

СОПОСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ СВАЙ С РЕЗУЛЬТАТАМИ СТАТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В СЛАБЫХ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТАХ С УЧЕТОМ ФАКТОРА ВРЕМЕНИ

Аннотация:

Представлено сопоставление несущей способности свай определенных по натурным испытаниям, с расчетными значениями по методу статического зондирования с учетом фактора времени. Произведено сравнение расчетной несущей способности свай определенной по результатам статического зондирования при применении зонда 1-го и 2-го типа.

Введение. Проведение натурных испытаний свай в слабых водонасыщенных глинистых грунтах сопряжено со значительными финансовыми потерями, связанными с длительностью и трудоемкостью испытаний. В связи с этим возникает необходимость достоверной оценки несущей способности свай по результатам экспресс методов. Одним из наиболее распространенных экспресс методов является метод статического зондирования (СРТ).

Исследованием работы свайных фундаментов занималось много ученых на протяжении всего XX века среди них: Абелев М.Ю., Бартоломей А.А., Большаков Н.М. Герсеванов Н.М., Голубков В.Н., Далматов Б.И., Луга А.А., Новожилов Г.Ф., Цытович Н.А. и многие другие. Установлено, что несущая способность свай, забитой в глинистый грунт, увеличивается во времени. Однако несмотря на выполненные многочисленные исследования и разработанные методики расчета несущей способности свай с учетом фактора времени, данный фактор не нашел отражение в современных нормативных документах, регламентирующих проектирование свайных фундаментов [1].

В представленной статье авторами произведено сопоставление несущей способности свай определенных по натурным испытаниям, с расчетными значениями определенных по методу статического зондирования с учетом фактора времени.

Характеристика объекта строительства. В пригороде г.Перми осуществляется строительство комплекса жилых домов крупнопанельного домостроения по типовой серии 97-Н5.1. Фундаменты возводимых зданий – свайные комбинированные, под внутренние стены – безростверковые со сборными ж/б оголовками, а под наружные – ленточные, однорядные, с монолитным ж/б ростверком. В качестве элементов свайных фундаментов, под наружные стены здания приняты сваи марки С80.30-6.1 а под внутренние оси – сваи марки С100.30-6.1, соответственно, по серии 1.011.1-10, вып.1. Расчетная нагрузка на сваю составляет $N=250$ кН [2].

Инженерно-геологические условия. В геологическом строении по данным бурения скважин, в пределах исследованных глубин (до 14,0м) принима-

ют участие аллювиальные отложения современного отдела четвертичной системы (aQ_{IV}) (Рис.1).

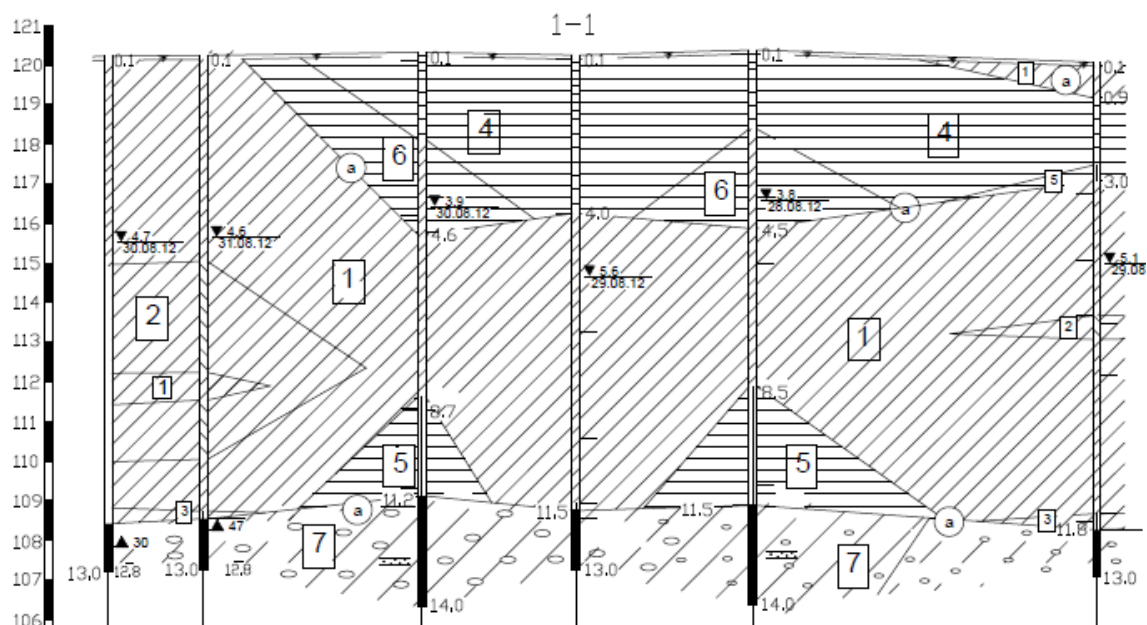


Рис. 1. Инженерно-геологический разрез площадки строительства

С поверхности повсеместно залегает почвенно-растительный слой мощностью до 0,1 м. На площадке выделено 7 инженерно-геологических элементов:

- ИГЭ-1. Суглинок легкий пылеватый, тяжелый пылеватый, мягкопластичный, редко тугопластичный (aQ_{IV});
- ИГЭ-2. Суглинок легкий пылеватый, тяжелый пылеватый, текучепластичный (aQ_{IV});
- ИГЭ-3. Суглинок гравелистый, легкий пылеватый, тяжелый пылеватый, тугопластичный (aQ_{IV});
- ИГЭ-4. Глина легкая пылеватая твердая и полутвердая (aQ_{IV});
- ИГЭ-5. Глина легкая пылеватая тугопластичная (aQ_{IV});
- ИГЭ-6. Глина легкая пылеватая мягкопластичная (aQ_{IV});
- ИГЭ-7. Гравийный, галечниковый грунт (aQ_{IV}).

В гидрогеологическом отношении (в пределах исследованных глубин до 14,0 м) на момент изысканий (август 2012 г.) подземные воды были вскрыты повсеместно, в суглинках и глинах. Установившийся уровень подземных вод был зафиксирован на глубинах 3,8-5,6 м (отметки в Балтийской системе высот) [2].

Методы полевых исследований. Схема мест проведения полевых испытаний представлена на рис.2

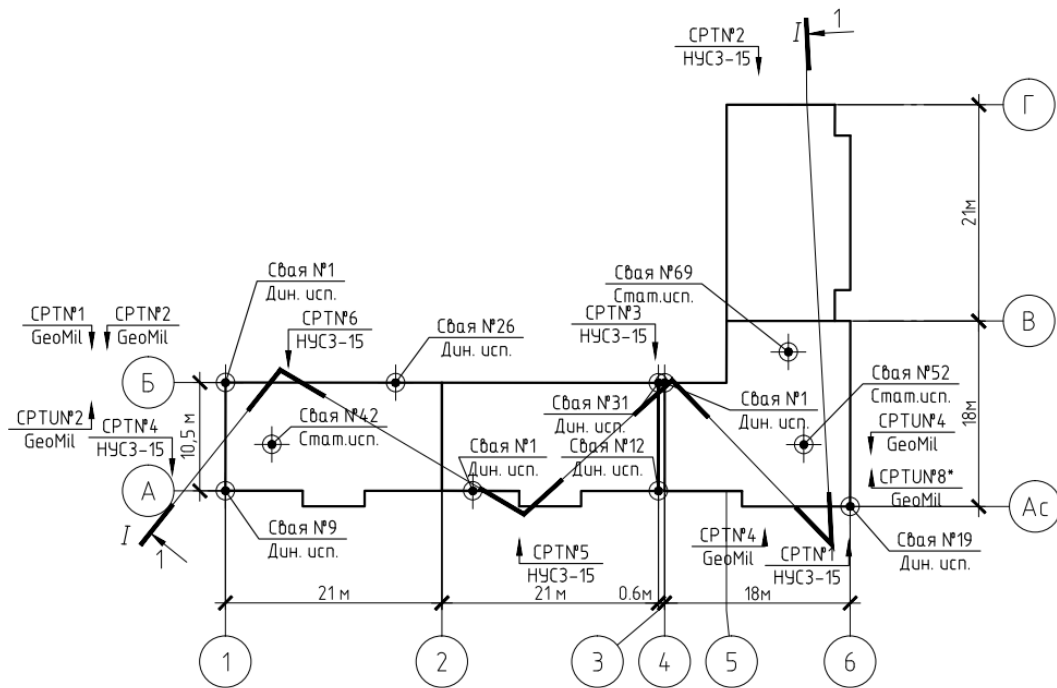


Рис.2. Схема мест испытания свай статической нагрузкой (стат. исп.), динамической нагрузкой (дин. исп.) и точек статического зондирования (СРТ)

Статическое зондирование. Статическое зондирование проводилось в соответствии с ГОСТ 19912 [3].

В период проведения инженерно-геологических изысканий (август 2012г.) выполнено статическое зондирование грунтов установкой НУСЗ-15 типа С-979 с механической системой задавливания зонда. Тип применяемого зонда - 1. Параметры зонда следующие: диаметр основания конуса – 35,7 мм, угол при вершине конуса – 60 градусов, площадь конуса 10 см², наружный диаметр штанг – 36 мм. Результаты статического зондирования приведены на рис.3а и рис.3б.

В период с августа по сентябрь 2013 г лабораторией кафедры «Строительное производство и геотехника» ПНИПУ выполнено статическое зондирование грунтов установкой «GeoMil LWC100 XS» с гидравлической системой задавливания зонда. Зондирование осуществлялось электрическим пьезоконусом (СРТУ) с датчиком порового давления и муфтой трения (зонд 2-го типа). Параметры зонда следующие: диаметр основания конуса – 35,7 мм, угол при вершине конуса – 60 градусов, площадь конуса 10 см², площадь муфты трения 150 см², наружный диаметр штанг – 36 мм, длина штанг – 1 м. Результаты статического зондирования приведены на рис.3в и рис.3г.

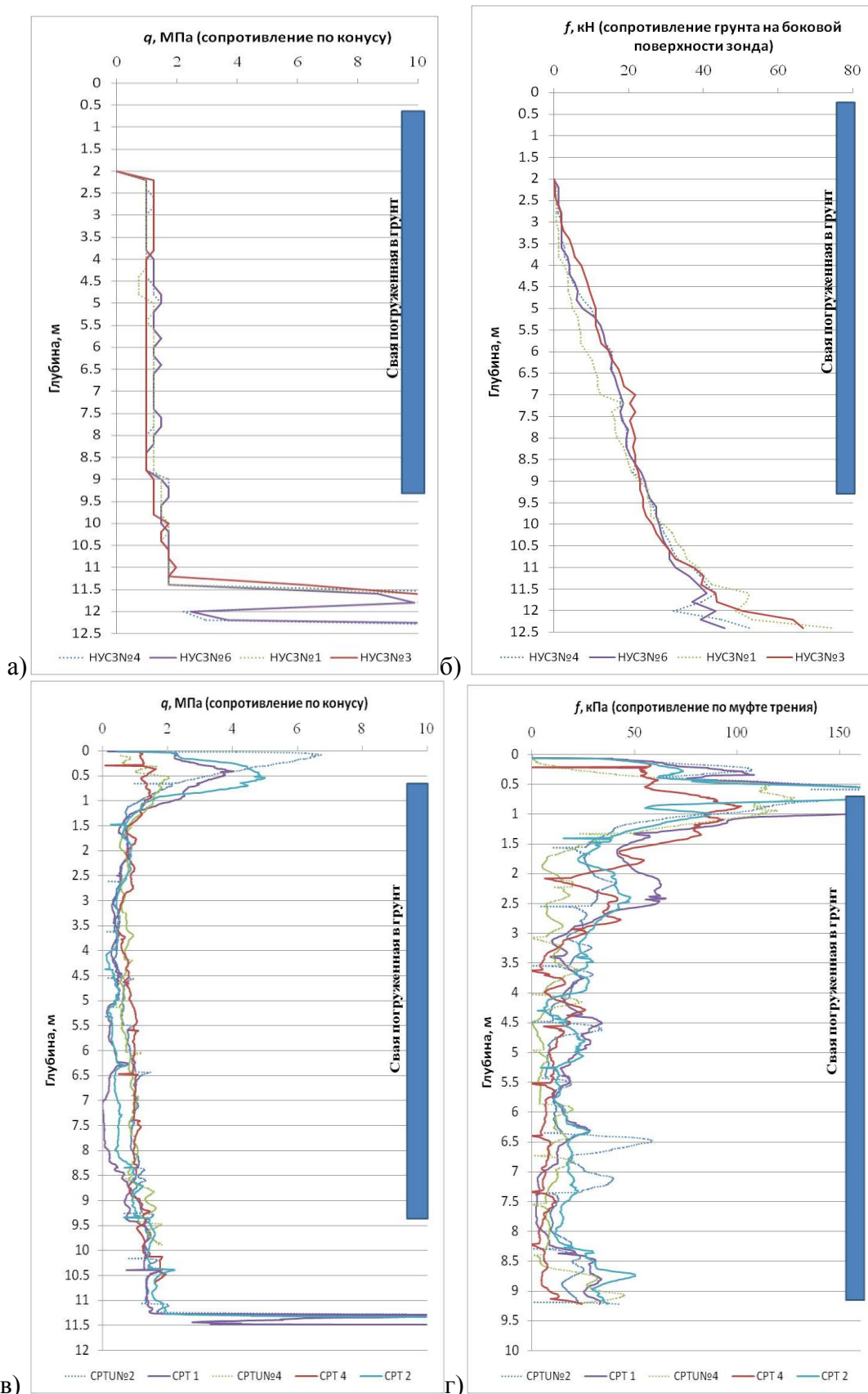


Рис.3. Графики статического зондирования:
 а – сопротивление по конусу зонда 1-типа (установка НУСЗ-15); б – сопротивление грунта по боковой поверхности зонда 1-типа (установка НУСЗ-15); в – сопротивление по конусу зонда 2-типа (установка GeoMil LWC100 XS); г – сопротивление грунта по боковой поверхности зонда 2-типа (установка GeoMil LWC100 XS).

Испытание свай статическими нагрузками. В период с апреля по июнь 2013г. проведены испытания свай в соответствии с требованиями ГОСТ 5686[4]. В качестве нагрузочного устройства использовался гидравлический домкрат с фиксацией каждой ступени нагрузки по манометру. Нагружение испытываемой сваи производилось равномерно, ступенями нагрузки по 40,25 кН (1/10 от 402,5 кН). Всего было испытано три сваи, длиной 10 м (С100.30-6.1) через 9 дней (свая №42), 20 дней (свая №52) и 39 дней (свая №69) после их погружения. Несущая способность свай №42, №52 и №69 составила соответственно 402кН, 241кН и 350 кН [2].

Расчет несущей способности свай. Расчет несущей способности свай по данным статического зондирования производился в соответствии с СП 24.13330.2011 [5]. Учитывая тот факт, что инженерно-геологические условия строительства представлены водонасыщенными глинистыми грунтами с коэффициентами водонасыщения $Sr = 0,841- 1,026$, было выполнено прогнозирование увеличения несущей способности свай во времени с учетом тиксотропного упрочнения и консолидации грунтов по методике А.А.Бартоломея [6,7]. Расчеты выполнялись с учетом данных инженерно-геологических изысканий. Результаты расчетов приведены в таблице 1, таблице 2.

Таблица 1

Несущая способность свай определенная по статическому зондированию

Методика испытания	№ точки стат. зондир.	Блок секция	Несущая способность свай, Fd (кН)				
			ПоСП 24.13330.2011	Среднее значение	10 дн.*	20 дн.*	40 дн.*
Зонд 1 типа	НУСЗ-15 №1	4-6.	480.41	464.49	488	520	598
	НУСЗ-15 №3		448.57				
	НУСЗ-15 №4	1-2.	483.36	481.14	505	537	616
	НУСЗ-15 №6		478.92				
Зонд 2 типа	СРТU№4	4-6.	263.04	276.83	297	324	383
	СРТ №4		290.62				
	СРТU№2	1-2.	352.91	357.16	378	407	475
	СРТ №1		348.47				
	СРТ №2		370.1				

*- несущая способность свай рассчитывалась по методике А.А.Бартоломея [6,7]

Таблица 2

Несущая способность свай определенная по статическим испытаниям

№ сваи	Блок секция	Несущая способность свай, Fd (кН)			
		0 дн.	10 дн.	20 дн.	40 дн.
42	1-2.	381*	402	432*	502*
52	4-6.	196*	215*	241	289*
69	4-6.	248*	267*	294*	350

*- несущая способность свай рассчитывалась по методике А.А.Бартоломея [6,7]

Анализ полученных результатов. Осредним полученные результаты расчетов (таблица 1, таблица 2) и сведем их в таблицу 3. Для наглядного сравнения полученных значений несущей способности свай на рис.4 представлена ги-

стограмма несущей способности свай в зависимости от методов расчета и времени «ОТДЫХА».

Таблица 3

Блок секция	Методика испытания	Несущая способность свай, Fd (кН)				Среднее отклонение от стат. исп.
		0 дн.	10 дн.	20 дн.	40 дн.	
1-2.	Статические испытания (свая №42)	381	402	432	502	x
	Статическое зондирование (зонд 1 типа)	481	505	537	616	+25%
	Статическое зондирование (зонд 2 типа)	357	378	407	475	-7%
4-6.	Статические испытания (свая №52 и №69)	222	241	267	319	x
	Статическое зондирование (зонд 1 типа)	464	488	520	598	+98%
	Статическое зондирование (зонд 2 типа)	277	297	324	383	+22%
Среднее значение по зданию	Статические испытания (свая №42, №52, №69)	302	322	350	411	x
	Статическое зондирование (зонд 1 типа)	473	497	529	607	+52%
	Статическое зондирование (зонд 2 типа)	317	338	366	429	+5%

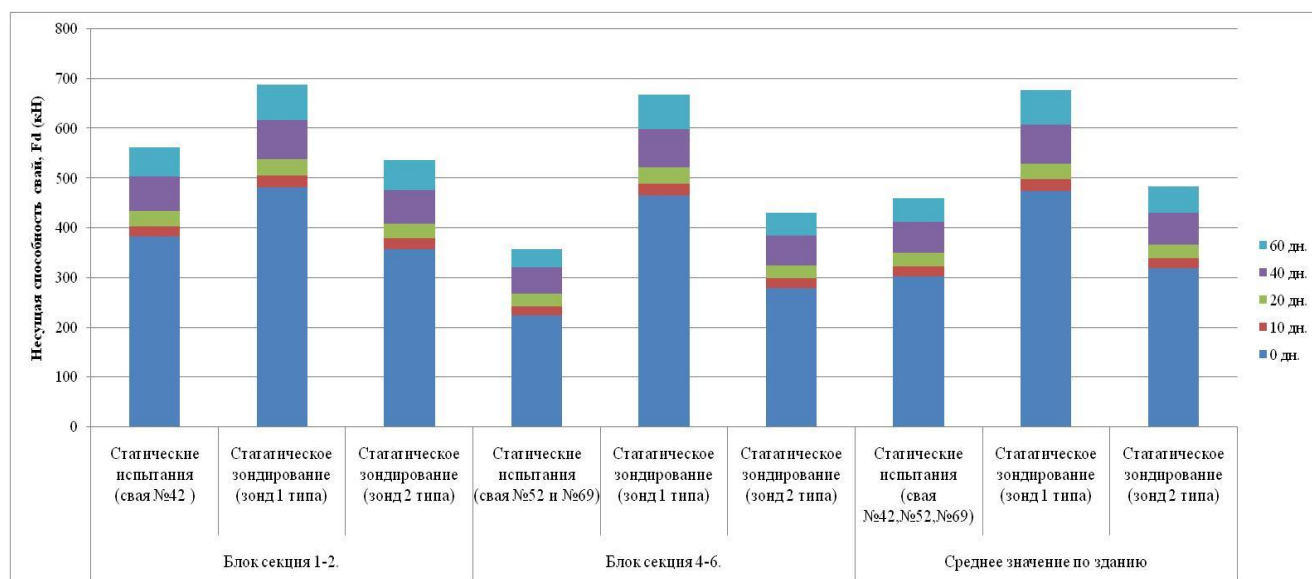


Рис.4. Гистограмма изменения несущей способности свай во времени

На основании полученных результатов (таблица 3, рис.4), применительно к грунтовым условиям площадки, можно сделать следующие **выводы**:

1. Несущая способность свай определенная по статическому зондированию с использованием зонда 1-го типа (НУСЗ-15) приводит к завышению несущей способности свай по сравнению с натурными испытаниями на 25 -98%. Что значительно превышает значения коэффициента надежности по грунту ($\gamma_k=1,25$) при определении несущей способности свай методами полевых испытаний, согласно СП 24.13330.2011 [5],

2. Несущая способность свай определенная методом статического зондирования с использованием зонда 2-го типа (GeoMil LWC100 XS) дает расхождение несущей способности свай по сравнению с натурными испытаниями

в пределах 7-22%, что позволяет спрогнозировать несущую способность свай в водонасыщенных глинистых грунтах близкой к реальным значениям.

3. Несущая способность свай определенная по статическому зондированию с использованием зонда 1-го типа в 1,5 раза больше значений несущей способности полученных с использованием зонда 2-го.

4. Существующая в настоящее время методика расчета несущей способности свай с учетом фактора времени носит весьма приближенный характер. С появлением современных технологий статического зондирования грунтов, в частности пьезоэлектрического конуса с датчиком порового давления (СРТУ), появляется возможность более достоверного получения данных грунтовых параметров и оценки несущей способности свай во времени. Дальнейшее развитие и совершенствование методики прогноза несущей способности свай во времени является задачей последующих исследований.

Литература

1. Пономарев А.Б., Захаров А.В., Безгодков М.А. Исследование фактора увеличения несущей способности свай во времени. Сборник научных трудов. Пол.НТУ. Машиностроение и строительство. Вып. 3(38). Т.2.2013.с.289-296.

2. Пономарев А.Б., Захаров А.В., Безгодков М.А. К вопросу о влиянии фактора времени на несущую способность свай. Сборник научных трудов Межд. науч.-практ. конференции «Современные геотехнологии в строительстве и их научно-техническое сопровождение». СПбГАСУ. 2014.

3. ГОСТ 19912-2001 Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием.

4. ГОСТ 5686-2012. Грунты. Методы полевых испытаний сваями.

5. СП 24.13330.2011.Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 «Свайные фундаменты». – 2011.

6. Бартоломей А.А., Омельчак И.М., Юшков Б.С. Прогноз осадок свайных фундаментов/ под ред. А.А.Бартоломея. – м.:М.: Стройиздат, 1994. - 384 с.: ил. – ISBN 5-274-01174-8

7. Рекомендации по применению полых конических свай повышенной несущей способности в развитие СНиП 2.02.03-85. Минстрой РФ. НИИОСП, ПГТУ. -М., 1995.- 27с.