

УДК 624.13

UDC 624.13

05.00.00 Технические науки

Technical science

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ОСАДКИ
БУРОНАБИВНОЙ СВАИ В ГЛИНИСТЫХ
ГРУНТАХ ПРИ ПОВТОРНОМ
ПРИЛОЖЕНИИ СТАТИЧЕСКОЙ
НАГРУЗКИ**

**RESEARCH THE FILLING PILE'S
SETTLEMENT IN CLAY SOILS DURING
REPEATED STATIC LOADING**

Ляшенко Павел Алексеевич
К.т.н., профессор
*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия*
SPIN-код: 5503-9910

Liashenko Pavel Alekseevich
Cand.Tech.Sci., professor
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia
SPIN-code: 5503-9910

Шмидт Олег Александрович
Аспирант инженерно-строительного факультета
*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия*
SPIN-код: 9873-8857

Shmidt Oleg Aleksandrovich
Postgraduate student of engineering-building faculty
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia
SPIN-code: 9873-8857

Гохаев Денис Валерьевич
Аспирант инженерно-строительного факультета
*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия*
SPIN-код: 6971-1332

Gohaev Denis Valer'evich
Postgraduate student of engineering-building faculty
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia
SPIN-code: 6971-1332

Объектом исследования являются буронабивные сваи и их совместная работа с глинистым грунтом. Проведен анализ полевых статических испытаний буронабивных свай, устроенных по технологии непрерывного полого шнека (НПШ), повторным нагружением. Получены графики зависимости осадки и скорости ее развития от приложенной нагрузки. Выявлена линейная зависимость уменьшения величины осадки на втором цикле нагружения от остаточных перемещений после снятия нагрузки на первом цикле. Отмечена зависимость приращений осадки на втором цикле от вовлечения нижнего конца сваи в работу

The object of the study is bored piles and their joint work with clay soils. The analysis of the field of static tests of bored piles, arranged by continuous flight auger technology (CFA), was carried out by repeated loading. Curve of settlement and the rate of its development from the applied force was obtained. Linear relationship reducing the amount of settlement in the second cycle from residual displacements after unloading pile on the first cycle was found. There was a relationship increment of settlements in the second cycle from the involvement of the bottom end in the work

Ключевые слова: БУРОНАБИВНЫЕ СВАИ, ДЕФОРМАЦИИ ГРУНТА, ПОВТОРНОЕ НАГРУЖЕНИЕ СВАЙ, СКОРОСТЬ ОСАДКИ, ГЛИНИСТЫЕ ГРУНТЫ

Keywords: BORED PILES, SOIL DEFORMATIONS, REPEATED LOADING OF PILES, RATE OF SETTLEMENT, CLAY SOILS

Введение

Статические испытания свай в основном проводятся во время инженерных изысканий для уточнения несущей способности свай, а также построения графика зависимости осадки от нагрузки. При этом имитируется реальная работа свай во время строительства здания, а также

получаются наиболее точные результаты по определению несущей способности свай. Однако следует отметить, что методика нагружения свай в ходе статических испытаний, описанная в государственном стандарте [1], далеко не всегда совпадает с характером изменения нагрузки на фундамент при возведении зданий. Кроме того, в нормативной литературе отсутствуют рекомендации для проведения испытаний натуральных свай, используемых в дальнейшем для сооружений с изменяющейся во времени нагрузкой на основание (резервуары, газгольдеры и др.).

При изучении перемещений фундаментов резервуаров в ходе повторного и последующих циклов полного заполнения и разгрузки резервуаров отмечено, что величина осадки при первом и последующих нагружениях фундаментов значительно меняется. Данный эффект наблюдается как для фундаментов на естественном основании, так и для свайных фундаментов. Для оценки приращений осадок свайных кольцевых фундаментов резервуаров в ходе их эксплуатации предлагается проводить статические испытания свай с повторным нагружением [2].

Повторное нагружение заключается в приложении возрастающей во времени статической нагрузки на сваю вплоть до достижения заданных значений. На следующем этапе идет полная разгрузка. Далее производится повторное нагружение сваи. Осадка сваи при повторном нагружении оказывается меньшей, чем при первом.

Исследованием изменения напряженно-деформированного состояния оснований фундаментов в ходе повторного нагружения занимались Н. Brandl, А. Г. Битайнис, Ю. Л. Винников, П. А. Коновалов, В. И. Крутов, Р. А. Мангушев, А.И. Полищук, Ю.В. Россихин, В.Л. Седин, и др. [2-8].

В частности, при многочисленных статических испытаниях буронабивных свай-близнецов австрийским исследователем Н. Brandl [7]

отмечено, что при втором и последующих циклах нагружения значительно уменьшается как величина осадки испытанных свай, так и неравномерность осадки в сравнении с результатами, полученными при испытании моделей-близнецов на той же площадке, нагруженных однократно. Приведенные выводы согласуются с результатами испытаний буронабивных свай в пробитых скважинах [5], при которых также отмечается значительное уменьшение осадки при повторном нагружении. Однако в приведенных исследованиях эффект повторного нагружения описан в большей степени эмпирически, и не предложена методика проведения статических испытаний для учета упрочнения основания, полученного при повторном нагружении свай.

Целью работы являлось исследование развития осадки буронабивной сваи в процессе повторных нагружений во время полевых испытаний.

При этом ставились следующие задачи:

- аналитический расчет сопротивления вдавливанию опытных натуральных свай по методике, описанной в Своде правил «Свайные фундаменты» [9];

- определение осадки, а также сопротивления вдавливанию натуральных свай по результатам статических испытаний в трех циклах нагружения и разгрузки;

- сопоставление и анализ графиков осадки (а также скорости ее развития) сваи при первом и повторных нагружениях статической нагрузкой натуральных свай.

Испытания натуральных свай

Статические испытания буровых свай при повторном нагружении проводились на производственной площадке в с. Веселое Адлерского района г. Сочи Краснодарского края. Инженерно-геологическое строение грунтов строительной площадки разведано до глубины 30 м. Важной особенностью геологического строения участка является наличие

галечникового грунта с супесчаным пластичным заполнителем, очень прочного, насыщенного водой, который относится к классу природные дисперсные грунты, группе несвязные, подгруппе осадочные, виду крупнообломочные. Толщина слоя галечникового грунта, распределенного вдоль боковой поверхности испытанных свай, варьировалась от 4 до 15,2 м [10]. Физико-механические характеристики инженерно-геологических элементов опытной площадки представлены в таблице 1. Схемы расположения инженерно-геологических элементов в активной области основания буровых свай приведены на рисунке 1.

Таблица 1

ГРУНТОВЫЕ УСЛОВИЯ ОПЫТНОЙ ПЛОЩАДКИ [10]

Характеристика	Значение для грунтов					
	ИГЭ 2. Суглинок тяжелый тугопластичной консистенции, непросадочный, незасоленный, ненабухающий	ИГЭ 3. Глина легкая тугопластичной консистенции, непросадочная, незасоленная, ненабухающая	ИГЭ 4. Песок средней крупности, насыщенный водой	ИГЭ 5. Галечниковый грунт с супесчаным пластичным заполнителем, неветрелый, очень прочный, насыщенный водой	ИГЭ 6. Супесь пластичная, непросадочная	ИГЭ 7. Глина тяжелая полутвердой консистенции, непросадочная, незасоленная, ненабухающая
Влажность в естественном состоянии, %	27,5	33,4	24,2	20,7	18,1	27,7
Плотность грунта, г/см ³	1,93	1,96	1,84	2,3	2,16	2,05
Коэффициент пористости	0,78	0,9	0,91	-	0,45	0,7
Показатель текучести	0,31	0,32	-	0,5	0,5	0,11
Угол внутреннего трения, град	18	17	35	27	21	20
Удельное сцепление, кПа	22	38	1	3	19	60
Компрессионный модуль деформации, МПа	6,7	4,6	32	35,6	10,1	9,8

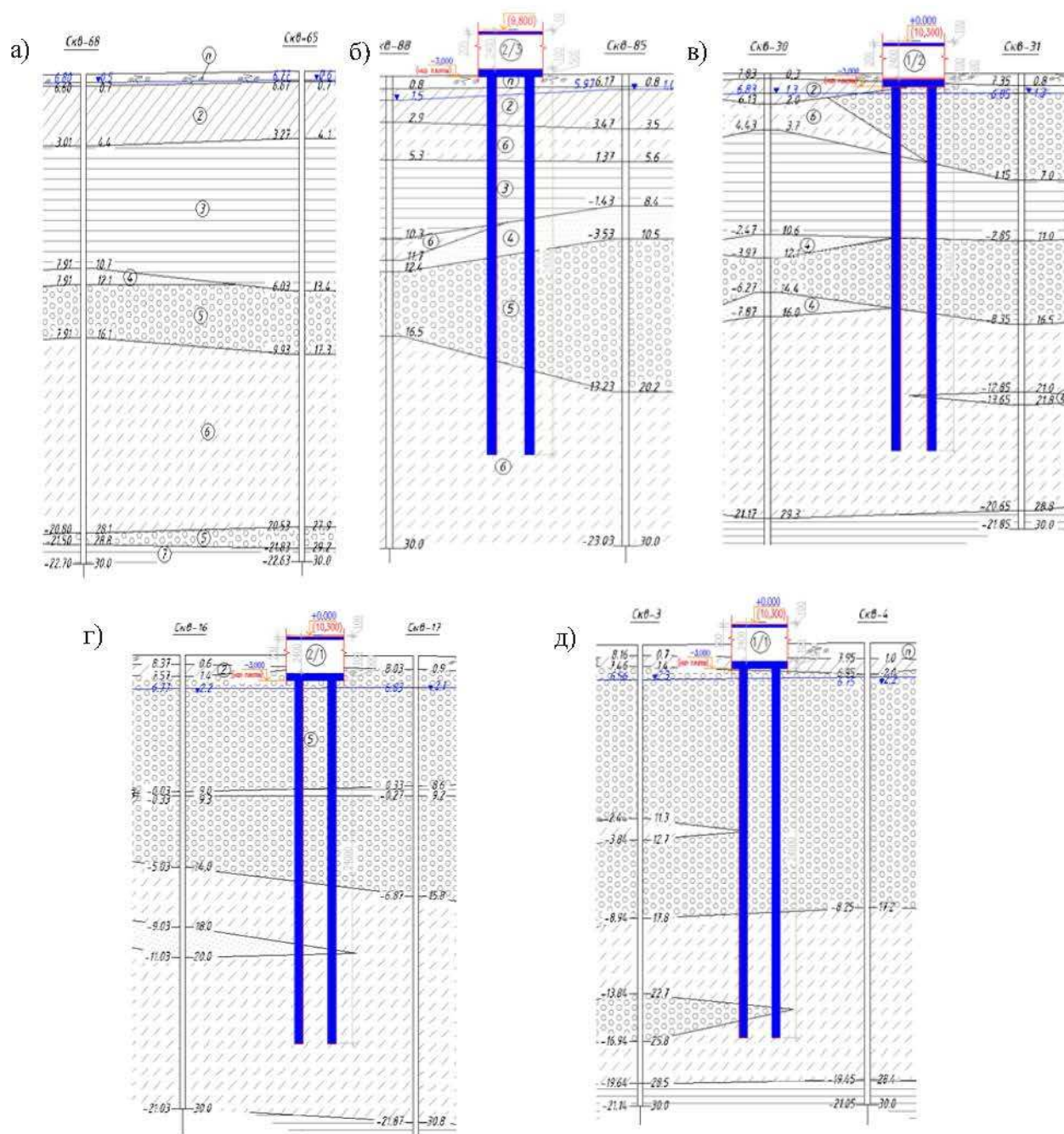


Рисунок 1. Инженерно-геологические разрезы в местах испытаний буровых свай с повторным нагружением [10]:
 а) свая №8; б) свая №3; в) свая №13; г) свая №23; д) свая №18

Все опытные сваи для проведения статических испытаний были выполнены по технологии CFA длиной 23,5 м и диаметром 630 мм. Все сваи опирались нижним концом на супесь пластичную с показателем текучести $I_L=0,5$. Всего в рамках программы было выполнено пять

статических испытаний свай с повторным нагружением. Испытание вдавливающей нагрузкой производилось с учетом требований ГОСТ [1]. Расчетное сопротивление вдавливанию опытных свай определялось отдельно для нижнего конца и боковой поверхности по методике, описанной в [9]. Исходные данные для полевых испытаний свай, а также число циклов нагружения приведены в таблице 2.

Таблица 2

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

№ сваи	Грунт в уровне нижнего конца сваи	Мощность ИГЭ-5, распространенного в уровне боковой поверхности свай, м	Расчетное сопротивление сваи по боковой поверхности [8], кН	Расчетное сопротивление сваи под нижним концом [8], кН	Сопротивление сваи вдавливанию по результатам испытаний, кН	Кол-во циклов нагружения
8	Супесь пластичная, непросадочная, заглубление 6,3 м	4	2088	592	4000	3
3	Супесь пластичная, непросадочная, заглубление 5 м	6,9	2436	592	4000	3
13	Супесь пластичная, непросадочная, заглубление 6,5 м	9,2	2469	592	4000	3
23	Супесь пластичная, непросадочная, заглубление 9.6 м	12,9	2663	592	4000	3
18	Супесь пластичная, непросадочная заглубление 8,3 м	15,2	2920	592	4000	3

Нагружение свай производилось с помощью гидравлических домкратов. Опорная конструкция для восприятия вертикальных реактивных сил выполнялась в виде сварных стальных балок двутаврового сечения, закрепленных на арматурных выпусках анкерных свай

(рис. 2). Значения нагрузки снимались по показаниям манометра ДМ 8008-ВУ-У2 и пересчитывались в тонно-силы по тарировочному графику. Для определения осадки испытываемых свай использовались два прогибомера 6-ПАО, прикрепленные к независимой реперной системе. Для определения возможных перемещений опорной конструкции использовался нивелир.

Увеличение вдавливающего усилия, приложенного к испытываемым сваям, производилось ступенчато. Величина первых трех ступеней нагружения составляла 20% от расчетной нагрузки, а всех последующих - 10%. На каждой ступени нагружения натурной сваи снимались отсчеты по всем приборам для измерения деформаций в следующей последовательности: нулевой отсчет – перед нагружением сваи, первый отсчет – сразу после приложения нагрузки, затем последовательно через каждые 15 мин до условной стабилизации деформации (уменьшения



Рисунок 2. Схема устройства опорной конструкции [10]

скорости перемещения). За критерий условной стабилизации деформации принималась скорость осадки свай на данной ступени нагружения, не превышающая 0,1 мм за последние 60 мин наблюдений.

Разгрузка сваи выполнялась после достижения наибольшей нагрузки ступенями, равными удвоенным значениям ступеней нагружения, с выдержкой каждой ступени не менее 15 мин. После полной разгрузки (до нуля) наблюдения за перемещением сваи проводилось в течение 60 мин, со снятием отсчетов через каждые 15 мин. Далее производился второй и третий циклы нагружения сваи по приведенной схеме. Результаты статических испытаний натуральных буровых свай в три цикла нагружения приведены на рисунке 3.

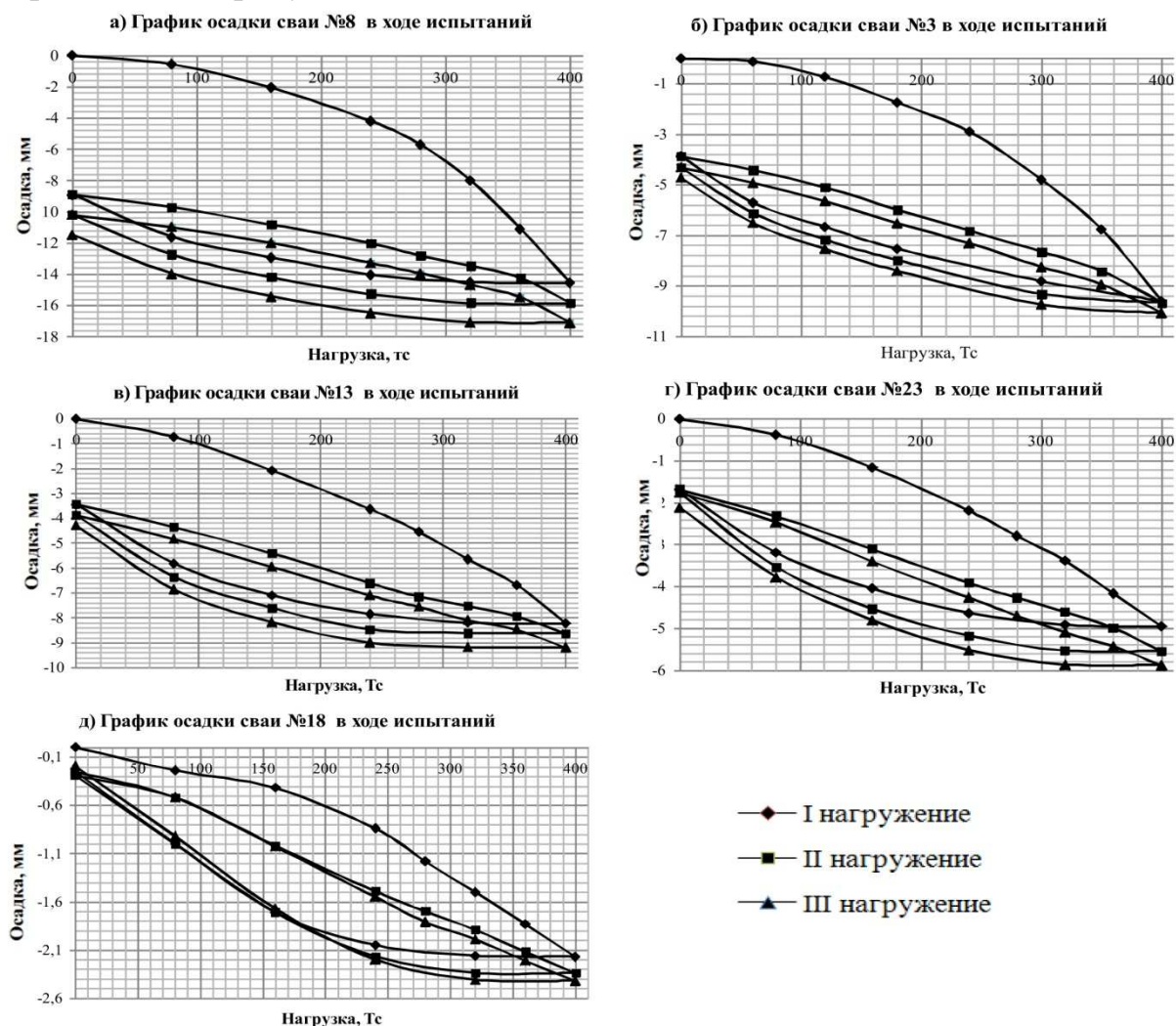


Рисунок 3. Результаты статических испытаний свай с повторным нагружением

Обработка результатов испытаний свай

Основными исследуемыми параметрами в данной работе являлись величина осадки и ее скорость. В данном случае предполагалось, что увеличение вдавливающей силы, действующей на сваю, происходило линейно, вследствие чего за скорость перемещения условно было принято приращение осадки сваи на 1 тонну вдавливающей силы.

Программа анализа статических испытаний буровых свай с повторным нагружением была следующей:

1) Полученный в ходе статических испытаний график «осадка – нагрузка» разбивался на несколько отдельных стадий, в соответствии с циклами нагружения-разгрузки, при этом на каждом последующем цикле нагружения за начало отсчета осадки принималось конечное значение осадки сваи в предыдущем цикле;

2) Производилось вычисление средней скорости осадки на ступени нагружения и построены зависимости «скорость осадки – нагрузка» в ходе первого и повторных нагружений (рисунки 4 и 5). Графики статических испытаний расположены по увеличению расчетного сопротивления испытанных свай по боковой поверхности, полученного по методике СП «Свайные фундаменты» [9].

3) Производился сравнительный анализ результатов, полученных в ходе исследования.

В результате изучения графиков осадки и скорости осадки от приложенной силы на различных циклах нагружения следует отметить, что величина осадки, а также скорости ее развития во втором и третьем циклах нагружения значительно меньше, чем в первом. Для оценки изменения осадки на различных циклах нагружения был введен критерий «упрочнение основания» ΔS_{I-II} , заключающийся в уменьшении осадки на

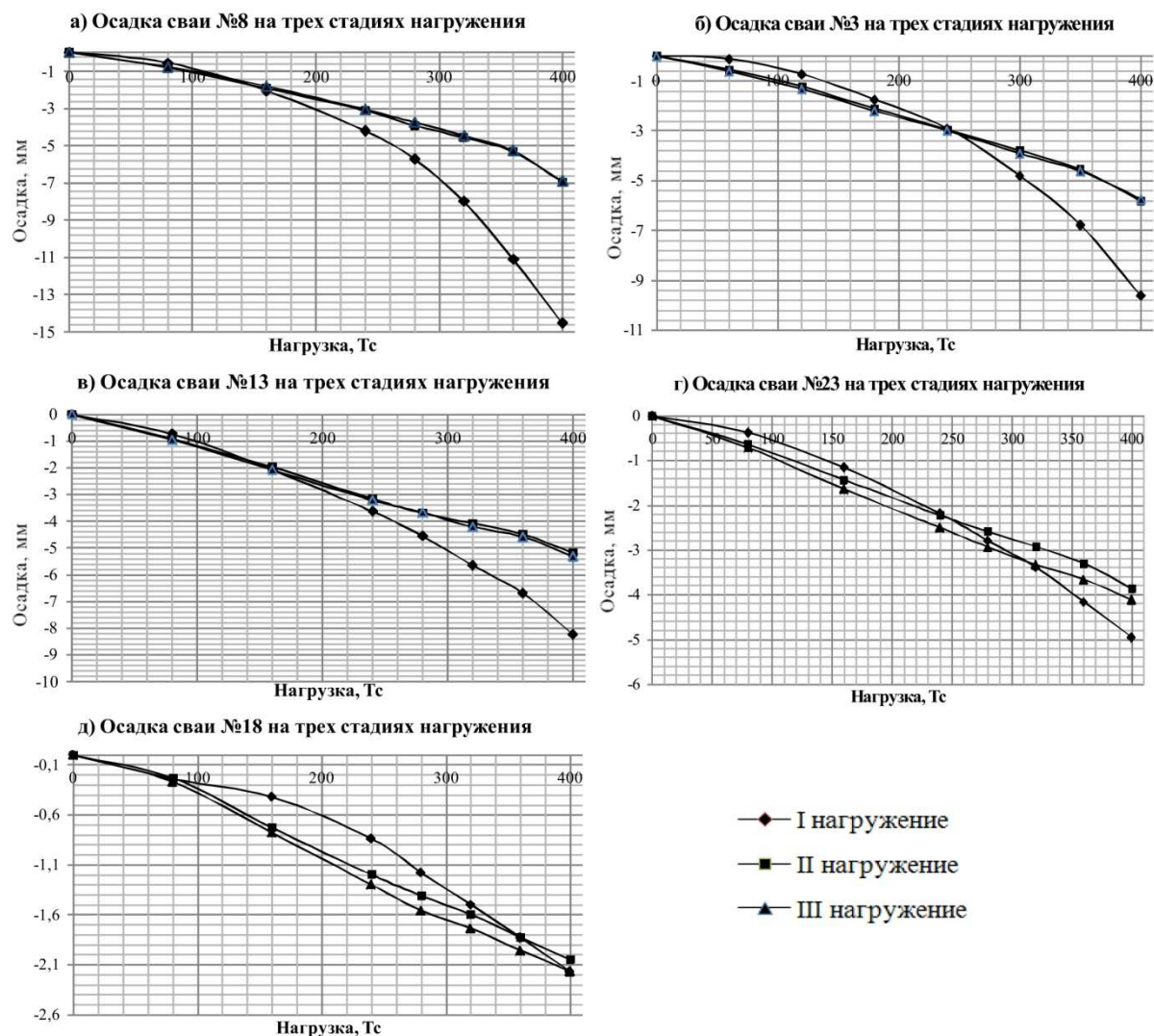


Рисунок 4. Графики осадки свай на трех стадиях нагружения

втором и третьем циклах нагружения по отношению к первому при конечном значении вдавливающей силы (1).

$$\Delta S_{I-i} = s_I - s_i; \quad (1)$$

В результате следует отметить, что упрочнение основания имеет большие значения при большем перемещении. Кроме того, следует отметить практически линейную зависимость между остаточными перемещениями s_{res} (величина осадки после полного снятия нагрузки на i -ом цикле нагружения) и упрочнением основания на втором цикле нагружения для пяти испытанных свай (рис. 6).

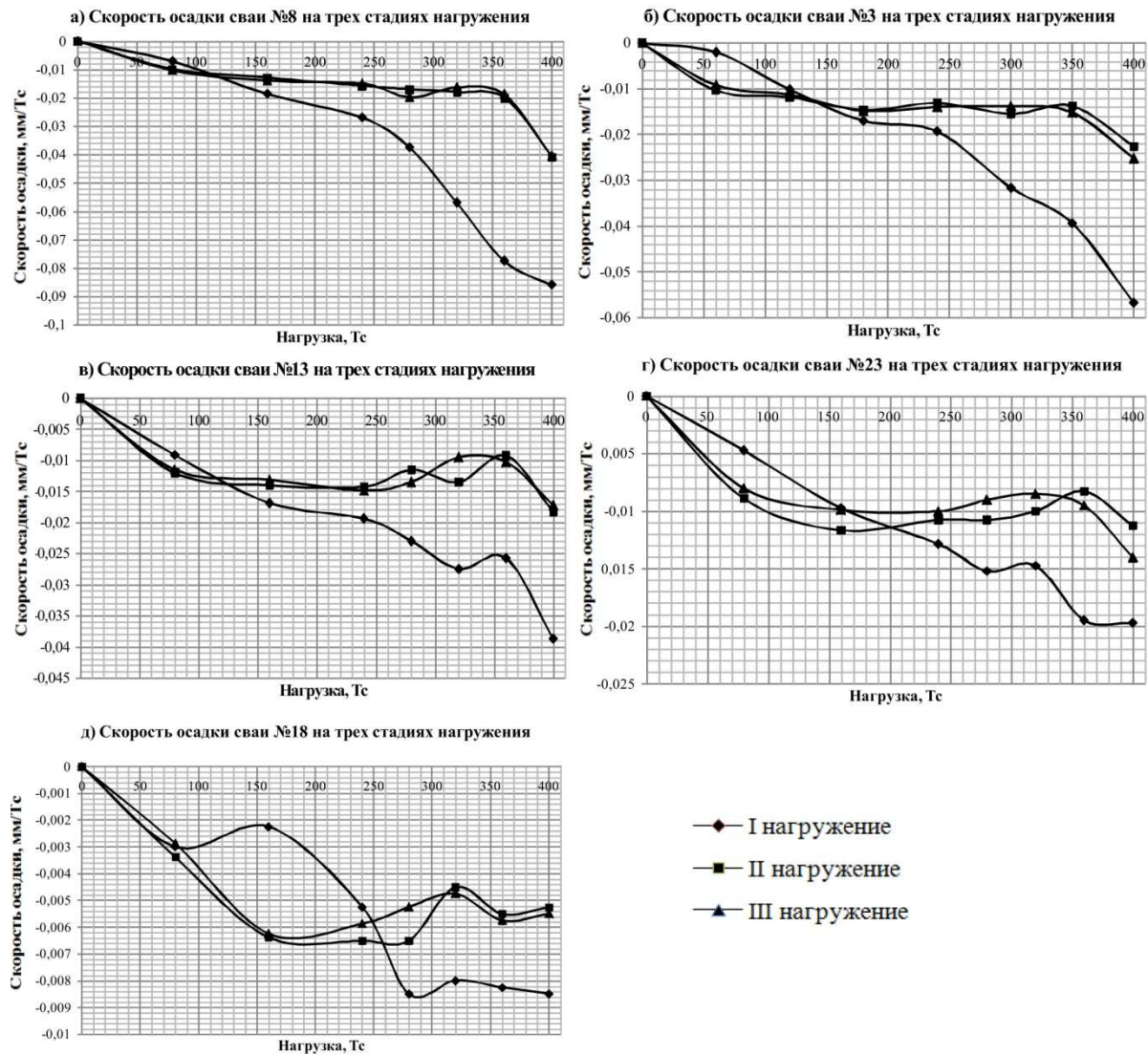


Рисунок 5. Графики скорости осадки свай на трех стадиях нагружения

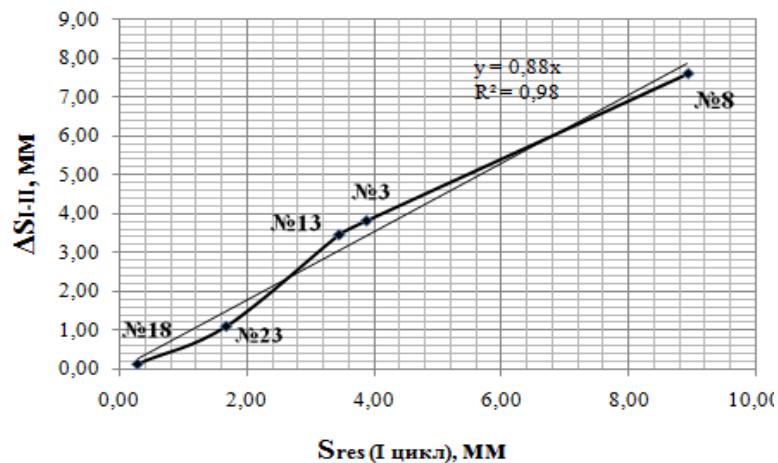


Рисунок 6. График зависимости «упрочнения основания» ΔSI_{I-II} от остаточных перемещений S_{res} после снятия нагрузки на первом цикле (для свай №3, №8, №13, №18, №23)

Анализируя графики скорости осадки свай, можно отдельно отметить ускорение на последней ступени на второй и третьей стадии нагружения, которое, предположительно, характеризует наличие дополнительных приращений осадки на втором и последующих циклах нагружения.

Анализ результатов испытаний свай

Анализируя результаты натуральных экспериментов с забивными сваями, М.Т. Davisson в 1972 г. установил аппроксимированную зависимость между диаметром (стороной) сваи, и перемещением, необходимым для активного включения в работу сопротивления под нижним концом, выраженным в следующем виде [11]:

$$s_r = 3,8 + D/120, \quad (2)$$

где s_r – перемещение сваи, мм; D – диаметр (сторона) поперечного сечения сваи, мм.

В 2009 г. W.M. NeSmith и T.C. Siegel, анализируя применимость критерия исчерпания несущей способности DOL для буровых свай, пришли к выводу, что приведенного в формуле (2) перемещения оказывается недостаточно для активного включения сопротивления под нижним концом в работу [12].

Анализируя приведенные выше исследования, можно сделать вывод, что сопротивление вдавливанию под нижним концом буровых свай в начале испытаний мало и увеличивается по мере перемещений сваи. Первоначально сопротивление сваи вдавливанию обусловлено трением грунта по боковой поверхности свай. При этом лобовое сопротивление сваи постоянно увеличивается вплоть до исчерпания несущей способности. В представленных статических испытаниях расчетное сопротивление буровых свай по боковой поверхности изменялось в диапазоне от 209 до 292 тс при незначительно отличающимся расчетным

сопротивлением под нижним концом. При этом при увеличении доли бокового сопротивления происходило линейное уменьшение осадки испытанных свай, что говорит об уменьшении доли сопротивления вдавливанию под нижним концом в общем сопротивлении сваи (рис. 7).

Учитывая линейную зависимость между остаточными перемещениями свай после снятия нагрузки на первом цикле, и упрочнением основания на втором (рис. 6), можно предположить, что упрочнение основания обусловлено образованием уплотненного ядра в активной области в уровне нижнего конца свай за счет пластических деформаций. Эффект формирования уплотненного ядра в уровне нижнего конца буровых свай отмечался при моделировании нагружения опытных образцов статической нагрузкой [13,14]. В данных работах отмечено увеличение плотности грунта в уровне нижнего конца моделей буровых свай, а также перемещение датчиков перемещений в активной области грунта.

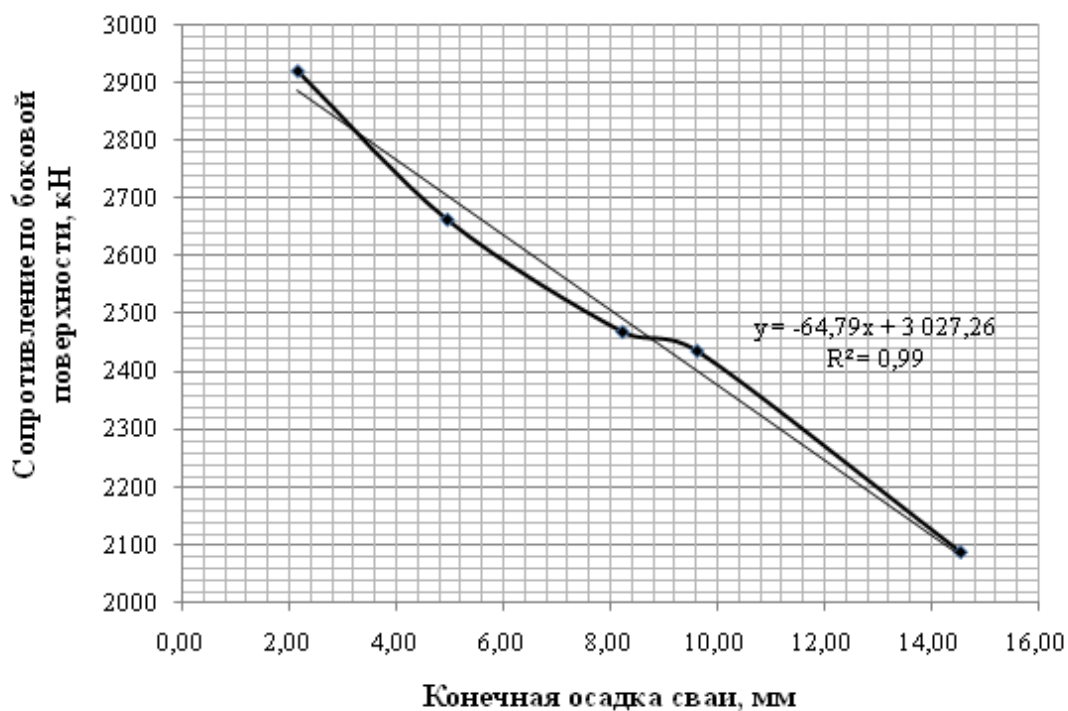


Рисунок 7. График зависимости конечных перемещений на первом цикле нагружения от сопротивления сваи по боковой поверхности

Также следует отметить, что величина приращений осадки при втором и третьем циклах нагружения зависела от общей осадки свай на первом цикле и составляла около 10% от конечной осадки (табл. 3). Приращение осадки на i -ом цикле нагружения оценивалось по следующей формуле:

$$\delta s_i = s_{i(\text{абс.})} - s_{i-1(\text{абс.})} (\text{мм}), \quad (3)$$

где i - цикл нагружения;

$S_{i(\text{абс.})}$ – значение перемещения сваи при конечной нагрузке на i -ом цикле нагружения относительно нулевой отметки до начала статических испытаний.

При штамповых испытаниях глинистого грунта отмечено, что при повторном нагружении линии равных нормальных напряжений σ_z вытягиваются по глубине грунтового основания, вовлекая в работу дополнительные области, что использовалось для оценки приращения осадки штампа на втором цикле нагружения [8]. Следовательно, приращение осадки свай при повторном нагружении можно объяснить включением новых областей под нижним концом в активную работу, по аналогии с приведенным испытанием грунтов штампом.

При этом величина приращений на втором и последующих нагружениях в значительной степени зависит от степени включения нижнего конца свай в работу и может достигать 30-100% при исчерпании несущей способности, как это наблюдалось при статических испытаниях свай в несколько циклов нагружения на объекте по ул. Горького в г. Сочи (рис. 8) [15]. Приведенные статические испытания проводились в три цикла нагружения свай диаметром 630 мм и длиной 22 метра, изготовленных по технологии CFA и опирающихся на глину мягкопластичной консистенции.

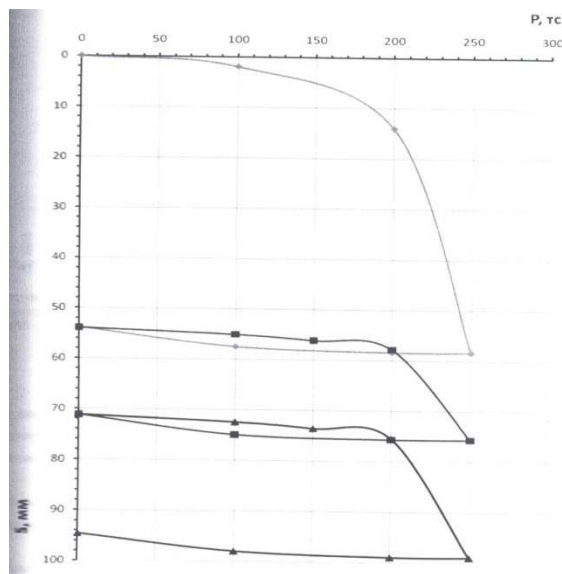


Рисунок 8. Результаты статических испытаний буронабивных свай повторным нагружением на объекте по ул. Горького в г. Сочи[15]

Результаты анализа и обобщения данных, представленные в работе, приведены в таблице 3.

Таблица 3

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА И ОБОБЩЕНИЯ ДАННЫХ СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ СВАЙ

№ сваи	Цикл нагружения	Конечная осадка на <i>i</i> -ом цикле s_i , мм	Упрочнение основания ΔS_i , мм	Упрочнение основания $\Delta S_i/s_1 * 100\%$	Остаточные перемещения после снятия нагрузки S_{res} , мм	Процент остаточных перемещений от конечной осадки на <i>i</i> -ом цикле, %	Приращение осадки на <i>i</i> -ом цикле δs_i , мм	Приращение осадки на <i>i</i> -ом цикле, в % от конечной осадки на <i>i</i> -ом цикле
8	I	14,54			8,92	61,35	14,54	
	II	6,94	7,60	52,27	1,28	18,44	1,32	9,08
	III	6,91	7,63	52,48	1,28	18,52	1,25	8,60
3	I	9,62			3,88	40,33	9,62	
	II	5,81	3,81	39,60	0,45	7,75	0,07	0,73
	III	5,75	3,87	40,23	0,40	6,96	0,39	4,05
13	I	8,63			3,45	41,92	8,23	
	II	5,18	3,45	37,06	0,44	8,49	0,40	4,86
	III	5,32	3,31	35,36	0,40	7,52	0,58	7,05
23	I	4,96			1,68	33,87	4,96	
	II	3,87	1,09	21,98	0,09	2,33	0,59	11,90
	III	4,11	0,85	17,14	0,35	8,52	0,33	6,65
18	I	2,17			0,29	13,36	2,17	
	II	2,05	0,12	5,53	-0,04	-1,95	0,17	7,83
	III	2,17	0,00	0,00	-0,06	-2,76	0,08	3,69

Выводы

В результате исследования можно сделать следующие выводы:

- При повторном нагружении буровых свай осадка, а также скорость ее развития на втором и последующих циклах значительно меньше, чем при первом. Уменьшение осадки при повторном нагружении сваи является следствием упрочнения основания после первого нагружения

- Упрочнение основания, выраженное в уменьшении осадки на втором и последующих циклах нагружения по отношению к первому циклу, имеет большее значение при большем включении нижнего конца в работу за счет перемещений;

- Установлена линейная зависимость между остаточными перемещениями после полного снятия нагрузки на первом цикле испытания сваи и упрочнением основания. Данный эффект, предположительно, является результатом формирования уплотненного ядра за счет пластических деформаций грунта;

- Приращение осадки сваи на втором и последующих циклах нагружения, предположительно, связано с включением новых областей грунта под нижним концом в работу, как это наблюдается при штамповых испытаниях глинистого грунта.

Библиографический список

1. Грунты. Методы полевых испытаний сваями [Текст]: ГОСТ 5686-2012. – Введ. 2013-07-01. – М.: Стандартиформ, 2014. – 47 с.
2. Фундаменты стальных резервуаров и деформации их оснований [Текст]: Научное издание / П.А. Коновалов [и др.]. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009. – 336 с.
3. Основания и фундаменты резервуаров [Текст] / Ю.К. Иванов [и др.] / М.: Стройиздат, 1989. – 223 с.
4. Россихин, Ю.В. Осадки строящихся сооружений [Текст] / Ю.В. Россихин, А.Г. Битайнис: под ред. А.М. Скудры. – Рига: Рига Зинатне, 1980. – 339 с.
5. Седин, В.Л. О влиянии повторных нагружений набивных свай в пробитых скважинах на деформативность их оснований [Текст] / В.Л. Седин, Ю.Л. Винников, К.М. Бикус // Вестник ПНИПУ. – Пермь: ПНИПУ, 2014, №3. – с. 112-120.

6. Крутов, В.И. Упрочнение оснований фундаментов в вытрамбованных котлованах путем их предварительной пригрузки [Текст] / В.И. Крутов, Н.Т. Танатаров // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1990. - №6. – с. 11-13.

7. Brandl H. Cyclic preloading of piles to minimize (differential) settlements of high-rise buildings / H. Brandl // Slovak. – Slovak University of Technology, 2006. – P. 1-12.

8. Полищук А.И. Основы проектирования и устройства фундаментов реконструированных зданий [Текст] / А.И. Полищук. – 3-е изд., доп. – Нортхэмптон: STT; Томск :STT, 2007. – 476 с.

9. Свайные фундаменты [Текст]: СП 24.13330.2011. – Введ. 2011-05-20. – М: Минрегион России, 2010. – 86 с.

10. Технический отчет о статических испытаниях буроинъекционных свай на объекте: «Многоквартирные жилые дома для размещения временного персонала, волонтеров и сил безопасности, привлекаемых на период проведения XXII зимних олимпийских игр и XI паралимпийских зимних игр 2014 г в г. Сочи (проектные и изыскательские работы, строительство)» площадка N2. Жилой квартал в селе Веселое Адлерского района города Сочи по ул. Таврическая – Акаций» [Текст]. – Сочи: ООО «Гидротехника», 2012 г. – 29 с.

11. Davisson, M.T. (1972) High capacity piles/ Proceedings, Lecture Series, Innovations in Foundation Construction, ASCE, Illinois Section, 52 p.

12. NeSmith, W. and Siegel, T. (2009) Shortcomings of the Davisson Offset Limit Applied to Axial Compressive Load Tests on Cast-in-Place Piles. Hawthorne: Contemporary Topics in Deep Foundations: pp. 568-574. doi: 10.1061/41021(335)71.

13. Глазачев, А.О. Исследование взаимодействия вертикально нагруженных буронабивных свай с основанием и их расчет с использованием статического зондирования [Текст]: Дис... канд. техн. наук: 05.23.02: защищена 24.09.14 / Глазачев Антон Олегович. – Пермь: ПНИПУ, 2014. – 187 с.

14. Ляшенко, П.А. Исследование на модели развития осадки буронабивной сваи / П.А. Ляшенко, Д.В. Гохаев, О.А. Шмидт // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №90(06). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/06/pdf/09.pdf>

15. Отчет о инженерно-изыскательской работе по теме: «Испытание грунтов вертикальной статической нагрузкой на буроинъекционный сваи диаметром 630 мм на объекте: Многоэтажный жилой комплекс с торгово-офисно-деловым центром в г. Сочи по ул. Горького, 87» [Текст]. – Сочи: ООО «Гидротехника», 2011 г. – 37с.

References

1. Grunty. Metody polevyh ispytaniy svajami [Tekst]: GOST 5686-2012. – Vved. 2013-07-01. – М.: Standartinform, 2014. – 47 s.

2. Fundamenty stal'nyh rezervuarov i deformacii ih osnovanij [Tekst]: Nauchnoe izdanie / P.A. Konovalov [i dr.] – М.: Izdatel'stvo Associacii stroitel'nyh vuzov, 2009. – 336 s.

3. Osnovaniya i fundamenty rezervuarov [Tekst] / Ju.K. Ivanov [i dr.] / М.: Strojizdat, 1989. – 223 s.

4. Rossihin, Ju.V. Osadki strojashhihsja sooruzhenij [Tekst] / Ju.V. Rossihin, A.G. Bitajnis: pod red. A.M. Skudry. – Riga: Riga Zinatne, 1980. – 339 s.

5. Sedin, V.L. O vlijanii povtornyh nagruzhenij nabivnyh svaj v probityh skvazhinah na deformativnost' ih osnovanij [Tekst] / V.L. Sedin, Ju.L. Vinnikov, K.M. Bikus // Vestnik PNIPIU. – Perm': PNIPIU, 2014, №3. – s. 112-120.

6. Krutov, V.I. Uprochnenie osnovanij fundamentov v vytrambovannyh kotlovanah putem ih predvaritel'noj prigruzki [Tekst] / V.I. Krutov, N.T. Tanatarov // Osnovaniya, fundamenty i mehanika gruntov. – 1990. - №6. – s. 11-13.

7. Brandl H. Cyclic preloading of piles to minimize (differential) settlements of high-rise buildings / H. Brandl // Slovak. – Slovak University of Technology, 2006. – P. 1-12.

8. Polishhuk A.I. Osnovy proektirovaniya i ustrojstva fundamentov rekonstruirovannyh zdaniy [Tekst] / A.I. Polishhuk. – 3-e izd., dop. – Northjempton: STT; Tomsk : STT, 2007. – 476 s.

9. Svajnye fundamenty [Tekst]: SP 24.13330.2011. – Vved. 2011-05-20. – M: Minregion Rossii, 2010. – 86 s.

10. Tehnicheskij otchet o staticheskikh ispytaniyah buroin'ekcionnyh svaj na ob'ekte: «Mnogokvartirnye zhilye doma dlja razmeshheniya vremennogo personala, volonterov i sil bezopasnosti, privlekaemyh na period provedeniya XXII zimnih olimpijskih igr i XI paralimpijskih zimnih igr 2014 g v g. Cochi (proektnye i izyskatel'skie raboty, stroitel'stvo)» ploshhadka N2. Zhiloy kvartal v sele Veseloe Adlerskogo rajona goroda Sochi po ul. Tavricheskaja – Akacij» [Tekst]. – Sochi: OOO «Gidrotehnika», 2012 g. – 29 s.

11. Davisson, M.T. (1972) High capacity piles/ Proceedings, Lecture Series, Innovations in Foundation Construction, ASCE, Illinouis Section, 52 p.

12. NeSmith, W. and Siegel, T. (2009) Shortcomings of the Davisson Offset Limit Applied to Axial Compressive Load Tests on Cast-in-Place Piles. Hawthorne: Contemporary Topics in Deep Foundations: pp. 568-574. doi: 10.1061/41021(335)71.

13. Glazachev, A.O. Issledovanie vzaimodejstvija vertikal'no nagruzhennyh buronabivnyh svaj s osnovaniem i ih raschet s ispol'zovaniem staticheskogo zondirovaniya [Tekst]: Dis... kand. tehn. nauk: 05.23.02: zashhishhena 24.09.14 / Glazachev Anton Olegovich. – Perm': PNIPU, 2014. – 187 s.

14. Ljashenko, P.A. Issledovanie na modeli razvitija osadki buronabivnoj svai / P.A. Ljashenko, D.V. Gohaev, O.A. Shmidt // Nauchnyj zhurnal KubGAU [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №90(06). – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/06/pdf/09.pdf>

15. Otchet o inzhenerno-izyskatel'skoj rabote po teme: «Ispytanie gruntov vertikal'noj staticheskoy nagruzkoy na buroin'ekcionnyj svai diametrom 630 mm na ob#ekte: Mnogojetazhnyj zhiloy kompleks s torгово-ofisno-delovym centrom v g. Sochi po ul. Gor'kogo, 87» [Tekst]. – Sochi: OOO «Gidrotehnika», 2011 g. – 37s.