ПРАВИТЕЛЬСТВО МОСКВЫ

КОМПЛЕКС АРХИТЕКТУРЫ, СТРОИТЕЛЬСТВА,
РАЗВИТИЯ И РЕКОНСТРУКЦИИ ГОРОДА

ГУП «НИИМосстрой»

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по проектированию и устройству свайных фундаментов, выполняемых с использованием разрядно-импульсной технологии для зданий повышенной этажности (сваи-РИТ)

ТР 50-180-06

Москва 2006

gost.e-ecolog.ru

ПРАВИТЕЛЬСТВО МОСКВЫ

КОМПЛЕКС АРХИТЕКТУРЫ, СТРОИТЕЛЬСТВА,
РАЗВИТИЯ И РЕКОНСТРУКЦИИ ГОРОДА

ГУП «НИИМосстрой»

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по проектированию и устройству свайных фундаментов, выполняемых с использованием разрядно-импульсной технологии для зданий повышенной этажности (сваи-РИТ)

ТР 50-180-06

Москва 2006

Технические рекомендации по проектированию и устройству свайных фундаментов, выполняемых с использованием разрядно-импульсной технологии для зданий повышенной этажности (сваи-РИТ). ТР 50-180-06 .
— М.: ООО «УИЦ «ВЕК», 2006. — 68 стр.

Электровзрывы применяются для уплотнения грунта с 1960 г. (приоритет МИСИ № 30166 от 5.06.62). Начиная с 1975 г., электровзрывы используют для изготовления свай.

При подаче высокого напряжения на электроды, погруженные в бетонную смесь, происходит пробой межэлектродного промежутка с взрывообразным преобразованием электрической энергии. Возникающее при этом высокое давление передается через бетонную смесь грунту.

В результате серии электровзрывов в зоне разряда ствол сваи приобретает увеличенный объем, обеспечивающий совместную работу сваи с грунтом.

Технологии, связанные с взрывным преобразованием электрической энергии, называют разрядно-импульсными (РИТ), а изготовленные по этой технологии сваи — сваи-РИТ.

Настоящие технические рекомендации содержат требования к устройству буронабивных свай-РИТ в фундаментах зданий повышенной этажности в г. Москве.

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ РАЗРАБОТАНЫ ГУП «НИИМосстрой». Руководитель разработки — д-р техн. наук В.Л. Кубецкий. В работе над документом принимали участие: канд. техн. наук В.Ф. Афанасьева, канд. техн. наук В.А. Косоруков, В.В. Иванов.

При разработке рекомендаций учтен опыт фирмы «РИТА» по изготовлению свай-РИТ при строительстве зданий повышенной этажности в г. Москве.

РЕКОМЕНДАЦИИ РАЗРАБОТАНЫ СОВМЕСТНО СО СПЕЦИАЛИСТАМИ ООО «МПО РИТА» (канд. техн. наук В.Я. Еремин, канд. техн. наук В.С. Евдокимов, канд. техн. наук О.В. Кабанцев, канд. физ.-мат. наук С. Ф. Аптикаев, А.А. Буданов, А.В. Еремин, И.З. Мурсалимов, С.Ф. Раянов, Н.В. Сарафанов, А.В. Серов, Ю.В. Сигут, С.Н. Шальнев).

В работе над рекомендациями использованы нормативные документы, разработанные специалистами НИИОСП им. Н.М. Герсеванова (д-р техн. наук Б.В. Бахолдин, д-р техн. наук А.А. Григорян, д-р техн. наук М.И. Смородинов, канд. техн. наук Х.А. Джантимиров, канд. техн. наук А.М. Дзагов, канд. техн. наук П.И. Ястребов), ВТИ ЖД ВВС (д-р техн. наук Г.Н. Гаврилов, А.Л. Егоров).

Разделы рекомендаций, касающиеся армирования свай, расчета несущей способности свай по материалу, долговечности бетона, разработаны совместно со специалистами НИИЖБ (д-р. техн. наук В.Ф. Степанова, д-р техн. наук С.А. Мадатян, д-р техн. наук В.В. Шугаев, канд. техн. наук Н.К. Розенталь, канд. техн. наук З.У. Беппаев, канд. техн. наук В.А. Титаев, канд. техн. наук Е.С. Фридлянов, канд. техн. наук М.Я. Якобсон, Е.А. Черныгов, В.В. Дьячков), ПКТ ФГУП КТБ ЖБ (канд. техн. наук В.Н. Лавров, канд. техн. наук А.А. Петрий, канд. техн. наук Е.С. Фискинд).

© ГУП «НИИМосстрой»

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения 4
2. Термины и определения 5
3. Нормативные ссылки 5
4. Требования к материалам и конструкциям свай-РИТ 7
4.1. Требования к бетону 7
4.2. Требования к вяжущим материалам 7
4.3. Требования к воде 7
4.4. Требования к заполнителям 7
4.5. Требования к добавкам 7
4.6. Требования к бетонным смесям 8
4.7. Требования к приготовлению и хранению бетонных смесей 8
4.8. Требования к арматурным каркасам 8
4.9. Требования к арматуре для изготовления каркасов 9
4.10. Требования к электродам для ручной дуговой сварки 9
4.11. Требования к изготовлению арматурных каркасов 10
5. Буровые работы 10
6. Бетонирование свай-РИТ 11
7. Особенности производства бетонных работ при отрицательной температуре 11
8. Производство бетонных работ при температуре выше + 25 °С 12
9. Разрядно-импульсная обработка (РИО) 12
10. Монтаж арматурных каркасов 13
11. Вибрационная обработка бетонной смеси 13
12. Уход за бетоном 13
13. Технологическая схема изготовления свай-РИТ 14
14. Проектирование и расчет свай-РИТ 15
14.1. Общие положения проектирования и расчета несущей способности свай-РИТ 15
14.2. Общие принципы конструирования фундаментов на сваях-РИТ 16
14.3. Расчет свай-РИТ по материалу ствола 17
14.4. Расчет на местное сжатие (смятие) 20
14.5. Конструирование свай-РИТ 21
14.6. Продольное армирование свай-РИТ 21
14.7. Поперечное армирование свай-РИТ 23
14.8. Анкеровка продольной арматуры сваи в плите 23
14.9. Соединение секций арматурного каркаса сваи 23
14.10. Расчет несущей способности сваи-РИТ по грунту 24
14.11. Расчет осадок свай-РИТ 27
15. Обеспечение качества проектирования и изготовления свай-РИТ 27
16. Обеспечение требований экологии и охраны труда 28
17. Приложения 30
П.1. Термины и определения 30
П.2. Методы защиты железобетонных свай-РИТ от грессивного воздействия грунтов и грунтовых вод 31
П.3. Примеры расчета сваи-РИТ 32
П.4. Пример оформления пояснительной записки к проету свайного основания из свай-РИТ 39
П.5. Изменение прочности бетона сваи-РИТ в зависимости от температуры укладываемой бетонной смеси и грунта 42
П.6. Таблицы расчетных сопротивлений грунта под нижним концом сваи-РИТ и на боковой поверхности сваи 43
П.7. Предельные амплитуды скоростей перемещения конструкций 47
П.8. Классификация грунтов по трудоемкости бурения для составления смет и графиков производства работ при изготовлении свай-РИТ 47
П.9. Схема входного и пооперационного контроля качества изготовления свай-РИТ 51

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Настоящие Технические рекомендации распространяются на проектирование и устройство буронабивных свай, изготавливаемых с применением разрядно-импульсной технологии (сваи-РИТ), которые используются в конструкциях фундаментов зданий повышенной этажности, сооружений I (повышенного) уровня ответственности, многофункциональных высотных зданий и комплексов.

Рекомендации допускается использовать при проектировании оснований из свай-РИТ для зданий и сооружений II и III уровня ответственности, реконструируемых зданий, памятников архитектуры, а также зданий, расположенных в плотной застройке.

Камуфлетные увеличения объема (уширения) в основании и на стволе свай-РИТ позволяют эффективно использовать сопротивление грунта и работать системе свая-грунт как единый геотехнический массив. Устроенные в глубоких котлованах сваи-РИТ препятствуют разуплотнению грунта и подъему дна. Испытания свай-РИТ по грунту подтверждают их высокую несущую способность в сравнении с другими сваями равного диаметра.

Сваи-РИТ изготавливают в скважинах с начальным диаметром при бурении от 80 до 450 мм.

Надежность свай-РИТ обеспечивается выбором качественных материалов, назначением размеров и конструированием в соответствии с настоящими рекомендациями. Должны быть соблюдены технологические требования, изложенные в ППР, проведены статические испытания грунтов натурными сваями-РИТ, а также испытания материала ствола сваи в соответствии с указаниями настоящих Рекомендаций.

1.2. Настоящий документ регламентирует:

— расчет несущей способности свай-РИТ по материалу и грунту;

— конструирование свай-РИТ;

— требования к материалам для изготовления свай-РИТ (бетонным смесям и их составляющим, арматурным каркасам и арматуре);

— технологические операции, обеспечивающие получение расчетной несущей способности свай-РИТ (формирование скважины, заполнение скважин бетоном, разрядно-импульсную обработку бетона и грунта, монтаж арматурного каркаса сваи);

— порядок определения несущей способности свай по грунту и материалу по результатам испытаний;

— пооперационный контроль качества изготовления свай-РИТ;

— требования по экологии и охране труда.

1.3. Основания высотных зданий на сваях-РИТ следует проектировать в соответствии с настоящими Рекомендациями и учетом:

— данных инженерно-геологических изысканий для проектирования, включая информацию об уровне карстовой опасности участка застройки, агрессивности грунтов и грунтовых вод к бетону;

— сейсмического районирования территории г. Москвы (для зданий высотой 100 м и более);

— данных об уровне ответственности и высоте здания;

— конструктивной схемы здания, технологических особенностей и условий эксплуатации, требований по предельным осадкам, относительной разности осадок и кренов;

— расчетных нагрузок, действующих в уровне ростверка;

— результатов обследования объектов существующей застройки, включая подземные сооружения и коммуникации, для учета взаимного влияния;

— технических условий, выдаваемых службами, отвечающими за эксплуатацию подземных сооружений.

1.4. Объем инженерно-геологических изысканий для проектирования фундаментов на сваях-РИТ устанавливается в соответствии с СП 50-102-2003 (раздел 5 и приложение В), МГСН 2. 07-01 (раздел 5) и **Общими положениями к техническим требованиям по проектированию жилых зданий высотой более 75 м.**

Разработаны ГУП «НИИМосстрой»	Утверждены Руководителем департамента градостроительной политики, развития и реконструкции города Москвы Приказ № 96 от 6 мая 2006 г.	Дата введения в действие 1 ноября 2006 г.

1.4.1. Для уточнения характеристик свай-РИТ, их несущей способности и технологии изготовления допускается дополнять инженерно-геологические изыскания полевыми испытаниями грунтов натурными сваями-РИТ по программе, отвечающей требованиям ГОСТ 5686-94 (приложение А) с учетом положений настоящих Рекомендаций.

1.4.2. В процессе устройства свайного поля следует выполнить контрольные испытания свай статической вдавливающей нагрузкой для проверки соответствия несущей способности свай-РИТ расчётным нагрузкам, заданным проектом.

Статические испытания на горизонтальную нагрузку проводят в случаях, когда количество свай определяется по величине горизонтальных усилий и превышает необходимое количество свай для восприятия вертикальных усилий, а также в случаях, когда горизонтальные перемещения оказывают существенное влияние на статическую работу надземных конструкций.

1.4.3. В проекте свайного поля следует указывать участки с наиболее сложными и неблагоприятными грунтовыми условиями, на которых должны быть проведены контрольные испытания, а сваи для испытаний выбирать произвольно.

В качестве анкерных свай рекомендуется использовать рабочие, если они расположены на расстоянии, допускаемом ГОСТ 5686-94.

1.4.4. При устройстве свай-РИТ на расстоянии менее 10 м до ближайшего здания следует контролировать динамическое (сейсмическое) воздействие разрядно-импульсной обработки (РИО) на грунт, конструкции фундаментов, стены и перекрытия. В Приложении 7 приведены величины предельных скоростей амплитуд колебаний.

1.4.5. При устройстве свай-РИТ следует проверить динамическое воздействие работы экскаваторов, бурового и другого оборудования на конструкции фундаментов, стен и перекрытий зданий, находящихся в зоне влияния работ.

1.5. По условиям взаимодействия свай-РИТ с грунтом их следует относить к висячим сваям, несмотря на высокую жёсткость системы свая-грунт. В расчёте висячих свай следует учитывать, что нагрузка передаётся основанию боковой поверхностью и нижним концом сваи.

1.6. Способы подготовки забоя скважины для изготовления свай-РИТ могут быть следующими:

— разрыхлённый буровым инструментом грунт в забое скважины уплотняется электровзрывами в бетонной смеси;

— разрыхлённый буровым инструментом грунт в забое скважины удаляется интенсивной промывкой забоя и скважины бетонной смесью с последующим уплотнением грунта электровзрывами в зоне нижнего конца сваи;

— заполнение скважины бетонной смесью под давлением через полые шнеки с последующей обработкой забоя и ствола сваи электровзрывами;

— заполнение скважины цементным раствором с обработкой забоя и ствола сваи электровзрывами с последующим вибропогружением, вдавливанием или забивкой предварительно изготовленной сваи (нагеля).

2. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Термины и определения приведены в Приложении 1.

3. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ В НАСТОЯЩЕМ РЕГЛАМЕНТЕ

СНиП 2.02.01-83* Основания зданий и сооружений.

СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты.

СНиП 11-02-96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.

СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии.

СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.

СНиП 12-01-2004 Организация строительства.

СНиП 3.02.01-87 Земляные сооружения, основания и фундаменты.

СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции.

СНиП 12-03-2001 Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования.

СНиП 12-04-2002 Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство.

СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства.

СП 50-101-2004 Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений.

СП 50-102-2003 Проектирование и устройство свайных фундаментов.

СП 52-101-2003 Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры.

ТСН 102-00* Железобетонные конструкции с арматурой классов А500С и А400С.

Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкции из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101-2003). М., НИИЖБ. 2005.

Пособие по проектированию защиты от коррозии бетонных и железобетонных строительных конструкций (к СНиП 2. 03. 11-85).

ГОСТ Р 12.3.048-2002 Производство земляных работ способом гидромеханизации. Требования безопасности.

ГОСТ 27751-88*. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету.

ГОСТ 25192-82*. Бетоны. Классификация и общие технические требования.

ГОСТ 26633-91*. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия.

ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.

ГОСТ 17624-87. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности.

ГОСТ 27006-86. Бетоны. Правила подбора состава.

ГОСТ 7473-94. Смеси бетонные. Технические условия.

ГОСТ 10181-2000. Смеси бетонные. Методы испытаний.

ГОСТ 30515-97. Цементы. Общие технические условия.

ГОСТ 31108-2003. Цементы общестроительные. Технические условия.

ГОСТ 10178-85. Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия.

ГОСЬ 5686-94. Грунты. Методы полевых испытаний сваями.

ГОСТ 22266-94. Цементы сульфатостойкие. Технические условия.

ГОСТ 8267-93*. Щебень и гравий из плотных пород для строительных работ. Технические условия.

ГОСТ 8736-93*. Песок для строительных работ. Технические условия.

ГОСТ 23732-79. Вода для бетонов и растворов. Технические условия.

ГОСТ 24211-2003. Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические требования.

ГОСТ 30459-2003. Добавки для бетонов и строительных растворов. Методы определения эффективности.

ГОСТ 10922-90. Арматурные и закладные изделия сварные, соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Общие технические условия.

ГОСТ 14098-91. Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкции и размеры.

ГОСТ 5686-94. Грунты. Методы полевых испытаний сваями.

МГСН 2.07-01. Основания, фундаменты и подземные сооружения. М., НИИОСП, 2001.

МГСН 2.08-01. Защита от коррозии бетонных и железобетонных конструкций жилых и общественных зданий.

МГСН 2.09-03. «Защита от коррозии бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений» Пособие к МГСН 2.09-03.

РТ 166-04. Технические рекомендации по обеспечению качества бетонных и растворных смесей и предотвращению коррозии бетона железобетонных конструкций. М., НИИМосстрой, МГСН 4.19-05 (временные). Многофункциональные высотные здания и комплексы. М., 2005 (не утвержденные).

ВТУ. Временные технические условия по расчету, проектированию и производству работ по свайным фундаментам зданий и сооружений в г. Москве. М., 1988.

ТР 108-00. Технические рекомендации по натурным испытаниям грунтов железобетонными сваями в условиях строительства. М., НИИМосстрой, 2000.

ТР 100-99. Технические рекомендации по устройству фундаментов из буронабивных свай в условиях существующей застройки. М., НИИМосстрой, 2000.

ВСН 32-95. Указания по устройству свайных фундаментов для домов повышенной этажности. М., НИИМосстрой, 1996.

РТМ 393-94. Руководящие технологические материалы по сварке и контролю качества соединений арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. М., НИИЖБ. 1994.

Общие положения к техническим требованиям по проектированию жилых зданий высотой более 75 м. М.: ЦНИИЭПжилища, НИИОСП им. Н.М. Герсеванова, СантехНИИпроект. 2002.

Временная инструкция по устройству набивных свай, изготавливаемых с использованием разрядно-импульсной технологии (сваи «РИТА»). М., -С. Пб., НИИОСП-РИТА. 1993.

Методика определения несущей способности висячих свай-РИТ по грунту. М., НИИОСП-РИТА. 2001.

Руководство по проектированию железобетонных конструкций с жесткой арматурой. М., Стройиздат, НИИЖБ-ЦНИИпромзданий, 1978.

Руководство по проектированию свайных фундаментов. М., НИИОСП. 1980.

Рекомендации по проектированию и устройству оснований, фундаментов и подземных сооружений при реконструкции гражданских зданий и исторической застройки. М., НИИОСП. 1998.

Рекомендации по обследованию и мониторингу технического состояния эксплуатируемых зданий, расположенных вблизи нового строительства или реконструкции. М., НИИОСП. 1998.

Рекомендации по проектированию и устройству оснований и фундаментов при возведении зданий вблизи существующих в условиях плотной застройки в г. Москве. М., НИИОСП. 1999.

Положение о едином порядке предпроектной и проектной подготовки строительства в г. Москве. М., 2001.

Правила подготовки и производства земляных работ, обустройство и содержания строительных площадок в городе Москве. М., 2004.

Регламент подготовки, организации и производства строительных (земляных) работ в стесненных условиях городской застройки. М., НИИОСП. 2000.

Руководство по применению химических добавок в бетоне. М., Стройиздат: НИИЖБ. 1980.

Руководство по зимнему бетонированию с применением метода термоса. М., Стройиздат, НИИЖБ. 1975.

Рекомендации по приготовлению бетонных смесей повышенной сохраняемости с химическими добавками. М., НИИЖБ. 1983.

Постановление Правительства Москвы от 11.10.05 г. № 780-ПП: «О внесении изменений в постановление Правительства Москвы от 7.12.04 г. № 857-ПП».

4. ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ СВАЙ-РИТ

4.1. Требования к бетону

4.1.1. В соответствии с положениями СНиП 52-01-2003, СП 52-101-2003 сваи-РИТ выполняются из железобетона, для которого используется бетон класса не ниже В25 по прочности на сжатие. Для высотных зданий рекомендуется применять мелкозернистый бетон класса В30 и марки по водопроницаемости не ниже W6 (ГОСТ 26633-91*) и не ниже значений, приведенных в СНиП 2.03.11-85, МГСН 2.08-01, МГСН 2.09-03.

4.1.2. В грунтах с агрессивными средами коррозионную стойкость свай-РИТ следует обеспечивать методами, рекомендованными в приложении 2.

4.1.3. Требования к бетону по прочности должны быть обеспечены в возрасте, который указан в проектной документации на сваи-РИТ в зависимости от условий твердения бетона и сроков фактического загружения проектной нагрузкой.[1] Если проектный возраст не указан, требования к бетону по прочности на сжатие должны быть обеспечены в возрасте 28 сут.

[1] Экономическая целесообразность этого положения норм обосновывается тем, что продолжительность возведения высотного здания достигает 1 года и более, за это время бетон свай-РИТ в условиях стабильной влажности и температуры окружающего грунта +5...8 °С набирает до 130% от прочности бетона на сжатие в возрасте 28 сут. (приложение п. 5).

4.2. Требования к вяжущим материалам

4.2.1. В качестве вяжущих материалов следует применять портландцементы (ГОСТ 10178-85*) и сульфатостойкие цементы (ГОСТ 22266-94) марки не ниже М400.

4.2.2. Вид и марку цемента следует назначать в проектной документации на сваи-РИТ с учетом рекомендаций Приложения 2, степени агрессивного воздействия грунта и грунтовых вод (СНиП 2.03.11-85, МГСН 2.08-01, МГСН 2.09-03), на основании отчета об инженерно-геологических изысканиях на месте будущего строительства.

При использовании пластифицированных или гидрофобных цементов, применение суперпластификаторов допускается после определения эффективного количества добавки для данного вида цемента.

4.2.3. При сильной степени агрессивности, превышающей показатели, приведенные в СНиП 2.03.11-85 (табл. 4; 6; 7), следует применять комплексные методы защиты от коррозии, согласованные с лабораторией коррозии бетонов ГУП «НИИЖБ» или другой организации, специализирующейся на защите бетона от коррозии.

4.3. Требования к воде

Вода для затворения бетонной смеси и приготовления растворов химических добавок, промывки оборудования и транспортных магистралей должна соответствовать требованиям ГОСТ 23732-79.

4.4. Требования к заполнителям

4.4.1. Заполнителем для бетона свай-РИТ служит кварцевый песок, отвечающий требованиям ГОСТ 8736-93*, допускается добавлять щебень и гравий фракции 5—10 мм (3—10 мм) из изверженных пород, отвечающий требованиям ГОСТ 8267-93*.

4.4.2. Кварцевый песок подбирают по зерновому составу, содержанию пылевидных и глинистых частиц. Допускается применение чистых мелких песков с модулем крупности не менее 1,7.

4.5. Требования к добавкам

4.5.1. При изготовлении бетонов для свай-РИТ допускается использовать следующие добавки: суперпластификаторы, ускорители твердения, замедлители схватывания, минеральные микронаполнители, ингибиторы коррозии, гидрофобизирующие, воздухововлекающие и противоморозные.

4.5.2. Добавки, вводимые в бетон, в обязательном порядке проверяются строительной лабораторией на эффективность по ГОСТ 30459-2003.

4.5.3. При использовании добавок необходимо соблюдать рекомендации ГОСТ 24211-2003, «По-

собия по применению химических добавок при производстве сборных железобетонных конструкций и изделий» (к СНиП 3.09. 01-85) и «Руководства по применению химических добавок в бетоне» НИИЖБ, — М.: Стройиздат, 1981.

4.5.4. Введение в бетон солей натрия и калия не допускается.

4.6. Требования к бетонным смесям

4.6.1. Подбор состава бетонной смеси для каждого объекта следует выполнять в строительной лаборатории по ГОСТ 27006-86 с определением состава и количества добавок с последующим испытанием.

4.6.2. Бетонные смеси для свай-РИТ должны соответствовать требованиям ГОСТ 7473-94 и иметь следующие показатели качества:

— удобоукладываемость П-4...П-5;

— расслаиваемость (водоотделение не более 2%);

— удобоукладываемость не ниже П-4 должна сохраняться не менее 4 ч[1];

4.6.3. Для предотвращения ложного схватывания при устройстве свай в песчаных грунтах с природной влажностью 4—9% в бетонную смесь допускается вводить водоудерживающие добавки с обязательной проверкой их влияния на снижение кубиковой прочности бетона.

4.7. Требования к приготовлению и хранению бетонных смесей

4.7.1. Бетонные смеси для свай-РИТ допускается готовить на строительной площадке из отдельных компонентов или сухих смесей, изготовленных по специальной рецептуре на фракционированном песке с заданным модулем крупности. Товарная бетонная смесь, изготовленная по специальной рецептуре, также может использоваться.

4.7.2. На строительных площадках влажность песка, хранящегося на открытом воздухе, меняется, поэтому рекомендуется периодически определять влажность и корректировать количество вводимой в бетон воды.

4.7.3. Сухие смеси поставляются в мешках по 50 кг или в цементовозах. Все добавки, которые назначены строительной лабораторией, могут вводиться в процессе приготовления бетонной смеси на строительной площадке.

4.7.4. Дозирование компонентов бетонных смесей следует производить по массе. Точность дозирования для цемента, воды, добавок — ± 1%, для заполнителей — ± 2%. Допускается объемное дозирование сыпучих материалов с теми же погрешностями дозирования для бетоносмесительных установок (БСУ), производящих до 5 м³/ч. При любой производительности БСУ допускается дозирование по объему воды и добавок, вводимых в бетонную смесь в виде водных растворов.

4.7.5. Дозировку компонентов бетонной смеси следует корректировать с учетом свойств цемента, влажности и гранулометрического состава заполнителей, требуемой прочности бетона в заданные сроки, его водонепроницаемости и технологических параметров бетонной смеси.

4.7.6. В процессе приготовления бетонной смеси необходимо соблюдать последовательность загрузки смесителя и установленную продолжительность перемешивания составляющих.

4.7.7. Запрещается добавлять в бетонную смесь воду для увеличения ее подвижности.

4.7.8. Состав бетонной смеси, порядок приготовления, правила приемки, методы контроля и транспортирования должны соответствовать ГОСТ 7473-94.

4.7.9. Время доставки готовой бетонной смеси на строительный объект в автобетоносмесителях (миксерах) не должно превышать 1,5 ч.

4.7.10. Основные условия при работе с бетонной смесью:

— бетонная смесь должна вырабатываться в течение 3—3,5 ч;

— при хранении бетонная смесь должна постоянно перемешиваться;

— при длительном хранении (но не более конца срока схватывания — в зависимости от температуры, добавок и вида используемого цемента до 6—8 ч) допускается регулировать подвижность бетонной смеси добавлением цементного молочка (В/Ц = 0,8: на 200 л воды 250 кг цемента) или добавки пластификатора в объеме, рекомендованном лабораторией.

4.8. Требования к арматурным каркасам

4.8.1. Арматурные каркасы для свай-РИТ изготавливают из арматурной стали в соответствии с требованиями ГОСТ 10922-90 и СТО АСЧМ 7-93. Допускается использование в качестве армирующих элементов стального проката: труб, балок и других профилей, а также их сочетаний между собой и с арматурой.

4.8.2. При длине арматурного каркаса, превышающей длину используемого проката, каркас изготавливается из нескольких стыкуемых в дальнейшем секций.

4.8.3. Длину секций следует определять в проекте с учетом условий строительства (ограничения по высоте при монтаже), возможностей обо-

[1] При подборе состава бетонной смеси следует руководствоваться «Рекомендациями по приготовлению бетонных смесей повышенной сохраняемости с химическими добавками». — М., НИИЖБ, 1983.

рудования для подъема и погружения секций каркаса, длины проката и гибкости (жесткости) секции или каркаса при его переводе из горизонтального положения в вертикальное.

4.8.4. Длина выпусков продольной арматуры в секциях арматурного каркаса и способы соединения секций должны устанавливаться проектом.

4.8.5. Отклонения от указанных в проекте размеров секций сварных арматурных каркасов не должны превышать следующих величин (мм):

— длина секции каркаса (по длине продольного стержня) при длине секции:

2350...5850	+ 20 — 40
5850...9600	+ 30 — 50
9600...11700	+100 — 50

— расстояние от установочного кольца до верхнего торца каркаса нижней секции ± 10

— расстояние от установочного кольца до нижнего торца нижней секции арматурного каркаса ± 150[1]

— расстояние от установочного кольца до нижнего торца верхней секции арматурного каркаса ± 10

— расстояние от установочного кольца до верхнего торца верхней секции арматурного каркаса ± 150

— расстояние между установочными кольцами ± 50

— шаг навивки ± 50

— расстояние между продольными стержнями ± 10

— криволинейность секции каркаса на длине до 11700 мм ± 6

4.8.6. Арматурные каркасы принимаются партиями по результатам визуального осмотра и измерений. На принятую партию каркасов выписывается паспорт качества, который является сопроводительным документом при отправке каркасов на строительный объект. Приемка каркасов осуществляется в соответствии с ГОСТ 10922-90.

Примечания:

1. Партия готовых арматурных каркасов должна состоять из набора секций, входящих в каркас сваи одного типоразмера, изготовленных по единой технологии одним звеном сварщиков за одну смену.
2. Число изделий, отбираемых из партии для осмотра и измерений, должно быть не менее трех.

[1] Размер принят с учетом допускаемых ГОСТ 5781-82* отклонений по длине мерной арматуры обычной точности порезки, установленных для металлургических предприятий.

4.9. Требования к арматуре для изготовления каркасов

4.9.1. Для рабочих (продольных) стержней рекомендуется применять арматуру класса А500С. Расчетные сопротивления сжатой арматуры для предельных состояний первой группы следует принимать R_{sc} = 435 МПа.

Для изготовления сварных каркасов не рекомендуется применять арматуру из стали марки 35ГС.

4.9.2. Применение арматурной стали диаметром менее 14 и более 32 мм в качестве продольных (рабочих) стержней не рекомендуется.

4.9.3. Кривизна стержней не должна превышать 0,6% измеряемой длины. Предельное отклонение по длине мерных стержней:

— при длине до 6 м включительно ± 50 мм;

— при длине более 6 м ± 70 мм.

4.9.4. Для спиральной навивки следует применять арматуру класса А240 диаметром 6—10 мм, В500 диаметром 4—8 мм.

4.9.5. Не допускается применять арматурную сталь с отслаивающейся ржавчиной без предварительного удаления, отслоившегося слоя. Допускается использовать арматурную сталь с налетом ржавчины толщиной до 100 мкм, т. к. она не снижает прочности сцепления арматуры с бетоном и влияет незначительно на коррозионное состояние арматуры после бетонирования.

4.9.6. Допускается хранение арматурной стали на открытом воздухе в количестве, которое будет израсходовано в течение одного месяца.

4.9.7. Проволока вязальная должна соответствовать требованиям ГОСТ 3282-74*. Диаметр проволоки — 1,2—2,0 мм. Для вязки каркасов применяется отожженная проволока.

4.10. Требования к электродам для ручной дуговой сварки

4.10.1. Для ручной дуговой сварки арматуры и элементов закладных изделий следует использовать электроды (ГОСТ 9466-75*).

4.10.2. Для электродуговой сварки арматурной стали класса А400С, А500С с закладными деталями, кольцами, фиксаторами следует применять электроды типа Э42А, Э46А, Э50А.

4.10.3. Электроды, хранящиеся более 3 мес. на складе или более 5 сут. на месте производства работ, должны быть прокалены в электрическом шкафу. При обнаружении влажности покрытия или большой пористости сварных швов прокаливание электродов обязательно независимо от срока их хранения в течение 40—60 мин. при температуре 160—180 °С. Температура прокаливания

электродов уточняется по данным в паспорте. Прокаленные электроды для дуговой сварки подаются на рабочее место в количестве, необходимом для работы сварщика в течение половины смены.

4.11. Требования к изготовлению арматурных каркасов

4.11.1. Арматурные каркасы следует изготавливать преимущественно на станках контактной сварки. Допускается ручная электродуговая сварка.

4.11.2. Арматурные каркасы должны изготавливаться под навесом, защищающим место сварки от атмосферных осадков.

4.11.3. Установочные (монтажные) кольца требуемого диаметра могут изготовляться навивкой из проволоки диаметром 6—10 мм или полосы толщиной 3—6 мм и шириной не менее 30 мм. Для тяжелых каркасов из рабочей арматуры диаметром 25 мм установочные кольца рекомендуется изготавливать из труб диаметром 125—219 мм.

4.11.4. Рабочие стержни привариваются к установочным кольцам электродуговой сваркой швами типа К3-Рр с ненормируемой прочностью. В этом случае спиральная навивка крепится к рабочим стержням вязальной проволокой.

4.11.5. При использовании горячекатаной арматуры классов А500С$_{(ГК)}$ и А400С$_{(ГК)}$ следует применять сварные соединения и способы сварки, установленные ГОСТ 14098-91 и РТМ-393-94 для арматуры класса А-Ш.

Сталь классов А500С и А400С по сравнению со сталью класса А-III (ГОСТ 5781-82*) обладает повышенной стойкостью против хрупких разрушений при малых тепловложениях, что позволяет применять дуговую сварку (прихватками) крестообразных соединений (тип К3 по ГОСТ 14098-91).

Дуговая сварка прихватками К3-Рр крестообразных соединений выполняется электродами типа Э42, Э46, Э42А и Э46А диаметром 4—5 мм или механизированным способом в среде CO_2 с использованием проволоки сплошного сечения марки СВ08ГА или СВ08Г2С диаметром 2 мм (ГОСТ 2246-70*).

4.11.6. Контактная стыковая сварка С1-Ко и С1-Ки выполняется по режимам, принятым в РТМ 393-94, для термомеханически упрочненной арматуры классов А400С и А500С методом непрерывного оплавления без предварительного подогрева.

Для стыковой сварки термомеханически упрочненной арматурной стали следует выполнять сварные соединения по типу, конструкции и размерам, в соответствии с требованиями ГОСТ 14098-91. Сварные соединения должны иметь временное сопротивление разрыву не менее $0{,}9\sigma_в$.

5. БУРОВЫЕ РАБОТЫ

5.1. Проходка скважин для свай-РИТ выполняется с выемкой и без выемки грунта.

Проходка скважины с выемкой грунта:

— колонковое бурение применяется для скважин с высокой точностью расположения в плане для проходки техногенных грунтов, фундаментов из кирпичной кладки, бутовой кладки из известняка, из окремненного известняка, доломита, гранита, бетонных блоков, железобетонных элементов, погребенных металлоконструкций;

— шнековое бурение используется для проходки скважин в мягких грунтах. В неустойчивых грунтах (текучих и текучепластичных супесях, водонасыщенных песках и т. п.) бурение следует осуществлять проходными (полыми) шнеками. По мере извлечения шнека полость скважины синхронно заполняется бетонной смесью с объемной массой 2,0—2,4 т/м^3,большей, чем у грунта (1,65—1,9 т/м^3), что обеспечивает устойчивость стенок скважины;

— бурение с промывкой скважины водой или буровым раствором. Следует ограничивать скорость выхода жидкости из бурового инструмента до 1 м/сек. для исключения размыва грунта в забое скважины. После окончания бурения буровая жидкость замещается бетонной смесью, подаваемой по буровому ставу или через заливочную колонну;

— бурение с продувкой скважины сжатым воздухом допускается только при креплении стенок скважины обсадными трубами или пневмоударниками в скальных грунтах, бетонных и железобетонных элементах.

Проходка скважины без выемки грунта:

— проходка пневмопробойниками в пластичных связных грунтах, не имеющих скальных и т. п. включений;

— погружением труб с нижним концом, закрытым теряемым наконечником, путем забивки, вибрации, вдавливания или сочетанием нескольких приемов с последующим их извлечением;

— проходка скважины раскатчиками одноразовыми (теряемыми) и извлекаемыми с проходным каналом для подачи в забой бетонной смеси.

5.2. Способ проходки скважин следует определить в ППР в зависимости от грунтовых и гидрогеологических условий площадки, близко расположенной застройки, имеющегося оборудования и опыта подрядной организации.

5.3. При бурении следует контролировать характеристики грунта основания по длине и в за-

бое скважины (под нижним концом сваи) для сопоставления их с данными, принятыми в проекте, т.е. в расчетах несущей способности сваи.

6. БЕТОНИРОВАНИЕ СВАИ-РИТ

6.1. Заполнение скважины бетонной смесью следует производить по буровому ставу (см. п. 6. 3) или через трубу-инъектор. Во всех случаях заполнение должно производиться от забоя скважины снизу вверх до полного вытеснения бурового раствора и появления в устье скважины чистой бетонной смеси.

6.2. Бетонная смесь подается в скважину бетононасосами производительностью не менее 10 м³/ч при давлении 0,5—5,0 МПа с сохранением свойств бетонной смеси.

6.3. После бурения скважины до заданной глубины проходным шнеком в полость шнека следует подать 40—50 л цементного молока с В:Ц = 1:1. Затем полость шнека заполняют бетонной смесью, открывают клапан, совмещенный с буровой коронкой (или выбивают теряемый наконечник), и через полость в шнеке диаметром 40—220 мм нагнетают в скважину бетонную смесь. После заполнения свободного пространства под долотом шнек поднимают с одновременной и непрерывной подачей в скважину под давлением бетонной смеси. Скорость подъёма шнека синхронизируется со скоростью подачи бетонной смеси в скважину, для чего следует контролировать движение бетонной смеси для предотвращения образования пониженного давления в скважине под шнеком.

В устойчивых скважинах, бурение которых осуществляется непроходными шнеками, если они заканчиваются в глинах или суглинках, после подъема шнека в забой опускают заливочную колонну, через которую подается бетонная смесь для промывки забоя скважины от фрагментов грунта, разрушенного буровым инструментом, и выноса их на поверхность.

6.4. Следует контролировать объем закачиваемой в скважину бетонной смеси, сопоставляя его с проектным, и объемом выбуренного грунта, причем объем закачанной в скважину бетонной смеси должен превышать объемом выбуренного грунта.

6.5. После извлечения бурового инструмента из скважины в ее устье устанавливают тонкостенную (t = 2—3 мм)[1] стальную трубу-кондуктор длиной не менее 0,5 м диаметром, соответствующим диаметру скважины, или инвентарный патрубок-кондуктор, возвышающийся над поверхностью грунта на 50 мм, место примыкания трубы с грунтом по периметру скважины уплотняют, для исключения попадания в скважину вымытых из неё фрагментов грунта и шлама.

Промывка прекращается после того, как из скважины будет вытекать чистая бетонная смесь без следов шлама и фрагментов грунта.

6.6. При бурении скважин непроходным шнеком или под защитой бурового раствора, бетонирование производится через бетонолитную колонну диаметром не менее 40 мм, снабженную обратным клапаном, опускаемую до забоя скважины. После достижения забоя, скважина должна быть промыта бетонной смесью. Промывка бетонной смесью продолжается до прекращения всплытия частиц грунта.

6.7. Перерывы в подаче отдельных порций бетонной смеси не должны превышать срока схватывания, установленного лабораторией.

6.8. Не допускается понижение уровня бетонной смеси в устье скважины более 1,5 м, в неустойчивых грунтах ниже нижней кромки трубы-кондуктора.

6.9. При перерывах в работе более 3 ч и после окончания работы линия подачи бетона должна быть разобрана и промыта водой.

7. ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА БЕТОННЫХ РАБОТ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ ВОЗДУХА

7.1. Настоящие правила выполняются при производстве бетонных работ, когда ожидается среднесуточная температура воздуха ниже +5°С, а минимальная суточная — ниже 0°С.

7.2. Для приготовления бетонной смеси допускается воду подогревать до +70°С. Допускается после оттаивания заполнителей подогревать их до температуры +40°С. Бетонная смесь при укладке должна иметь температуру не ниже +5°С, а смесь с противоморозными добавками — на 5°С выше температуры замерзания.

7.3. Прочность бетона свай-РИТ с противоморозными добавками к моменту замерзания бетона до температуры, на которую рассчитано количество добавок, должна быть не менее 20% проектной.

7.4. При перерывах в работе более 0,5 ч и после окончания работы нагнетательная линия должна быть демонтирована, промыта водой с противоморозными добавками и продута сжатым воздухом.

7.5. Сваи-РИТ для высотных зданий устраиваются, как правило, со дна глубоких котлованов, грунт в основании которых находится в незамерз-

[1] Допускается использование в качестве несъемной трубы кондуктора старогодних труб.

шем состоянии. При сильных морозах и длительном открытом состоянии котлована необходимо после окончания бурения периодически проверять температуру грунта стенок скважины в ее устье. При температуре грунта ниже температуры воздуха количество противоморозных добавок должно вводиться из расчета минимальной прогнозируемой температуры воздуха или грунта к моменту достижения бетоном необходимой прочности.

7.6. Для снижения теплопотерь в процессе твердении бетона после погружения в скважину выходящая на поверхность часть арматурного каркаса должна быть утеплена. [Руководство по зимнему бетонированию с применением метода термоса. М., Стройиздат, НИИЖБ. 1975].

7.7. При сильных морозах, когда противоморозные добавки и тепловыделение при твердении бетона не обеспечивают достижение бетоном минимально требуемой прочности, допускается использовать электропрогрев оголовков свай на глубину промерзшего грунта вокруг сваи.

7.8. Не допускается перегрев бетона свай.

7.9. В течение 4 ч после установки арматурного каркаса в скважину следует доливать подогретую бетонную смесь.

7.10. При температуре ниже −20 °С работы по изготовлению свай-РИТ должны быть остановлены.

8. ПРОИЗВОДСТВО БЕТОННЫХ РАБОТ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ ВЫШЕ + 25 °С

8.1. Для производства бетонных работ при температуре воздуха выше + 25 °С и относительной влажности менее 50% густота цементного теста должна быть не более 27%. Температура бетонной смеси не должна превышать 30—35 °С.

8.2. В жаркую погоду при доставке бетонной смеси на объект и при транспортировании к месту укладки сохраняемость бетонной смеси снижается, поэтому для обеспечения заданных характеристик рекомендуется использовать добавки. [Рекомендации по приготовлению бетонных смесей повышенной сохраняемости с химическими добавками. М., НИИЖБ. 1983.].

8.3. Наиболее эффективно применение комплексных добавок — полифункциональных модификаторов (ПФМ), которые наряду с повышением сохраняемости улучшают другие технологические характеристики смесей: удобоукладываемость, нерасслаиваемость и др.

8.4. Химические добавки, дозировки и ориентировочное время сохраняемости смесей следует проверять в строительной лаборатории.

8.5. Доливка бетонной смеси после установки арматурного каркаса должна осуществляться через каждый час. Заливочная колонна должна погружаться в еще не схватившуюся бетонную смесь в скважине не менее, чем на 1,0 м.

8.6. После стабилизации усадки бетонной смеси оголовок сваи должен быть покрыт влажным песком слоем 50 мм, и периодически по мере высыхания поливаться водой.

8.7. При температуре выше +35 °С работы по изготовлению свай-РИТ должны быть остановлены.

9. РАЗРЯДНО-ИМПУЛЬСНАЯ ОБРАБОТКА (РИО)

9.1. Для создания электрического разряда в жидкости применяют генератор импульсных токов (ГИТ), который соединяют коаксиальным кабелем с электродной системой. Электродная система помещается в скважине, заполненной подвижной (литой) бетонной смесью.

По условиям безопасности работ при формировании свай-РИТ рекомендуется использовать напряжение не более 10 кВ. ГИТ должны быть сертифицированы Госстандартом России, отвечать требованиям по электромагнитной совместимости и электробезопасности.

9.2. РИО выполняют в следующем порядке:

9.2.1. Обработка забоя:

— электродная система устанавливается на забой скважины;

— производится серия электровзрывов до падения уровня бетонной смеси в скважине на заданную проектом расчетную величину;

— РИО продолжается до получения отказа;

— проверяется степень уплотнения разрушенного буровым инструментом грунта (наличия рыхлого грунта в основании сваи-РИТ) на «отскок», для чего электродная система устанавливается на грунт в забое скважины, после разряда определяется величина погружения ее в грунт. При погружении электродной системы в грунт основания за 1 электровзрыв менее 1 см — грунт основания принимается соответствующим требованию средней плотности. При осадке электродной системы более 1 см — РИО забоя скважины следует продолжать, периодически проверяя плотность грунта.

При снижении уровня бетонной смеси в устье скважины до нижней кромки трубы-кондуктора следует долить бетонную смесь до верхней кромки трубы-кондуктора. После окончания РИО забоя скважины следует замерить (просуммировать) общий уровень снижения бетона в устье скважины и сопоставить с заданным проектом.

После перемещения электродной системы на новый уровень РИО необходимо каждый раз добавлять бетонную смесь или следует при каждом перемещении электродной системы замерять понижение уровня бетонной смеси и учитывать это при определении общего снижения уровня бетонной смеси в устье скважины.

9.2.2. Формирование тела сваи:

— в песчаных грунтах РИО ствола сваи выполняется ярусами с шагом 0,3—0,5 м при движении снизу вверх в водонасыщенных песках или сверху вниз в песках малой и средней степени водонасыщения;

— в связных грунтах РИО ствола сваи выполняется ярусами с шагом 0,75—1,0 м (3...3,5 диаметра сваи).

Для зданий повышенной этажности скважину обрабатывают до получения отказа на каждом ярусе, для остальных зданий — в зависимости от требований проекта.

Верхняя часть ствола сваи-РИТ на глубину 2,0 м не подвергается РИО.

9.3. Время РИО сваи уточняется опытным путем при изготовлении пробных свай.

9.4. В процессе формирования тела сваи необходимо периодически доливать бетонную смесь до верхней грани кондуктора. Долив смеси следует производить после перемещения излучателя вверх на новый горизонт и снижения уровня бетонной смеси до нижней кромки трубы-кондуктора.

9.5. После окончания формирования тела сваи скважина до ее устья заполняется бетонной смесью через трубу-инъектор, погруженную в бетонную смесь на 2—3 м, после чего в скважину погружается арматурный каркас.

9.6. Технология формирования тела сваи на каждой строительной площадке может корректироваться в зависимости от конкретных грунтовых условий с соблюдением настоящих рекомендаций и соответствующей записью в ППР.

10. МОНТАЖ АРМАТУРНЫХ КАРКАСОВ

10.1. В основании высотных зданий применяются сваи-РИТ несущей способностью, как правило, не менее 150 т, длиной до 20 м и более. Армируют сваи арматурными каркасами, состоящими в основном из двух секций.

10.2. Перед погружением арматурного каркаса в скважину следует выполнить требования п. 9.5.

10.3. Нижнюю секцию арматурного каркаса погружают в скважину и вывешивают для соединения со второй секцией. Верхнюю секцию устанавливают соосно нижней, и секции стыкуют между собой.

10.4. Рекомендуется соединять секции арматурного каркаса внахлест или специальными муфтами.

10.5. Не рекомендуется соединять отдельные секции арматурного каркаса электродуговой сваркой по следующим причинам:

— устройство равнопрочного сварного стыка характеризуется большими тепловыми вложениями, стали классов А400С и А500С могут разупрочняться до 500 Н/мм² на расстоянии до 1,0—1,2 диаметра арматуры в каждую сторону от сварного стыка;

— погружение неостывших сварных стыков в бетонную смесь может привести к хрупкому разрушению шва или металла;

— арматурный каркас с горячим сварным стыком в бетонной смеси приводит к быстрой гидратации цемента вокруг стыка, образованию из схватывающегося бетона пробки, которая не позволяет погрузить каркас на проектную глубину;

— технологический перерыв для естественного остывания сварного стыка увеличивает время монтажа, которое выходит за пределы окончания гидратации цемента даже при использовании добавок, замедляющих схватывание;

— ограничения, накладываемые РТМ 393-94 по защите зоны сварки от атмосферных осадков и сильного ветра.

10.6. При погружении арматурного каркаса в скважину допускается:

— вращение каркаса вокруг продольной оси;

— использование вибраторов, вибропогружателей общей мощностью до 5 кВт;

— поднятие на высоту до 4 м и опускание каркаса: погружение «в расходку».

11. ВИБРАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА БЕТОННОЙ СМЕСИ

Применяемые для свай-РИТ бетонные смеси являются самоуплотняющимися. Рекомендуется производить дополнительное уплотнение бетонной смеси в верхнем сечении сваи глубинным вибратором на глубину 1,5—2,0 м.

12. УХОД ЗА БЕТОНОМ

12.1. В течение первых суток после изготовления сваи следует контролировать уровень бетонной смеси в скважине и периодически через трубу-инъектор, погруженный на 200—300 мм в незатвердевший бетон, доливать бетонную смесь до проектной отметки.

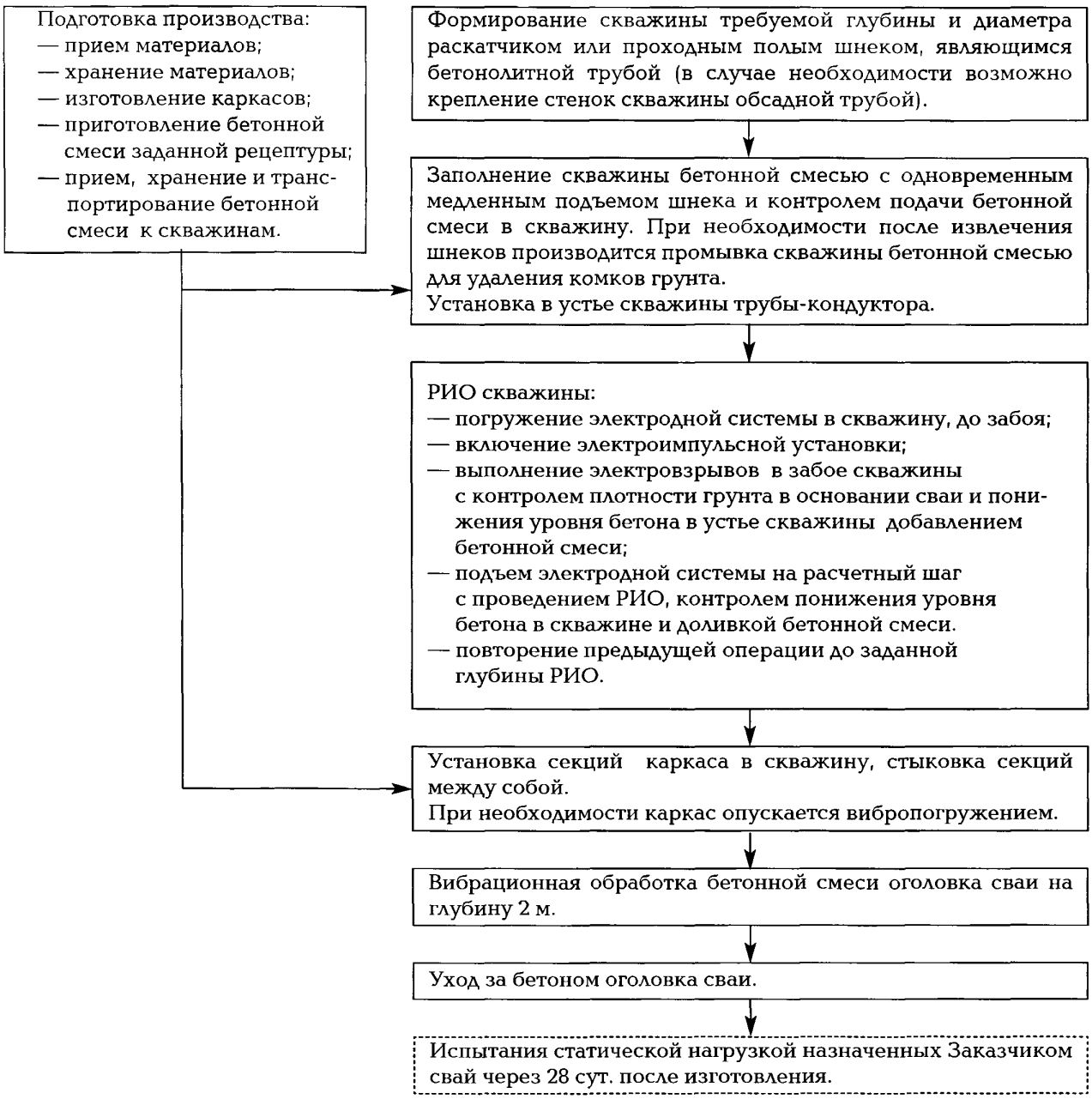
12.2. При формировании оголовков свай-РИТ каждый слой бетонной смеси следует укладывать до начала схватывания бетона предыдущего слоя.

Время между укладкой смежных слоев бетонной смеси без образования рабочего шва устанавливается строительной лабораторией.

12.3. Сразу после окончания бетонирования, выступающие над поверхностью земли оголовки свай, включая выпуски арматуры, следует укрывать паро-теплоизоляционными материалами. В процессе работ выпуски арматурного каркаса необходимо защищать от загрязнения.

12.4. В начальный период ухода свежеуложенная бетонная смесь в оголовках свай должна быть защищена от обезвоживания укрытием влагонепроницаемым материалом (например, полиэтиленовой пленкой).

13. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВАЙ-РИТ



14. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ СВАЙ-РИТ

14.1. Общие положения проектирования и расчета несущей способности свай-РИТ

14.1.1. В соответствии с требованиями нормативных документов расчет свайных фундаментов и их оснований должен быть выполнен по двум предельным состояниям:

1 группы:

а) по прочности материала свай;

б) по несущей способности грунта основания свай.

2 группы:

а) по осадкам основания свай-РИТ;

б) по перемещениям свай-РИТ — горизонтальным и углам поворота головы свай.

14.1.2. Надежность свайного основания в течение всего срока службы здания должна обеспечиваться расчетом.

При проектировании свайно-плитных фундаментов высотных зданий не допускается раскрытия трещин в сваях. Данное требование обеспечивается конструктивно отсутствием зоны растяжения в поперечном сечении свай от действия момента и наличия случайного эксцентриситета. Проверка возможного раскрытия трещин выполняется по методике, изложенной в СП 52-101-2003.

14.1.3. Расчет по прочности материала свай следует проводить в соответствии с требованиями СНиП 52-01-2003, СП 52-101-2003, пособия к СП 52-101-2003 и учетом положений СП 50-102-2003 или СНиП 2.02.03-85.

14.1.4. В расчетах несущей способности висячих свай-РИТ по грунту следует принимать в запас прочности происходящее в результате РИО улучшение строительных свойств грунтов.

14.1.5. На строительной площадке после изготовления 5—10 свай-РИТ и определения фактических объемов бетонной смеси расходуемых на заполнение формируемых камуфлетных уширений сваи на каждом горизонте следует уточнить:

— площадь поперечного сечения ствола сваи в ее нижнем конце;

— периметр увеличившегося поперечного сечения ствола сваи.

Допускается корректировать расчетную несущую способность свай-РИТ по полученным данным.

14.1.6. Число свай-РИТ, подвергаемых контрольным испытаниям статической вдавливающей нагрузкой (ГОСТ 5686-94), на каждой площадке строительства высотного здания устанавливается в соответствии с СП 50-102-2003 (приложение В), но не менее 3.

Если в качестве анкерных используются рабочие сваи, то их должно быть не менее 4. Расстояние от испытательной до ближайшей анкерной сваи — не менее 2 м.

При испытании одиночной сваи-РИТ в кусте допускается наличие между испытательной и анкерными сваями рабочих свай, не задействованных в испытании.

14.1.7. Для сокращения технологического перерыва на твердение бетона при проведении испытаний свай-РИТ по грунту допускается увеличивать сечение рабочей арматуры вплоть до восприятия арматурой всей испытательной нагрузки. При этом бетон ствола испытательных свай будет служить материалом, передающим нагрузку от сваи на грунтовое основание.

14.1.8. Рекомендуется выборочно испытывать сваи-РИТ на прочность ствола сваи по материалу с учетом положений ГОСТ 8829-94.

14.1.9. За допускаемую на сваю нагрузку N следует принимать наименьшую вдавливающую нагрузку $F_{u,min}$, достигнутую при статических испытаниях, уменьшенную на коэффициент надежности γ_k, при которой испытываемая свая получила осадку, не превышающую расчетную деформацию s,

$$N \le \frac{F_d}{\gamma_k} = \gamma_c \frac{F_{u,\min}}{\gamma_k \gamma_g}, \qquad (14.1)$$

где F_d — расчетная несущая способность сваи, кН;

γ_k — коэффициент надежности, принимаемый согласно СП 50-102-2003 (п. 7.1.11), для свайно-плитных фундаментов высотных зданий $\gamma_k = 1{,}25$, в остальных случаях $\gamma_k = 1{,}20$;

γ_c — коэффициент условий работы сваи, для вдавливающих нагрузок $\gamma_c = 1$;

γ_g — коэффициент надежности по грунту следует принимать при испытании менее 6 свай $\gamma_g = 1{,}0$;

$F_{u,min}$ — минимальная вдавливающая нагрузка по ряду испытаний, кН, для высотных зданий $F_{u,min}$ определяется при осадке сваи не более 20 мм, в остальных случаях согласно СП 50-102-2003.

14.1.10. В соответствии с рекомендациями СП 50-102-2003 (п. 7.4.10) при устройстве свайно-плитного фундамента допускается учитывать, что до 15% расчётной нагрузки передается на основание через фундаментную плиту и не менее 85% вертикальной нагрузки воспринимается сваями. Для высотных зданий это справедливо, если непосредственно под плитой залегают грунты с модулем деформации $E \ge 15$ МПа, а за период разра-

ботки грунта в глубоком котловане не произошло разуплотнения слоев грунта, залегающих ниже дна котлована.

14.2. Общие принципы конструирования фундаментов на сваях-РИТ

14.2.1. Устройство свай-РИТ следует выполнять с железобетонной подготовки толщиной не менее 150 мм из бетона класса не ниже В12,5, армированного сетками из арматуры диаметром 4—5 мм с ячейкой 150х150 мм.

14.2.2. Для расчёта несущей способности свай по грунту их длина в соответствии с требованиями СП 50-102-2003 (п. 7.4.10) предварительно принимается равной не менее половины ширины фундаментной плиты

$$\ell_{sv}^{p} \geq 0{,}5B = 0{,}5\sqrt{A_{pl}},$$

где ℓ_{sv}^{p} — предварительная длина сваи, м;

B — приведенная ширина фундаментной плиты, м; для прямоугольной плиты B принимается по короткой стороне; для плиты в форме сложного многоугольника за ширину фундаментной плиты принимается величина, равная стороне квадрата такой же площади;

A_{pl} — площадь, м^2, фундаментной плиты в форме сложного многоугольника.

При определении длины свай для зданий высотой более 100 м рекомендуется учитывать возможное сейсмическое воздействие на здания, возводимые на площадках сейсмичностью более 5 баллов.

Сейсмичность площадки строительства следует определять на основании сейсмического микрорайонирования, отраженного в отчете об инженерно-геологических изысканиях.

14.2.3. Предварительно принятую длину свай ℓ_{sv}^{p} следует уточнить с учетом инженерно-геологических условий строительной площадки.

14.2.3.1. Не допускается оставлять ниже предварительно принятого заглубления свай грунты с модулем деформации $E < 10$ МПа и рыхлые пески.

14.2.3.2. Не рекомендуется в качестве основания свай принимать глинистые грунты с показателем текучести $I_L > 0{,}5$.

14.2.3.3. Не рекомендуется нижние концы свай размещать на границе инженерно-геологических элементов (ИГЭ). Нижние концы свай следует размещать на 2 м выше границы ИГЭ или на 1 м (и более) ниже ИГЭ с резко выраженными отличиями физико-механических характеристик или генезисом.

14.2.3.4. Если песчаные грунты средней плотности или плотные залегают на 1—2 м ниже предварительно принятого заглубления нижних концов свай-РИТ, рекомендуется нижние концы свай-РИТ размещать в этих песках. На основании технико-экономического сравнения вариантов следует выбрать оптимальное решение.

14.2.4. При соответствующем расчетном обосновании длину свай, размещаемых в центральной части плиты, допускается уменьшать, но при этом следует обеспечить выполнение общих условий (принципов) конструирования свайных фундаментов и достижение расчётной несущей способности свай по грунту.

14.2.5. Свайные фундаменты в основании высотных зданий в зависимости от размещения свай-РИТ в плане следует выполнять в виде:

— лент под несущими стенами с расположением расчетного числа свай-РИТ в один, два и более рядов в соответствии с действующей нагрузкой;

— кустов под колонны и лифтовые шахты с расположением расчетного числа свай-РИТ в плане на отдельных участках;

— сплошного свайного поля при больших нагрузках (массе здания) и ограниченных размерах фундаментной плиты в плане.

14.2.6. При определении размеров фундаментов в плане и размещении свай-РИТ следует учитывать возможные отклонения свай, допускаемые СНиП 3.02.01-87 (табл. 18) и СП 50-102-2003 (п. 15.5.11):

±100 мм поперек ряда свай;

± 150 мм вдоль ряда свай и в сплошном свайном поле.

Свес ростверка (плиты) от оси крайнего ряда свай-РИТ в плане следует принимать не менее 500 мм.

14.2.7. Рекомендуется принимать расстояние между осями висячих свай-РИТ в плоскости их нижних концов не менее трех диаметров, принимая за диаметр сваи — диаметр бурового инструмента.

14.2.8. При конструировании свайных фундаментов в рабочих чертежах допускается делать нумерацию свай-РИТ:

— при расположении свай в ленту — в начале и конце каждой ленты;

— при кустовом расположении свай — в пределах каждого куста с привязкой к осям здания или с указанием номера свай крайних рядов;

— в свайных полях — каждой десятой сваи.

14.2.9. Под малонагруженными колоннами рекомендуется размещать не менее трех свай.

14.2.10. Сопряжение свай со свайным ростверком может быть шарнирным или жестким.

14.2.10.1. Шарнирное сопряжение сваи с ростверком следует выполнять путем заделки головы сваи в ростверк на глубину 50...100 мм без выпусков арматуры.

На территориях потенциально опасных по проявлению карстово-суффозионных процессов в фундаментах рекомендуется предусматривать шарнирное сопряжение свай с ростверком.

14.2.10.2. В остальных случаях следует предусматривать жесткое сопряжение сваи со свайным ростверком, особенно если под плитой ростверка в верхней зоне основания залегают слабые грунты (насыпные, не слежавшиеся грунты, рыхлые пески, глинистые грунты текучей консистенции и т.п.).

14.2.11. При жестком сопряжении сваи с плитой ростверка следует предусматривать:

— заделку головы сваи в ростверк на глубину, соответствующую длине анкеровки арматуры; при этом продольное армирование оголовка сваи должно быть выполнено на всю длину заделки, а бетон оголовка сваи перед заделкой в ростверк должен быть очищен;

— заделку в ростверк выпусков продольной арматуры на длину не менее длины их анкеровки ± 150 мм в соответствии с требованиями настоящих рекомендаций; при этом голова сваи заделывается в ростверк на глубину 50...150 ± 30 мм.

14.2.12. При конструировании армирования плиты ростверка следует учитывать принятое сопряжение сваи с ростверком.

14.2.13. Для предотвращения разрушения головы сваи за счет местного смятия бетона, при любом сопряжении сваи с плитой монолитного ростверка рекомендуется в голове сваи устанавливать тонкостенную трубу (t = 2—3 мм) длиной 0,5—1,5 м, соответствующую диаметру скважины d_c, в которой формируется свая.

При изготовлении свай с промежуточной отметки котлована[1] допускается в оголовках свай трубу не устанавливать, а сопротивление сопряжения сваи с плитой местному смятию проверять расчетом.

14.2.14. В пояснительной записке к проекту свайного фундамента следует указывать способы очистки забоя скважины от шлама и грунта, разрыхленного буровым инструментом. Грунт, разрушенный буровым долотом, должен быть удалён промывкой бетонной смесью или уплотнен электровзрывами до состояния грунта, характеристики которого учтены в расчётах несущей способности сваи под ее нижним концом.

[1] Для снижения подъема дна котлована и разуплотнения грунтов, залегающих ниже отметки дна котлована, сваи могут изготавливаться с отметки дна промежуточного котлована.

14.3. Расчет сваи-РИТ по материалу ствола

14.3.1. При расчете свай-РИТ по прочности материала в соответствии с СП 50-102-2003 (п. 7.1.8) и СНиП 2.02.03-85 (п. 3.7) сваю следует рассматривать как стержень, жестко защемленный в грунте в сечении, расположенном от подошвы плиты (низкого ростверка) на расстоянии l_1

$$l_1 \geq \frac{2}{\alpha_\varepsilon}, \qquad (14.2)$$

где α_ε — коэффициент деформации, 1/м, определяемый по СП 50-102-2003 (приложение Д) по формуле

$$\alpha_\varepsilon = \sqrt[5]{\frac{Kb_p}{E_b I}}, \qquad (14.3)$$

где K — коэффициент пропорциональности, кН/м^4, принимаемый в зависимости от вида грунта, окружающего верхнюю часть сваи, от подошвы плиты до глубины $l_k = 3{,}5d_c + 1{,}5$ м; для применяемых в Москве свай-РИТ l_k не превышает 3 м;

b_p — условная ширина сваи, м, принимаемая для свай-РИТ, равной

$b_p = 1{,}5d_c + 0{,}5$ м;

d_c — диаметр сваи, м, в верхнем сечении, принимаемый по диаметру скважины;

E_b — начальный модуль упругости тяжелого бетона сваи при сжатии, кПа, принимается по СП 52-101-2003 (табл. 5.4) в зависимости от класса бетона по прочности на сжатие: для мелкозернистого бетона класса В30 группы А — E_b = 26000 МПа (265000 кг/см^2), группы Б — E_b = 23000 МПа (235000 кг/см^2);

E_s — модуль упругости арматуры, принимается по СП 52-101-2003 (п. 5.2.10) $E_s = 2{,}0 \cdot 10^5$ МПа;

I — момент инерции, м^4, в наименьшем поперечном сечении сваи-РИТ в оголовке (по диаметру d_c скважины $I = \frac{\pi d_c^4}{64} \approx 0{,}05 d_c^4$). Допускается принимать коэффициент деформации α_ε, длину свай-РИТ l_1 и расчётную длину свай l_o по табл. 1, в зависимости от характеристик грунтов.

14.3.2. При расчете свай-РИТ по прочности материала на действие продольной сжимающей силы допускается расчетную длину l_o принимать как для железобетонных элементов постоянного поперечного сечения на длине l_1, т. е. от подошвы плиты до сечения, в котором свая-РИТ считается жестко защемленной в грунте по СП 52-101-2003 (п. 6.2.18), равной:

— для свай-РИТ, жёстко защемлённых в ростверке и в грунте на глубине l_1

$$l_o = 0{,}5 l_1 , \qquad (14.4)$$

где l_o — расчётная длина сваи-РИТ, как внецентренно сжатого элемента;

— для свай-РИТ с шарнирным несмещаемым опиранием ростверка (плиты) и жёстким защемлением в грунте на глубине l_1

$$l_o = 0{,}7 l_1 . \qquad (14.5)$$

14.3.3 При расчёте свай-РИТ следует принимать случайный эксцентриситет e_a по СП 52-101-2003 (п. 4.2.6), но не менее — 10 мм.

Учитывая допускаемое СНиП 3. 02. 01-87 (п. 11.6, табл. 18, поз. 10г) и ГОСТ Р12.3.048-2002 максимальное отклонение продольной оси скважины от вертикали ± 1%, т. е. 1 см по длине 1 м, максимальная величина e_a принимается 30 мм.

Рекомендуется принимать случайный начальный эксцентриситет e_o не менее 30 мм.

Таблица 1

Расчётная длина сваи-РИТ ∅300 из бетона В30 от подошвы плиты до сечения, в котором она считается жестко защемленной в зависимости от характеристик грунта

Грунты, окружающие сваю-РИТ до глубины $l_k = 3{,}5d_c + 1{,}5$ м и их характеристика	Коэффициент пропорциональности K для свай-РИТ, кН/м^4	Коэффициент деформации a_ε для свай-РИТ из бетона В30, 1/м	Глубина (длина сваи-РИТ) l_1, на которой она жёстко защемлена в грунте, м	Расчётная длина l_o сваи-РИТ, жёстко защемленной в плите и в грунте, м
1	2	3	4	5
Глины и суглинки текучепластичные $I_L = 1$	500	0,516 0,540* 0,553**	3,88 3,70* 3,62**	1,94 1,85* 1,81**
Глины и суглинки $I_L = 0{,}75$ Супеси $I_L = 1$ Пески пылеватые e = 0,8	2000	0,681 0,713* 0,730**	2,94 2,80* 2,74**	1,47 1,40* 1,37**
Глины и суглинки $I_L = 0{,}5$ Супеси $I_L = 0$ Пески: Пылеватые $e = 0{,}6$ мелкие $e = 0{,}75$ средней крупности $e = 0{,}7$	4000	0,783 0,818* 0,839**	2,55 2,44* 2,38**	1,28 1,22* 1,19**
Глины и суглинки $I_L = 0$ Супеси $I_L < 0$ Пески: Мелкие $e = 0{,}6$ средней крупности $e = 0{,}55$ крупные e = 0,7	6000	0,849 0,887* 0,910**	2,36 2,25* 2,20**	1,18 1,12* 1,10**
Глины и суглинки $I_L < 0$ Пески: Крупные $e = 0{,}55$ Гравелистые $e = 0{,}7$	10000	0,940 0,983* 1,008**	2,13 2,03* 1,98**	1,06 1,01* 0,99**
Пески гравелистые $e = 0{,}55$ Гравий и галька с песчаным заполнителем	20000	1,08 1,129* 1,157**	1,85 1,77* 1,73**	0,93 0,88* 0,86**

Примечания:

1. Для грунтов с промежуточными значениями показателей текучести I_L и пористости e значения коэффициента K определяются интерполяцией.
2. Для плотных песков коэффициент K должен приниматься на 30% больше, а глубина защемления и расчётная длина сваи должна приниматься на 5% меньше, чем наибольшие значения, указанные в таблице для песков средней плотности.
3. При наличии в пределах глубины $l_k = 3{,}5d_c + 1{,}5m$ нескольких слоёв грунта, рекомендуется пользоваться одним приведённым значением коэффициента пропорциональности, вычисленным по формуле $K = \dfrac{K_1 l_1'(2l_k - l_1') + K_2(l_k - l_1')}{l_k^2}$,

где l_1 — толщина верхнего слоя (первого) грунта, м;

K_1 и K_2 — коэффициенты пропорциональности, принимаемые по настоящей таблице для грунтов 1 и 2 слоёв.

4. Допускается не учитывать влияние модуля деформации тяжелых бетонов класса по прочности на сжатие В25...В35 на изменение величины расчётной длины сваи-РИТ.

* значения для мелкозернистого бетона класса по прочности В30 группы А,

** значения для мелкозернистого бетона класса по прочности В30 группы Б.

5. Таблица составлена для свай-РИТ Ø300мм. При использовании свай-РИТ других диаметров следует табличное значение l_0 умножить на соответствующий переводной коэффициент, приведенный ниже, при этом, погрешность определения расчетной длины l_0 не превысит 5%:
для свай-РИТ Ø 200мм = 0,75; Ø 250мм = 0,88; Ø 300мм = 1,00; Ø 350мм = 1,11; Ø 400мм = 1,22; Ø 450мм = 1,33.
Для промежуточных диаметров коэффициент определяется интерполяцией.

14.3.4. Для высотных зданий прочность сваи-РИТ круглого сечения, изготовленной из бетона класса на сжатие В30, и армированной шестью равномерно распределёнными по окружности продольными стержнями, определяется из условия:

$$Ne \le \frac{2}{3} R_b A\, r \frac{\sin^3 \pi \xi_{cir}}{\pi} + R_s A_{s,tot} r_s \left(\frac{\sin \pi \xi_{cir}}{\pi} + \varphi \right), \quad (14.6)$$

где N — сжимающая (вдавливающая) сила, действующая вдоль продольной оси сваи-РИТ с эксцентриситетом e от центра тяжести сечения наименее сжатой арматуры;

$$e = e_o \eta, \quad (14.7)$$

η — коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба (прогиба) сваи в грунте на ее несущую способность, который определяется по СП 52-101-2003 (п. 6.2.16) по формуле

$$\eta = \frac{1}{1 - N / N_{cr}}, \quad (14.8)$$

где N_{cr} — условная критическая сила, определяемая по формуле

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2}, \quad (14.9)$$

D — жёсткость железобетонной сваи-РИТ.

В предельной по прочности стадии допускается определять D по формуле

$$D = \frac{0{,}15 E_b I}{\varphi_l (0{,}3 + \delta_e)} + 0{,}7 E_s I_s, \quad (14.10)$$

E_b — начальный модуль упругости тяжелого бетона, принимается согласно казаний п. 14.3.1;

E_s — модуль упругости арматуры;

I и I_s — моменты инерции соответственно бетонного сечения и сечения всей продольной арматуры относительно центра тяжести поперечного сечения сваи;

φ_l — коэффициент, учитывающий влияние длительности действия нагрузки на прогиб элемента в предельном состоянии.

Для мелкозернистого бетона, применяемого для свай-РИТ, рекомендуется принимать $\varphi_l = 2$;

δ_e — коэффициент, принимаемый равным $\delta_e = e_0 / d_c$, для свай-РИТ $\delta_e \ge 0{,}15$.

Таким образом, для расчета свай-РИТ можно пользоваться формулой, приведенной к виду

$$D = 0{,}167 E_b I + 0{,}7 E_s I_s \quad (14.11)$$

r — радиус поперечного сечения сваи-РИТ принимается по радиусу буровой скважины, м;

ξ_{cir} — относительная площадь сжатой зоны бетона определяется:

при выполнении условия

$$N \le 0{,}77 R_b A + 0{,}645 R_s A_{s,tot} \quad (14.12)$$

из решения уравнения

$$\xi_{cir} = \frac{N + R_s A_{s,tot} + R_b A \frac{\sin 2\pi \xi_{cir}}{2\pi}}{R_b A + 2{,}55 R_s A_{s,tot}}, \quad (14.13)$$

при невыполнении условия (14.12) из решения уравнения

$$\xi_{cir} = \frac{N + R_b A \frac{\sin 2\pi \xi_{cir}}{2\pi}}{R_b A + R_s A_{s,tot}}, \quad (14.14)$$

R_b — расчетное сопротивление бетона для предельных состояний первой группы принимается в зависимости от класса бетона на сжатие.

В необходимых случаях расчетные значения прочностных характеристик бетона R_b следует умножать на коэффициенты условий работы бетона в конструкции γ_{bi}, условий производства бетонных γ_{bi} и свайных работ $\gamma`_{sr}$, с учетом требований СП 52-101-2003 (п. 5.1.10) и СП 50-102-2003 (п. 7.1.9):

$\gamma_{b1} = 0{,}9$ — коэффициент, учитывающий влияние длительного действия нагрузки;

$\gamma_{b3} = 0{,}9$ — коэффициент, учитывающий бетонирование сваи в вертикальном положении;

$\gamma`_{sr}$ — коэффициент, учитывающий влияние способа свайных работ:

$\gamma`_{sr}$ = 1,0 — устройство свай в глинистых грунтах при бурении скважин и бетонировании их насухо без крепления и уровне грунтовых вод ниже пяты сваи;

$\gamma`_{sr}$ = 0,9 — в грунтах, бурение скважин и бетонирование в которых производится насухо с применением обсадных труб;

$\gamma`_{sr}$ = 0,8 — в грунтах, бурение скважин и бетонирование в которых осуществляется при наличии воды с применением обсадных труб или полых шнеков, извлекаемых по мере подачи бетонной смеси через шнек;

$\gamma`_{sr}$ = 0,7 — в грунтах, бурение скважин и бетонирование в которых выполняется под буровым раствором или под избыточным давлением воды (без обсадных труб).

R_s — расчетное сопротивление сжатию продольной арматуры для предельных состояний первой группы, принимается по СП 52-101-2003 (табл. 5.8);

A — площадь сжатой зоны бетона, м^2; с учетом больших вдавливающих нагрузок для свай под высотными зданиями площадь поперечного сечения сваи принимается по диаметру скважины d_c;

φ — коэффициент, учитывающий работу менее сжатой (растянутой) зоны и принимаемый, при выполнения условия (14.12)

$$\varphi = 1{,}6\,(1 - 1{,}55\xi_{cir})\xi_{cir} \le 1, \qquad (14.15)$$

при не выполнении условия (14.12) — $\varphi = 0$;

$A_{s,tot}$ — площадь сечения всей продольной арматуры, м^2;

r_s — радиус окружности, проходящей через центр тяжести стержней продольной арматуры, м.

При гибкости свай, жестко защемленных в ростверке

$$\frac{l_0}{\imath} = \frac{4l_0}{d_c} < 14\,, \qquad (14.16)$$

что характерно для грунтов с коэффициентом пропорциональности $K \ge 6000$ кН/м^4, допускается принимать $\eta = 1{,}0$.

Если действующий момент Ne с учетом влияния прогиба сваи $Ne_0\eta$ окажется

$$Ne_0\eta > \frac{2}{3}R_bAr\frac{\sin^3\pi\xi_{cir}}{\pi} + R_sA_{s,tot}r_s\left(\frac{\sin\pi\xi_{cir}}{\pi} + \varphi\right), \qquad (14.17)$$

то свая на длине от подошвы плиты до поперечного сечения, расположенного на глубине l_1, должна быть дополнительно армирована.

Для этой цели допускается использовать жесткую арматуру, например трубы, диаметр которых позволяет размещать их внутри арматурного каркаса. Тогда

$$Ne_0\eta \le \frac{2}{3}R_bAr\frac{\sin^3\pi\xi_{cir}}{\pi} + R_sA_{s,tot}r_s\left(\frac{\sin\pi\xi_{cir}}{\pi} + \varphi\right) + K_tR_tW_t\frac{\sin\pi\xi_{cir}}{\pi}, \qquad (14.18)$$

где K_t — коэффициент, учитывающий работу трубы, заполненной бетоном, на действие продольной сжимающей силы N с эксцентриситетом и прогибом.

Труба, используемая в качестве жесткой арматуры, не должна заходить в тело ростверка больше, чем на 50...150 ± 30 мм, и не учитывается в расчётах анкеровки.

14.3.5. Расчет сваи-РИТ по материалу ствола следует выполнять как центрально сжатого железобетонного элемента, начиная с глубины $l_1 + l_{an}$, где l_{an}, — длина арматурного каркаса, обеспечивающая его анкеровку, которая определяется расчетом согласно разделу 14.8.

14.4. Расчёт на местное сжатие (смятие)

14.4.1. Оголовок сваи-РИТ следует проверить расчётом на местное сжатие (смятие) в соответствии с требованиями СП 52-101-2003 (п.п. 6.2.43-6.2.45).

14.4.2. Рекомендуется оголовок сваи-РИТ обсаживать стальной тонкостенной трубой диаметром, соответствующим диаметру скважины. Длина трубы определяется из конструктивных условий: заглубление в тело плиты на 50...150 ± 30 мм и вдоль сваи на величину, не меньшую её диаметра d_c, а также из условий технологии производства работ. Толщину стенки труб следует назначить не менее 2...3 мм.

Устанавливаемая труба должна выполнять функцию кондуктора, поэтому её длину рекомендуется назначать не менее глубины залегания неустойчивых грунтов в зоне устья скважины и принимать 0,5...1,5 м.

14.4.3 Допускается не выполнять расчёт на местное смятие бетона сваи при соблюдении следующих условий:

— продольная арматура сваи-РИТ заанкеривается в плиту ростверка на длину расчётной анкеровки;

— продольное армирование сваи в зоне стыка с плитой обеспечивает восприятие арматурой всей действующей на сваю вертикальной нагрузки;

— спиральное (косвенное) армирование сваи доведено до низа плиты, в соответствии с требованиями настоящих Рекомендаций к поперечному армированию сваи-РИТ.

14.4.4. Следует проводить поверочный расчёт плиты ростверка на продавливание, местное смятие, а также по деформациям в пролётах между

колоннами и несущими стенами, опирающимися на плиту, на действие реакции свай-РИТ, расположенных в этих пролётах с учётом действия гидростатического давления воды, отпора грунта и без действия этих сил.

Кроме того, плиту (ростверк) следует проверить на откол — от местного действия крайнего ряда свай с учётом прогиба плиты.

14.5. Конструирование свай-РИТ

14.5.1. Для обеспечения несущей способности, пригодности, нормальной эксплуатации и долговечности сваи-РИТ помимо требований, определяемых расчётом, должен быть выполнен ряд конструктивных требований:

— по геометрическим размерам;

— по армированию;

— по защите от неблагоприятного воздействия среды;

— по условиям обеспечения качественного изготовления свай-РИТ в сложных грунтовых условиях, включая создание требуемых камуфлетных уширений ствола свай.

14.5.2. Геометрические размеры свай-РИТ.

14.5.2.1. Максимальное поперечное сечение сваи-РИТ следует назначать из условия эффективного уплотнения грунта, окружающего формируемую сваю-РИТ.[1]

14.5.2.2. Минимальные геометрические размеры поперечного сечения сваи-РИТ следует назначить из условия обеспечения:

— надлежащего размещения арматурного каркаса (расстояние между стержнями, защитный слой бетона и др.), анкеровки арматуры в плите, соединения отдельных секций арматурного каркаса и обеспечения совместной работы с бетоном;

— достаточной жёсткости сваи;

— обеспечения качественного изготовления сваи.

14.5.2.3. Длина сваи определяется расчётом с учётом общих принципов конструирования свайных фундаментов, а также техническими возможностями оборудования.

[1] С увеличением расстояния от электродной системы до стенок скважины энергия механического воздействия на них снижается по зависимости

$$E_w = E_p r^{-8},$$

где E_w — энергия механического воздействия на грунт стенок скважины;

E_p — механическая энергия, преобразованная из электрической в момент разряда;

r — расстояние от электродной системы до стенки скважины, выраженное в межэлектродных промежутках.

14.6. Продольное армирование свай-РИТ

14.6.1. Для сокращения времени монтажа арматурные каркасы должны быть изготовлены в виде пространственных блоков по возможности на всю длину армирования сваи.

14.6.2. Арматурные каркасы должны обладать достаточной жесткостью, позволяющей их складировать, транспортировать, перемещать в вертикальное положение без потери прямолинейности.

Жёсткость пространственных арматурных каркасов следует обеспечивать за счёт использования в качестве монтажных элементов колец, нарезанных из стальных труб соответствующих диаметров и толщины стенок. Ширина кольца должна быть не менее диаметра продольной арматуры.

14.6.3. Арматурный каркас, установленный в сваю (в скважину), должен иметь защитный слой бетона (расстояние от поверхности арматуры до грунта), обеспечивающий:

— совместную работу арматуры с бетоном сваи;

— возможность устройства стыков секций арматурного каркаса;

— сохранность арматуры от воздействия окружающей среды (грунта и грунтовых вод, в т. ч. агрессивных к бетону).

14.6.4. Минимальные значения толщины защитного слоя бетона должны назначаться:

— с учетом требований СНиП 2.03.11-85;

— не менее диаметра стержня арматуры;

— в аэрируемых грунтах при отсутствии агрессивного воздействия грунтовых вод и грунта к бетону в соответствии с «Рекомендациями по применению буроинъекционных свай» М., 1997 не менее 25 мм — для рабочей арматуры и не менее 10 мм — для конструктивной арматуры;

— не менее 40 мм в остальных случаях.

14.6.5. В грунтах, особенно агрессивных к железобетону, помимо повышения плотности, водонепроницаемости бетона и применения добавок, обеспечивающих защиту арматуры от коррозии, рекомендуется увеличивать толщину защитного слоя бетона до 70 мм.

14.6.6. Для обеспечения принятого в проекте защитного слоя бетона в арматурных каркасах следует устанавливать центраторы в количестве не менее трёх в одном поперечном сечении арматурного каркаса и с шагом по длине каркаса не более 3 м.

14.6.7. В зоне аэрированных грунтов, агрессивных к бетону, допускается защищать арматурный каркас гофрированными пластмассовыми трубами, внутренний диаметр которых превышает максимальный диаметр арматурного каркаса на диаметр стержня продольной армату-

ры, а также использовать коррозионностойкие чугунные трубы.

14.6.8. Для продольного армирования свай-РИТ следует использовать горячекатаную и термомеханически обработанную арматуру периодического профиля диаметром до 32 мм включительно.

14.6.9. Минимальный процент продольного армирования свай-РИТ

$$\mu_{smin} = \frac{A_s}{A_b} 100\% \geq 0{,}50\% , \qquad (14.18)$$

где μ_{smin} — минимальный процент продольной арматуры;

A_s — площадь продольной арматуры в поперечном сечении сваи;

A_b — площадь поперечного сечения сваи-РИТ.

14.6.10 Максимальный процент армирования сваи-РИТ определяется геометрическими размерами поперечного сечения сваи и условиями, обеспечивающими выполнение конструктивных требований:

— толщину защитного слоя бетона;

— минимального расстояния между стержнями;

— технологических требований, обеспечивающих качественное бетонирование.

14.6.11. Армирование свай-РИТ на длине l_a от основания плиты ростверка до поперечного сечения, в котором свая считается жёстко защемленной в грунте $l_1 + l_{an}$, а также на длине ствола сваи-РИТ на 1 м, превышающей длину участка, не подвернутого РИО, принимаемом 2 м, т.е. на участке не менее

$$l_a = l_1 + l_{an} = \frac{2}{\alpha_\varepsilon} + l_{an} \geq 3 , \qquad (14.19)$$

следует выполнять по расчету, но с учетом обеспечения восприятия арматурным каркасом не менее 50% сжимающей нагрузки, действующей на сваю.

14.6.12. Армирование, выполненное в соответствии с п. 14.6.11, следует предусматривать также на длине анкеровки сваи в плите ростверка. Длина анкеровки определяется в соответствии с правилами, приведёнными в разделе 14.8 или по СП 52-101-2003 (п.п. 8.3.18...8.3.25).

14.6.13. Напряжения в стволе сваи-РИТ с глубиной её заделки в грунт основания уменьшаются за счёт трения на боковой поверхности ствола и передачи нагрузки в грунт.

14.6.14. Армирование свай-РИТ по их длине следует принимать с учётом уменьшения продольной сжимающей силы

$$N_z = N - \gamma'_{cf} u \sum_0^z f_i h_i , \qquad (14.20)$$

где N_z — продольная сжимающая сила, кН, в поперченном сечении сваи на глубине z;

$\gamma`_{cf}$ — коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности сваи, в данном случае следует принимать $\gamma`_{cf} = 0{,}7$;

u — периметр поперечного сечения ствола сваи, м, принимаемый по сечению скважины;

f_i — расчетное сопротивление грунта на боковой поверхности, кПа, принимаемое по СП 50-102-2003 (табл. 7.1) или СНиП 2.02.03-85 (табл. 2);

h_i — толщина i-того слоя грунта, м, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи.

14.6.15. С глубины $l_{sk} = 2l_1$, составляющей удвоенную длину от подошвы плиты до сечения сваи-РИТ, в котором она жестко защемлена в грунте, где влияние действующих моментов снижается до такой величины, что ими можно пренебречь, армирование ствола сваи-РИТ следует выполнять конструктивным в соответствии с требованиями СП 52-101-2003 и п. 14.6.14.

14.6.16. При заглублении свай длиной более 20 м в плотные пески, твердые и полутвердые суглинки нижнюю часть сваи на длине до 10 диаметров допускается не армировать.

14.6.17. Минимальные расстояния между рабочими продольными стержнями арматуры в сваях-РИТ:

— должны быть не меньше наибольшего диаметра арматурных стержней;

— не менее 35 мм.

14.6.17.1. В зонах усиленного армирования, на участке l_1, где действуют максимальные нагрузки, и в зоне стыкового соединения отдельных секций арматурного каркаса допускается располагать стержни арматуры попарно без зазора между ними, или с расстояниями между стержнями пары меньшими, чем требуется для отдельных стержней. Такая пара стержней при назначении расстояния между стержнями и при определении длины анкеровки должна рассматриваться как стержень условного диаметра

$$d_{red} = \sqrt{d_1^2 + d_2^2 - c_1^2} , \qquad (14.21)$$

где d_1 и d_2 — диаметры сближенных стержней;

c_1 — расстояние между парными стержнями в свету, принимаемое не более диаметра меньшего стержня.

14.6.17.2. Для стержней периодического профиля диаметр принимается по номинальному диаметру без учёта выступов и рёбер.

14.7. Поперечное армирование свай-РИТ

14.7.1. Поперечную арматуру следует предусматривать для исключения бокового выпучива-

ния продольной арматуры в сторону грунта от действия сжимающих усилий.

14.7.2. Поперечное армирование следует выполнять в виде спиралей.

Используемые для монтажа арматурных каркасов и обеспечения их жесткости кольца, изготовленные из труб, устанавливаются конструктивно и в расчётах поперечного армирования не учитываются.

14.7.3. Диаметр спиральной арматуры следует назначить не менее 0,25 наибольшего диаметра продольной арматуры и не менее 6 мм.

При использовании спиральной арматуры в вязаных каркасах допускается применять арматуру диаметром не менее 6 мм.

В сварных каркасах диаметр спиральной навивки принимается не менее диаметра требуемого из условия сварки с продольной арматурой.

14.7.4. Поперечную спиральную арматуру следует устанавливать с шагом не более $10d$ и не более 300 мм (d — диаметр продольной арматуры).

14.7.5. В оголовке сваи на длине не менее диаметра сваи спиральная навивка выполняется с шагом не более 50 мм.

14.7.6. На участке верхнего сечения сваи-РИТ, ниже основания плиты на величину, равную диаметру сваи, до сечения, в котором свая считается жестко защемленной в грунте, спиральную арматуру рекомендуется устанавливать с шагом $5d$.

14.8. Анкеровка продольной арматуры сваи в плите

14.8.1. При конструировании соединения сваи-РИТ с плитой ростверка, как жесткого защемления, следует обеспечить анкеровку головы сваи или продольной арматуры в плите.

14.8.2. Учитывая, что при проектировании высотных зданий используются плиты (ростверки) значительной толщины, рекомендуется применять прямую анкеровку продольной арматуры сваи в плите, т.е. в виде прямого окончания стрежней.

Если толщины ростверка для прямой анкеровки оказывается недостаточно, то следует предусматривать применение специальных анкерных устройств на концах стержней.

14.8.3. Длина анкеровки рассчитывается в соответствии с требованиями СП 52-101-2003 (п.п. 8.3.21-8.3.25).

14.8.4. Длина прямой анкеровки горячекатаной и термомеханически обработанной арматуры периодического профиля диаметром до 32 мм в фундаментной плите может быть определена по формуле

$$l_{an} = \alpha \frac{R_s A_s}{\eta_1 \eta_2 R_{bt} u_s} \cdot \frac{A_{s,cal}}{A_{s,ef}} = 0{,}3 \frac{R_s A_s}{R_{bt} u_s} \cdot \frac{A_{s,cal}}{A_{s,ef}}, \qquad (14.22)$$

где α = 0,75 — коэффициент, учитывающий влияние на длину анкеровки напряженного состояния бетона и прямой анкеровки сжатой арматуры периодического профиля;

R_s — расчетное сопротивление сжатию продольной анкеруемой арматуры сваи для предельного состояния первой группы;

A_s— площадь поперечного сечения одного анкеруемого стержня арматуры по его номинальному диаметру;

η_1 = 2,5 — коэффициент, учитывающий влияние вида поверхности горячекатаной и термомеханически обработанной арматуры периодического профиля;

η_2 = 1,0 — коэффициент, учитывающий влияние диаметра анкеруемой арматуры, в сваях-РИТ рекомендуется применять арматуру диаметром не более 32 мм;

R_{bt}— расчетное сопротивление осевому растяжению бетона фундаментной плиты, в которую анкеруется продольная арматура сваи;

u_s— периметр анкеруемого стержня по номинальному диаметру арматуры;

$A_{s,cal}$, $A_{s,ef}$ — площади поперечного сечения арматуры, соответственно требуемая по расчету и фактически установленная.

14.9. Соединения секций арматурного каркаса сваи

14.9.1. Для соединения секций арматурных каркасов с последующим погружением узла стыка в бетонную смесь не рекомендуется использовать электродуговую сварку. При электродуговой сварке неизбежны большие тепловложения и после ее завершения требуется длительное время для остывания стыка во избежание его повреждения при погружении в холодную бетонную смесь, а также для исключения образования «пробок», из-за ускоренной гидратации цемента в зоне горячего стыка, которые препятствуют погружению арматурного каркаса в проектное положение (более подробно см. п. 10.5).

14.9.2. Рекомендуется предусматривать:

— стыковые соединения внахлёстку без сварки с прямыми концами стержней периодического профиля (конструктивно секции связывают проволокой диаметром 1,5—2,0 мм);

— стыковые соединения с применением специальных устройств (стыки с опрессованными муфтами, резьбовыми муфтами и муфтами специальной конструкции).

Использованию муфтовых соединений под конкретные нагрузки должно предшествовать их предварительное испытание, а применение согласовано с лабораторией арматуры ГУП «НИИЖБ».

14.9.3. При конструировании стыков сжатой арматуры внахлестку (без сварки) из арматуры диаметром не более 32 мм следует соблюдать требования СП 52-101-2003 (п. 8.3.27).

Стыки секций арматурного каркаса свай-РИТ в основании высотных зданий всегда находятся в сжатом состоянии и должны иметь длину нахлёста не менее длины l_n

$$l_n = \alpha \frac{R_s A_s}{\eta_1 \eta_2 R_{bt} u_s} \cdot \frac{A_{s,cal}}{A_{s,ef}} = 0{,}36 \frac{R_s A_s}{R_{bt} u_s} \cdot \frac{A_{s,cal}}{A_{s,ef}} =$$

$$= 0{,}36 \frac{R_s}{R_{bt} u_s} \frac{A_{s,cal}}{n}, \qquad (14.23)$$

где α = 0,9 — коэффициент, учитывающий влияние напряженного состояния сжатой арматуры, конструктивного решения элемента в зоне соединения стержней, количество стыкуемой арматуры в одном сечении по отношению к общему количеству арматуры в этом сечении, расстояние между парами стыкуемых стержней должно быть не более $2d_s$ и не более 30 мм.

R_{bt} — расчетное сопротивление бетона сваи осевому растяжению;

n — количество стыкуемых стержней;

— остальные обозначения по формуле (14.22).

14.9.4. При соединении арматуры внахлёстку следует соблюдать:

— расстояние между стыкуемыми стержнями не должно превышать $2d_s$ (d_s — диаметр продольной стыкуемой арматуры);

— расстояние между соседними парами стыкуемых стержней должно быть не менее условного диаметра d_{red}.

При стыковом соединении секций арматурных каркасов, состоящих из шести рабочих стержней из арматуры класса А500С, R_s = 435 МПа в бетоне класса В30 и R_{bt} = 1,2 МПа, формула (14.23) примет вид

$$l_n = 0{,}06 \frac{R_s A_{s,cal}}{R_{bt} u_s} = 21{,}75 \frac{d_{s,cal}^2}{d_{s,ef}^2}, \qquad (14.24)$$

где $d_{s,cal}$, $d_{s,ef}$ — соответственно диаметр арматурных стержней по расчету и устанавливаемых фактически.

14.10. Расчёт несущей способности свай-РИТ по грунту

14.10.1. При расчете несущей способности сваи-РИТ по грунту на участке длиной 2 м, начиная от подошвы ростверка, где не производится РИО, допускается не учитывать сопротивление грунта на боковой поверхности сваи-РИТ.

14.10.2 С учетом положений СНиП 2. 02. 03-85, СП 50-102-2003 несущую способность висячих свай-РИТ по грунту F_d кН (тс) следует определять по формуле

$$F_d = \gamma_{kk} \gamma_{crit} (\gamma_{cR} R_{rit} A_{rit} + \gamma_{cf} \sum u_{irit} f_i h_i), \qquad (14.25)$$

где γ_{kk} — коэффициент надежности свайного основания по ответственности здания и сооружения: для высотных зданий и зданий первой категории ответственности γ_{kk} = 0,7; для зданий II категории ответственности γ_{kk} = 0,85; для остальных зданий — γ_{kk} = 1,0;

γ_{crit} — коэффициент условий работы сваи-РИТ, γ_{crit} = 1,0 для всех случаев;

γ_{cR} — коэффициент условий работы грунта под нижним концом сваи-РИТ, принимаемый γ_{cR} = 1,3 для всех грунтов, как для сваи с камуфлетными уширениями в основании сваи;

γ_{cf} — коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности сваи-РИТ:

для всех грунтов γ_{cf} = 1,3, как для сваи с камуфлетными уширениями по всему стволу, за исключением верхнего участка ствола сваи. Если принято решение учитывать несущую способность грунта на участке, не подвергаемом РИО, то до глубины, на которую устанавливается труба кондуктор, следует принимать γ_{cf} = 0,4, ниже заглубления трубы-кондуктора на участке ствола сваи до глубины, на которой не производится РИО, γ_{cf} = 0,5;

R_{rit} — расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи-РИТ, принимаемое в соответствии с указаниями, изложенными ниже, в зависимости от размеров зоны уплотнения, создаваемой в основании сваи-РИТ, кПа(тс/м^2);

A_{rit} — площадь основания принимается по площади поперечного сечения свай-РИТ в зоне камуфлетного уширения по его наибольшему диаметру в соответствии с указаниями, приведенным ниже, м^2;

u_{irit} — периметр поперечного сечения сваи на i-том горизонте, м. Рекомендуется принимать величину u_{iri}, равной периметру поперечного сечения скважины $u_{irit} = \pi d_c$. Допускается учитывать увеличение периметра поперечного сечения ствола сваи при РИО данного горизонта в скважине, в соответствии с указаниями, приведенными ниже;

f_i — расчетное сопротивление — кПа (т/м^2) i-го слоя грунта на боковой поверхности сваи следует принимать по табл. 6.3 и 6.4 (приложение 6), составленным в соответствии с табл. 7.2 (СП 50-102-2003) и табл. 2 (СНиП 2.02.03-85);

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

14.10.3. Размер зоны уплотнения грунта в основании сваи-РИТ оценивают по диаметру услов-

ной камуфлетной полости (уширения сваи), образованной серией электровзрывов в забое скважины.

Размер условной камуфлетной полости задается в проекте и контролируется при устройстве свай-РИТ по объему бетонной смеси, расходуемой на ее заполнение, который с достаточной точностью определяется по снижению уровня бетонной смеси в скважине за время обработки электровзрывами забоя или одного уровня по длине ствола сваи $\Delta h = h_n - h_{kon}$,

где Δh — величина осадки бетонной смеси в скважине при обработке нижнего конца сваи-РИТ, м;

h_n — начальное положение бетонной смеси в скважине после установки электродов на забой скважины для РИО;

h_{kon} — конечный уровень бетонной смеси в скважине после окончания РИО нижнего конца сваи (после достижения «отказа») до подъема электродной системы на новый горизонт (уровень) РИО.

Допускается использовать другие методы контроля объема бетонной смеси, заполнившей камуфлетную полость в основании сваи-РИТ, например, расходомеры бетонной смеси, перекачиваемой при заполнении камуфлетной полости и др.

Объем бетонной смеси, заполнившей камуфлетную полость, определяется по формуле

$$V_b = \gamma_p 0{,}25\pi d_c^2 \Delta h\,, \qquad (14.26)$$

где γ_p — коэффициент, учитывающий потери бетонной смеси за счет ее налипания на стенки скважины, уплотнения и фильтрации в грунт растворной части смеси. При определении объема бетонной смеси, заполнившей камуфлетную полость в основании сваи-РИТ, следует принимать $\gamma_p = 0{,}8$;

d_c — диаметр скважины, следует принимать по диаметру бурового инструмента, м;

При обработке электровзрывами нижнего конца сваи возможны следующие случаи:

а) при $\Delta h < {}^2/_3 d_c$ в твердых глинистых грунтах R_{rit} следует принимать по СП 50-102-2003 (табл. 7.7) или СНиП 2.02.03-85 (табл. 7), а площадь A_{rit} принимать равной площади поперечного сечения скважины диаметром d_c.

б) при $\Delta h \geq {}^2/_3 d_c R_{rit}$ следует принимать по табл. П.6.1 и П.6.2 приложения 6 или по табл. 7.1 СП 50-102-2003 или по табл. 1 СНиП 2.02.03-85, а площадь A_{rit} основания сваи-РИТ принимать равной площади поперечного сечения с наибольшим диаметром

$$A_{rit} = 0{,}25\pi D_{ku}^2\,, \qquad (14.27)$$

где D_{ku} — наибольший диаметр уширения в основании сваи-РИТ, полученного в результате РИО, м.

При расчете несущей способности свай-РИТ по грунту, величину D_{ku} следует вычислять как $D_{ku} = k_{ush} d_c$ по данным табл. 2 и 3 в зависимости от вида грунта в основании сваи; при изготовлении свай-РИТ следует контролировать фактическое снижение уровня бетонной смеси в устье скважины Δh, и вычислять D_{ku} по формуле

$$D_{ku} = \sqrt[3]{1{,}2\gamma_p d_c^2 \Delta h} \approx 1{,}06\sqrt[3]{d_c^2 \Delta h}\,. \qquad (14.28)$$

Зная D_{ku}, вычисляется A_{rit}.

После изготовления опытных свай-РИТ на площадке и определения реальной осадки бетонной смеси Δh допускается уточнять площадь сечения камуфлетного уширения сваи-РИТ в ее основании

$$A_{rit} = 0{,}25\pi(1{,}06\sqrt[3]{d_c^2 \Delta h})^2 = 0{,}88\sqrt[3]{d_c^4 \Delta h^2} =$$

$$= 0{,}88(d_c^2 \Delta h)^{2/3}\,. \qquad (14.29)$$

14.10.4. В проекте следует назначать обработку забоя скважины с указанием величины осадки бетонной смеси в ее устье или объема бетонной смеси, необходимого для заполнения камуфлетной полости.

В каждом проекте должен содержаться следующий пункт:

«При изготовлении свай-РИТ контролировать величину понижения уровня бетонной смеси в скважине во время разрядно-импульсной обработки забоя скважины, что должно быть зафиксировано соответствующей записью в журнале изготовления свай».

Если в расчетах несущей способности сваи-РИТ учтено увеличение периметра u_{irit} поперечного сечения сваи сверх диаметра скважины за счет РИО ствола сваи на отдельных (конкретных) уровнях, то в проекте следует делать соответствующую запись и выделять ее рамкой. Периметр поперечного сечения ствола сваи-РИТ с учетом камуфлетных уширений определяется, исходя из среднего значения диаметров d_{ji} сваи, которые следует определять по объему бетонной смеси, израсходованной на заполнение j-го разрядно-импульсного уширения в i-м слое грунта.

14.10.5. При проектировании не следует завышать диаметры задаваемых поперечных сечений уширений для свай-РИТ на нижнем конце сваи и по ее длине. До проведения экспериментальной РИО свай на объекте и получения фактических значений увеличения диаметра скважины, принимаемые величины диаметров уши-

рении D_{kuI} не должны превышать величины диаметра пройденной скважины, умноженной на предельные коэффициенты, приведенные в табл. 2 и 3.

14.10.6. Периметр поперечного сечения сваи-РИТ в зоне j-го камуфлетного уширения определяется по формуле

$$u_{jrit} = \pi D_{kuj} = \pi d_c k_{ush}, \qquad (14.30)$$

где $k_{ush} = D_{kuj}/d_c$ из табл. 2 и 3.

Отношение диаметра камуфлетного уширения D_{kuI} к диаметру буровой скважины d_c

Таблица 2

Вид песка		Плотность сложения песка											
		Рыхлые				Средней плотности				Плотные			
		Диаметр буровой скважины, принимать по диаметру бурового инструмента, мм											
		до 150	151-250	251-320	321-450	до 150	151-250	251-320	321-450	до 150	151-250	251-320	321-450
Гравелистые, крупные и средней крупности		3,3	2,4	2,1	1,8	2,8	2,1	1,8	1,6	2,5	1,8	1,6	1,4
Мелкие	Малой и средней степени водонасыщения	2,8	2,1	1,8	1,6	2,5	1,8	1,6	1,3	2,0	1,6	1,3	1,1
	Насыщенные водой	2,9	2,2	1,9	1,6	2,6	1,9	1,7	1,4	2,2	1,7	1,4	1,2
Пылеватые	Малой степени водонасыщения	2,3	1,7	1,6	1,4	2,0	1,6	1,4	1,3	1,8	1,4	1,3	1,2
	средней степени водонасыщения	2,4	1,8	1,7	1,5	2,1	1,7	1,5	1,3	1,9	1,5	1,3	1,1
	Насыщенные водой	2,5	1,9	1,8	1,5	2,2	1,8	1,6	1,4	2,0	1,6	1,4	1,2

Примечание: По коэффициенту водонасыщения S_r пески подразделяются согласно ГОСТ 25100-95 (табл. Б.16)

Степени водонасыщения песка	коэффициент водонасыщения S_r песка, д.е.
Малой степени водонасыщения	0 – 0,50
средней степени водонасыщения	0,50 – 0,80
насыщенные водой	0,80 – 1,00

$$Sr = \frac{w\rho_s}{e\rho_w},$$

где w – природная влажность песка, д.е.;
e – коэффициент пористости;
ρ_s – плотность частиц песка, г/см^3;
ρ_w - плотность воды, принимаемая 1 г/см^3.

Таблица 3

Наименование пылевато-глинистого грунта и показатель текучести		Диаметр буровой скважины принимать по диаметру бурового инструмента, мм			
		до 150	151 – 250	251 – 320	321 – 450
Супеси	$I_L < 0$	1,2	1,1	1,05	1,02
	$0 \le I_L \le 1$	1,5	1,3	1,2	1,1
	$I_L > 1$	1,8	1,6	1,5	1,4
Суглинки и глины	$I_L < 0$	1,15	1,1	1,05	1,03
	$0 \le I_L \le 0,25$	1,25	1,15	1,1	1,05
	$0,25 < I_L \le 0,50$	1,3	1,2	1,15	1,1
	$0,50 < I_L \le 0,75$	1,4	1,3	1,2	1,5
	$0,75 < I_L \le 1,0$	1,5	1,4	1,3	1,2
	$I_L > 1$	1,6	1,5	1,4	1,3

Усредненное значение периметра поперечного сечения сваи-РИТ в i-м слое грунта

$$u_{i,rit}^{sr} = \frac{\sum_{j=1}^{n}(u_{j,rit} \cdot l_j) + u_c \cdot l_c}{h_i}; \qquad (14.31)$$

где n — количество разрядно-импульсных уширений в i-том слое грунта;

l_j — длина j-го камуфлетного уширения по стволу сваи-РИТ в i-том слое грунта $l_j = 0{,}89 \cdot D_{ku}$;

u_c — периметр поперечного сечения скважины, пробуренной под сваю-РИТ;

l_c — длина необработанной части ствола сваи-РИТ в i-том слое грунта;

h_i — толщина i-того слоя грунта.

14.10.7. Размеры фактически получаемых уширений контролируют по расходу бетонной смеси в скважине при РИО каждого i-го горизонта, т.е. по понижению уровня бетонной смеси в скважине за время РИО $\Delta h_i = h_{ni} - h_{ki}$,

где Δh_i — понижение уровня бетонной смеси в скважине при обработке i-го горизонта по разрядно-импульсной технологии, м;

h_{ni} — отметка верхнего (начального) уровня бетонной смеси в скважине перед началом РИО i-го горизонта замеряется после установки электродной системы на определенный уровень обработки;

h_{ki} — отметка нижнего (конечного) уровня бетонной смеси в скважине после окончания РИО i-го горизонта замеряется до перемещения электродной системы на новый уровень обработки.

В случае добавления бетонной смеси в процессе РИО одного уровня следует определять сумму осадок $\sum \Delta h_i$.

14.10.8. Для зданий и сооружений II и III категории уровня ответственности величина u_{irit} определяется с учетом увеличения периметра ствола сваи в зонах камуфлетных уширений.

14.10.9. Для несвязных грунтов расстояние между уровнями РИО не должно превышать 0,3—0,5 м. Для связных пылевато-глинистых грунтов расстояние между центрами ближайших зон РИО 0,75...1,0 м (3—3,5 диаметра скважины), что позволяет создавать гантелеобразную форму ствола сваи с уширениями.

14.10.10. При наличии в основании зданий прослоек слабых грунтов, в которых возможно развитие отрицательного трения, на этих участках, допускается не производить РИО ствола сваи. В этом случае учет сил отрицательного трения при определении несущей способности сваи-РИТ выполняется с учетом рекомендаций СП 50-102-2003.

14.10.11. На каждой строительной площадке после проведения экспериментальной РИО сваи и определения величин фактических расходов бетонной смеси на каждом i-том горизонте рекомендуется уточнить и откорректировать расчетную несущую способность сваи-РИТ.

14.10.12. По результатам испытаний вдавливающими нагрузками грунтов сваями-РИТ (ГОСТ 5686-94) следует откорректировать проект свайного поля.

14.11. Расчет осадок свай-РИТ

14.11.1. Расчет осадок свай-РИТ производится с учетом требований МГСН 4.19-05 (Приложение 6.2).

14.11.2. Расчет осадки одиночной сваи выполняется в соответствии с СП 50-102-2003 (раздел 7.4).

14.11.3. Расчет свай-РИТ по деформациям следует производить, исходя из условия: $S < \xi S_{u,mt}$,

где S — осадка, полученная при статических испытаниях с условной ее стабилизацией (СП 50-102-2003, п. 7.3.5);

$S_{u,mt}$ — предельное значение совместной деформации основания свайного фундамента и сооружения, устанавливаемое в проекте или принимаемое в соответствии с требованиями СП 50-101-2004 (пп. 5.5.46—5.5.50);

ξ — коэффициент перехода от предельного значения средней осадки фундамента здания или сооружения $S_{u,mt}$ к расчетной осадке сваи при нагрузке F_u, принимаемой за частное значение предельного сопротивления испытываемой сваи.

Значения коэффициента ξ следует принимать равным $\xi = 0{,}2$ с учетом рекомендаций СП 50-102-2003 (п. 7.3.5).

15. Обеспечение качества проектирования и изготовления свай-РИТ

15.1. При проектировании и строительстве высотных зданий на сваях-РИТ положения настоящих технических рекомендаций являются обязательными для исполнения всеми участниками инвестиционного цикла.

15.2. Исполнение требований документов по стандартизации в строительстве, применяемых на добровольной основе или имеющих рекомендательный характер, допускается, если это не противоречит положениям настоящих рекомендаций.

15.3. К изготовлению свай-РИТ высотных зданий допускаются организации, имеющие опыт геотехнических работ не менее 5 лет, в которых организована система обеспечения качества (ИСО 9001-2001), что должно быть подтверждено сертификатом соответствия.

15.4. Производственный входной и пооперационный контроль обеспечения качества должен соответствовать примерному перечню контролируемых процессов и параметров, приведенному в приложении 9, разработанном в соответствии требованиями СНиП 12-01-2004 (раздел 6).

15.5. Для реализации этих целей организуется лабораторный пост, в функции которого также должно входить:

— контроль оформления и содержания сопроводительных документов и сертификатов качества на поступающие материалы;

— отбор проб для лабораторных испытаний;

— корректировка составов смесей по результатам контроля.

15.6. При изготовлении свай-РИТ должны быть освидетельствованы скрытые работы, которые недоступны для визуальной оценки приемочными комиссиями при сдаче здания в эксплуатацию.

Освидетельствованию подлежат следующие виды работ:

— бурение скважины (диаметр, глубина на соответствие проекту);

— вид грунта в основании сваи на его соответствие учтенному проектом (по его остаткам на элементах бурового инструмента);

— подготовка основания сваи на соответствие предусмотренному проектом (удаление или уплотнение грунта, разрушенного буровым инструментом);

— приготовление бетонной смеси и ее нагнетание в скважину на соответствие проекту;

— разрядно-импульсная обработка грунта основания на соответствие проекту (осадка бетона при РИО основания сваи, при необходимости и ствола сваи);

— арматурный каркас на соответствие проекту (число секций, длина, диаметр и класс арматуры рабочих стержней, узел соединения секций).

Акты освидетельствования скрытых работ по форме ИГАСН ф11/99 (утвержденной распоряжением № 323-РП от 19.04.99 г.) должны составляться на завершенный процесс (сваю), выполненный самостоятельным подразделением исполнителей в течение смены.

15.7. Специфика изготовления свай-РИТ состоит в том, что все операции технологического процесса изготовления сваи должны быть завершены до окончания гидратации цемента, поэтому:

— пробуренную скважину рекомендуется освидетельствовать и сразу начать нагнетание бетонной смеси, которая к этому времени должна быть приготовлена;

— РИО начинать немедленно после освидетельствования заполнения и промывки скважины бетонной смесью;

— освидетельствовать арматурный каркас и начинать его монтаж после извлечения электродной системы из скважины.

Учитывая специфику изготовления свай-РИТ, а также запрещение выполнения последующих работ при отсутствии оформленных актов на скрытые работы, при изготовлении сваи-РИТ представитель технического надзора заказчика обязан находиться на площадке для освидетельствования каждого вида скрытых работ. Перерывы в приемке скрытых видов работ должны быть минимальными и не превышать 1 ч.

15.8. Настоящие Рекомендации содержат перечень нормативно-правовых и методических документов, использованных в разработке.

16. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ЭКОЛОГИИ И ОХРАНЫ ТРУДА

16.1. Общие положения

Производство свай-РИТ должно осуществляться в соответствии с требованиями безопасности, изложенными в ГОСТ 12. 3. 002-75, 12.4.011-89, СНиП 12-03-2001(ч. 1), СНиП 12-04-2002 (ч. 2) и других нормативных документах.

16.2 Инструкции по обеспечению безопасности труда на каждом рабочем месте следует разрабатывать в соответствии с действующими нормами безопасности и производственной санитарии в строительстве и других отраслях промышленности с учетом:

— применяемого оборудования, в т.ч. электротехнического, работающего под напряжением до 10 кВ;

— физико-химических свойств материалов.

16.3. При проектировании и выполнении производственных процессов следует предусматривать меры безопасности для работающего персонала и окружающей среды. Все работающие должны быть проинструктированы и обеспечены средствами индивидуальной защиты по действующим нормам.

16.4. Меры безопасности при проведении работ:

— к работам по изготовлению свай-РИТ допускаются лица, прошедшие соответствующую подготовку, изучившие правила производства работ и установленным порядком допущенные к таким работам;

— установки, используемые для формирования импульсов тока, достигающих в момент разряда 30 кА и более при напряжении до 10 кВ, основным элементом которых является генератор импульсных токов, представляют определенную опасность для обслуживающего персонала и людей находящихся в рабочей зоне. Поэтому на стройках могут использоваться только ГИТ, сертифицированные Госстандартом России;

— оборудование, работающее под давлением (компрессоры, баллоны, ресиверы и др.), должны

быть проверены, а периодические испытания на прочность оформлены актом;

— техническое состояние шлангов, материалопроводов, прижимных и фиксирующих устройств в системах транспортирования и закачивания в скважины бетонной смеси должны соответствовать требованиям инструкций на оборудование и механизмы. Для соединения шлангов и материалопроводов не допускается использование самодельных устройств (скруток, переходников и др.);

— любое устранение неисправностей в оборудовании и нагнетательных системах проводится при нулевом давлении и обесточенных механизмах.

В рабочей зоне постоянно контролируется:

— надежность заземления, оборудования, монтажа систем приготовления и транспортирование бетонных смесей;

— уровень запыленности воздуха;

— наличие постоянной связи (звуковой, световой, зрительной) между бетонщиком, укладывающим бетонную смесь в скважину, и машинистом, управляющим оборудованием и подачей бетонной смеси;

— освещенность зоны работы.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение П.1

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Арматура свай-РИТ:

жёсткая — стальной прокат в виде труб, балок; изготовленные из проката пространственные стальные конструкции;

конструктивная — арматура, устанавливаемая без расчета из конструктивных соображений;

косвенная — спиральная, кольцевая арматура, предназначенная для увеличения несущей способности свай;

рабочая — продольная арматура свай-РИТ, устанавливаемая по расчету.

Арматурный каркас для свай-РИТ — совокупность стержней рабочей, косвенной и конструктивной арматуры, собранных (сваренных, связанных) в объёмную систему, состоящую из одной или нескольких секций, стыкуемых между собой.

Бетон свай-РИТ — искусственный каменный материал, получаемый из смеси цемента, минеральных заполнителей, воды и различных добавок после укладки в скважину и твердения.

Бетонная смесь для свай-РИТ — полидисперсная система, находящаяся в пластичном состоянии, получаемая перемешиванием в определённых пропорциях цемента, минеральных заполнителей, воды и различных добавок.

Буровые сваи — сваи, бетонируемые в пробуренных скважинах.

Голова (оголовок) сваи-РИТ — верхний конец сваи, соединяемый с фундаментной плитой или ростверком. Соединение может быть свободным или жестким.

Забой скважины — поверхность массива грунта, которая расположена в нижней части скважины (торце скважины).

Инъекция бетонной смеси — нагнетание бетонной смеси под давлением в скважину, начиная с забоя через нагнетательную колонну без её извлечения или через полый шнек с синхронным подъёмом.

Камуфлетные уширения свай-РИТ — увеличения объема ствола сваи-РИТ из монолитного бетона, полученные за счёт уплотнения грунта энергией электровзрыва (серии электровзрывов) с одновременным заполнением их бетонной смесью.

Контрольное испытание сваи-РИТ — определение по ГОСТ 5686-94 несущей способности сваи-РИТ для проверки соответствия расчетным нагрузкам, установленным в проекте.

Несущая способность сваи-РИТ — расчётная несущая способность сваи-РИТ, определяемая в соответствии с настоящими Рекомендациями.

Отказ РИО — среднее снижение уровня бетонной смеси в скважине на величину менее 1 см после 5 электровзрывов без изменения положения электродов в скважине. Допускается 2 мм после 1—2 последних электровзрывов.

Полый шнек — бурильная труба с навитой стальной лентой, снабжённая теряемым или открывающимся долотом, используется для бурения в неустойчивых грунтах и закачивания в скважину под давлением бетонной смеси. Стенки скважины от обрушения поддерживаются в процессе бурения лопастями шнека и транспортируемым грунтом, а по мере извлечения шнека, бетонной смесью, плотность которой больше плотности окружающего грунта.

Промывка забоя скважины — нагнетание бетонной смеси в забой скважины до прекращения выноса бурового шлама и фрагментов грунта, разрыхленного буровым инструментом.

Пята сваи — нижний конец сваи.

РИО (разрядно-импульсная обработка) — обработка ствола сваи серией электрических разрядов (электровзрывов).

РИТ (разрядно-импульсные технологии) — технологии, использующие эффекты, возникающие при разряде импульсов тока высокого напряжения в жидкости.

Свая-РИТ — свая из монолитного бетона, изготовленная в грунте с использованием РИТ.

Сухая бетонная смесь для свай-РИТ — бетонная смесь, приготовленная по специальному рецепту из цемента, порошкообразных добавок и высушенных минеральных заполнителей, затворяемая водой на строительной площадке перед ее использованием. Жидкие добавки вводятся с водой затворения. Сухая бетонная смесь поставляется в мешках, мягких контейнерах и россыпью цементовозами.

Техногенные грунты — естественные грунты, измененные в результате деятельности человека. По группе буримости при любом способе бурения (колонковом, вращательном, шнековом) грунты следует относить к IV...XII группе по трудоёмкости бурения:

— при наличии погребённых бетонных элементов, кирпичной кладки прочностью до 10 МПа — V группа;

— при наличии погребённых железобетонных элементов и кирпичной кладки прочностью более 10 МПа — VI...VII группа;

— при наличии погребённых железобетонных

и металлических конструкций, металлолома, гранитных блоков — X...XII группа.

Электровзрыв — процесс преобразования высоковольтного импульса электрической энергии в другие ее виды в ограниченном объеме за короткий промежуток времени. Электровзрыв в жидкости порождает волны, способные совершать механическую работу.

Электрогидравлический эффект — воздействие на твердое тело (грунт) импульсных давлений, возникающих при электровзрыве в жидкости.

Приложение П.2

МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СВАЙ-РИТ ОТ АГРЕССИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ГРУНТОВ И ГРУНТОВЫХ ВОД

Высотные здания, как правило, строятся с развитой подземной частью. Заглубление фундаментной плиты достигает 10 м и более. На таких глубинах в Москве встречаются юрские глины и другие грунты, агрессивные к бетону марки по водонепроницаемости W6 и выше.

Бетон свай-РИТ имеет высокую водонепроницаемость, значительно выше W8, тем не менее, учитывая высокую ответственность свайного основания в долговечности высотного сооружения, следует тщательно проанализировать материалы отчета об инженерно-геологических и гидрогеологических изысканиях для определения методов защиты бетона свай-РИТ от коррозии.

1. Агрессивность грунтов и грунтовых вод к бетону определяется по результатам химического анализа проб грунтовых и поверхностных вод, а также водяных вытяжек из глинистых грунтов, отобранных на участке строительства в процессе инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий, выполненных для рабочего проектирования в соответствии с СП 11-105-97 с установлением ореола и источников загрязнения.

2. В пределах одного здания с каждого водоносного горизонта должно быть отобрано не менее трех проб.

3. При оценке степени агрессивности среды для бетона следует учитывать скорость фильтрации и величину напора грунтовых вод у поверхности свай, степень уплотнения грунтов вокруг свай.

4. Нормирование степени агрессивности грунтовых вод и грунтов следует производить с учетом выбранного цемента, плотности и марки по водонепроницаемости бетона.

5. При анализе материалов отчета об инженерно-геологических и гидрогеологических изысканиях следует обратить внимание на время года, когда они выполнялись, т.к. в большинстве случаев подъем уровня грунтовых вод отмечается в начале зимы, а увеличение агрессивности грунтовых вод наблюдается летом.

6. Для оценки агрессивного воздействия грунта для всей строительной площадки строительства при минимальном количестве проб следует принимать наихудшие результаты.

7. Железобетонный ствол сваи, эксплуатирующейся в условиях воздействия агрессивных сред, должен изготавливаться из материалов, обеспечивающих коррозионную стойкость свай на весь заданный срок службы здания (сооружения).

8. Повышение стойкости железобетона свай-РИТ в агрессивных средах обеспечивается:

— использованием чистых заполнителей;

— увеличением плотности бетона;

— увеличением марки бетона по водонепроницаемости;

— использованием умеренно сульфатостойких цементов (портландцемент и шлакопортландцемент по ГОСТ 10178-85 с содержанием в клинкере C_3S — не более 65%, C_3A не более 7%, $C_3A + C_4AF$ не более 22%);

— использованием цементов с умеренной экзотермией;

— использованием сульфатостойких цементов по ГОСТ 22266-94;

— введением добавок в бетонные смеси, повышающих реологические свойства;

— введением в бетоны водоредуцирующих добавок и добавок, увеличивающих их стойкость к агрессивному воздействию среды;

— введением в бетон добавок-ингибиторов коррозии стали;

— увеличением плотности и снижением фильтрационных характеристик грунта, окружающего сваю, путем более тщательной РИО в зоне уровня грунтовых вод и выше на 2—3 м.

9. **Не допускается применение**

— портландцемента с содержанием C_3A более 8%;

— глиноземистых цементов;

— цементов, заполнителей и добавок, если массовая доля щелочных оксидов ($Na_2O + K_2O$) в пересчете на Na_2O ($Na_2O + 0{,}658K_2O$) превышает 0,6%;

— хлористых солей в качестве добавок в бетон.

10. Состав бетонной смеси для получения бетонов, стойких к агрессивному воздействию грунта и грунтовых вод, подбирается строительной лабораторией.

Приложение П.3

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА СВАЙ-РИТ

Пример № 1

1. Исходные данные

Строится здание первого уровня ответственности.

— диаметр сваи = 32 см
— площадь поперечного сечения сваи в оголовке = 804,2 см²
— расчетная нагрузка на сваю = 1550 кН
— ширина плитного ростверка = 26 м
— срезка грунта = 8 м
— грунты

от низа плиты до 3 м	— суглинки тугопластичные I_L = 0,43
от 3 до 5 м	— пески средней крупности, рыхлые, влажные
от 5 до 6 м	— суглинки мягкопластичные I_L = 0,5
от 6 до 12 м	— супеси текучие I_L > 1
от 12 до14 м	— пески пылеватые средней плотности, водонасыщенные с прослоями текучепластичных суглинков
от 14 до 16 м	— пески мелкие средней плотности, водонасыщенные с прослоями текучепластичных суглинков
от 16 до 24 м	— пески средней крупности, плотные, водонасыщенные
от 24 до 35 м	— пески пылеватые, плотные, водонасыщенные

Плотность песков определена по данным лабораторных исследований.

Грунты и грунтовые воды к бетону марки W4 по водонепроницаемости не агрессивны.

2. Материалы и условия работ:

Тяжелый бетон сваи В30: R_b = 17 МПа = 17000 кН/м² (СП 50-101-2003 табл. 5.2);

E = 32500 МПа = 32,5 • 10⁶ кН/м² (СП 50-101-2003 табл. 5.4).

γ_{b2} = 0,9 — коэффициент условий работ, учитывающий длительность действия нагрузки;

γ_{b3} = 0,9 — коэффициент, учитывающий бетонирование сваи в вертикальном положении;

γ_{bc} = 0,8 — коэффициент, учитывающий способ бурения полым шнеком и бетонирование по мере извлечения шнека с подачей бетонной смеси через шнек.

Бетон сваи обеспечивает восприятие нагрузки

17000 · 0,9 · 0,9 · 0,8 · 0,08042 = 885,9 кН.

Арматура рабочая А500С:

R_{sc} = 435 МПа = 435000 кН/м² (СП 52-101-2003 табл. 5.8);

E_s = 2 · 10⁵ МПа = 2 · 10⁸ кН/м² (СП 52-101-2003 п. 5.2.10).

Предварительно принимается длина сваи не менее $l^p_{sv} \geq 0{,}5B$;

$l^p_{sv} \geq 0{,}5 \cdot 26 \geq 13$ м.

По данным инженерно-геологических изысканий до глубины 16 м залегают относительно слабые грунты, поэтому предварительная длина сваи-РИТ принимается 17 м, с учетом заглубления в ИГЭ — 7 на 1 м.

Предварительно принимаем продольную арматуру в верхней зоне сваи из расчета восприятия не менее 50% нагрузки, действующей на сваю 0,5 · 1550 = 775 кН (общая несущая способность ствола сваи 775+ + 885,9 = 1660,9 > 1550 кН).

Принимаем 6 Ø25 А500с на кольцах из трубы Ø159.

A_s = 6 · 4,91 = 29,46 см².

Глубина (длина) l_1 сваи-РИТ от подошвы плитного ростверка, в котором защемлена свая путем замоноличивания оголовка и выпусков арматурного каркаса, до сечения, в котором свая считается жестко защемленной в грунте $l_1 = \frac{2}{\alpha_\varepsilon}$

Находим коэффициент деформации грунта

$$\alpha_\varepsilon = \sqrt[5]{\frac{K \cdot b_p}{E \cdot J}}, \quad (\frac{1}{m})$$

Для определения коэффициента пропорциональности K находим глубину l_K

l_K = 3,5 d_c + 1,5 = 3,5 · 0,32 + 1,5 = 2,62 м.

До этой глубины залегают суглинки тугопластичные мощностью 3 м с показателем текучести I_L = 0,5.

По табл. 1 находим K = 4000 кН/м⁴.

Условная ширина сваи $b_p = 1{,}5d_c + 0{,}5 = 0{,}98$ м.

Момент инерции поперечного сечения сваи

$$I = \frac{\pi}{64} d_c^4 = 0{,}0005 \ m^4.$$

Коэффициент деформации грунта

$$\alpha_\varepsilon = \sqrt[5]{\frac{4 \cdot 10^3 \cdot 0{,}98}{32{,}5 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^{-4}}} = 0{,}75 \ \ (1/\text{м}).$$

Длина сваи от подошвы плитного ростверка, в котором она защемлена путем замоноличивания оголовка и выпусков арматурного каркаса, до сечения, в котором свая считается жестко защемленной в грунте

$$l_1 = \frac{2}{0{,}75} = 2{,}66\ м\ .$$

Расчетная длина сваи, жестко защемленной в плите и грунте

$l_0 = 0{,}5l_1 = 1{,}33$ м.

Максимальные напряжения в свае возникают на длине $l_1 = 2{,}66$ м.

Проверим достаточность принятого армирования с учетом случайного эксцентриситета $e_a =$ = 10 мм и возможного отклонения сваи от вертикали, допускаемого СНиП 3.02.01-87 (п. 11. 6, табл. 18, строка 10 г) и ГОСТ Р 12.3.048-2002 — 1 см на 1 м. На длине l_1 допустимое отключение составит 2,66 см.

Принимаем эксцентриситет 3,0 см.

$e_0 = 3$ см $> e_a$

В грунтах с $K = 4000$ кН/м^4 под воздействием сжимающей нагрузки возможен прогиб сваи, который учитывается введением коэффициента η

$$Ne_0\eta = \frac{2}{3}R_bA_r\frac{\sin^3\pi\xi_{cir}}{\pi} + R_sA_{s,tot}r_s\left(\frac{\sin\pi\xi_{cir}}{\pi} + \varphi\right).$$

Коэффициент, учитывающий влияние прогиба сваи

$$\eta = \frac{1}{1 - N/N_{cr}},$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2} = \frac{\pi^2}{l_0^2}(0{,}167E_bJ + 0{,}7E_sJ_s).$$

Рабочая арматура диаметром 25 мм, установленная по периметру колец Ø 159 мм имеет радиус до центров

$r_s = 0{,}5(159 + 25 + 2) = 93$ мм $= 0{,}093$ м,

где 2 мм — величина выступов на арматуре со стороны колец, отодвигающих продольную арматуру от продольной оси сваи.

Моменты инерции арматуры I_s, размещенной по окружности с радиуса r_s до центра тяжести стержней

$I_s = 998{,}15$ см^4 $= 9{,}98 \cdot 10^{-6}$ м^4.

Момент инерции поперечного сечения сваи $I = 5 \cdot 10^{-4}$ м^4.

$$N_{cr} = \frac{\pi^2}{1{,}27} = (0{,}167 \cdot 32{,}5 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^{-4} +$$

$$+ 0{,}7 \cdot 2 \cdot 10^8 \cdot 9{,}98 \cdot 10^{-6}) = 22937\ кН.$$

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{1550}{22937}} = 1{,}072.$$

Действующий момент

$Ne_0\eta = 1550 \cdot 0{,}03 \cdot 1{,}072 = 49{,}8$ кНм.

Проверка условия

$N \le 0{,}77R_bA + 0{,}64R_sA_{s,tot} = 0{,}77 \cdot 11020 \cdot 0{,}08042 +$ $+ 0{,}64 \cdot 435000 \cdot 0{,}002946 = 1502{,}6 < 1550$ кН.

$R_B = \gamma_{B1}\gamma_{B2}\gamma_{BC} = 0{,}9 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}8 \cdot 17 = 11{,}02$ МПа $=$ 11020 кН/м^2.

Условие $N \le 0{,}77R_bA + 0{,}64R_sA_{s,tot}$ — не выполнено, в этом случае относительную площадь сжатой зоны бетона ξ_{cir} определяем по формуле

$$\xi_{cir} = \frac{N + R_bA\frac{\sin 2\pi\xi_{cir}}{2\pi}}{R_bA + R_sA_{s,tot}}$$

$\xi_{cir} = 0{,}66$.

При невыполнении условия $N \le 0{,}77R_bA +$ $+ 0{,}64R_sA_{s,tot}$, $\varphi = 0$.

Момент внутренних сил

$$M = \frac{2}{3}R_bAr\frac{\sin^3\pi\xi_{cir}}{\pi} + R_sA_{s,tot}r_s\frac{\sin\pi\xi}{\pi} =$$

$$= \frac{2}{3}11020 \cdot 0.08042 \cdot 0{,}15\frac{\sin^3\pi 0{,}66}{\pi} + 435000 \cdot 0{,}002946 \cdot$$

$$\cdot 0{,}093\frac{\sin^3\pi 0{,}66}{\pi} = 52{,}2\ кНм.$$

Принятое армирование свай-РИТ: 6Ø25 А500С обеспечивает восприятие момента внешних сил $Ne_0\eta = 49{,}8$ кНм моментом внутренних сил $M =$ = 52,2 кНм.

Армирование принимается на длине $l_{au} = 2l_1 +$ $+ l_{an}$, т.е. удвоенной длине до условного сечения, в котором свая считается жестко защемленной в грунте, с учетом длины анкеровки.

$l_{au} = 2l_1 + 0{,}72 = 5{,}32 + 0{,}72 = 6{,}04$ м.

Для обеспечения защемления сваи в плите следует предусмотреть анкеровку рабочей арматуры

на величину $l_{an} = 0{,}3\frac{R_sA_s}{R_{bt}u_sK_a}$.

R_{bt} — расчетное сопротивление растяжению бетона плиты для бетона В30,

$R_{bt} = 1{,}15$ МПа $= 1150$ кН/м^2 с учетом действия длительной нагрузки $\gamma_{b1} = 0{,}9$

$R_{bt} = 1150\gamma_{b1} = 1035$ кН/м^2;

u_s — периметр арматурного стержня Ø25 мм, $u_s = 7{,}85$ см $= 0{,}0785$ м;

K_a — коэффициент переармирования узла стыка;

допускается $\frac{M}{Ne_0\eta} = \frac{55{,}2}{49{,}8} = 1{,}1$, тогда

$$l_{an} = \frac{0{,}3\ \ 435000 \cdot 0{,}00049}{1035 \cdot 0{,}0785 \cdot 1{,}1} = 0{,}72\ \text{м} > 15d_s$$

Длина стержней диаметром 25 мм в верхней секции каркаса с учетом анкеровки в плите должна быть не менее 6,76 м. Принимаем длину секции, равную длине прутков стандартной мерной арматуры = 11,7 м.

Армирование сваи-РИТ глубже 11,7 − 0,72 ≈ 11 м может уменьшаться пропорционально усилиям, воспринимаемым грунтом на контакте с боковой поверхностью сваи-РИТ.

Бетон в сечении сваи на глубине 11 м воспринимает усилие

$$N_b = R_b \cdot A = 11020\ \ 0{,}08042 = 886{,}2\ \text{кН}$$

Сжимающая нагрузка, действующая в сечении на глубине l_z = 11 м

$$N_z = N - \gamma'_{cf} \cdot u \cdot \sum_0^z f_i \cdot h_i$$

Периметр сваи по диаметру скважин u = 1,00 м.

По табл. 7.2 СП 50-102-2003 определяем f_i

для суглинков с I_L = 0,43

на глубине с l_z = 0 + 3 до l_z = 2 + 3 РИО не производится, принимается f_{cp} = 0 кПа

на глубине l_z = 3 + 3 f_{cp} = 28,5 кПа

На глубине от 3 до 5 м залегают пески средней крупности, рыхлые

на глубине l_z = 3 + 3 f_i = 42 кПа

l_z = 5 + 3 f_i = 44 кПа

f_{cp} = 43 кПа

На глубине от 5 до 6 м залегают суглинки мягкопластичные с I_L = 0,5

на глубине l_z = 5 + 3 f_i = 26 кПа

l_z = 6 + 3 f_i = 26,5 кПа

f_{cp} = 26,25 кПа

На глубине от 6 до 11 м залегают супеси текучие с I_L > 1

на глубине l_z = 6 + 3 f_i = 6 кПа

l_z = 8 + 3 f_i = 6 кПа

f_{cp} = 6 кПа

на глубине l_z = 8 + 3 f_i = 6 кПа

l_z = 10 + 3 f_i = 6 кПа

f_{cp} = 6 кПа

на глубине l_z = 10 + 3 f_i = 6 кПа

l_z = 11 + 3 f_i = 6 кПа

f_{cp} = 6 кПа

N_z = 1550 − 0,7 · 1,0 · (0 · 2 + 28,5 · 1 + 43,0 · 2 + + 26,25 · 1 + 6 · 2 + 6 · 2 + 6 · 1) ≈ 1430,5 кН

Сжимающая нагрузка, которая должна восприниматься рабочей арматурой в сечении сваи с глубины, l_z = 11 м:

$$\frac{N_z - N_b}{R_s} = \frac{1430{,}5 - 886}{435000} = 0{,}00125\ \text{м}^2 = 12{,}5\ \text{см}^2.$$

Принимаем в верхнем сечении до глубины 11 м 6 Ø25 А500С, A_s = 29,46 см², ниже 11 м — 6 Ø18 А500С с A_s = 15,24 см². С учетом принятой длины сваи 17 м и поставляемой арматурой длиной 11,7 м целесообразно для нижней секции арматурного каркаса принять длину, равную 11,7 : 2 = 5,85 м.

Стыковать арматуру внахлест

$$l_n = 21{,}75\frac{d^2_{s,calc}}{d_{s,ef}} = 21{,}75\frac{12{,}5}{15{,}24} = 17{,}8\ \text{см},$$ но не менее

200 мм и не менее $15d_s$, в нашем случае — 15 · 25 = = 375 мм. Таким образом, 5,85 − 0,375 = 5, 475 м, с глубины 11 + 5,475 = 16,475 м до конца сваи она не армируется.

Расчёт несущей способности сваи-РИТ по грунту

В соответствии с п. 14.10.2 настоящих рекомендаций несущую способность висячих свай-РИТ по грунту F_d, кН (тс), работающих на вертикальную нагрузку, следует определять по формуле 14.25:

$$F_d = \gamma_{kk}\gamma_{crit} \cdot (\gamma_{cR} \cdot R_{rit} \cdot A_{rit} + \gamma_{cf} \cdot \sum u_{irit} f_i \cdot h_i),$$

где γ_{kk} — коэффициент надежности свайного основания для здания первой категории ответственности, γ_{kk} = 0,7;

γ_{crit} — коэффициент условий работы сваи-РИТ, γ_{crit} = 1,0;

γ_{cR} — коэффициент условий работы грунта под нижним концом сваи-РИТ, γ_{cR} = 1,3;

γ_{cf} — коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности сваи-РИТ, γ_{cf} = 1,3.

Для упрощения расчётов, u_{irit} — принимаем равным периметру скважины u_{irit} = 1,00 м.

Для наглядности вычислений ниже выделены инженерно-геологические элементы.

ИГЭ − 1/1 от 0 + 3 м до 2 + 3 м РИО не производится, принимается в запас несущей способности f_{icp} = 0 кПа,

+ 3 м — учитывается срезка грунта, сваи изготавливаются со дна котлована глубиной больше 8 м (прим. к табл. 7.1 СП 50-102-2003 или к табл. 6.1—6.4 Приложения 6).

ИГЭ − 1/2 от 2 + 3 м до 3 + 3 м I_L = 0,43, f_{icp} = = 28,5 кПа

$N_{ige-1/2}$ = 1 · 1 · 28,5 · 1,0 = 28,5 кН.

ИГЭ − 2 от 3 + 3 м до 5 + 3 м пески средней крупности, рыхлые (табл. 6.3 Приложения 6)

f_{icp} = 43 кПа; h_i = 2 м

N_{ige-2} = 1 · 43 · 1,0 · 2 = 86 кН.

ИГЭ − 3 от 5 + 3 м до 6 + 3 м суглинок I = 0,5, f_{icp} = 26,25 кПа, h_i = 1 м

N_{ige-3} = 1 · 26,25 · 1,0 · 1 = 26,3 кН.

ИГЭ − 4/1 от 6 + 3 м до 8 + 3 м супеси I_L > 1 за счет уплотнения грунта принимается I_L = 1, f_{icp} = = 6 кПа, h_i = 2 м

$N_{ige-4/1} = 1 \cdot 6 \cdot 1{,}0 \cdot 2 = 12$ кН.

ИГЭ – 4/2 от 8 + 3 м до 10 + 3 м супеси $I_L = 1$, $f_{icp} = 6$ кПа, $h_i = 2$ м

$N_{ige-4/2} = 1 \cdot 6 \cdot 1{,}0 \cdot 2 = 12$ кН.

ИГЭ – 4/3 от 10 + 3 м до 12 + 3 м супеси $I_L = 1$, $f_{icp} = 6$ кПа, $h_i = 2$ м,

$N_{ige-4/3} = 1 \cdot 6 \cdot 1{,}0 \cdot 2 = 12$ кН.

ИГЭ – 5 от 12 + 3 м до 14 + 3 м пески пылеватые средней плотности $f_{icp} = 38{,}6$ кПа, $h_i = 2$ м

$N_{ige-5} = 1 \cdot 38{,}6 \cdot 1{,}0 \cdot 2 = 77{,}2$ кН.

ИГЭ – 6 от 14 + 3 м до 16 + 3 м пески мелкие средней плотности $f_{icp} = 54$ кПа, $h_i = 2$ м

$N_{ige-6} = 1 \cdot 54 \cdot 1{,}0 \cdot 2 = 108$ кН.

ИГЭ – 7 от 16 + 3 м до17 + 3 м пески средней крупности, плотные $f_{icp} = 78{,}3$ кПа, $h_i = 1$ м

$N_{ige-7} = 1 \cdot 78{,}3 \cdot 1{,}0 \cdot 1 \cdot 1{,}3 = 101{,}8$ кН.

Коэффициент 1,3 — примечание 3 к табл. 7.2 СП 50-102-2003 или к табл. 6.3 приложения 6).

Накопленная на боковой поверхности несущая способность

$N_f = 1{,}3(0 + 28{,}5 + 86 + 26{,}5 + 12 + 12 + 12 + 77{,}2 + 108 + 101{,}8) = 603{,}2$ кН.

Несущая способность сваи-РИТ под нижним концом в плотном песке средней крупности $R =$ = 4800 кПа по табл. 7. 1 СП 50-102-2003 на глубине 17 + 3 м.

Согласно примечанию 4 к табл. 7.1 значение R для плотных песков следует увеличить на 60%, но не более, чем до 20000 кПа

$R = 4800 \cdot 1{,}6 = 7680$ кПа ≤ 20000 кПа.

$$A_{rit} = (0{,}32 \cdot 1{,}8)^2 \cdot \frac{\pi}{4} = 0{,}26 \text{ м}^2$$

здесь 1,8 = k_{ush} по табл. 2.

$$N_R = \gamma_{cR} \cdot R_{rit} \cdot A_{rit} = 1{,}3 \cdot 7680 \cdot 0{,}26 = 2595{,}8 \text{ кН}.$$

Общая несущая способность сваи РИТ по грунту $F_d = 0{,}7 \cdot 1{,}0 \cdot (2595{,}8 + 603{,}2) = 2239{,}3$ кН.

Допускаемая нагрузка на сваю по грунту

$$N = \frac{F_d}{\gamma_k} = 2239{,}3 : 1{,}4 = 1599{,}5 \text{ кН},$$

где $\gamma_k = 1{,}4$ коэффициент надежности согласно СП 50-102-2003 (п. 7.1.11).

Окончательно принимается длина свай 17 м от поверхности дна котлована под нагрузку 1550 кН.

Испытательная нагрузка с учетом коэффициента надежности, принимаемого в соответствии с п. 14.1.10 для здания первого уровня ответственности $\gamma_k = 1{,}25$, составит — 1937,5 ≈ 1950 кН.

Пример № 2. Расчет несущей способности сваи-РИТ по грунту

1. Исходные данные:

Строится здание второго уровня ответственности.

— буровой диаметр сваи 25 см;
— отметка уровня природного рельефа 152,0 м;
— срезка грунта 2,0 м;
— отметка верха сваи (дно котлована) 150,0 м;
— отметка пяты сваи 135,0 м;
— длина сваи 15,0 м;
— геология:

1 ИГЭ. (от отм. 152,0 до 146,0 м) — насыпные грунты;

2 ИГЭ. (от отм. 146,0 до 143,5 м) — пески мелкие рыхлые влажные;

3 ИГЭ. (от отм. 143,5 до 141,0 м) — супеси пластичные $I_L = 0{,}4$;

4 ИГЭ. (от отм. 141,0 до 138,0 м) — суглинки полутвердые $I_L = 0{,}15$;

5 ИГЭ. (от отм. 138,0 до 137,5 м) — пески пылеватые средней плотности, насыщенные водой;

6 ИГЭ. (от отм. 137,5 до 136,6 м) — глины мягкопластичные $I_L = 0{,}55$;

7 ИГЭ. (от отм. 136,6 до 131,0 м) — пески мелкие средней плотности, насыщенные водой.

Плотность грунта определена по данным лабораторных исследований.

Необходимо определить несущую способность сваи-РИТ длиной 15 м по грунту.

2. Расчет:

Согласно п. 14.10. 2 настоящих рекомендаций несущая способность висячих свай-РИТ по грунту F_d, кН (тс) на вертикальную нагрузку следует определять по формуле (14.25)

$$F_d = \gamma_{kk}\gamma_{c,rit} \cdot (\gamma_{cR} \cdot R_{rit} \cdot A_{rit} + \gamma_{cf} \cdot \sum u_{j,rit} f_j \cdot h_j),$$

Здесь

$\gamma_{kk} = 0{,}85$ — коэффициент надежности свай для здания второй категории ответственности;

$\gamma_{c,rit} = 1{,}0$ — коэффициент условия работы сваи в грунте;

$\gamma_{cR} = 1{,}3$ — коэффициент условий работы грунта под нижним концом сваи для всех типов грунтов, как для сваи с камуфлетным уширением в ее нижнем конце;

$\gamma_{cf} = 1{,}3$ — коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности сваи, для всех грунтов, как для свай с камуфлетными уширениями по всему стволу сваи.

2.1. Определение несущей способности грунта под нижним концом сваи-РИТ

Расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи-РИТ определяется в соответствии с указаниями п. 14.10.2.

В конкретном случае $\Delta h > d_c$, тогда R_{rit} принимается по табл. 7.1 СП-50-102-2003 или по табл. 1 СНиП 2.02.03-85. Длина сваи $l_{sv} = 15{,}0$ м.

Нижний конец сваи (отм. 135,00). Согласно примечаниям 1 к табл. 6.1 и 2 к табл. 7.1 (СП 50-102-

2003), 2 к табл. 1 (СНиП 2.02.03-85) для расчета несущей способности при планировке территории срезкой до 3 м глубину расположения нижнего конца сваи и среднюю глубину расположения слоя грунта следует принимать от уровня природного рельефа: $z = l_{sv} + h_{sr} = 15{,}0 + 2{,}0 = 17{,}0$ м.

Для ИГЭ № 7 (кровля отм. 136,6, основание сваи отм. 135,0) выше основания сваи на 1,6 м и ниже более 2 м залегают пески мелкие средней плотности, насыщенные водой, при $z = 17$ м $R_{rit} = 3020$ кПа.

Площадь основания сваи-РИТ A_{rit} (м²), принимаемая равной площади поперечного сечения уширения, получаемого в результате обработки ее забоя по разрядно-импульсной технологии:

$$A_{rit} = \frac{\pi \cdot D_{ku}^2}{4}.$$

Согласно табл. 2, п. 14.10.3 и с учетом п. 14.10.5 $k_{ush} = 2{,}1$, $D_{ku} = k_{ush} \cdot d_c = 2{,}1 \cdot 0{,}25 = 0{,}525$ м, тогда $A_{rit} = 0{,}25 \cdot \pi \cdot 0{,}525^2 = 0{,}216$ м².

Несущая способность грунта под нижним концом сваи-РИТ:

$\gamma_{cR} R_{rit} A_{rit} = 1{,}3 \cdot 3020 \cdot 0{,}216 = 848$ кН $= 84{,}8$ т.

а. Определение несущей способности грунта на боковой поверхности сваи-РИТ:

Толщина ИГЭ № 1 (от дна котлована — отм. 150,0 до 146,0 м) $h_1 = 4{,}0$ м.

Насыпные грунты — не нормируются (сопротивление на боковой поверхности не учитывается).

Толщина ИГЭ № 2 (от отм. 146,0 до 143,5 м) $h_2 = 2{,}5$ м.

Расчетное сопротивление i-го слоя грунта на боковой поверхности сваи f_i кПа (т/м²) принимается по табл. П. 6. 3 и П. 6. 4 приложения 6.

Т.к. при определении расчетных сопротивлений грунтов на боковой поверхности свай f_i, пласты грунтов следует расчленять на однородные слои толщиной не более 2 м, разбиваем h_2 на $h_{2.1} = 2{,}0$ м и $h_{2\,2} = 0{,}5$ м.

Средняя глубина расположения слоя $h_{2.1}$ грунта: $z_{2\,1} = \frac{h_{2\,1}}{2} + h_1 = \frac{2}{2} + 4 = 5{,}0$ м, $f_{2.1} = 29$ кПа;

$$z_{2\,2} = h_{2.1} \frac{h_{2\,2}}{2} + h_1 = 2 + \frac{0{,}5}{2} + 4 = 6{,}25 \text{ м},$$

$f_{1.2} = 31{,}3$ кПа.

Для удобства все промежуточные выкладки приводятся в сводной таблице.

2.2. Суммарная несущая способность грунта

$$F_d = \gamma_{kk} \gamma_{c,rit} (\gamma_{cR} R_{rit} A_{rit} + \gamma_{cf} \sum u_{j,rit} f_j h_j) =$$

$$= 0{,}85 \cdot 1{,}0 \cdot (848 + 695{,}7) = 1543{,}7 \text{ кН} = 154{,}3 \text{ т}.$$

№ слоя	Наименование грунта	Высота слоя h_i, м	Разбивка h_i, м	Глубина z_i, м	Расчетное сопр. f_i, кПа	D_{ku} / d_c	D_{ku}	$u_{i\,rit}$, м	γ_{cf}	$\gamma_{cf} \cdot u_{i,rit} \cdot f_i \cdot h_i$	
										кН	т
1	насыпные грунты	4,0	-	-	-	-	-	-	1,3	-	-
2	пески мелкие рыхлые влажные	2,5	2,0	5,0	29,0	2,1	0,525	1,65		124,4	12,4
			0,5	6,25	31,3					33,5	3,3
3	супеси пластичные $I_L = 0{,}4$	2,5	2,0	7,5	32,5	1,3	0,325	1,02		86,1	8,6
			0,5	8,75	33,3					22,0	2,2
4	суглинки полутвердые $I_L = 0{,}15$	3,0	2,0	10,0	65,0	1,15	0,287	0,90		152,1	15,1
			1,0	11,5	67,1					78,5	7,8
5	пески пылеватые средней плотности, насыщенные водой	0,5	0,5	12,25	35,8	1,9	0,475	1,49		26,6	2,6
6	глины мягкопластичные $I_L = 0{,}55$	0,9	0,9	12,95	23,4	1,3	0,325	1,02		21,5	2,1
7	пески мелкие средней плотности, насыщенные водой	1,6	1,6	14,2	50,2	2,4	0,6	1,88		151,0	15,1
									Σ	695,7	69,5

2.3. Проектная расчетная нагрузка на сваю-РИТ по грунту

$$N = \frac{F_d}{\gamma_k} = \frac{1543{,}7}{1{,}4} = 1102\,\text{кН} = 110{,}2\,\text{т}$$

2.4 Испытательная нагрузка на сваю-РИТ при натурных испытаниях

$F_{isp} = N \cdot \gamma_k = 110{,}2 \cdot 1{,}20 = 1323$ кН = 132,3 т.

Пример № 3. Расчет несущей способности сваи-РИТ по грунту

1. Исходные данные:

— проектируемое здание 1 категории ответственности.

— буровой диаметр сваи	30 см;
— отметка уровня природного рельефа	202,0 м;
— срезка грунта	10 м;
— отметка верха сваи (дно котлована)	192,0 м;
— отметка пяты сваи	169,5 м;
— длина сваи	22,5 м;

— геология (приведены данные по грунтам ниже дна котлована):

1 ИГЭ. (от отм. 192,0 до 189,7 м) — глины полутвердые $I_L = 0{,}20$;

2 ИГЭ. (от отм. 189,7 до 185,5 м) — суглинки тугопластичные $I_L = 0{,}33$;

3 ИГЭ. (от отм. 185,5 до 184,5 м) — пески мелкие рыхлые влажные;

4 ИГЭ. (от отм. 184,5 до 181,3 м) — глины тугопластичные $I_L = 0{,}28$;

5 ИГЭ. (от отм. 181,3 до 178,5 м) — суглинки мягкопластичные $I_L = 0{,}55$;

6 ИГЭ. (от отм. 178,5 до 175,5 м) — пески средней крупности средней плотности;

7 ИГЭ. (от отм. 175,5 до 174,3 м) — глины тугопластичные $I_L = 0{,}28$;

8 ИГЭ. (от отм. 174,3 до 171,5 м) — пески пылеватые плотные, влажные;

9 ИГЭ. (глубже отм. 171,5) — пески средней крупности плотные, насыщенные водой.

Плотность грунта определена по результатам лабораторных исследований.

Необходимо определить несущую способность сваи-РИТ по грунту.

2. Расчет:

Согласно п. 14.10.2 настоящего Регламента несущая способность висячих свай-РИТ по грунту F_d, кН (т), работающих на вертикальную нагрузку, следует определять по формуле (14.25):

$$F_d = \gamma_{kk}\gamma_{c,rit} \cdot (\gamma_{cR} \cdot R_{rit} \cdot A_{rit} + \gamma_{cf} \cdot \sum u_{i,rit} f_i \cdot h_i),$$

Здесь:

$\gamma_{kk} = 0{,}7$ — коэффициент надежности свай для здания 1 категории ответственности;

$\gamma_{c,rit} = 1{,}0$ — коэффициент условия работы сваи в грунте;

$\gamma_{cR} = 1{,}3$ — коэффициент условий работы грунта под нижним концом сваи, как для сваи с камуфлетным уширением в ее нижнем конце;

$\gamma_{cf} = 1{,}3$ — коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности сваи, для всех грунтов, как для свай с камуфлетными уширениями по всему стволу сваи.

2.1. Определение несущей способности грунта под нижним концом сваи-РИТ

Расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи-РИТ определяется в соответствии с указаниями п. 14.10.2.

В конкретном случае $\Delta h > d_c$ R_{rit} принимается по табл. 7.1 (СП-50-102-2003), по табл. 1 (СНиП 2.02.03-85) или табл. 6.1 приложения 6 настоящих Рекомендаций.

Нижний конец сваи расположен на глубине 22,5 м.

В расчетах несущей способности сваи при планировке территории срезкой от 3 до 10 м глубина расположения нижнего конца сваи принимается от условной отметки, расположенной соответственно на 3 м выше уровня срезки: $z = l_{sv} + 3 =$ = 25,5 м. Принимаем глубину расположения нижнего конца сваи 25 м (см. примечания к табл. 6.1 в приложении 6). Для ИГЭ № 9 (ниже отм. 171,5) — пески средней крупности плотные, насыщенные водой, $R_{rit} = 5200$ кПа. Значение $R_{rit} = 5200$ кПа следует увеличить на 60% за счет плотного сложения песка (СНиП 2. 02. 03-85 табл. 1 примечание 4) $R_{rit} = 5200 \cdot 1{,}6 = 8320$ кПа.

Площадь основания сваи-РИТ A_{rit} (м²), принимаемая равной площади поперечного сечения уширения, получаемого в результате обработки ее забоя по РИТ:

$$A_{rit} = \frac{\pi \cdot D_{ku}^2}{4}.$$

$$D_{ku} = k_{ush} \cdot d_c = 1{,}6 \cdot 0{,}30 = 0{,}48\ \text{м},$$

где $k_{ush} = \frac{D_{ku}}{d_c} = 1{,}6$ (табл. 2 настоящих Рекомендаций).

Тогда: $A_{rit} = 0{,}25 \cdot \pi \cdot 0{,}48^2 = 0{,}181$ м².

Несущая способность грунта под нижним концом сваи-РИТ:

$$\gamma_{cR} R_{rit} A_{rit} = 1{,}3 \cdot 8320 \cdot 0{,}181 =$$

$$= 1957{,}6\ \text{кН} = 195{,}7\ \text{т}.$$

2.2. Определение несущей способности грунта на боковой поверхности сваи-РИТ

Толщина ИГЭ № 1 (от дна котлована — отм. 192,0 до 189,7 м) $h_1 = 2{,}3$ м.

Расчетное сопротивление i-го слоя грунта на боковой поверхности сваи f_i кПа (т/м²) принимается по табл. П.6.3 и П.6.4 приложения 6.

При определении расчетных сопротивлений грунтов на боковой поверхности свай f_i пласты грунтов следует расчленять на однородные слои толщиной не более 2 м, поэтому разбиваем h_1 на $h_{1\,1} = 2{,}0$ м и $h_{1.2} = 0{,}3$ м.

Средняя глубина расположения слоя $h_{1.1}$ грунта также принимается от условной отметки, расположенной на 3 м выше уровня срезки:

$z_{1\,1} = \frac{h_{1\,1}}{2} + 3 = 4{,}0$ м. РИО на глубине 2 м от поверхности не производится, в запас несущей способности принимается $f_{1.1} = 0$ кПа;

$$z_{1\,2} = h_{1\,1} + \frac{h_{1\,2}}{2} + 3 = 5{,}15\ m,\ f_{1\,2} = 56{,}3\ кПа.$$

Ниже отметки 2 м учитываем на отдельных уровнях увеличение периметра поперечного сечения ствола сваи-РИТ $u_{i,rit}$. Тогда периметр поперечного сечения сваи-РИТ в зоне j-го камуфлетного уширения

$$u_{j.rit} = \pi \cdot D_{kuj} = \pi \cdot d_c \cdot k_{ush} = \pi \cdot d_c \cdot \left(\frac{D_{kuj}}{d_c}\right).$$

Усредненное значение периметра сваи-РИТ для i-того слоя грунта с учетом бурового диаметра сваи d_c и количества уширений n, вычисляем по формуле (14.31). Учитывается расстояние между уровнями РИО для связных грунтов $= 3d_c$ (гантелеобразная форма ствола сваи), а для несвязных грунтов не более 0,3 м (слияние зон уширений).

№ слоя	Наименование грунта	Высота слоя h_i, м	Разбивка h_{ji}, м	Глубина z_i, м	Расчетное сопр. f_i, кПа	D_{kuj}/d_c	$u_{j\text{-}rit}$, м	$u_{i\,cp,rit}$	γ_{cf}	$\gamma_{cf} \cdot u^{cr}_{i,rit} \cdot f_i \cdot h_{ji}$	
										кН	т
1	глины полутвердые $I_L = 0.20$	2,3	2,0	4,00	0	без РИО	1,0	0,94	1,3	0	0
			0,3	5,15	56,3	1,10	1,04	1,04	1,3	22,8	2,2
2	суглинки тугопластичные $I_L = 0.33$	4,2	2,0	6,30	38,0	1,15	1,08	0,99	1,3	97,7	9,7
			2,0	8,30	40,0	1,15	1,08	0,99	1,3	102,9	10,3
			0,2	9,40	41,0	1,15	1,08	0,99	1,3	10,5	1,0
3	пески мелкие рыхлые влажные	1,0	1,0	10,00	34,0	1,80	1,70	1,70	1,3	75,1	7,5
4	глины тугопластичные $I_L = 0.28$	3,2	2,0	11,50	52,2	1,15	1,08	0,99	1,3	134,4	13,4
			1,2	13,10	53,0	1,15	1,08	0,99	1,3	81,9	8,1
5	суглинки мягкопластичные $I_L = 0.55$	2,8	2,0	14,70	24,0	1,20	1,13	1,01	1,3	63,0	6,3
			0,8	16,10	24,5	1,20	1,13	1,01	1,3	25,7	2,5
6	пески средней крупности средней плотности, водонасыщенные	3,0	2,0	17,50	75,5	1,80	1,70	1,70	1,3	333,7	33,3
			1,0	19,00	77,6	1,80	1,70	1,70	1,3	171,4	17,1
7	глины тугопластичные $I_L = 0.28$	1,2	1,2	20,10	60,6	1,15	1,08	0,99	1,3	93,6	9,3
8	пески пылеватые плотные влажные (с учетом увеличения f_j на 30%)	2,8	2,0	21,70	54,6	1,30	1,22	1,22	1,3	173,1	17,3
			0,8	23,10	55,8	1,30	1,22	1,22	1,3	70,8	7,0
9	пески средней крупности плотные влажные и насыщенные водой (с учетом увеличения f_j на 30%)	2,0	2,0	24,50	110,9	1,60	1,51	1,51	1,3	435,3	43,5
									Σ	1891,9	189,1

Для удобства все промежуточные выкладки приводятся в сводной таблице.

2.3. Суммарная несущая способность сваи-РИТ по грунту

$$F_d = \gamma_{kk}\gamma_{c,rit}(\gamma_{cR}R_{rit}A_{rit} + \gamma_{cf}\sum u_{j,rit}f_j h_j) =$$

$$= 0{,}7 \cdot 1{,}0 \cdot (1957{,}6 + 1891{,}9) = 2694 \text{ кН} = 269{,}4 \text{ т}.$$

2.4. Проектная расчетная нагрузка на сваю-РИТ по грунту

$$N = \frac{F_d}{\gamma_k} = \frac{2694{,}6}{1{,}4} = 1924{,}7 \text{ кН} = 192{,}4 \text{ т}.$$

2.5. Испытательная нагрузка на сваю-РИТ при натурных испытаниях грунта сваями

$$F_{isp} = N \cdot \gamma_k = 192{,}4 \cdot 1{,}25 = 2405{,}0 \text{ кН} = 240{,}5 \text{ т}.$$

Если не удастся сконструировать ствол сваи по материалу с несущей способностью 200 т, в этом случае несущую способность сваи-РИТ по грунту следует принять равной ее несущей способности по материалу и, исходя из этого, уменьшить длину сваи.

Уменьшим длину сваи до 21 м. В этом случае нижний конец сваи попадает в ИГЭ № 8 (ниже отм. 174,3) — пески пылеватые плотные, насыщенные водой. Нижний конец сваи находится на отметке 192,0 − 21 = 171,0 м. Расчетная глубина 24 м, R_{rit} = 1920 кПа. С учетом примечания к табл. 7.1 СП 50-102-2003 об увеличении значения R_{rit} на 60%, кПа.

Площадь основания сваи-РИТ R_{rit} (м²), принимаемая равной площади поперечного сечения уширения, получаемого в результате обработки ее забоя по разрядно-импульсной технологии:

$$A_{rit} = \frac{\pi \cdot D_{ku}^2}{4}.$$

$$D_{ku} = k_{ush} \cdot d_c = 1{,}4 \cdot 0{,}32 = 0{,}45 \text{ м},$$

где $k_{ush} = \frac{D_{kuu}}{d_c} = 1{,}4$, согласно табл. 2, п. 14.10.3.

Тогда $A_{rit} = 0{,}25 \cdot \pi \cdot 0{,}45^2 = 0{,}159$ м².

Несущая способность грунта под нижним концом сваи-РИТ:

$\gamma_{cR}R_{rit}A_{rit} = 1{,}3 \cdot 3072 \cdot 0{,}159 = 635$ кН = 63,5 т.

Несущая способность грунта на боковой поверхности сваи длиной 21 м составит

$$\gamma_{cf} \cdot u_{j,rit}^{cr} \cdot f_j \cdot h_{jt} = 1537{,}9 \text{ кН} = 153{,}7 \text{ т}.$$

Суммарная несущая способность сваи-РИТ по грунту

$$F_d = \gamma_{kk}\gamma_{c,rit}(\gamma_{cR}R_{rit}A_{rit} + \gamma_{cf}\sum u_{j,rit}f_j h_j) =$$

$$0{,}7 \cdot 1{,}3 \cdot (635 + 1537{,}9) = 2172 \text{ кН} = 217{,}2 \text{ т}.$$

Проектная расчетная нагрузка на сваю-РИТ по грунту

$$N = \frac{F_d}{\gamma_k} = \frac{2172}{1{,}4} = 1551 \quad \text{кН} = 155{,}1 \text{ т}.$$

Испытательная нагрузка 194 т.

Приложение П.4

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ К ПРОЕКТУ СВАЙНОГО ОСНОВАНИЯ ИЗ СВАЙ-РИТ

Общие данные

1. Настоящий проект свайного основания жилого многофункционального комплекса по адресу: Москва, _____, разработан на основании материалов инженерно-геологических изысканий, выполненных _____ заказ _____.

2. В качестве свайного основания фундаментов приняты буронабивные сваи-РИТ диаметром 320 мм длиной _____ мм, изготовленные с использованием разрядно-импульсной технологии (РИТ). Основанием свайного фундамента на принятых отметках заложения (абс. отм. _____) служат _____ влажные и водонасыщенные с ρ = _____ г/см³, e = _____, E = _____ МПа (ИГЭ №____), что должно быть подтверждено при бурении в соответствии с требованиями п. 7.2 настоящих пояснений.

3. Расчетная нагрузка на сваи-РИТ, принятая в настоящем проекте составляет — _____т.

4. Несущая способность сваи-РИТ по грунту с учетом коэффициента надежности k = 1,4 составляет согласно расчетам от _____ до _____т.

5. Статические испытания свай выполняются по ГОСТ 5686-94.Испытательная нагрузка для свай-РИТ назначается — _____т. Испытания свай произвести в два этапа:

— на первом этапе произвести испытание опытных свай № _____ и №_____ в соответствии с рабочим проектом «Устройство свайного поля», разработанного фирмой «_____».

По результатам испытаний откорректировать проект свайного поля;

— на втором этапе (в процессе устройства свайного основания) произвести контрольные испытания _____ свай-РИТ, расположенных в местах с наиболее сложными инженерно-геологическими условиями в осях _____ и _____, для подтверждения принятых проектных решений.

6. Армирование свай выполнить в соответствии с настоящим проектом. Арматурный каркас устанавливать с соблюдением требований п. 7.6.8 и п. 7.6.9.

6.1. При устройстве испытательных свай для усиления оголовка от местного смятия применить трубу Ø 325х7 L = 1500 мм по ГОСТ 10704-91.

7. Особенности изготовления свай с использованием электрического разряда в бетонной смеси.

7.1. Категории грунта по трудоемкости бурения приняты в соответствии с их наименованиями и характеристиками, приведенными в МТСН 81.3-3-98 (Техническая часть, табл. 1) и МТСН 81.3-5-98 (Техническая часть, т. 2, сб. 5 т. 1—3). При проходке скважины бурением контролировать объем грунта, извлекаемого из скважины, который не должен превышать геометрический объем скважины, увеличенный на коэффициенты (МТСН 81.3-98 Техническая часть, т. 2 сб. 5 т. 1—3):

Ниже перечислены грунты, наиболее часто встречающиеся в основаниях зданий в г. Москве. В реальном проекте следует оставить наименования грунтов, вскрытых при изысканиях до глубины размещения свай.

— глины (2 группа)[1] — коэффициент 1,02;
— глины с примесью гальки, гравия и щебня до 10% по объему (3 группа) — коэффициент 1,13;
— глины с примесью гальки, гравия и щебня более 10% по объему (4 группа) — коэффициент 1,18;
— суглинки твердые, полутвердые (3 группа) — коэффициент 1,06;
— супеси водонасыщенные пластичные (2 группа) — коэффициент 1,10;
— супеси естественной влажности (1 группа) — коэффициент 1,02;
— гравийно-галечные грунты с галькой размером до 80 мм (5 группа)— коэффициент 1,22;
— галечные грунты с содержанием до 50% валунов размером до 200 мм (6 группа) — коэффициент 1,24;
— галечные грунты с содержанием валунов более 50% (7 группа) — коэффициент 1,32;
— дресва коренного залегания (5 группа) — коэффициент 1,02;
— дресвяный грунт с пылеватым, глинистым и песчаным заполнением (4 группа) — коэффициент 1,18;
— известняки малопрочные (4 группа) — коэффициент 1,10;
— известняки мергелистые и доломитизированные (5 группа)— коэффициент 1,02;
— известняки окварцованные (6 группа) — коэффициент 1,02;
— известняки окремненные (7 группа) — коэффициент 1,02;
— меловые грунты влажные, слабые (2 группа)— коэффициент 1,10;
— мергели мягкие, рыхлые, влажные (3 группа)— коэффициент 1,10;
— мергели плотные, крепкие (4 группа) — коэффициент 1,02;
— почвенно-растительный слой с корнями деревьев (2 группа) — коэффициент 1,10;
— песок рыхлый (1 группа) — коэффициент 1,10;
— песок с содержанием гравия и гальки до 20% (2 группа) — коэффициент 1,18;
— песок с содержанием гравия и гальки 20—30% (3 группа) — коэффициент 1,22;
— песок с содержанием гравия и гальки более 30% (4 группа) — коэффициент 1,24;
— торф без корней (1 группа) — коэффициент 1,02;
— крупноблочные грунты разнородного гранулометрического состава, формы, окатанности, включая валуны, угловатые камни и глыбы осадочных пород, цементированные карбонатно-глинистым материалом, подверженным фильтрационному воздействию(к этим грунтам следует относить грунты техногенного происхождения) (7 группа)— коэффициент 1,24.

7.2. В процессе бурения следует контролировать параметры грунта по глубине: установить характеристики грунта основания по остаткам грунта на элементах бурового инструмента, зафиксировать этот факт соответствующей записью в журнале свайных работ. Установить соответствие грунта обнаруженного в забое скважины и учтенного проектом в основании сваи (СНиП 3.02.01-87 п. 11.2.5).

7.3. Изготовление свай-РИТ предусматривается с бетонной подготовки (отм. _____), выполненной из бетона В12,5 толщиной 100 мм, армированной сеткой 150х150х5 по щебню, втрамбованному в грунт дна котлована.

[1] В скобках указана группа грунтов по трудоемкости бурения.

7.4. Бурение следует выполнять проходными шнеками в соответствии с проектом производства работ.

7.5. Подъем бурового инструмента следует проводить медленно после того, как будет установлено, что в забое скважины не создается пониженное давление относительно бытового давления грунта.

7.6. При изготовлении буровой сваи необходимо согласно ППР очистить забой от разрыхленного грунта (СНиП 3.02.01-87 п. 11.20) и уплотнить (см. п. 7.8.2.1), ГОСТ Р12.3.048-2002.

7.7. Для изготовления свай использовать мелкозернистый бетон класса В30 по прочности на сжатие и марки W 8 по водонепроницаемости на портландцементе не ниже М400$Д_0$. Бетонную смесь готовить на строительной площадке из сухих смесей, изготовленных по рецептуре, разработанной строительной лабораторией подрядчика или готовых бетонных смесей, доставляемых автобетоносмесителями.

7.7.1. Бетонная смесь должна соответствовать требованиям ГОСТ 7473-94.

7.7.2. Бетонная смесь не должна иметь включений щебня и гравия размером более 10 мм.

7.7.3. Подвижность бетонной смеси П-4...П-5, проверяется по конусу АЗНИИ, величина расплыва на стекле 15—17 см.

7.7.4. Сохраняемость свойств бетонной смеси — не менее 3 ч.

7.7.5. Водоотделение бетонной смеси — не более 2%.

7.7.6. Бетон в оголовках свай уплотнять вибратором.

7.8. Обработка сваи (скважины) электрическими разрядами:

7.8.1. Мощность накапливаемой энергии 40—60 кДж. Длина кабеля от ГИТ до скважины не более 40 м.

7.8.2. Программа обработки скважины электрическими разрядами:

7.8.2.1. РИО забоя скважины начинают после проверки плотности грунта способом на «отскок» и продолжают до снижения величины погружения электродной системы после разряда под собственным весом на 1 см после последнего электровзрыва.

7.8.2.2. Формирование сваи выполнять в соответствии с проектом, сечения _____ (листы _____).

Обработку забоя производить:

— до снижения уровня бетонной смеси в устье скважины не менее _____см;

— до достижения «отказа»; за «отказ» принимается понижение уровня бетонной смеси в устье скважины после последних 5 электровзрывов не более 1 см (Технические рекомендации ТР 50-180-06 п. 9.2.1).

Для установления факта «отказа» контролировать изменение уровня бетонной смеси в скважине после каждого электровзрыва или серии из пяти электровзрывов. Измерять или вычислять объем добавляемой бетонной смеси (Технические рекомендации п. 9.2.1).

— проверить степень уплотнения грунта в основании сваи, для чего электродную систему свободно установить на забой скважины и произвести 1—2 электровзрыва; если при этом электродная система погрузится не более, чем на 1 см, грунт в основании сваи считается плотным. Если погружение будет больше 1 см — продолжить РИО до получения «отскока».

7.8.2.3. Формирование тела сваи:

— в глинистых грунтах производить 5—6 импульсов на каждом горизонте обработки. Расстояние между горизонтами $2d_c$ мм.

Обработку выполнять до достижения «отказа» на каждом горизонте.

7.8.4. При изготовлении первой сваи в процессе создания электрических разрядов контролировать сейсмическое воздействие на грунты основания и конструкции зданий, находящихся в зоне формирования геотехнических конструкций (Технические рекомендации ТР 50-180-06 п. 1.4.4).

7.8.5. По снижению уровня бетонной смеси в опытной скважине (или объему добавляемой бетонной смеси) и влияния сейсмических возмущений на грунты основания и конструкции окружающих зданий, откорректировать программу обработки свай электрическими разрядами.

7.8.6. При понижении уровня бетонной смеси в скважине на 1,5 м заполнить скважину бетонной смесью.

7.8.7. Контролировать (вычислить) общий объем поданной в скважину бетонной смеси, который должен превышать объем грунта, извлеченного из скважины.

7.8.8. После РИО погрузить в скважину, заполненную бетонной смесью, арматурный каркас под собственным весом, допускается вращение каркаса влево-вправо, использование вибропогружателя или вибратора.

7.8.9. После установки в проектное положение арматурный каркас закреплять во избежание его погружения и смещения в плане.

8. При изготовлении геотехнических конструкций (свай-РИТ) вести контроль над:

— планово-высотной привязкой свай;

— диаметром и длиной скважин при их проходке;

— соответствием арматурного каркаса проекту и глубиной погружения каркаса в скважину;

— качеством приготовляемого бетона (расход материалов, подвижность);

— глубиной погружения электродной системы в скважину и заполнением скважины бетоном;

— плотностью грунта в основании сваи — методом «отскока»;

— расходом бетона для изготовления свай:

при заполнении скважины;

промывке;

при обработке на каждом горизонте;

суммарным расходом бетона на каждую сваю;

— параметрами и числом разрядов на каждом горизонте.

9. Испытание свай-РИТ на статические вдавливающие нагрузки выполнить в соответствии с рабочим проектом «Устройство свайного поля» разработанного фирмой «_____».

10. Работы производить согласно проекту производства работ и технологическому регламенту изготовления свай-РИТ, разработанным подрядчиком для реализации настоящего проекта с обязательным выполнением требований правил охраны труда и техники безопасности.

Приложение П.5

ИЗМЕНЕНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА СВАИ-РИТ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ УКЛАДЫВАЕМОЙ БЕТОННОЙ СМЕСИ И ГРУНТА

Температура бетонной смеси в момент бетонирования сваи-РИТ / Температура грунта вокруг сваи-РИТ	Прочность бетона сваи-РИТ в возрасте (в % от прочности в возрасте 28 сут. нормального твердения)									
	сутки					месяцы				год
	3	7	14	21	28	2	4	6	9	1
+ 5 / + 5	15	35	55	75	95	100	110	115	120	130
+ 5 / + 8	20	43	63	78	97	100	110	120	125	130
+ 10 / + 5	33	38	62	80	97	100	110	120	125	130
+ 10 / + 8	35	40	65	80	99	105	120	120	125	130
+ 20 / + 5	40	45	70	85	100	110	120	120	125	130
+ 20 / + 8	42	50	70	88	105	110	120	120	125	130
+ 25 / + 5	42	50	70	85	100	110	120	120	125	130
+ 25 / + 8	45	53	74	88	105	110	120	120	125	130

Приложение П.6

ТАБЛИЦЫ РАСЧЕТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ГРУНТА ПОД НИЖНИМ КОНЦОМ СВАИ-РИТ И НА БОКОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ СВАИ

Расчетные сопротивления песков средней плотности под нижним концом свай-РИТ, R_{rit}, кПа

Таблица П6.1

Глубина размещения нижнего конца сваи, м	Гравелистых	Крупных	Средней крупности	Мелких	Пылеватых
3	7500	6600	3100	2000	1100
4	8300	6800	3200	2100	1250
5	8800	7000	3400	2200	1300
6	9250	7150	3550	2300	1350
7	9700	7300	3700	2400	1400
8	9967	7433	3800	2467	1433
9	10233	7567	3900	2533	1467
10	10500	7700	4000	2600	1500
11	10740	7800	4080	2660	1530
12	10980	7900	4160	2720	1560
13	11220	8000	4240	2780	1590
14	11460	8100	4320	2840	1620
15	11700	8200	4400	2900	1650
16	11880	8260	4480	2960	1680
17	12060	8320	4560	3020	1710
18	12240	8380	4640	3080	1740
19	12420	8440	4720	3140	1770
20	12600	8500	4800	3200	1800
21	12760	8600	4880	3260	1830
22	12920	8700	4960	3320	1860
23	13080	8800	5040	3380	1890
24	13240	8900	5120	3440	1920
25	13400	9000	5200	3500	1950

Примечания

1. В таблицах 5.1, 5.2, 5.3 и 5.4 глубину размещения нижнего конца сваи и среднюю глубину расположения слоя грунта при устройстве свай с дна котлована глубиной до 3 м следует принимать от уровня природного рельефа, а при глубине котлована более 3 м, от условной отметки, расположенной соответственно на 3 м выше дна котлована.

2. Для промежуточных значений заглубления свай величина R_{rit} определяется интерполяцией.

3. Для плотных песков, плотность которых определена по данным статического зондирования, значения R_{rit} допускается увеличить на 100%. При определении плотности песков по данным других видов инженерных изысканий и отсутствии данных статического зондирования для плотных песков значения Rrit допускается увеличить на 60%, но не более 20 000 кПа.

4. При заглублении свай-РИТ более 25 м значения R_{rit} по табл. 6.1 и 6.2 следует принимать как для глубины 25 м.

Таблица П6.2

Расчетные сопротивления пылевато-глинистых грунтов под нижним концом свай-РИТ, R_{rit}, кПа

Глубина размещения нижнего конца сваи, м	Глинистые грунты при показателе текучести I_L равным						
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
3	7500	4000	3000	2000	1200	1100	600
4	8300	5100	3800	2500	1600	1250	700
5	8800	6200	4000	2800	2000	1300	800
6	9250	6350	4150	2950	2100	1350	825
7	9700	6900	4300	3300	2200	1400	850
8	9967	7033	4500	3366	2267	1433	867
9	10233	7167	4650	3433	2333	1467	883
10	10500	7300	5000	3500	2400	1500	900
11	10740	7400	5120	3580	2460	1530	920
12	10980	7500	5240	3660	2520	1560	940
13	11220	7600	5360	3740	2580	1590	960
14	11460	7700	5480	3820	2640	1620	980
15	11700	7500	5600	4000	2900	1650	1000
16	11880	7560	5720	4080	2960	1680	1020
17	12060	7620	5840	4160	3020	1710	1040
18	12240	7680	5960	4240	3080	1740	1060
19	12420	7740	6080	4320	3140	1770	1080
20	12600	8500	6200	4500	3200	1800	1100
21	12760	8600	6320	4580	3260	1830	1120
22	12920	8700	6440	4660	3320	1860	1140
23	13080	8800	6560	4740	3380	1890	1160
24	13240	8900	6680	4820	3440	1920	1180
25	13400	9000	6800	5200	3500	1950	1200

Примечания

1. Следует учитывать требования, изложенные в примечаниях 1, 2 и 4 к табл. 6.1.

2. Для промежуточных величин заглубления свай и промежуточных значений показателя текучести I_L значения R_{rit} в табл. 6. 2 определяется интерполяцией.

3. Для супесей при числе пластичности I_P 4 и коэффициенте пористости $e < 0,8$ расчетные сопротивления R_{rit} следует определять как для пылеватых песков средней плотности.

Таблица П6.3

Расчетные сопротивления на боковой поверхности свай-РИТ, f_{irit}, кПа

Средняя глубина слоя грунта	Пески средней плотности			Пески рыхлые		
	крупные и средней крупности	мелкие	пылеватые	крупные и средней крупности	мелкие	пылеватые
1	35	23	15	23	15	12
2	42	30	21	30	21	17
3	48	35	25	35	25	20
4	53	38	27	38	27	22
5	56	40	29	40	29	23
6	58	42	31	42	31	24
7	60	43	32	43	32	25
8	62	44	33	44	32	25
9	63,5	45	33,5	45	33	26
10	65	46	34	46	34	27
11	66,4	47	34,8	47	35	27
12	67,8	48	35,6	48	35	27
13	69,2	49	36,4	49	36	27
14	70,6	50	37,2	50	37	27
15	72	51	38	51	38	28
16	73,4	52	38,6	52	39	28
17	74,8	53	39,2	53	39	29
18	76,2	54	39,8	54	40	29
19	77,6	55	40,4	55	40	29
20	79	56	41	56	41	30
21	80,4	57	41,6	57	41	30
22	81,8	58	42,2	58	42	31
23	83,2	59	42,8	59	43	31
24	84,6	60	43,4	60	43	31
25	86	61	44	61	44	32

Примечания

1. Следует учитывать требования, изложенные в примечаниях 1, 2 и 4 к табл. 6.1.

2. При совмещении устья скважины с отметкой головы сваи-РИТ сопротивление f_{rit} на боковой поверхности сваи, где не выполнялось РИО, допускается в запас прочности принимать равным 0.

3. Для плотных песков значения f_{rit} следует увеличить на 30%.

4. При определении расчетного сопротивления грунтов на боковой поверхности сваи f_{rit} пласты грунтов следует расчленять на однородные слои толщиной не более 2 м.

Таблица П6.4

Расчетные сопротивления на боковой поверхности свай-РИТ, f_{irit}, кПа

Средняя глубина слоя грунта	При показателе текучести глинистых грунтов I_L								
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1	35	23	15	12	8	4	4	3	2
2	42	30	21	17	12	7	5	4	4
3	48	35	25	20	14	8	7	6	5
4	53	38	27	22	16	9	8	7	5
5	56	40	29	24	17	10	8	7	6
6	58	42	31	25	18	10	8	7	6
7	60	43	32	43	18	10	8	7	6
8	62	44	33	26	19	10	8	7	6
9	63,5	45	33,5	26,5	19	10	8	7	6
10	65	46	34	27	19	10	8	7	6
11	66,4	47	34,8	27	19	10	8	7	6
12	67,8	48	35,6	27	19,5	10	8	7	6
13	69,2	49	36,4	27,5	19,5	10,5	8	7	6
14	70,6	50	37,2	27,5	19,5	10,5	8	7	6
15	72	51	38	28	20	11	8	7	6
16	73,4	52	38,6	28,5	20	11	8	7	6
17	74,8	53	39,2	28,5	20	11	8	7	6
18	76,2	54	39,8	29	20	11,5	8	7	6
19	77,6	55	40,4	29,5	20	11,5	8	7	6
20	79	56	41	30	20	12	8	7	6
21	80,4	57	41,6	30	20	12	8	7	6
22	81,8	58	42,2	31,5	20	12	8	7	6
23	83,2	59	42,8	31,5	20	12	8	7	6
24	84,6	60	43,4	32	20	12	8	7	6
25	86	61	44	32	20	12	8	7	6

Примечания

1. Следует учитывать требования, изложенные в примечаниях 1, 2 и 4 к табл. 6.1.

2. Для промежуточных глубин расположения слоев и промежуточных значений показателя текучести I_L, значения f_{rit} определяется интерполяцией.

3. При определении расчетного сопротивления грунтов на боковой поверхности сваи f_{rit} пласты грунтов следует расчленять на однородные слои толщиной не более 2 м.

4. Расчетные сопротивления супесей и суглинков с коэффициентом пористости $e < 0,5$ и глин с коэффициентом пористости $e < 0,6$ следует увеличивать на 15% по сравнению со значениями, приведенными в табл. при любых значениях показателя текучести.

Приложение П.7

ПРЕДЕЛЬНЫЕ АМПЛИТУДЫ СКОРОСТЕЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ

Максимальные амплитуды скоростей перемещений конструкций не должны превышать показателей, приведенных в таблице, составленной на основе DIN 4150-3:1999-02. «Сотрясение в строительстве, часть 3: Воздействие на строительные сооружения».

	Тип здания	Скорость колебаний мм/с			
		Вертикальные и горизонтальные колебания фундаментов (частота)			Самое верхнее перекрытие, горизонтальные колебания
		1...10 Гц	10...50 Гц	50...100* Гц	Частота 1...100* Гц
1	Промышленные каркасные здания сборные и монолитные, панельные здания, I категории состояния**	20	20-40	40-50	40
2	Жилые здания кирпичные, блочные, II и III категории состояния конструкций	5	5-15	15-50	15
3	Охраняемые памятники архитектуры и здания особенно чувствительные к сотрясениям, например IV категории состояния конструкций	3	3-8	8-10	8

Примечания

* При частотах свыше 100 Гц следует принимать значения для 100 Гц.

** Категорию состояния конструкций здания следует определять согласно «Рекомендациям по обследованию и мониторингу технического состояния эксплуатируемых зданий, расположенных вблизи нового строительства или реконструкции». М., 1998.

Приложение П.8

КЛАССИФИКАЦИЯ ГРУНТОВ ПО ТРУДОЕМКОСТИ БУРЕНИЯ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ СМЕТ И ГРАФИКОВ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СВАЙ-РИТ

№ п/п	Наименование и характеристика грунтов	Средняя плотность в естественном залегании кг/м^3	Группа грунтов по трудоемкости бурения
1	Глина мягко- и тугопластичная	1800	2
2	Глина мягко- и тугопластичная с примесью щебня, гальки или строительного мусора до 10%	1750	3
3	Глина мягко и тугопластичная с примесью щебня, гальки или строительного мусора более 10%	1900	4
4	Глина полутвердая	1950	3
5	Глина твердая	>1950	4
6	Грунты ледникового происхождения (моренные), аллювиальные, делювиальные и пролювиальные отложения		
	– глина моренная с содержанием крупнообломочных включений в количестве до 10%	1800	4
	– глина моренная с содержанием крупнообломочных включений в количестве от 10 до 35%	2000	5

Продолжение

№ п/п	Наименование и характеристика грунтов	Средняя плотность в естественном залегании кг/м^3	Группа грунтов по трудоемкости бурения
6	— пески, супеси и суглинки моренные с содержанием крупнообломочных включений в количестве до 10%	1800	4
	— пески, супеси и суглинки моренные с содержанием крупнообломочных включений в количестве от 10 до 35%	2000	5
	— грунты всех видов с содержанием крупнообломочных включений в количестве от 35 до 50%	2100	5
	— грунты всех видов с содержанием крупнообломочных включений в количестве от 50 до 65%	2300	6
	— грунты всех видов с содержанием крупнообломочных включений в количестве более 65%	2500	7
7	Грунты сезонномерзлые моренные, аллювиальные, делювиальные и пролювиальные отложения		
	— растительный слой, торф, заторфованные грунты; пески, супеси, суглинки и глина без примесей	1150	4
	— пески, супеси, суглинки и глины с примесью гравия, гальки, дресвы и щебня в количестве до 20% и валунов до 10%	1750	4
	— маловодоносный песок, ил, песчанистые глины, плотные глины, галечники, связанные глинистым материалом с ледяными прослойками		5
	— моренные грунты, аллювиальные, делювиальные и пролювиальные отложения с содержанием крупнообломочных включений до 35%	1950	5
	— то же с примесью гравия, гальки, дресвы, щебня в количестве более 20% и валунов более 10%	2000	5
	— гравийно-галечниковые, щебенисто-дресвяные грунты, моренные грунты, аллювиальные, делювиальные и пролювиальные отложения с содержанием крупнообломочных включений от 35 до 50%	2100	6
	— моренные грунты, аллювиальные, делювиальные и пролювиальные отложения с содержанием крупно-обломочных включений от 35 до 50 %	2300	7
	— моренные грунты, аллювиальные, делювиальные и пролювиальные отложения с содержанием крупно-обломочных включений более 65%	2500	8
8	Доломит:		
	— мягкий, пористый выветрившийся, средней прочности	2700	6
	— прочный	2800	7

Продолжение

№ п/п	Наименование и характеристика грунтов	Средняя плотность в естественном залегании кг/м^3	Группа грунтов по трудоемкости бурения
	– очень прочный	2900	8
9	Дресва в коренном залегании (элювий)	2000	5
10	Дресвяный грунт	1800	4
12	Известняк		
	– выветрившийся, малопрочный	1800	5
	– мергелистый	2300	6
	– мергелистый, прочный	2700	7
	– доломитизированный, прочный	2900	8
	– окварцованный (окремненный), очень прочный	3100	9
13	Брекчии, конгломераты		
	– на глинистом цементе, средней прочности	2100	5
	– на известковом цементе, прочные	2300	6
14	Мел		
	– низкой прочности	1550	4
	– малопрочный	1800	5
15	Мергель		
	– низкопрочный	1900	4
	– малопрочный	2300	5
	– средней прочности	2500	6
16	Песок		
	– без примесей, рыхлый	1600	1
	– то же с примесью гальки, щебня, гравия, строительного мусора до 10 %	1600	1
	– то же слабосцементированный с примесью от 10% до 20%	1700	2
	– то же слабосцементированный с примесью от 20% до 30%		3
	– то же слабосцементированный с примесью более 30%		
	– дюнный	1600	2
17	Суглинок		
	– мягкопластичный без примесей	1700	1
	– то же с примесью гальки, щебня, гравия или строительного мусора до 10% и тугопластичный без примесей	1700	1
	– мягкопластичный с примесью гальки, щебня, гравия или строительного мусора более 10%, тугопластичный с примесью до 10%, полутвердый и твердый без примесей и с примесью до 10%	1750	2
	– полутвердый и твердый с примесью гальки, щебня, гравия или строительного мусора более 10%	1950	3
18	Супесь		
	– пластичная без примесей	1650	1
	– твердая без примесей, пластичная и твердая с примесью гальки, щебня, гравия или строительного мусора до 10%	1650	1
	– твердая и пластичная с примесью гальки, щебня, гравия или строительного мусора более 10%	1850	2

Продолжение

№ п/п	Наименование и характеристика грунтов	Средняя плотность в естественном залегании кг/м³	Группа грунтов по трудоемкости бурения
19	Щебень		
	– при размере частиц до 40 мм	1750	2
	– при размере частиц до 150 мм	1950	3
20	Чернозем и каштановый грунт		
	– пластичный	1300	1
	– пластичный с корнями кустарника	1300	2
	– твердый	1200	3
21	Лесс		
	– мягкопластичный	1600	1
	– тугопластичный	1800	2
	– твердый	1800	3
22	Гравийно-галечниковые грунты		
	– гравий и галька размером до 80 мм		5
	– галечник размером до 200 мм с содержанием валунов до 50%		6
	– галечник размером до 200 мм и содержанием валунов более50 %		7

Примечания:

1. Крупнообломочные включения:
   — гравий, дресва с частицами размером более 2 мм;
   — галечник, щебень частицы с размером зерен более 10 мм;
   — валуны, глыбы с частицами размером более 200 мм.
2. Для составления данной таблицы использованы данные из МТСН 81.3-3-98 и МТСН 81.3-5-98.

СХЕМА ВХОДНОГО И ПООПЕРАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВАЙ-РИТ

Контролируемый процесс или параметры	Ответственный исполнитель работ	Требования, состав, содержание контроля, допускаемые отклонения	Способы и средства контроля	Время контроля	Контролирующее лицо	Оформляемая документация	Составитель документа	Кто привлекается к контролю
Подготовительные работы								
Бетонная подготовка, армированная сеткой по уплотненному основанию	Генподрядчик (Заказчик)	1. Степень уплотнения грунтового основания. 2. Отметка поверхности ± 20 мм на всю длину участка. 3. Качество поверхности. 4. Марка бетона по прочности. 5. Толщина подготовки. 6. Армирование	1. Прибор «Союздорнии»; 2.Нивелир, 5 измерений на 50 м; 3. Визуально, рейка; 4. ИПС-МГ 4.01 ПМ-2 склерометр; 5. Перфоратор; 6. ПОИСК 2.51; ИПА-МГ-4	Приемка бетонной подготовки перед заездом на нее буровых станков	прораб, мастер	Акт сдачи-приемки бетонной подготовки	прораб, мастер	геодезист, строительная лаборатория, гл. инженер
Разбивка местоположения каждой сваи	Прораб, мастер	Соответствие разбивки осей свай проекту и привязка к опорной геодезической сети, наличие разбивочных знаков отклонение 5 мм на 100 м	Сопоставление с планом разбивки свай, теодолит, тахеометр	До начала работ по устройству свай	прораб, мастер	Акт приема разбивочных осей и знаков; Акт разбивки свай	прораб, мастер	геодезист
Закрепление местоположения каждой сваи	Прораб, мастер, бригадир	Наличие штырей, надежность их установки	Сверление отверстий, забивка в них штырей	В процессе разбивки	прораб, мастер	Акт закрепления разбивки свай	прораб, мастер	геодезист

Продолжение

Контролируемый процесс или параметры	Ответственный исполнитель работ	Требования, состав, содержание контроля, допускаемые отклонения	Способы и средства контроля	Время контроля	Контролирующее лицо	Оформляемая документация	Составитель документа	Кто привлекается к контролю
Бурение скважины								
Диаметр (мм)	Мастер, бригадир	Диаметр коронки (долота, или др. породоразрушающего инструмента), диаметр шнека +0; -20 мм	Рулетка	Перед забуриванием	прораб, мастер	Журнал изготовления свай; Акт на открытие работ	мастер	нач. буровой службы
Отклонение скважины от разбивочных осей (от проектного положения в плане)	Мастер, бригадир	Не более ±10 см	Геодезический контроль	1. При забуривании. 2. При установке оголовка. 3. При сдаче свайного поля	прораб, мастер	Исполнительный план свайного поля. Акт промежуточной приемки ответственных конструкций	прораб, мастер	геодезист, нач. буровой службы
Отклонение от вертикали или от заданного в проекте угла наклона скважины на длине до 3 м	Мастер, бригадир	Не более ±1 см на 1 м длины скважины	Отвес, уровень	При забуривании каждой скважины.	прораб, мастер	Журнал изготовления свай; Акт скрытых работ	прораб, мастер	геодезист, нач. буровой службы
Отклонение от проектного положения по глубине	Мастер, бригадир	Не более ±15 см	Визуально по длине бурового инструмента.	1. При бурении. 2. При извлечении бурового инструмента	прораб, мастер	Журнал изготовления свай; Акт скрытых работ	прораб, мастер	нач. буровой службы
Параметры грунта по глубине бурения	Мастер, бригадир	сопоставление внешнего вида выбуриваемого грунта с указанным в проекте	Визуально на ощупь, раскатыванием в жгут пробы выбуренного грунта	В процессе бурения каждой скважины	прораб, мастер	Об аномалиях в параметрах грунта доложить руководству фирмы незамедлительно	прораб, мастер	геолог

Продолжение

Контролируемый процесс или параметры	Ответственный исполнитель работ	Требования, состав, содержание контроля, допускаемые отклонения	Способы и средства контроля	Время контроля	Контролирующее лицо	Оформляемая документация	Составитель документа	Кто привлекается к контролю
Параметры грунта в нижнем конце буровой сваи	Мастер, бригадир	сопоставление внешнего вида грунта пробы с указанным в проекте	Визуально на ощупь, раскатыванием в жгут пробы грунта взятой с долота (коронки) бурового инструмента	При извлечении бурового инструмента из скважины	прораб, мастер	Журнал изготовления свай. Об аномалиях в параметрах грунта доложить руководству фирмы незамедлительно	прораб, мастер	геолог
Плотность грунта в основании сваи	Мастер, бригадир	Фиксируется глубина скважины, медленно поднимается инструмент на высоту 1м, сбрасывается или быстро с напором нагружается до упора, снова фиксируется глубина скважины	Визуально, рулеткой, приращение заглубления	После окончания бурения перед извлечением из скважины инструмента	прораб, мастер	В случае аномального провала инструмента (более 30-50мм) незамедлительно доложить ГИПу или руководству фирмы	прораб, мастер	геолог, гл. инженер.
Устойчивость стенок скважины	Мастер, бригадир	Свободное перемещение колонны, шнеков при медленном подъеме и быстром опускании до забоя скважины	Визуально, установка инструмента на тот же уровень	После окончания бурения, перед извлечением инструмента из скважины	прораб, мастер	В случае остановки инструмента выше горизонта, достигнутого при бурении, незамедлительно проинформировать руководство фирмы	прораб, мастер	геолог, нач. буровой службы, технолог по бурению и буровым растворам. гл. инженер

Продолжение

Контролируемый процесс или параметры	Ответственный исполнитель работ	Требования, состав, содержание контроля, допускаемые отклонения	Способы и средства контроля	Время контроля	Контролирующее лицо	Оформляемая документация	Составитель документа	Кто привлекается к контролю
Объем выбуренного грунта	Мастер, бригадир	Соответствие объема выбуренного грунта геометрическому объему скважины с учетом разрыхления и допустимых проектом переборов	Визуально, мерные емкости, ковш погрузчика	В процессе удаления выбуренного грунта от скважины	прораб, мастер	В случае превышения объема грунта проинформировать руководство фирмы	прораб, мастер	геолог
Установка кондуктора, в проектное положение, герметизация щелей	Мастер, бригадир	Плотная посадка в устье скважины; соосность со скважиной, высотная отметка ±30 мм, отсутствия щелей по периметру	Визуально, рулетка, нивелир	После извлечения бурового инструмента при установке кондуктора	прораб, мастер	В случае невозможности установки в проектное положение информируется руководство фирмы	прораб, мастер	гл. технолог, гл. инженер
Приготовление бетонной смеси или использование товарной								
Входной контроль сухих смесей и цемента на соответствие параметров, предусмотренных в проекте; марка цемента не ниже М-400, нормирование минералогического состава	Мастер, бригадир	Наличие сопроводительных документов на груз по количеству и качеству (сертификатов, паспортов)	Визуально, взятие проб, исследование в лаборатории	При поступлении груза на объект до разгрузки	прораб, мастер	Подписание сопроводительных товарно-транспортных накладных, запись при подозрении на аномальность параметров. Запись в Журнале входного контроля (при необходимости)	прораб, мастер	гл. технолог, строительная лаборатория

Продолжение

Контролируемый процесс или параметры	Ответственный исполнитель работ	Требования, состав, содержание контроля, допускаемые отклонения	Способы и средства контроля	Время контроля	Контролирующее лицо	Оформляемая документация	Составитель документа	Кто привлекается к контролю
Входной контроль заполнителей на соответствие параметров проектным требованиям	Мастер, бригадир	Наличие сопроводительных документов сертификатов, паспортов и т.п. подтверждающих качество и количество	Визуально, взятие проб, испытание в лаборатории	При поступлении груза на объект до разгрузки	прораб, мастер	Подписание товарно-транспортных накладных, при подозрении на аномальные характеристик и делается запись в сопроводительных документах	прораб, мастер	гл. технолог, строительная лаборатория
Входной контроль за качеством добавок	Лаборатория	Сопроводительные документы, подбор составов бетонных смесей с введением добавок, соответствующих технологическим и конструктивным требованиям	Подбор составов	При поступлении каждой новой партии добавок	Лаборатория	Журналы подборов составов Запись в журнал входного контроля (при необходимости)	Лаборатория	Гл. технолог, Строительная лаборатория
Входной контроль за качеством товарной-бетонной смеси	Мастер, прораб	Наличие в сопроводительных документов, сертификатов, паспортов, подтверждающих качество и количество	Визуально, взятие проб, определение подвижности, температуры, изготовление контрольных кубиков	При поступлении на объект груза, до его выгрузки	прораб, мастер	Подписание товарно-транспортных накладных, при подозрении на аномальные параметры сделать запись в сопроводительных документах, в журнал	прораб, мастер	гл. технолог, строительная лаборатория

Продолжение

Контролируемый процесс или параметры	Ответственный исполнитель работ	Требования, состав, содержание контроля, допускаемые отклонения	Способы и средства контроля	Время контроля	Контролирующее лицо	Оформляемая документация	Составитель документа	Кто привлекается к контролю
						входного контроля (при необходимости)		
Дозировка составляющих бетонной смеси	Мастер, бригадир	1. Цемент ± 1 %; 2. Песок ± 2 %; 3. Вода ± 0,5 %; 4. Добавки ± 1 %	1. Дозатор; 2. Дозатор; 3. Мерный сосуд; 4. Дозатор или предварительное дозирование лабораторией	При загрузке смесителя	прораб, мастер	Журнал изготовления бетонных смесей	бригадир, мастер	гл. технолог, строительная лаборатория
Время перемешивания смесей	Мастер, бригадир	Не менее 15 мин.	Часы	Приготовление смеси после загрузки	прораб, мастер	Журнал изготовления бетонных смесей	бригадир, мастер	гл. технолог, строительная лаборатория
Температура - воздуха - заполнителей -воды затворения	Мастер, бригадир		Термометр	В процессе работы.	прораб, мастер	Журнал изготовления бетонных смесей	Бригадир, мастер	гл. технолог, строительная лаборатория
Подвижность бетонной смеси	Мастер, бригадир	Расплыв конуса АзНИИ 15-17 см	Конус АзНИИ ГОСТ 101 81.1	После каждого замеса перед закачкой в скважину	мастер, бригадир	Журнал изготовления бетонных смесей	Бригадир, мастер	гл. технолог, строительная лаборатория
Температура бетонной смеси	Мастер, бригадир	Не более + 20 °С Не менее (без добавок) + 5 °С	Термометр	После каждого замеса	мастер, бригадир	Журнал изготовления бетонных смесей	бригадир, мастер	гл. технолог, строительная лаборатория

Продолжение

Контролируемый процесс или параметры	Ответственный исполнитель работ	Требования, состав, содержание контроля, допускаемые отклонения	Способы и средства контроля	Время контроля	Контролирующее лицо	Оформляемая документация	Составитель документа	Кто привлекается к контролю
Проектная прочность, соответствие проекту.	Мастер, бригадир, старший лаборант	Класс В25 (М-300). Для высотных зданий В30	Контрольные кубики с ребром 7 см 3 шт. в день на партию	При подборе состава; далее 1 раз в сутки	мастер, прораб, главный технолог	Журнал испытания кубиков	бригадир, мастер, старший лаборант	гл. технолог, строительная лаборатория
Водоотделение в скважине	Мастер, прораб, старший лаборант	Не более 2 %.	Визуально по слою воды после бетонирования	При подборе состава, далее периодически, после бетонирования свай.	мастер, прораб, главный технолог	Журнал изготовления бетонных смесей	старший лаборант	гл. технолог, строительная лаборатория
Транспортирование бетонной смеси и нагнетание в скважину								
Технологический перерыв между бурением и бетонированием	Мастер, бригадир	В устойчивых грунтах не более 24 ч; в слабоустойчивых грунтах - не более 3 ч; в неустойчивых грунтах - не более 1 ч	Часы	В процессе изготовления сваи после окончания бурения до начала закачивания бетонной смеси	мастер, прораб	Журнал изготовления бетонных смесей	мастер, прораб	гл. технолог, гл. инженер
Установка инъектора на забой	Мастер, бригадир	Инъектор устанавливается на забой	По длине заливочной колонны (инъектора)	При погружении инъектора (заливочной колонны)	мастер, прораб	Журнал изготовления свай	мастер, прораб	гл. технолог
Открытие клапана при подаче бетонной смеси через полый шнек	Мастер, бригадир	По характерной пульсации бетонной смеси в рукаве (шланге) при закачке в скважину	Визуально, на ощупь	При закачивании бетонной смеси в скважину	мастер, прораб	Журнал изготовления свай	мастер, прораб	гл. технолог
Объем бетонной	Мастер, бригадир	Полное заполнение, не	Визуально, по объему	В процессе закачивания	мастер, прораб	Журнал изготовления с	мастер, прораб	гл. технолог

Продолжение

Контролируемый процесс или параметры	Ответственный исполнитель работ	Требования, состав, содержание контроля, допускаемые отклонения	Способы и средства контроля	Время контроля	Контролирующее лицо	Оформляемая документация	Составитель документа	Кто привлекается к контролю
подаче бетонной смеси через полый шнек		бетонной смеси в рукаве (шланге) при закачке в скважину		бетонной смеси в скважину		свай		
Объем бетонной смеси, израсходованной на заполнение скважины, сопоставление с объемом выбуренного грунта	Мастер, бригадир	Полное заполнение, не менее объема выбуренного грунта	Визуально, по объему бетонной смеси, оставшейся в смесителе, расходомер	В процессе закачивания смеси в скважину	мастер, прораб	Журнал изготовления свай; Акт на скрытые работы	мастер, прораб	гл. технолог
Промывка скважины от шлама	Мастер, бригадир	До появления в устье скважины (край кондуктора) чистой бетонной смеси без остатков шлама, комков грунта	Визуально	После заполнения скважины бетонной смесью	мастер, прораб	Журнал изготовления свай	мастер, прораб	гл. технолог, старший лаборант
Формирование тела сваи с использованием РИТ								
Режим работы ГИТ - соответствие требованиям проекта	Мастер, бригадир	Напряжение по показаниям запасенной энергии, приборов, количество и емкость батарей конденсаторов визуально. Накапливаемая энергия вычислением $E = 0{,}5 и^2 c$		Ежесменно перед началом работ, если изменяются параметры — после каждого изменения и регулировки	мастер, гл. энергетик	Журнал эксплуатации ГИТ	бригадир, мастер	гл. энергетик

Продолжение

Контролируемый процесс или параметры	Ответственный исполнитель работ	Требования, состав, содержание контроля, допускаемые отклонения	Способы и средства контроля	Время контроля	Контролирующее лицо	Оформляемая документация	Составитель документа	Кто привлекается к контролю
Длина в/в кабеля от ГИТ до скважины - соответствие требованиям проекта	Мастер, бригадир	Кабель ТИП-2 50 м; Кабель КВИМ 30 м	Визуально	Ежесменно	мастер, прораб	Журнал эксплуатации ГИТ	бригадир, мастер	гл. энергетик
Глубина свободного погружения электродов	Бригадир, мастер	Не нормируется	Визуально, по длине штанг	При погружении в каждую скважину	мастер, прораб	Журнал эксплуатации ГИТ	бригадир, мастер	гл. энергетик, гл. технолог, геолог, гл. инженер
Длина участка сваи, на которой электроды погрузили с отстрелом	Бригадир, мастер	Не нормируется	Визуально, по длине штанг	При погружении в каждую скважину	мастер, прораб	Журнал эксплуатации ГИТ	бригадир, мастер	гл. энергетик, гл. технолог, геолог, гл. инженер
Обработка нижнего конца сваи; глубина размещения электродов	Бригадир, мастер	Соответствие длине сваи ± 100 мм.	Визуально, по длине штанг	При обработке по РИТ по каждой сваи	мастер, прораб	Журнал изготовления свай. Журнал эксплуатации ГИТ.	мастер, прораб бригадир	гл. технолог, геолог, гл. инженер
Проверка плотности грунта в основании сваи методом на "отскок"	Бригадир, мастер, прораб	Электроды не погружаются под собственным весом после электровзрыва; Допускается погружение до 3 см за 1 электровзрыв.	Визуально, по погружению электрода	При обработке забоя каждой сваи	мастер, прораб	Журнал изготовления свай; Журнал эксплуатации ГИТ; Акт на скрытые работы	мастер, прораб, бригадир	гл. технолог, геолог, гл. энергетик гл. инженер

Продолжение

Контролируемый процесс или параметры	Ответственный исполнитель работ	Требования, состав, содержание контроля, допускаемые отклонения	Способы и средства контроля	Время контроля	Контролирующее лицо	Оформляемая документация	Составитель документа	Кто привлекается к контролю
Осадка бетонной смеси в скважине (объем бетонной смеси на заполнение камуфлетного уширения в основании сваи)	Бригадир, мастер, прораб	Осадка бетонной смеси не меньше величины, указанной в проекте	Визуально, рулетка, метки на штанге, дальномер (по приборам учета – после их освоения)	При обработке забоя каждой сваи	мастер, прораб	Журнал изготовления свай; Журнал эксплуатации ГИТ; Акт на скрытые работы	мастер, прораб, бригадир	гл.технолог, геолог, гл. энергетик гл. инженер
Достижение отказа	Бригадир, мастер, прораб	Осадка бетонной смеси за 5 эл/взрывов 10 мм или < 2 мм за последний импульс	Визуально, рулетка, метки на штанге	При обработке забоя каждой скважины	мастер, прораб	Журнал изготовления свай; Журнал эксплуатации ГИТ; Акт на скрытые работы	мастер, прораб бригадир	гл. технолог, геолог, гл. энергетик гл. инженер, гл. энергетик
Изменение положения электродов "пошевеливание" для осуществления разрядов в свежей порции бетонной смеси	Бригадир, мастер, прораб	Не реже чем через 2 импульса (подъем-спуск на 20 см или поворот на 120^0)	Визуально	При обработке каждой скважины	мастер, прораб	Журнал эксплуатации ГИТ	мастер, прораб	гл. инженер, гл. энергетик
Обработка ствола сваи	Бригадир, мастер, прораб	Соответствие требованиям проекта	Визуально, рулетка, метки на штанге	При обработке каждой скважины	мастер, прораб	Журнал изготовления свай	мастер, прораб	гл. технолог, геолог, гл. энерге-

Продолжение

Контролируемый процесс или параметры	Ответственный исполнитель работ	Требования, состав, содержание контроля, допускаемые отклонения	Способы и средства контроля	Время контроля	Контролирующее лицо	Оформляемая документация	Составитель документа	Кто привлекается к контролю
								тик гл инженер, гл. энергетик
Расстояние между участками обработки ствола Эл/взрывами	Бригадир, мастер, прораб	Соответствие требованиям проекта; отклонение ±5 см	Визуально, рулетка, метки на штанге	При обработке каждой скважины	мастер, прораб	Журнал изготовления свай; Журнал ГИТ	мастер, прораб	Гл. технолог, геолог, гл. энергетик гл. инженер, гл. энергетик
Изменение положения электродов при обработке каждого уровня "пошевеливание"	Бригадир, мастер, прораб	Не реже, чем через 2 импульса (подъем-спуск на 20 см или поворот на 120^0)	Визуально	При обработке каждого уровня	мастер, прораб, гл. энергетик	Журнал эксплуатации ГИТ	бригадир	гл. энергетик
Достижение отказа на каждом уровне обработки РИТ, если указано в проекте	Бригадир, мастер, прораб	Осадка бетонной смеси за 5 последних эл/взрывов 10 мм или <2 мм за последний импульс	Визуально, рулетка, метки на штанге	При обработке каждого уровня	мастер, прораб, гл. энергетик	Журнал эксплуатации ГИТ; Журнал изготовления свай; Акт на скрытые работы	бригадир, мастер, прораб	гл. технолог, геолог, гл. энергетик гл. инженер, гл. энергетик
Величина осадки бетонной смеси на каждом	Бригадир, мастер, прораб	Выявляются уровни с провальной осадкой	Визуально	При обработке каждого уровня	мастер, прораб	Журнал эксплуатации ГИТ; журнал изготовления	бригадир, мастер, прораб	гл. технолог, геолог, гл. энергетик

Продолжение

Контролируемый процесс или параметры	Ответственный исполнитель работ	Требования, состав, содержание контроля, допускаемые отклонения	Способы и средства контроля	Время контроля	Контролирующее лицо	Оформляемая документация	Составитель документа	Кто привлекается к контролю
уровне обработки и общая, если указано в проекте						свай; Акт на скрытые работы		гл. инженер, гл. энергетик
Общий расход бетона при обработке ствола (осадка), если указано в проекте	Бригадир, мастер, прораб	Сопоставление с объемом выбуренного грунта	Визуально, рулетка и вычисления, метки на штанге, расходомер	При обработке каждой сваи	мастер, прораб	Журнал изготовления свай; Акт на скрытые работы	мастер, прораб.	гл. технолог, геолог, гл. энергетик гл. инженер, гл. энергетик
Изготовление и монтаж армокаркаса								
Входной контроль -арматуры периодического профиля: -номер профиля; -класс арматуры; -марка стали (если указано в проекте); -диаметр; -длина стержней; -кривизна; -наличие ярлыков на каждой связке стержней	мастер, прораб	Соответствие размерам в сопроводительных документах (сертификатах, паспортах) данным проекта; Класс арматуры. Номер профиля; Ø12...18 +0,3 -0,5 Ø20 ± +0,4 -0,5 Ø22...32 +0,4 -0,7 Длина стержней 11,7 м, +70 мм Кривизна стержней не более 0,6% измеряемой длины	Визуально, рулетка, по документам	При получении груза	мастер, прораб	Подписание сопроводительных документов; запись в журнал входного контроля (при необходимости)	мастер, прораб	гл. технолог, гл. сварщик, гл. инженер

Продолжение

Контролируемый процесс или параметры	Ответственный исполнитель работ	Требования, состав, содержание контроля, допускаемые отклонения	Способы и средства контроля	Время контроля	Контролирующее лицо	Оформляемая документация	Составитель документа	Кто привлекается к контролю
Монтажные кольца: -наружный диаметр	мастер, прораб	Соответствие проекту; сопроводительные документы	Визуально, рулетка, по документам	При получении груза	мастер, прораб	Подписание сопроводительных документов. Запись в журнал входного контроля (при необходимости)	мастер, прораб	гл. технолог, гл. сварщик, гл. инженер
Спиральная навивка: -диаметр арматуры; -диаметр навивки спирали	мастер, прораб	Соответствие проекту; сопроводительные документы: Ø5...10 ±0,3 Δ мм Øпо проекту +15 мм	Визуально, рулетка, по документам	При получении груза	мастер, прораб	Подписание сопроводительных документов; запись в журнал входного контроля (при необходимости)	мастер, прораб	гл. технолог, гл. сварщик
Фиксаторы защитного слоя бетона для рабочей арматуры	мастер, прораб	Соответствие проекту; сопроводительные документы; ширина полосы; диаметр навивки +15 мм	Визуально, рулетка, по документам	При получении груза	мастер, прораб	Подписание сопроводительных документов. Запись в журнал входного контроля (при необходимости)	мастер, прораб	гл. технолог, гл. сварщик,
Электроды	мастер, прораб	Соответствие проекту сопроводительные документы	Визуально, по документам	При получении груза	мастер, прораб	Подписание сопроводительных документов; запись в журнал входного контроля (при необходимости)	мастер, прораб	гл. технолог, гл. сварщик

Продолжение

Контролируемый процесс или параметры	Ответственный исполнитель работ	Требования, состав, содержание контроля, допускаемые отклонения	Способы и средства контроля	Время контроля	Контролирующее лицо	Оформляемая документация	Составитель документа	Кто привлекается к контролю
Качество изготовления каркасов стыкуемых внахлест; -длина секции каркаса; -расстояние от установочного кольца до верхнего торца верхней секции каркаса; -расстояние от установочного кольца до нижнего торца верхней секции каркаса; -расстояние между установочным и кольцами; -шаг навивки спирали; -расстояние между продольными стержнями; -криволинейность каркаса на длине 11,7 м;	бригадир, мастер, прораб	Соответствие проекту +100; -50 ± 150 ±10 ±50 ±50 ±10 ±6	При поступлении визуально, по документам. Наличие ярлыков на каждой секции каркаса.	При поступлении 3 каркаса от партии. Каждый каркас перед монтажом в скважину	мастер, прораб, гл. сварщик.	Подписание сопроводительных документов. Запись в журнал входного контроля. Запись в журнал изготовления свай. Запись в Акт на скрытые работы	мастер, прораб.	гл. технолог, гл. сварщик, гл. инженер

Продолжение

Контролируемый процесс или параметры	Ответственный исполнитель работ	Требования, состав, содержание контроля, допускаемые отклонения	Способы и средства контроля	Время контроля	Контролирующее лицо	Оформляемая документация	Составитель документа	Кто привлекается к контролю
-длина выпусков для стыков каркасов внахлест; -расположение центраторов; Качество сварных соединений		+100 -50 ±100 Не допускаются поджоги ребер продольной арматуры						
Наличие ржавчины, грязи		не допускается наличие отслаивающейся ржавчины, грязи, масла и т.п.						
Транспортировка и хранение секций армокаркасов	Бригадир, мастер, прораб	Хранятся на подкладках сечением ≥100х100 мм, 4 шт. на длине 11,7 м; Прокладки t = 50 мм по оси подкладок; транспортировка краном или на каркасовозе	Визуально	Постоянно	мастер, прораб	Не требуется		гл. технолог, гл. сварщик, гл. инженер
Монтаж армокаркасов								
Опускание в скважину первой секции	бригадир, мастер	Свободное под собственным весом	Визуально	При установке каждой секции	мастер, прораб	Журнал изготовления свай; Акт на скрытые работы	мастер, прораб	гл. технолог, гл. сварщик, гл. инженер

Продолжение

Контролируемый процесс или параметры	Ответственный исполнитель работ	Требования, состав, содержание контроля, допускаемые отклонения	Способы и средства контроля	Время контроля	Контролирующее лицо	Оформляемая документация	Составитель документа	Кто привлекается к контролю
Стыковка секций каркаса	бригадир, мастер	Перехлест на проектную длину ±50 мм	Визуально	При установке каждой секции	мастер, прораб	Журнал изготовления свай; Акт на скрытые работы	мастер, прораб	гл. технолог, гл. инженер
Соединение стыкуемых секций	бригадир, мастер, прораб	Вязальная проволока или прихватка сваркой, по проекту; Запрещается соединение секций полностью на сварке	Визуально	При установке каждой секции	мастер, прораб	Журнал изготовления свай; Акт на скрытые работы	мастер, прораб	гл. технолог, гл. инженер
Погружение каркаса на проектную глубину;	бригадир, мастер, прораб	Свободное погружение; вращение каркаса вручную; вибропогружателем;	Визуально, рулетка, нивелир	При погружение каждого каркаса	мастер, прораб	Журнал изготовления свай; Акт на скрытые работы	мастер, прораб	гл. технолог, гл. инженер
Длина арматурных выпусков	бригадир, мастер, прораб	по проекту ±150 мм	рулетка, нивелир	каждого каркаса	мастер, прораб	Журнал изготовления свай; Акт на скрытые работы	Мастер, прораб	Гл. технолог, гл. инженер
Центровка выпусков верхней секции относительно кондуктора и временное закрепление	бригадир, мастер, прораб	Размещение соосно с одинаковым зазором ±10 мм	Визуально, рулетка	При изготовлении каждой сваи	мастер, прораб	Журнал изготовления свай; Акт на скрытые работы	Мастер, прораб	Гл. технолог, гл. инженер

Контролируемый процесс или параметры	Ответственный исполнитель работ	Требования, состав, содержание контроля, допускаемые отклонения	Способы и средства контроля	Время контроля	Контролирующее лицо	Оформляемая документация	Составитель документа	Кто привлекается к контролю
Формирование оголовка сваи и уход за бетоном								
Отметка верхнего среза свай	бригадир, мастер, прораб	По проекту ±30 мм	Нивелир	Каждая свая	мастер, прораб	Журнал изготовления свай; Акт на скрытые работы	мастер, прораб	гл. технолог, гл. инженер, геолог
Оседание бетонной смеси и периодическая доливка	бригадир, мастер, прораб	Оседание смеси не более 0,5 м, долив через инжектор	Визуально	Каждая свая не реже, чем через 12 ч	мастер, прораб	Журнал изготовления свай; Акт на скрытые работы	мастер, прораб	гл. технолог, гл. инженер
Укрытие оголовков от солнечной радиации при температуре выше $+20^0$C	бригадир, мастер, прораб	Наличие усадочных трещин	Визуально	Каждая свая	мастер, прораб		мастер, прораб	гл. технолог, гл. инженер
Утепление оголовков и арматурных выпусков при температуре воздуха ниже $+5^0$	бригадир, мастер, прораб	Укрытие из сдвоенного мешка с теплоизоляционным слоем между ними	Визуально	Каждая свая	мастер, прораб	Журнал изготовления свай, Акт на скрытые работы	мастер, прораб	гл. технолог, гл. инженер
Качество бетона в оголовках свай								
Прочность бетона	мастер, прораб, стр. лаборатория	Откапывание оголовков 2% свай на глубину ~ 1м, проверка прочности	ГОСТ 22690-88 электронным склерометром ИПС-МГ-4	через 28сут. после изготовления; перед сдачей свайного поля	прораб, лаборант	Акт проверки	стр. лаборатория	гл. технолог, гл. инженер

Продолжение

Контролируемый процесс или параметры	Ответственный исполнитель работ	Требования, состав, содержание контроля, допускаемые отклонения	Способы и средства контроля	Время контроля	Контролирующее лицо	Оформляемая документация	Составитель документа	Кто привлекается к контролю
Сплошность ствола сваи	лаборатория сейсмометрии	По специальному заданию Заказчика по отдельному Договору	Сейсмоакустическая дефектоскопия; «КИСА-9Д» ТУ 4314-002-52717233-2002	через 28 сут. после изготовления сваи	мастер, прораб, лаборатория сейсмометрии	Отчет об испытаниях	лаборатория сейсмометрии	гл. технолог, гл. инженер, гл. энергетик
Динамическое воздействие на здания окружающей застройки								
Амплитуды скоростей перемещений конструкций зданий в зоне влияния электровзрывной обработки сваи	Лаборатория сейсмометрии	По специальному заданию Заказчика и по отдельному Договору; Применительно DIN; ТР 50-180-06	Сейсмоакустическая аппаратура; «КИСА-9Д» ТУ 4314-002-52717233-2002	При отработке режимов электровзрывной обработки свай	мастер, прораб, лаборатория сейсмометрии	Отчет о наблюдениях и замеренных параметрах	лаборатория сейсмометрии	гл. инженер, гл. энергетик

gost.e-ecolog.ru