ОДМ 218.2.066-2016

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
РОСАВТОДОР

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АНКЕРНЫХ СВАЙ И МИКРОСВАЙ В СОСТАВЕ МЕРОПРИЯТИЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
(РОСАВТОДОР)

МОСКВА 2015

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН обществом с ограниченной ответственностью «НТЦ ГеоПроект» (ООО «НТЦ ГеоПроект»)

2 Руководитель работ – доктор техн. наук, профессор Маций С. И. Документ разработан канд. техн. наук, доцентом Деревенцом Ф. Н., канд. техн. наук Любарским Н. Н., инж. Лесным В. А., Тимошенко В. Ю.

3 ВНЕСЕН Управлением научно-технических исследований, информационного обеспечения и ценообразования, Управлением проектирования и строительства автомобильных дорог Федерального дорожного агентства

4 ИЗДАН на основании распоряжения Федерального дорожного агентства от 03.08.2016 г. № 1516-р

5 ИМЕЕТ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 2
3 Термины и определения 5
4 Общие положения 8
5 Требования к исходным данным для расчета и проектирования 10
6 Конструктивно-технологические решения 16
6.1 Условия применения микросвай 16
6.2 Классификация микросвай 20
6.3 Технология устройства микросвай 21
6.4 Армирование микросвай 26
6.5 Антикоррозийная защита микросвай 33
6.6 Цементные растворы 36
6.7 Конфигурации сооружений из микросвай 38
7 Расчет конструкций микросвай 41
7.1 Общие положения 41
7.2 Расчет усилий в микросваях от внешних воздействий 46
7.3 Расчет несущей способности микросвай 48
8 Испытания микросвай 53
9 Организация строительно-монтажных работ 59
10 Геотехнический мониторинг 67
Приложение А (рекомендуемое) Пример расчета микросвай 78
Библиография 80

ОДМ

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

Методические рекомендации по использованию анкерных свай и микросвай в составе мероприятий инженерной защиты автомобильных дорог

1 Область применения

1.1 Настоящий отраслевой дорожный методический документ «Методические рекомендации по использованию анкерных свай и микросвай в составе мероприятий инженерной защиты автомобильных дорог» (далее – методический документ) является документом рекомендательного характера.

1.2 Настоящий методический документ разработан в целях обеспечения нормативной базы рекомендациями по расчетам, проектированию и выполнению строительно-монтажных работ по устройству анкерных свай и микросвай для усиления существующих сооружений инженерной защиты и отдельно от них в качестве основных мероприятий по обеспечению устойчивости прилегающих склонов к автомобильной дороге.

Примечание – Под анкерными сваями и микросваями понимаются конструкции из микросвай, работающих на продольную выдергивающую (анкерные микросваи) и вдавливающую нагрузку (опорные микросваи).

1.3 В настоящем методическом документе представлены основные требования к исходным данным для проектирования, приведены указания по выбору конструктивных решений, условиям применения, положения по проектированию и методике расчета микросвай.

1.4 Методический документ разработан для применения в области инженерных изысканий, проектирования и устройства микросвай для обеспечения надежной эксплуатации автомобильных дорог на участках развития опасных геологических процессов и явлений.

2 Нормативные ссылки

В настоящем методическом документе использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 9.014–78 Единая система защиты от коррозии и старения. Временная противокоррозионная защита изделий. Общие требования

ГОСТ 9.301–86 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Общие требования

ГОСТ 9.303–84 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Общие требования к выбору

ГОСТ 9.304–87 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия газотермические. Общие требования и методы контроля

ГОСТ 9.305–84 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Операции технологических процессов получений покрытий

ГОСТ 9.602–2005 Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии

ГОСТ 380–2005 Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки

ГОСТ 3282–74 Проволока стальная низкоуглеродистая общего назначения. Технические условия

ГОСТ 5632–2014 Легированные нержавеющие стали и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки

ГОСТ 5781–82 Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия

ГОСТ 6727–80 Проволока из низкоуглеродистой стали холоднотянутая для армирования железобетонных конструкций. Технические условия

ГОСТ 8239–89 Двутавры стальные горячекатаные. Сортамент

ГОСТ 8240–97 Швеллеры стальные горячекатаные. Сортамент

ГОСТ 8731–74 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Технические условия

ГОСТ 8734–75 Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные. Сортамент

ГОСТ 10178–85 Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия

ГОСТ 10704–91 Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент

ГОСТ 10884–94 Сталь арматурная термомеханически упрочненная для железобетонных конструкций. Технические условия

ГОСТ 14098–2014 Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкции и размеры

ГОСТ 18599–2001 Трубы напорные из полиэтилена. Технические условия

ГОСТ 19912–2012 Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием

ГОСТ 23278–2014 Грунты. Методы полевых испытаний проницаемости

ГОСТ 23732–2011 Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия

ГОСТ 24246–96 Муфты втулочные. Параметры, конструкция и размеры

ГОСТ 24846–2012 Грунты. Методы измерения деформаций зданий и сооружений

ГОСТ 26020–83 Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок. Сортамент

ГОСТ 28302–89 Покрытия газотермические защитные из цинка и алюминия металлических конструкций. Общие требования к типовому технологическому процессу

ГОСТ 31384–2008 Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования

ГОСТ 31937–2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния

ГОСТ 31938–2012 Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия

СП 20.13330.2011 «СНиП 2.01.07–85* Нагрузки и воздействия»

СП 22.13330.2011 «СНиП 2.02.01–83* Основания зданий и сооружений»

СП 24.13330.2011 «СНиП 2.02.03–85 Свайные фундаменты»

СП 28.13330.2012 «СНиП 2.03.11–85 Защита строительных конструкций от коррозии»

СП 34.13330.2012 «СНиП 2.05.02–85* Автомобильные дороги»

СП 45.13330.2012 «СНиП 3.02.01–87 Земляные сооружения, основания и фундаменты»

СП 47.13330.2012 «СНиП 11–02–96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения»

СП 48.13330.2011 «СНиП 12-01-2004 Организация строительства»

СП 63.13330.2012 «СНиП 52–01–2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения»

СП 70.13330.2012 «СНиП 3.03.01–87 Несущие и ограждающие конструкции»

СП 116.13330.2012 «СНиП 22–02–2003 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения»

3 Термины и определения

В настоящем методическом документе применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **анкерная микросвая:** Микросвая, работающая на выдергивающую нагрузку.

3.2 **винтонабивная микросвая:** Самозабуриваемая микросвая, устраиваемая бурением с одновременной подачей водоцементного раствора и применением буровой штанги в качестве центрального армирующего элемента. В качестве буровой штанги обычно используются составные трубчатые винтовые штанги (ТВШ) с муфтовым соединением и передовой буровой коронкой.

3.3 **геотехнические расчеты:** Расчеты в области механики грунтовых масс (в частности, на склонах), а также взаимодействия грунта с подземными частями зданий и сооружений.

3.4 **инженерная защита автомобильных дорог:** Комплекс сооружений и мероприятий, направленных на предупреждение отрицательного воздействия опасных геологических и инженерно-геологических процессов на территорию, здания и сооружения, а также защиту от их последствий.

3.5 **контрольные испытания**: Испытания, проводимые с целью установления соответствия фактической несущей способности расчетной нагрузке.

3.6 **коэффициент надежности по материалу (грунту):** Коэффициент, учитывающий возможное неблагоприятное отклонение характеристик материала (грунта) от их нормативных значений.

3.7 **коэффициент надежности по нагрузке:** Коэффициент, учитывающий возможный разброс нагрузок и воздействий.

3.8 **коэффициент устойчивости (запаса устойчивости):** Числовая величина, отражающая степень устойчивости склона. Если коэффициент

больше единицы, склон (откос) считается устойчивым. Величина коэффициента меньше единицы соответствует нарушению устойчивого состояния склона и наступлению оползневой стадии. Коэффициент приблизительно равный единице означает состояние предельного равновесия грунтового массива, как правило, предшествующее оползневой стадии.

3.9 **микросвая:** свая с диаметром меньше 300 мм, способная воспринимать растягивающие и сжимающие нагрузки.

3.10 **нормативный коэффициент устойчивости (требуемый, допустимый):** Минимально допустимый коэффициент устойчивости склона (откоса) с учетом всех возможных погрешностей исходных данных и применяемых методов расчета устойчивости.

3.11 **опасный геологический процесс:** Изменение состояния приповерхностной части литосферы (геологической среды), обусловленное естественными или техногенными причинами, которое может привести к негативным последствиям для человека, объектов хозяйства и окружающей среды.

3.12 **откос:** Вертикальный или круто-наклонный участок поверхности земли, сформированный в результате рельефообразующих процессов или инженерно-хозяйственной деятельности человека.

3.13 **опорная микросвая:** Микросвая, работающая на вдавливающую нагрузку.

3.14 **приемочные испытания:** Испытания, проводимые с целью проверки несущей способности каждой изготовленной микросваи.

3.15 **пробные испытания:** Испытания, проводимые с целью установления принципиальной пригодности выбранной конструкции микросваи, уточнения технологии ее устройства и расчетных нагрузок на нее.

3.16 **склон:** Наклонный участок поверхности земли, сформированный в результате действия рельефообразующих процессов или инженерно-хозяйственной деятельности человека.

3.17 **устойчивость склона (откоса):** Способность склона (откоса) сохранять свой профиль в течение длительного времени.

4 Общие положения

4.1 В процессе расчета и конструирования сооружений с использованием микросвай (анкерных и опорных) следует руководствоваться указаниями соответствующих разделов норм, сводов правил, инструкций и иных действующих нормативных документов (см. раздел 6), а также требованиями настоящего методического документа.

4.2 Микросваи могут применяться как элементы вновь возводимых или для усиления существующих конструкций инженерной защиты автомобильных дорог, а также в качестве самостоятельных удерживающих и защитных сооружений.

Примечание – Под усилением существующей конструкции подразумевается снижение (или ограничение) действующих в конструкции усилий и деформаций, а также увеличение ее совокупной несущей способности и устойчивости.

4.3 Ввиду компактности конструкций и оборудования для устройства микросвай, их применение особенно рекомендуется при производстве работ в стесненных условиях плотной городской застройки, на горных и труднодоступных участках инженерной защиты автомобильных дорог.

4.4 Микросваи рекомендуется использовать для восприятия преимущественно осевых нагрузок (см. 6.7.2).

4.5 Устройство анкерных и опорных микросвай допускается во всех видах песчаных, глинистых и скальных грунтов, за исключением рыхлых песков (с плотностью сухого грунта менее 16,5 кН/м^3 и коэффициентом пористости более 0,75), торфов, илов и глин текучей консистенции (с сопротивлением сдвигу менее 10 кПа), просадочных, набухающих, органоминеральных и органических грунтов.

Примечание – Для конкретных, в том числе неблагоприятных, гидрогеологических условий возможность и целесообразность применения анкерных микросвай определяется по результатам пробных испытаний.

4.6 В условиях слабых, сильно набухающих, а также трещиноватых скальных грунтов в основании, анкерные и опорные микросваи могут

применяться в комплексе с использованием искусственного закрепления таких грунтов (уплотнение, цементация, химическое закрепление и др.).

4.7 Процессы строительства и эксплуатация сооружений инженерной защиты с применением микросвай должны сопровождаться выполнением геотехнического мониторинга в соответствии с рекомендациями раздела 10.

5 Требования к исходным данным для расчета и проектирования

5.1 Исходные данные должны включать все необходимые сведения о состоянии склона или откоса для проектирования эффективной защиты автомобильной дороги от влияния на нее опасных инженерно-геологических процессов. Необходимые сведения для проектирования определяются по результатам выполнения комплекса инженерных изысканий (геодезических, геологических, гидрометеорологических, экологических).

5.2 Инженерные изыскания для расчета и проектирования микросвай, сооружаемых в качестве усиления существующих сооружений или основных мероприятий инженерной защиты должны проводиться в соответствии с положениями СП 24.13330, СП 47.13330 и [1÷6].

5.3 Основной целью выполнения инженерных изысканий является определение фактической геологической ситуации на прилегающих к автомобильной дороге склонах и откосах с установлением необходимых параметров состояния грунтов (физические и механические свойства, коэффициент устойчивости и т. д.).

5.4 Задачами инженерных изысканий является сбор необходимых параметров для проектирования, определение условий строительства и эксплуатации, обоснование принятых технических решений для обеспечения устойчивости прилегающих к автомобильной дороге склонов и откосов.

5.5 Границы производства инженерных изысканий определяются по материалам рекогносцировочных обследований и уточняются при последующих исследованиях. Также рекогносцировочные обследования рекомендуется выполнять для прилегающих к защищаемой автомобильной дороге участков.

5.6 Состав, методы и объем работ по инженерным изысканиям, определяется в соответствии с техническим заданием заказчика и зависит от уровня ответсвенности мероприятий инженерной защиты и сложности

инженерно-геологических условий. Окончательный состав и объем работ определяется после подписания договора, сбора и обработки материалов изысканий и исследований прошлых лет. Так же состав и объем работ может корректироваться в случае выявления в процессе инженерных изысканий непредвиденных сложных или опасных природных и техногенных условий, которые могут оказать неблагоприятное влияние на строительство и эксплуатацию сооружений.

5.7 В районах развития склоновых процессов в рамках инженерных изысканий в соответствии СП 47.13330 производится анализ устойчивости склонов и откосов автомобильных дорог с целью выявления неустойчивых участков. Расчеты устойчивости рекомендуется выполнять согласно [7÷9] общепринятыми методами теории предельного равновесия с разбиением призмы оползания на отсеки (методы Моргенштерна – Прайса, Шахунянца, Бишопа и др.), а также методом конечных элементов с использованием метода снижения прочностных характеристик и упругопластической модели грунтов. Для участков с коэффициентом устойчивости меньше нормативного значения дается прогноз состояния откоса или склона в зависимости от изменения техногенных и природных условий, а также рассматриваются варианты мероприятий по усилению и стабилизации.

5.8 Инженерно-геодезические изыскания следует выполнять в соответствии с требованиями [5] для получения топографо-геодезических планов и поперечных профилей исследуемого участка, как правило, в масштабах от 1:500 до 1:2000.

5.9 Инженерно-геологические изыскания для проектирования микросвай должны выполняться в соответствии с положениями СП 47.13330, [1] в объеме работ для подземных сооружений с учетом возможного расположения части длины микросвай за пределами их возведения, под эксплуатируемыми сооружениями инженерной защиты автомобильной дороги.

5.10 При инженерно-геологических изысканиях горные выработки рекомендуется располагать в границах проектируемого сооружения, а при одинаковых грунтовых условиях не далее 5 м от нее.

Глубина инженерно-геологических выработок должна быть не менее чем на 5 м ниже проектируемой глубины заложения нижних концов микросвай при их рядовом расположении и нагрузках на куст микросвай до 3 МН и на 10 м ниже – при микросвайных полях размером до 10×10 м и при нагрузках на куст более 3 МН. При микросвайных полях размером более 10×10 м глубина выработок должна превышать предполагаемое заглубление микросвай не менее чем на глубину сжимаемой толщи, но не менее половины ширины микросвайного поля, и не менее чем на 15 м.

При наличии на строительной площадке слоев грунтов со специфическими свойствами (просадочных, набухающих, слабых глинистых, органоминеральных и органических грунтов, рыхлых песков и техногенных грунтов) глубину выработок определяют с учетом необходимости их проходки на всю толщу слоя для установления глубины залегания подстилающих прочных грунтов и определения их характеристик.

5.11 При применении микросвай для усиления оснований реконструируемых сооружений инженерной защиты при инженерно-геологических изысканиях дополнительно должны быть выполнены работы по обследованию оснований фундаментов и инструментальные геодезические наблюдения за перемещениями конструкций зданий и сооружений.

5.12 Обследование оснований фундаментов и состояния фундаментных конструкций производят путем проходки шурфов с отбором монолитов грунтов непосредственно из-под подошвы фундаментов и стенок шурфа. Ниже глубины шурфов инженерно-геологическое строение, гидрогеологические условия и свойства грунтов должны быть исследованы бурением и зондированием (статическим, динамическим), при этом буровые

скважины и точки зондирования размещают по периметру здания или сооружения на расстоянии от них не более 5 м.

5.13 Обязательным условием при инженерно-геологических изысканиях для проектирования микросвай является выполнение статического и динамического зондирования грунтов.

5.14 Статическое и динамическое зондирование грунтов выполняется в целях:

- выделения инженерно-геологических элементов (толщины слоев и линз, границ распространения грунтов различных видов и разновидностей);
- оценки пространственной изменчивости состава, состояния и свойств грунтов;
- определения глубины залегания кровли скальных, крупнообломочных и мерзлых грунтов;
- количественной оценки характеристик физико-механических свойств грунтов (плотности, модуля деформации, угла внутреннего трения и сцепления грунтов и др.);
- определения степени уплотнения и упрочнения грунтов во времени и пространстве;
- оценки возможности забивки микросвай и определения глубины их погружения;
- определения сопротивлений грунта под нижним концом и по боковой поверхности микросвай;
- выбора мест расположения опытных площадок и глубины проведения полевых испытаний, а также мест отбора образцов грунтов для лабораторных испытаний;
- контроля качества геотехнических работ.

5.15 При статическом зондировании выполняется непрерывное вдавливание зонда в грунт, а при динамическом зондировании – непрерывная забивка или вибропогружение.

5.16 Точки зондирования рекомендуется располагать в непосредственной близости от горных выработок (на расстоянии 1,5÷2,5 м).

5.17 При статическом зондировании по данным измерения сопротивления грунта под наконечником и на боковой поверхности зонда определяют:

- удельное сопротивление грунта под наконечником (конусом) зонда q_c;
- общее сопротивление грунта на боковой поверхности Q_s (для механического зонда);
- удельное сопротивление грунта на участке боковой поверхности (муфте трения) зонда f_s (для электрического зонда).

5.18 При динамическом зондировании измеряют:

- глубину погружения зонда h от определенного числа ударов молота (залога) при ударном зондировании;
- скорость погружения зонда v при ударно-вибрационном зондировании.

5.19 Подробные сведения по методике проведения статического и динамического зондирования, применяемого оборудования и принципам обработки результатов испытаний представлены в ГОСТ 19912.

5.20 Инженерно-гидрометеорологические изыскания следует проводить согласно требованиям [4] в целях определения гидрогеологического состояния участка изысканий, климатических условий, метеорологических характеристик, а также влияния строительства микросвай на указанные характеристики.

5.21 Инженерно-экологические изыскания выполняются в соответствии с требованиями [6] с целью получения исходных данных для оценки воздействия на окружающую среду, предотвращения или снижения неблагоприятных последствий строительства сооружений из микросвай на автомобильных дорогах.

5.22 Результаты инженерных изысканий должны быть достоверными и достаточными для обоснования конструктивных решений, содержать прогноз

изменения инженерно-геологических, гидрологических и экологических условий. Расчетные данные в составе результатов инженерных изысканий должны быть обоснованы исполнителем инженерных изысканий и содержать прогноз их изменения в процессе строительства и эксплуатации микросвай.

6 Конструктивно-технологические решения

6.1 Условия применения микросвай

6.1.1 В сравнении с другими методами геотехнического строительства и реконструкции, конструкции из микросвай обладают следующими преимуществами:

- технологичность и высокие темпы устройства;
- возможность устройства в сложных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях (в слабых и водонасыщенных грунтах, с твердыми включениями, в условиях сложного переслаивания скальных пород существенно различной прочности и т.д.);
- мобильность и компактность строительного оборудования;
- относительно малый вес и компактность конструкций микросвай;
- возможность устройства микросвай с использованием ручного инструмента (диаметром до 30÷40 мм и длиной до 6 м);
- возможность устройства в стесненных условиях и на труднодоступных площадках строительства без остановки технологических процессов защищаемого объекта;
- экологичность процесса строительства за счет снижения ударных, вибрационных и динамических воздействий при вращательном бурении скважин малого диаметра;
- возможность бурения сквозь бетонные и железобетонные конструкции без повреждения усиливаемой конструкции вокруг отверстия;
- возможность закрепления оголовочной части микросвай непосредственно на усиливаемой конструкции;
- отсутствие необходимости устройства дополнительных объединяющих и распределительных поясов и ростверков:
- возможность устройства наклонных микросвай любого расположения (от вертикального вниз и наклонного до вертикального вверх);

- высокая несущая способность буроинъекционных свай по грунту за счет опрессовки цементным раствором стенок и основания скважины.

6.1.2 Объектом применения конструкций из микросвай могут быть существующие и вновь проектируемые объекты:

- земляное полотно автомобильной дороги;
- сооружения инженерной защиты на естественном и свайном основании (подпорные стены, свайные удерживающие сооружения и т. д.);
- сооружения инженерной защиты из микросвай.

6.1.3 Конструкции из микросвай целесообразно использовать для решения следующих геотехнических задач:

- увеличение прочности и устойчивости сооружений и их оснований;
- увеличение сопротивления свайных полей продавливанию грунта;
- ограничение, снижение и выравнивание деформаций сооружений;
- строительство и реконструкция инженерной защиты в стесненных и труднодоступных условиях (плотная городская застройка, удаленные и узкие участки автодорог, на крутых горных склонах, без возможности подъезда крупной строительной техники и/или временной остановки или ограничения автомобильного движения и т. д.).

6.1.4 Возможные варианты использования конструкций из микросвай.

В качестве дополнительного конструктивного мероприятия:

- анкерное крепление удерживающих сооружений, а также ограждающих конструкций строительных выемок;
- подкосное крепление наклонными опорными микросваями существующих удерживающих сооружений на свайном основании;
- крепление вертикальными и наклонными опорными микросваями фундаментов подпорных стен на естественном основании;
- анкерное крепление заглубленных транспортных сооружений от всплытия в условиях высоких уровней подземных вод;

- увеличение внутренней устойчивости подпорных стен из массивных бетонных блоков посредством сквозного армирования микросваями;

- увеличение несущей способности свайных удерживающих сооружений на продавливание грунта между сваями;

- увеличение устойчивости грунта нижележащего склона наклонными анкерными сваями;

- анкерное крепление противоэрозионных и противообвальных конструкций на грунтовых и скальных склонах и т. д.

В качестве самостоятельных сооружений:

- свайные и свайно-анкерные противооползневые удерживающие конструкции из микросвай;

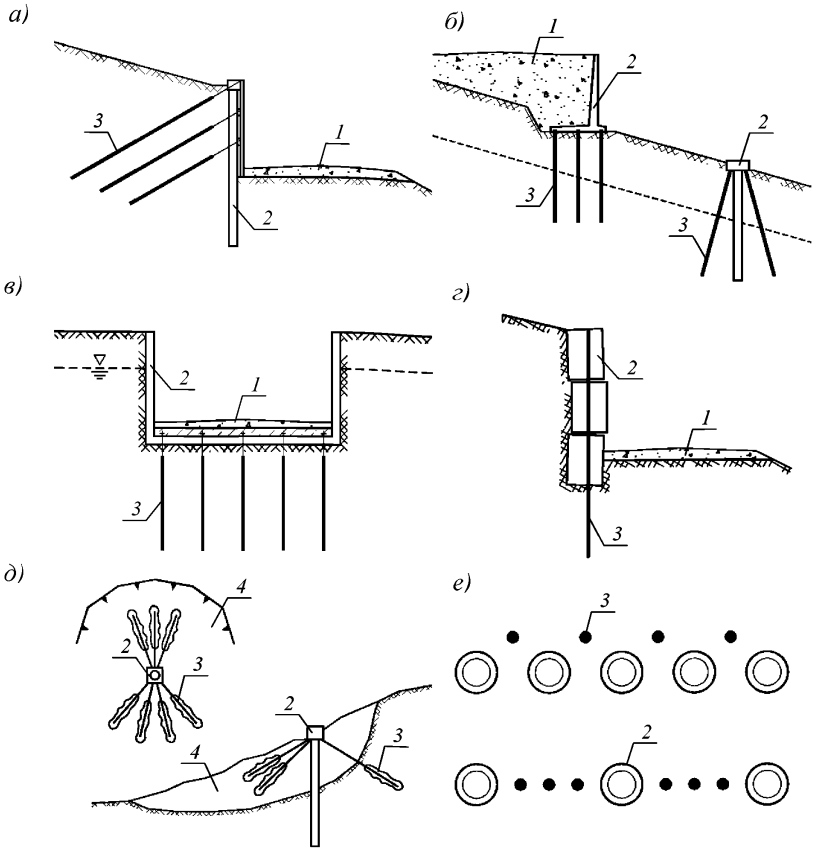
- свайные и свайно-анкерные ограждающие конструкции из микросвай для крепления временных строительных выемок;

- анкерное крепление оползневых грунтов с использованием поверхностных упорных конструкций (плитных, балочных и решетчатых);

- анкерное крепление оползнеопасных и обвалоопасных массивов, а также отдельностей скальных пород;

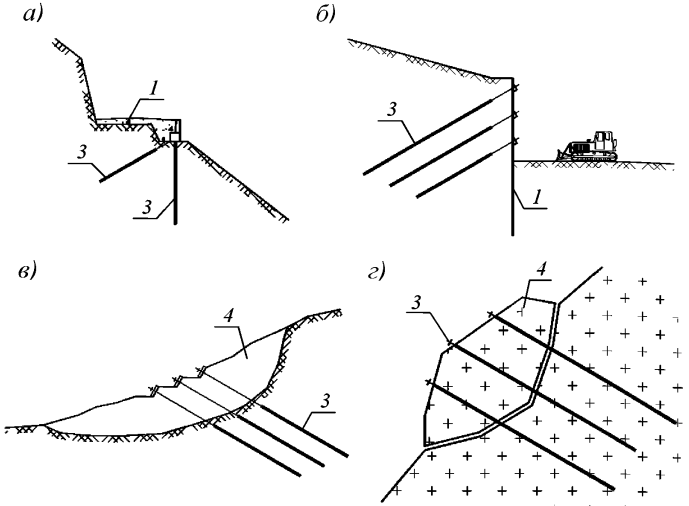
- разделительные стены между существующими и вновь возводимыми (или реконструируемыми) сооружениями.

Примеры возможных вариантов конструктивных решений с применением микросвай приведены на рисунках 1 и 2.



а – анкерное крепление удерживающих сооружений; *б* – усиление удерживающих сооружений опорными и подкосными микросваями; *в* – анкерное крепление транспортных сооружений от всплытия; *г* – усиление сборных подпорных стен; *д* – анкерное крепление грунтов склона; *е* – усиление свайного поля от продавливания грунта; 1 – защищаемый объект, 2 – усиливаемое удерживающее сооружение, 3 – микросваи крепления, 4 – оползневой массив

Рисунок 1 – Примеры креплений из анкерных и опорных микросвай



а – свайно-анкерное удерживающее сооружение из микросвай;

б – временное удерживающее сооружение из микросвай; *в* – анкерное противооползневое сооружение; *г* – скальное противообвальное сооружение;

1 – защищаемый объект, 2 – усиливаемое удерживающее сооружение,

3 – микросвая, 4 – оползневой (обвалоопасный) скальный массив

Рисунок 2 – Примеры самостоятельных сооружений из микросвай

6.2 Классификация микросвай

6.2.1 Микросваи классифицируются по следующим признакам:

- по направлению скважины в пространстве: вертикальные, наклонные и горизонтальные;

- по характеру работы: опорные, воспринимающие преимущественно нагрузки на вдавливание в грунт и анкерные, работающие на выдергивание из грунта;

- по типу несущего элемента: с одиночными несущими элементами (арматурными стержнями, прокатными профилями, трубами, а также трубчатыми штангами) и пространственными стержневыми каркасами;

- по форме ствола: с цилиндрическими, телескопическими стволами, с уширенной пятой, с промежуточными уширениями т. д;

- по способу образования скважины: буровые с проходкой скважин без обсадных труб, под обсадными трубами, под глинистым раствором, шнеком и с погружением обсадной трубы (вдавливанием, вибропогружением и т.д.);

- по способу заполнения скважины: заполняемые бетоном или раствором без избыточного давления, напорным методом;

- по способу формирования ствола – инъекционные опрессовкой однократной или многоэтапной, виброуплотнением и др.

6.2.2 Анкерные микросваи в свою очередь классифицируются по следующим признакам:

- по сроку службы – постоянные и временные (до 2 лет);

- по наличию предварительного натяжения – без предварительного натяжения и напрягаемые (тяга которых закреплена на конструкции с предварительным натяжением более 10 % расчетной нагрузки).

6.3 Технологии устройства микросвай

6.3.1 Технологию устройства микросвай следует выбирать в зависимости от инженерно-геологических условий строительства, требований конкретного объекта инженерной защиты и возможностей подрядной строительной организации. Наиболее распространенные способы устройства микросвай следующие:

- буроинъекционные микросваи, устраиваемые в предварительно пробуренных скважинах путем нагнетания (инъекции) в них мелкозернистой бетонной смеси;

- микросваи, изготовленные методом непрерывного полого шнека (НПШ);

- самозабуриваемые винтонабивные микросваи с одновременной подачей водоцементного раствора и применением буровой штанги в качестве центрального армирующего элемента.

6.3.2 Устройство буроинъекционных микросвай с предварительной проходкой скважины допускается практически во всех типах грунтов. Работы, как правило, выполняются в следующей последовательности (рисунок 3):

- бурение скважины (с креплением стенок или без);
- при необходимости устройство уширения пяты механическим способом или трамбованием;
- погружение армокаркаса (несущего элемента);
- заполнение скважины бетоном или цементным раствором;
- извлечение обсадных труб;
- инъекционная опрессовка ствола.

6.3.3 Устройство микросвай методом НПШ допускается во всех типах грунтов, за исключением скальных и крупнообломочных. Работы, как правило, выполняются в следующей последовательности (рисунок 4):

- центровка и установка в вертикальное положение шнека буровой машины (см. примечания, п. 1);
- бурение грунтов колонной полых шнеков до заданной проектной глубины с выдачей грунта на поверхность посредством спиральной навивки шнека;
- подача бетонной смеси, цементного или цементно-песчаного раствора с помощью бетононасоса в полость буровой колонны до полного ее заполнения;
- первоначальный ограниченный подъем буровой колонны на 10÷30 см для открытия затвора;
- закачивание насосом под давлением твердеющей смеси в буровую колону при непрерывном ее подъеме от забоя до устья без остановок;

- разъединения и вращения шнеков до заполнения скважины (см. примечания, п. 2);

- погружение пространственного арматурного каркаса с помощью вибропогружателя в полностью заполненную бетонной смесью и подготовленную скважину с зачищенным устьем (см. примечания, п. 3, 4);

- после достижения каркасом проектной отметки, демонтаж вибропогружателя и закрепление каркаса в проектном положении;

- удаление извлеченного грунта и зачистка устья скважины со снятием верхнего слоя бетона (в возрасте бетона микросваи не более 24 ч).

Примечания

1 Буровая колонна полых шнеков должна быть оборудована затвором с уплотнителем для предотвращения попадания грунта внутрь. Объем извлекаемого грунта должен соответствовать объему скважины.

2 В бетонируемой системе, по показаниям бортового компьютера буровой машины, должно постоянно поддерживаться избыточное давление бетонной смеси 0,2÷0,3 МПа. Избыточное давление, подачи твердеющей смеси создаваемое бетононасосом, обеспечивает опрессовку забоя, стенок скважины, уплотнение прилегающих слоев грунта, повышение несущей способности сваи.

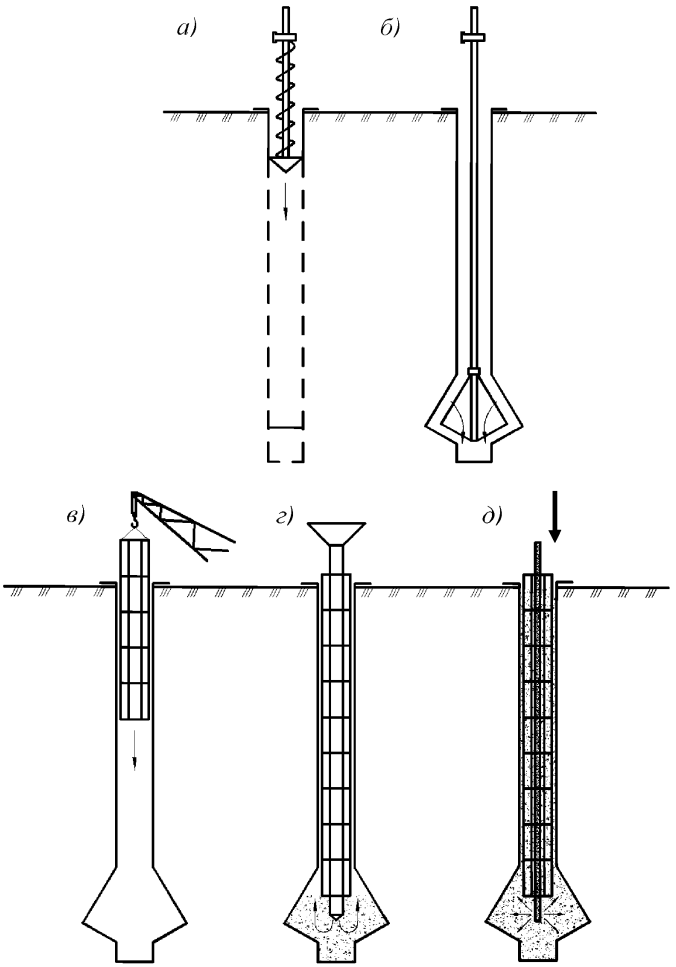
3 Использование вибропогружателя позволяет качественно уплотнить бетонную смесь по длине сваи и удалить излишний воздух из бетона.

4 При малой длине свай допускается погружение каркаса без вибропогружателя.

6.3.4 Устройство самозабуриваемых винтонабивных микросвай допускается во всех видах песчаных, глинистых и скальных грунтов, за исключением условий, обозначенных в 4.5. Винтонабивные микросваи являются разновидностью буроинъекционных свай и отличаются способом устройства (см. рисунок 5).

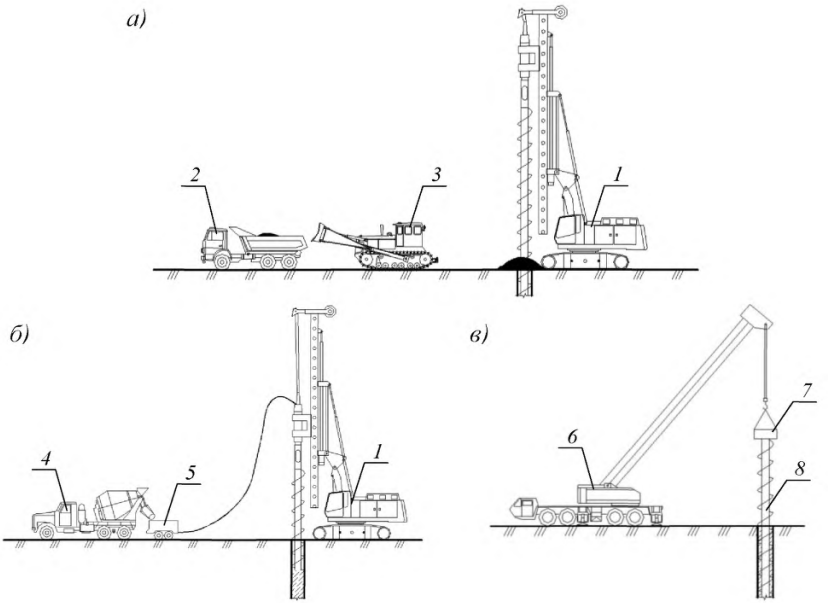
Устройство таких микросвай производится путем последовательного забуривания в грунт составляющих трубчатых винтовых штанг (ТВШ) с муфтовым соединением и передовой буровой коронкой, при одновременной промывке скважины буровым цементным раствором. По достижении

проектной длины микросваи, производят опрессовку скважины более густым цементным раствором.



а – проходка скважины; *б* – устройство уширения механическим способом (при необходимости); *в* – погружение армокаркаса; *г* – заполнение скважины; *д* – опрессовка ствола

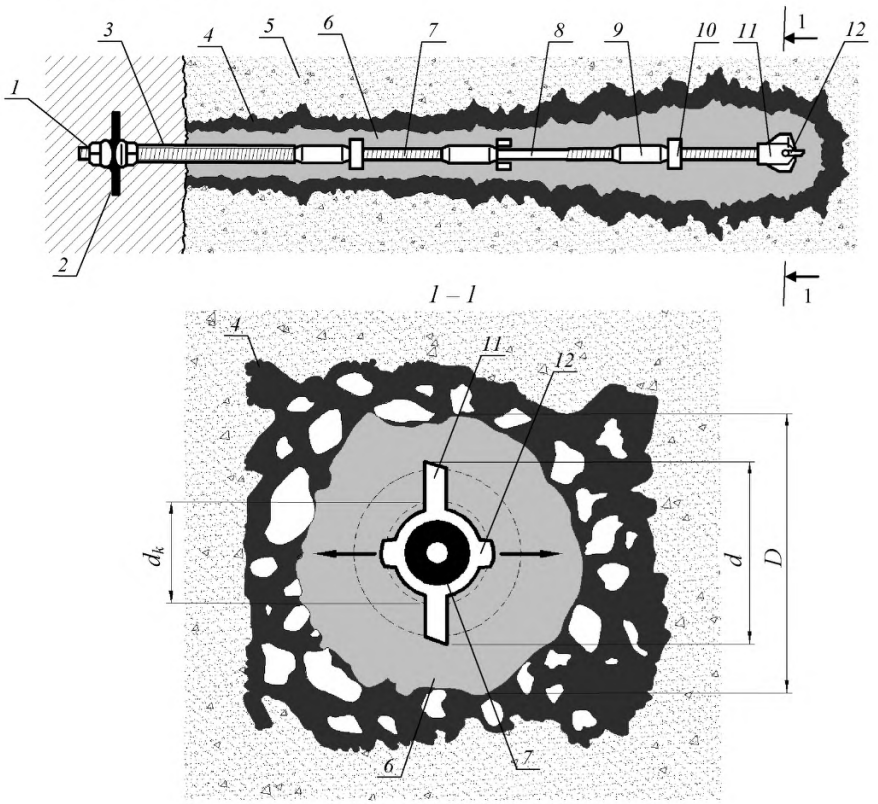
Рисунок 3 – Технологическая схема устройства микросваи с предварительной проходкой скважины



а – центровка, установка в вертикальное положение и забуривание шнека до проектной глубины; *б* – напорное бетонирование с подъемом шнека и извлечением грунта; *в* – погружение армокаркаса;

1 – буровая установка на гусеничном ходу; 2 – самосвал; 3 – погрузчик; 4 – автобетоносмеситель; 5 – бетононасос; 6 – автокран; 7 – вибропогружатель; 8 – армокаркас

Рисунок 4 – Технологическая схема сооружения микросвай методом НПШ



1 – фиксирующая гайка; *2* – опорная плита; *3* – защитная трубка из ПВХ; *4* – зона первичной инъекции грунта; *5* – вмещающий грунт; *6* – цементное тело; *7* – ребристая штанга; *8* – внутренний канал штанги; *9* – соединительная муфта; *10* – распорка; *11* – буровая коронка; *12* – инъекционное отверстие; d_k – диаметр соединительной гайки; *d* – диаметр буровой коронки

Рисунок 5 – Схема закрепления микросваи из ТВШ в грунте

6.4 Армирование микросвай

6.4.1 В качестве армирующих элементов микросвай допускается применять стержневую арматуру, сварные объемные арматурные каркасы,

стальные прокатные профили (ГОСТ 8239, ГОСТ 26020, ГОСТ 8240(, трубы (ГОСТ 8734, ГОСТ 10704) и специальные буровые трубчатые винтовые штанги (см. 6.4.15÷6.4.28).

6.4.2 В соответствии с п. 8.18 СП 24.13330, продольные арматурные стержни объемных каркасов должны быть соединены не только хомутами, но и трубчатыми кольцами, установленными на сварке по длине каркаса на расстоянии не реже чем через пять его диаметров (но не чаще чем через 2 м). В целях обеспечения защитного слоя бетона между грунтом и арматурными стержнями каркаса последний должен быть оснащен фиксаторами, а также крестообразными анкерами, установленными в нижнем конце каркаса для исключения возможности его подъема при извлечении обсадных труб.

6.4.3 Фиксаторами защитного слоя, обеспечивающими центрирование каркаса в скважине, также должны быть оснащены одиночные арматурные стержни, армирующие профильные элементы и трубы.

6.4.4 Толщина защитного слоя бетона для рабочей арматуры должна быть не менее ее диаметра, но не менее 30 мм, для поперечной и конструктивной арматуры – не менее 20 мм. Для постоянных конструкций, работающих в агрессивных средах по ГОСТ 31384 толщина защитного слоя бетона и, соответственно диаметр каркаса, должны назначаться с учетом требований СП 28.13330.

6.4.5 Продольная арматура должна располагаться равномерно по периметру каркаса. Коэффициент армирования, определяемый отношением площади сечения продольной арматуры к площади сечения микросваи должен составлять не менее 0,5 %. Минимальное расстояние в свету между стержнями продольной арматуры не менее наибольшего диаметра стержня, но не менее 30 мм [10].

Примечание – Расстояние в свету между стержнями периодического профиля определяются по номинальному диаметру без учета выступов и ребер.

6.4.6 При длине микросваи более 12 м арматурный каркас, как правило, должен состоять из отдельных блоков стыкуемых предварительно или при опускании в скважину. Соединение блоков следует производиться сваркой выпусков продольной арматуры внахлест по ГОСТ 14098 или при помощи соединительных муфт с обеспечением равнопрочности стыков и арматуры, а также возможности проведения опрессовки скважины.

6.4.7 Длину блоков следует назначать в проекте с учетом конкретных условий строительства (допускаемые габариты, характеристики бурового и грузоподъемного оборудования), избегая размещения стыков в зонах максимальных расчетных усилий. Количество типоразмеров арматурных каркасов и составляющих их блоков должно быть минимально возможным.

6.4.8 Каркасы должны обладать достаточной жесткостью, исключающей возможные деформации при их транспортировке и подъеме в вертикальное положение. Жесткость каркаса достигается введением в его состав диагональных поперечных связей или прокатных профилей.

6.4.9 Для устройства анкерных микросвай рекомендуется применять марки стали, имеющие выраженную площадку текучести и обладающие достаточной коррозионной стойкостью.

6.4.10 Армирующие элементы микросвай, которые при установке используются как буровой инструмент для бурения скважины, должны изготавливаться из высокопластичной стали с ударной вязкостью не менее 40 Дж при температуре минус 20 °С и не менее 27 Дж при температуре минус 50 °С.

Состав арматурных каркасов

6.4.11 В качестве элементов каркаса следует, как правило, применять:

- горячекатаную арматуру класса А–III (А400) и А–IV (А600) по ГОСТ 5781, термически упрочненную стержневую свариваемую арматуру классов $А_т$400С, $А_т$500С и $А_т$–IV ($А_т$600) по ГОСТ 10884, А400С, А500С и

А600С по [10] диаметром 12÷32 мм для рабочей продольной стержневой арматуры;

- горячекатаную арматуру классов А–II (А300) и А–I (А240) по ГОСТ 5781 диаметром от 6 до 10 мм для поперечной конструктивной и диаметром от 12 до 22 мм для монтажной арматуры;

- арматурную проволоку типа 5 Вр1 по ГОСТ 6727 для спиральной навивки;

- двутавры стальные горячекатаные по ГОСТ 8239 и ГОСТ 26020;

- швеллеры стальные горячекатаные по ГОСТ 8240 при комбинированных балочно-арматурных каркасах;

- элементы стальных труб по ГОСТ 10704, ГОСТ 8731, ГОСТ 8734 и горячекатаного листового и фасонного проката из углеродистой стали марки Ст3 по ГОСТ 380 для элементов жесткости и закладных деталей;

- проволоку отожженную стальную низкоуглеродистую по ГОСТ 3282 диаметром 1,2÷2,0 мм для крепления поперечной арматуры и спиральной навивки.

6.4.12 Поперечное армирование следует выполнять в виде круглых по наружному диаметру каркаса арматурных хомутов или спиральной навивки арматурной проволоки (см. 6.4.11) с шагом не более 10 диаметров рабочей арматуры, но не более 300 мм [10].

6.4.13 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. Допускается хранение арматурной стали на открытом воздухе в количестве, которое будет израсходовано в течение одного месяца [11].

6.4.14 При соответствующем расчетном обосновании допускается применение для арматурных каркасов микросвай неметаллической композитной арматуры по ГОСТ 31938 в соответствии с [12].

Несущие элементы винтонабивных микросвай

6.4.15 Предел текучести армирующих элементов винтонабивных анкерных микросвай не должен превышать 600 Н/мм^2.

6.4.16 В качестве несущего элемента винтонабивных микросвай (анкерных и опорных) используется сборная буровая колонна, включающая:

- инвентарные мерные трубчатые винтовые штанги длиной от 2 до 6 м;
- соединительные муфты;
- центраторы;
- теряемую буровую коронку;
- упорную пластину оголовка;
- фиксирующую шаровую сферическую гайку;
- сферическую шайбу.

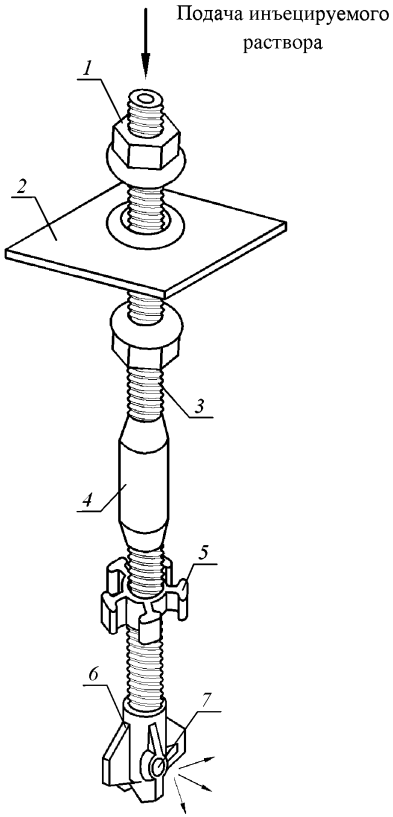
Схема конструкции микросваи из ТВШ приведены на рисунке 6.

Примечание – Трубчатая винтовая штанга представляет собой ребристую стальную трубу и служит одновременно буровой штангой и инъектором для подачи в грунт бурового и цементного растворов, а также является несущим элементом микросваи в период ее эксплуатации.

6.4.17 Профиль крупной сплошной резьбы на поверхности штанг должен обеспечить их соединение, беспрепятственное прокручивание при забуривании в грунт, подачу бурового раствора опрессовки по длине ствола.

Примечание – Возможна резка, соединение и отсоединение частей тяги при их монтаже на строительной площадке.

6.4.18 Применяемые трубчатые винтовые штанги и комплектующие элементы к ним должны соответствовать утвержденным Техническим условиям или Техническим свидетельствам производителя о пригодности продукции для применения в строительстве на территории РФ.



1 – сферическая гайка; *2* – опорная плита; *3* – трубчатая винтовая штанга; *4* – соединительная муфта; *5* – центратор; *6* – буровая коронка; 7 – инъекционное отверстие

Рисунок 6 – Конструкция микросваи из ТВШ

6.4.19 Трубчатые винтовые штанги, как правило, изготовляются из мелкозернистой углеродистой стали обыкновенного качества, соответствующей ГОСТ 380, а также из коррозионно-стойкой стали соответствующей маркам по ГОСТ 5632.

6.4.20 Комплектование штанг в единую тягу следует производить при помощи соединительных втулочных муфт. Для обеспечения равномерности закручивания штанг рекомендуется оснащать муфты по центру внутренней резиновой прокладкой и упором. Конструкция муфт должна соответствовать ГОСТ 24246.

6.4.21 Для постоянных конструкций перед каждой соединительной муфтой следует устанавливать центрирующую распорку, обеспечивающую при бурении и нагнетании цементного раствора равномерное покрытие анкерной сваи цементным слоем толщиной не менее 20 мм в качестве антикоррозионной защиты.

Примечание. Центрирующая распорка способствует стабильности направления при бурении.

6.4.22 Для преднапряженной анкерной микросваи необходимо устройство изоляции штанги в пределах проектной свободной длины от сцепления с цементным камнем и грунтом с помощью защитных труб (например, полиэтиленовых по ГОСТ 18599).

6.4.23 На передовую штангу должна быть навинчена буровая коронка, тип и размер которой подбирается в зависимости от вида проходимых грунтов и диаметра используемых винтовых штанг. Буровая коронка должна иметь выпускные отверстия диаметром, как правило, от 8 до 10 мм для подачи в грунт бурового и инъекционного цементных растворов через внутреннюю полость винтовых штанг.

6.4.24 Штанги элементов постоянных конструкций должны быть изготовлены из коррозионностойкой стали или иметь дополнительную антикоррозионную защиту в соответствии с требованиями СП 28.13330 и ГОСТ 9.602.

6.4.25 В неагрессивных и среднеагрессивных грунтах при надлежащем обосновании допускается применение для постоянных анкеров и микросвай штанг и соединительных элементов из стали обычного качества, с

соблюдением необходимой толщины защитного слоя цементного камня и увеличением их диаметра.

6.4.26 Временную антикоррозионную защиту штанг, изготовленных из стали обычного качества, на период их транспортирования и хранения выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 9.014.

6.4.27 Дополнительную антикоррозионную защиту штанг, следует осуществлять нанесением на поверхности различных видов покрытий (например, горячее оцинкование) в соответствии с 6.5.6 и 6.5.7.

6.4.28 Закрепление микросваи на конструкции осуществляется с применением стальной упорной плиты и фиксирующая шаровой гайки. Фиксирующая гайка навинчивается на выпуск тяги до упора в конусный проем упорной плиты или через специальную промежуточную шайбу.

6.4.29 Закрепление постоянных микросвай на монолитных железобетонных подпорных стенах следует выполнять внутри закладных анкерных стаканов, входящих в состав каркасов. После испытаний и затяжки фиксирующей гайки, выпуск тяги должен быть отрезан, а полость «стакана» закрыта защитной плитой и заполнена твердеющим герметизирующим материалом или специальной конструкцией.

6.5 Антикоррозийная защита микросвай

6.5.1 Постоянные микросваи по всей длине должны иметь равнозначную по надежности антикоррозионную защиту, степень которой следует назначать в зависимости от продолжительности эксплуатации и уровня агрессивности среды в соответствии с требованиями СП 28.13330 и ГОСТ 9.602.

6.5.2 Антикоррозионная защита стальных несущих элементов микросвай должна отвечать следующим требованиям:

- обеспечивать надежную защиту на весь период эксплуатации;
- не допускать снижения прочностных характеристик стали;

- охватывать защищаемый от коррозии стальной несущий элемент без микроскопических пустот;

- не допускать снижения сцепления с цементным раствором и грунтом.

6.5.3 Способы антикоррозионной защиты стальных несущих элементов микросвай:

- изготовление стальных несущих элементов из коррозионностойких марок стали (см. 6.5.4);

- защита стальных несущих элементов цементным слоем (см. 6.5.5);

- нанесение на поверхность стальных несущих элементов различных видов покрытий (например, горячее оцинкование, см. 6.5.6);

- покрытие поверхности стальных несущих элементов вторым слоем антикоррозийных составов (см. 6.5.7).

6.5.4 Изготовление несущих элементов микросвай из коррозионностойких марок стали должно осуществляться в соответствии с ГОСТ 5632.

6.5.5 Толщина защитного цементного слоя антикоррозийной защиты стальных несущих элементов микросвай должна быть:

- для временных микросвай в скальных грунтах не менее 10 мм;

- для временных микросвай в нескальных грунтах не менее 20 мм;

- для постоянных микросвай во всех типах грунта – 30 мм.

Гарантия толщины цементного слоя осуществляется с помощью центраторов, устанавливающихся по длине анкерной сваи с шагом не более 4 м. Данный способ защиты от коррозии допускается для конструкций со сроком эксплуатации не более 100 лет.

Примечание – Антикоррозийная защита цементным слоем эффективна при максимальной ширине раскрытия трещин в цементном камне не более 0,10 мм. В противном случае следует предпринимать дополнительные меры по антикоррозионной защите.

6.5.6 Антикоррозийную защиту нанесением на поверхность стальных несущих элементов различных видов покрытий следует выбирать в

соответствии с требованиями ГОСТ 9.301, ГОСТ 9.303, ГОСТ 9.304. Технология нанесения защитного слоя должна соответствовать ГОСТ 9.305, ГОСТ 28302.

В качестве одного из видов такой антикоррозийной защиты допускается применение «горячей оцинковки». Для гарантии целостности цинкового порытия после бурения системы процесс оцинковки осуществляется при температуре не менее 550°С. Данный способ защиты от коррозии допускается для конструкций со сроком эксплуатации не более 30 лет.

Примечание – Металлоизоляционное покрытие необходимо защищать от механических повреждений при складировании, транспортировании и установке несущего элемента при помощи трубы-оболочки.

6.5.7 С целью увеличения срока эксплуатации конструкции с антикоррозийной защитой гальваническим методом, рекомендуется использовать дополнительное покрытие поверхности конструкции вторым слоем лакокрасочных или полимерных материалов.

6.5.8 Способы антикоррозионной защиты головных конструкций анкерных и опорных микросвай:

- монолитная заделка головной конструкции в железобетонном ростверке с толщиной покрытия бетоном не менее 30 мм;
- механическая защита от коррозии с помощью защитных колпаков, предотвращающих доступ кислорода и влаги к головной конструкции анкерных микросвай;
- антикоррозионное покрытие в соответствии с 6.5.6, 6.5.7.
- применение окрасочных антикоррозионных покрытий для металлических изделий с учетом сроков эксплуатации, указанного производителями последовательного мониторинга и обслуживания.

- в зоне входа буроинъекционных винтонабивных микросвай в грунт установка на штанги полиэтиленовой защитной трубы длиной не менее 500 мм.

6.5.9 В соответствии с требованиями СП 45.13330, для подтверждения эффективности принятых мероприятий по предупреждению коррозии все антикоррозийные защитные системы должны подвергнуться, как минимум, одному испытанию, в том числе должна быть выполнена откопка анкера на опытной площадке.

В ходе визуального контроля необходима оценка следующих характеристик антикоррозийной защиты:

- толщина стенки и целостность пластиковых труб;
- целостность соединений и прокладок;
- положение центрирующих элементов;
- положение и расстояние между трещинами в цементном камне, в местах где он служит в качестве антикоррозийной защиты;
- степень заполнения труб и других полостей раствором, полимером и антикоррозийным раствором;
- толщина и целостность защитного слоя цементного камня;
- сцепление на контактных поверхностях;
- смещение элементов конструкции анкера во время монтажа и под нагрузкой.

6.5.10 Допускается применение несущих элементов без дополнительной антикоррозионной защиты, при условии назначения размеров сечения с учетом проектного срока эксплуатации микросвай и темпа коррозии для конкретных условий строительства.

6.6 Цементные растворы

6.6.1 Материалы для устройства микросвай должны отвечать следующим основным требованиям:

- цемент для раствора следует выбирать в зависимости от вида и трещиноватости (пористости) пород, в которые погружается микросвая, устойчивости его в агрессивной среде, а также от срока схватывания и твердения;

- при неагрессивных грунтовых водах рекомендуется применять портландцементы марки не ниже М400;

- при сульфатной агрессии грунтовых вод рекомендуется применять сульфатостойкий и пуццолановый портландцемент;

- в инъецируемый раствор рекомендуется добавлять пластифицирующие добавки, не ухудшающие свойства раствора.

6.6.2 Рекомендации по приготовлению инъецируемых растворов должны содержать, как минимум, следующие требования:

- по консистенции раствора;
- по классу по морозостойкости;
- по защите арматуры от коррозии;
- по величине усадки;
- по прочности раствора при сжатии в семи суточном возрасте не менее 200 кгс/см^2, а в 28 суточном - не менее 300 кгс/см^2.

Предельную крупность песка, его качество и зерновой состав допускается ставить в зависимость от диаметра скважины.

6.6.3 Свойства инъекционных смесей должны соответствовать требованиям ГОСТ 10178 и настоящего раздела. Вводимые воздухововлекающие и пластифицирующие добавки должны обеспечивать:

- минимально возможное водоцементное отношение;
- хорошую прокачиваемость с помощью используемых насосов;
- требуемую прочность и надежную связь цементного камня с металлом после твердения в грунте.

6.6.4 Вода для затворения смесей должна отвечать требованиям ГОСТ 23732. Для ускорения набора прочности раствором из инъецируемой

смеси в слабо фильтрующих глинистых грунтах и при производстве работ в зимнее время следует вводить добавки в соответствии с нормами [13].

6.6.5 В качестве альтернативы цементному раствору могут применяться полимеры и полимерные растворы при условии, что их пригодность к применению подтверждена сертификатом соответствия. Для проверки качества смеси, времени схватывания и характеристик должны быть проведены лабораторные и полевые исследования [13].

6.7 Конфигурации сооружений из микросвай

6.7.1 Конфигурация сооружения с применением микросвай определяется в зависимости от:

- величин и направлений нагрузок на сооружение инженерной защиты.
- инженерно-геологических и технологических условий участка инженерной защиты;
- проектных решений по плановой и вертикальной планировке защищаемого объекта и т. д.

6.7.2 Ввиду малого диаметра микросваи обладают незначительной изгибной жесткостью и трещиностойкостью при изгибе. Поэтому их применение ограничивается восприятием в основном осевых нагрузок. При необходимости восприятия разнонаправленных нагрузок следует применять комбинации микросвай соответствующей ориентации в пространстве. Поперечные нагрузки, изгибающие и торсионные моменты с помощью конструктивных решений (к примеру, ростверков, объединяющих группу микросвай) должны распределяться между отдельными микросваями в виде осевых нагрузок.

6.7.3 Параметры анкерного крепления должны выбираться для обеспечения следующих условий:

- заделка корневой части анкерной сваи должна выполняться на глубине, обеспечивающей устойчивость массива окружающего грунта на вырывание;

- вертикальная составляющая анкерного усилия на закрепляемое сооружение (определяемая углом наклона анкерной сваи) должна обеспечивать требуемую пригрузку сооружения и не приводить к чрезмерным усилиям среза и деформациям в узле крепления;

- угол наклона микросвай должен обеспечивать возможно минимальное искривление оси скважины в процессе бурения (устройство длинных микросвай под малым углом наклона к горизонту приводит к искривлению оси скважины под собственным весом буровой колонны);

- количество и отметки расположения ярусов анкерных свай должны обеспечивать требуемое снижение деформаций и нагрузок на закрепляемое сооружения. По возможности следует стремиться к равномерному распределению усилий в закрепляемой конструкции.

6.7.4 Сооружения инженерной защиты могут предусматриваться с однорядным и многорядным расположением микросвай в плане. Для многорядных сооружений рекомендуется шахматное расположение микросвай в плане. Головы всех свай в таких сооружениях следует объединять единым ростверком.

6.7.5 С целью увеличения несущей способности удерживающих сооружений на боковое давление грунта, в сочетании с вертикальными микросваями целесообразно применять ряды наклонных микросвай, с уклоном как в сторону удерживаемого массива (анкерные микросваи), так и в обратную сторону (опорные микросваи).

6.7.6 Для повышения сопротивления продавливанию грунта рекомендуется также применять:

- вертикальные микросваи в просвете между сваями большого диаметра свайного удерживающего сооружения;

- перекрестно-решетчатое расположение элементов удерживающего сооружения из микросвай.

6.7.7 Анкерные микросваи также могут применяться для увеличения устойчивости грунта, расположенного ниже удерживающего сооружения по склону. Для достижения этой цели предусматривается устройство анкерных микросвай, направленных от опорной конструкции в сторону нижерасположенного склона и расположенных корневыми частями веерообразно на разных уровнях оползневого массива.

7 Расчеты конструкций микросвай

7.1 Общие рекомендации

7.1.1 Микросваи (опорные и анкерные) должны рассчитываться преимущественно на действие продольных нагрузок (см. 6.7.2). Сложные сочетания нагрузок должны распределяться между микросваями различной ориентации в пространстве.

7.1.2 Групповое взаимодействие микросвай одинакового диаметра следует учитывать при расстоянии между ними менее трех диаметров микросваи. Размеры зоны взаимного влияния микросвай и свай различного диаметра следует принимать из расчета трех диаметров наиболее крупной в поперечном сечении сваи.

7.1.3 Продольные нагрузки передаются на микросваю через головную конструкцию в несущий стальной элемент, через поверхность контакта в бетон микросваи и по боковой поверхности микросваи в грунт.

7.1.4 Оценку несущей способности микросвай следует проводить из условия обеспечения их прочности по материалу и сопротивления грунта боковой поверхности (см. подразделы 7.2 и 7.3) на действующие или прогнозируемые нагрузки с учетом необходимых коэффициентов запаса.

Для обеспечения надежности крепления расчетная продольная нагрузка на микросваю (F, см. п. 7.2.7) не должна превышать наименьшее из двух значений – прочности микросваи по материалу (R_m, см. п. 7.3.1) и несущей способности по грунту вдоль боковой поверхности (R_g, см. п. 7.3.2).

$$F \le \frac{R}{\gamma_n} \qquad (1)$$

где F – расчетная продольная нагрузка на микросваю;

R – расчетная несущая способность микросваи, принимаемая наименьшим из двух значений – прочности тяги из трубчатых

штанг R_m или несущей способности по грунту основания R_g с учетом соответствующих частных коэффициентов запаса;

γ_n – коэффициент надежности по ответственности сооружения, при расчетах по предельным состояниям первой группы коэффициент γ_n принимается: для временных микросвай $\gamma_n = 1,2$; для постоянных микросвай $\gamma_n = 1,5$.

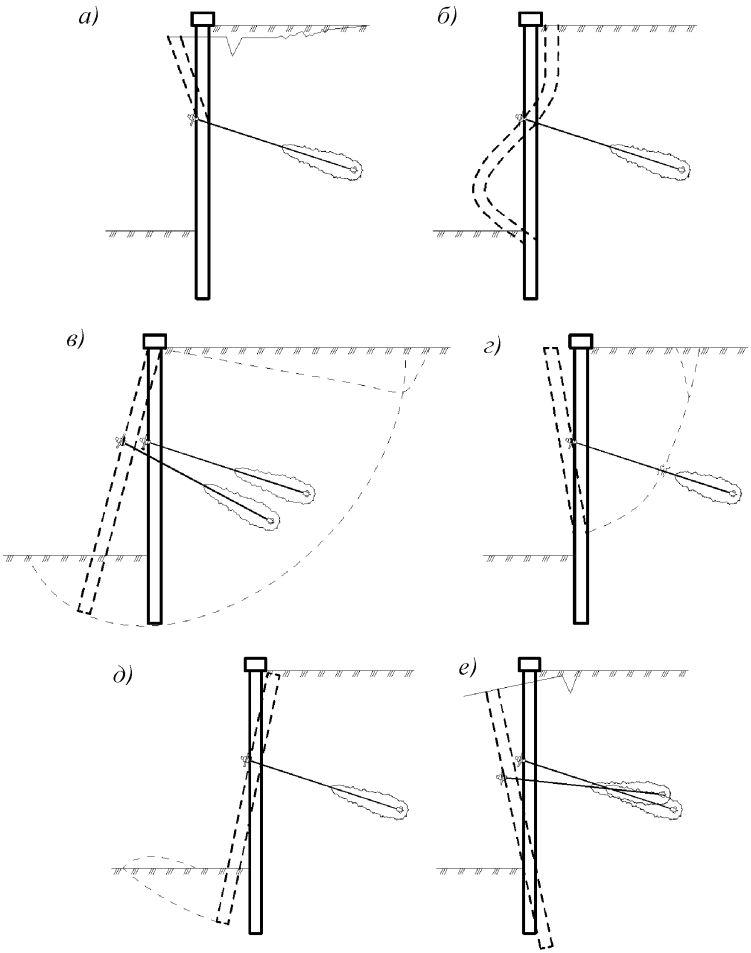
Сопротивление грунта основания висячей опорной микросваи без уширения пяты ввиду малой опорной площади допускается в расчетах не учитывать.

7.1.5 Для опорных микросвай, расположенных в слабых грунтах (к примеру, водонасыщенных грунтах при величине удельного сцепления в грунте менее 15 кПа) дополнительно следует выполнять проверку продольной устойчивости.

7.1.6 Оценка эффективности конструкции с применением микросвай должна выполняться из условия обеспечения общей и местной устойчивости конструкции и прилегающих объектов (см. 7.1.7, 7.1.8), а также допустимых дополнительных деформаций сооружений окружающей застройки (см. 7.1.9).

7.1.7 Анализ устойчивости прилегающего к конструкции массива грунта может производиться с использованием методов [9, 14]: предельного равновесия, конечных элементов и комбинированных методов. Расчеты устойчивости методами предельного равновесия с учетом удерживающих сооружений могут быть выполнены в соответствии с 6.3.13 [15].

7.1.8 С целью анализа внутренней и внешней устойчивости конструкции с применением микросвай следует рассматривать различные формы потери устойчивости удерживающей конструкции (рисунок 7).



а – разрушение консоли над анкерами; *б* – прогиб в средней части стены; *в* – потеря общей внешней устойчивости сооружения; *г* – обрыв или деформация анкерной тяги; *д* – разрушение основания в заделке свай; *е* – осадка ограждающей конструкции от вертикальной нагрузки

Рисунок 7 – Формы потери устойчивости удерживающего сооружения

7.1.9 Оценка влияния проектируемой конструкции на объекты окружающей застройки производится из условия:

$$S_{ad} \leq S_{adu}, \quad (2)$$

где S_{ad} – дополнительная осадка основания фундамента (совместная дополнительная деформация оснований и сооружений определяется по результатам расчетов «конструкция – грунтовый массив»);

S_{adu} – предельное значение дополнительной осадки оснований фундаментов в соответствии с указаниями СП 22.13330 в зависимости от технического состояния сооружения окружающей застройки или заданием на проектирование.

В случае невыполнения данного условия необходима корректировка проектируемой удерживающей конструкции: изменение типа ограждающей конструкции, анкерных и опорных креплений, применение предварительного натяжения анкерных креплений, разработка мероприятий по усилению и защите сооружений окружающей застройки.

7.1.10 При проектировании анкерных креплений из микросвай, по возможности, следует избегать существенного предварительного их натяжения. Анкерные микросваи без предварительного натяжения должны включаться в работу натяжением на величину около 10% эксплуатационной нагрузки. При этом устраняются все возможные монтажные зазоры в опорной и головной конструкции и выполняется активация сцепления микросваи по грунту вдоль боковой поверхности.

7.1.11 Использование предварительного натяжения анкерных микросвай (на величину более 10% эксплуатационной нагрузки) может быть рационально в следующих случаях:

- для максимально полного предотвращения деформаций закрепляемого сооружения: при существенных динамических нагрузках,

высоких требованиях к величине максимальной дополнительной осадки на защищаемом участке и т.д.;

- для возвращения защищаемого сооружения в требуемое планово-высотное положение (к примеру, уменьшение чрезмерных деформаций аварийных сооружений);

- при проектировании многоярусного анкерного крепления подпорных стен с целью корректировки эпюры и снижения прогнозируемых изгибающих моментов.

В случае применения предварительного натяжения анкерных микросвай следует учитывать, что итоговые прогнозируемые усилия в них повышаются на величину, сопоставимую с предварительным натяжением.

7.1.12 Величина усилия предварительного натяжения зависит от допускаемых смещений закрепляемой конструкции и деформаций сооружений окружающей застройки и должна определяться с учетом 7.1.13.

7.1.13 Использование предварительного натяжения анкерных креплений из микросвай должно выполняться при соответствующем опытно-расчетном обосновании. При этом необходимо учитывать следующее:

- ввиду явления релаксации напряжений в анкерных креплениях с течением времени, для поддержания требуемого предварительного натяжения требуется проведение постоянного мониторинга и корректировки усилий в анкерных элементах;

- оголовочные части таких анкерных креплений должны быть доступны для контроля, и их конструкция должна обеспечивать возможность корректировки натяжения;

- выполнение многоярусных анкерных креплений и их преднатяжение выполняется поэтапно, по мере разработки выемки под защитой анкеруемых ограждающих конструкций. При выполнении предварительного натяжения анкерных креплений очередного яруса, натяжение креплений предыдущего яруса изменяется;

- некорректно выбранная величина предварительного натяжения анкерных креплений разных ярусов может привести к перенапряжению ограждающей конструкции по высоте (см. примечания, п. 1);

- эксплуатационные усилия в предварительно напряженных анкерных креплений по сравнению с вариантом без предварительного натяжения увеличиваются приблизительно на величину блокировочного усилия (см. примечания, п. 2, 3).

Примечания.

1 Необходимо помнить, что величины расчетных анкерных усилий всегда завышены по отношению к реально действующим в конструкции. Причиной этого является учет в расчетах анкерных усилий целого ряда факторов запаса (коэффициентов надежности по величинам физико-механических свойств грунтов, материалов конструкций, внешних нагрузок, выбора наиболее невыгодного и, как правило, редкого сочетания нагрузок и т.д. и т.п.). В результате, предварительное натяжение анкерных креплений в конструкции (фактически испытывающей существенно меньшие нагрузки от бокового давления грунта) может привести к ее перегрузке анкерными усилиями.

2 Эксплуатационными усилиями в конструкции инженерной защиты следует считать величины силовых факторов после полного ее возведения в проектном составе и положении, вне зависимости от степени завершенности строительства прилегающих объектов.

3 Предварительное натяжение выполняется, как правило, до начала разработки грунтов выемки следующего яруса. В результате, чем больше ограничиваются боковые деформации грунта, тем в меньшей степени реализуется активное давление, а результирующее боковое давление приближается к величине давления грунта в состоянии покоя. В случае применения чрезмерных величин предварительного натяжения анкерных креплений, есть риск повысить боковое давление грунта до величин пассивного отпора.

7.2 Расчет усилий в микросваях от внешних воздействий

7.2.1 Оценку прогнозируемых усилий в конструкциях с применением микросвай допускается выполнять с использованием как численных методов (основанных на методах конечных элементов, конечных разностей и пр.), так и традиционных подходов в рамках теории предельного равновесия.

7.2.2 Расчеты сооружений нормального уровня ответственности допускается проводить в рамках статической модели взаимодействия системы «конструкция – грунтовый массив» с учетом требований СП 22.13330, СП 45.13330, а также с использованием сертифицированных программных расчетных комплексов. Использование динамических моделей рекомендуется для расчета объектов повышенного уровня ответственности в условиях значительных динамических нагрузок (к примеру, на сейсмические нагрузки).

7.2.3 Расчеты основных параметров сооружений с использованием микросвай должны вестись с учетом этапности производства строительных работ. Обязательному рассмотрению подлежат этапы выемки под защитой сооружений с анкерным креплением микросваями до отметок устройства очередного яруса анкерных микросвай и максимальной подрезки.

7.2.4 Расчеты должны проводиться с учетом реально возможных и наиболее неблагоприятных сочетаний нагрузок, геометрических и физико-механических условий, как на этапе строительства, так и эксплуатации сооружения в нормальных и особых условиях.

7.2.5 В случае расчета конструкции численными методами, по возможности рекомендуется учитывать следующие факторы:

- последовательность основных этапов строительства и эксплуатации;
- деформационные характеристики конструкций с учетом реального и прогнозного ее состояния (толщина защитного слоя бетона, степень раскрытия трещин, степень и скорость коррозии стальных несущих элементов);
- нелинейность физико-механических свойств грунта;
- изменение физико-механических свойств глинистого грунта во времени в зависимости от степени увлажнения;
- природное напряженное состояния грунта;
- жесткость и предварительное натяжение в узлах анкерных креплений.

7.2.6 Расчеты удерживающих конструкций с использованием анкерных креплений из микросвай общепринятыми инженерными методами, как правило, проводят с учетом следующих допущений:

- ограждающая конструкция рассматривается как статически неопределимая балка;
- балка закреплена на неподвижных опорах;
- история нагружения не учитывается (каждый этап строительства рассматривается независимо от предыдущего);
- влиянием жесткости опор допускается пренебречь;
- давления грунта принимаются линейно-распределенными по глубине.

7.2.7 Величины расчетных продольных нагрузок (F) на анкерные и опорные микросваи определяются расчетом от действия бокового давления грунта и грунтовых вод, неблагоприятного сочетания внешних нагрузок с соответствующими коэффициентами надежности, условий работы и сочетаний нагрузок по СП 20.13330 и СП 116.13330.

7.3 Расчет несущей способности микросвай

7.3.1 Определение предельной осевой нагрузки на анкерную или опорную микросваю из условия прочности по материалу несущего элемента производится исходя из следующего условия:

$$R_m = \frac{R_{n,m}}{\gamma_m}, \qquad (3)$$

где $R_{n,m}$ – нормативная прочность несущего элемента микросваи (определяется в зависимости от его типа), *кН*;

γ_m – коэффициент надежности по материалу, $\gamma_m = 1{,}15$.

7.3.2 Определение предельной осевой нагрузки на анкерную или опорную микросваю из условия сопротивления грунта по боковой поверхности производится исходя из следующего условия:

$$R_g = \frac{R_{n,g}}{\gamma_g \cdot \xi}, \quad (4)$$

где $R_{n,g}$ – нормативная сила сопротивления грунта вдоль боковой поверхности сваи, *кН*;

γ_g – коэффициент надежности по грунту вдоль боковой поверхности микросваи (см. таблицу 1);

ξ – коэффициент разброса полевых испытаний (см. таблицу 2).

Таблица 1 – Значения коэффициента надежности по грунту γ_g

Условия получения исходных данных	Вид микросвай	
	анкерные	опорные
По данным статического зондирования	1,15	1,10
По статистическим опытным данным	1,50	1,40

Таблица 2 – Значения коэффициента разброса полевых испытаний ξ

Количество полевых испытаний	2	3	4	5 и более
Коэффициент разброса	1,25	1,15	1,05	1,00

Примечание – При расчете, основанном на статистических опытных данных, величина коэффициента разброса принимается равной $\xi_1 = 1,00$.

7.3.3 Определение нормативной силы сопротивления грунта вдоль боковой поверхности микросваи следует производить по формулам:

$$R_{n,g} = \sum \left(A_i \cdot q_{s,i} \right), \quad (5)$$

$$A_i = \pi \cdot (d + a) \cdot L_i \quad (6)$$

где A_i – площадь боковой поверхности микросваи в пределах i-го слоя

грунта, м^2;

d – диаметр бурового инструмента, м;

a – размер увеличения диаметра скважины при бурении, м;

L_i – длина участка микросваи в пределах i-го слоя грунта, м;

$q_{s,i}$ – удельное сопротивление продольному смещению грунта по боковой поверхности микросваи в пределах i-го слоя грунта, кПа.

Примечание – Для самозабуриваемых винтонабивных микросвай значение увеличения диаметра скважины к размеру бурового инструмента рекомендуется принимать равным a = 0,02 м.

7.3.4 Величину удельного сопротивления грунта (q_s) по боковой поверхности микросвай, изготовляемых по технологии самозабуриваемых винтонабивных микросвай, рекомендуется определять по данным полевых испытаний (см. таблицу 3) методом статического зондирования. Для предварительных оценочных расчетов величину удельного сопротивления грунта q_s по боковой поверхности микросваи допускается принимать в соответствии с таблицей 4.

Таблица 3 – Значения удельного сопротивления грунта (q_s) по боковой поверхности микросваи по данным статического зондирования

Удельное сопротивление под конусом зонда q_c, *МН/м*^{2}	q_s, *кПа*
для несвязных грунтов	
7,5	170÷210
15	255÷320
≥25	305÷365
для связных грунтов	
60	70÷80
150	115÷125
≥250	140÷150

Таблица 4 – Значения удельного сопротивления грунта (q_s) по боковой поверхности микросваи по статистическим опытным данным

Наименование грунта	q_s, *кПа*
Глины мягкопластичные	60
Глины тугопластичные, пески мелкие, пылеватые, рыхлые	100
Пески мелкие, средние и крупные, средней плотности	150
Пески мелкие, средние и крупные, плотные	175
Грунты гравелистые, средней плотности	200
Грунты гравелистые, плотные	250
Скальные выветрелые породы	350
Скальные слабовыветрелые породы	750
Скальные породы средней прочности (известняк, песчаник)	1000
Скальные прочные породы (гранит, гнейс)	1400

Примечание – Промежуточные значения допускается получать интерполяцией.

Особенности расчета микросвай на продавливание грунта

7.3.5 В свайных удерживающих сооружениях из свай большого диаметра (более 300 мм, обычно от 800 до 1500 мм) и микросвай, следует учитывать влияние микросвай на сопротивление продавливанию грунта между свайными элементами:

- при шаге свай в осях до трех диаметров, и расстоянии между рядами свай и микросвай до 0,5÷2,0 диаметров свай, применение микросвай позволяет повысить сопротивление свайного поля продавливанию грунта на 25÷50%;

- при расстоянии между рядами свай и микросвай более двух диаметров свай, ряды элементов работают как отдельные конструкции, вклад микросвай в общее сопротивление сооружения продавливанию грунта составляет около 40÷50%.

7.3.6 Шаг микросвай из условия совместного сопротивления продавливанию грунта следует определять в соответствии с указаниями 6.4.8 и 6.4.9 [15].

8 Испытания микросвай

8.1 Областью применения рекомендаций настоящего раздела являются микросваи со стальными одиночными несущими элементами. Испытания микросвай с пространственным стержневым каркасом следует выполнять в соответствии с требованиями СП 24.13330.

8.2 Микросваи рекомендуется подвергать пробным, контрольным и приемочным испытаниям. В особых случаях рекомендуется проводить специальные испытания.

Пробные испытания следует проводить с целью окончательного выбора типа и конструкции микросвай, отвечающих требованиям проекта в части несущей способности, надежности, долговечности, условиям строительства и стоимости.

Контрольные испытания следует проводить в процессе строительства с целью проверки правильности принятых в проекте конструкций и технологии устройства микросвай.

Приемочные испытания следует проводить в процессе строительства с целью проверки эксплуатационной пригодности каждой установленной микросваи.

Специальные испытания проводятся в особых случаях в соответствии со специально разработанным регламентом. К специальным относятся испытания:

- на статическую вдавливающую вертикальную нагрузку;
- на статическую горизонтальную нагрузку;
- на динамическую нагрузку;
- другие виды, обусловленные особенностями конструкции элементов сооружения или технологии его устройства в данных инженерно-геологических условиях.

Решение о необходимости проведения специальных испытаний принимается проектной организацией с учетом особенностей проектных решений, сложности инженерно-геологических условий, а также результатов авторского надзора и мониторинга.

8.3 Количество микросвай, подвергаемых испытаниям, определяется проектом. Как правило, следует предусматривать:

- для пробных испытаний – не менее трех микросвай для каждого яруса крепления (в случае, если в одном ярусе микросваи имеют заделку в разных слоях грунта, рекомендуется испытывать не менее трех для каждого слоя);

- для контрольных испытаний – не менее 10% установленных микросвай и, дополнительно, микросвай, при устройстве которых потребовалось изменить технологию производства работ по сравнению с пробными испытаниями;

- для приемочных испытаний – все установленные микросваи, за исключением тех, на которых были проведены контрольные испытания.

8.4 Испытания микросвай следует выполнять выдергивающей осевой ступенчато-возрастающей нагрузкой (рисунок 8). Величина испытательной нагрузки $P_и$:

- для пробных испытаний принимается равной максимально возможной нагрузке по материалу анкерных тяг R_m, но не менее чем $1{,}75F$, где F – расчетная продольная нагрузка на микросваю (при необходимости, для выполнения обоих условий, следует увеличить сечение тяги по сравнению с проектными значениями);

- для контрольных испытаний принимается не менее $1{,}5F$;

- для приемочных испытаний принимается не менее $1{,}25F$.

8.5 Испытания выдергивающей осевой ступенчато-возрастающей нагрузкой следует проводить начиная с $P_0 = 0{,}10P_и$ (P_0 – начальная нагрузка на микросваю во время испытаний). Величину нагрузки на последующих ступенях рекомендуется принимать с шагом ΔP=$0{,}15P_и$: $0{,}25P_и$, $0{,}40P_и$, $0{,}55P_и$, $0{,}70P_и$, $0{,}85P_и$ и $1{,}00P_и$.

После выдержки нагрузки на каждой ступени, начиная с $0,25P_и$, для разделения общих перемещений на упругое удлинение микросваи и сдвиг ее по грунту производят разгрузку до величины P_0, на которой измеряют остаточные перемещения Δl_s.

8.6 При нагружении на каждой ступени нагрузки должна осуществляться соответствующая выдержка по времени Δt. Величина Δt принимается не менее, чем:

а) для скальных и несвязных грунтов:

- 5 мин на ступенях $0,10 \div 0,40P_и$;
- 15 мин на ступенях $0,55 \div 0,70P_и$;
- 30 мин на ступенях $0,85 \div 1,00P_и$.

б) для связных грунтов:

- 15 мин на ступенях $0,10 \div 0,40P_и$;
- 30 мин на ступени $0,55 \div 0,70P_и$;
- 60 мин на ступенях $0,85 \div 1,00P_и$.

При выполнении разгрузки на каждой ступени осуществляют выдержу продолжительностью 5 мин для всех типов грунтов.

8.7 При проведении испытаний микросвай следует фиксировать перемещения оголовка микросваи относительно неподвижного репера Δl. Перемещения оголовка микросваи следует измерять через 1, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 30... Δt, мин после достижения заданной нагрузки для данной ступени.

8.8 Допускается проводить приемочные испытания по сокращенной программе, предусматривающей:

- испытания только на ступенях $0,10P_и$, $0,40P_и$, $0,70P_и$, $1,00P_и$;
- выполнение разгрузки только по доведении нагрузки до $P_и$;
- сокращение минимального периода выдержки нагрузки Δt на каждой ступени до 5 мин для скальных и несвязных грунтов и 15 мин для связных, при условии стабилизации деформаций (перемещения не более 0,1 мм за

последние 3 мин наблюдений для скальных и несвязных грунтов, 10 мин – для связных);

Решение о возможности проведения приемочных испытаний по сокращенной программе принимает проектная организация.

8.9 По результатам испытаний определяют упругие Δl_y и остаточные Δl_s перемещения, вычисляют коэффициент ползучести K_s (перемещения микросваи в грунте при постоянной нагрузке). При необходимости также определяют эффективную свободную длину тяги микросваи в соответствии с [14].

8.10 Коэффициент ползучести определяют по формуле:

$$K_s=(\Delta l_{t1}-\Delta l_{t2})/(lg\Delta t_1 - lg\Delta t_2), \quad (7)$$

где Δlt_1 и Δlt_2 – перемещения тяги микросваи при постоянной нагрузке за периоды времени Δt_1 и Δt_2 соответственно.

Допустимым следует считать коэффициент ползучести до 2 мм.

8.10 При проведении пробных испытаний также следует фиксировать следующие данные:

- гидрогеологические и грунтовые условия;
- тип бурового оборудования и продолжительность проходки скважин, количество и вид промывочного бурового раствора;
- тип оборудования для перемешивания цементного раствора, продолжительность перемешивания, состав цементного раствора (водоцементное отношение, марка цемента, количество и вид добавок);
- давление нагнетания раствора, количество нагнетаемого раствора по стадиям;
- метеорологические условия проведения испытаний.

8.11 После завершения пробных испытаний по возможности рекомендуется откопать микросваи и установить: общее состояние; длину, конфигурацию и размеры заделки; состояние антикоррозионной защиты; вид грунта и его характеристики.

8.12 Испытания микросвай следует выполнять после достижения цементным камнем заделки прочности на одноосное сжатие не менее 21 МПа. Этот срок определяется при подборе состава цементного раствора инъекции и уточняется в процессе работы путем испытаний контрольных образцов.

8.13 Перед началом испытаний следует провести аттестацию измерительной аппаратуры и натяжных устройств. При проведении испытаний усилие следует контролировать по показаниям манометра гидравлического домкрата, а перемещения свободного конца тяги – измерительным прибором (индикатором часового типа или прогибомером) с точностью не менее 0,01 мм, устанавливаемым на неподвижном репере (штативе). Измерительный прибор, имеющий контакт с выпуском тяги микросваи, должен быть защищен от непосредственного воздействия солнечных лучей, сильного ветра, песчаной пыли и атмосферных осадков. Домкрат предварительно должен быть оттарирован, а измерительные приборы поверены с составлением соответствующих актов.

8.14 Если в процессе испытаний выясняется, что микросваи не выдерживают испытательную нагрузку, то они считаются ограниченно пригодными. Об отказе микросвай извещается проектная организация, которая должна принять обоснованное решение о необходимости внесения изменений в проектные решения.

8.15 Все испытания проводятся комиссионно, с участием представителей организации – производителя работ, генподрядчика, заказчика, проектной организации. По результатам испытаний составляется соответствующая исполнительная документация.

8.16 По завершении контрольных и приемочных испытаний анкеры напрягают блокировочным усилием, определенным проектом.

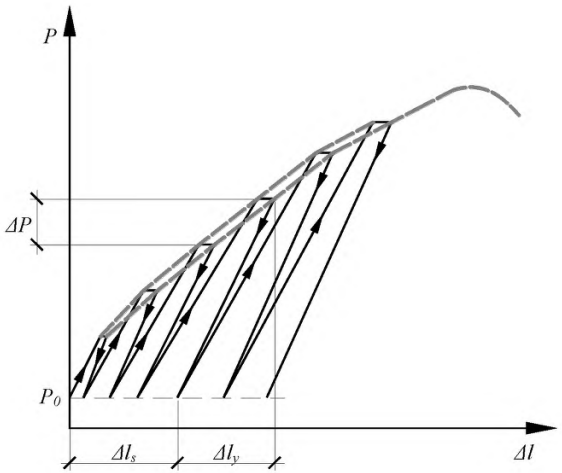


Рисунок 8 – График зависимости между нагрузкой и перемещением микросваи

9 Организация строительно-монтажных работ

9.1 Строительно-монтажные работы по возведению микросвай в качестве самостоятельных стабилизирующих сооружений или для усиления существующих мероприятий инженерной защиты рекомендуется проводить согласно [16].

9.2 Устройство микросвай следует выполнять согласно проекту производства работ (ППР), согласованному и утвержденному в порядке, установленном СП 48.13330. Общестроительные разделы в ППР следует разрабатывать согласно СП 48.13330, [17÷19].

9.3 Строительно-монтажные работы по устройству микросвай включают подготовительные (см. 9.4) и основные (см. 9.5) работы.

9.4 Подготовительные работы для производства строительно-монтажных работ микросвай аналогичны подготовительным работам для других сооружений инженерной защиты и включают устройство ограждений, подъездных путей, мест хранения строительных материалов, зон отвала грунта и т. д.

9.5 К основным работам относятся технически сложные процессы, которые включают:

- бурение скважин (см. 9.6 ÷9.17);
- погружение несущих элементов микросвай в скважины (см. 9.18÷9.22);
- заполнение и опрессовка скважин (см. 9.23÷9.35).

9.6 Бурение скважин рекомендуется выполнять с применением универсальных буровых установок шнекового и ударного типа, позволяющих помимо бурения скважины производить установку арматурных каркасов, бетонирование (подачу цементного раствора), и извлечение обсадных труб.

9.7 Скважины для микросвай бурятся, как правило, сплошным забоем с периодической, по мере наполнения рабочего органа, выдачей грунта на поверхность в отвал, с последующей погрузкой в автотранспорт.

9.8 В глинистых грунтах твердой и полутвердой консистенции, а также плотных песках и супесях с твердыми включениями допускается использовать ударно-вращательное, виброударное бурение.

9.9 В качестве обсадных следует использовать стальные или пластмассовые трубы, извлекаемые после заполнения (или по мере заполнения) скважины бетоном (цементным раствором) и погружения несущих элементов микросвай.

Примечание – Применение обсадки стенок скважины, целесообразно при большом расходе бурового раствора, или в случае использования обсадной трубы для подачи бетонной смеси (цементного раствора).

9.10 Для крепления стенок скважины, при одновременном формировании заделки при устройстве анкерных свай, допускается использовать:

- затирание стенок скважин глиноцементными композициями при их подаче в забой по ходу бурение шнеком;

- впрессовывание (за счет повторной проходки коническим наконечником) в стенки скважины обоймы из сухой смеси песка, цемента и порошкообразной извести с ее твердением при подсосе влаги из окружающего грунта;

- многократное впрессовывание стенки скважины цементно-песчаного раствора с в/ц 0,26÷0,32 за несколько проходов пневмопробойника.

9.11 Процесс бурения скважин методом НПШ должен производиться за один цикл без остановки до проектной отметки микросваи. При выполнении буровых работ затвор на нижнем торце шнека должен быть закрыт для исключения попадания воды и грунта во внутреннюю полость шнека.

9.12 При проходке техногенных грунтов, скальных включений, а также необходимости разбуривания фундаментов усиливаемых конструкций

следует использовать вращательное бурение колонковой трубой или шарошечным долотом с промывкой буровым раствором или продувкой сжатым воздухом.

9.13 После завершения проходки необходимо выполнить зачистку забоя скважины, при необходимости, (омывание забоя) подачу и уплотнение щебеночно-гранитной смеси для микросвай, работающих на вдавливающую нагрузку.

9.14 Проходка скважин должна осуществляться под заданным проектом углом наклонно. При бурении следует давать запас по длине скважины 0,1÷0,5 м.

9.15 При проходке скважин под анкерные микросваи следует убедиться, что положение закладных деталей соответствует проектному углу наклона.

9.16 В процессе бурения каждой скважины следует контролировать:

- правильность установки бурового агрегата по проектным осям;
- правильность наклона скважины, глубину и условия бурения;
- соответствие фактического напластования извлекаемых грунтов с проектными данными.

9.17 При резком несоответствии грунтов данным инженерно-геологических изысканий, а также обнаружении обвалов стенок скважин и выноса водонасыщенного песка, бурение следует приостановить, вызвать представителей проектной организации и принять решение о способе дальнейшего производства буровых работ.

9.18 При определении последовательности и способа погружения в скважину несущих элементов микросвай следует учитывать:

- технологию устройства микросвай (анкерных свай);
- материал заполнения скважины (бетонная смесь, цементный раствор);
- тип опускаемого элемента (каркас, труба, прокатный профиль, арматурный стержень, пучок канатов и др.);

- условия погружения (скважина сухая, заполненная буровым или цементным раствором, бетонной смесью);

- метод и оборудования для опрессовки скважины.

9.19 Несущие элементы микросвай (арматурные каркасы, трубчатые и стержневые профили) перед погружением в скважину следует очистить от загрязнений, удалить ржавчину, масло. При необходимости выполнить прогрев стального несущего элемента для предотвращения образования ледяной корки по поверхности при погружении.

9.20 Способы, строповки подъема и погружения каркаса или тяги в скважину должны быть указаны в ППР и исключать появление деформаций. При погружении следует обеспечить центральное положение несущего элемента по оси микросвай (анкера), проектное покрытие бетоном (цементным раствором) по всей длине.

9.21 Арматурный каркас (тяга) должен быть зафиксирован в скважине так, чтобы сохранять свое положение и уровень при заполнении и опрессовке скважины.

9.22 Правила производства погружения несущих элементов микросвай соответственно следует выполнять согласно 10.5.8.1÷10.5.8.9 и 10.5.9.1÷10.5.9.21 [16].

9.23 Метод заполнения и опрессовки скважины следует назначать в зависимости от:

- типа устраиваемой конструкции;

- геологических условий;

- требуемой несущей способности;

- используемого твердеющего состава (бетонная смесь, цементный раствор и т. д.);

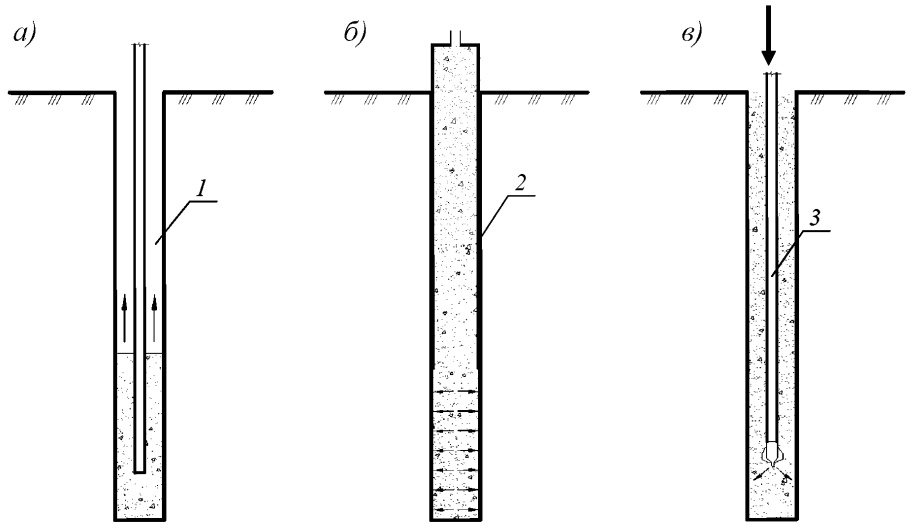
- технологического оборудования.

9.24 Заполнение скважины может производиться через опускную инвентарную бетонолитную трубу – инъектор, манжетную трубу, гибкий шланг бетононасоса, обсадную трубу, через полость бурового става

(непрерывный шнек, колонна ТВШ) или опускного несущего элемента (рисунок 9).

Примечание - При использовании входящей в состав конструкции анкера (микросваи) манжетной трубы для многоразовой инъекции заполнение скважины производится через нижние выпускные отверстия.

9.25 Бетонирование микросвай под водой или под глинистым раствором следует производить только методом вертикально перемещаемой трубы (ВПТ) или напорным способом с помощью бетононасосов (рисунок 9, *а*) в соответствии с ППР и требованиями раздела «Специальные методы бетонирования» СП 70.13330.



а) заполнение через бетоновод или опускную трубу; *б*) одноэтапная подача раствора через временную обсадную трубу; *в*) одноэтапное заполнение через несущий элемент; *1* – опускная бетонолитная труба (бетоновод); *2* – извлекаемая обсадная труба; *3* – полый несущий элемент

Рисунок 9 – Методы заполнения скважины

9.26 Во всех случаях заполнение скважины следует производить от забоя к устью скважины до полного вытеснения бурового раствора (воды), признаком чего является вытекание из устья подаваемого цементного раствора (контроль по плотности) или бетонной смеси. Объем поданной в скважину бетонной смеси (цементного раствора) должен быть не менее объема скважины.

Примечание – Для обеспечения полного заполнения скважины без отсутствия непробетонированных мест и включений бурового раствора следует предотвратить возникновение воздушной пробки или препятствий для выхода бурового раствора.

9.27 При устройстве микросвай или анкерных свай в проницаемых и сильно трещиноватых грунтах, для предотвращения неконтролируемой потери раствора и обеспечения условий для формирования ствола микросваи целесообразно выполнение предварительного нагнетания для тампонажа трещин. Решение принимается на основании данных гидравлических испытаний скважины по ГОСТ 23278.

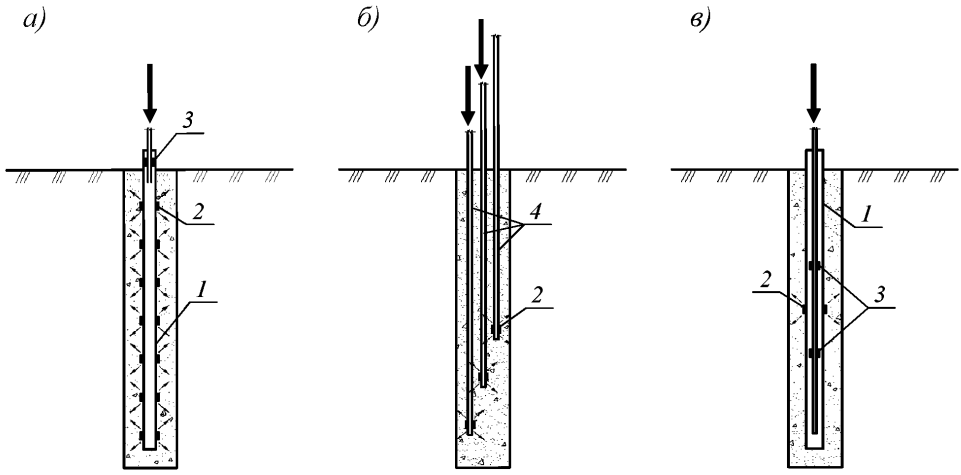
9.28 Для микросвай и анкеров допускается выполнять заполнение скважины через обсадную трубу в один этап с опрессовкой, при последовательном ее подъеме (рисунок 9, *б*), не реже чем через каждые 2 м по длине скважины. После полного извлечения обсадной трубы необходима доливка смеси в скважину до проектного уровня.

9.29 Для самозабуриваемых винтонабивных микросвай и анкерных свай допускается выполнять одноэтапное напорное заполнение скважины через полость и нижний торец (рисунок 9, *в*). При необходимости опрессовка может быть повторно выполнена через меньший срок схватывания смеси или после промывки полости несущей трубы.

9.30 При устройстве анкерных свай и микросвай допускается выполнять опрессовку свежеуложенного бетона и стенок скважины путем закачки бетононасосом дополнительного объема бетона через тампон разжимаемый в устье скважины, в теле существующего фундамента или в специально забетонированном устьевом патрубке. Опрессовка, как правило, выполняется

под давлением 0,2÷0,3 МПа в течение 2÷5 минут. Если в течение этого времени не удается достигнуть указанного давления, опрессовку следует повторить после выстойки от одного до двух часов [20].

9.31 При устройстве грунтовых анкеров и анкерных микросвай опрессовка, как правило, выполняется путем разрыва цементной обоймы первичного заполнения скважины, с обжатием ее стенок и проникновением инъекционого раствора в грунт, способом одноэтапного или многоэтапного нагнетания через все отверстия манжетной трубы (рисунок 10, *а*), несколько трубок установленных уступами (рисунок 10, *б*), через манжетную трубу при помощи опускного инъектора с двойным тампоном или специальным клапаном (рисунок 10, *в*).



а) одноэтапное нагнетание сразу через все отверстия манжетной трубы;

б) многоэтапное нагнетание через три опускные инъекционные трубки;

в) многоэтапное нагнетание через манжетную трубу при помощи опускного инъектора с двойным тампоном; *1* – манжетная труба; *2* – выпускное отверстие диаметром 5÷8 мм, перекрытое защитной манжетой; *3* – двойной тампон (пакер); *4* – инъекционная трубка; *5* – опускной инъектор, оборудованный двойным тампоном

Рисунок 10 – Методы опрессовки микросваи

9.32 В процессе инъекции необходимо контролировать давление подачи цементного раствора по манометру измерительной системы и расход раствора.

Примечание – Характерный график изменения давления при опрессовке приведен на рисунке 11: быстрый рост до разрыва обоймы и сплошности грунта, затем некоторый спад давления и вновь медленный рост.

9.33 Инъекцию следует прекратить, когда:

- снизится расход инъекционного раствора до 5 л/мин в течение 10 мин;
- давление необходимое для опрессовки превысит 6 МПа;
- при постоянном давлении подачи, опрессовано не менее 500 л раствора.

9.34 Контрольный объем раствора, который нужно запрессовать для обеспечения достаточной несущей способности анкера по грунту, должен уточняться в процессе производства работ и по результатам испытаний.

9.35 При выходе инъекционного раствора из буровой скважины или соседних буровых скважин опрессовку следует прекратить. Необходимо промыть инъекционную трубку водой для обеспечения возможности выполнения повторной инъекции через 12÷24 часа. Инъекцию вести до получения отказа.

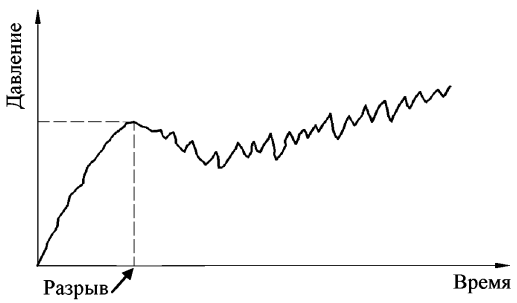


Рисунок 11 – График изменения давления

10 Геотехнический мониторинг

10.1 Геотехнический мониторинг рекомендуется производить для сооружений с применением микросвай, разрушение которых может нарушить функционирование автомобильной дороги или повлечь за собой человеческие жертвы.

10.2 Геотехнический мониторинг рекомендуется осуществлять в соответствии с СП 22.13330, СП 24.13330, а также [15, 21]. Также методика геотехнического мониторинга должна быть увязана с требованиями ГОСТ 24846 и ГОСТ 31937.

10.3 Основной целью геотехнического мониторинга является обеспечение надежности строительства, безопасной эксплуатации защищаемого участка автомобильной дороги и других сооружений, расположенных в зоне влияния опасных склоновых процессов (оползней, обвалов, селей и т. д.).

10.4 Геотехнический мониторинг рекомендуется осуществлять на всем протяжении производства строительно-монтажных работ анкерных свай и микросвай до стабилизации, но не менее одного года с момента сдачи сооружений в эксплуатацию. При отсутствии стабилизации геотехнический мониторинг требуется продлевать.

Примечание – Стабилизацией является отсутствие изменений контролируемых параметров в течение не менее трех месяцев с момента затухания деформаций. Активизация возникает при превышении получаемых значений напряжений или деформаций по сравнению с предыдущими значениями более чем на величину точности измерений.

10.5 Геотехнический мониторинг анкерных свай и микросвай включает в себя:

- разработку программы работ (см. 10.6);
- установку геотехнического оборудования и выполнение измерений;
- обработку и анализ полученных результатов наблюдений.

10.6 Программа геотехнического мониторинга сооружений с

применением микросвай разрабатывается согласно требованиям СП 22.13330, [21] и содержит:

- общие сведения об объекте геотехнического мониторинга;
- инженерно-геологические и гидрогеологические условия строительства;
- сведения о зданиях и сооружениях окружающей застройки (уровни ответственности, прогнозируемые и предельные значения деформаций от влияния нового строительства, предполагаемые защитные мероприятия и т. д.);
- конструктивные и технологические решения объекта мониторинга;
- контролируемые параметры, требования к точности измерений, методы, состав, сроки и объем наблюдений;

Примечание – Объем наблюдений в период строительства может варьироваться как в большую, так и меньшую сторону, по сравнению с объемом работ, заложенным в программе геотехнического мониторинга за счет фактического изменения состояния инженерно-геологических условий и строительных конструкций строящихся и эксплуатируемых сооружений.

- критериальные показатели сооружений, в том числе опасных для них склоновых процессов (оползни, обвалы, сели и т. д.);
- перечень применяемого оборудования, его технические и конструктивные параметры (диапазон измерений, долговечность и т. д.);
- камеральная обработка и хранение результатов геотехнического мониторинга, а также перечень и порядок предоставление отчетной документации заказчику и заинтересованным лицам;

Примечание – Критериальные показатели – это пороговые и предельные значения несущей способности объектов геотехнического мониторинга.

- сведения по охране труда.

10.7 Состав, объем и периодичность наблюдений геотехнического мониторинга анкерных микросвай определяется в зависимости от:

- категории защищаемой автомобильной дороги (СП 34.13330);
- категории сложности инженерно-геологических условий [1].

Периодичность наблюдений контролируемых параметров увязывается с графиком проведения строительно-монтажных работ и корректируется по факту в зависимости от получаемых результатов измерения контролируемых параметров или выявлении прочих опасных отклонений. Внеплановые наблюдения рекомендуется выполнять в том случае, если конструкции испытывают воздействия высоких температур при пожаре, опасных склоновых процессов (оползни, сели, обвалы), взрывных работ, а также землетрясений (интенсивностью 5 баллов и более по шкале MSK-64).

10.8 Геотехнический мониторинг сооружений с применением микросвай может предусматривать выполнение следующих видов наблюдений:

- визуальных (см. 10.11÷10.13);
- геодезических (см. 10.14÷10.18);
- тензометрических (см. 10.19÷10.24).

10.9 Геофизические наблюдения при устройстве сооружений с применением микросвай выполняются за состоянием прилегающей геологической среды в рамках мониторинга опасных оползневых процессов [21].

10.10 Для сооружений с применением микросвай, расположенных на участках автомобильных дорог III категории и ниже, геотехнический мониторинг рекомендуется осуществлять в рамках визуальных и геодезических наблюдений. Для сооружений, расположенных на участках автомобильных дорог I и II категории, а также в сложных инженерно-геологических условиях (III категория), рекомендуется дополнительно производить тензометрические наблюдения.

10.11 Задачей визуальных наблюдений является фиксация по внешним признакам дефектов и деформаций для выделения наиболее слабых и поврежденных зон надземных частей анкерных свай и микросвай. При визуальном наблюдении анкерных свай и микросвай фиксируются трещины, сколы, следы коррозии и т. д.

10.12 Состав полевых работ визуальных наблюдений включает:

- обнаружение и фотофиксацию;
- измерение простейшими способами;
- описание и занесение в реестр (ведомости, полевые журналы и т. д.);
- установление необходимости проведения геодезических и тензометрических наблюдений.

10.13 При визуальном наблюдении объектов геотехнического мониторинга применяются простейшие инструменты (линейки, мерные рулетки, маяки, щелемеры и т. д.), которые выбираются в зависимости от наблюдаемого контролируемого параметра.

10.14 При геодезических наблюдениях выполняется контроль планово-высотного положения микросвай с фиксацией величины и скорости развития их деформаций.

10.15 Методика геодезических наблюдений за микросваями определяется в зависимости от инженерно-геологических условий [1, 2] и необходимого класса точности измерений. Подробные описания геодезических методов наблюдений представлены в ГОСТ 24846.

10.16 Точность измерений при геодезических наблюдениях определяется в зависимости от ожидаемого значения перемещения, установленного проектом, а также в соответствии с ГОСТ 31937 и иными регламентирующими документами.

10.17 Геодезические наблюдения надземных частей микросвай, как правило, выполняют с помощью тахеометров и деформационных марок.

10.18 Геодезические наблюдения предусматривают следующие полевые работы:

- установку исходных геодезических знаков высотной и плановой основы;
- осуществление высотной и плановой привязки установленных исходных геодезических знаков;
- установку деформационных марок;

- инструментальные измерения значений вертикальных и горизонтальных перемещений и наклонов;

- занесение результатов измерений в полевые журналы, акты снятия показаний и т. д., и их освидетельствование.

10.19 Тензометрические наблюдения выполняются в целях контролирования напряженного состояния несущих элементов (арматурных каркасов, анкерных тяг и т. д.) анкерных микросвай с применением датчиков деформации (см. 10.21) и анкерных датчиков нагрузки (см. 10.22).

10.20 Тензометрические наблюдения предусматривают следующие полевые работы:

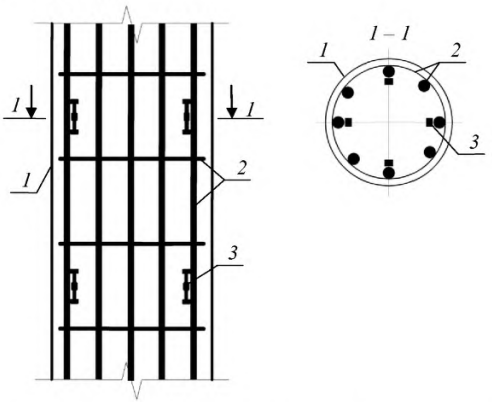
- калибровку тензометрических датчиков;
- установку тензометрических датчиков;
- отвод сигнальных проводов от датчиков в безопасную зону;
- снятие показаний с датчиков с помощью считывающего устройства;
- занесение результатов измерений в полевые журналы, акты снятия показаний и т. д., и их освидетельствование.

10.21 Точность измерений тензометрического оборудования, как правило, определяется по прилагаемым сертификатам. При отсутствии подобной информации сведения о точности измерения подлежат запросу непосредственно у производителя.

10.22 Тензометрические наблюдения, как правило, осуществляются датчиками деформаций (см. 10.23) и анкерными датчиками нагрузки (см. 10.24).

10.23 Датчики деформации применяют только для микросвай из объемных арматурных каркасов. Как правило, датчики деформации либо привариваются, либо привязываются к арматурным стержням микросваи. Расположение датчиков деформации в сечении микросваи представлено на рисунке 12. Принцип работы датчика деформации основан на линейной деформации его измерительной струны. При возникновении сжимающих или

растягивающих напряжений в железобетонной и металлической конструкции измерительная струна датчика деформации соответственно сжимается или растягивается, в результате чего учитывая модуль упругости бетона и металла, из которого выполнена конструкция, согласно закону Гука выполняется расчет напряжений. После завершения монтажных работ, металлический каркас микросваи бетонируется. Первые измерения рекомендуется выполнять после усадки бетона примерно на 5÷7 сутки с момента бетонирования.



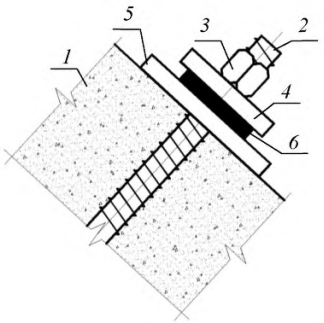
1 – бетон; *2* – арматурные стержни; *3* – датчик деформации

Рисунок 12 – Схема расположения датчиков деформации в продольном и поперечном сечениях микросвай из объемных арматурных каркасов

10.24 Анкерные датчики нагрузки применяются для самозабуриваемых винтонабивных анкерных микросвай, и, как правило, их располагают между опорной плитой и распределительной пластиной, дополнительно предусматриваемой для выполнения наблюдений. Расположение анкерного датчика нагрузки представлено на рисунке 13. Анкерные датчики нагрузки, как правило, монтируют на заключительном этапе устройства анкерной микросваи до закручивания фиксирующей гайки на несущий элемент.

10.25 Геодезические и тензометрические наблюдения при

соответствующем обосновании могут выполняться в непрерывном режиме. Наблюдения в непрерывном режиме рекомендуется производить для сложных, ответственных и труднодоступных участков, а также деформированных зон, на которых существует угроза разрушения конструкций.



1 – грунтовый массив; *2* – штанга анкера; *3* – фиксирующая гайка; *4* – распределительная пластина; *5* – опорная плита;*6* – анкерный датчик нагрузки

Рисунок 13 – Расположение анкерного датчика нагрузки в головной части самозабуриваемой винтонабивной анкерной микросваи

10.26 Непрерывный режим наблюдений осуществляется автоматизированными системами регистрации, сбора, хранения и передачи данных. Автоматизированная система включает в себя кабельные линии связи, коммутаторы, измерители выходных сигналов датчиков, вычислительную технику с программным обеспечением и т. д.

10.27 Автоматизированная система обеспечивает автоматизацию операций таких как:

- регистрация и сбор данных измерений;
- первичная обработка данных измерений;
- сопоставление контролируемых показателей состояния с их

критериальными показателями;

- представление результатов наблюдений в заданной форме (графической, табличной или текстовой);
- хранение и передача полученной информации;
- оповещение о превышении контролируемых показателей.

10.28 При геотехническом мониторинге сооружений с применением микросвай рекомендуется контролировать следующие параметры:

- целостность (трещины, следы коррозии, сколы защитного слоя бетона и т. д.) надземных элементов (защитный слой бетона, металлический несущий элемент и т. д.);
- плановое и высотное смещение надземной части;
- напряжения в бетоне и арматуре.

10.29 Целостность (трещины, следы коррозии, обводнения и т. д.) надземной части микросвай определяются по результатам выполнения визуальных наблюдений (см. 10.30).

10.30 При обнаружении в ходе визуальных наблюдений дефектов и деформаций рекомендуется выполнять их замер, описание и фотофиксацию. При наличии трещин следует определять их местоположение, характер распространения, ширину раскрытия. При ширине трещины более 1 мм необходимо измерять её глубину. Ширину раскрытия трещин, согласно ГОСТ 31937, требуется измерять в местах их максимального раскрытия на уровне арматуры растянутой зоны конструкции. Степень раскрытия трещин определяют в соответствии с СП 63.13330. Для контроля развития трещин следует использовать измерительные или фиксирующие устройства, прикрепляемые к обеим сторонам трещины: маяки, трещиномеры, щелемеры и т. д., рядом с которыми проставляются их номера и дата установки. Визуальные наблюдения рекомендуется выполнять с периодичностью не реже одного раза в неделю.

10.31 Плановое и высотное смещение надземных частей микросвай определяется по результатам выполнения геодезических наблюдений.

10.32 Геодезические наблюдения анкерных свай рекомендуется выполнять в различных инженерно-геологических условиях на всех категориях дорог. Объем и периодичность геодезических наблюдений планово-высотного смещения анкерных микросвай определяется в зависимости от категории защищаемого участка автомобильной дороги, сложности инженерно-геологических условий и процессов, а также скорости развития деформаций. При защите автомобильной дороги I и II категории и отсутствии деформаций в элементах анкерных свай и микросвай геодезические наблюдения рекомендуется выполнять с периодичностью не реже двух раз в месяц, при III, IV и V категории – не реже одного раза в месяц. В указанных условиях деформационные марки следует размещать на анкерных микросваях, расположенных в самых неблагоприятных грунтовых условиях, характеризуемых трещиноватостью, обводненностью и т. д. При воздействии оползневых процессов деформационные марки следует устанавливать на все анкерные микросваи, расположенные в границах оползня. При влиянии оползневых процессов и обнаружении смещений (деформаций) анкерных микросвай геодезические наблюдения рекомендуется выполнять с периодичность от двух раз в неделю до ежедневных. В случае возникновения критических смещений (деформаций) допускается проведение круглосуточных наблюдений.

10.33 Напряжения в бетоне и арматуре анкерных микросвай определяются по результатам выполнения тензометрических наблюдений с применением датчиков деформации (см. 10.34) и анкерных датчиков нагрузки (см. 10.35).

10.34 При необходимости датчики деформации следует предусматривать в самых неблагоприятных участках на потенциально опасных участках развития оползневых процессов. Периодичность снятия показаний по датчикам деформаций определяется активностью развития

деформаций в оползневом склоне и техническим состоянием микросваи, но не реже одного раза в месяц.

10.35 Анкерные датчики нагрузки рекомендуется устанавливать не менее чем на 10 % от общего количества анкерных микросвай (но не менее трех на сооружении), расположенные в границах влияния опасных склоновых процессов. Дополнительно анкерные датчики нагрузки рекомендуется устанавливать в трещиноватых и обводненных грунтах. Периодичность тензометрических наблюдений в случае постоянного развития напряжений в микросваях или воздействии на них оползневых процессов рекомендуется выполнять от двух раз в неделю до непрерывных измерений с помощью автоматизированной системы регистрации, сбора, хранения и передачи данных. При отсутствии указанных процессов измерения проводятся не реже одного раза в месяц.

Датчики деформации в стволе микросваи рекомендуется устраивать с шагом не более двух метров. В сечении микросваи датчики деформации следует располагать в количестве четырех штук, как показано на рисунке 16.

10.36 В процессе геотехнического мониторинга требуется выполнять камеральную обработку и комплексный анализ полученных материалов, на основании которого оценивается работоспособность микросвай. Камеральную обработку и комплексный анализ результатов геотехнического мониторинга рекомендуется осуществлять в соответствии с положениями ГОСТ 24846, ГОСТ 31937, СП 22.13330, [22].

10.37 По результатам камеральной обработки и комплексного анализа результатов геотехнического мониторинга составляется отчетная документация. Отчетная документация разрабатывается в соответствии с требованиями СП 22.13330 и включает:

- начальный отчет (см. 10.38);
- промежуточные отчеты (см. 10.39);
- итоговый (заключительный) отчет (см. 10.40).

10.38 Начальный отчет составляется единожды и является документом, описывающим основные принципы выполнения геотехнического мониторинга. В состав начального отчета должны входить:

- методы и состав наблюдений за изменениями контролируемых параметров;
- характеристики применяемого оборудования;
- результаты оценки точности измерений;
- схемы с фактическим расположением измерительного оборудования;
- результаты первых измерений контролируемых параметров.

10.39 В промежуточных отчетах аккумулируются все результаты геотехнического мониторинга, полученные за отчетный промежуток времени (месяц, квартал, полгода, год). Промежуточные отчеты должны содержать:

- сведения об изменениях контролируемых параметров;
- сведения о превышении критериальных показателей контролируемых параметров от проектных значений и результатов геотехнического прогноза;
- анализ результатов наблюдений, их сопоставление с прогнозируемыми и критериальными показателями;
- планы или схемы расположения геотехнического оборудования;
- результаты визуальных и инструментальных наблюдений в виде ведомостей, таблиц, графиков и т. д.;
- акты освидетельствования выполненных наблюдений (акты установки, акты снятия показаний и т. д.).

10.40 Итоговый (заключительный) отчет аккумулирует все результаты, полученные за весь период выполнения геотехнического мониторинга и в дополнение к составу промежуточного отчета, включает:

- окончательные результаты фиксации изменений контролируемых параметров, подтверждающие их стабилизацию;
- предложения по дальнейшему проведению мониторинга на этапе эксплуатации объекта.

Приложение А

(рекомендуемое)

Пример расчета микросвай

А.1 Исходные данные

Для инженерной защиты склона предусмотрено устройство сооружения из постоянных анкерных микросвай с упорными плитами на поверхности склона. Устройство анкерных элементов сооружения предусмотрено по технологии винтонабивных самозабуриваемых микросвай.

По результатам определения давления грунта на сооружение, величина расчетного выдергивающего усилия в микросваях с учетом всех необходимых коэффициентов надежности и запаса составляет 560 кН. Длина свободной тяги в пределах оползневого тела составляет 10 м. Грунты несмещаемой толщи представлены аргиллитами сильновыветрелыми, результаты полевых испытаний отсутствуют. Требуется определить необходимую длину заделки в несмещаемые породы и полную длину анкерных микросвай.

А.2 Оценка несущей способности микросвай

Расчет несущей способности микросвай производится в соответствии с п. 7.1.4 настоящего методического документа:

$$R_m, R_g \geq F \cdot \gamma_n = 560 \cdot 1{,}5 = 840 \ кН.$$

Подбираем несущий элемент из условия прочности по материалу в соответствии с п. 7.3.1:

$$R_{n,m} \geq R_m \cdot \gamma_m = 840 \cdot 1{,}15 = 966 \ кН.$$

Ближайший по прочности типоразмер несущих элементов по сортаменту условного производителя соответствует условной марке 73/53 ($R_{n,m}$ = 970 *кН*). Диаметр буровой коронки d для выбранного типоразмера несущих элементов в сильновыветрелых аргиллитах составит 130 мм.

Определение необходимой длины заделки свай в несмещаемые породы производится из условия обеспечения сопротивления грунта по боковой поверхности микросваи в соответствии с п. 7.3.2-7.3.3 настоящего методического документа. Значение удельного сопротивления грунта по боковой поверхности микросвай принимаем по статистическим опытным данным:

$$R_{n.g} \geq R_g \cdot \gamma_g \cdot \xi = 840 \cdot 1{,}50 \cdot 1{,}00 = 1260 \ кН.$$

С другой стороны, в соответствии с 7.3.3:

$$R_{n.g} = A_i \cdot q_s = \pi \cdot (d + a) \cdot L \cdot q_s,$$

откуда

$$L = \frac{R_{n.g}}{\pi(d + a) \cdot q_s} = \frac{1260}{\pi(0{,}13 + 0{,}02) \cdot 350} = 7{,}6 \, м.$$

Определяем требуемую полную длину анкерной микросваи:

$$L_{tot} = L + L_{con} + L_{free},$$

где L_{tot} – полная длина микросваи, *м*;

L – длина заделки микросваи в несмещаемые грунты, *м*;

L_{con} – конструктивная длина микросваи для головной конструкции, *м*;

L_{free} – расчетная свободная длина микросваи при анкерном креплении или наличии не несущих слоев грунта, *м*.

$$L_{tot} = 7{,}6 + 0{,}8 + 10{,}0 = 18{,}4 \, м.$$

Учитывая длину сборной секции несущего элемента по сортаменту условного производителя 3 м, принимаем окончательную длину заделки свай 10,2 *м*, полную длину анкерной сваи 21 *м*.

Библиография

[1]	СП 11–105–97 часть I	Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ
[2]	СП 11–105–97 часть II	Инженерно-геологические изыскания для строительства. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов
[3]	СП 11–105–97 часть VI	Инженерно-геологические изыскания для строительства. Правила производства геофизических исследований
[4]	СП 11–103–97	Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства
[5]	СП 11–104–97	Инженерно-геодезические изыскания для строительства
[6]	СП 11–102–97	Инженерно-экологические изыскания для строительства
[7]		Рекомендации по комплексной оценке устойчивости оползневых склонов. ПНИИС Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1984. – 81 с.
[8]		Рекомендации по выбору методов расчета коэффициента устойчивости склона и оползневого давления. Минмонтажспецстрой СССР. – М.: ЦБНТИ Минмонтажспецстроя СССР, 1986.– 122 с.
[9]	ОДМ 218.2.006–2010	Рекомендации по расчету устойчивости оползнеопасных склонов (откосов) и определению оползневых давлений на инженерные сооружения автомобильных дорог. Росавтодор. – М.: Информавтодор, 2010. – 114 с.
[10]	Пособие к СП 52–101–2003	Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из

		тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры
[11]	ТР 50–180–06	Технические рекомендации по проектированию и устройству свайных фундаментов, выполняемых с использованием разрядно-импульсной технологии для зданий повышенной этажности
[12]	СТО НОСТРОЙ 43–2012	Применение в строительных бетонных и геотехнических конструкциях неметаллической композиционной арматуры
[13]	СТБ EN 1536–2009	Выполнение специальных геотехнических работ. Буровые сваи. Госстандарт республики Беларусь, 2010
[14]	ВСН 506–88	Проектирование и устройство грунтовых анкеров
[15]	ОДМ 218.2.050–2015	Методические рекомендации по расчету и проектированию свайных противооползневых сооружений инженерной защиты автомобильных дорог
[16]	СТО 109–2013	Устройство грунтовых анкеров, нагелей и микросвай
[17]	СНиП 12–04–2002	Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство
[18]	СП 12–136–2002	Решения по охране труда и промышленной безопасности в проектах организации строительства и проектах производства работ
[19]	ПБ 03–428–02	Правила безопасности при строительстве подземных сооружений
[20]		Рекомендации по применению буроинъекционных свай. М., НИИОСП им. Герсеванова, 1984 г.

[21] ОДМ 218.3.008–2011 Рекомендации по мониторингу и обследованию подпорных стен и удерживающих сооружений на оползневых участках автомобильных дорог

[22] ОДМ 218.4.022–2015 Рекомендации по проведению геотехнического мониторинга строящихся и эксплуатируемых автодорожных тоннелей

ОКС 93.080.99
Ключевые слова: анкерная свая, микросвая, испытания, инженерная защита, автомобильная дорога, опасные склоновые процессы

Руководитель организации-разработчика
ООО «НТЦ ГеоПроект»
наименование организации

Директор		С. И. Маций
должность	личная подпись	инициалы, фамилия

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО

(РОСАВТОДОР)

РАСПОРЯЖЕНИЕ

03.08.2016 Москва № 1516-р

Об издании и применении ОДМ 218.2.066-2016 «Методические рекомендации по использованию анкерных свай и микросвай в составе мероприятий инженерной защиты автомобильных дорог»

В целях реализации в дорожном хозяйстве основных положений Федерального закона от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» и обеспечения дорожных организаций методическими рекомендациями по использованию анкерных свай и микросвай в составе мероприятий инженерной защиты автомобильных дорог:

1. Структурным подразделениям центрального аппарата Росавтодора, федеральным управлениям автомобильных дорог, управлениям автомобильных магистралей, межрегиональным дирекциям по строительству автомобильных дорог федерального значения, территориальным органам управления дорожным хозяйством субъектов Российской Федерации рекомендовать к применению с даты утверждения настоящего распоряжения ОДМ 218.2.066-2016 «Методические рекомендации по использованию анкерных свай и микросвай в составе мероприятий инженерной защиты автомобильных дорог» (далее – ОДМ 218.2.066-2016).

2. Управлению научно-технических исследований и информационного обеспечения (А.В. Бухтояров) в установленном порядке обеспечить официальную публикацию ОДМ 218.2.066-2016.

3. Контроль за исполнением настоящего распоряжения возложить на заместителя руководителя И.Г. Астахова.

Руководитель Р.В. Старовойт

gost.e-ecolog.ru

О.В. Каширина
(495) 687-88-23 доб. 50-271