ОДМ 218.2.092–2018

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
РОСАВТОДОР

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ШПУНТОВЫХ СВАЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
(РОСАВТОДОР)

МОСКВА 2018

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

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

2 Руководитель работ – доктор техн. наук, профессор Маций С. И. Документ разработли канд. техн. наук Любарский Н. Н., Рябухин А. К., Федоренко Е. В., инж. Лесной В. А., Пазухина Е. Г.

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

4 ИЗДАН на основании распоряжения Федерального дорожного агентства от 06.02.2019 № 201-р

5 ИМЕЕТ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Содержание

1 Область применения 4
2 Нормативные ссылки 4
3 Термины и определения 6
4 Общие положения 9
5 Требования к исходным данным для проектирования 10
6 Конструктивно-технологические решения 13
6.1 Технические требования полимерных шпунтовых свай 13
6.2 Условия применения полимерных шпунтовых свай 15
6.3 Технологии устройства шпунтовых свай 17
6.4 Конфигурация сооружений из шпунтовых свай 22
7 Расчеты конструкций из шпунтовых свай 24
7.1 Общие рекомендации 24
7.2 Нагрузки и воздействия 26
7.3 Методика расчета сооружений из полимерных шпунтовых свай 31
8 Испытания полимерных шпунтовых свай 36
8.1 Общие положения 36
8.2 Пробные испытания 38
8.4 Приемочные испытания 41
9 Организация строительно-монтажных работ 42
10 Геотехнический мониторинг 52
Приложение А (рекомендуемое) 61
Библиография 76

Рекомендации по применению шпунтовых свай из полимерных материалов в дорожном строительстве

1 Область применения

1.1 Настоящий отраслевой дорожный методический документ «Рекомендации по применению шпунтовых свай из полимерных материалов в дорожном строительстве» (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 шпунтовых свай из полимерных материалов в качестве основных мероприятий по обеспечению устойчивости прилегающих склонов к автомобильной дороге.

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 шпунтовых свай.

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

2 Нормативные ссылки

В настоящем методическом документе использованы ссылки на следующие нормативные документы:

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

ГОСТ 23278–2014 Грунты. Методы полевых испытаний проницаемости

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

ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения

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

ГОСТ 32960–2014 Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения

ГОСТ Р 52748–2007 Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения

ГОСТ Р 27751–2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения

СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07–85* Нагрузки и воздействия»

СП 22.13330.2016 «СНиП 2.02.01–83* Основания зданий и сооружений»

СП 24.13330.2011 «СНиП 2.02.03–85 Свайные фундаменты»

СП 34.13330.2012 «СНиП 2.05.02–85* Автомобильные дороги»

СП 40.13330.2012 «СНиП 2.06.06–85 Плотины бетонные и железобетонные»

СП 45.13330.2017 «СНиП 3.02.01–87 Земляные сооружения, основания и фундаменты»

СП 47.13330.2016 «СНиП 11–02–96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения»

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

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

СП 80.13330.2016 «СНиП 3.07.01–85 Гидротехнические сооружения речные»

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

При пользовании настоящими рекомендациями целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил и/или классификаторов) в информационной системе общего пользования – на официальном сайте федерального органа исполнительной власти в сфере стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю "Национальные стандарты", который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячно издаваемого информационного указателя "Национальные стандарты" за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт (документ), на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта (документа) с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт (документ), на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта (документа) с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт (документ), на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт (документ) отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем методическом документе применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **агрессивная среда (воздействие)**: Среда, воздействие которой вызывает коррозию строительного материала в изделии или конструкции;

3.2 **анкерное устройство**: Конструкция крепления и удерживания подпорной стены в несущем грунтовом основании;

3.3 **барражный эффект**: Подъем уровня подземных вод на пути фильтрационного потока перед преградой (подпорной стеной);

3.4 **больверк:** Подпорная стена из шпунтовых свай, связанных поверху специальной конструкцией, морского или речного причального сооружения;

3.5 **вибропогружатель:** Строительная машина виброударного действия для погружения шпунтовых свай в грунтовый массив;

3.6 **водонасыщение грунта:** Величина, характеризующая пористость грунта. За величину водонасыщения принимают количество воды, поглощенное образцом в вакууме (полное заполнение пор водой) и выраженное в процентах от его первоначального объема или массы;

3.7 **водоупорный слой грунта или водоупор**: Слабоводопроницаемый слой грунта, фильтрацией воды через который можно пренебречь;

3.8 **воздействия**: Нагрузки, вызывающие изменения напряженно-деформированного состояния в шпунтовая сваях из полимерных материалов;

3.9 **горизонтальные перемещения**: Горизонтальные составляющие деформаций подпорных стен и грунтов основания, связанные с действием нагрузок на фундаменты, распорные системы и т.п. элементы сооружения;

3.10 **давление грунта боковое активное:** Величина бокового давления (напора) грунта на смещающуюся в горизонтальном направлении от него ограждающую конструкцию;

3.11 **давление грунта боковое пассивное:** Величина бокового давления (отпора) грунта на смещающуюся в горизонтальном направлении к нему ограждающую конструкцию;

3.12 **давление грунта боковое в покое:** Давление (напор) грунта на поверхность неподвижной ограждающей конструкции, т. е. без ее смещения по направлению к грунту или от него;

3.13 **деформация конструкции**: Изменение формы и размеров конструкции (или части ее) под влиянием нагрузок и воздействий;

3.14 **замок**: Узел соединения смежных шпунтовых свай в ряду через специальные соединительные элементы, образующий грунтонепроницаемое замковое соединение, обладающее несущей способностью на растяжение и изгиб;

3.15 **конструкции несущие**: Строительные конструкции, воспринимающие нагрузки и воздействия и обеспечивающие прочность, жесткость и устойчивость зданий и сооружений;

3.16 **контрольные испытания:** Испытания, проводимые с целью установления соответствия фактической несущей способности расчетной нагрузки;

3.17 **коэффициент надежности по нагрузке**: Коэффициент, учитывающий в условиях нормальной эксплуатации сооружений возможные увеличения или уменьшения нагрузок от их нормативных значений;

3.18 **нагрузки**: Внешние силы (вес конструкций, оборудования, грунта, людей и т. п.), действующие на строительные объекты;

3.19 **нормативные значения нагрузок**: Основная базовая характеристика, устанавливаемая соответствующими нормами проектирования, техническими условиями или заданиями на проектирование;

3.20 **осадки**: Вертикальные составляющие деформаций основания, происходящие в результате внешних воздействий;

3.21 **подпорная стена постоянная (временная)**: Вертикальная или наклонная стена, предназначенная для удержания массива грунта от обрушения на весь расчетный период эксплуатации сооружения или (временный) период;

3.22 **расчетное значение нагрузки**: Максимальное (минимальное) значение нагрузки в течение срока эксплуатации объекта, полученное в расчетах;

3.23 **шпунтовая свая (шпунтина)**: Элемент конструкции подпорной стены *U*-образного, *H*-образного или другого поперечного сечения с продольными замковыми соединениями для устройства подпорных стен и ограждений котлованов;

3.24 **шпунтовая стенка:** Несущая конструкция в форме сплошной вертикальной или наклонной стены, образованная погруженными в грунт монтажными элементами – шпунтовыми сваями, соединяемыми между собой замками. Шпунтовая стенка из шпунтовых свай воспринимает в основном горизонтальные нагрузки от давления грунта, находящегося за ней, а также вертикальные нагрузки от вышерасположенных сооружений и транспортных средств;

3.25 **шпунт ограждения:** Грунто-водонепроницаемая стенка для ограждения котлованов и траншей при возведении транспортных и гидротехнических сооружений;

3.26 **шпунтовый профиль:** Шпунтовая свая определенной геометрической формы поперечного сечения с замковыми элементами;

3.27 **шпунтовый замок:** Элемент шпунтовой сваи, служащий для соединения свай в грунтонепроницаемую стенку и обладающий несущей способностью на разрыв и изгиб.

4 Общие положения

4.1 В процессе расчета и конструирования сооружений с использованием полимерных шпунтовых свай следует руководствоваться указаниями соответствующих разделов норм, сводов правил, инструкций и иных действующих нормативных документов (см. раздел 2), а также требованиями настоящего методического документа.

4.2 Полимерные шпунтовые сваи могут применяться как элементы вновь возводимых в качестве самостоятельных удерживающих и защитных сооружений, так и для усиления существующих конструкций инженерной защиты автомобильных дорог.

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

4.4 Устройство полимерных шпунтовых свай допускается в сложных гидрогеологических условиях, в том числе в обводненных грунтах.

4.5 Устройство полимерных шпунтовых свай допускается применять в химически агрессивных средах.

4.6 Устройство полимерных шпунтовых свай не рекомендуется при наличии скальных грунтов основания без применения специальных технологий производства работ.

4.7 Предельная отрицательная температура, пр и которой допускается производство работ по погружению полимерных шпунтовых свай, устанавливается проектной организацией в зависимости от марки шпунтовых свай, ее ударной вязкости и конкретных условий производства работ.

4.8 Процессы строительства и эксплуатация сооружений инженерной защиты с применением полимерных шпунтовых свай должны сопровождаться выполнением геотехнического мониторинга в соответствии с рекомендациями раздела 10.

5 Требования к исходным данным для 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 геологических и инженерно-геологических процессов. Необходимые сведения для проектирования опре-

деляются по результатам выполнения комплекса инженерных изысканий (геодезических, геологических, гидрометеорологических, экологических).

5.2 Инженерные изыскания для расчета и проектирования полимерных шпунтовых свай, сооружаемых в качестве усиления существующих сооружений или основных мероприятий инженерной защиты, должны проводиться в соответствии с положениями СП 24.13330 «СНиП 2.02.03–85 Свайные фундаменты», СП 47.13330 «СНиП 11–02–96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения» 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 инженерных изысканий, методы выполнения и объемы отдельных видов работ устанавливаются программой инженерных изысканий, разработанной на основе задания застройщика или технического заказчика.

Для определения состава и объемов инженерных изысканий необходимо идентифицировать уровень ответственности проектируемого объекта капитального строительства и определить категории сложности инженерно-геологических условий.

5.7 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.

5.8 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 шпунтовых свай при их рядовом расположении.

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.

5.9 При инженерно-геологических изысканиях для проектирования полимерных шпунтовых свай рекомендуется выполнение статического и динамического зондирования грунтов согласно ГОСТ 19912-2012 «Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием».

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

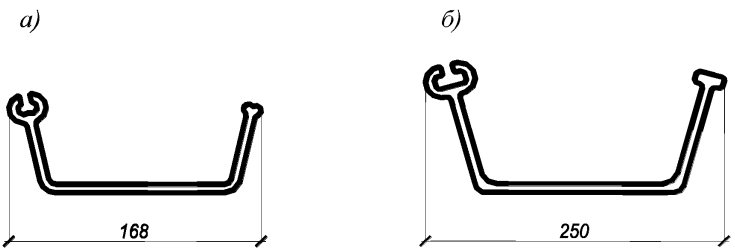
5.11 Инженерно-экологические изыскания выполняются в соответствии с требованиями [6] с целью получения исходных данных для оценки воздействия на окружающую среду, предотвращения или снижения неблагоприятных последствий строительства сооружений из полимерных шпунтовых свай на автомобильных дорогах.

5.12 Результаты инженерных изысканий должны быть достаточными для обоснования конструктивных решений, содержать прогноз изменения инженерно-геологических, гидрологических условий. Расчетные данные в составе результатов инженерных изысканий должны быть обоснованы исполнителем инженерных изысканий и содержать прогноз их изменения в процессе строительства и эксплуатации шпунтовых свай.

6 Конструктивно-технологические решения

6.1 Технические требования полимерных шпунтовых свай

6.1.1 Полимерные шпунтовые сваи представляют собой погонажное изделие заданной формы сплошного постоянного сечения. Пример сечений приведен на рисунке 1.



а – ГШ-300; *б* – ГШ-500.

Рисунок 1 – Примеры сечений полимерных шпунтовых свай

6.1.2 Поверхность изделий должна быть гладкой, без посторонних включений, трещин. Риски, царапины, следы механической обработки, не выводящие размеры профиля за пределы допускаемых отклонений, браковочными признаками не являются.

6.1.3 Допускается наличие продольных швов по плоскости разъема, незначительное изменение внутренней геометрии изделия, не нарушающей

эксплуатационных характеристик и не превышающей допускаемых отклонений внешних размеров изделий.

6.1.4 Класс шероховатости поверхности полимерных шпунтовых свай должен соответствовать образцам-эталонам.

6.1.5 При обрезке полимерных шпунтовых свай на торцах не должно быть трещин, расщелин, отслаиваний.

6.1.6 Торцы мерных отрезков полимерных шпунтовых свай должны быть ровно обрезаны под прямым углом к оси и не иметь дефектов механической обработки. Допускаются другие угля обрезки профиля, величина которых оговаривается в документации на заказ.

6.1.7 По физико-механическим характеристикам полимерные шпунтовые сваи должны соответствовать требованиям и нормам, указанным в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики полимерных шпунтовых свай

	Параметр	ГШ300	ГШ500
Для одного элемента	Масса 1 п.м, кг	2,1	7,3
	Площадь, $см^2$	17,0	49,0
	Момент инерции I_x, $см^4$	90,5	1012,1
	Момент сопротивления, W_x, $см^3$	19,5	133,4
Для стенки 1 м.п.	Масса 1 п.м, кг	15,3	29,2
	Площадь, $см^2$	113,7	196,0
	Момент инерции I_x, $см^4$	2016,2	12390,9
	Момент сопротивления, W_x, $см^3$	322,0	1050,0
	Предел прочности при изгибе, МПа	65,3	65,3
	Максимально допустимый изгибающий момент, кН·м (на 1 п.м. стенки)	21,0	68,5
	Модуль упругости при изгибе, МПа	1077,0	1077,0
	Модуль упругости при растяжении, МПа	2740,0	2740,0
	Ударная вязкость по Шарпи, $кДж/м^2$	136,0	136,0

6.1.8 Производственный контроль должен быть организован в соответствии с требованиями СП 1.1.1058-01.

6.1.9 Сырье и материалы, применяемые для изготовления полимерных шпунтовых свай, должны отвечать требованиям стандартов, технических условий, технических свидетельств и контрактов на поставку.

6.1.10 Все материалы, применяемые для изготовления профилей, должны соответствовать требованиям действующих нормативов.

6.1.11 В качестве сырьевых компонентов при производстве полимерных шпунтовых свай рекомендуется использовать:

– непластифицированный жесткий ПВХ ГОСТ 14332-78;

– внутренний антиадгезионный и антистатический агент;

– пигменты.

6.2 Условия применения полимерных шпунтовых свай

6.2.1 В сравнении с другими методами геотехнического строительства и реконструкции, конструкции из полимерных шпунтовых свай обладают следующими преимуществами:

– технологичность и высокие темпы устройства;

– возможность устройства в сложных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях;

– мобильность и компактность строительного оборудования;

– малый вес и компактность конструкций шпунтовых свай;

– устойчивость к агрессивной среде;

– отсутствие коррозии;

– возможность устройства в стесненных условиях и на труднодоступных площадках строительства без остановки технологических процессов защищаемого объекта;

– возможность устройства при любых погодных условиях;

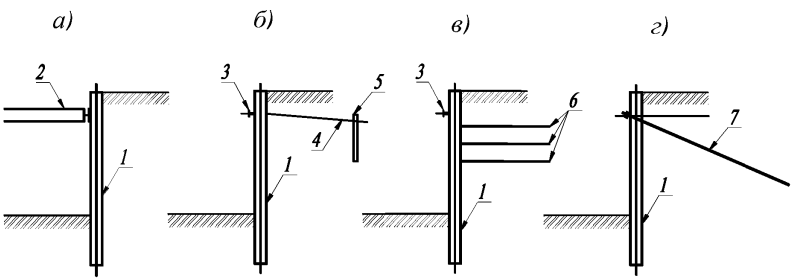
– отсутствие выемки грунта и его транспортировки;

– возможность многократного использования.

6.2.2 Объектом применения конструкций из полимерных шпунтовых свай могут быть существующие и вновь проектируемые сооружения инженерной защиты.

6.2.3 Возможные варианты использования конструкций из шпунтовых свай.

Примеры возможных вариантов конструктивных решений с шпунтовая сваями приведены на рисунке 2:



а – крепление с элементом жесткости; *б* – крепление с анкерной стенкой; *в* – крепление с геосеткой; г – крепление с анкерной сваей;

1 – шпунтовая свая, 2 – элемент жесткости, 3 – пояс,

4 – стержень анкера, 5 – анкерная стенка, 6 – геосетки,

7 – анкер или свая, работающая на растяжение.

Рисунок 2 – Примеры конструкций шпунтовых стенок

В качестве самостоятельных сооружений:

– свайные и свайно-анкерные противооползневые удерживающие конструкции из полимерных шпунтовых свай;

– свайные и свайно-анкерные ограждающие конструкции из полимерных шпунтовых свай для крепления временных строительных выемок;

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

6.2.4 Конструкции из полимерных шпунтовых свай целесообразноиспользовать для решения следующих геотехнических задач:

– укрепление склонов и откосов;

– строительство тоннелей;

– строительство опор мостов и путепроводов;

– укрепление стен траншей и котлованов;

– строительство и реконструкция инженерной защиты в стесненных и труднодоступных условиях;

– регулирование русла рек, каналов, канав;

– строительство плотин в водоемах;

– строительство стен для защиты берегов рек и водохранилищ.

6.3 Технологии устройства шпунтовых свай

6.3.1 Технологию устройства полимерных шпунтовых свай следует выбирать в зависимости от инженерно-геологических условий строительства, требований конкретного объекта и возможностей подрядной строительной организации. Наиболее распространенные способы устройства полимерных шпунтовых свай, устраиваемые:

– вибропогружением;

– вдавливанием;

– подмывом;

– подкопом.

В случае отсутствия сравнимого опыта или если такой опыт рассматривается как недостаточный, то для того, чтобы выбрать правильный метод установки, следует провести пробную забивку или использовать математическое моделирование.

В случае, если шпунтовые сваи устанавливаются в грунт методом вдавливания, следует подтвердить, что эффективная мощность оборудования достаточная и, что уже установленные шпунтовые сваи в состоянии воспринять необходимые реакции опор.

Посредством испытаний или использования математических моделей, следует подтвердить, что выбранный метод установки не вызовет повреждений соседствующих строительных конструкций и оборудования.

Методы подмыва, предварительного бурения или взрывания в качестве методов, облегчающих забивку свай, следует применять таким образом, чтобы возникновение повреждений соседствующих строительных конструкций и оборудования, а также собственно строительной конструкции было маловероятным. Для установки шпунтовых свай необходимо выбирать пригодный метод, соответствующий требованиям проекта относительно отклонений шпунтовой стенки после ее установки.

6.3.2 Важными аспектами являются:

– достижение требуемой глубины шпунтовой стенки;

– соблюдение горизонтального позиционирования и вертикальности;

– недопущение значимых повреждений шпунтовых свай и замков (разрывы замков);

– достижение предписанного коэффициента проницаемости;

– обеспечение обстоятельства, при котором сила установки действует вдоль нейтральной оси шпунтовых свай и несущих элементов;

– соблюдение очередности установки несущих элементов комбинированной стенки;

– в случае необходимости, достижение требуемой вертикальной несущей способности;

– определение направляющих каркасов для комбинированных стенок и плоских профилей.

6.3.3 Погружение шпунтовых свай около подземных трубопроводов с внутренним давлением свыше 2 МПа рекомендуется производить только с

учетом данных обследования и при соответствующем обосновании в проекте.

6.3.4 Дополнительные меры, облегчающие погружение свай и шпунта (подмыв, лидерные скважины и др.), следует применять по согласованию с проектной организацией в случае возможного отказа погружаемых элементов менее 0,2 см или скорости вибропогружения менее 5 см/мин.

6.3.5 Рекомендуется применять вибрационный метод, как наиболее эффективный и в то же время наиболее безопасный способ производства работ.

Применение вибрационной технологии позволяет:

– повысить производительность труда при экономии энергетических и материальных ресурсов;

– использовать мобильные средства вибрационной техники и применять их без громоздких опорных конструкций для восприятия реактивных усилий;

– комплексно механизировать строительные процессы.

Технико-экономические преимущества вибрационного метода определяются не только повышением скорости погружения и возможностью извлечения шпунта, но и более совершенной технологией вспомогательных операций, осуществляемых с использованием самоходных грузоподъемных установок.

6.3.6 Технология погружения включает следующие основные операции:

– подтаскивание шпунтины к вибратору;

– закрепление шпунтины в наголовнике вибратора;

– подъем вибратора со шпунтиной и заводку шпунтины в замок ранее погруженной шпунтины;

– погружение шпунтины, отсоединение вибратора от нее и снятие вибратора.

6.3.7 Для того, чтобы защитить шпунтов сваи от повреждений, необходимо использовать легкое оборудование с небольшой ударной мощностью.

Тип использованного оборудования зависит от классификации грунта, глубины погружения и прочности шпунта. В случае плотного грунта (например, твердой глины), а также установки длинных профилей, используются стальные направляющие – «лидер».

Рекомендуется использовать боковые или фронтовые направляющие. Также возможно использовать многозахватные направляющие, с помощью которых можно погружать несколько шпунтов одновременно. Длина лидера должна соответствовать длине погружаемых полимерных шпунтовых свай.

Преимущества применения направляющей «Лидера»:

– позволяет погружать полимерные шпунтовые сваи в твердые породы (плотная глина, гравий и т.д.);

– позволяет производить монтаж профиля длиной около 12 м;

– предотвращает возникновение трещин в шпунте во время погружения;

– удаляет преграды, появившиеся на пути в грунте (корни деревьев и камни);

– помогает сохранить прямолинейность шпунта во время погружения;

– предварительно разрыхляет почву;

– многозахватные направляющие «лидеры» значительно ускоряют работу.

6.3.8 Устройство полимерных шпунтовых свай методом вдавливания:

Технологический цикл вдавливания свай включает следующие операции:

– установка сваевдавливающей машины на точку вдавливания;

– загрузка сваевдавливающей машины тарированными грузами;

– строповка, подъем и загрузка погружаемых элементов в оголовник копровой мачты сваевдавливающей установки;

– выравнивание установки гидроцилиндрами и центрирование сваи;

– вдавливание;

– переезд сваевдавливающей машины на отметку проектного положения следующей сваи.

Давление в системе при погружении свай должно непрерывно контролироваться машинистом установки с помощью тарированного прибора, установленного в поле зрения оператора. Данная система позволяет использовать такие преимущества технологии вдавливания, как:

– возможность погружения шпунтовых свай строго до заданного проектом усилия (отказа);

– недопущение разрушения шпунтовой сваи по материалу;

– своевременное информирование и оперативное реагирование в случае попадания шпунтовых свай на линзы слабого грунта.

6.3.9 Метод подмыва рекомендуется использовать при установке шпунта в плотных и твердых грунтах. Данный метод используется, прежде всего для того, чтобы давлением воды, непосредственно под нижним уровнем профиля шпунтовой сваи, ослабить и удалить твердый грунт. Чтобы смягчить грунт, следует применять водяные и воздушные насосы, с высоким и низким давлением.

Применение подмыва для облегчения погружения свай допускается на участках, удаленных не менее чем на 20 м от существующих зданий и сооружений, и не менее удвоенной глубины погружения свай. В конце погружения подмыв следует прекратить, после чего сваю необходимо допогрузить вибропогружателем до получения расчетного отказа без применения подмыва.

6.3.10 Метод подкопа под шпунтовую сваю рекомендуется использовать при строительстве подпорных стен на небольшую глубину, чаще всего в каменистых грунтах, когда нет возможности применить методы вибропогружения и подмыва. Полимерные шпунтовые сваи устанавливаются в заранее выкопанный ров, который позже засыпается щебнем с наружной стороны. Рекомендуется уплотнить засыпанный шпунт с наружных сторон механическим способом.

6.4 Конфигурация сооружений из шпунтовых свай

6.4.1 При глубине котлована до 7 м рекомендуется применять крепление полимерных шпунтовых свай подпорной стены при помощи анкерных тяг. Удержание шпунтовой стенки анкерными тягами, прикрепляемыми к анкерным сваям (или плитам), устраиваемым на некотором (расчетном) расстоянии от ограждения котлована рекомендуется в качестве одного из эффективных технических решений обеспечения устойчивости и долговечности ограждения котлована.

Анкерные сваи устраиваются с наружной стороны котлована на некотором расстоянии от возможной призмы обрушения грунта, определяемой расчетом. Анкерные сваи могут устраиваться как единичными, так и из нескольких свай или рядов.

Анкерная тяга, соединяющая конструкции, как правило, применяется в виде арматурных стержней, что позволяет достаточно удобно выполнить их предварительное натяжение для уменьшения деформации конструкции. Все анкерные тяги также следует объединять распределительными балками, которые чаще всего выполняются в виде спаренных швеллеров. В случае, если конструкция является постоянной, необходимо обеспечивать её долговечность.

При глубине котлованов более 10 м анкерные тяги следует устраивать на 2-3 м ниже дневной поверхности (уровня поверхности земли). Возведение ограждения котлована по данной схеме нередко ограничивают технологические сложности устройства анкерных тяг на глубине и соединения их со шпунтовыми и анкерными сваями.

6.4.2 Рекомендуется применять крепления подпорных стен из шпунтовых свай при помощи грунтовых анкеров.

Преимущество данной конструкции крепления ограждения котлована заключается в возможности выполнять земляные работы по разработке грунта в котлованах практически любой ширины и глубины, не связывая их с

конструкциями строящегося и сооружения. Несмотря на сравнительно высокую стоимость и затраты времени, грунтовые анкера рекомендуются в качестве креплений глубоких и широких котлованов.

6.4.3 Применение грунтовых анкеров ограничено следующими условиями:

– в стесненных условиях не рекомендуется устраивать анкеры под существующими зданиями и сооружениями в связи с проблемами обеспечения их безопасной эксплуатации;

– при необходимости размещении грунтовых анкеров на глубине ниже уровня грунтовых вод технология их устройства существенно осложняется и может негативно сказываться на осадке земной поверхности и близлежащих сооружений.

6.4.4 Для устройства постоянных конструкций следует применять другие грунтовые анкеры, например ненапрягаемые.

Метод устройства напрягаемых анкеров основан на креплении ограждения котлована тягами (свободная длина анкера), закрепленными за корень анкера, расположенный в грунте вне зоны влияния котлована (вне призмы обрушения).

Допускается применение ненапрягаемых грунтовых анкеров, в которых отсутствуют свободная длина и корень анкера, а тяга одновременно является несущей частью анкера по грунту.

Анкерные тяги для шпунтовых рядов выполняются, как правило, из арматурных стержней или канатов. Грунтовые анкеры устраиваются через отверстия в полимерных шпунтовая сваях и также объединяются обвязочными балками.

6.4.5 При проектировании ограждений котлованов конструкции полимерных шпунтовых свай принимают на основе результатов расчетов.

В период строительства полимерные шпунтовые сваи рассчитываются в качестве временного ограждения котлована.

6.4.6 В период эксплуатации сооружения полимерные шпунтовые сваи рассчитываются в качестве постоянных ограждений котлована (подпорные стены). При этом обычно усилия в конструкциях в период эксплуатации сооружения снижаются за счет перераспределения усилий и уменьшения жесткости ограждения без существенного увеличения материалоемкости.

7 Расчеты конструкций из шпунтовых свай

7.1 Общие рекомендации

7.1.1 Подпорные стены из полимерных шпунтовых свай следует рассчитывать с учетом горизонтальных и вертикальных внешних нагрузок, расположенных на призме обрушения, включая нагрузки от транспортных средств и подвижного состава автомобильных и железных дорог, городского технологического оборудования, складируемых материалов и т.д.

7.1.2 Нагрузки и воздействия на конструкции и основания подземных частей сооружений следует устанавливать расчетом, исходя из анализа совместной работы конструкций сооружения и основания, с учетом возможного их изменения на различных стадиях возведения и эксплуатации сооружения.

При определении нагрузок и воздействий на конструкции шпунтовых стен к ним относят:

1. Постоянные:

– вес строительных конструкций;

– давление грунтового массива, вмещающего сооружение, и подземных вод при установившейся фильтрации;

– усилия натяжения постоянных анкеров;

– распорные усилия в постоянных конструкциях и пр.

2. Временные длительные:

– вес стационарного оборудования (при наличии);

– давление подземных вод при неустановившемся режиме фильтрации;

– динамические воздействия от эксплуатируемых линий метрополитена, транспортных сооружений или промышленных объектов;

– нагрузки от складируемых на поверхности грунта материалов;

– температурные воздействия;

– усилия натяжения временных анкеров;

– распорные усилия от временных конструкциях;

– нагрузки, обусловленные изменением влажности, усадкой и ползучестью материалов и пр.

3. Кратковременные:

– дополнительное давление грунта, вызванное подвижными нагрузками, расположенными на земной поверхности;

– температурно-климатические воздействия и пр.

4. Особые:

– сейсмические воздействия;

– воздействия, обусловленные деформациями основания при просадках, набухании и морозном пучении грунтов;

– аварийные воздействия (например, при полном водонасыщении грунтов основания за пределами ограждающей конструкции котлована или подземной части сооружения при расположении в зоне влияния строительства водонесущих коммуникаций и пр.).

7.1.3 При проектировании следует учитывать, что значения геотехнических нагрузок и воздействий могут изменяться во времени, при этом:

– расчёты, учитывающие длительность воздействий, следует выполнять с учетом возможных изменений свойств грунта во времени, особенно при изменениях влажности и сжимаемости;

– воздействия переменной интенсивности и периодически повторяющиеся следует рассматривать с учетом развития перемещений, возможного разжижения грунтов, изменения жесткости и прочности основания;

– рекомендуется также рассчитывать устойчивость сооружения и основания при динамических воздействиях.

7.2 Нагрузки и воздействия

7.2.1 При определении давления грунта на подпорные стены из шпунтовых свай следует учитывать:

– внешние нагрузки и воздействия на грунтовый массив (нагрузки от складируемых материалов, от строительных механизмов, транспортные нагрузки на проезжей части, нагрузки, передаваемые фундаментами сооружений окружающей застройки) и пр.;

– наличие существующих подземных и заглубленных сооружений и коммуникаций;

– наклон граней стены к вертикали;

– наклон поверхности грунта, неровности рельефа и отклонение границ инженерно-геологических элементов от горизонтали;

– возможность устройства берм и откосов в котловане в процессе производства работ;

– прочностные характеристики на контакте «шпунт – грунтовый массив»;

– вертикальные и горизонтальные перемещения шпунта и их направление относительно основания;

– деформационные характеристики полимерных шпунтовых свай, анкерных и распорных элементов;

– последовательность производства работ;

– возможность перебора грунта в процессе экскавации;

– фильтрационные силы в массиве грунта;

– дополнительное давление на подпорную конструкцию, вызванное морозным пучением и набуханием грунта, а также проведение работ по нагнетанию в грунт растворов, тампонажу и пр.;

– температурные воздействия;

– динамические и вибрационные воздействия и их влияние на давление грунта.

7.2.2 Величины внешних нагрузок и воздействий, передаваемых на грунт, нагрузок и воздействий, передаваемых грунтом и подземными водами на подпорную стену, коэффициенты перегрузки и сочетания нагрузок должны приниматься в соответствии с требованиями СП 20.13330.2016, СП 22.13330.2016, СП 101.13330.2012, СП 24.13330.2011, СП 116.13330.2012, СП 38.13330.2012 а также с учетом дополнительных рекомендаций, приведенных в настоящем ОДМ.

7.2.3 Основные нагрузки и воздействия, возникающие в условиях строительства подпорных стен из полимерных шпунтовых свай и соответствующие им коэффициенты следует принимать по СТП 136–99, таблица 7.1, коэффициенты перегрузки по ВСН 136-78, таблица 13.

7.2.4 Нормативные значения веса строительных конструкций следует определять по проектным размерам элементов.

7.2.5 Горизонтальное давление грунта на подпорные стены из шпунтовых свай следует определять согласно указаниям СП 22.13330 (раздел 9).

7.2.6 При определении величины бокового давления грунта на ограждение котлована в расчетах по первой группе предельных состояний следует использовать прочностные характеристики грунтов (φ_{I} и c_{I}, а в расчётах по второй группе предельных состояний – φ_{II} и c_{II}). Коэффициент надежности по нагрузке для удельного веса грунта следует принимать равным 1,1 для грунтов в природном состоянии и равным 1,15 на строительной площадке.

7.2.7 Активное давление грунта на подпорные стены, ограждения котлованов и наружные стены подземных частей сооружения следует определять в зависимости от величин перемещений и деформаций, реализуемых в результате совместной работы конструкций с грунтовым массивом.

7.2.8 При расположении подпорной стены вдоль движения автомобильного транспорта давление от колес приводятся к эквивалентной нагрузке, равномерно распределённой на сплошной полосе шириной A_{al}=0,8 м для колесной нагрузки НК-100 и A_{al}=0,6 м в случае автомобильной нагрузки НК-30 по ГОСТ 52748–2007 и ГОСТ 32960–2014.

7.2.9 Горизонтальные и поперечные нагрузки от центробежных сил, возникающих на криволинейных участках пути, в расчётах не учитываются.

7.2.10 Нормативные значения дополнительного давления p_{r2}^{n} на шпунтовые стены от вертикальной нагрузки q, равномерно распределенной по прямоугольной площади на поверхности грунта, следует определять по формуле

$$p_{r2}^{n} = p_{oz}^{n} \; K_{oz}\,, \qquad (1)$$

где p_{r2}^{n} – нормативное значение дополнительного давления, кПа;

p_{oz}^{n} – нормативное значение вертикального давления в рассматриваемой точке, определяемое по методу угловых точек в соответствии с указаниями СП 22.13330-2016, кПа;

K_{oz} – бокового давления грунта, принимаемый в соответствии с указаниями СП 22.13330-2016 (п.9.20).

7.2.11 Нормативные значения нагрузок от подвижного подъемно-транспортного оборудования, расположенного на поверхности грунта вблизи подпорных стен, должны определяться в задании на проектирование.

7.2.12 Решение об учете особых нагрузок для временных ограждающих конструкций принимает проектировщик, исходя из анализа условий конкретной строительной площадки.

7.2.13 Величину особых нагрузок, возникающих при сейсмических воздействиях q_c, при воздействии морозного пучения q_m^{n}, а также дополнительные нагрузки, возникающие при активизации оползней на подрезаемых склонах, следует определять в соответствии с [24], [25], а также в соответствии с рекомендациями настоящего ОДМ.

7.2.14 При проектировании постоянных ограждающих и/или несущих конструкций котлованов из полимерных шпунтовых свай, следует учитывать действующие на них нагрузки и воздействия, возникающие в условиях строительства сооружения, а также при его эксплуатации.

7.2.15 Нормативные значения усилий трения стен из шпунтовых свай по грунту $T^{н}$, учитываемые в расчетах по первой группе предельных состояний, следует определять по формуле

$$T^{н}=F_{c}f^{н}, \qquad (2)$$

где $T^{н}$ – нормативные значения усилий трения стен по грунту, кН;

F_{c} – площадь боковой поверхности шпунтовой стены, примыкающей к грунту, м^2;

$f^{н}$ – нормативное значение удельного сопротивления сдвигу прилегающего грунта, принимаемого в соответствии с СП 24.13330, кН.

7.2.16 Надежность конструкции и работы подпорных стен из полимерных шпунтовых свай должна обеспечиваться в соответствии с требованиями ГОСТ 27751-2014.

7.2.17 Критерием обеспечения устойчивости подпорной стены из полимерных шпунтовых свай против сдвига является условие превышения сил (моментов) удерживающих (реактивных) над сдвигающими (активными) на коэффициент надёжности против сдвига (K=1,2).

В активное давление следует включать длительные (вес массива грунта) и временные (подвижные) нагрузки на поверхности грунта.

Силы сопротивления сдвигу слагают из сил сопротивления сдвигу конструктивных элементов подпорной стены (шпунт, анкерные и разгрузочные устройства) и сопротивления сдвигу массива грунта перед шпунтовой стеной.

7.2.18 Проект конструкции подпорных стен из полимерных шпунтовых свай должен обеспечивать необходимую прочность, устойчивость и пространственную неизменяемость сооружения в целом, а также отдельных его элементов на всех стадиях возведения и эксплуатации.

7.2.19 Основные причины разрушения подпорных стен из полимерных шпунтовых свай, принятые из практики строительства:

– при потере общей устойчивости;

– при повороте полимерных шпунтовых свай вокруг опоры;

– в результате превышения вертикального давления на полимерные шпунтовые сваи;

– в связи с потерей устойчивости удерживающих конструкций (анкерных устройств и распорок).

7.2.20 Силы трения и сцепления на контакте «подпорная стена – грунтовый массив» должны определяться в соответствии с указаниями СП 22.13330).

7.2.21 При проектировании подпорных стен в качестве ограждений котлованов, расположенных в водонасыщенных грунтах, глубину заложения шпунтовых свай, как правило, следует назначать с учетом возможности ее заделки в водоупорный слой с целью обеспечения производства работ по экскавации грунта в котловане без водоотлива или водопонижения.

7.2.22 Для предварительных расчетов подпорных стен (без использования анкерных и распорных элементов) допускается использовать следующую расчетную модель: нижнюю часть ограждающей конструкции котлована, защемленную в грунте, следует рассматривать как абсолютно жесткую балку, лежащую на упругом основании, которое описывается коэффициентом постели Винклера, линейно возрастающим с глубиной. Величина коэффициента постели определяется в соответствии с СП 24.13330.

Расчетные значения прочностных характеристик грунта на контакте «ограждающая конструкция – грунтовый массив» принимаются в соответствии с требованиями СП 22.13330.

7.2.23 Для предварительных расчетов подпорных стен, устраиваемых с анкерным или распорным креплением, допускается применять следующую расчётную модель: нижнюю часть ограждающей конструкции котлована, защемленную в грунте, следует рассматривать как абсолютно жесткую балку, лежащую на упругом основании. Верхняя часть подпорной стены с опорами рассматривается как свободная балка конечной жесткости, опертая на податливые опоры. При предварительном натяжении анкеров верхняя часть шпун-

товой стены рассматривается как свободная балка конечной жесткости, опертая на податливые опоры. При предварительном натяжении анкеров верхняя часть подпорной стены рассматривается как балка, лежащая на упругом основании Винклера, с коэффициентом постели, линейно изменяющимся с глубиной.

7.2.24 Для проведения расчетов устанавливаются расчетные схемы сооружения на строительный и эксплуатационный периоды в соответствии с заданной технологией строительства и условиями эксплуатации.

7.2.25 Анкера всех видов следует проектировать на основе результатов расчётов по первой группе предельных состояний на расчетные усилия Q_a.

7.2.26 Основания анкеров следует рассчитывать по первой группе предельных состояний в соответствии с требованиями СП 22.13330, СП 24.13330.

7.2.27 Расчет анкеров включает определение их длины и несущей способности.

7.2.28 Длина и наклон анкера определяются из расчета на устойчивость всей системы, состоящей из сооружения, анкера и захватываемого им грунтового массива, граница которого проходит перед заделкой анкера.

7.2.29 Для определения окончательных размеров анкеров следует произвести пробные испытания анкеров в условиях площадки строительства с целью определения фактической их несущей способности.

7.3 Методика расчета сооружений из полимерных шпунтовых свай

7.3.1 Расчеты сооружений из полимерных шпунтовых свай производят на устойчивость положения и прочность по материалу их элементов. Эти расчеты выполняют в объеме, гарантирующем устойчивость и прочность шпунтовых сооружений не только на стадии полного удаления грунта и воды из котлована, но и в процессе разработки котлована и установки распорных креплений, а также обратной засыпки грунта и снятия креплений.

Для сооружений из полимерных шпунтовых свай, заглубленных в пески или супеси, кроме указанных расчетов, необходимо проверить глубину забивки шпунта t (считая от дна котлована) по условию исключения опасности выноса (наплыва) грунта в котлован при откачке из него воды без устройства водозащитной подушки. Независимо от результатов расчета, глубину забивки шпунта (считая от дна котлована или отметки размыва) следует принимать в случаях текучих и текучепластичных глин, суглинков и супесей, водонасыщенных илов, пылеватых и мелких песков не менее 2 м, а в остальных случаях – не менее 1 м. В сооружениях с водозащитной подушкой глубина забивки должна быть не менее 1 м в любых грунтах.

7.3.2 Минимальную глубину t забивки шпунтовых свай (считая от дна котлована) по условию исключения опасности выноса (наплыва) грунта при откачке воды из котлована определяют по формуле:

$$t = \frac{h'_{в}}{\pi m_1} \cdot \frac{\gamma_{в}}{\gamma_{взв}}, \qquad (3)$$

где $h'_{в}$ – расстояние от дна котлована до горизонта воды снаружи котлована во время откачки, м;

$\gamma_{в}$ – объемный вес воды, кН/м^3;

$\gamma_{взв}$ – объемный вес грунта во взвешенном в воде состоянии, кН/м^3;

m_1 – коэффициент условий работы, для слабых грунтов принимаемый равным: 0,7 – для гравелистого и крупного песка, а также супеси; 0,5 – для песка средней крупности и мелкого, 0,4 – для пылеватого песка.

Для кольцевых сооружений, а также для сооружений любой в плане формы, но при условии, что расстояние от горизонта воды снаружи котлована до низа шпунта более чем в два раза превышает расстояние от низа шпунта до кровли слоя грунта, являющегося водоупором, допускается значение t, полученное по формуле (3), уменьшать на 10 %.

7.3.2 Минимальную глубину t забивки шпунтовых свай (считая от дна котлована) по условию обеспечения устойчивости стенок против опрокидывания, определяют исходя из равенства

$$M_{оп} = mM_{пр}, \qquad (4)$$

где $M_{оп}$ – момент опрокидывающих сил относительно оси возможного поворота (опрокидывания) стенок, кНм;

$M_{пр}$ – предельная величина опрокидывающего момента, равная моменту удерживающих сил относительно той же оси, кНм;

m – коэффициент условий работы (см. п.7.3.3).

7.3.3 Расчетные давления воды и грунта (активного и пассивного) получают умножением нормативных давлений на коэффициенты перегрузки, принимаемые по [29], таблица 13. При этом для активного давления грунта принимают коэффициент перегрузки $n_а$=1,2, а для пассивного $n_п$=0,8.

Влияние фильтрационного потока при откачке воды из котлованов, разрабатываемых в песчаных грунтах, на давления воды и грунта учитывают коэффициентом условий работы, принимаемым в зависимости от гидрогеологических условий и конструкции ограждения.

7.3.4 Сооружение из шпунтовых свай, забиваемого в водонепроницаемый грунт (суглинок или глину), расположенный ниже горизонта воды, следует рассчитывать на горизонтальные нагрузки, соответствующие двум схемам:

– в первой схеме принимают, что ниже поверхности водонепроницаемого грунта горизонтальное давление на шпунтовую стенку обусловлено только гидростатическим давлением воды, проникающей между стенкой и грунтом на глубину $\overline{h}_в$;

– во второй схеме не предусматривают возможности проникания воды между стенкой и водонепроницаемым грунтом и принимают, что этот грунт оказывает горизонтальное давление на стенку, будучи пригруженным сверху гидростатическим давлением, а при наличии над водонепроницаемым грун-

том водопроницаемого и весом последнего; вес слоя водопроницаемого грунта, расположенного ниже горизонта воды, определяют с учетом взвешивания в воде.

В обеих схемах выше поверхности водонепроницаемого грунта учитывают горизонтальную нагрузку на стенку от гидростатического давления и, в необходимых случаях, от давления водопроницаемого грунта.

Глубину $\bar{h}_в$ проникания воды между стенкой и водонепроницаемым грунтом (считая от его поверхности) принимают равной:

а) для сооружений, не имеющих распорных креплений (рис. 3, а):

$$\bar{h}_в = 0{,}7h', \tag{5}$$

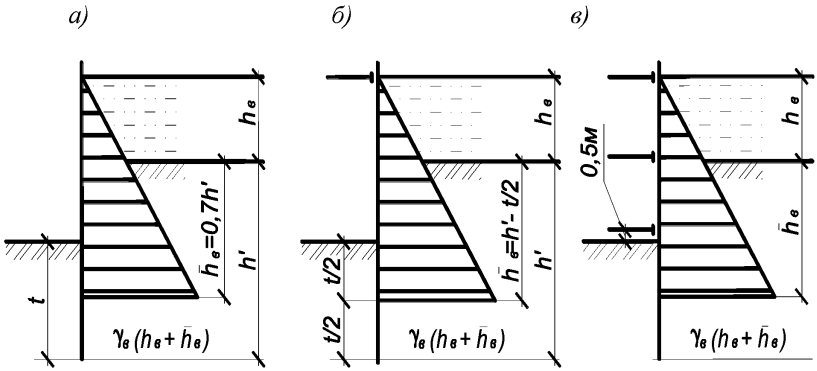
где h' – глубина погружения шпунта в водонепроницаемый грунт, м;

б) для сооружений с одним ярусом креплений (рис. 3, б):

$$\bar{h}_в = h' - \frac{t}{2}, \tag{6}$$

где t – глубина погружения шпунта ниже дна котлована, м;

в) для сооружений с несколькими ярусами креплений (рис. 3, в) – на 0,5 м ниже уровня грунта в котловане при установке верхнего яруса креплений, расположенного в пределах водонепроницаемого грунта.



а – сооружение без опорных креплений, *б* – сооружение с одним ярусом крепления, *в* – сооружение с несколькими ярусами крепления.

Рисунок 3 – Схемы для определения глубины проникания воды между шпунтовой стенкой и водонепроницаемым грунтом

7.3.5 Элементы креплений должны рассчитываться на совместное действие горизонтальной нагрузки, передаваемой шпунтовыми стенками, и вертикальной нагрузки от веса обустройств и конструкций, предусмотренных проектом. Наибольший изгибающий момент в элементе от веса обустройств и конструкций не должен быть меньше наибольшего изгибающего момента от равномерно распределенной нагрузки интенсивностью:

$$q = q_1 \frac{F}{l} \qquad (7)$$

где q_1 – нагрузка, принимаемая равной 0,5 кН/м^2 для верхнего яруса креплений и 0,25 кН/м^2 для остальных ярусов;

F – площадь котлована, приходящаяся на рассчитываемый элемент крепления, м^2;

l – длина элемента, м.

7.3.6 При расчетах шпунтовой стенки на прочность, значения расчетных сопротивлений шпунта и креплений должны приниматься согласно [29], с делением их на коэффициент надежности, принимаемый равным:

1,1 – для шпунтовых ограждений на местности, покрытой водой;

1,0 – во всех остальных случаях.

7.3.7 Момент сопротивления поперечного сечения погонного метра стенки W_x из шпунта следует принимать со следующими коэффициентами, учитывающими возможность относительных смещений шпунтин в замках:

0,7 – в случае слабых грунтов и отсутствии обвязок, прикрепленных к шпунту;

0,8 – в случае тех же грунтов и наличии обвязок, прикрепленных к шпунту;

1,0 – в остальных случаях.

7.3.8 При расчете прочности шпунтовых стенок (но не креплений) должны вводиться коэффициенты условий работы, равные:

1,15 – для стенок кольцевых в плане ограждений;

1,10 – для стенок длиной менее 5 м замкнутых в плане ограждений прямоугольной формы с промежуточными ярусами распорных креплений.

7.3.8 Другие примеры расчетов сооружений из шпунтовых свай приведен в [29] п.4.42 – п.4.53, [30] п.12.4.

8 Испытания полимерных шпунтовых свай

8.1 Общие положения

8.1.1 Испытания шпунтовых свай следует выполнять в соответствии с требованиями СП 24.13330.

8.1.2 Несущая способность шпунтовых свай в полевых условиях может быть определена следующими методами: статическими испытаниями шпунтовых свай, динамическими испытаниями шпунтовых свай, испытаниями грунтов эталонной сваей, испытаниями грунтов статическим зондированием. Количество испытаний шпунтовых свай определяется проектом в зависимости от сложности грунтовых условий, величины нагрузок, передаваемых на основание и числа типоразмеров шпунтовых свай. Для определения несущей способности шпунтовых свай по результатам полевых испытаний для каждого объекта строительства КС-3 и КС-2 рекомендуется проводить:

– статические испытания шпунтовых свай – до 1 % от общего числа шпунтовых свай на объекте, но не менее трех для сооружений класса КС-2 и четырех – для сооружений класса КС-3;

– динамические испытания шпунтовых свай – до 2 % от общего числа шпунтовых свай на объекте, но не менее шести для сооружений класса КС-2 и девяти – для сооружений класса КС-3;

– испытания грунтов статическим зондированием – не менее шести точек для сооружений класса КС-2 и девяти – для сооружений класса КС-3.

8.1.3 Испытания шпунтовых свай статической и динамической нагрузками и испытания грунтов эталонной сваей следует производить, соблюдая требования ГОСТ 5686-69, а испытания грунтов статическим зондированием – ГОСТ 19912-2012.

8.1.4 Несущую способность F_d, кН, шпунтовых свай по результатам их испытаний вдавливающей, выдергивающей и горизонтальной статическими нагрузками, а также по результатам их динамических испытаний следует определять по формуле:

$$F_d = \gamma_c \cdot F_{u,n} / \gamma_{cg}, \qquad (9)$$

где γ_c – коэффициент условий работы шпунтовой сваи; в случае вдавливающих или горизонтальных нагрузок γ_c=1;

$F_{u,n}$ – нормативное значение предельного сопротивления шпунтовой сваи, кН;

γ_{cg} – коэффициент надежности по грунту.

Примечание:

Результаты статических испытаний шпунтовых свай на горизонтальные нагрузки могут быть использованы для непосредственного определения расчетной нагрузки, допускаемой на шпунтовую сваю, если условия испытаний соответствуют действительным условиям работы шпунтовой сваи.

8.1.5 В случае если число одинаковых шпунтовых свай, испытанных в одинаковых грунтовых условиях, составляет менее шести, нормативное значение предельного сопротивления шпунтовой сваи следует принимать равным наименьшему предельному сопротивлению, полученному из результатов испытаний, т.е. $F_{u,n} = F_{u,min}$, а коэффициент надежности по грунту γ_{cg} = 1.

8.1.6 В случае если число шпунтовых свай, испытанных в одинаковых условиях, составляет шесть и более, $F_{u,n}$ и $F_{u,min}$ следует определять на ос-

новании результатов статистической обработки частных значений предельных сопротивлений свай F_u, полученных по данным испытаний при значении доверительной вероятности $a = 0,95$.

Примечание:

При специальном обосновании допускается проведение испытания одной шпунтовой сваи в месте, имеющем наиболее неблагоприятные условия на участке строительства.

8.2 Пробные испытания

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

8.2.2 Пробные испытания проводятся в полевых, заводских или лабораторных условиях.

8.2.3 Заводские или лабораторные испытания должны включать в себя: испытания на прочность элементов конструкции шпунтовой сваи, материалов, отработку технологии изготовления элементов и сборки конструкции.

8.2.4 Пробные полевые испытания шпунтовых свай на выдергивание проводят, как правило, на месте строительства, располагая заделку в грунтовых слоях, намеченных проектом.

8.2.5 Количество шпунтовых свай, подвергаемых пробным полевым испытаниям на выдергивание, рекомендуется принимать не менее трех.

Примечание:

В случае если шпунтовые сваи имеют заделку в разных слоях грунта, испытаниям рекомендуется подвергать не менее трех для каждого слоя.

8.2.6 Часть шпунтовых свай, подвергаемых пробным испытаниям на выдергивание, но не менее двух, следует доводить до разрушения с целью установления предельной нагрузки, соответствующей потере несущей способности по грунту.

8.2.7 При проведении пробных полевых испытаний на выдергивание следует зафиксировать следующие данные: гидрогеологические и грунтовые условия на месте испытания (деформационные характеристики грунтов следует определять прессиометрическими испытаниями), тип оборудования, продолжительность проходки, метеорологические условия проведения испытаний; полные данные об испытании.

8.2.8 После завершения пробных полевых испытаний следует откопать шпунтовые сваи и установить: общее состояние; длину, конфигурацию и размеры заделки, вид и характер разрушения; вид грунта и его характеристики.

8.3 Контрольные испытания

8.3.1 Контрольные испытания шпунтовых свай следует производить в процессе строительства для контроля соответствия их несущей способности расчетным нагрузкам, предусмотренным проектом. Количество шпунтовых свай, подвергаемых контрольным испытаниям, определяют проектом; рекомендуется подвергать испытаниям не менее одной из каждых десяти установленных шпунтовых свай.

8.3.2 Для того чтобы установить, соответствуют ли характеристики грунта проектным предположениям, следует, по меньшей мере, документировать данные по установке нескольких шпунтовых свай.

8.3.3 В случае если шпунтовые сваи, согласно проекту должны переносить вертикальные нагрузки, то документировать следует, по меньшей мере, данные по установке, относящиеся к последнему метру, исключая случай расположения шпунтовых свай на или в скальной породе. В этом случае,

чтобы выяснить была ли достигнута требуемая глубина проникновения, надзор производится в соответствии с данными проекта.

8.3.4 Если горизонты грунтовых и свободных вод согласно проекту представляют собой критические параметры, то они должны контролироваться через промежутки времени, которые достаточно непродолжительны, чтобы получить содержательную картину относительно горизонтов вод.

8.3.5 Горизонтальные смещения в верхней части стенки из шпунтовых свай должны периодически и с подобающей точностью в предварительно установленных точках измеряться таким образом, чтобы результаты могли быть сравнены с деформациями, ожидаемыми в соответствии с проектом.

8.3.6 В случае установки комбинированной стенки из шпунтовых свай по меньшей мере в нескольких промежуточных элементах следует использовать индикаторы разрыва замков. Их использование необходимо по всей глубине вместе с регистрацией данных по установке. Для контроля возможных разрывов замков рекомендуется использовать протокол установки.

Примечание:

Контроль данных по установке при наличии сложных условий зачастую предоставляет лишь приблизительные данные относительно возможного разрыва замков.

Индикаторы разрыва замков могут быть полезны для проверки целостности шпунтовой стенки после окончания ее производства.

8.3.7 Во время извлечения шпунтовых свай и несущих элементов, время извлечения каждой шпунтовой сваи и каждого несущего элемента следует документировать. Для некоторых шпунтовых свай или элементов следует регистрировать смещения грунта.

8.3.8 Остаточные перемещения, вызванные испытательными нагрузками, не должны быть больше значений, полученных при пробных испытаниях для соответствующих нагрузок. Если результаты не удовлетворительны, то решение о пригодности шпунтовых свай принимает проектная организация.

8.3.9 Для постоянной конструкции стенки из шпунтовых свай, в наличии должны иметься отчеты о ходе строительства, включающие в себя отчеты обо всех особенностях имевших место во время проведения строительного надзора, а также во время испытаний и контрольных мероприятий, проводимых на строительной площадке.

8.3.10 Итоговые отчеты должны включать в себя следующие позиции:

– расположение конструкции стенки из шпунтовых свай относительно неизменных тригонометрических точек или линий, включая вспомогательные конструкции, остающиеся в грунте;

– список с указаниями, касающимися использования, технического обслуживания и инспекции строительной конструкции;

– предписанную в проекте информацию, касающуюся горизонта грунтовых вод и давления поровой воды;

– специальные инструкции относительно эксплуатации после окончания работ, насколько это кажется необходимым на основании наблюдений, произведенных во время выполнения работ;

– инструкцию относительно дренажной системы, методов и временных интервалов;

– ограничения, касающиеся дополнительных нагрузок за стенкой;

– деформации шпунтовой стенки, возникшие во время выполнения работ по ее сооружению;

– происшествия, имевшие отрицательное воздействие на сооружение стенки и предпринятые мероприятия по их устранению;

– зарегистрированные на близлежащих строительных конструкциях повреждения;

– результаты испытаний по установке и испытаний нагрузкой.

8.4 Приемочные испытания

8.4.1 Приемочные испытания шпунтовых свай проводят с целью проверки несущей способности каждой изготовленной шпунтовой сваи.

8.4.2 Приемочным испытаниям подлежат все шпунтовые сваи, за исключением шпунтовых свай, на которых были проведены контрольные испытания.

8.4.3 По результатам приемочных испытаний составляют и подписывают совместный акт производителя работ, проектной организации, генподрядчика и заказчика о сдаче-приемке данного участка крепления. К акту должны быть приложены ведомости приемочных испытаний всех установленных шпунтовых свай, акт пробных или контрольных испытаний.

9 Организация строительно-монтажных работ

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

9.2 Устройство шпунтовых свай 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 шпунтовых свай включают подготовительные (см. 9.4) и основные (см. 9.5) работы.

9.4 Подготовительные работы для производства строительно-монтажных работ шпунтовых свай 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 погружение несущих элементов полимерных шпунтовых свай.

9.6 При определении последовательности и способа погружения несущих элементов шпунтовых свай следует учитывать:

– технологию устройства полимерных шпунтовых свай;

– условия погружения;

– метод и оборудование.

9.7 Подпорные стены из полимерных шпунтовых свай следует возводить в соответствии с требованиями проекта, ПОС, ППР и настоящих рекомендаций. Все отступления от проекта следует предварительно согласовывать с полномочными представителями проектной организации.

9.8 Подготовительные работы, в соответствии с ППР должны содержать:

– указания по проведению подготовительных работ;

– технологические схемы производства работ;

– указания по проверке и эксплуатации оборудования;

– схему движения машин и механизмов на строительной площадке;

– последовательность погружения полимерных шпунтовых свай при возведении подпорных стен;

– требования к строительным материалам и вспомогательным конструкциям (траверсам, наголовникам, кондукторам, грунту засыпки, бетону, антикоррозийным грунтовкам и краскам и т. д.);

– методы контроля качества технологически процессов и этапов работы.

9.9 Погружению полимерных шпунтовых свай должно предшествовать выполнение следующих работ:

– ознакомление ИТР и рабочих с проектом, в том числе ППР;

– разбивка и закрепление главных осей подпорных стен, вынос в зону работ высотного репера, создание строительной сети, закрепление в натуре границ строительной площадки;

– приемка (входной контроль) полимерных шпунтовых свай и других узлов и деталей подпорной стены и соответствующая их подготовка к погружению;

– подготовка и опробование механизмов и машин и вспомогательных устройств, предусмотренных к использованию на строительной площадке;

– промеры глубин на участке возведения подпорной стены, в том числе проверка соответствия подводного откоса проекту при строительстве больверка на водном объекте;

– обследование грунтового массива на наличие камней и валунов, в том числе геофизическими методами в створах погружения полимерных шпунтовых свай;

– устройство (в соответствии с ППР) подъездных дорог, площадок складирования, бетоноузлов, линий электроснабжения, наружного освещения строительной площадки, служебно-бытовых помещений и поста оказания первой медицинской помощи.

9.10 В связи с тем, что полимерные шпунтовые сваи подпорных стен, как правило, погружают в стесненных условиях, вблизи зданий со старыми фундаментами, следует до начала погружения свай выполнить вскрышные работы (желательно на глубину техногенных ИГЭ), удалить посторонние крупногабаритные предметы.

Погружение полимерных шпунтовых свай рекомендуется начинать со свай, расположенных в непосредственной близости от существующих фундаментов зданий (сооружений).

9.11 Для обеспечения сохранности существующих зданий (сооружений), устойчивости откосов строительной площадки, вблизи которых производится возведение подпорных стен, погружение полимерных шпунтовых свай следует выполнять строго по проекту производства работ, в котором должны быть указаны особенности данной строительной площадки, а также опасные и вредные факторы по ГОСТ 12.0.003-74.

9.12 Строительная площадка, в соответствии с требованиями проектной документации, должна отвечать противопожарным нормам и правилам, нормам и правилам электробезопасности, а также действующим нормативным документам, учитывающим специфические особенности выполняемых работ.

9.13 При устройстве подпорных стен замкнутых в плане, погружение до заданной проектом отметки полимерных шпунтовых свай следует производить, как правило, после предварительной сборки конструкции до полного замыкания.

9.14 Для повышения надежности работ на этапах возведения и эксплуатации шпунтовых стен должен выполняться комплекс мероприятий по организации отведения поверхностных (ливневых) и грунтовых вод.

9.15 Общие решения по отводу воды от стенки из шпунтовых свай разрабатывает проектная организация на основе расчетов стока поверхностных и дренажных вод, расчетов кривой депрессии и предотвращения появления барражного эффекта.

9.16 Отвод поверхностных вод в период строительства следует выполнить с помощью нагорных канав расчетного профиля, планировки поверхности и придания ей расчетных уклонов.

Для отвода грунтовой воды отсыпают, после погружения шпунта, до проектных отметок дренажные призмы. В шпунте устраивают сливные клапана (отверстия) расчетного поперечного сечения для организованного отвода грунтовой воды, снятия давления, повышения надежности и уровня безопасности сооружения со стенами из шпунтовых свай.

9.17 При отводе поверхностных и подземных вод следует исключать подтопление сооружений, образование оползней, размыв грунта и заболачивание местности.

9.18 Постоянные водо-понизительные и водоотводящиеящие устройства, используемые в период строительства, при сдаче в эксплуатацию сооружения должны соответствовать требованиям проекта.

9.19 Водонепроницаемость стенки из полимерных шпунтовых свай обеспечивается в соответствии с требованиями проекта и настоящих рекомендаций.

Водонепроницаемость полимерных стен из шпунтовых свай после погружения шпунта до проектных отметок достигается за счёт конструктивных особенностей замкового устройства данного вида шпунтин. Замки выполнены более плотно (по принципу лабиринтного уплотнения), что позволят за короткое время стыкам (швам) забиться мелким песком для полной изоляции. Как правило, не требуется дополнительных изолирующих материалов.

При необходимости – предусмотреть иньектирование в замковое соединение шпунтин водонепроницаемых материалов, например, герметиков на основе гидроактивных однокомпонентных полиуретановых составов низкой вязкости, которые при взаимодействии с водой многократно увеличиваются в объеме.

9.20 Земляные работы по заполнению пазух грунтом должны производиться в соответствии с указаниями СП 45.13330, СП 80.13330, настоящих рекомендаций и ППР, в котором должны быть указаны способы и очередность выполнения работ.

9.21 Перед заполнением пазух грунтом должно быть произведено освидетельствование готовности шпунтовой стенки и соответствие проекту выполненных ее элементов, в том числе анкерных креплений и устройств, обеспечивающих грунтонепроницаемость. В пазухе не должно быть строительного мусора, снега и льда.

9.22 В проекте должны быть указаны типы и физико-механические характеристики грунтов, предназначенных для устройства обратных засыпок. Если в тылу стенки из шпунтовых свай находятся слабые илистые грунты, то в ПОС должны быть предусмотрены специальные меры для предотвращения подвижек их в сторону шпунтовой стенки в процессе засыпки.

9.23 Засыпку грунтовых пазух выполняют, как правило, из песчаного водопроницаемого грунта, коэффициент фильтрации $K_ф$ которого более

1,0 м/сут. Грунт засыпки должен быть непучинистым (ГОСТ 25100-2011) и не содержащем в своем составе органических и водорастворимых примесей. Для засыпки наиболее приемлемы песчаные кварцевые пески средней крупности по ГОСТ 25100-2011.

9.24 Грунты засыпки следует уплотнять до плотности, приведенной в проектной документации. Как правило, степень плотности грунта I_d должна быть не менее 0,95... 0,98.

9.25 Опытное уплотнение грунтов выполняют в соответствии с требованиями СП 45.13330.2012 с целью установления максимальной объемной массы песка, величины оптимальной влажности, толщины уплотняемого слоя, необходимого числа ударов трамбовки для достижения проектных показателей.

9.26 В процессе устройства грунтовой засыпки стенки из шпунтовых свай осуществляют систематический пооперационный контроль, выявляя следующие показатели:

– качество выполнения работ по подготовке дна и откоса пазух;

– соответствие отсыпаемого грунта принятому в ППР;

– толщина отсыпаемого слоя грунта;

– влажность отсыпаемого грунта;

– число прохода грунтоуплотняющих машин;

– степень плотности грунта.

9.27 Степень плотности грунта определяют режущим кольцом, зондированием, динамическим пенетрометром. При недостаточной степени уплотнения, грунт в пределах выделенного участка, дополнительно уплотняют.

9.28 В процессе устройства грунтовой засыпки следует принять меры, исключающие повреждение анкерных тяг и анкерных свай, а также их антикоррозийного покрытия. Песок в тело стенки из шпунтовых свай, щебень или камень в упорную призму и обратный фильтр рекомендуется отсыпать с применением устройства, предохраняющего анкерные тяги и анкерные сваи.

9.29 При заполнении пазух намывом грунта не допускается одновременно разработка грунта земснарядом перед стенкой из шпунтовых свай. В процессе производства намывных работ контролируют напор воды в обратной засыпке, размещая не менее двух пьезометров на 25 м шпунтовой стенки. По окончании намывных работ разбирают водосбросные пульпопроводы на глубину не менее 1,5 м от проектной поверхности территории и засыпают грунтом с уплотнением.

9.30 Сдачу-приемку работ по уплотнению грунта, обратной засыпке пазух производят по данным журнала производства работ, исполнительной схеме, результатам послойного контроля плотности и влажности грунта.

9.31 Для условий Севера и возведения шпунтовой стенки зимой на талых грунтах используют все марки полимерных шпунтовых свай, которые применяются в аналогичных геологических и гидрологических условиях в районах с умеренным климатом. С целью обеспечения условий погружения шпунтовых свай зимой и для условий Севера стенку из шпунтовых свай рекомендуется располагать в русловой части акватории, чтобы погружение шпунта производилось не в мёрзлый грунт.

9.32 Все работы по возведению шпунтовых стен из полимерных шпунтовых свай при наступлении отрицательных температур должны выполняться в строгом соответствии с ППР и требованиями настоящих Рекомендаций.

9.33 В ППР должны быть отражены конкретные организационные и технологические решения, обеспечивающие безопасность выполняемых работ при наступлении отрицательных температур.

9.34 Персонал производственных организаций, привлекаемый для подготовки и выполнения работ по погружению шпунтовых свай, до начала производства работ должен изучить и в дальнейшем выполнять требования ППР.

9.35 Выполнение работ по погружению полимерных шпунтовых свай в русле рек в период осеннего ледостава и весеннего ледохода запрещено.

9.36 Ремонт оборудования для погружения полимерных шпунтовых свай, находящегося на плаву, необходимо выполнять на палубе плашкоута

после его надежного закрепления. Ремонт на воде и неустойчивом основании запрещен.

9.37 Строительство больверков из полимерных шпунтовых свай при отрицательных температурах, зимой и в Северной климатической зоне имеет ряд специфических особенностей, влияющих на выбор конструкции шпунтовых свай и на технологию возведения больверка.

Особенности гидрологического и ледового режимов оказывают существенное влияние на выбор места строительства стенки из полимерных шпунтовых свай. Наиболее предпочтительным является размещение больверка на защищенных от навала льда акваториях. В искусственно созданных ковшах, в том числе на период строительства, в перегороженных с верховой стороны протоках или под защитой ограждающих дамб.

9.40 При возведении стен из полимерных шпунтовых свай следует учитывать, что в период весеннего паводка грунтовая засыпка, как правило, приморожена. В связи с этим ледовые нагрузки, действующие на стенку из полимерных шпунтовых свай в период строительства, в значительной степени воспринимаются мерзлым грунтом, имеющим плотность ниже предусмотренной проектом.

9.41 В соответствии с проектной документацией мерзлые грунты могут быть использованы в стенке из полимерных шпунтовых свай по I принципу (сохранение грунта в мерзлом состоянии в процессе строительства и в течении всего периода эксплуатации) или по II принципу – вечномерзлые грунты используются в оттаявшем состоянии в пределах заданной глубины.

Для каждой шпунтовой стенки из полимерного шпунта рекомендуется применять один принцип использования вечномерзлых грунтов.

9.42 Погружение шпунтовых свай в вечномерзлые грунты, используемые по I принципу (в мерзлом состоянии) осуществляется буроопускным, опускным (в предварительно вырытую траншею).

9.43 Буроопускной способ погружения шпунтовых свай применяется при средней температуре вечномерзлого грунта по длине шпунта минус

0,5°С (и ниже), при этом полимерные шпунтовые сваи погружают в предварительно пробуренные скважины.

9.44 Стенки из полимерных шпунтовых свай принимаются в соответствии с требованиями проектной документации, указаниями СП 68.13330.2011, ВСН34-91 и настоящих Рекомендаций.

9.45 При приемке стенки из шпунтовых свай представляются журналы погружения шпунтовых свай и других элементов, которые передаются заказчику. К журналам прилагаются плановые и профильные схемы погружения шпунтовых свай и анкерных свай (якорей), сводная ведомость погружения элементов с указанием их номеров и отступлений от проектного решения. Для шпунтового ряда вычерчивается фасадный чертеж с указанием исполнительного положения каждой шпунтины. В случае применения подмыва необходимо указать в журнале, на каких отметках начато и закончено применение этого метода.

9.46 Состав приемочной комиссии и порядок ее работы устанавливаются заказчиком и строительной организацией.

9.47 Проверка отклонений шпунтовых свай производится до срезки и какой-либо выправки шпунтовых стен. Точность измерений плановых отклонений должна составлять 10 мм, а отклонений от вертикали – 1,0 %.

9.48 Отклонения полимерных шпунтовых свай от проектного положения сооружения в плане и по высоте не должны превышать величин, указанных в таблице 2.

9.49 Проектная организация имеет право устанавливать допуски отклонения полимерных шпунтовых свай от проектного положения менее указанных в таблице 2. При этом она должна разработать соответствующие направляющие, каркасы, кондукторы или шаблоны, обеспечивающие соблюдение указанных допусков отклонений.

9.50 При производстве работ по строительству стен из полимерных шпунтовых свай должны соблюдаться требования СНиП 12-04-2002 «Правила по охране труда при производстве строительно-монтажных работ по по-

стройке портовых гидротехнических сооружении», а также правила и требования органов Государственного надзора.

9.51 Применяемые при производстве шпунтовых работ плавучие средства и береговые механизмы и оборудование должны эксплуатироваться с соблюдением требований Регистра и Госгортехнадзора.

9.52 Максимальная допустимая балльность волнения, при которой разрешается производство работ по погружению шпунтовых свай, устанавливается в ППР в зависимости от технических характеристик основной несущей машины (плавучего крана, плавучей платформы, самоподъемной платформы и т.д.) и от местных условий.

Таблица 2 – Контролируемые показатели, объемы контроля работ по устройству стен из шпунтовых свай.

Параметр контроля	Допустимое предельное отклонение	Объем контроля
Величина отказа забивамых шпунтовых свай	Соответствует расчетной величине	Для каждой шпунтовой сваи
Глубина погружения	Соответствует расчетной величине	Для каждой шпунтовой сваи
Амплитуда колебаний в конце вибропогружения	Соответствует расчетной величине	Для каждой шпунтовой сваи
Отметки голов свай	±5 см	±5 см
Отклонения в плане	±5 см	20 % свай, случайно выбранных
Положение в плане	±15 см	20 % свай, случайно выбранных
Клиновидность	0,01 %	10 % всех свай
Наличие течей сквозь швы	Соответствие	Технический метод

Работы по погружению шпунтовых свай допускается производить при волнении не более одного балла (высота волны до 0,25 м), если применяют плавучие краны водоизмещением до 500 т. При использовании самоподъемных платформ допускается производить работы по погружению полимерных шпунтовых свай при волнении не более двух баллов (высота волны до 0,75 м) и скорости ветра более четырех баллов (7,4 м/с).

9.53 Все подъемно-транспортные операции должны выполняться с соблюдением требований СНиП 12-04-2002, ГОСТ 12.3.009-76 и настоящих Рекомендаций.

10 Геотехнический мониторинг

10.1 Геотехнический мониторинг рекомендуется проводить для вновь возводимых или реконструируемых сооружений с применением шпунтовых свай, 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, а также [21]. Также методика геотехнического мониторинга должна быть увязана с требованиями ГОСТ 24846-2012 и ГОСТ 31937-2011.

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 в период строительства и на начальном этапе эксплуатации вновь возводимых или реконструируемых сооружений из шпунтовых свай до стабилизации, но не менее одного года с момента сдачи сооружений в эксплуатацию. При отсутствии стабилизации геотехнический мониторинг требуется продлевать.

10.5 Геотехнический мониторинг шпунтовых свай 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 шпунтовых свай разрабатывается согласно требованиям [21] и содержит:

– общие сведения об объекте геотехнического мониторинга;

– инженерно-геологические и гидрогеологические условия;

– 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;

– 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;

– сведения по охране труда.

10.7 Состав, объем и периодичность наблюдений геотехнического мониторинга полимерных шпунтовых свай 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 шпунтовых свай может предусматривать выполнение следующих 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 шпунтовых свай выполняются за состоянием прилегающей геологической среды в рамках мониторинга опасных оползневых процессов [21].

10.10 Для сооружений с применением шпунтовых свай, 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 шпунтовых свай. При визуальном наблюдении шпунтовых свай фиксируются трещины, сколы, следы разрушения и т. д.

10.12 Состав полевых работ 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.).

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

10.15 Методика геодезических наблюдений за шпунтовая сваями определяется в зависимости от инженерно-геологических условий [1, 2] и необходимого класса точности измерений. Подробные описания геодезических методов наблюдений представлены в ГОСТ 24846-2012.

10.16 Точность измерений при геодезических наблюдениях определяется в зависимости от ожидаемого значения перемещения, установленного проектом, а также в соответствии с ГОСТ 31937-2011 и иными регламентирующими документами.

10.17 Геодезические наблюдения надземных частей шпунтовых свай, как правило, выполняют с помощью высокоточных 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 высотно-плановых 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 с применением датчиков деформации.

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 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.

10.23 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.

10.24 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.

10.25 При геотехническом мониторинге сооружений с применением шпунтовых свай рекомендуется контролировать следующие параметры:

– целостность надземных элементов;

– плановое и высотное смещение надземной части;

– напряжения.

10.26 Целостность (трещины, обводнения и т. д.) надземной части шпунтовых свай определяются по результатам выполнения визуальных наблюдений (см. 10.27).

10.27 При обнаружении в ходе визуальных наблюдений дефектов и деформаций рекомендуется выполнять их замер, описание и фотофиксацию. Визуальные наблюдения рекомендуется выполнять с периодичностью не реже одного раза в неделю.

10.29 Высотно-плановое перемещение надземных частей шпунтовых свай определяется по результатам выполнения геодезических наблюдений.

10.30 Геодезические наблюдения шпунтовых свай рекомендуется выполнять в различных инженерно-геологических условиях на всех категориях дорог. Объем и периодичность геодезических наблюдений планово-высотного смещения шпунтовых свай определяется в зависимости от категории защищаемого участка автомобильной дороги, сложности инженерно-геологических условий и процессов, а также скорости развития деформаций.

10.30.1 При защите автомобильной дороги I и II категории и отсутствии деформаций в элементах шпунтовых свай геодезические наблюдения рекомендуется выполнять с периодичностью не реже двух раз в месяц, при III, IV и V категории – не реже одного раза в месяц.

10.30.2 В указанных условиях деформационные марки следует размещать на шпунтовая сваях, расположенных в самых неблагоприятных грунтовых условиях, характеризуемых трещиноватостью, обводненностью и т. д.

10.30.3 При воздействии оползневых процессов деформационные марки следует устанавливать на все шпунтовые сваи, расположенные в границах оползня.

10.30.4 При влиянии оползневых процессов и обнаружении смещений (деформаций) шпунтовых свай геодезические наблюдения рекомендуется выполнять с периодичность от двух раз в неделю до ежедневных. В случае возникновения критических смещений (деформаций) допускается проведение круглосуточных наблюдений.

10.31 Инклинометрические наблюдения проводятся для определения положения поверхности (зоны) смещения оползней, разницы в величине и скорости оползневых деформаций по всей глубине скважины. Для выполнения инклинометрических наблюдений в рамках геотехнического мониторинга используется сеть инклинометрических скважин смонтированных на стадии строительства.

10.32 Измерения необходимо производить по двум взаимно перпендикулярным плоскостям, с разворотом измерительного зонда на 180° в каждой плоскости. Результаты первого измерения по всей длине скважины принимаются за исходные данные. Исходные данные вычитаются из дальнейших замеров. В итоге получается смещение в определенной точке за период времени. Направление реального смещения в пространстве определяется по геометрической сумме двух векторов смещения.

10.33 В процессе геотехнического мониторинга требуется выполнять камеральную обработку и комплексный анализ полученных материалов, на основании которого оценивается работоспособность шпунтовых свай. Камеральную обработку и комплексный анализ результатов геотехнического мониторинга рекомендуется осуществлять в соответствии с положениями ГОСТ 24846-2012, ГОСТ 31937-2012, СП 22.13330-2016, [22].

10.34 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. 10.33);

– промежуточные отчеты (см. 10.34);

– итоговый (заключительный) отчет (см. 10.35).

10.35 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 параметров;

– характеристики применяемого оборудования;

– результаты оценки точности измерений;

– схемы с фактическим расположением измерительного оборудования;

– результаты первых измерений контролируемых параметров.

10.36 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.);

– рекомендации по мероприятиям инженерной защиты и ликвидации неблагоприятных условий.

10.37 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)

Область применения полимерного шпунта ГШ-500

Таблица А.1 – Область применения шпунта ГШ-500 на основе приближенных расчетов P_{max}, M_{max} и u_{max} в расчетном программном комплексе «*Plaxis*»

Сочетание нагрузок	Консоль h, м	Несущая способность шпунта, кН/м^2		Изгибающий момент кНм		Перемещение, мм	
		P_{max}	P_{ult}	M_{max}	M_{ult}	u_{max}	u_{ult}
Основное сочетание	1,0	12,6	14,8	0,7	68,5	3	0
	2,0	10,4		1,3		6	26
	2,5	6,0		3,3		25	33

1 Индекс «ult» означает предельные величины активного давления грунта P_{ult}, изгибающего момента M_{ult} и перемещения u_{ult}, воспринимаемые сооружением.

2 Максимальные величины активного давления грунта P_{max}, изгибающего момента M_{max} и перемещения u_{max} определены путем выполнения многократных расчетных итераций в программном комплексе «*Plaxis*» с различными физико-механическими свойствами грунтов.

Таблица А.2 – Область применения комбинированного сооружения из шпунта ГШ-500 и одного яруса анкерных свай на основе приближенных расчетов P_{max}, M_{max} и u_{max} в расчетном программном комплексе «*Plaxis*»

Сочетание нагрузок	Консоль h, м	Несущая способность шпунта, кН/м^2		Изгибающий момент кНм		Перемещение, мм	
		P_{max}	P_{ult}	M_{max}	M_{ult}	u_{max}	u_{ult}
Основное сочетание	1,0	47,7	52,4	0,2	68,5	1	0
	2,0	43,0		0,7		3	26
	3,0	38,3		1,6		6	40
	4,0	33,5		5,2		20	53
Особое сочетание (сейсмика 7 баллов)	1,0	44,8		0,5		3	0
	2,0	37,2		1,0		5	26
	3,0	29,7		2,4		12	40
	4,0	22,0		6,2		22	53
Особое сочетание (сейсмика 8 баллов)	1,0	41,9		0,9		4	0
	2,0	31,4		1,2		9	26
	3,0	21,0		3,2		17	40
	4,0	10,5		7,1		25	53

Таблица А.3 – Область применения комбинированного сооружения из шпунта ГШ-500 и двух ярусов анкерных свай на основе приближенных расчетов P_{max}, M_{max} и u_{max} в расчетном программном комплексе «*Plaxis*»

Сочетание нагрузок	Консоль h, м	Несущая способность шпунта, кН/м^2		Изгибающий момент кНм		Перемещение, мм	
		P_{max}	P_{ult}	M_{max}	M_{ult}	u_{max}	u_{ult}
Основное сочетание	1,0	69,9	70,8	0,0	68,5	1	0
	2,0	69,0		0,1		6	26
	3,0	67,1		1,8		7	40
	4,0	65,3		4,6		7	53
	5,0	63,4		9,4		19	67
	6,0	61,4		15,2		33	80
Особое сочетание (сейсмика 7 баллов)	1,0	68,8		0,0		1	0
	2,0	66,9		0,1		6	26
	3,0	63,0		1,6		8	40
	4,0	59,0		4,7		12	53
	5,0	55,1		9,8		26	67
	6,0	51,2		15,5		39	80
Особое сочетание (сейсмика 8 баллов)	1,0	66,8		0,0		1	0
	2,0	62,9		0,1		6	26
	3,0	55,0		2,6		10	40
	4,0	47,1		5,8		16	53
	5,0	39,2		11,2		31	67
	6,0	31,3		16,6		44	80
Особое сочетание (сейсмика 9 баллов)	1,0	64,9		0,0		1	0
	2,0	59,0		0,1		6	26
	3,0	47,2		3,5		12	40
	4,0	35,4		6,8		19	53
	5,0	23,6		12,6		35	67
	6,0	11,8		17,7		49	80

3 Величины предельных перемещений шпунта u_{ult} определены согласно СП 20.13330.2016 и не должны превышать 1/75 вылета консоли под действием постоянных, длительных и кратковременных нагрузок.

Приложение Б
(рекомендуемое)
Пример расчета устойчивости удерживающего сооружения из шпунта ГШ-500 и одного яруса анкерных свай с применением расчетного программного комплекса «*Plaxis*»

Б.1 Исходные данные для расчета

Б.1.1 Целью расчета является определение максимальных усилий, возникающих в полимерном шпунте и анкерных сваях при величине консоли сооружения УС-1 до 4,0 м. По результатам инженерно-геологических изысканий построен расчетный инженерно-геологический разрез (рисунок Б.1.1).

Б.1.2 Физико-механические характеристики грунтов ИГЭ-1 и ИГЭ-2 представлены в таблице Б.1.1 настоящего отраслевого документа.

Таблица Б.1.1 – Грунтовые характеристики для выполнения расчетов

Наименование	Параметр	Ед. изм.	Грунтовые характеристики	
			ИГЭ-1 глина твердая	ИГЭ-2 аргиллит низкой прочности
Удельный вес грунта в естественном состоянии	$\gamma_{ест}$	кН/м^3	18,3	21,9
Удельный вес частиц грунта	$\gamma_{частиц}$	кН/м^3	27,4	27,3
Удельный вес воды	$\gamma_{воды}$	кН/м^3	10,0	10,0
Коэффициент пористости	e	д.е.	0,8	0,4
Удельный вес грунта в водонасыщенном состоянии	$\gamma_{вод.гр.}$	кН/м^3	19,7	22,5
Модуль деформации	$E_{деф}$	кПа	6 200,0	50 000,0
Коэффициент поперечной деформации (Пуассона)	ν	д.е.	0,3	0,2
Сцепление	c	кПа	12,0	–
Угол внутреннего трения	φ	град.	10,0	–
Прочность на сжатие	$R_{сж. сух.}$	кПа	–	11 800,0
Коэффициент	GSI	–	–	15,0
Коэффициент	m	–	–	4,0
Расчетная модель			*Мора-Кулона*	*Хоека-Брауна*

Б.1.3 В качестве комбинированного удерживающего сооружения УС-1 рассмотрен полимерный шпунт ГШ-500 длиной l=10,0 м с одним ярусом анкерных свай. Длина анкерных свай составляет 9,0 м. Полимерный шпунт ГШ-500 согласно результатам расчетов

(таблица Б.1.2) обладает низкой изгибной жесткостью (EI=446 кНм^2/м) в связи с чем анкерные сваи закреплены в верхней части шпунтового ограждения (рисунок Б.1.1).

Таблица Б.1.2 – Изгибная и осевая жесткость полимерного шпунта ГШ-500

Наименование параметра	Условное обозначение	Единицы измерения	Величина
Момент сопротивления сечения	W	[см^3]	1050
Момент инерции сечения	I	[см^4]	12391
Предел прочности при изгибе	R_y	[Н/мм^2]	65
Модуль упругости стали при изгибе	E_s	[кПа]	3 600 000
Вес 1 п. м. ограждения	ω	[кг/м^2]	29
Площадь сечения 1 п. м. стены	A	[см^2]	196
Изгибная жесткость сечения (EI)	B_I	[кПа*м^4]	446
Нормальная жесткость сечения (EA)	B_A	[кПа*м^2]	70 560
Предельный изгибающий момент сечения	M_{ult}	[кН*м]	68,5
Вес 1 п. м. элемента	ω	[кН/м]	0,3

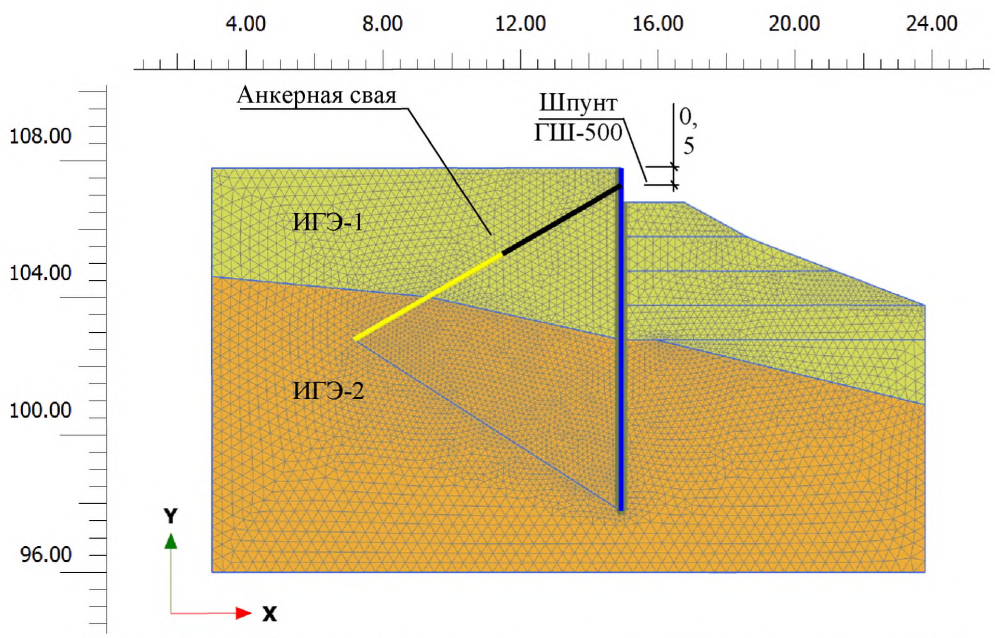


Рисунок Б.1.3 – Расчетный инженерно-геологический разрез (расчетная схема) с учетом удерживающего сооружения УС-1

Б.1.4 В качестве анкерного крепления шпунтового ограждения применяются наиболее распространенные грунтовые анкера типоразмером 30/16 (диаметр буровой коронки d=0,046 мм). Длина анкерной сваи принята l=9,0 м. Глубина заделки анкера составляет

5,0 м, в несущий слой (ИГЭ-2) – 2,5 м. Шаг анкерных свай в плане составляет 3,0 м. Жесткость анкерной сваи приведена в таблице Б.3. Анкерные сваи закреплены на 0,5 м ниже верхней части шпунта ГШ-500.

Таблица Б.1.3 – Определение жесткости анкерной сваи

Наименование параметра	Условное обозначение	Единицы измерения	Величина
Диаметр корня анкера	D	[мм]	50
Площадь сечения тяги анкера	A_n	[мм^2]	340
Шаг анкерных свай	S_h	[м]	3
Модуль упругости тяги анкера	E_n	[кПа]	210 000 000
Начальный модуль упругости бетона	E_b	[кПа]	30 000 000
Площадь поперечного сечения корня анкера	A	[см^2]	20
Момент инерции поперечного сечения анкера	I	[см^4]	20
Модуль деформации бетона	E	[кПа]	24 000 000
Площадь поперечного сечения бетона корня анкера	A_b	[см^2]	10
Изгибная жесткость сечения анкера *(EI)*	B_I	[кПа*м^4]	14
Нормальная жесткость сечения анкера *(EA)*	B_A	[кПа*м^2]	82 001
Изгибная жесткость сечения анкера с учетом шага (EI/S_h)	$B_{I,S}$	[кПа*м^4/м]	5
Нормальная жесткость сечения анкера с учетом шага (EA/S_h)	$B_{A,S}$	[кПа*м^2/м]	27 334

Б.1.5 Расчет несущей способности анкерной сваи выполнен согласно методике расчета СТО-ГК Трансстрой-023-2007 [27]. Результаты несущей способности анкерной сваи представлен в таблицах Б.1.4 и Б.1.5.

Б.1.6 Раскрытие котлована выполняется уступами по 2,0 м (верхняя часть) и 1,0 м. Максимальная выемка грунта не превышает 4,0 м. Глубина защемления l полимерного шпунта ГШ-500 исходя из максимально допустимой высоты консольной части h=4,0 м, составляет l=6,0 м.

Б.1.7 Расчет устойчивости грунтового массива с учетом удерживающего сооружения выполнен на основное и особое сочетание нагрузок. Особое сочетание от собственного веса грунта и сейсмические воздействия 8 баллов. Сейсмическое воздействие в программном расчетном комплексе «*Plaxis*» учитывается с помощью коэффициента сейсмичности ω согласно ОДМ 218.2.053–2015 [28] и при 8 баллах принимается равным ω=0,050.

Таблица Б.1.4 – Несущая способность анкерной сваи по грунту

Наименование параметра	Условное обозначение	Единица измерения	Величина
Диаметр скважины (буровой коронки)	d	[м]	0,05
Коэффициент надежности по назначению сооружения	γ_k	[-]	1,8
ИГЭ-1:			
Длина заделки анкера в несущем слое	L	[м]	2,5
Сопротивления грунта по боковой поверхности	q_s	[кПа]	100,0
Отношение диаметра корня анкера к диаметру скважины	D/d	[-]	1,2
Диаметр корня анкера	D	[м]	0,06
Расчетная несущая способность анкера по грунту	F_d	[кН]	50,6
ИГЭ-2:			
Длина заделки анкера в несущем слое	L	[м]	2,5
Сопротивления грунта по боковой поверхности	q_s	[кПа]	250,0
Отношение диаметра корня анкера к диаметру скважины	D/d	[-]	1,0
Диаметр корня анкера	D	[м]	0,05
Расчетная несущая способность анкера по грунту	F_d	[кН]	90,3
Суммарная расчетная несущая способность анкера по грунту	$\sum F_d$	[кН]	140,9
Суммарная расчетная несущая способность с учетом коэффициента надежности по грунту	$\sum F_d/\gamma_k$	[кН]	80,5

Таблица Б.1.5 – Несущая способность анкерной сваи по материалу

Наименование параметра	Условное обозначение	Единица измерения	Величина
Коэффициент условий работы составной тяги	γ_c	[-]	0,9
Коэффициент надежности по материалу	γ_m	[-]	1,1
Коэффициент надежности по прочности штанги	K_m	[-]	1,5
Наименьшая площадь сечения штанги	A_n	[мм²]	340,0
Напряжение предела текучести штанги	R_{yn}	[кН/мм²]	0,6
Расчетное сопротивление стали штанги растяжению по пределу текучести	R_y	[кН/мм²]	0,54
Расчетная несущая способность анкера по материалу	A_m	[кН]	164,1
Расчетная несущая способность анкера по материалу с учетом коэффициента надежности	A_m/K_m	[кН]	109,4

Б.2 Результаты расчета устойчивости с учетом сооружения УС-1

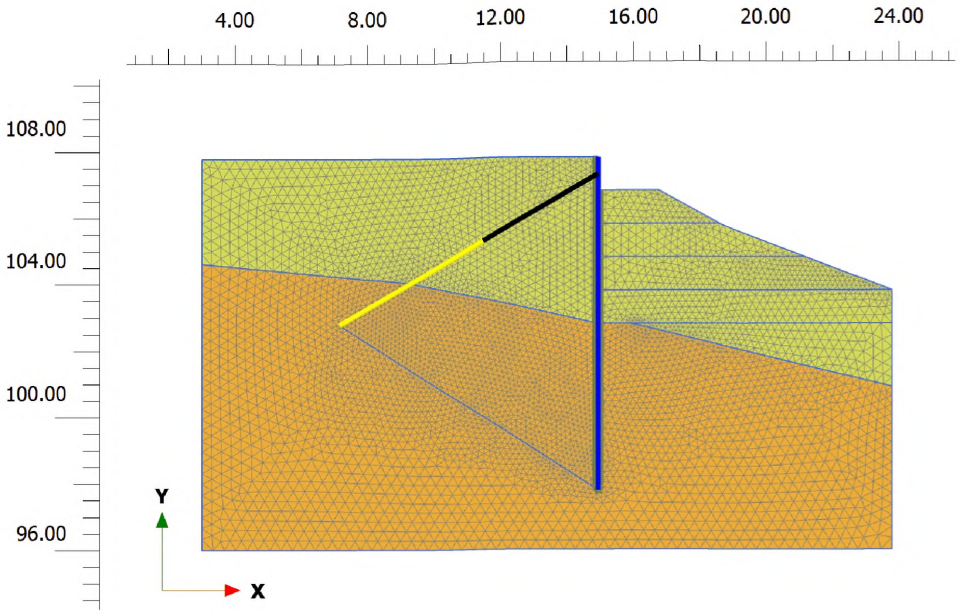


Рисунок Б.2.1 – Расчетная схема удерживающего сооружения УС-1

Б.2.1 Согласно выполненным расчетам в программном комплексе «*Plaxis*» установлено, что конструкция сооружения УС-1 обеспечивает устойчивость грунтовой выемки высотой h=4,0 м на основное и особое (сейсмичность 8 баллов) сочетание нагрузок.

Б.2.2 Анализ усилий, возникающих в конструкциях сооружения УС-1, указывает, на то, что основным несущим элементом является анкерная свая, а полимерная шпунтовая стена является распределительным элементом активного давления грунта.

Б.2.3 Усилия, возникающие в конструкциях сооружения УС-1 при заданных грунтовых условиях (см. таблицу Б.1.1) сопоставимы с величинами усилий, полученными в рамках экспериментальных исследований при различных итерациях физико-механических характеристик грунтов (см. таблица А.1).

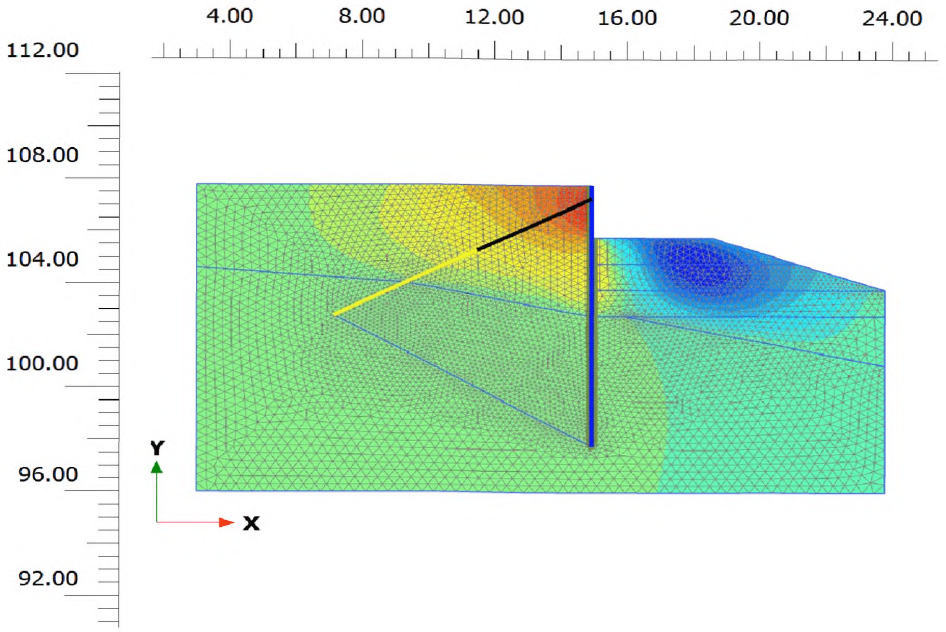


Рисунок Б.2.2 – Распределение деформаций в грунтовом массиве при величине консоли h=2,0 м. Основное сочетание нагрузок

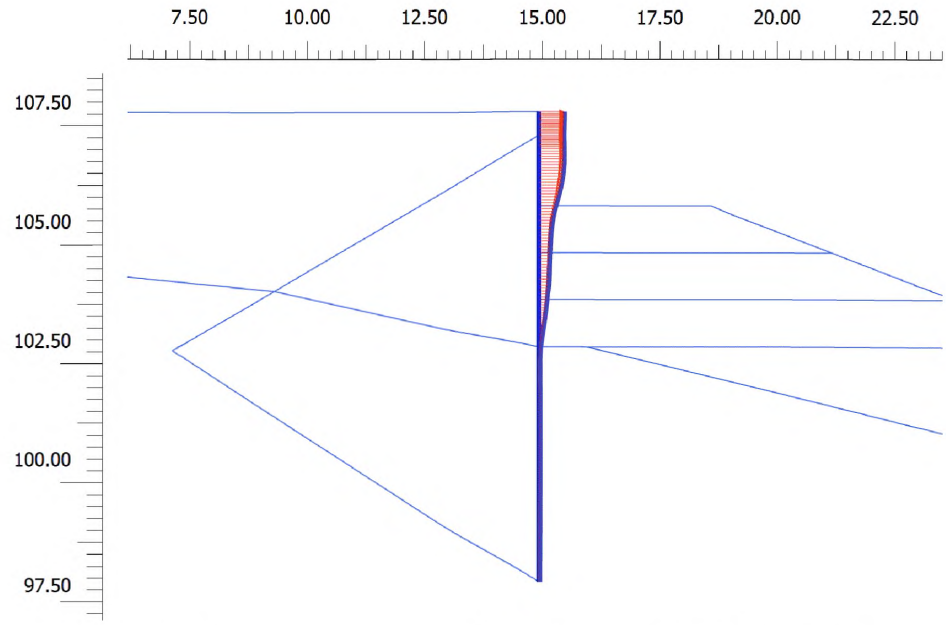


Рисунок Б.2.3 – Эпюра горизонтальных деформаций сооружения УС-1 при величине консоли h=2,0 м. Основное сочетание нагрузок.

u_{max}=2 мм < u_{ult}=26 мм.

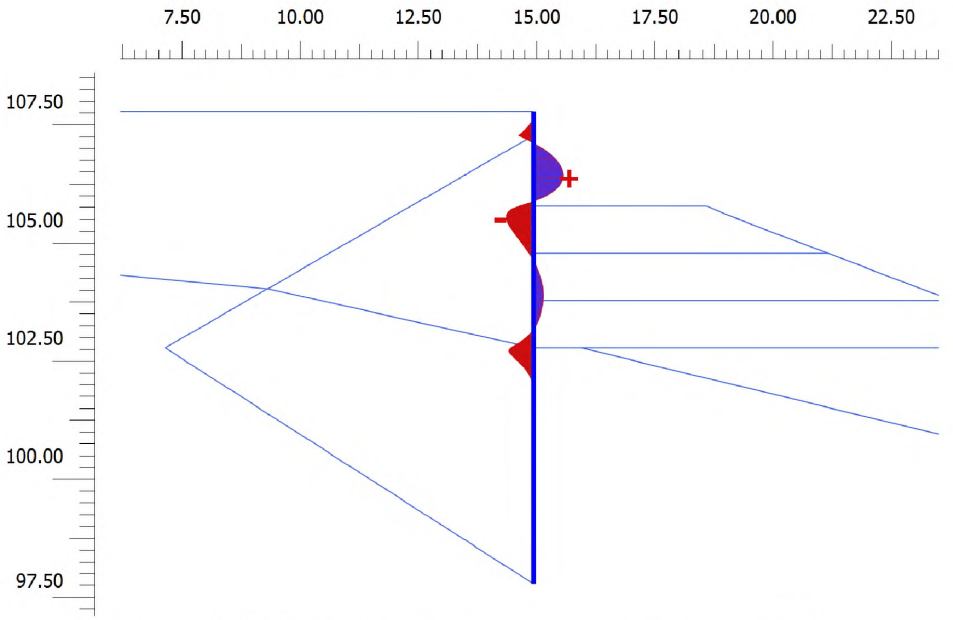


Рисунок Б.2.4 – Эпюра изгибающих моментов в сооружении УС-1 при величине консоли h=2,0 м. Основное сочетание нагрузок. M_{max} =0,6 кНм/м < M_{ult} =68,5 кНм/м

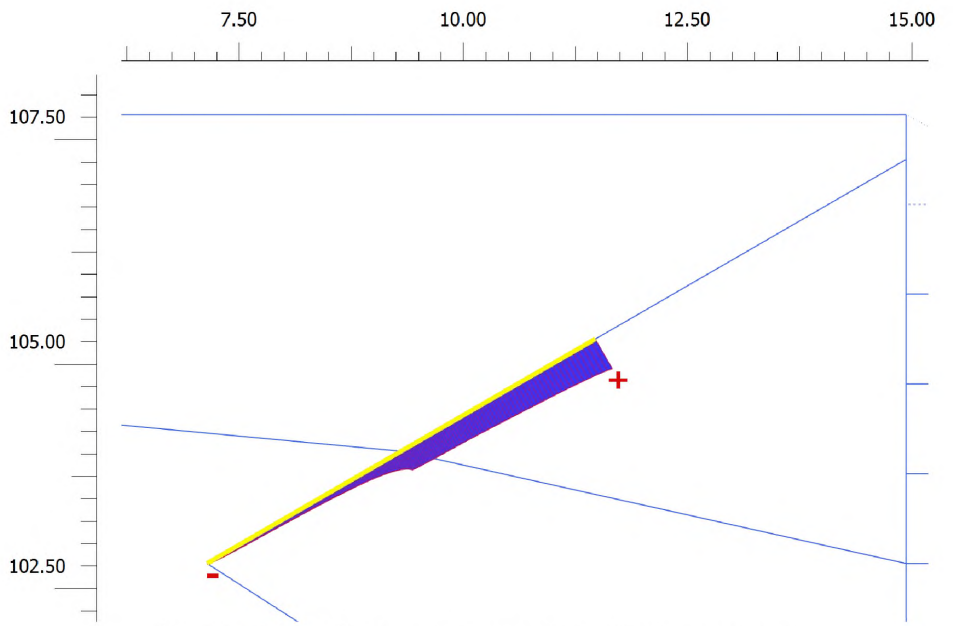


Рисунок Б.2.5 – Эпюра продольных усилий в корне анкера при величине консоли h=2,0 м. Основное сочетание нагрузок. Шаг анкерных свай 3,0 м. N_{max}=11,6 кН < F_d=80,5 кН

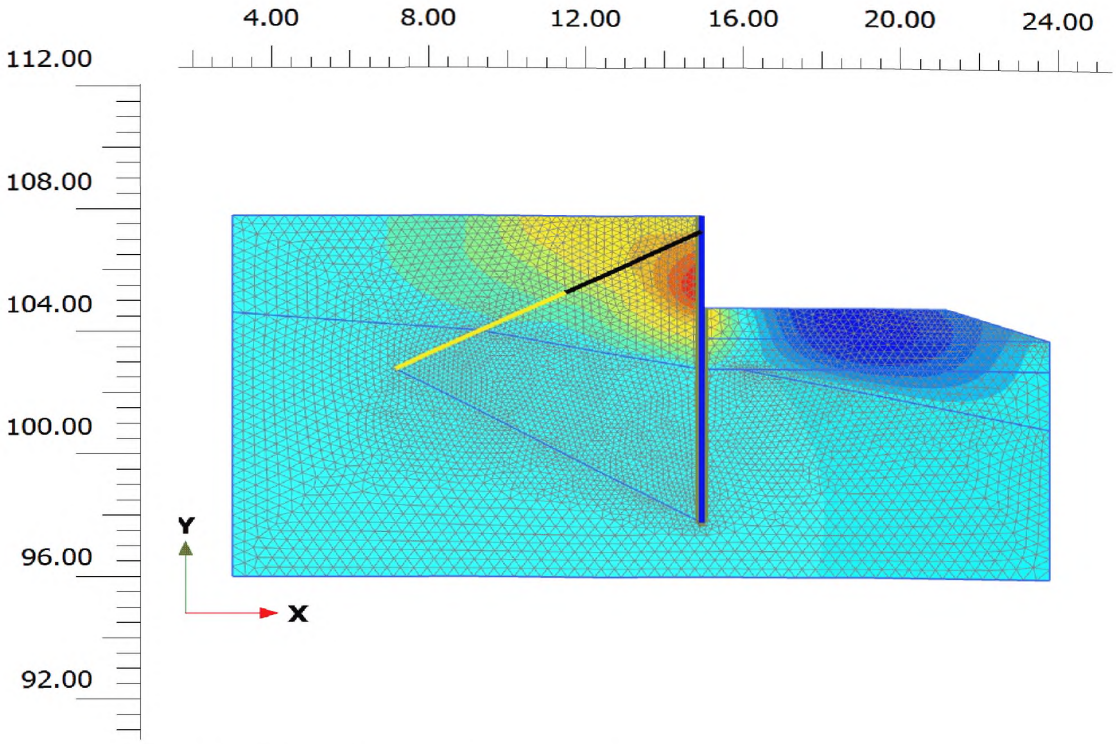


Рисунок Б.2.2 – Распределение деформаций в грунтовом массиве при величине консоли h=3,0 м. Основное сочетание нагрузок

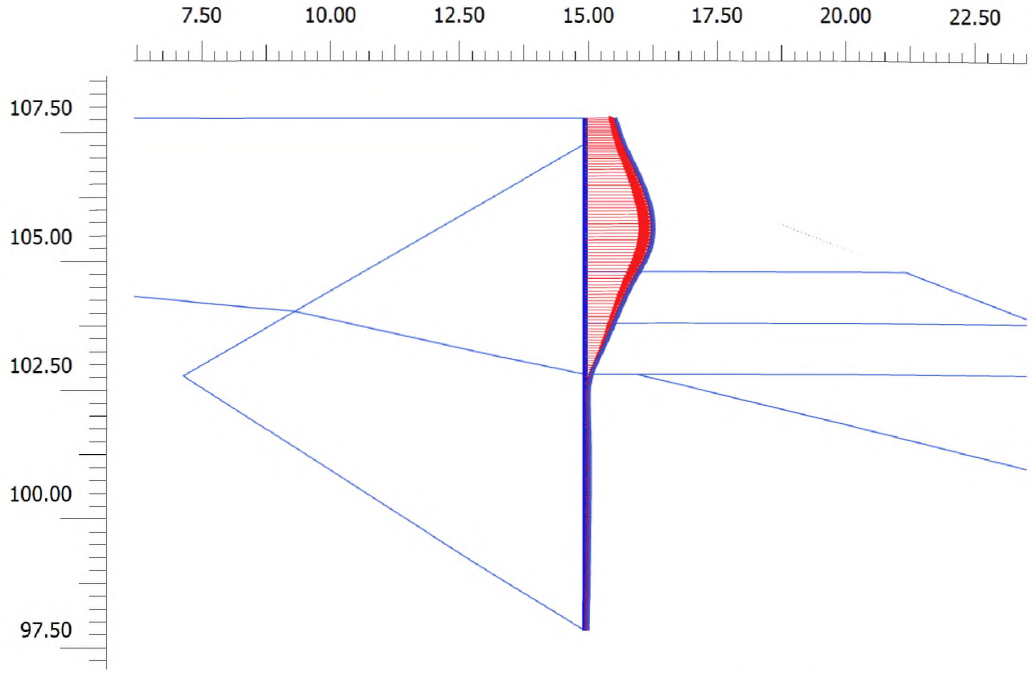


Рисунок Б.2.3 – Эпюра горизонтальных деформаций сооружения УС-1 при величине консоли h=3,0 м. Основное сочетание нагрузок.

u_{max}=5 мм < u_{ult}=40 мм.

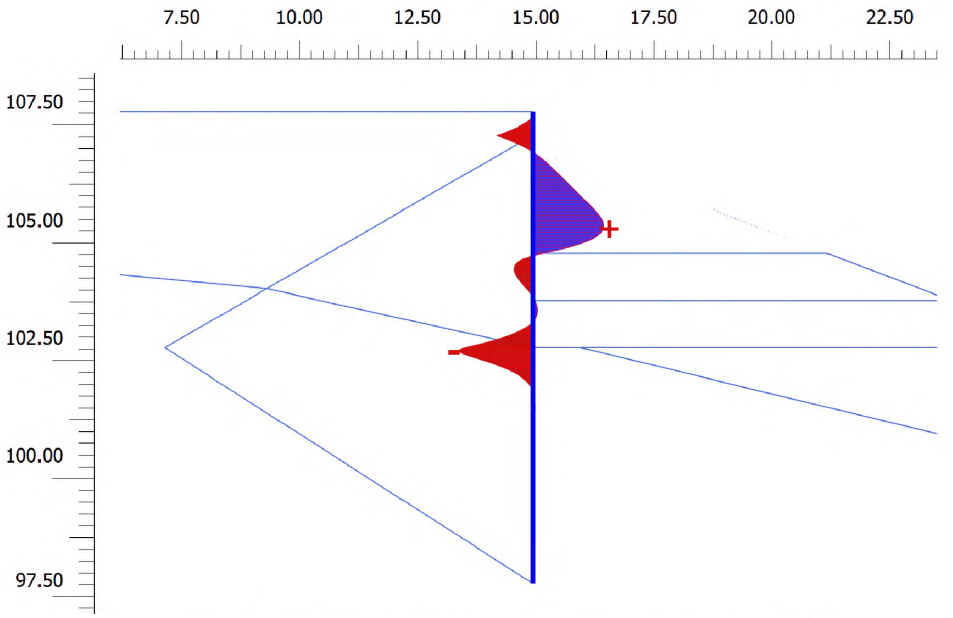


Рисунок Б.2.4 – Эпюра изгибающих моментов в сооружении УС-1 при величине консоли h=3,0 м. Основное сочетание нагрузок.

M_{max} =1,5 кНм/м < M_{ult} =68,5 кНм/м

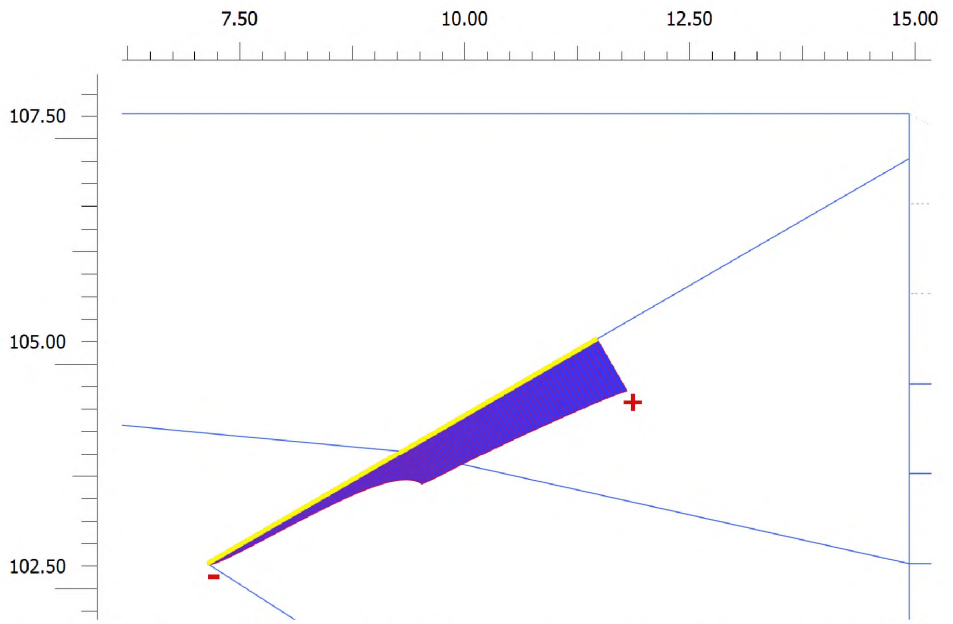


Рисунок Б.2.5 – Эпюра продольных усилий в корне анкера при величине консоли h=3,0 м. Основное сочетание нагрузок. Шаг анкерных свай 3,0 м.

N_{max}=20,0 кН < F_d=80,5 кН

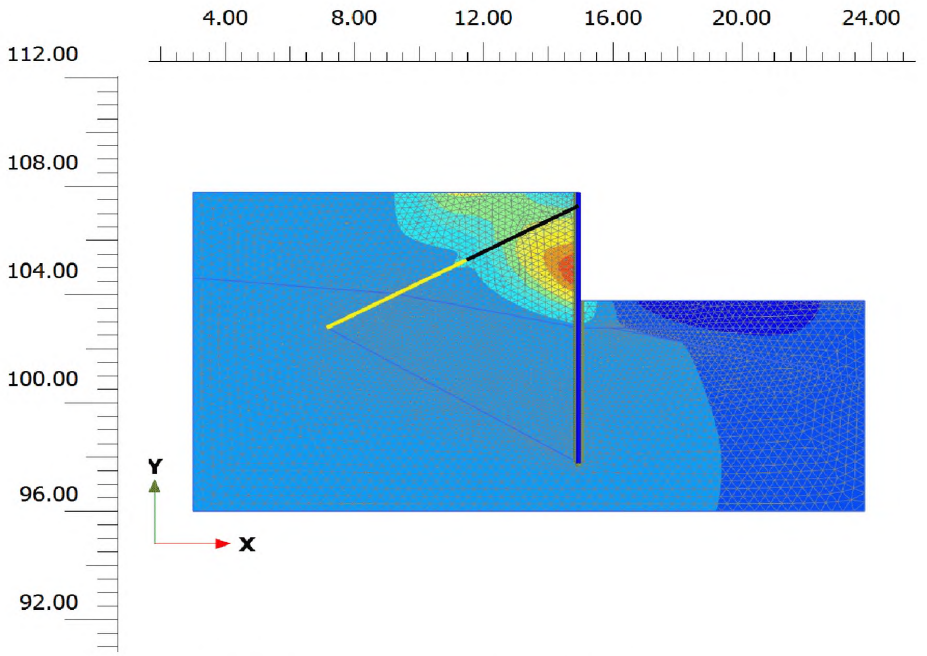


Рисунок Б.2.6 – Распределение деформаций в грунтовом массиве при величине консоли h=4,0 м. Основное сочетание нагрузок

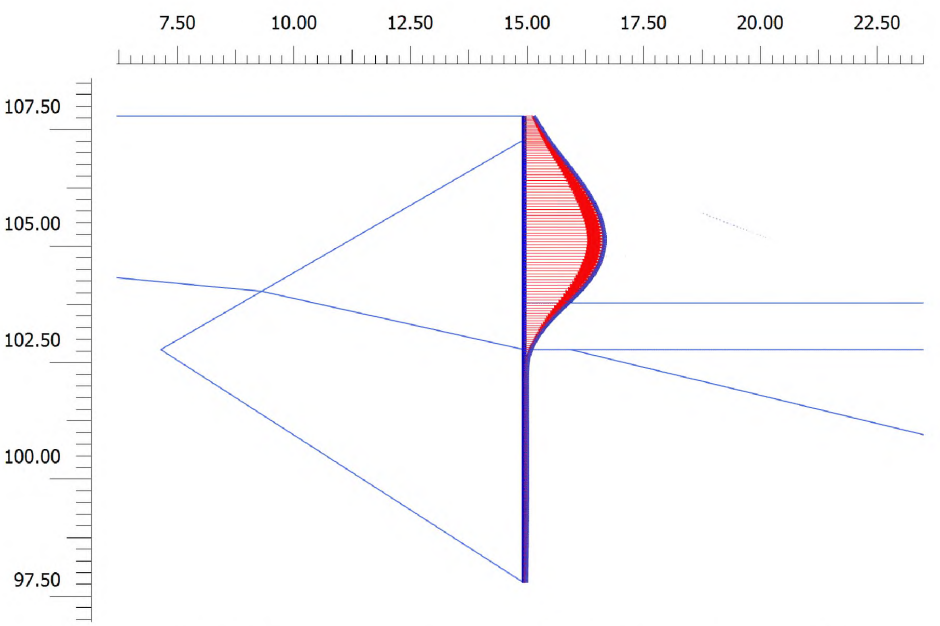


Рисунок Б.2.7 – Эпюра горизонтальных деформаций сооружения УС-1 при величине консоли h=4,0 м. Основное сочетание нагрузок.

u_{max}=17 мм < u_{ult}=53 мм

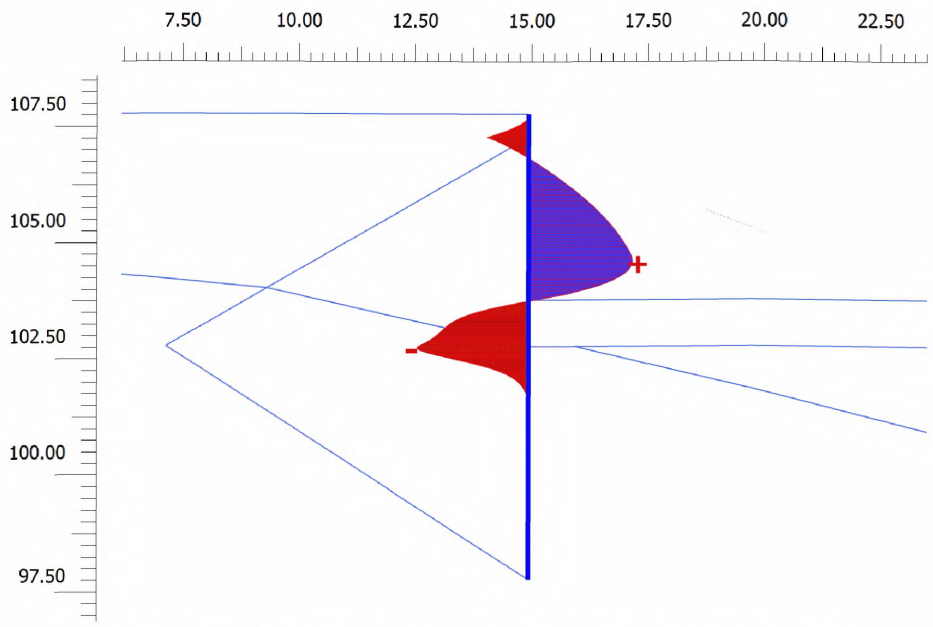


Рисунок Б.2.8 – Эпюра изгибающих моментов в сооружении УС-1 при величине консоли h=4,0 м. Основное сочетание нагрузок.

M_{max}=4,8 кНм/м < M_{ult}=68,5 кНм/м

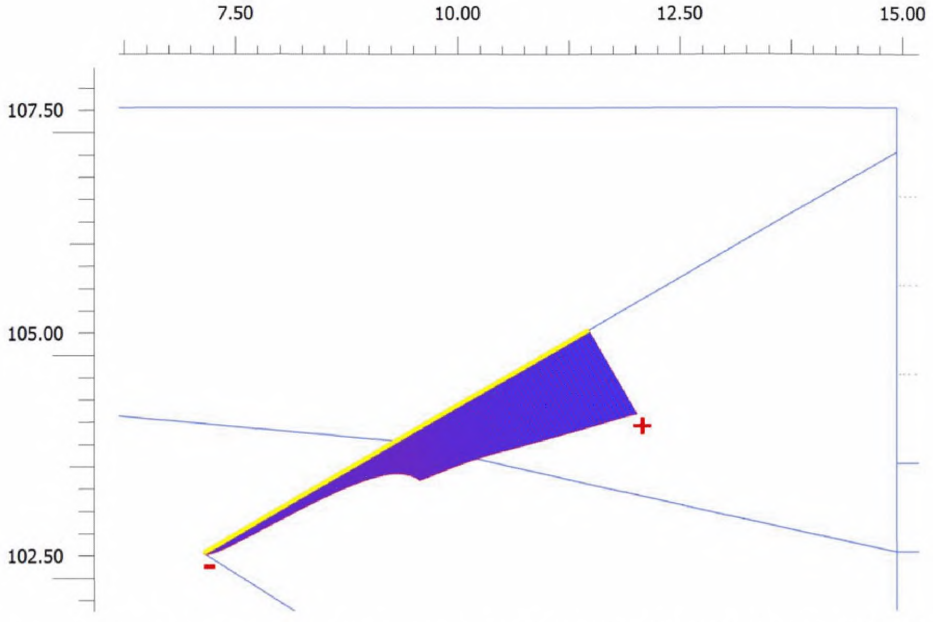


Рисунок Б.2.9 – Эпюра продольных усилий в корне анкера при величине консоли h=4,0 м. Основное сочетание нагрузок. Шаг анкерных свай 3,0 м.

N_{max}=40,8 кН < F_d=80,5 кН

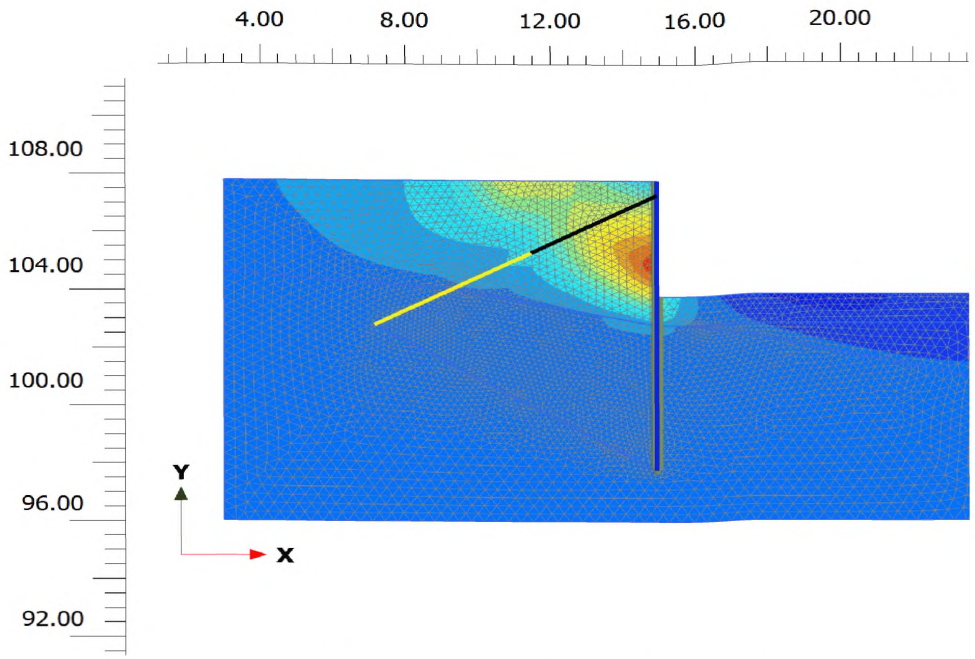


Рисунок Б.2.10 – Распределение деформаций в грунтовом массиве при величине консоли h=4,0 м. Особое сочетание нагрузок (сейсмика 8 баллов)

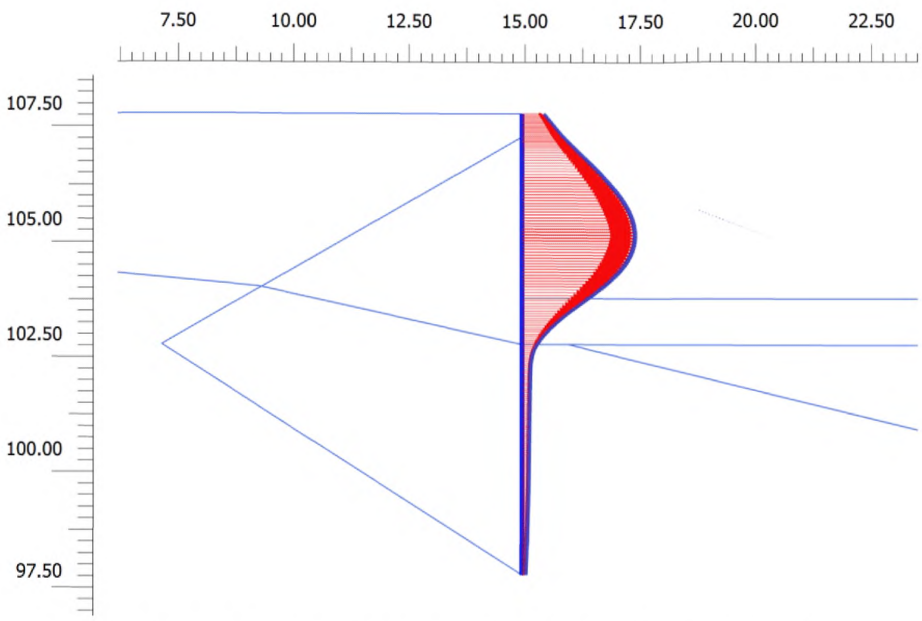


Рисунок Б.2.11 – Эпюра горизонтальных деформаций сооружения УС-1 при величине консоли h=4,0 м. Особое сочетание нагрузок (сейсмика 8 баллов).

u_{max}=24 мм < u_{ult}=53 мм

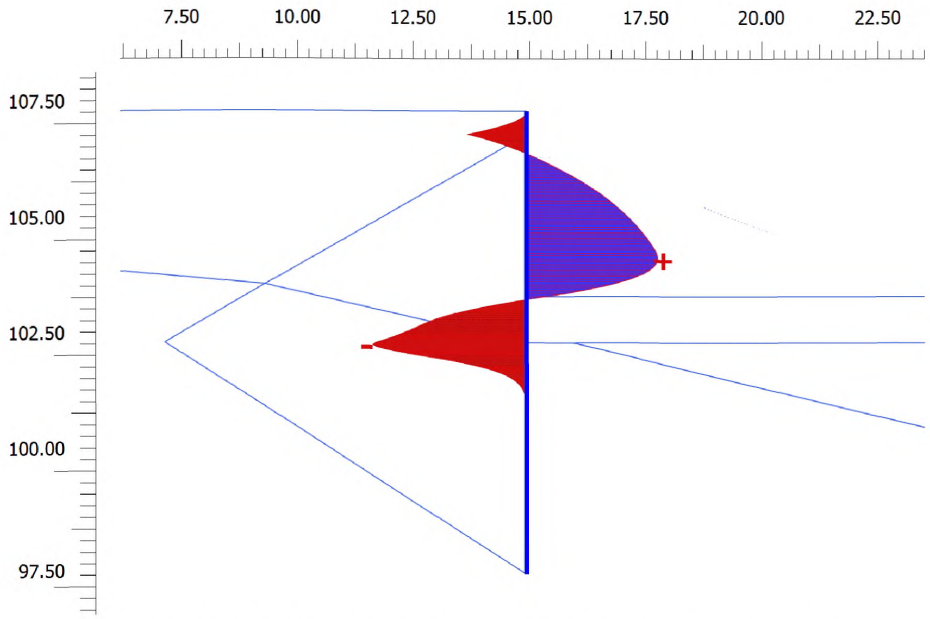


Рисунок Б.2.12 – Эпюра изгибающих моментов в сооружении УС-1
при величине консоли h=4,0 м. Особое сочетание нагрузок (сейсмика 8 баллов).
M_{max}=6,6 кНм/м < M_{ult}=68,5 кНм/м

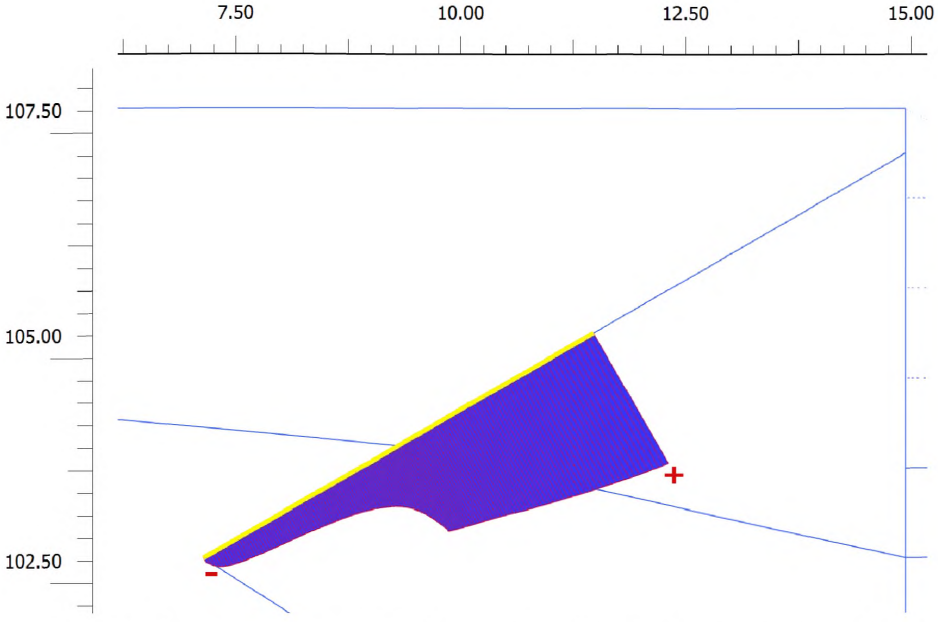


Рисунок Б.2.13 – Эпюра продольных усилий в корне анкера при величине консоли h=4,0 м.
Особое сочетание нагрузок (сейсмика 8 баллов).
Шаг анкерных свай 3,0 м. N_{max}=62,6 кН < F_d=80,5 кН

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]	EN 12063–2009	Шпунтовые стены.
[11]	СТО 72422563–030–2015	Шпунт ПВХ марки ГШ. Технические условия.
[12]	ВСН 490–87	Проектирование свайных фундаментов и шпунтовых ограждений.
[13]	РТМ 31.3003–75	Руководство по проектированию глубоководных шпунтовых стенок с анкеровкой на разных уровнях.
[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–48937526–002–2012 Проектирование и возведение подпорных стен из стальных шпунтовых свай подземных конструкций зданий и сооружений гражданского и транспортного строительства.

[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] СТО-ГК 019–2007 Шпунт типа «Ларсен». Применение в транспортном строительстве.

[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.

[23] ГОСТ 12248-2010 Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.

[24] СП 14.13330.2014 Строительство в сейсмических районах.

[25] СП 21.13330.2012 Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах.

[26] СТП 136–99 Специальные вспомогательные сооружения и устройства для строительства мостов.

[27] СТО–ГК Трансстрой–023–2007 Применение грунтовых анкеров и свай с тягой из трубчатых винтовых штанг «Титан».

[28] ОДМ 218.2.053–2015 Рекомендации по оценке сейсмического воздействия при определении устойчивости оползневых участков автомобильных дорог.

[29] ВСН 136-78 Инструкция по проектированию вспомогательных сооружений и устройств для строительства мостов.

[30] Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения / Под общей редакцией В. А. Ильичева, Р. А. Мангушева. – М.: Изд-во АСВ, 2016. – 1040 с.

[31]	СП 20.13330.2011	«СНиП 2.01.07–85* Нагрузки и воздействия»
[32]	СП 22.13330.2011	«СНиП 2.02.01–83* Основания зданий и сооружений»
[33]	СП 34.13330.2012	«СНиП 2.05.02–85* Автомобильные дороги»
[34]	СП 45.13330.2012	«СНиП 3.02.01–87 Земляные сооружения, основания и фундаменты»
[35]	СП 47.13330.2012	«СНиП 11–02–96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения»
[36]	СП 48.13330.2011	«СНиП 12–01–2004 Организация строительства»
[37]	СП 70.13330.2012	«СНиП 3.03.01–87 Несущие и ограждающие конструкции»
[38]	СП 80.13330.2016	«СНиП 3.07.01–85 Гидротехнические сооружения речные»
[39]	СП 116.13330.2012	«СНиП 22–02–2003 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения»

ОКС 93.080.99

Ключевые слова: шпунтовая свая, 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

gost.e-ecolog.ru