД, ЭКСПЕРИМЕНТ, НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ, ПЛОЩАДКА, ТРАЕКТОРИЯ НАГРУЖЕНИЯ, ПРОЦЕССЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ, ОСАДКА, НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО -ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ

Цель работы - Разработка модели и экспериментально-теоретических зависимостей по определению несущей способности и осадки винтовой сваи «BAU», позволяющей в совокупности прогнозировать и программировать процессы взаимодействия винтовых свай с грунтовым основанием при различных траекториях их загрузки.

Учет совместной работы грунтового основания и винтовых свай при различной траектории их загрузки, в различных грунтовых условиях, в том числе при отрицательных температурах, с применением современной техники и программного обеспечения.

Выполненные исследования позволят прогнозировать и программировать процессы взаимодействия винтовых свай с грунтовым основанием при различных траекториях их загрузки, корректировать расчеты фундаментных конструкций, увеличивая их достоверность, определять несущую способность и осадку по полученным экспериментально-теоретическим зависимостям. Учет совместной работы грунтового основания и винтовых свай, на основании разработанной модели позволит увеличивать несущую способность винтовых свай, что позволит уменьшить их количество при фундировании зданий и сооружений и даст значительный экономический эффект.

Полученные результаты будут использоваться при проектировании и устройстве фундаментов, с учетом совместной работы грунтового основания и винтовых свай, дадут возможность использовать винтовые сваи при реконструкции эксплуатируемых зданий, при возведении зданий и сооружений, расположенных рядом с существующими, для строительства малоэтажных зданий и относительно легких сооружений.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. Разработка, выполнение проекта и изготовление унифицированной, мобильной, сборно-разборной установки по испытанию винтовых свай «ВАУ» в натуральных (полевых) условиях (УУ-ВСК).....	8
2. Проведение полевых экспериментов по испытанию винтовых свай «ВАУ» в различных грунтовых условиях региона.....	16
3. Разработка и вывод формулы по определению несущей способности и осадки винтовых свай «ВАУ» в различных инженерно-геологических условиях на основании проведенных натурных испытаний.....	62
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	75
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	76
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	77
Приложение 1 Свидетельство СРО о допусках к работам.....	78
Приложение 2 Рабочие чертежи унифицированной, мобильной, сборно-разборной установки по испытанию винтовых свай «! В.А.У. » в натуральных (полевых) условиях (УУ-ВСК).....	81

ВВЕДЕНИЕ

Мировая история применения винтовых свай насчитывает уже около 200 лет.

В тоже время по данным Президента международного общества по механике грунтов и геотехнике В.Ф. Ван Импе [1] в период 1997–2001 гг. только 3% всех свай (рис.1), использованных в строительстве, были винтовыми.



Рисунок 1- Использование свай в строительстве

Винтовые сваи в России получили наиболее широкое применение в электросетевом и военном строительстве, что объясняется рядом их существенных преимуществ по сравнению с традиционными свайными технологиями: высокая скорость и низкая трудоемкость монтажа; безударность погружения; возможность установки свай в труднодоступных местах; отсутствие земляных работ; возможность круглогодичного ведения строительного-монтажных работ.

Важна и экологическая составляющая – отсутствие земляных работ и простота полного демонтажа данного типа фундамента сводят к минимуму воздействие на окружающую среду при строительстве временных зданий и сооружений.

Данные преимущества делают целесообразным применение винтовых свай в гражданском и промышленном строительстве. В настоящее время успешно решаются основные проблемы, связанные с данной технологией, а именно потребность в эффективных сваепогружающих машинах и необходимость антикоррозионной защиты свай.

Сегодня основным сдерживающим фактором распространения винтовых свай остается недостаточная изученность их работы.

Наличие различных видов, конфигураций и размеров винтовых лопастей свай позволяет значительно варьировать характеристики устраиваемых фундаментов.

На российском рынке фундаментостроения представлена продукция компании ООО «Криннер-Сибирь» - Винтовые сваи «BAU».

Винтовые сваи «BAU» (рис.2) представляет собой патентованный кованный конусный корпус из трубной заготовки с приваренной спиралью.

Основной отличительной особенностью свай «BAU», является применение лопастей малых диаметров с большим количеством витков. Как следствие погружение таких свай можно производить малыми крутящими моментами. Защита от коррозии свай обеспечивается методом горячего цинкования.

Подобная конструкция свай «BAU» не позволяет использовать существующую в российских нормативных документах, в частности СНиП 2.02.03-85 «Свайные фундаменты», методику расчетов, которая в первую очередь предназначена для «классических» одновитковых винтовых свай.

Широкое внедрение свай «BAU» в практику строительства возможно при проведении экспериментальных и расчетно-теоретических исследований с учетом особенностей грунтов регионов.

На территории города Барнаула такие исследования проводятся в настоящее время кафедрой «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова в рамках договора с ООО «Криннер-Сибирь».



Рисунок 2- Разновидности свай «BAU»

1. Разработка, выполнение проекта и изготовление унифицированной, мобильной, сборно-разборной установки по испытанию винтовых свай «BAU» в натуральных (полевых) условиях (УУ-ВСК)

Согласно программе исследований и календарного плана работ был разработан испытательный стенд - установка по испытанию винтовых свай «BAU» в натуральных (полевых) условиях - УУ-ВСК (приложение 1).

Учитывая необходимость неоднократного монтажа и демонтажа, а также обеспечения возможности перевозки малотоннажными транспортными средствами, стенд было решено выполнить по схеме, принципиально отличающейся от предлагаемых [2].

Стенд представляет собой сборно-разборную (фото 1, фото 2) металлическую стержневую конструкцию пирамидального типа с треугольным основанием, рассчитанную на нагрузку до 300 кН (рис.3, рис.4, фото 3, фото 4).

Наклонные стойки и стержни основания, выполнены из двух стержней, соединенных натяжными муфтами. При вращении натяжных муфт длина стержней может регулироваться в диапазоне нескольких десятков сантиметров, что обеспечивает точность совмещения фланцев анкерных свай и фланцев стенда, а также соосность приложения нагрузки на испытываемую сваю.

Номинальные размеры сторон основания стенда составляют 2,05 м, расстояния от центра анкерных свай до центра испытываемой – 1,18 м.

ГОСТ [2] регламентирует расстояние от оси испытываемой натурной сваи до анкерной сваи, а также до опор реперной системы не менее $5d$ (d – диаметр сваи), но не менее 2 м для свай диаметром до 800 мм. При этом допускается для винтовых свай расстояние между испытываемой и анкерной сваями в свету уменьшать до $2d$.

Очевидно, что для винтовых свай малого диаметра данные требования некорректны: при малых расстояниях сваи оказываются в зонах взаимного влияния.

В стенде, разработанном для испытания свай «BAU» расстояния от центра анкерных свай до центра испытываемой превышают $10d$ испытываемой сваи.



Фото 1- Изготовление (сборка) станда (УУ-ВСК) в заводских условиях



Фото 2- Стенд УУ-ВСК в разобранном виде



Рисунок 3- Схема станда (УУ-ВСК) для испытания на вдавливание



Фото 3- Стенд УУ-ВСК в полевых условиях (испытания на вдавливание)



Рисунок 4- Схема станда (УУ-ВСК) для испытания на выдергивание



Фото 4- Стенд УУ-ВСК в полевых условиях (испытания на выдергивание)

Загрузка свай осуществлялась с помощью гидравлического домкрата грузоподъемностью 30 тс (фото.5). Гидравлический домкрат позволяет обеспечить плавность загрузки и непрерывный контроль за нагрузкой по образцовому манометру. Перед проведением испытаний домкрат прошел тщательную тарировку (фото 6).



Фото 5- Общий вид домкрата для передачи усилий на испытываемые сваи



Фото 6- Тарировка домкрата на прессовом оборудовании с использованием образцового динамометра и манометра

При испытании свай вдавливающими нагрузками (рис.3) домкрат устанавливается непосредственно на испытуемую сваю. Упором домкрата в этом случае служила стойка трубчатой конструкции, соединенная шарнирно с упорной площадкой стенда. При испытании свай выдергивающими нагрузками (фото 4) домкрат устанавливается на упорную площадку, усилие от домкрата передалось через систему тяг, соединенных с испытываемой сваем.

Для измерения осадки опытной сваи применяются механические приборы: индикатора часового типа ИЧ-50 (цена деления 0,01 мм) (фото.7,8) и прогибомеры Максимова ПМ-3 (цена деления 0,1 мм) (фото 8).



Фото 7- Установка индикаторов часового типа ИЧ-50 при испытании свай на выдергивание

Держатели приборов устанавливались на расстоянии 0,8 м от центра опытной сваи, что составляет не менее $7d$ свай. Вертикальные перемещения анкерных свай контролировались с помощью индикаторов часового типа ИЧ-10-2М (фото 9).



Фото 7- Установка индикаторов часового типа ИЧ-50 при испытании свай на вдавливание



Фото 8- Установка прогибомеров Максимова ПМ-350 при испытании свай на вдавливание



Фото 9- Установка индикаторов часового типа ИЧ-10-2М для контроля деформирования (перемещений) анкерных свай при проведении испытаний



Фото 10- Погружение свай «BAU» в грунт на экспериментальных площадках

2. Проведение полевых экспериментов по испытанию винтовых свай «BAU» в различных грунтовых условиях региона

Контрольные испытания свай при строительстве статическими вдавливающими, выдергивающими и горизонтальными нагрузками регламентируются ГОСТ 5686-94 «Грунты. Методы полевых испытаний сваями» [2].

Данный стандарт не в полной мере отражает вопросы контрольных статических испытаний свай нагружением при проведении исследовательских испытаний. Определение несущей способности свай по результатам полевых исследований регламентируются СНиП 2.02.03-85, а также СП 50-102-2003 «Проектирование и устройство свайных фундаментов» и его новой редакцией СП 50-102-2010 «Свайные фундаменты» (в настоящее время в действие не введен).

Программа испытаний свай «BAU» была составлена в соответствии с указаниями действующих нормативных документов, а также с учетом имеющихся исследований [3].

Программой работ предусматривалось проведение испытаний на четырех опытных площадках с грунтовыми основаниями, сложенными просадочными супесями и суглинками, песками и непросадочными глинистыми грунтами.

Для испытаний были выбраны сваи двух типоразмеров : длиной 2000 мм, диаметром 76 мм и длиной 2000 мм, переменным диаметром 76-114 мм.

На каждой площадке испытывались по три сваи каждого типоразмера на статические вдавливающие нагрузки и по две сваи на статические выдергивающие нагрузки.

Нагружение опытных свай выполнялось ступенями, значение которых принималось не более 1/10 от предполагаемой наибольшей нагрузки на сваю. Отчеты по приборам снимались сразу после приложения очередной ступени нагружения и далее с интервалом 15 мин вплоть до условной стабилизации деформаций. За критерий условной стабилизации деформации была принята скорость осадки сваи (S) или выхода сваи из грунта (D_V) на данной ступени нагружения, не превышающая 0,1 мм за 1 час наблюдения.

При проведении испытаний, которые являются исследовательскими, было принято решение при статическом испытании на вдавливание доводить значение нагрузки, до величины, вызывающей осадку сваи не менее 40 мм, что соответствует требованиям ГОСТ [2].

В тоже время в работе [4] отмечается, что максимальная нагрузка при испытании свай может определяться, исходя из предельной осадки проектируемого здания, регламентируемой СНиП 2.02.01-83* «Основания зданий и сооружений» [8].

Согласно СНиП 2.02.03-85 «Свайные фундаменты» [9] за частное значение предельного сопротивления F_u испытываемой сваи при статическом испытании на вдавливание принимается нагрузка (при общей осадке не более 20 мм), вызывающая непрерывное возрастание осадки.

Данное определение F_u не соответствует общей методики определения несущей способности свай по результатам полевых испытаний. Только в проекте СП 50-102-2010 уточняется, что за частное значение предельного сопротивления сваи принимается нагрузка, зарегистрированная при предыдущей степени загрузки.

Если общая осадка сваи превышает 20 мм, то за частное значение предельного сопротивления сваи принимается нагрузка, под воздействием которой свая получила осадку, равную 1/5 от предельного значения средней осадки фундамента проектируемого здания или сооружения, устанавливаемого по указаниям СНиП 2.02.01-83* «Основания и фундаменты» (СП 50-101-2004 «Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений»).

Предельное значение средней осадки фундамента в общем случае согласно СНиП 2.02.01-83* «Основания зданий и сооружений» находится в пределах 8-40 см, согласно СП 50-101-2004 – в диапазоне 10-40 см.

Таким образом, осадка сваи, при которой по результатам статических испытаний определяется их предельное сопротивление с учетом указаний СНиП 2.02.03-85, составляет от 16 до 40 мм согласно СНиП 2.02.01-83* и от 20 до 40 мм согласно СП 50-101-2004.

Исходя из этого, при испытаниях за частное значение предельного сопротивления F_u сваи при статическом испытании на вдавливание принималась:

- при регистрации нагрузки, вызывающей непрерывное возрастание осадки при общей осадке до 20 мм, нагрузка, зарегистрированная при предыдущей степени загрузки;

- во всех остальных случаях нагрузка, под воздействием которой испытываемая свая получит осадку, равную 20 мм.

При испытании свай статической выдергивающей нагрузкой за частное значение предельного сопротивления F_u принималась нагрузка на одну ступень менее нагрузки, при которой вертикальные перемещения сваи непрерывно возрастали.

Площадка №1

Площадка расположена в г. Барнауле по ул. Островского, 68е.

Алтайский край находится на юге Западной Сибири в бассейне верхнего течения р. Оби и ее истоков – Бии и Катуня, охватывает часть Горного Алтая, западные склоны Салаира и примыкающие к ним равнинные и предгорные территории – Степной Алтай. Граничит Алтайский край с Новосибирской, Кемеровской областями, Красноярским краем, Республикой Алтай и Казахстаном. Территория Алтайского края делится на две неравные части – равнинную и горную. Северо-западная часть территории занимающая 2/3 всей площади – юго-восточная окраина Западно-Сибирской равнины. Наиболее крупные ее части – Кулундинская степь и Приобское плато на левобережье Оби, предгорье и склоны Салаирского кряжа – на правобережье. Почти 1/3 территории края покрыта лесом. Равнинную часть занимают зоны степи и лесостепи.

Город Барнаул – краевой центр Алтайского края, расположен на левом берегу р. Оби, при впадении в нее р. Барнаулки, является узловой железнодорожной станцией на Кулунду, Новосибирск, Бийск, Новокузнецк и Казахстан. Население города около 700 тысяч человек. Барнаул является крупным промышленным и культурным центром Западной Сибири.

Климат района по данным метеостанции г. Барнаула резко континентальный с холодной продолжительной зимой и коротким теплым летом. Среднегодовая температура воздуха составляет $+1,3^{\circ}$. Самый холодный месяц январь ($-17,5^{\circ}$) при

абсолютном минимуме -52° , самый теплый месяц июль ($+19,8^{\circ}$), при абсолютном максимуме $+38^{\circ}$ (таблица 1). Весной среднесуточная температура воздуха переходит через 0°C в среднем 13 апреля, осенью 5 ноября. Амплитуда колебаний среднемесячных температур составляет $36,7^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная относительная влажность изменяется от 50% летом до 79% зимой. Количество осадков за ноябрь-март 145 мм, за апрель-октябрь 340 мм. Среднегодовое количество осадков 485 мм. Высота снежного покрова 46 см. Господствующее направление ветров юго-западное.

Таблица 1 Средняя месячная и годовая температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$ (СНиП 23-01-99)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
-17,5	-16,1	-9,1	2,1	11,4	17,7	19,8	16,9	10,8	2,5	-7,9	-15,0	1,3

Основной водной артерией г. Барнаула является р. Обь с левым притоком – речкой Барнаулкой. Река Обь относится к группе рек смешанного питания: основная часть питания идет за счет снежного покрова, доля которого до Новосибирска составляет 50% годового стока, дождевые воды составляют 27%, а подземный сток 16% водной массы. Наименьшую часть стока составляют ледниковые воды (8%).

Характерными чертами р. Оби и ее притоков являются два паводка. Первая волна паводка возникает в апреле и в течении этого месяца достигает максимума. После медленного спада образуется вторая волна половодья, обусловленная таянием льда и снега в горах. Весной подъем уровня реки Оби начинается еще подо льдом при наступлении положительных температур. Половодье сопровождается заторами и большими разливами.

На весенний период падает основная доля годового стока, достигающая 55%, затем сток уменьшается и становится минимальным зимой – 6%.

Замерзание р. Оби происходит в несколько стадий и начинается в конце октября.

Весенний ледоход начинается в апреле и длится несколько дней. Самый высокий уровень р. Оби наблюдается во время весеннего половодья, в многоводные годы амплитуда колебания уровня достигает 7,5 м, в маловодные годы около 4,0 м.

Наибольшая скорость течения р. Оби в районе г. Барнаула равна 1,5 м/сек.

В геолого-структурном отношении исследуемая территория расположена в крайней восточной части Кулундинской впадины, имеющей двух ярусное строение.

Палеозойский фундамент перекрыт мощным (300-320 м) чехлом мезокайнозойских отложений. Четвертичные отложения, слагающие Приобское степное плато, имеют мощность порядка 80-110 м и представлены толщей лессовидных суглинков и супесей с подчиненными горизонтами песков.

Город Барнаул расположен в долине р. Оби и ее левого притока р. Барнаулки, поэтому рельеф характеризуется уступчатостью-террасовидностью. Северо-западная часть территории города относятся к Приобскому плато и имеет черты плоско-увалистого ландшафта.

Приобское плато представляет собой на территории города сравнительно ровную поверхность с общим повышением на северо-запад. В восточной и северной части оно круто обрывается к реке Оби, возвышаясь над ее уровнем на 40-90 м, местами крутой склон изрезан оврагами.

На территории г. Барнаула следует отметить разнообразие геологических и инженерно-геологических процессов, отрицательно влияющих на строительство и эксплуатацию зданий и сооружений, протекающих как в естественных условиях, так и с участием человека. К ним относятся:

- затопление
- подтопление
- оврагообразование
- подмыв и обрушение берегов
- оползни.

Затопление территории происходит в период паводка на пойме и высокой пойме р. Оби.

Подтопление территории развито в долине реки Барнаулки и ее притока р. Пивоварки, происходит в период максимального стояния уровня грунтовых вод (май-июнь).

Оврагообразование в основном наблюдается на левобережье р. Барнаулки и ее притока р. Пивоварки, севернее и южнее Павловского тракта. Овраги, в основном, имеют U –образный профиль и местами протяженность их достигает до 2000 м, глубиной до 15-20 м. В вершинах оврага имеет место донная эрозия, в низовьях - накопление принесенного материала.

Подмыв и обрушение берегов наблюдается на левом коренном склоне р. Оби, где практически отсутствует пойма.

Оползни развиты на левом коренном склоне р. Оби.

В геологическом строении площадки на изученную глубину 12 м принимают участие: современные образования (b IV), верхнечетвертичные субаэральные отложения (sa III) и ниже-среднечетвертичные отложения красnodубровской свиты (I-II krd).

Современные отложения (IV) представлены почвой мощностью 0,5-0,6 м.

Верхнечетвертичные субаэральные отложения (sa III) залегают под современными образованиями до глубины 11,0-11,5 м и представлены лессовидными просадочными супесями твердой консистенции и суглинками твердой-полутвердой консистенции. Суглинки залегают под почвой мощностью слоя 10,4-11,0 м.

Ниже-среднечетвертичные отложения красnodубровской свиты (I-II krd) залегают под субаэральными отложениями до вскрытой глубины 20,0 м и представлены лессовидными непросадочными суглинками туго-мягкопластичной консистенции. Данные суглинки подстилают вышележащие просадочные грунты вскрытой мощностью слоя 0,5-1,0 м.

На площадке грунтовые воды до глубины 20,0 м не встречены. Исходя из критического подтопляющего уровня $H_c = 3,8$ м, согласно «Пособия по проектированию оснований зданий и сооружений к СНиП 2.02.01-83*, М, 1986 г), для зданий и сооружений второго уровня ответственности на расчётный срок 15 лет площадка относится к потенциально неподтопляемой.

На площадке инженерно-геологические процессы, отрицательно влияющие на строительство и эксплуатацию зданий и сооружений, отсутствуют, за исключением

возможности поверхностного замачивания грунтов из-за утечек из водонесущих коммуникаций и нарушения поверхностного стока.

Исходя из геологического строения, литологических особенностей и физико-механических свойств грунтов в пределах изученной глубины 20 м выделено 4 инженерно-геологических элемента. Изменение свойств в пределах каждого выделенного элемента не закономерно, а при закономерном изменении не превышает пределов, установленных ГОСТ 20522-96 «Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний».

Элемент 1 – почва;

Элемент 2 – супесь лессовидная просадочная высокопористая твердая;

Элемент 3 – суглинок лессовидный просадочный высокопористый твердый-полутвердый;

Элемент 4 – суглинок лессовидный непросадочный высокопористый туго-мягкопластичный.

Инженерно-геологический элемент 1. К данному элементу относится почва, залегающая с поверхности на глубину 0,5-0,6 м.

Инженерно-геологический элемент 2. К этому элементу отнесена супесь, слагающая верхнюю часть разреза до глубины 5,0-5,8 м. Грунты желто-бурого цвета, лессовидного облика, макропористые, с включениями карбонатных солей.

Нормативное значение природной влажности составляет 0,116 при влажности на границе текучести 0,24, на границе раскатывания 0,18. Среднее число пластичности 0,06. Грунты имеют твердую консистенцию (показатель текучести -1,05).

Плотность грунта при природной влажности 1610 кг/м³, в сухом состоянии 1450 кг/м³. Коэффициент пористости 0,86, т.е. грунты высокопористые. Модуль деформации по компрессионным испытаниям грунтов природной влажности при нагрузке 0,1-0,2 МПа равен 8,0 МПа, при полном водонасыщении 2,5 МПа.

Прочностные характеристики грунтов в условиях неконсолидированного среза при полном водонасыщении составляют: угол внутреннего трения 21° , удельное сцепление 6 кПа.

Степень агрессивного воздействия грунтов по содержанию CL и SO_4 на бетоны и железобетоны неагрессивная.

Инженерно-геологический элемент 3. К данному элементу отнесен суглинок. Грунты желто-бурого цвета, лессовидного облика, просадочные, высокопористые, карбонатизированные, твердой-полутвердой консистенции.

Нормативное значение природной влажности грунта составляет 0,173 при влажности на границе текучести 0,27, на границе раскатывания 0,18. Среднее число пластичности 0,09. Плотность грунта при природной влажности 1670 кг/м^3 , в сухом состоянии 1420 кг/м^3 . Коэффициент пористости 0,91, т. е. грунты высокопористые. Модуль деформации по компрессионным испытаниям грунтов природной влажности при нагрузке 0,1-0,2 МПа равен 5,0 МПа, при полном водонасыщении 1,5 МПа – грунты сильносжимаемые.

Прочностные характеристики грунтов в условиях неконсолидированного среза при полном водонасыщении составляют: угол внутреннего трения 19° , удельное сцепление 9 кПа.

Степень агрессивного воздействия грунтов по содержанию CL и SO_4 на бетоны и железобетоны неагрессивная .

Супеси элемента 2 и суглинки элемента 3 при замачивании под нагрузкой обладают просадочными свойствами. Относительная просадочность при нагрузке 0,30 МПа изменяется от 0,019 до 0,055 МПа, начальное просадочное давление – от 0,07 до 0,18 МПа .

Тип грунтовых условий по просадочности – второй (II). Данные по просадочности приведены в таблице 2. Граница просадочных грунтов проходит на глубине 11,0-11,5 м на абсолютных отметках 198,8-200,4 м. Степень изменчивости сжимаемости супеси высокопористой элемента 2: $\alpha_{0,1-0,2}=3,2$; суглинка высокопористого элемента 3: $\alpha_{0,1-0,2}=3,3$.

Инженерно-геологический элемент 4. К элементу отнесен суглинок непросадочный высокопористый туго-мягкопластичной консистенции. Грунты желто-бурого цвета, лессовидного облика, ожелезненные.

Нормативное значение природной влажности грунта составляет 0,222 при влажности на границе текучести 0,28, на границе раскатывания 0,18. Среднее число пластичности 0,10. Плотность грунта при природной влажности 1800 кг/м^3 , в сухом состоянии 1480 кг/м^3 . Коэффициент пористости 0,83, т. е. грунты высокопористые.

Модуль деформации по компрессионным испытаниям грунтов природной влажности при нагрузке 0,1-0,2 МПа равен 6,0 МПа, при полном водонасыщении 3,5 МПа.

Прочностные характеристики грунтов в условиях неконсолидированного среза при полном водонасыщении составляют: угол внутреннего трения 22° , удельное сцепление 12 кПа.

Нормативные и расчетные характеристики грунтов элементов 2, 3 и 4 приведены в таблице 3.

Таблица 2 Таблица изменения относительной просадочности и начального просадочного давления с глубиной в зависимости от давления

Глубина, м	Давление, МПа							Начальное просадочное давление, МПа
	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	$P_{\text{быт}}$	
2,0	0,002	0,003	0,018	0,037	0,049	0,055	0,002	0,13
3,0	0,000	0,006	0,018	0,030	0,042	0,041	0,002	0,12
4,0	0,004	0,014	0,028	0,034	0,039	0,041	0,009	0,08
5,0	0,004	0,007	0,010	0,015	0,028	0,040	0,007	0,15
6,0	0,006	0,015	0,014	0,026	0,038	0,041	0,015	0,07
7,0	0,001	0,004	0,014	0,018	0,019	0,019	0,012	0,13
8,0	0,002	0,006	0,020	0,028	0,029	0,029	0,021	0,12
9,0	0,001	0,002	0,011	0,014	0,020	0,022	0,012	0,14
10,0	0,001	0,001	0,009	0,016	0,020	0,022	0,016	0,16
11,0	0,001	0,003	0,006	0,014	0,022	0,024	0,017	0,18
12,0	Суглинок мягкопластичный							

Таблица 3 НОРМАТИВНЫЕ И РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

Номер элемента	Номенклатурный вид грунта	Удельный вес, кН/м ³			Угол внутреннего град.			Удельное сцепление, трения, кПа			Модуль деформации, МПа,	Номер позиции по СНиП IV-5-82
		γ_n	γ_I	γ_{II}	φ_n	φ_I	φ_{II}	c_n	c_I	c_{II}		
1.	Почва	12,0										9а
2.	Супесь просадочная высокопористая твердая	<u>16,1</u> 19,1	<u>15,8</u> 18,8	<u>15,9</u> 18,9	неконсолидированный при W_{sat}						<u>8,0</u> 2,5	346
					21	20	21	6	5	5		
3.	Суглинок просадочный высокопористый твердый-полутвердый	<u>16,7</u> 19,0	<u>16,4</u> 18,7	<u>16,5</u> 18,8	неконсолидированный при W_{sat}						<u>5,0</u> 1,5	33в
					19	17	18	9	8	9		
4.	Суглинок непросадочный высокопористый туго-мягкопластичный	<u>18,0</u> 19,4	<u>17,7</u> 19,1	<u>17,8</u> 19,2	неконсолидированный при W_{sat}						<u>6,0</u> 3,5	
					22	20	21	12	10	11		

Примечание: 16,1 удельный вес при природной влажности
19,1 удельный вес при полном водонасыщении

Для испытаний были выбраны сваи двух типоразмеров: длиной 2000 мм, диаметром 76 мм (фото 11) и длиной 2000 мм, переменным диаметром 76-114 мм.

На площадке испытаны по три сваи каждого типоразмера на статические вдавливающие нагрузки (фото 12) и по две сваи на статические выдергивающие нагрузки (фото 13).



Фото 11 – Общий вид экспериментальной площадки



Фото 12 – Испытание свай на вдавливающую нагрузку



Фото 13 – Испытание свай на выдергивающую нагрузку

Результаты полевых испытаний грунтов винтовыми сваями «ВАН»

Площадка:

г. Барнаул, ул. Островского, 68е

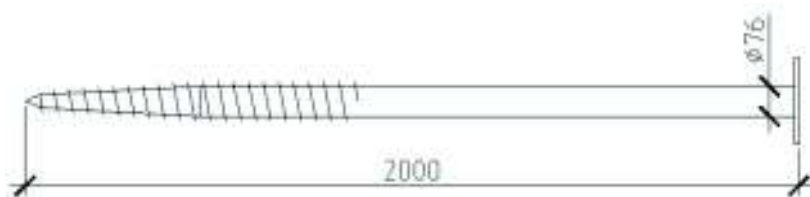
Период испытаний:

30.06.2010 - 06.08.2010

Грунт:

супесь лессовидная просадочная

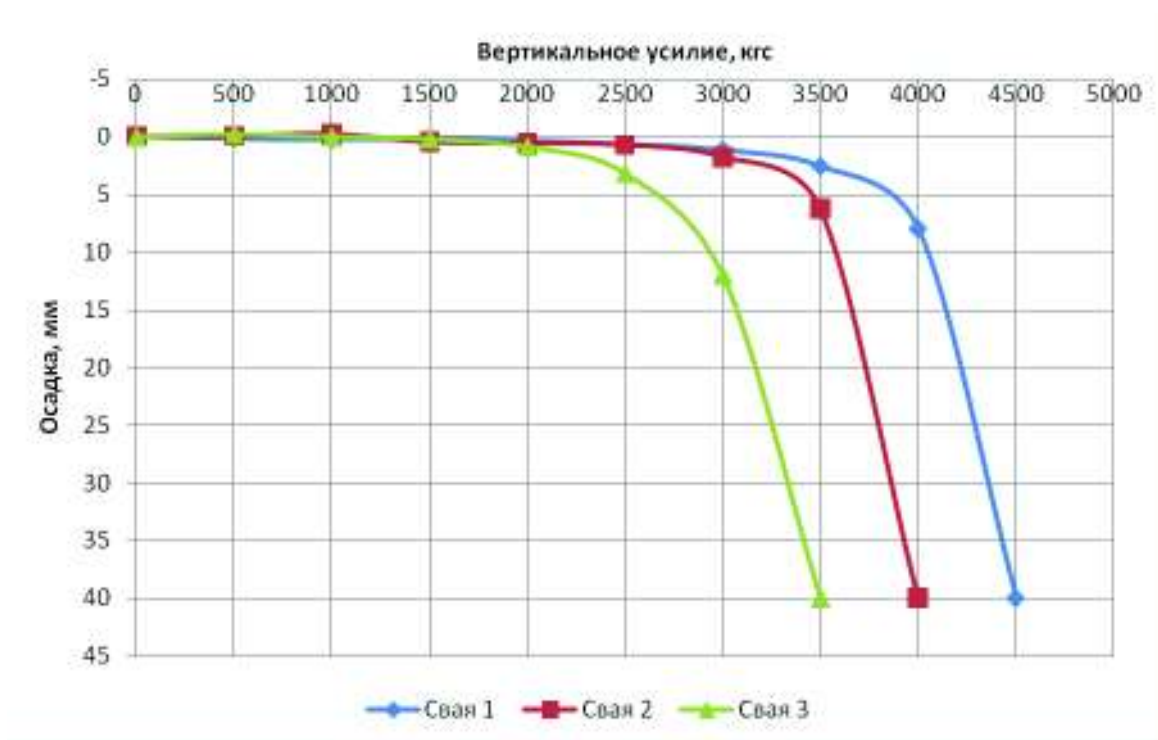
Несущая способность свай длиной 2000 мм, диаметром 76 мм (статические вдавливающие нагрузки)



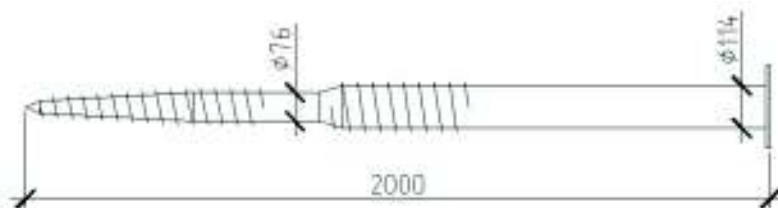
Свая 1	4000 кгс
Свая 2	3500 кгс
Свая 3	3000 кгс

Примечание:

Длина спирали по сварному шву (по корпусу) 4150 мм



Несущая способность свай длиной 2000 мм, диаметром 76 -114 мм (статические вдавливающие нагрузки)

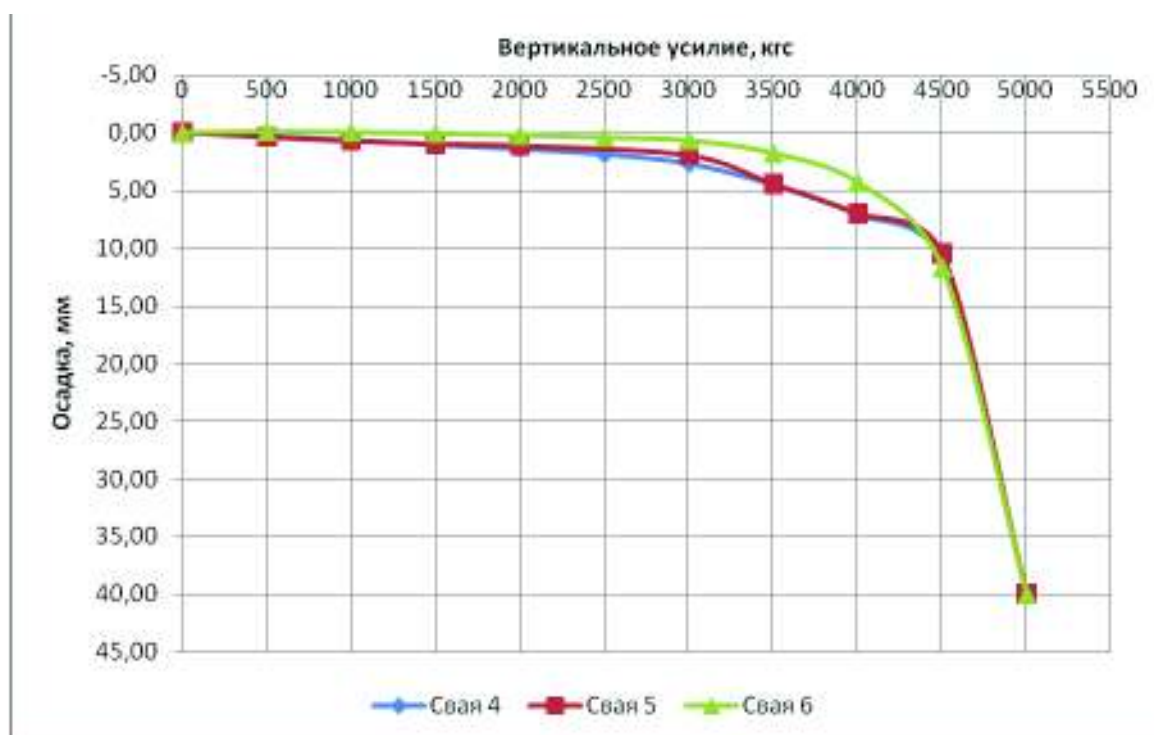


Свая 4	4500 кгс
Свая 5	4500 кгс
Свая 6	4500 кгс

Примечание:

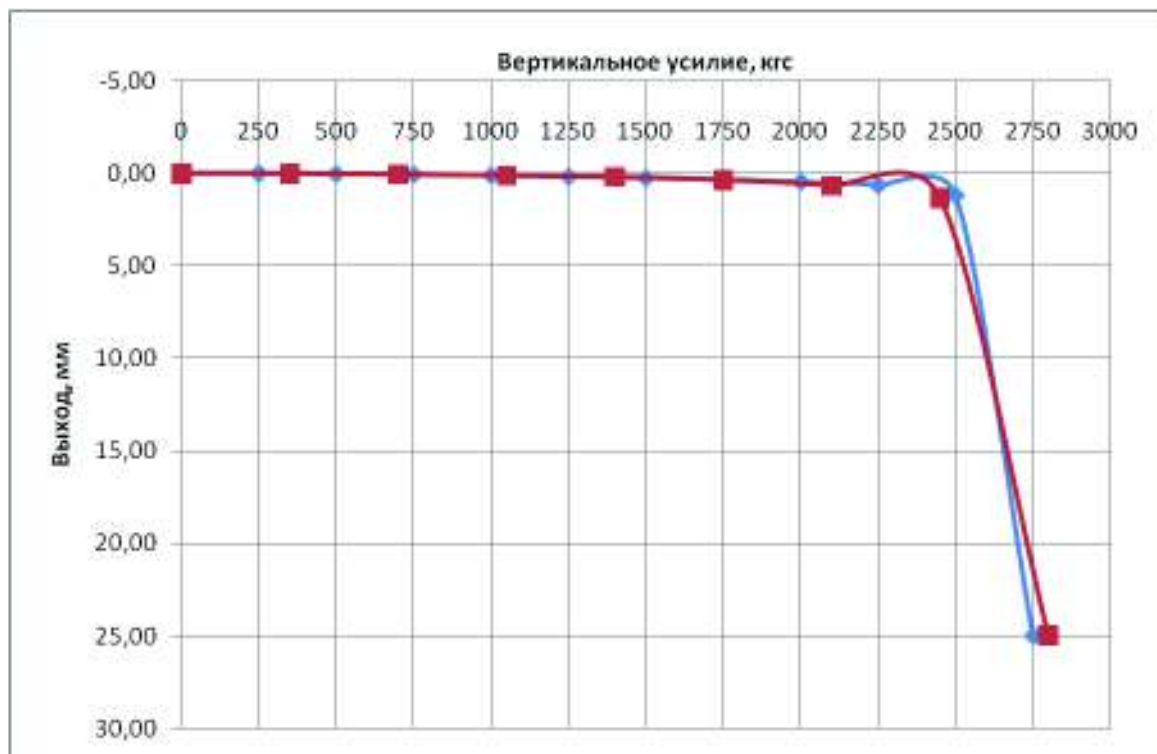
Длина спирали по сварному шву (по корпусу)

на $\phi 76$ - 3000 мм, на $\phi 114$ - 3300 мм



Несущая способность свай (статические выдергивающие нагрузки)

Свая 7	2000 -76	2500 кгс
Свая 8	2000-76-114	2450 кгс



Площадка №2

Площадка расположена в г. Барнауле по ул. Пролетарская, 56

В геологическом строении площадки, расположенной на третьей надпойменной террасе р. Барнаулки, на изученную глубину 20,0 м принимают участие средне - верхнечетвертичные аллювиальные отложения (а II-III), перекрытые с поверхности современными образованиями (t IV).

Современные отложения (t IV) в виде насыпного грунта, представленного песком с почвой и включениями строительного мусора, имеют мощность 1,5-3,9 м.

Средне -верхнечетвертичные аллювиальные отложения третьей надпойменной террасы р. Барнаулки (а₃ II-III) залегают под современными образованиями и представлены песками мелкими различной плотности сложения и вскрытыми среди песков супесями пластичной консистенции. Мощность супесей от 0,5 до 1,6 м, вскрытая мощность песков 15,3-18,0 м.

В пределах изученной глубины 20,0 м вскрываются два горизонта подземных вод.

Первый от поверхности постоянный водоносный горизонт приурочен к аллювиальным пескам третьей надпойменной террасы р. Барнаулки и вскрыт на период изысканий на глубине 12,7-13,6 м, на абсолютных отметках 146,8-147,9 м. Питание грунтовых вод осуществляется за счет атмосферных осадков и перетекания грунтовых вод из гипсометрически вышележащего склона Приобского плато. Разгрузка происходит в отложения второй надпойменной террасы р. Барнаулки, далее воды дренируются р. Обью. Режим грунтовых вод не изучался.

По эпизодическим замерам амплитуда сезонных колебаний составляет до 1,5 м с максимумом в мае-июне и минимумом – в марте.

Максимальный уровень грунтовых вод следует ожидать на 1,5 м выше по отношению к уровню на период изысканий, т.к. дата замера относится к периоду минимума стояния.

Ранее грунтовые воды выработками до глубины 13,0 м не вскрывались, в настоящее время глубина залегания их при максимуме стояния составляет порядка 12,0 м. Отмечается общий подъем уровня грунтовых вод.

По химическому составу грунтовые воды гидрокарбонатно-натриевые, по отношению к бетонам любой плотности и марки по водонепроницаемости – неагрессивны; слабоагрессивные к железобетонным конструкциям в зоне периодического смачивания. На момент изысканий встречены также грунтовые воды типа «верховодка» на глубине 2,8-5,0 м, на отметках 154,5-158,0 м, сформировавшейся за счет атмосферных осадков и утечек из водонесущих коммуникаций на слое супесей, кровля которых залегает на глубине 3,1-5,9 м. Режим «верховодки» непостоянный.

Геологические и инженерно-геологические процессы на площадке связаны с высоким стоянием уровня грунтовых вод и подтопленностью участка.

Согласно карт общего сейсмического районирования территории – ОСР-97А – район работ для средних по сейсмическим свойствам грунтов относится к 6-бальной зоне по шкале MSK-64 для объектов массового строительства. Категория грунтов по сейсмическим свойствам (табл.1, СНиП II-7-81*), в основном, третья (мощность водонасыщенных песков и супесей с консистенцией $>0,5$ в 10-метровой толще составляет более 5,0 метров), за исключением южной части участка, где категория грунтов - вторая. Сейсмичность площадки 6 баллов.

По данным исследований свойств грунтов в лабораторных условиях, геологического строения, литологических особенностей в пределах изученной глубины 20,0 м выделено 4 инженерно-геологических элемента:

Элемент 1 – насыпной грунт.

Элемент 2 – песок мелкий средней плотности.

Элемент 3 – супесь пластичная.

Элемент 4 – песок мелкий плотный.

Элемент 1. Насыпной грунт, представленный песком с почвой и включениями строительного мусора до 20%, залегает с поверхности мощностью 1,5-3,9 м.

Степень агрессивного воздействия грунтов по содержанию Cl и SO_4 на бетоны и железобетоны - неагрессивная.

По относительной деформации пучения насыпные грунты в зоне сезонного промерзания практически непучинистые.

Элемент 2. К этому элементу отнесен песок мелкий, залегающий под насыпным грунтом до глубины 7,7-9,7 м, мощностью слоя 3,6-7,4 м. Грунты желто-серого цвета, от малой степени водонасыщения до насыщенных водой, неоднородные - с прослойками супеси, суглинка и песка пылеватого. Удельное лобовое сопротивление грунта по данным статического зондирования составило, в среднем, 8,4 МПа .

По гранулометрическому составу содержание частиц размером более 0,1 мм составляет 84%, т.е. песок мелкий.

Нормативное значение плотности песка при природной влажности 0,056 и плотности скелета 1600 кг/м^3 составляет 1690 кг/м^3 . Коэффициент пористости 0,66, т.е. песок средней плотности.

Деформационные и прочностные характеристики данных грунтов приведены по СП 105, прил. И, табл. 2, 3 и составляют: модуль деформации 29 МПа, угол внутреннего трения 32° , удельное сцепление 2 кПа.

Степень агрессивного воздействия грунтов по содержанию Cl и SO_4 на бетоны и железобетоны - неагрессивная.

Степень коррозионной агрессивности песка элемента 2 к углеродистой стали средняя.

Угол естественного откоса песка 30° , под водой – 23° . Коэффициент фильтрации песков 9,0 м/сут.

По относительной деформации пучения пески элемента 2 в зоне сезонного промерзания практически непучинистые.

Элемент 3. Элемент представлен супесью пластичной консистенции, желто-бурого цвета. Вскрыты среди песков мелких средней плотности элемента 2 слоем мощностью от 0,5 до 1,6 м в интервале глубин 3,1-5,7 м.

Нормативное значение природной влажности грунта составляет 0,212 при влажности на границе текучести 0,22, на границе раскатывания 0,17. Среднее число пластичности 0,05. Консистенция супеси пластичная ($I_L=0,69$).

Нормативное значение плотности грунта при природной влажности 2040 кг/м³, в сухом состоянии 1680 кг/м³. Коэффициент пористости 0,60.

Деформационные характеристики данных грунтов получены по компрессионным испытаниям по методу «одной кривой» и составили: модуль деформации при природной влажности в интервале нагрузок 0,1-0,2 МПа – 5,5 МПа.

Прочностные показатели супеси определены в условиях неконсолидированного среза при полном водонасыщении составили: угол внутреннего трения 23°, удельное сцепление 13 кПа .

Степень агрессивного воздействия грунтов по содержанию Cl и SO_4 на бетоны и железобетоны - неагрессивная .

Степень коррозионной агрессивности песка элемента 2 к углеродистой стали средняя.

Элемент 4. К этому элементу отнесен песок мелкий плотный, залегающий под песком мелким элемента 2, вскрытой мощностью слоя 10,3-12,3 м. Грунты желто-серого цвета, от малой степени водонасыщения до насыщенных водой, неоднородные, с прослоями супеси, суглинка и песка пылеватого. Удельное лобовое сопротивление грунта по данным статического зондирования составило, в среднем, 12,7 МПа .

По гранулометрическому составу содержание частиц размером более 0,1 мм составляет 81%, т.е. песок мелкий.

Нормативное значение плотности песка при природной влажности 0,067 и плотности скелета 1690 кг/м³ составляет 1800 кг/м³. Коэффициент пористости 0,57, т.е. песок плотный.

Деформационные и прочностные характеристики данных грунтов приведены по СНиП 2.02.01-83*, прил. 1, табл. 1, и СП 105, прил. И, табл. 2, 3, и составляют:

модуль деформации 38 МПа, угол внутреннего трения 34°, удельное сцепление 4 кПа.

Нормативные и расчетные характеристики грунтов элементов 2, 3 и 4 приведены в таблице 4.

Таблица 4 НОРМАТИВНЫЕ И РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

Номер элемента	Номенклатурный вид грунта	Удельный вес, кН/м ³			Угол внутреннего трения, град.			Удельное сцепление, кПа			Модуль деформации, МПа, Е	Номер позиции по ФЕР 81-02-01-2001
		γ_n	γ_I	γ_{II}	φ_n	φ_I	φ_{II}	c_n	c_I	c_{II}		
1.	Насыпной грунт	18,0										26а
2.	Песок мелкий средней плотности	<u>16,9</u>	<u>16,4</u>	<u>16,6</u>	32*	29	32	2*	1,3	2	26*	29а
		<u>20,0</u>	<u>19,5</u>	<u>19,7</u>								
		10,0	10,5	10,7								
3.	Супесь пластичная	20,4	20,3	20,3	Консолидированный при W_{sat}						5,5	36а
					23	21	23	14	11	13		
4.	Песок мелкий плотный	<u>18,0</u>	<u>17,7</u>	<u>17,9</u>	34*	31	34	4+	3	4	38+	29а
		<u>20,5</u>	<u>20,2</u>	<u>20,4</u>								
		10,5	10,2	10,4								

Примечание: 16,9 — удельный вес при природной влажности
20,0 -- удельный вес при полном водонасыщении
10,0 — удельный вес во взвешенном состоянии
+ - Значения приняты по СНиП 2.02.01-83*, прил. 1, табл. 1
* - Значения приняты по СП 105, прил. И, табл. 2, 3

Для испытаний были выбраны сваи двух типоразмеров : длиной 2000 мм, диаметром 76 мм и длиной 2000 мм, переменным диаметром 76-114 мм.

На площадке испытаны по три сваи каждого типоразмера на статические вдавливающие нагрузки (фото 14) и по две сваи на статические выдергивающие нагрузки.



Фото 14 – Испытание свай на вдавливающую нагрузку

Результаты полевых испытаний грунтов винтовыми сваями «ВАУ»

Площадка:

г. Барнаул, ул. Пролетарская, 56

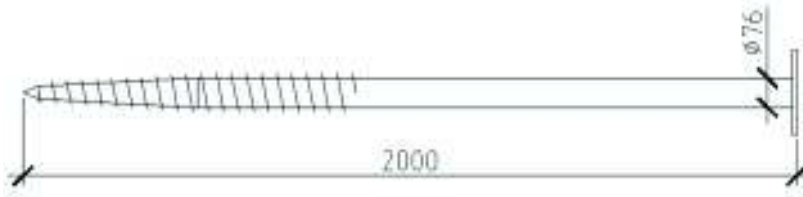
Период испытаний:

17.08.2010 - 28.08.2010

Грунт:

песок мелкий средней плотности

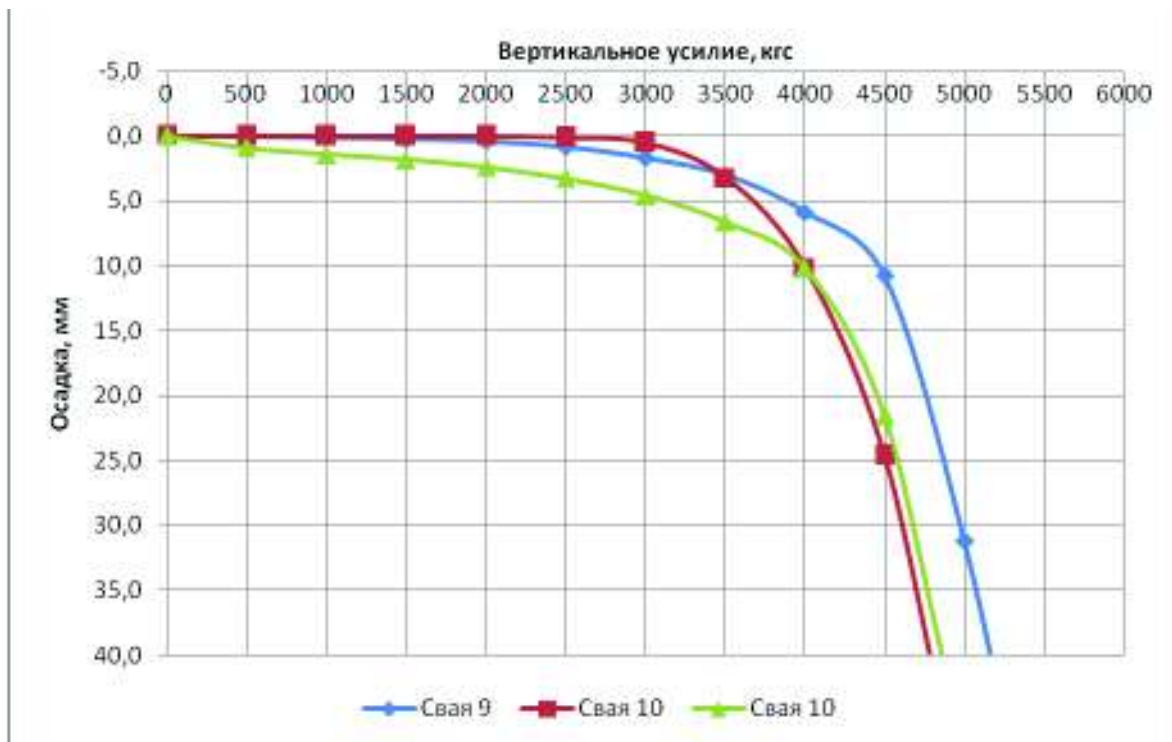
Несущая способность свай длиной 2000 мм, диаметром 76 мм (статические вдавливающие нагрузки)



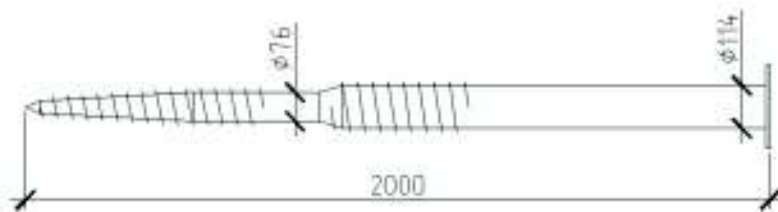
Свая 9	5000 кгс
Свая 10	4500 кгс
Свая 11	4500 кгс

Примечание:

Длина спирали по сварному шву (по корпусу) 4150 мм



Несущая способность свай длиной 2000 мм, диаметром 76-114 мм (статические вдавливающие нагрузки)

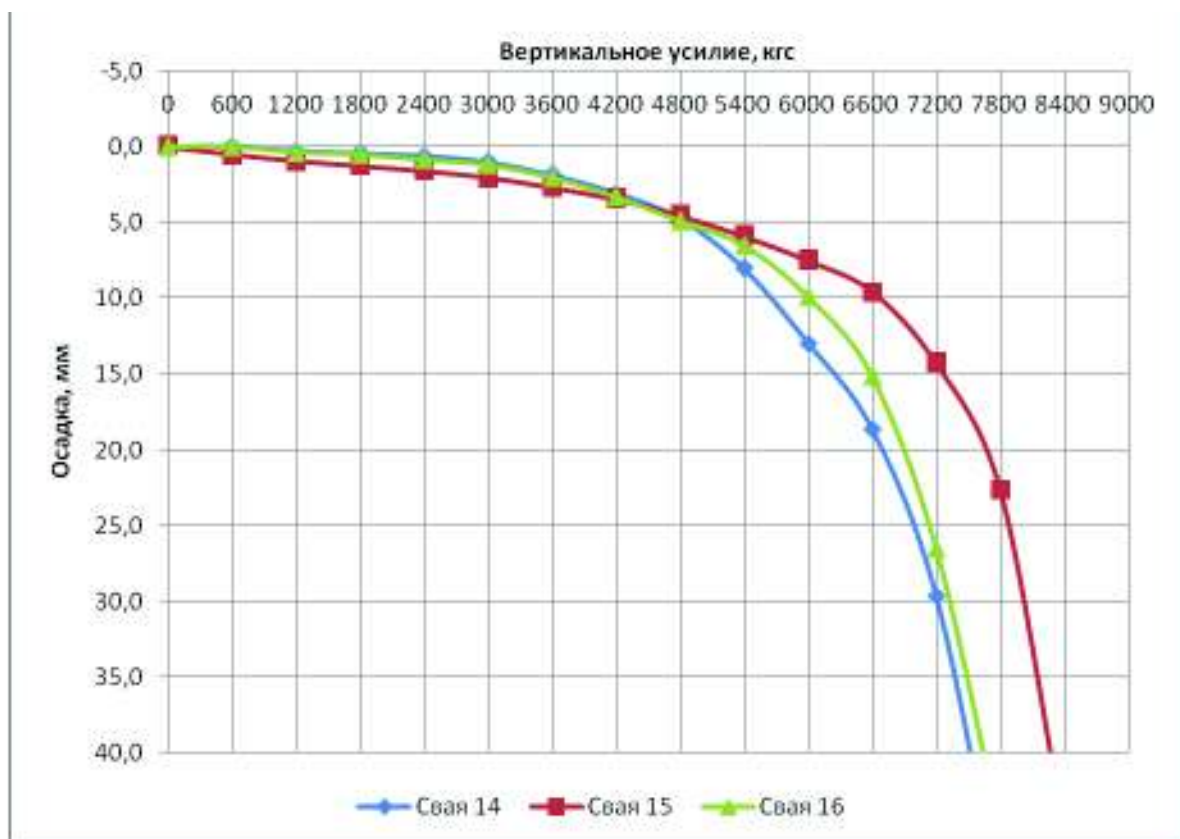


Свая 14	7200 кгс
Свая 15	7800 кгс
Свая 16	7200 кгс

Примечание:

Длина спирали по сварному шву (по корпусу)

на $\phi 76$ - 3000 мм, на $\phi 114$ - 3300 мм



Несущая способность свай (статические выдергивающие нагрузки)

Свая 12	2000-76	3000 кгс
Свая 13	2000-76-114	3000 кгс

