

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ, ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЙ
И КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ОСНОВАНИЙ
И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ им. Н. М. Герсевича
НИИОСП им. Н. М. Герсевича
Филиал ФГУП НИЦ "Строительство"



СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

«ИнжПроектСтрой»

**по применению свай, устраиваемых
с использованием струйной геотехнологии**

СТО – 001 – 2006

СОГЛАСОВАНО:

Технический директор

«ИнжПроектСтрой»

Малинин А.Г.



УТВЕРЖДАЮ:

Директор НИИОСП

им. Герсевича Н.М.

академик РААСН и МИА

Ильичев В. А.



Москва, 2006 г.

Настоящий стандарт организации «По применению свай, устраиваемых с использованием струйной геотехнологии» принят в качестве Стандарта организации (СТО) «ИнжПроектСтрой».

Рекомендации содержат классификацию грунтоцементных свай и их элементов, указания по области применения, технологическому оборудованию и материалам для изготовления свай, а также требования по расчету и проектированию свайных фундаментов с применением технологий струйной цементации. Применение Рекомендаций позволит в большинстве случаев снизить стоимость и повысить качество выполнения работ.

Настоящий СТО «ИнжПроектСтрой» может передаваться заинтересованным организациям на основании договора франчайзинга.

Настоящий Стандарт может быть использован только его держателем. В случае передачи Стандарта в третью организацию, а также в случае несанкционированного использования Стандарта третьей организацией, для виновных наступает ответственность в соответствии с законом РФ «Об авторском праве» №5351-1 от 9 июля 1993 года.

Проектные институты могут применять данный Стандарт только при проектировании объектов держателя СТО.

СТО разработан в лаборатории №38 НИИ оснований и подземных сооружений им. Н.М. Герсеванова кандидатами технических наук Джантимировым Х.А., Долевым А.А., инженерами Рытовым С.А. и Иовлевым И.М. под общим руководством заместителя директора института проф., доктора технических наук Петрухина В.П.

В составлении СТО приняли участие д.г-м.н. проф. Владов М.Л., д.т.н. проф. Калинин В.В. (МГУ им. М.В. Ломоносова) прил.5, к.т.н. Игнатова О.И. Экспериментальные работы выполнялись при поддержке к.г-м.н. Грабаря А.В. и к.т.н. Малинина А.Г. («ИнжПроектСтрой»). Положительные отзывы получены от к.т.н. Бройда И.И. (ПСО ЗЕСТ), к.т.н. Королькова В.Н. (НИИОСП).

СТО составлен в соответствии с требованиями ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения».

СТО требует корректировки в случае изменения действующих нормативных документов.

Выпуск СТО одобрен секцией Научно-технического совета НИИОСП.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Общие положения
2. Область применения грунтоцементных свай
3. Классификация грунтоцементных свай
4. Технология устройства грунтоцементных свай
5. Общие положения по проектированию грунтоцементных свай
6. Расчет грунтоцементных свай
7. Термины, использованные в тексте
8. Литература

Приложения:

Приложение 1. Положение о Стандарте организации

Приложение 2. Оборудование для струйной цементации грунтов

Приложение 3. Рекомендации по контролю качества и определению характеристик грунтоцемента

Зам. директора НИИОСП
по научной работе, д.т.н., проф.

Петрухин В.П.

Зав. лабораторией №38, к.т.н.

Джантимиров Х.А.

Ст. научн. сотрудник, к.т.н.

Долев А.А.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в практике строительства во многих странах получила распространение струйная геотехнология, использующая кинетическую энергию жидкостной или газо-жидкостной струи. Другое ее название – «Технология струйной цементации грунтов». Ее зарубежное название – «Jet-grouting».

Эта технология успешно применяется при решении сложных задач геотехнического строительства: укрепления грунтов, устройства ограждения котлованов, противofильтрационных завес, усилении фундаментов зданий, устройства свайных фундаментов, укреплении откосов и др.

В России, начиная с 1976 года, ведутся исследования и разрабатывается оборудование для реализации российского варианта струйной технологии, отличающегося использованием струй пониженного давления. Однако широкого распространения в российский вариант технологии пока не получил. Сказывается дороговизна импортного оборудования и, прежде всего, отсутствие нормативной базы.

Настоящие Рекомендации предназначены для частичного восполнения этого пробела и предоставления проектным организациям возможности проектирования фундаментов и элементов подземных конструкций из свай, выполняемых с помощью струйной геотехнологии.

Рекомендации разработаны в развитие следующих работ, выполненных в прошлые годы в НИИОСП и ГПИ «Фундаментпроект»:

- «Противofильтрационные завесы, грунтоцементные сваи, ячеистые конструкции, выполняемые с помощью струйной технологии. Альбомы 1 и 2. Экспериментальный проект», ГПИ «Фундаментпроект». М. 1985 г. [1].

- «Рекомендации по сооружению ограждающих и несущих конструкций в грунте с помощью жидкостных струй», НИИОСП. М., 1992 г. [2].

Настоящие Рекомендации разработаны на основе анализа и обобщения технической информации [2, 3, 4, 5, 6] по применению технологии струйной цементации грунтов, опыта работ НИИОСП им. Н.М. Герсевича, ЗАО «ИнжПроектСтрой» и др. организаций по укреплению грунтов в основании сооружений и устройству ограждающих конструкций.

Рекомендации предназначены для расчета свай и свайных фундаментов, устроенных по технологии струйной цементации, а также содержат сведения по рациональной области применения этих свай и вопросам производства работ.

Данный документ не следует рассматривать в качестве полного справочного руководства, так как в Рекомендациях не рассматриваются специальные вопросы, касающиеся технологии струйной цементации.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Целью Рекомендаций является повышение надежности и экономичности свайных работ, создание свайных конструкций с несущей способностью 1000...3000 кН, лишенных ряда недостатков забивных и буровых свай.

1.1.1 В настоящих Рекомендациях не рассматриваются специальные вопросы, касающиеся подробностей высоконапорной струйной части технологии устройства свай. Эти вопросы достаточно подробно освещены в аналогичных работах отечественных [2, 7, 8], а так же зарубежных [10, 11, 12] ученых.

1.2 Суть струйной геотехнологии заключается в следующем: нагнетаемый в грунт в виде струи высокого давления цементный раствор разрушает грунт в определенном объеме, образуя смесь грунта и раствора, которая после затвердевания образует массив закрепленного грунта (грунтоцемент). При этом часть разрушенного грунта удаляется через устье скважины, изливаясь в виде грунтоцементной пульпы.

1.3 Последовательность работ показана на рис.1 (а, б, в). Специализированный комплекс оборудования позволяет выполнять все работы в автоматическом или полуавтоматическом режиме. Вначале монитор, закрепленный в нижней части буровой колонны, погружается (забуривается) до проектной отметки. Нагнетание цементного раствора начинается при обратном ходе (подъеме с вращением) монитора.

1.3.1 При струйном закреплении грунта с подъемом монитора без вращения и с фиксированным направлением размыва в грунте образуется плоская (панельная) конструкция.

1.4 Возможны различные виды струйной геотехнологии:

- однокомпонентная технология (Jet1), при которой разрушение грунта и перемешивание его с раствором вяжущего производятся одновременно одной и той же струей раствора; при этой технологии достигается максимально возможная прочность грунтоцемента;

- двухкомпонентная технология (Jet2), при которой разрушение грунта и перемешивание его с раствором вяжущего производятся струей раствора в искусственном воздушном потоке, соосным со струей раствора; эта технология позволяет существенно увеличить диаметр сооружаемой грунтоцементной сваи при меньшей прочности грунтоцемента по сравнению с однокомпонентной технологией;

- трехкомпонентная технология (Jet3), при которой разрушение грунта производится водяной струей в искусственном воздушном потоке, а перемешивание грунта с раствором вяжущего вещества производится отдельной струей раствора, подаваемой из того же монитора; эта технология позволяет значительно увеличить диаметр сооружаемой грунтоцементной сваи и одно-

временно уменьшить затраты раствора вяжущего вещества, но прочность грунтоцемента является еще более низкой по сравнению с одно- и двухкомпонентными технологиями.

1.4.1 Одно- и двухкомпонентные технологии могут быть одноэтапными и двухэтапными. При двухэтапной технологии на первом этапе производится разрушение грунта водой, а на втором этапе перемешивание разрушенного грунта с раствором вяжущего вещества, что позволяет уменьшить затраты инъекционного раствора.

1.5 Объем укрепленного грунтового массива и физико-механические характеристики грунтоцемента зависят от дисперсности грунтов, их химического состава, связности, степени водонасыщения, характера напластования грунтов и других инженерно-геологических условий конкретного участка работ, а так же от вида цемента, водоцементного отношения, режима работы нагнетательного оборудования.

1.6 В отличие от зарубежных технологий, основанных на сверхвысоких давлениях нагнетания (400...1000 атм) и относительно малых расходах рабочей смеси, отечественный подход устройства грунтоцементных свай [7] базируется на использовании струй среднего и повышенного (70...150 атм) давления при относительно высоком расходе рабочей смеси. В ряде случаев отечественная технология может оказаться экономически более приемлемой.

1.7 Анализ зарубежного и отечественного опыта использования энергии гидравлической струи в геотехническом строительстве для устройства грунтоцементных свай [2, 7, 8, 9], позволил сформулировать следующие выводы:

- струйная геотехнология имеет ряд технико-экономических преимуществ по сравнению с другими способами укрепления грунтов, применяемыми в настоящее время и является одним из наиболее перспективных направлений геотехнического строительства;

- устройство качественных буровых свай (грунтоцементных свай) с высокой несущей способностью, прочностью и долговечностью по струйной геотехнологии возможно в разных грунтовых условиях [2, 7, 8].

1.8 При изготовлении грунтоцементных свай в качестве заполнителя выступают частицы грунта, поэтому наибольшая прочность грунтоцемента (сравнимая с прочностью мелкозернистого бетона) достигается в несвязных крупнодисперсных грунтах: гравийно-галечниковых и песчаных.

Гораздо меньшую прочность, при одинаковом расходе цемента, имеют связные (средне- и мелкодисперсные) грунты: супеси, суглинки и, в особенности, глины.

Насыпные грунты, торфы и илы также дают пониженную прочность из-за наличия в них органических включений, тормозящих, вплоть до полного блокирования, процесс гидратации цементных вяжущих.

1.9 Струйная геотехнология характеризуется отсутствием разуплотнения на границе окружающего грунта и грунтоцементной сваи, наблюдаемого при устройстве буронабивных свай. При струйной геотехнологии вокруг грунтоцементной сваи происходит существенное уплотнение грунта, вследствие прессующего воздействия на грунт струи высокого давления. Кроме того, образуется пограничный слой из отвердевшего цементного раствора, который значительно повышает сцепление грунтоцементной сваи с грунтом. Вместе с развитой «волнообразной» поверхностью грунтоцементной сваи, вышеуказанные причины позволяют при равном диаметре добиться несущей способности по грунту на 25...40% большей, чем у буронабивных свай [3].

Струйная геотехнология может использоваться при сооружении геотехнических конструкций не только в качестве альтернативы традиционно используемым технологиям, но и в сочетании с ними.

1.9.1 Анализ вышеуказанных преимуществ и недостатков струйной геотехнологии позволил авторам настоящих Рекомендаций сделать вывод, что в ряде случаев наилучшим решением является использование струйной технологии для устройства комбинированных свай (буроопускных – по терминологии СНиП 2.02.03-85).

1.10 Грунтоцементная свая может армироваться сердечником (рис. 1, г). Сердечником грунтоцементной сваи может быть металлическая труба или железобетонный элемент. Сердечник служит для восприятия сосредоточенной нагрузки от сооружения и передачи ее через грунтоцементную сваю на окружающий грунтовый массив.

1.11 Использование струйной геотехнологии при устройстве грунтоцементных свай имеет следующие преимущества:

- высокая производительность устройства свай;
- отсутствие вибраций, ударных нагрузок, сильных шумовых эффектов;
- значительное упрощение технологии (по сравнению с устройством свай равной несущей способности по традиционным технологиям) при выполнении строительных работ: в непосредственной близости от зданий и сооружений; под фундаментами зданий и сооружений; в слабых и водонасыщенных грунтах; в грунтах с крупными твердыми включениями, в том числе строительного мусора; в стесненных условиях строительства; на глубинах 30 м и более;
- при сооружении «стен в грунте» обеспечивается надежная стыковка смежных свай благодаря сканирующей обработке высоконапорной струей стыкуемой поверхности смежной сваи;
- возможность сооружать сваи при большой толщине слабых грунтов в основании путем устройства уширенной подошвы.

1.12 Предложенные конструкции грунтоцементной сваи с использованием железобетонных и стальных сердечников и технологий их устройства в ряде случаев обладают следующими преимуществами:

- пониженные требования к качеству грунтоцемента; наличие в составе материала рубашки локальных полостей, включений инородных тел и рыхлого грунта, не перемешанного с цементом, практически не снижает физико-механических характеристик свайной конструкции в целом;

- погружение железобетонных сердечников (в том числе составных из отдельных секций) в не схватившийся грунтоцемент не представляет особых трудностей и выполняется в течение нескольких минут; при этом сердечник не повреждается молотом, как это часто бывает при традиционном методе погружения свай забивкой;

- в ряде случаев оказывается эффективным выполнять сердечник только на части длины сваи, обычно в зоне действия максимальных усилий или в слое слабых грунтов;

- в стесненных условиях строительства в качестве сердечника может использоваться металлическая труба или прокатный профиль;

- сердечник грунтоцементной сваи может изготавливаться на месте из одиночного арматурного стержня или арматурного каркаса, который размещается в гофрированной пластиковой трубе, пространство между пластиковой трубой и арматурным стержнем заполняется мелкозернистым бетоном; пластиковая труба является несъемной опалубкой и защищает арматурный сердечник от коррозии, а гофрированная поверхность трубы повышает сцепление сердечника с грунтоцементом;

- сердечник грунтоцементной сваи может изготавливаться по технологии буровой сваи в затвердевшем материале грунтоцементной сваи;

- по технологии струйной цементации грунтов можно выполнять ограждение котлованов и грунтовые анкера.

1.13 В проектах усиления оснований с помощью грунтоцементных свай при реконструкции сооружений должно быть предусмотрено проведение натурных измерений деформаций оснований и фундаментов сооружения. Эти измерения должны выполняться специализированной организацией, имеющей лицензию на проведение таких работ, в соответствии с требованиями рекомендаций.

1.13.1 Программа и результаты наблюдений, проводившихся в период строительства, должны включаться в состав исполнительной документации, передаваемой заказчику после завершения работ.

1.13.2 Перед началом работ по реконструкции здания и при новом строительстве рядом с существующими объектами, необходимо выполнить обследование реконструируемых и существующих зданий. В акте комиссии следует отразить состояние здания и возможность нахождения в нем людей в период работ. Требования по проведению обследования зданий изложены в нормах [22, 23].

2. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГРУНТОЦЕМЕНТНЫХ СВАЙ

2.1 Область применения грунтоцементных свай:

- укрепление грунтов;
- устройство ограждений котлованов;
- устройство противодиффузионных завес;
- закрепление слабых и обводненных грунтов вокруг строящихся подземных сооружений - колодцев, коллекторов, тоннелей.
- устройство свайных фундаментов;
- укрепление слабых грунтов при устройстве фундаментных плит;
- усиление фундаментов зданий и сооружений при реконструкции или надстройке новых этажей;
- увеличение несущей способности свайных фундаментов существующих зданий и сооружений;
- устройство подпорных стен;
- устройство противооползневой защиты откосов;
- усиление оснований дорожных насыпей;
- противокарстовые мероприятия;
- цементация трещиноватых скальных грунтов в основании буронабивных свай;

2.2 Грунтоцементные сваи наиболее эффективны для применения в следующих случаях:

- строительство в сложных геологических условиях (в слабых, обводненных грунтах);
- строительство новых объектов рядом с существующими зданиями;
- строительство сильно нагруженных зданий, в том числе зданий повышенной этажности;
- строительство в стесненных условиях (внутри цехов, зданий, тоннелей);
- углубление подвалов существующих зданий без перерывов в эксплуатации зданий;
- решение других сложных задач подземного строительства.

2.3 Строительство новых объектов над, под и рядом с существующими объектами вызывает необходимость в усилении оснований последних для предотвращения их деформаций, как при производстве работ, так и во время эксплуатации. Применение грунтоцементных свай в этих случаях позволяет предотвратить подвижки грунта, его плавунные утечки, вибрации, удары и шумы при производстве работ.

2.4 Касательные и секущиеся грунтоцементные сваи используются для сооружения «стен в грунте», применяемых как подпорные стены, в том числе для противооползневой защиты и усиления насыпей.

2.5 «Плавающие» (не имеющие связи с ростверком) грунтоцементные сваи применяются для глубинного упрочнения рыхлых песчаных и слабых глинистых грунтов, в том числе для уменьшения осадок большеразмерных плитных фундаментов, а также в качестве своеобразных «шпонок» по поверхностям возможного развития оползней.

3. КЛАССИФИКАЦИЯ ГРУНТОЦЕМЕНТНЫХ СВАЙ

3.1 Грунтоцементные сваи по армирующему элементу подразделяются на следующие типы:

- сваи без армирующего элемента;
- сваи с железобетонными сердечниками, тип 1 (рис. 2);
- сваи с металлическими сердечниками, тип 2 (рис. 3);
- сваи с армокаркасами в полимерных рукавах, тип 3;
- сваи железобетонные с грунтоцементными уширениями, тип 4 (рис. 4);

В большинстве случаев используются грунтоцементные сваи, армированные металлическими трубами, в связи с тем, что опускание металлических труб является наиболее простым и технологичным.

В качестве железобетонных сердечников рекомендуется использовать сваи, перечень которых приведен в приложении 4.

3.2 По форме поперечного сечения грунтоцементные сваи разделяются на:

- круглые;
- плоские.

3.3 По форме продольного сечения грунтоцементные сваи подразделяются на:

- сваи с уширениями
- сваи без уширений.

4. ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА ГРУНТОЦЕМЕНТНЫХ СВАЙ

4.1. В качестве базовых технологий устройства грунтоцементных свай в настоящих Рекомендациях принята технологии, основанная на использовании импортного оборудования.

4.2 Технологический цикл устройства грунтоцементных свай включает следующие операции:

- бурение лидерной скважины в грунте (прямой ход);
- устройство грунтоцементной сваи (обратный ход);
- погружение сердечника в несхватившийся грунтоцемент.

4.3 Выбор типа технологического оборудования определяется грунтовыми условиями строительной площадки и принятыми значениями параметров технологического процесса сооружения грунтоцементной сваи.

4.4 В общем случае при устройстве грунтоцементных свай размер сердечника связан с диаметром грунтоцементной сваи D следующими соотношениями:

- для круглого сердечника диаметром d : $D = 1,2 \dots 2,5d$
- для квадратного сердечника со стороной b : $D = 1,5 \dots 3,0b$.

4.5 Буроопускные грунтоцементные сваи устраиваются погружением сердечника по оси свежеизготовленной грунтоцементной сваи до начала схватывания грунтоцемента. Время, за которое необходимо погрузить сердечник, зависит от вида грунта, температуры окружающей среды и должно быть не более 2 ч.

4.5.1 Монтаж сердечников буроопускных свай в проектное положение производится с помощью крана. Погружение происходит под действием веса сердечника.

4.5.2 В случае затрудненного погружения сердечников в свежеизготовленную грунтоцементную сваю рекомендуется применять метод принудительного вдавливания.

4.5.3 Погружение сердечников с помощью вибратора не рекомендуется, так как при вибрировании происходит обводнение контактного слоя и снижение его сцепления по боковой поверхности с грунтоцементом.

4.5.4 Длина секций составных сердечников определяется высотой помещения, в котором выполняются работы или грузоподъемностью монтажного крана на открытом пространстве.

Конструкция стыков секций должна обеспечивать равнопрочность стыка и стыкуемых элементов.

4.6 Буроопускные грунтоцементные сваи типа 1 устраивают с применением железобетонных свай (в том числе сборных) квадратного сечения со стороной 300...400 мм, круглого сечения диаметром до 600 мм и свай-оболочек диаметром до 1000 мм.

4.6.1 Для улучшения условий сцепления между сердечником и грунтоцементом поверхность сердечника может быть гофрированной, а гладкие поверхности предварительно изготовленных свай может быть покрыта насечкой или обработана по пескоструйной технологии.

4.6.2 Насечка представляет собой параллельные и пересекающиеся углубления «елочкой», устраиваемые под углом 45° к оси сваи, площадь насечки должна быть не менее 30% и не более 50% от площади поверхности сердечника. Отношение ширины насечки к глубине рекомендуется принимать 1,5.

4.6.3 Обработку поверхности сердечника по пескоструйной технологии рекомендуется производить крупным песком до получения сплошной шероховатой поверхности.

4.6.4 В предусмотренных проектом случаях поверхность сердечников в зоне действия сил негативного трения покрывают сплошной полиэтиленовой пленкой толщиной 1 мм с использованием полимерных клеев, обеспечивающих надежное сцепление склеиваемых поверхностей. Полиэтиленовая пленка препятствует сцеплению грунтоцемента с сердечником.

4.7 Буроопускные грунтоцементные сваи типа 2 устраивают с применением стальных труб (ГОСТ 10704-91) диаметром 102...630 мм.

4.7.1 Для защиты от коррозии трубы покрывают снаружи эпоксидной краской (или краской другого типа в соответствии со СНиП 2.03.11-85) с введением в нее 50...70 % по массе песка крупностью 1...2 мм для создания шероховатой поверхности или покрывают рукавом из тканого полимерного (обычно полипропиленового) материала (ТУ 1287-96-01).

4.8 Буроопускные грунтоцементные сваи типа 3 устраивают с применением комбинированных сердечников (так называемая двойная защита арматуры). Комбинированные сердечники изготавливают из центрально расположенного арматурного стержня или пучка арматурных стержней в пластиковой гофрированной трубе. Внутреннее пространство пластиковой трубы должно быть заполнено мелкозернистым бетоном класса В15...В30 в зависимости от проектной нагрузки на грунтоцементную сваю.

4.8.1 Диаметр комбинированного сердечника d связан с диаметром арматурного стержня d_a (или пучка стержней) соотношением $d = 3d_a...4d_a$, но должен быть не менее 90 мм. Для выдерживания центрального расположения арматурного стержня необходимо использовать центраторы не реже чем через 1 м по длине стержня.

4.8.2 Арматурные стержни комбинированного сердечника диаметром 20...40 мм должны изготавливаться из стали марки А400...А550. Допускается применение стержней из стали, соответствующей стандартам международной системы диаметром 30-130 мм.

4.8.3 Гофрированная труба комбинированного сердечника должна быть жесткой, однослойной, толщиной не более 1,5 мм и изготовленной из пластика, стойкого к щелочной среде.

4.8.4 Гофрирование пластиковой трубы должно быть непрерывным, перпендикулярным главной продольной оси, гофры в разрезе должны иметь форму треугольника, квадрата или полукруга с отношением высоты к шагу равным 0,15...0,30.

4.8.5 Отдельные звенья пластиковой трубы должны быть сварены или свинчены друг с другом и проклеены поливинилхлоридным клеем. Сами звенья не должны иметь механических повреждений.

4.8.6 Концы пластиковой трубы должны быть заклеены колпаком из такого же пластика. Допускается нижний конец пластиковой трубы не заклеивать колпаком из пластика при условии выпуска пластиковой трубы с бетонным заполнением, превышающим длину арматурного стержня на два диаметра трубы. Заводка верхней части пластиковой трубы в тело ростверка должна быть не менее одного диаметра трубы.

4.9 Для повышения несущей способности грунтоцементных свай по грунту рекомендуется выполнять уширение пяты или устраивать несколько уширенных участков по высоте свайной конструкции.

4.10 При изготовлении грунтоцементных свай в зависимости от инженерно-геологических условий участка и требований к грунтоцементу могут быть использованы цементные растворы с добавками пластифицирующего, стабилизирующего, водоудерживающего, ускоряющего твердение и водоредуцирующего действия согласно ГОСТ 24211-91, обеспечивающими технологические и требуемые проектом физико-механические характеристики инъекционного раствора и грунтоцемента (см. п. 1.1.1 и 4.1) [16, 17].

4.11 Для уточнения прочности грунтоцемента и диаметра свай необходимо выполнить опытные грунтоцементные сваи в количестве не менее 3 шт. Прочность грунтоцемента оценивается по пределу прочности на одноосное сжатие грунтоцементных образцов-кернов, выбуренных из опытных свай и испытанных в 7 и 28-суточном возрасте хранения.

4.12 Контроль качества грунтоцемента осуществляется в соответствии с рекомендациями приложения 3 и [4].

4.13 Для определения интегральных значений прочности и эффективных диаметров грунтоцементных свай при устройстве грунтоцементных свай рекомендуется проводить после схватывания грунтоцемента сейсмоакустический контроль с обязательным подтверждением прямыми измерениями.

4.14 Для предотвращения загрязнения площадки работ изливающейся при изготовлении грунтоцементной сваи пульпы рекомендуется для ее отвода прокладка отводных каналов или лотков в пульпоприемник, расположение которого определяется по месту.

5. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ГРУНТОЦЕМЕНТНЫХ СВАЙ

5.1. Состав и последовательность разработки проектов свайных фундаментов подробно описаны в «Рекомендациях по расчету, свай нового типа в г. Москве» [10].

В настоящем разделе Рекомендаций приводятся правила, связанные со спецификой проектирования грунтоцементных свай.

5.2. Конечной целью проекта является конструирование свай и свайных фундаментов, адекватных нагрузке от сооружения и окружающей застройки.

5.2.1 В процессе проектирования свайных фундаментов строящегося или усиления основания существующего сооружения определяются расчетные нагрузки на грунтоцементную сваю (продольная и поперечная, изгибающий и крутящий моменты) и соответствующие величины несущей способности, в том числе предельное сопротивление грунтового основания или геотехническая несущая способность и прочность ствола или конструкционная несущая способность.

5.3 Геотехническая несущая способность грунтоцементной сваи представляет собой предельное сопротивление грунтового основания, проявляющееся резким увеличением осадки сердечника при плавном росте нагрузки [22].

Геотехническая несущая способность грунтоцементной сваи связана с расчетной нагрузкой коэффициентом безопасности, зависящим от способа ее определения (СП 50-102-2003).

5.4 Конструкция сваи должна удовлетворять требованиям норм проектирования железобетонных элементов [23] по прочности, деформативности и долговечности.

5.4.1 Прочность ствола грунтоцементной сваи (конструкционная несущая способность) определяется расчетом. Расчет прочности грунтоцементной сваи по предельным состояниям I и II группы производится по методикам СНиП 52-01-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции» с учетом дополнительных требований, приведенных в разделе 6.

5.4.2 Расчет прочности ствола сваи следует производить с учетом ее места в составе группы [22].

5.5 Основная проблема, возникающая при проектировании грунтоцементных свай, заключается в том, что большая длина и высокие сопротивления на боковой поверхности позволяют получать геотехническую несущую способность в несколько раз превышающую прочность ствола. В связи с этим, для недопущения перегрузки и разрушения стволов свай, имеющих большую жесткость на вдавливание по грунту, конструкционная несущая

способность грунтоцементной сваи должна превышать геотехническую не менее чем в 1,3 раза.

5.6 В проекте усиления существующих фундаментов следует предусматривать специальный порядок устройства грунтоцементных свай, исключающий развитие дополнительных осадок при устройстве свай в активной зоне оснований существующих фундаментов. Устройство близко расположенных к существующим фундаментам свай допускается только после схватывания и набора не менее 20% прочности грунтоцемента в соседних сваях.

5.7 Расположение свай усиления вокруг существующих фундаментов может быть односторонним или симметричным двусторонним. Одностороннее расположение свай должно подтверждаться расчетами, исключающими возникновение недопустимых деформаций в активной зоне грунтового основания.

5.8 Проектом должны предусматриваться мероприятия для максимально полного включения свай в работу. Для этого в случае устройства дополнительных свай для усиления существующего свайного фундамента с высоким ростверком включение свай в работу может осуществляться с помощью дополнительного узла – винтовой муфты. Преднапряжение свай выполняется с помощью гидродомкратов с последующей вставкой несущих элементов (отрезков труб и др.) и омоноличиванием узла сопряжения.

5.9 Несущая способность грунтоцементных свай по грунту (геотехническая) на вертикальную вдавливающую нагрузку определяется по результатам статических испытаний по методике ГОСТ 5686-94. Статические испытания экспериментальных полномасштабных или рабочих свай в условиях строительной площадки или испытательного полигона являются наиболее достоверным методом определения несущей способности свай.

5.10. Для предварительных расчетов допускается определять несущую способность (геотехническую) расчетом по данным статического зондирования грунтов или по таблицам свойств грунтов по методике СНиП 2.02.03-85 с учетом требований раздела 6 настоящих Рекомендаций.

5.11 В основу проекта устройства грунтоцементных свай должно быть положено следующее:

- сбор нагрузок и конструктивная схема здания;
- инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания;
- исследования грунтов на закрепляемость и грунтоцемента на прочность при одноосном сжатии, а так же коррозионную стойкость по отношению к вмещающим сваи грунтам и грунтовыми водам согласно ГОСТ 27677-88 и СНиП 2.03.11-85;

- полевые испытания свай статической нагрузкой.

5.12 В проектах свайных фундаментов должно предусматриваться проведение натурных измерений деформаций оснований и фундаментов в процессе строительства и первых лет эксплуатации здания [14, 15].

6. РАСЧЕТ ГРУНТОЦЕМЕНТНЫХ СВАЙ

6.1 При расчете грунтоцементных свай, устраиваемых по технологии струйной цементации, определяют следующие несущие способности:

F_d – геотехническая несущая способность (несущая способность по грунту);

F_{mg} – конструкционная несущая способность грунтоцементной сваи (несущая способность грунтоцементной сваи по материалу)

F_{core} – передаточная несущая способность сердечника;

F_{mc} – конструкционная несущая способность сердечника (несущая способность сердечника по материалу).

6.1.1 Геотехническая несущая способность грунтоцементной сваи определяется в соответствии с требованиями главы СНиП 2.02.03-85 «Свайные фундаменты», СП 50-102-2003 и настоящими Рекомендациями.

6.1.2 Конструкционная и передаточная несущая способность определяется в соответствии с требованиями СНиП 52-01-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения», СП 52-101-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры», СНиП 2.03.01-84* и настоящими Рекомендациями.

6.2 Конструкционная несущая способность сердечника должна превышать геотехническую не менее чем в 1,3 раза:

$$F_{mc} \geq 1,3 F_d \quad (6.1)$$

где:

F_d – геотехническая несущая способность грунтоцементной сваи;

F_{mc} – конструкционная несущая способность сердечника.

6.3 При этом сердечник подбирается таким образом, чтобы значение прочности сердечника была как можно ближе к значению прочности контакта сердечник-грунтоцемент. Прочность контакта сердечник-грунтоцемент является передаточной несущей способностью (F_{core}) и представляет собой нагрузку, передаваемую сердечником на грунтоцементную сваю, и определяется настоящими рекомендациями.

6.4 Одиночную грунтоцементную сваю по несущей способности грунта основания следует рассчитывать исходя из условия:

$$N \leq F_d / \gamma_k, \quad (6.2)$$

где:

N – расчетная нагрузка, передаваемая на сваю, кН;

F_d – геотехническая несущая способность сваи, кН;

γ_k – коэффициент надежности, принимаемый 1,25 если несущая способность сваи определена по данным статистических испытаний и 1,4 если несущая способность сваи определена по расчету.

6.5 Геотехническая несущая способность (несущая способность по грунту) F_d для грунтоцементной сваи, работающей на вдавливающую нагрузку, определяется по формуле:

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cr} R A + \sum \gamma_{cf} u f_i h_i), \quad (6.3)$$

где:

F_d – геотехническая несущая способность сваи, кН;

γ_c – коэффициент условий работы сваи в грунте, принимаемый в случае опирания ее на глинистые грунты со степенью влажности $S_r < 0,9$ и на лессовые грунты $\gamma_c = 0,8$, в остальных случаях $\gamma_c = 1,0$;

γ_{cr} – коэффициент условий работы грунта под нижним концом сваи, в т.ч. для свай с уширением, принимаемый равным 1,0;

R – расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, принимаемое по табл. 7.6 или 7.7 СП 50-102-2003, кПа;

A – площадь опирания грунтоцементной сваи, принимаемая по площади поперечного сечения, m^2 ;

u – наружный периметр поперечного сечения грунтоцементной сваи, м;

γ_{cf} – коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности грунтоцементной сваи, принимаемый по п.7 табл. 7.5 СП 50-102-2003;

f_i – расчетное сопротивление i -го слоя грунта на боковой поверхности сваи, принимаемое по табл. 7.2 СП 50-102-2003, кПа;

h_i – толщина i -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи.

6.6 Конструкционная несущая способность грунтоцементной сваи (несущая способность грунтоцементной сваи по материалу) определяется по формуле [13]:

$$F_{mg} = \gamma_e \gamma_c \gamma_m R_b A_{core}, \quad (6.4)$$

где:

F_{mg} – конструкционная несущая способность грунтоцементной сваи, кН;

γ_e – коэффициент, учитывающий влияние случайного эксцентриситета продольной силы согласно п.7 СП 50-102-2003 и СП 52-101-2003 и [22, 23];

γ_c – коэффициент условия работы, принимаемый равным 1,0 для грунтоцементных свай;

γ_m – коэффициент условия работы грунтоцемента, равный 0,9 в связи с его неоднородностью;

R_b – расчетное сопротивление грунтоцемента осевому сжатию, кПа;

A_{core} – площадь поперечного сечения грунтоцементной сваи, м²;

6.7 Передаточная несущая способность сердечника F_{core} , кН для грунтоцементной сваи, при условии наличия грунтоцемента под нижней частью сердечника не менее 3-х его диаметров, определяется по формуле [20, 22]:

$$F_{core} = \gamma_b R_{bt} A_{sh} + R_b S_{sh} \quad (6.5)$$

где:

F_{core} – передаточная несущая способность сердечника;

γ_b – коэффициент сцепления между грунтоцементом и сердечником принимаемый равным:

0,5 – при гладкой поверхности сердечника;

1,0 – при шероховатой поверхности сердечника;

R_{bt} – расчетное сопротивление грунтоцемента осевому растяжению с учетом коэффициентов запаса по материалу;

A_{sh} – эффективная площадь поверхности контакта сердечника с грунтоцементом, м²;

R_b – расчетное сопротивление грунтоцемента осевому сжатию с учетом коэффициентов запаса по материалу;

S_{sh} – эффективная площадь нижнего конца сердечника.

6.8 Конструкционная несущая способность сердечника (несущая способность сердечника по материалу) определяется по формуле [13]:

$$F_{mc} = \gamma_e (\gamma_c \gamma_m R_b A_{core} + \gamma_a R_s A_a), \quad (6.6)$$

где:

F_{mc} – конструкционная несущая способность сердечника, кН;

γ_e – коэффициент, учитывающий влияние случайного эксцентриситета продольной силы согласно п.7 СП 50-102-2003 и СП 52-101-2003 и [22, 23];

γ_c – коэффициент условия работы, равный 0,85 для свай сечением менее 0,3×0,3 м и принимаемый равным 1,0 для свай равного или большего сечения;

γ_m – коэффициент условия работы бетона, равный 1,0 для предварительно изготовленных сердечников;

R_b – расчетное сопротивление бетона осевому сжатию, кПа;

A_{core} – площадь поперечного сечения сердечника, м²;

γ_a – коэффициент условия работы арматуры, рекомендуемый 1,0;

R_s – расчетное сопротивление сжатию арматуры, кПа;

A_a – площадь сечения арматуры, м².

6.7 Для принятия окончательного решения по количеству и параметрам грунтоцементных свай необходимо проведение статических испытаний опытных или рабочих свай в количестве не менее 6% от общего число свай.

ПРИМЕР

Определить расчетным путем несущую способность грунтоцементной сваи, конструкция и инженерно-геологические условия которой показаны на рисунке 8.

ИГЭ 1 – суглинок мягкопластичный $H=2,5$ м; $\rho = 1,6$ г/см³; $\varphi=16^\circ$; $c=11$ кПа; $E=8$ МПа; $I=0,15$; $I_L=0,6$.

ИГЭ 2 – суглинок тугопластичный $H=2,5$ м; $\rho = 1,8$ г/см³; $e=0,85$; $\varphi=18^\circ$; $c=16$ кПа; $E=8$ МПа; $I=0,1$; $I_L=0,5$.

ИГЭ 3 – суглинок полутвердый $H=8,0$ м; $\rho = 1,95$ г/см³; $e=0,85$; $\varphi=22^\circ$; $c=28$ кПа; $E=19$ МПа; $I=0,08$; $I_L=0,2$.

Диаметр грунтоцементной сваи 0,6 м, глубина 9,0 м, прочность грунтоцемента в глинистых грунтах $R_b=3000$ кПа. Сечение железобетонного сердечника $0,3 \times 0,3$ м, длина 7,0 м, бетон класса В20, его расчетная прочность согласно табл. 13 (в графе для тяжелых бетонов) СНиП 2.03.01-84* $R_b=11500$ кПа.

I часть расчета

Находим геотехническую несущую способность и конструкционную способность грунтоцементной сваи по (6.3) и (6.4).

$$F_d = 1,0 \times (1,0 \times 1000 \times 0,28 + [(0,8 \times 3,14 \times 9 \times 2,5) + (0,8 \times 3,14 \times 21 \times 2,5) + (0,8 \times 3,14 \times 60 \times 4,0)]) = 1073 \text{ кН}$$

$$F_{mg} = 1,0 \times 1,0 \times 0,9 \times 3000 \times 0,28 = 756 \text{ кН}$$

Таким образом, для грунтоцементной сваи диаметром 0,6 м в данных геологических условиях геотехническая несущая способность в 1,4 раза выше конструкционной несущей способности сваи.

II часть расчета

В качестве сердечника грунтоцементной сваи принимаем предварительно изготовленную железобетонную сваю сечением $0,3 \times 0,3$ м и длиной 7,0 м, установленную методом погружения в несхватившуюся грунтоцементную сваю, по (6.5) и (6.6):

$$F_{core} = 0,5 \times 300 \times (0,3 \times 4 \times 7,0) + 3000 \times (0,3 \times 0,3) = 1530 \text{ кН}$$

$$F_{mc} = 1,0 \times [1,0 \times 1,0 \times 11500 \times (0,3 \times 0,3) + 1,0 \times 590000 \times 0,000615] = 1398 \text{ кН}$$

Таким образом, передаточная несущая способность сердечника в 1,3 раза больше геотехнической несущей способности сваи.

В качестве несущей способности принимаем наименьшее значение – конструкционную несущую способность сваи, равную 756 кН.

7. ТЕРМИНЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ТЕКСТЕ

Технология струйной цементация (струйная геотехнология) – сущность технологии заключается в использовании энергии высоконапорной струи цементного раствора для разрушения и одновременного перемешивании грунта с цементным раствором.

Грунтоцементная свая – свая, устроенная по технологии струйной цементации грунтов.

Сердечник – армирующий элемент грунтоцементной сваи, представляющий собой металлическую трубу или железобетонную сваю и служащий для восприятия нагрузки от сооружения и перераспределения ее на грунтоцементную сваю.

Грунтоцементная рубашка (оболочка) – элемент грунтоцементной сваи, окружающий сердечник и служащий для перераспределения нагрузки от сердечника на окружающий грунтовый массив.

Буроопускная грунтоцементная свая – свая, устраиваемая путем погружения сердечника в грунтоцементную сваю до начала схватывания грунтоцемента.

Диаметр грунтоцементной сваи – средний диаметр сваи по ее длине.

Геотехническая несущая способность (несущая способность по грунту) – величина, равная предельному сопротивлению грунта основания сваи и определяемая расчетом по таблицам свойств грунтов, а также полевыми испытаниями статической нагрузкой.

Конструкционная несущая способность (несущая способность по материалу) – величина, определяемая расчетом по прочности материала.

Передаточная несущая способностью сердечника – нагрузка, передаваемая сердечником на сваю.

ЛИТЕРАТУРА

1. Противофильтрационные завесы, грунтоцементные сваи, ячеистые конструкции, выполняемые с помощью струйной технологии. Альбомы 1 и 2. Экспериментальный проект. ГПИ Фундаментпроект. М. 1985 г.
2. Рекомендации по сооружению ограждающих и несущих конструкций в грунте с помощью жидкостных струй. НИИОСП, М., 1992 г.
3. Малинин А.Г. Применение «Jet-ground» технологии в транспортном строительстве. // Транспортное строительство. 2001 г.
4. Временный технологический регламент на сооружение грунтоцементных свай с применением струйной технологии, используемых в качестве защитных мероприятий для зданий, попадающих в зону влияния строительства. НИИОСП. 2004 г.
5. Отчет по проведению испытаний опытных грунтоцементных колонн, устраиваемых по технологии струйной цементации грунтов (jet-grouting), при усилении основания сооружения гражданской обороны по адресу: г. Москва, ул. Раменки д.20, ФКС-Л, М., 2005 г.
6. Руководство по проектированию илцементных оснований и фундаментов портовых сооружений. РД 31.31.29-82. М.: В\О «Мортехинформреклама», 1983 г.
7. Бройд И.И. Струйная геотехнология. М., 2004 г.
8. Токин А.Н. Фундаменты из цементогрунта. М., 1984 г.
9. Специальные способы работ и материалы, используемые при сооружении городских транспортных тоннелей. Научные труды ОАО ЦНИИС выпуск № 218. М., 2003 г.
10. George K. Burke. The state of the art of jet grouting in the USA. Nice, 2002.
11. Alp Gokalip. Ground improvement by jet. Nice, 2002.
12. Gustavo T. Armijo. Jet grouting underpinning of buildin. Nice, 2002.
13. Ухов С.Б. и др. Механика грунтов, основания и фундаменты. М, 1994 г.
14. Рекомендации по обследованию и мониторингу технического состояния эксплуатируемых зданий, расположенных вблизи нового строительства или реконструкции. Москомархитектура. М., 1998 г.
15. Пособие к МГСН 2.07-01 «Основания, фундаменты и подземные сооружения». Обследование и мониторинг при строительстве и реконструкции зданий и подземных сооружений. Москомархитектура. М., 2004 г.
16. Баженов Ю.М. Технология бетона. Изд. АСВ, М.2003 г.
17. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. М., 1998 г.
18. Свайные фундаменты. Примеры расчета и проектирования. Методические указания. МГСУ, 1993 г.
19. Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения. М. 1985 г.
20. Методическое пособие и справочные материалы по дисциплине «Железобетонные конструкции». МГСУ, 1999 г.

21. Бедов А.И., Щепетьева Т.А. Проектирование каменных и армокаменных конструкций. М. 2002 г.
22. Рекомендации по применению буринъекционных свай. СТО НИИОСП, 2003 г.
23. СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции. Общие положения.
24. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 51.4-2004. Стандарты организации. Общие положения. М., 2004.

Положение о Стандарте организации

Стандарт организации (СТО) – правовой документ разрабатывается с целью совершенствования научно-технической деятельности, обеспечения качества продукции, распространения и использования результатов работы подразделений как внутри организации, так и на внешнем рынке, а также для защиты интеллектуальной собственности разработчика.

Все вопросы, связанные с порядком разработки, передачи и использования СТО, регулируются ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандарты организаций», ГОСТ Р 1.5-2004 «Стандарты национальные Российской Федерации» и федеральным законом «О техническом регулировании в Российской Федерации» (№184-03 от 27.12.02).

Данный Стандарт организации (СТО) после приобретения его держателем становится его собственностью без права передачи его третьим лицам. В случае передачи этого Стандарта в третью организацию, а также в случае несанкционированного использования этого Стандарта третьей организацией, для виновных наступает ответственность в соответствии с законом РФ «Об авторском праве и смежных правах» N 5351-1 от 9 июля 1993 года. Проектные институты могут применять данный Стандарт только при проектировании объектов держателя стандарта.

СТО приобретается держателем у разработчика на коммерческой основе.

Оборудование для струйной цементации грунтов

- буровая установка (MDT Mc 160 B, MDT Mc 80 BE, Tecniwell TWS 1400 Raptor, IPC Drill 830 L, IPC Drill 830 BB, СБГ-ПМ2);
- насос высокого давления (Tecniwell TW 351, Tecniwell TW 352, Tecniwell TW 400/S);
- миксерная станция (Tecniwell TWM 20, ССТ МХ-М, ССТ МХ-S);
- силос для цемента;
- бак для воды;
- компрессор (при использовании технологии Jet2 и Jet3)

Рекомендации по контролю качества и определению характеристик грунтоцемента

Контроль работ по устройству грунтоцементных свай должен осуществляться на следующих этапах:

- входного контроля поступающих материалов, заключающегося в проверке соответствия их стандартам, техническим условиям, паспортам и другим документам, подтверждающим качество материалов;
- оперативного контроля производства работ, состоящего в проверке соответствия их проекту;
- контрольных работ по определению результатов укрепления основания струйной цементацией и оценке качества после завершения проектного объема работ
- приемочного контроля с составлением акта освидетельствования скрытых работ.

Оперативный контроль осуществляется систематически производителем работ и выборочно авторским надзором проектной организации или техническим надзором заказчика.

Контролю подлежат:

- правильность расположения (нумерации и разбивки) скважин (грунтоцементных свай);
- соответствие технологических режимов цементации (консистенция цементного раствора, расход раствора и давление нагнетания, скорость подъема и вращения монитора и др. параметры) проектным рекомендациям;
- исправность бурового, смесительного, нагнетательного и другого применяемого оборудования и приборов, а также соответствие их требованиям производства работ;
- мониторинг технического состояния зданий попадающих в зону влияния работ;
- полнота и достоверность записей в журналах работ.

Контроль технологического процесса струйной цементации включает:

- непрерывное наблюдение по контрольным приборам за изменением расхода раствора и давления нагнетания (при отступлении от заданных параметров нагнетание раствора останавливается, монитор извлекается из скважины и, при необходимости, сопла очищаются от засорения);
- определение скорости подъема и вращения (рабочего хода монитора) по приборам, фиксирующим скорость подъема (при отсутствии или неисправности контроль скорости подъема осуществляется по вертикальной разметке труб монитора).

Контрольные работы по определению качества грунтоцементных свай, в соответствии с требованиями проекта после завершения работ проводятся путем:

- отбора и испытания кернов из грунтоцементных свай (не ранее 28 суток после изготовления свай);
- проведения испытаний грунтоцементных свай статической нагрузкой (не ранее 28 суток после изготовления свай);
- геофизических исследований грунтоцемента после полного схватывания грунтоцемента (не ранее 28 суток после изготовления свай).

Отбор и испытание кернов грунтоцемента выполняется после выбуривания из грунтоцементной сваи колонковым бурением.

Для оценки качества (однородности и равнопрочности) грунтоцемента отбор образцов и их испытание производятся на всю глубину грунтоцементных свай с отбором образцов через каждый метр.

Номинальные размеры образцов при отборе кернов должны соответствовать ГОСТ 28570-90, в том числе:

- а) диаметр образцов керна может быть от 44 до 150 мм;
- б) высота керна должна равняться 2 диаметрам (допускается применение цилиндров высотой от 0,8 до 2,0 диаметров).

Отбор образцов, транспортировка и хранение выполняется в соответствии с ГОСТ 12071-84.

Геофизические исследования укрепленного грунтоцементными сваями основания заключаются в использовании методов отражения сейсмоакустических волн и выполняются специализированной организацией.

Контроль качества законченных работ производится комиссией в составе представителей строительной организации, заказчика и проектной организации.

Подрядчик должен представить комиссии:

- проект производства работ, дополнения и изменения к нему;
- исполнительные чертежи по законченному участку работ;
- журнал производства работ по струйной цементации;
- результаты определения характеристик грунтоцемента.

По результатам рассмотрения представленной документации комиссия составляет Акт о качестве выполненных работ и их приемке.

Несущая способность грунтоцементных свай в натуральных условиях определяется в соответствии с ГОСТ 5686-94, СНиП 2.02.03-85 в срок не менее 28 суток после изготовления.

Исполнительная документация

Основными формами исполнительной документации при струйной цементации грунтов являются:

1. Журнал производства работ по струйной цементации.
2. Акт освидетельствования скрытых работ.