

**МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**

**ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ С БАЛОЧНО-  
ШПУНТОВЫМИ СИСТЕМАМИ (БШС) И  
ШПУНТОМ Л5-УМ**

**В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>4</b>
1 Типы конструкций в гидротехническом строительстве, где возможно применение шпунта/БШС .....	5
2 Проектирование ГТС с применением шпунта/БШС .....	10
2.1 Основные конструктивные требования при проектировании причальных сооружений заанкерованных шпунтовых стенок .....	16
2.2 Основные конструктивные требования при проектировании конструкций из ячеек и узких засыпных пирсов .....	18
2.3 Основные конструктивные требования при проектировании причальных сооружений в условиях Арктики .....	18
2.4 Основные конструктивные требования при проектировании портовых сооружений в сейсмических районах .....	19
2.5 Требования к устройству железобетонного оголовка (шапочного бруса)...	21
2.6 Требования к защите от волновых и ледовых нагрузок, нагрузок от судов	22
2.7 Требования к устройству ледозащитных конструкций.....	23
2.8 Требования к антикоррозионной защите ГТС с использованием шпунта/БШС, включая покрывные материалы, электрохимзащита, а также требования к антикоррозионным свойствам стали.....	24
2.9 Требования к устройству дренажной системы.....	26
2.10 Требования к ремонту лицевых шпунтовых стенок.....	28
3 Строительно-монтажные работы .....	30
3.1 Строительство портовых гидротехнических сооружений из стального шпунта. Общие положения.....	30
3.2 Подготовительные работы.....	31
3.3 Приемка, подготовка, транспортирование и складирование шпунта, анкерных и других элементов .....	33
3.4 Выбор оборудования для погружения шпунта .....	34
3.5 Погружение и извлечение шпунта.....	36
3.5.1 Общие положения .....	36
3.5.2 Вибропогружение шпунта .....	39
3.5.3 Забивка шпунта молотами .....	40
3.5.4 Особенности погружения шпунта/БШС в сложных геологических условиях	40
3.5.5 Особенности погружения шпунта в ячеистых конструкциях .....	43
3.5.6 Извлечение шпунта .....	44
3.5.7 Выправка и другие работы после погружения свайных элементов .....	44
3.6 Приемка свайных работ и техническая документация.....	45
3.7 Обеспечение долговечности и защита от коррозии шпунта и стальных деталей конструкций.....	47
3.8 Монтаж распределительных поясов и анкерных конструкций .....	48

3.9	Заполнение пазух и ячеек грунтом .....	51
3.10	Устройство надстройки, омоноличивающей шпунтовый ряд .....	54
3.11	Особенности строительства сооружений из стальных шпунтов в условиях крайнего Севера.....	54
3.12	Приложения к разделу .....	59
3.12.1	Акт освидетельствования свай и шпунта до их погружения .....	59
3.12.2	Журнал погружения шпунта .....	60
3.12.3	Акт освидетельствования и приемки свайного основания (шпунтового ряда) Форма Ф-38.....	61
	<b>БИБЛИОГРАФИЯ .....</b>	<b>63</b>
	Приложение 1. Сведения о требованиях к антикоррозионной защите.....	65
	Приложение 2. Выбор типа молота .....	69
	Приложение 3. Выбор вибропогружателя.....	73

## ВВЕДЕНИЕ

Данное методическое пособие создано в развитие СТО 59127210-001-2023 [3], чтобы восполнить недостаток информации о гидротехнических сооружениях, который не был подробно рассмотрен в данном стандарте.

Пособие предназначено для проектировщиков, опытных инженеров-гидротехников и молодых специалистов, предоставляя им обширные сведения о применении БШС. Оно будет полезно заказчикам и подрядным организациям, так как содержит информацию о преимуществах и особенностях строительства гидротехнических объектов с использованием БШС, что поможет снизить риски и неопределенности при разработке проектной документации и прохождении экспертизы.

В пособии изложены ключевые аспекты технологии выполнения строительно-монтажных работ с БШС, включая подготовительные мероприятия перед началом строительства. Рассматриваются важные этапы, такие как подготовка строительной площадки, приемка, транспортировка и хранение шпунта и анкерных элементов. Особое внимание уделяется выбору оборудования для погружения шпунта, а также описанию процессов вибропогружения и забивки шпунта молотами, включая возможные трудности, возникающие в сложных геологических условиях.

Также в пособии представлены рекомендации по погружению БШС в ячеистые конструкции, а также по извлечению и выправке шпунта. Описаны требования к монтажу анкерных конструкций, заполнению пазух и ячеек грунтом, а также устройству надстроек и омоноличиванию шпунтовых рядов.

Отдельно рассматриваются особенности строительства в условиях Крайнего Севера, где экстремальные климатические условия требуют адаптации существующих технологий. Обсуждаются вопросы долговечности и защиты шпунта от коррозии, что критически важно для увеличения срока службы конструкций и снижения эксплуатационных затрат.

Таким образом, данное пособие представляет собой комплексный анализ процессов строительства гидротехнических сооружений с использованием БШС, охватывая все этапы — от подготовки до сдачи объекта в эксплуатацию. Мы надеемся, что представленные материалы окажутся полезными для всех участников строительного процесса.

# 1 Типы конструкций в гидротехническом строительстве, где возможно применение шпунта/БШС

1.1 Рекомендации данного раздела полезны проектировщикам и опытным инженерам гидротехникам, а также молодым специалистам, так как содержат исчерпывающую информацию о возможности применения БШС.

1.2 Для заказчиков и подрядных организаций данный раздел раскрывает информацию об особенностях, преимуществах строительства гидротехнических сооружений с применением БШС.

1.3 Технология БШС представляет собой комбинирование шпунтовых панелей с замками и двутавровых или тавровых балок в различных конфигурациях в шпунтовой стене. Это позволяет подобрать необходимые параметры (прочность, жесткость и геометрические размеры), обеспечивающие эффективное использование материала и надежность возводимых сооружений.

1.4 Шпунтовые стены в гидротехническом строительстве широко применяются в постоянных и временных сооружениях. Примером использования БШС во временных сооружениях (перемычках) является шпунтовая ячеистая конструкция. Постоянными гидротехническими сооружениями с использованием БШС могут быть оградительные, причальные сооружения, стены камер и голов судоходных шлюзов, сухих доков. По сравнению с обычными шпунтовыми стенами из готовых корытных профилей, БШС позволяют достичь оптимальных параметров прочности и жесткости конструкции, а также эффективно использовать материал благодаря широким сортаментам.

1.5 Для строительства причальных сооружений в ограждающих конструкциях, могут использоваться следующие конструкции шпунтовых стен с применением БШС в случае грунтов основания, допускающих погружение шпунта и свай, любых климатических условий, а также в сейсмических районах:

- Незаанкерованная шпунтовая стенка, конструктивно выполняется из забитого в грунт ряда БШС, объединенных шапочным брусом (Рисунок 1, а);
- Заанкерованная шпунтовая стенка, снабжена анкерными устройствами, препятствующими перемещению верха шпунтовой стенки, и может быть с одним или несколькими ярусами анкеров (Рисунок 1, б);
- Экранированная шпунтовая стенка, по своей конструкции аналогична заанкерованной, при этом за шпунтовой стенкой устраивается ряд экранирующих свай, которые принимают на себя часть нагрузки и разгружают основную стенку (Рисунок 1, в).

1.6 Система БШС рассчитана на восприятие высоких нагрузок, в том числе высоких нагрузок на территорию в прикормонной зоне.

1.7 Выбор конструкции, а также целесообразность выполнения дополнительных мероприятий по уменьшению нагрузок на БШС, осуществляется по результатам технико-экономического сравнения вариантов, выполненного на основании расчетов конструкции по вариантам.

1.8 Выбор типа конструкции причальных сооружений следует производить исходя из необходимости обеспечения требуемых глубин перед сооружением, размеров территории, нагрузок, возможных способов производства работ, геологических условий и др.

1.9 Для устройства шпунтовых конструкций в условиях скальных грунтов основания, как правило выполняются буровые работы для установки шпунтовых свай в проектное положение и обеспечения достаточной заделки, что приводит к значительному удорожанию и увеличению сроков СМР.

При невозможности обеспечить требуемое заглубление шпунтового ряда из БШС, для компенсации недостаточного пассивного отпора, при расчетном обосновании, может использоваться несколько ярусов анкерных устройств.

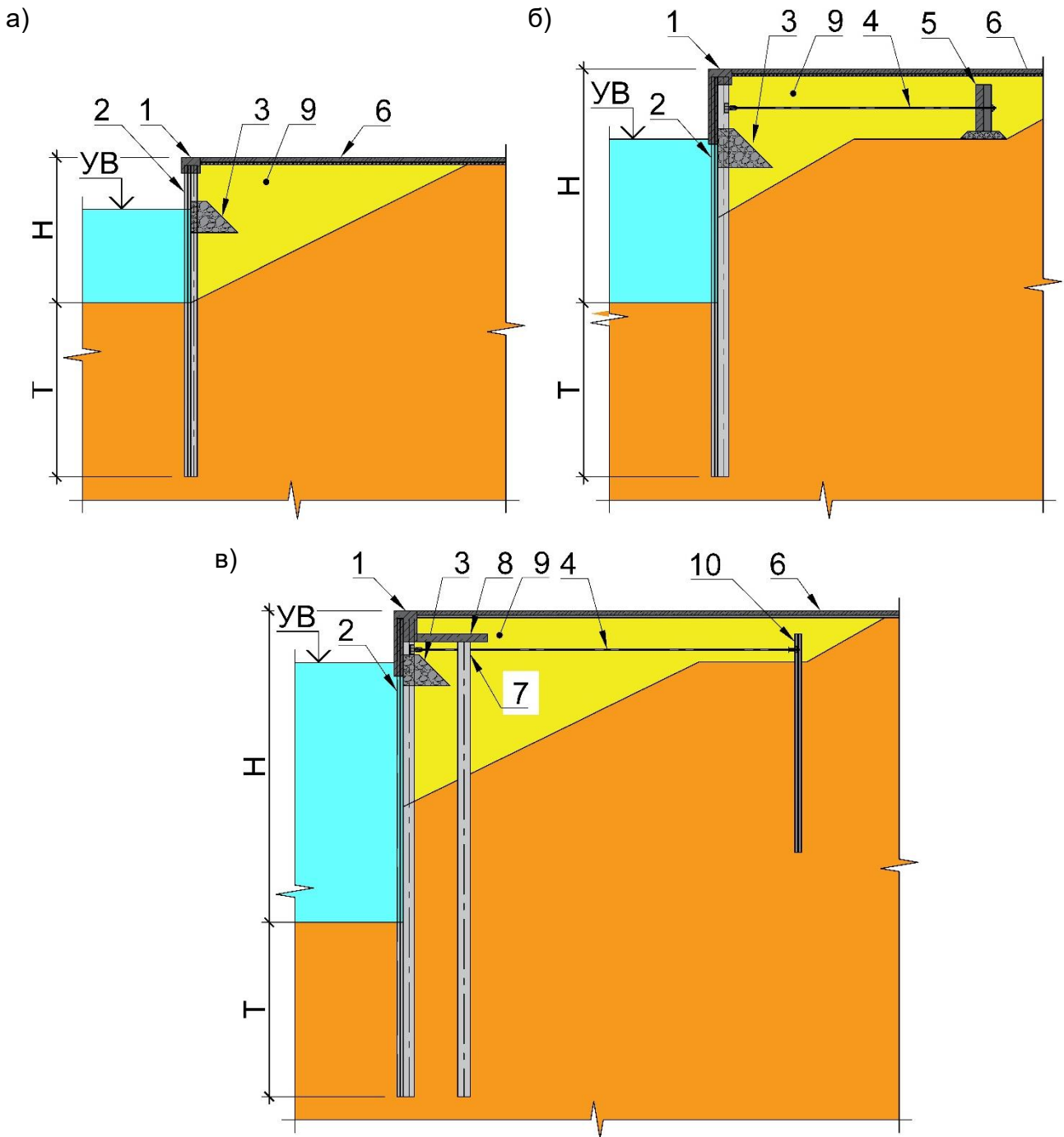


Рисунок 1 – Причальные сооружения с применением БШС: Н – высота причальной стенки; Т – глубина погружения шпунта; а – шпунтовая стенка без анкерного крепления; б – шпунтовая стенка с анкерным креплением; в – экранированная шпунтовая стенка с анкерным креплением; 1 – шапочный брус; 2 – БШС; 3 – дренажная призма; 4 – анкерная тяга; 5 – анкерная плита; 6 – покрытие территории; 7 – экранирующая свая; 8 – разгрузочная плита; 9 – засыпка; 10 – анкерная стенка.

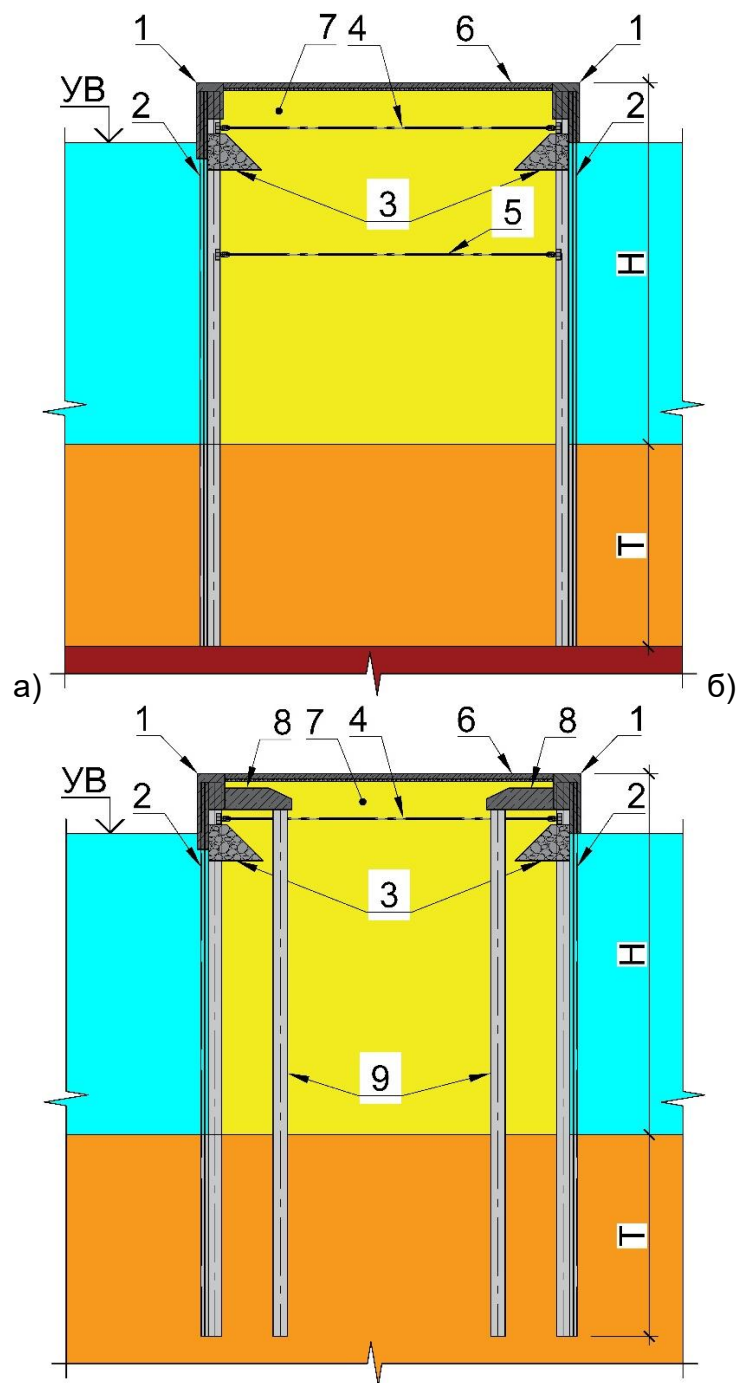


Рисунок 2 – Схемы причальных и ограждающих сооружений ячеистых конструкций и узких засыпных пирсов: Н – высота причальной стенки; Т – глубина погружения шпунта; а – с несколькими ярусами анкеров; б – с экранирующими сваями; 1 – шапочный брус; 2 – БШС; 3 – дренажная призма; 4 – анкерная тяга; 5 – анкерная тяга второго яруса; 6 – покрытие территории; 7 – засыпка; 8 – разгрузочная плита; 9 – экранирующая свая.

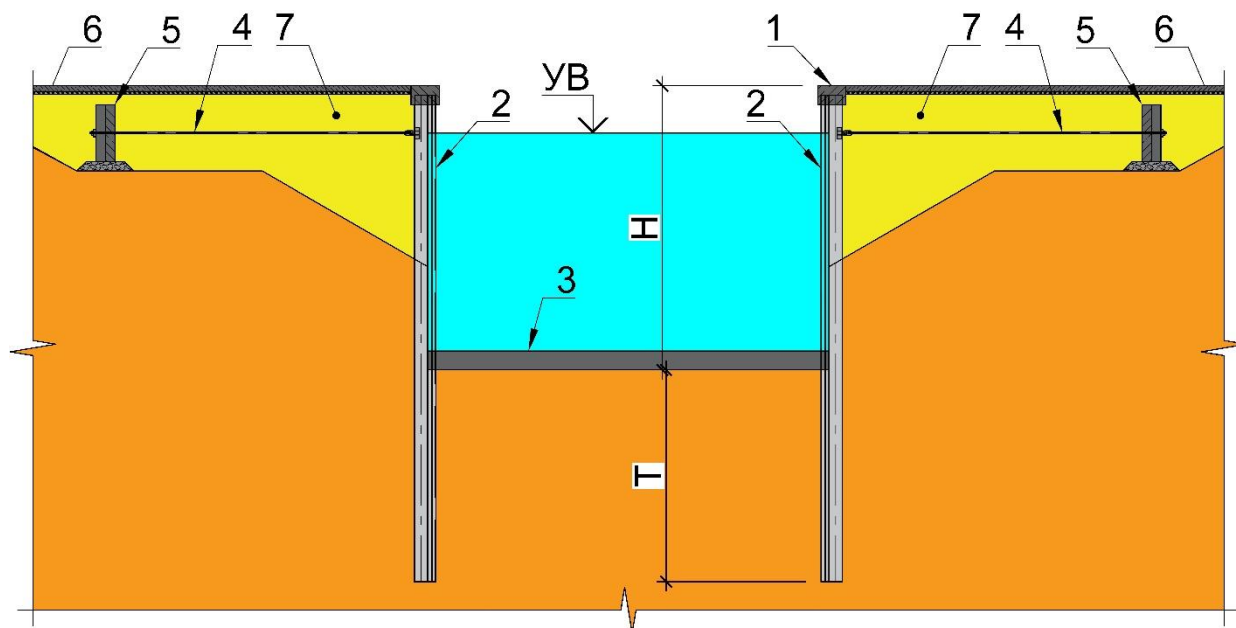


Рисунок 3 – Схема камеры шлюза с водопроницаемым дном и стенами из БШС с анкерными плитами: H – высота стенки; T – глубина погружения шпунта; 1 – шапочный брус; 2 – БШС; 3 – распорная балка; 4 – анкерная тяга; 5 – анкерная плита; 6 – покрытие территории; 7 – засыпка.

1.10 Для водоподпорных сооружений, к примеру ограждающих перемычек, может использоваться взаимозанкеренная конструкция с одним или несколькими уровнями анкеровки.

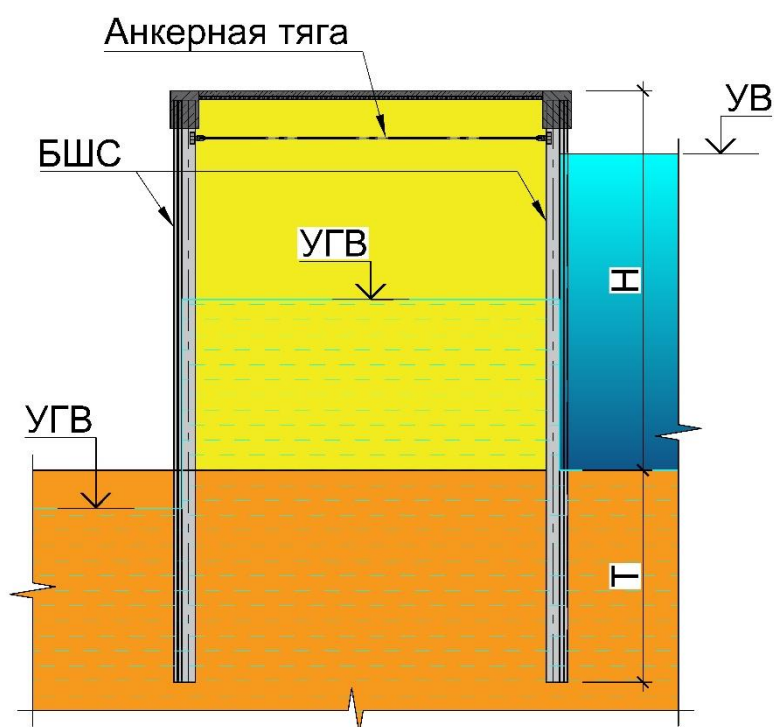


Рисунок 4 – Взаимозанкеренная ограждающая перемычка: УВ – уровень воды; УГВ – уровень грунтовых вод.

1.11 Также для подобных сооружений может использоваться однорядная конструкция с пригрузочной призмой. Подобное решение обладает значительно меньшей металлоемкостью, однако предъявляет повышенные требования к последовательности работ.



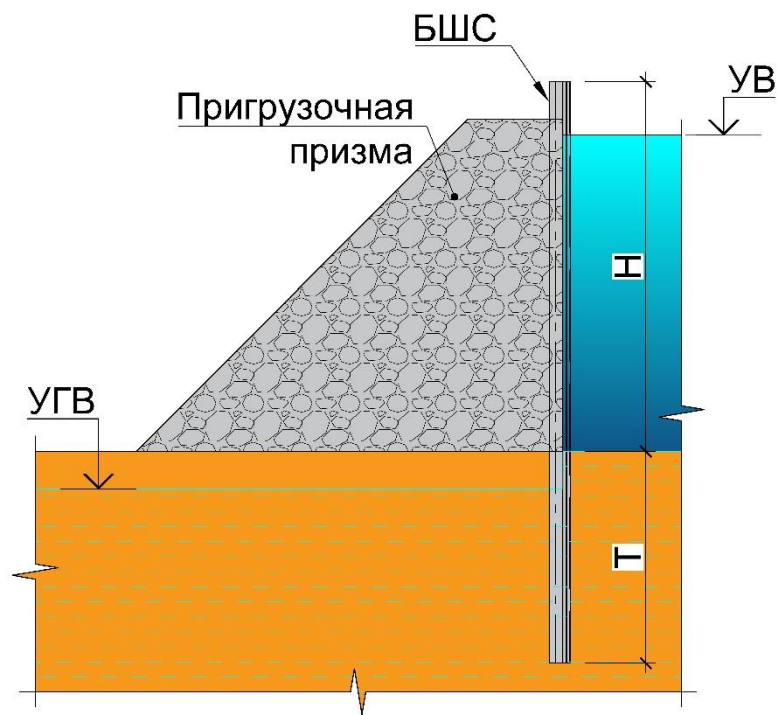


Рисунок 5 – Однорядная конструкция с пригрузочной призмой: УВ – уровень воды; УГВ – уровень грунтовых вод.

## 2 Проектирование ГТС с применением шпунта/БШС

2.1 Рекомендации данного раздела полезны проектировщикам и инженерам гидротехникам, а также специалистам в смежных отраслях строительства сооружений повышенной ответственности, так как содержат исчерпывающую информацию по проектированию сооружений с применением БШС, что будет способствовать успешному прохождению экспертизы проектной документации.

2.2 Для молодых специалистов изложена полезная информация, которая увеличит багаж знаний в области конструирования сооружений с БШС.

2.3 Для заказчиков данный раздел поможет снизить риски и неопределенности в части разработки проектной документации и прохождения экспертизы. Для подрядных организаций содержится полезная информация в части конструктивных решений с применением БШС.

2.4 В процессе проектировании ГТС следует предусматривать решения, обеспечивающие надежность, долговечность и экономичность на всех стадиях строительства и эксплуатации в соответствии со сроком службы сооружения, сохранность и безопасность эксплуатации сооружений окружающей застройки. Конструкция и компоновка элементов сооружений должны обеспечивать наиболее полное использование несущей способности и благоприятное распределение усилий и деформаций между элементами.

2.5 Проектирование сооружений с применением БШС не содержит специфических операций по сравнению с классическими шпунтовыми стенами, большинство конструктивных решений могут быть приняты из сортаментов типовых узлов. При том, за счет многообразия сечений БШС и типовых узлов достигается значительная экономическая эффективность.

2.6 При проектировании ГТС с применением БШС необходимо руководствоваться ТУ 24107–008–00186269–2021 [1], ТУ 25.11.23–001–59127210–2021 [2], СТО 59127210-001-2023 [3].

2.7 При проектировании сооружений следует предусматривать решения:

- обеспечивающие надежность, долговечность и экономичность на всех стадиях строительства и эксплуатации в соответствии со сроком службы сооружения;
- обеспечивающие сохранность и безопасность эксплуатации сооружений окружающей застройки;
- не допускающие превышения предельных допустимых вредных воздействий на экологическую ситуацию.

При выборе проектных решений следует оценивать сопоставимый опыт строительства, в первую очередь на близлежащих площадках.

2.8 Конструкция и компоновка элементов сооружений должны обеспечивать наиболее полное использование их несущей способности и благоприятное распределение усилий и деформаций между элементами.

2.9 Проектирование сооружений и их оснований с использованием расчетов является основным способом обеспечения требований надежности. При проектировании сооружений следует выполнять расчеты для всех возможных проектных ситуаций и их сценариев.

2.10 Надежность грунтовых анкеров и свайных фундаментов сооружений необходимо подтверждать испытаниями.

2.11 Все сооружения и их основания должны рассчитываться по первой и второй группам предельных состояний (СП 58.13330.2019 [4], СП 381.1325800.2018 [5]). Условием обеспечения надежности конструкций и оснований является проверка того, чтобы расчетные значения усилий, напряжений, деформаций, перемещений,

раскрытий трещин не превышали соответствующих им предельных значений, установленных нормами проектирования и требованиями настоящего документа.

2.12 Проектные решения должны обеспечивать надежность сооружения на всех этапах жизненного цикла, как в эксплуатации, так и в период строительства.

2.13 Исходными данными являются также следующие сведения о естественных условиях и застройке участка строительства:

- топографические (план участка строительства с горизонталями и привязкой существующих зданий и сооружений);
- гидрографические (план промеров глубин акватории с построением изобат);

- гидро- и метеорологические (режимные характеристики ветра, волнения, течения и уровней воды, сведения о ледовом режиме, заносимости или размыве в районе расположения проектируемого сооружения и примыкающих водных бассейнов, степень агрессивности среды, климатические данные);

- геологические и гидрогеологические (геологические профили, физико-механические характеристики грунтов основания и засыпки, сведения о грунтовых водах и их агрессивности);

- данные о сейсмичности (с учетом сейсмического микрорайонирования), а также карстовых, оползневых и просадочных явлениях на участке строительства.

2.14 Инженерные изыскания для проектирования следует проводить в соответствии с требованиями СП 47.13330.2016 [6], ГОСТ 25100-2020 [7], СП 22.13330.2016 [8], СП 24.13330.2021 [9].

Глубина скважин должна быть не менее чем на 10,0 м ниже глубины погружения БШС. На указанную глубину должно быть пройдено не менее 30% скважин, но не менее трех скважин СП 22.13330.2016 [8].

Характеристики грунтов следует устанавливать на основании непосредственных испытаний грунтов в полевых и лабораторных условиях.

2.15 В процессе строительства и эксплуатации проведение обследований и мониторинга технического состояния портовых ГТС и разработку заданий на проектирование, обследование и мониторинг сооружений необходимо производить в соответствии с ГОСТ Р 54523-2011 [10].

2.16 Для основных напорных сооружений с применением БШС в соответствии с п.п. 4.11 СП 58.13330.2019 [4] следует предусматривать установку контрольно-измерительной аппаратуры для натуральных наблюдений за работой сооружений и их оснований как в процессе строительства, так и при эксплуатации для оценки надежности сооружений, своевременного выявления дефектов, назначения ремонтных мероприятий, предотвращения аварий и улучшения эксплуатации. В соответствии с п.п. 5.7 СП 287.1325800.2016 [11] Рекомендуется предусматривать установку на причале контрольно-измерительной аппаратуры.

2.17 Гидротехнические сооружения с применением БШС в соответствии с СП 58.13330.2019 [4] подразделяют на постоянные и временные.

К временным сооружениям из БШС относятся сооружения, используемые только в период строительства или ремонта постоянных сооружений (ограждающие перемычки, ограждающие конструкции котлованов).

Постоянные гидротехнические сооружения с применением БШС в зависимости от их назначения подразделяют на основные и второстепенные.

2.18 К основным гидротехническим сооружениям из БШС относятся:

- берегоукрепительные, регуляционные и оградительные сооружения;
- судоходные сооружения;
- гидротехнические сооружения портов, судостроительных и судоремонтных предприятий, паромных переправ, кроме отнесенных к второстепенным;

- гидротехнические сооружения тепловых и атомных электростанций.
- 2.19 К второстепенным гидротехническим сооружениям из БШС относятся:
- ледозащитные сооружения;
  - разделительные стенки;
  - отдельно стоящие служебно-вспомогательные причалы;
  - берегоукрепительные сооружения портов.

2.20 К основным следует относить гидротехнические сооружения из БШС, повреждение или разрушение которых приводит: прекращению или сокращению судоходства, деятельности речного и морского портов, судостроительных и судоремонтных предприятий; к прекращению строительства.

К второстепенным следует относить гидротехнические сооружения из БШС, разрушение или повреждение которых не влечет за собой указанных последствий.

В зависимости от возможного ущерба при разрушении и при соответствующем обосновании второстепенные сооружения допускается относить к основным сооружениям.

2.21 Гидротехнические сооружения из БШС следует проектировать в соответствии с требованиями действующих технических регламентов и иных нормативно-правовых актов, относящихся к области проектирования гидротехнических сооружений.

2.22 В проектной документации для нового строительства, реконструкции и капитального ремонта гидротехнических сооружений всех классов ответственности в соответствии с п.п. 4.10 СП 58.13330.2019 [4] следует предусматривать использование только нового металлопроката, гарантирующего обеспечение требуемых геометрических и физико-механических параметров.

2.23 Основные технические решения в соответствии с п.п. 4.12 СП 58.13330.2019 [4], принимаемые при проектировании гидротехнических сооружений из БШС I и II классов ответственности, должны обосновываться научно-исследовательскими работами, результаты которых следует приводить в составе проектной документации.

2.24 Класс гидротехнического сооружения следует устанавливать в соответствии с СП 58.13330.2019 [4].

2.25 Выбор типа конструкции причальных сооружений следует производить исходя из необходимости обеспечения требуемых глубин перед сооружением, размеров территории, нагрузок, возможных способов производства работ, геологических условий и др. и осуществлять по результатам технико-экономического сравнения вариантов.

2.26 Для устройства причальных сооружений как правило используют конструкции безанкерной шпунтовой стенки и шпунтовой стенки с одним уровнем анкеровки.

2.27 Выбор конструкции фактически зависит от высоты сооружения:

- безанкерная конструкция как правило используется при относительно небольшой высоте стенки от уровня дна, даже при использовании тяжелых профилей БШС, т.к. при большей высоте конструкция имеет значительные перемещения;
- конструкция с одним уровнем анкеровки может использоваться в большом диапазоне высоты сооружения до 25,0 м и выше.

2.28 В причальных сооружениях в качестве крепления наиболее распространена одноярусная анкеровка за тыловой ряд плит, БШС, свай (Рисунок 1 б, в). Если данные методы крепления не обеспечивают требуемую прочность и устойчивость конструкции дополнительно могут использоваться экранирующие стенки/сваи, разгружающие платформы (Рисунок 1, в Рисунок 2, б). Имеется практика использования грунтовых анкеров в причальных сооружениях, но в основном при их реконструкции (Рисунок б).

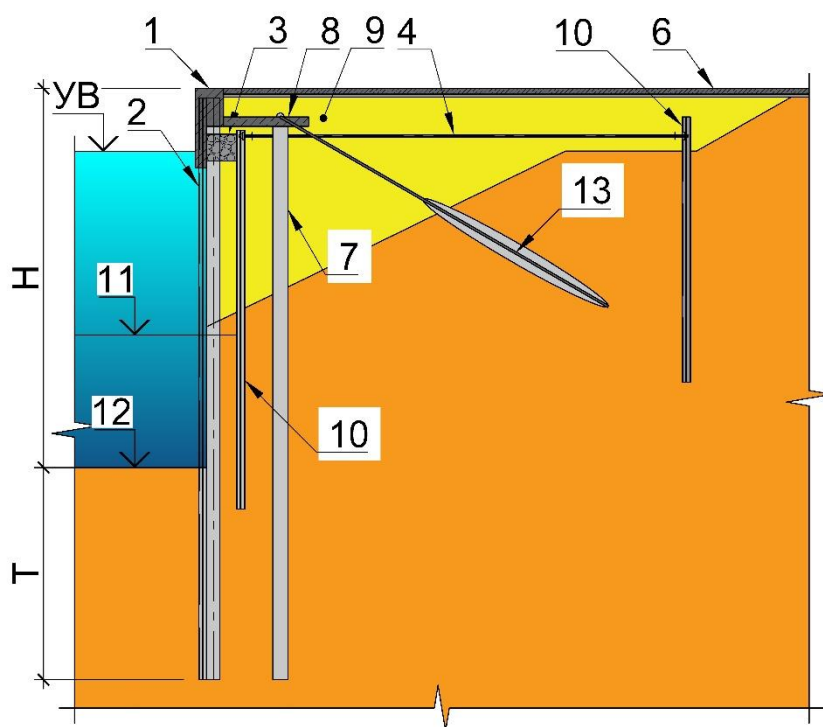


Рисунок 6 – Пример реконструкции существующего причала с применением БШС: Н – высота причальной стенки; Т – глубина погружения шпунта; 1 – шапочный брус; 2 – новая лицевая стенка БШС; 3 – дренажная призма; 4 – существующая анкерная тяга; 6 – покрытие территории; 7 – экранирующая свая; 8 – разгрузочная плита с грунтовым анкером; 9 – засыпка; 10 – существующие лицевая и анкерная стенки; 11 – существующая отметка дна; 12 – отметка дна после дополнительного дноуглубления; 13 – грунтовый анкер.

2.29 Анкеровку шпунтовых стен из БШС следует осуществлять через один элемент лицевой стенки с использованием распределительного пояса, а в случае применения крупноразмерных элементов повышенной жесткости или значительных усилий в анкерных тягах – за каждый элемент.

2.30 Крепление анкерной тяги следует осуществлять за наиболее жесткий элемент БШС, как правило за усиливающую балку.

2.31 Разрезку распределительного пояса следует принимать в соответствии с разрезкой надстроек, и не более чем через 40 м.

2.32 Стыковку распределительного пояса следует выполнять в четверти пролета между анкерными тягами.

2.33 При конструировании узла крепления анкерной тяги к стенкам рекомендуется предусматривать возможность свободного поворота анкерной тяги на  $5^{\circ}$ - $10^{\circ}$  от нормали к БШС, для недопущения защемления тяги и возникновения в ней изгибающего момента.

2.34 Применение высокопрочных сталей для анкерных тяг не всегда оправдано, т.к. ограничение на удлинение анкерных тяг под рабочей нагрузкой может быть более важным фактором, чем расчетное сопротивление, особенно на участках, где создается большая нагрузка на территорию, например, от кранов. Жесткость анкера, зависит от диаметра тяги, следовательно, более высокопрочные стали могут оказаться неподходящими.

2.35 Для уменьшения неравномерности загрузки анкерных тяг, рекомендуется включать в тяги специальные стяжные муфты – талрепы.

2.36 Для монтажа анкерных тяг рекомендуется предусматривать устройство временных поддерживающих конструкций на период производства работ, удаляемых после обтяжки анкеров.

2.37 Наибольшая эффективность шпунтовых стен из БШС реализуется при заземлении лицевых стенок, что обеспечивается рациональным соотношением глубины погружения и податливости анкеровки, достигаемым при рассмотрении и расчете нескольких вариантов компоновки шпунтовых стен из БШС.

2.38 Разгрузочная платформа может выполняться сборной или монолитной.

2.39 Отметку низа разгрузочной платформы рекомендуется располагать не выше 0,7 м над уровнем анкерной тяги.

2.40 Для снятия/снижения гидростатического давления за стенкой безнапорных сооружений следует предусматривать дренажные выпуски, расположенные ниже расчетного уровня воды у сооружения (Рисунок 16).

2.41 Лицевые стенки должны быть поверху связаны надстройкой из сборно-монолитного или монолитного железобетона.

2.42 Стыковку несущих элементов подпорного сооружения следует выполнять вразбежку. Стыки на соседних элементах должны быть разведены по высоте не менее чем на 2,0 м (Рисунок 7), устройство стыков в одном уровне по периметру сооружения не допускается. Устройство стыков в местах максимальных изгибающих моментов не допускается. Пример узла стыковки БШС приведен на рисунке 8.

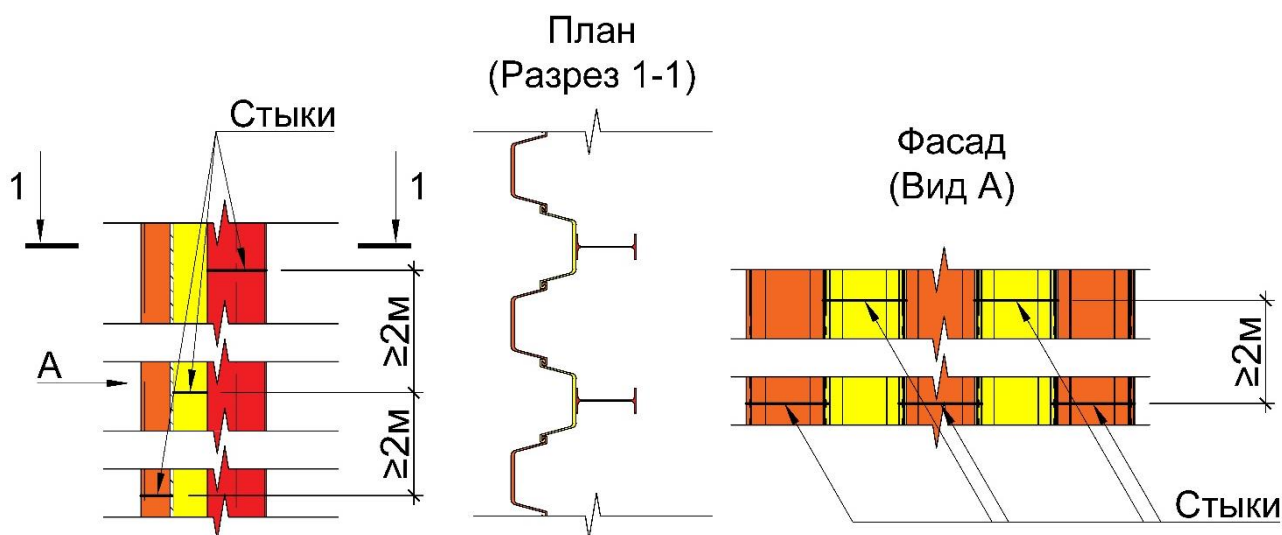
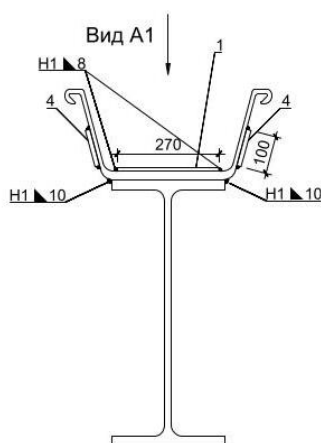
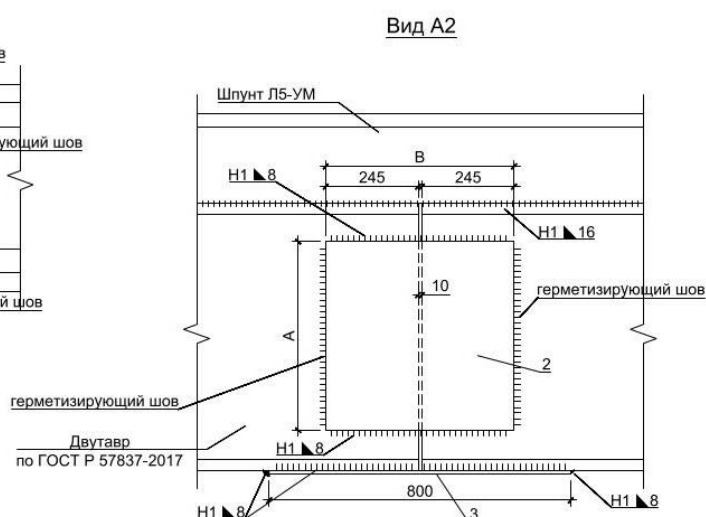
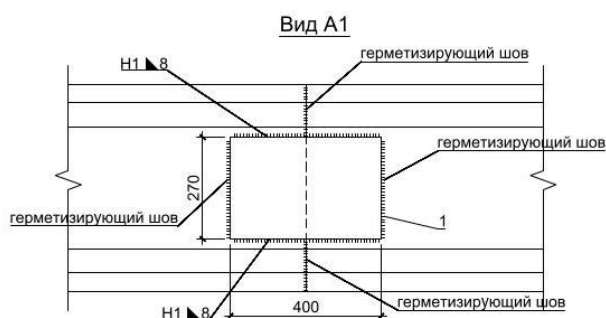
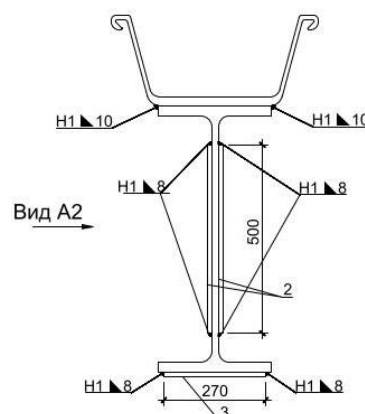


Рисунок 7 – Схема размещения стыков элементов БШС

## Прямой стык шпунта и двутавра



## Прямой стык шпунта и двутавра



### Примечания:

1. Сварные соединения следует выполнять автоматической под флюсом или полуавтоматической сваркой в среде защитных газов. Сварочные работы производят в соответствии с Инструкцией по проведению сварочных работ, утверждённой в установленном порядке, а также в соответствии с п. 14.1 СП 16.13330
2. Изготовление выполнять согласно ГОСТ 23118 или СТО АРСС 11251254.001-018-5 «Изготовление и контроль качества стальных конструкций».
3. Все неоговоренные швы выполнить герметизирующими с минимальным катетом.
4. Сварочные материалы назначать в соответствии с табл. Г.1 к СП СП 16.13330.2017.
5. Стыковку в длину необходимо выполнять в разбежку, чтобы стык по шпунту и двутавру был не в одной плоскости.

Рисунок 8 – Узел стыковки БШС и длину

2.43 Для предотвращения размыва дна перед сооружением от действия волнения, течений и движителей судов следует предусматривать на полосе вдоль сооружения защиту основания. Конструктивно решение защиты основания определяется расчетом согласно требованиям п.п. 6.13-6.19 СП 38.13330.2018 [12]. В зависимости от максимальных придонных скоростей определяется крупность камня защитного слоя. Принципиальная схема защиты основания приведена на рисунке 9.

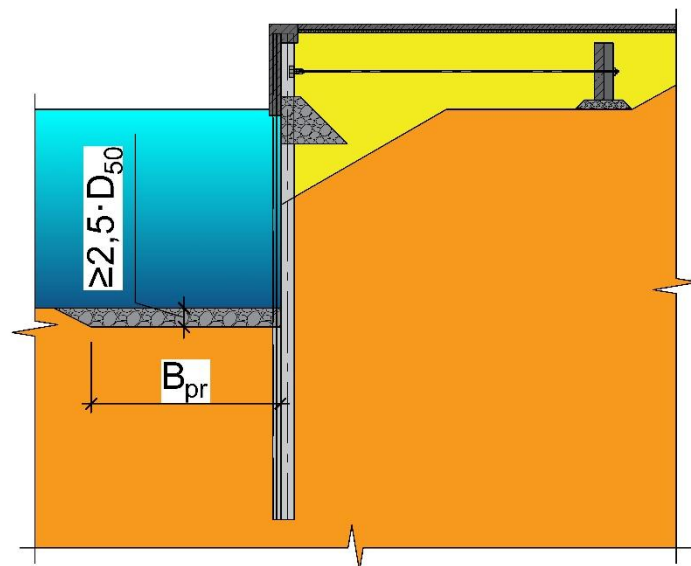


Рисунок 9 – Схема защиты основания вдоль сооружения:  $B_{br}$  – достаточная ширина защиты для участка воздействия придонных скоростей;  $D_{50}$  – крупность камня защитного слоя.

## 2.1 Основные конструктивные требования при проектировании причальных сооружений заанкерowanych шпунтовых стенок

2.1.1 В качестве анкерных опор следует использовать железобетонные плиты, сваи, шпунты, сваи-оболочки, стальные трубы и другие прокатные профили, а также сварные и составные объемные конструкции.

2.1.2 При проектировании бьефов с многорядным экранированием увеличение числа рядов экранирующих элементов свыше двух целесообразно только в случаях, когда экранирующие элементы используют в качестве опор крановых путей или технологического оборудования.

2.1.3 При компоновке бьефов следует учитывать, что эффект экранирования увеличивается при увеличении жесткости экранирующих стенок в системе.

Наибольшая эффективность бьефов из БШС реализуется при защемлении лицевых и экранирующих стенок, что обеспечивается рациональным соотношением глубины погружения, расстояния между стенкой и экранирующими элементами и податливости анкеровки, достигаемым при рассмотрении и расчете нескольких вариантов компоновки шпунтовых стен из БШС.

2.1.4 Экранирующие стенки бьефа следует выполнять в виде сплошного ряда (Рисунок 10), а) или из элементов, погруженных вразрядку (Рисунок 10, б). Расстояние между элементами стенки в свету не должно превышать расстояния до впереди стоящей стенки (п.п. 11.2.12 СП 287.1325800.2016 [11]).

2.1.5 Разгрузочная платформа должна перекрывать пространство между лицевой и экранирующими стенками и свободно упираться в лицевую стенку бьефа.

Отметку низа разгрузочной платформы рекомендуется располагать не выше 0,7 м над уровнем анкерной тяги (п.п. 11.2.13 СП 287.1325800.2016 [11]).

Железобетонная платформа может выполняться сборной или монолитной и размещаться симметрично относительно осей экранирующих стенок бьефа.

При многорядном экранировании допускается как монолитная платформа по всему поперечному сечению, так и с осадочным швом в середине пролета между стенками.



2.1.6 Анкеровка экранированных бойверков может выполняться по двум схемам:

- за лицевую стенку с упором экранирующих стенок в лицевую через разгрузочную платформу;
- за экранирующую стенку с дополнительной анкеровкой лицевой стенки за экранирующую.

Вторую схему рекомендуется применять при экранирующих стенках большой жесткости.

При анкеровке по первой схеме для обеспечения совместной работы стенок в процессе засыпки следует устанавливать между стенками специальные распорки.

а)

б)

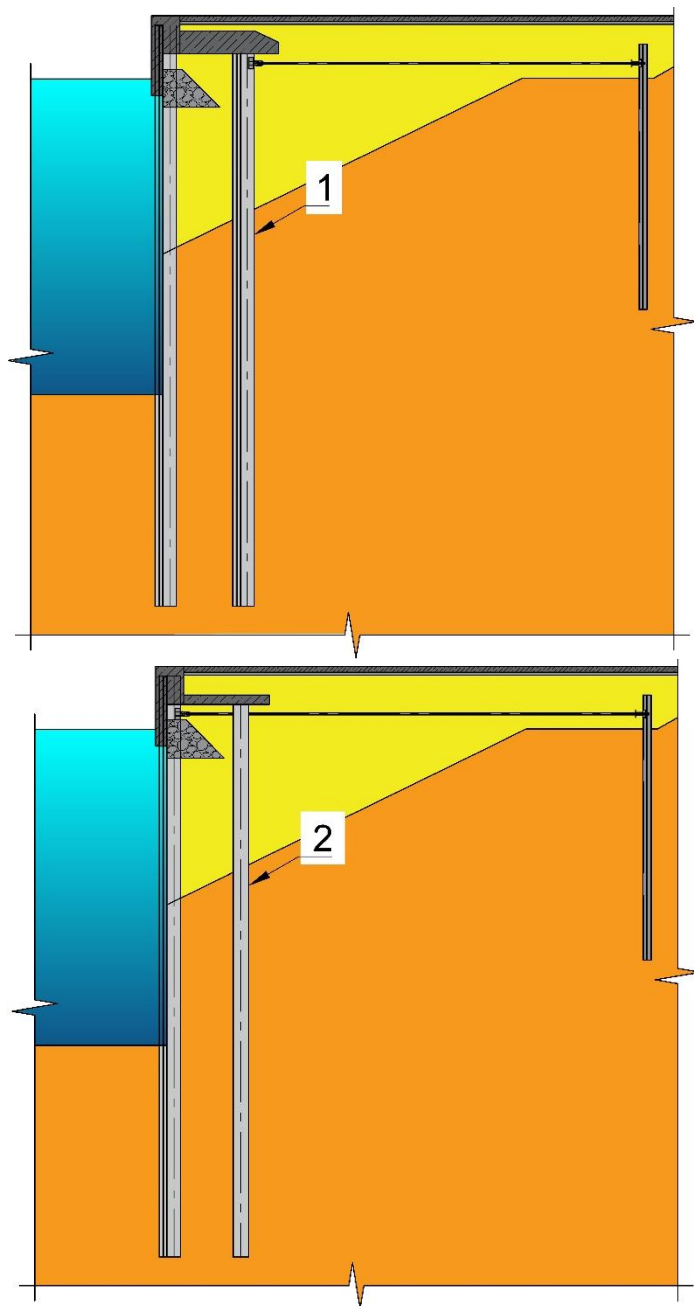


Рисунок 10 – Причальные сооружения с анкеровкой за экранирующую стенку (а) и за лицевую стенку (б): 1 – экранирующая шпунтовая стенка; 2 – экранирующие сваи.

2.1.7 Разрезку распределительного пояса следует принимать в соответствии с разрезкой надстроек согласно СП 287.1325800.2016 [11], т.е. не более чем через 40 м.

В пределах секции балки распределительного пояса стыки необходимо соединять сварными равнопрочными швами или сваркой с накладками.

Допускается устанавливать балки распределительного пояса с открытыми стыковыми швами, принимая расчетные схемы балки в соответствии с их конкретной разрезкой.

При проектировании больверков с применением БШС, стальных конструкций, узлов и деталей следует учитывать конструктивные требования СП 16.13330.2017 [13].

## **2.2 Основные конструктивные требования при проектировании конструкций из ячеек и узких засыпных пирсов**

2.2.1 При устройстве узких пирсов используются взаимозаанкеренные варианты шпунтовых стенок с одним или несколькими уровнями анкеровки.

2.2.2 Для водоподпорных сооружений, к примеру ограждающих перемычек, как правило используется взаимозаанкеренная конструкция с одним или несколькими уровнями анкеровки.

2.2.3 Принципиальные схемы конструкций из ячеек и узких засыпных пирсов приведены на рисунке 2.

2.2.4 Конструктивные требования при проектировании конструкций из ячеек и узких засыпных пирсов аналогичны приведенным в 2.1.

## **2.3 Основные конструктивные требования при проектировании причальных сооружений в условиях Арктики**

2.3.1 Для условий Севера и для возведения шпунтовой стенки зимой на талых грунтах используются все конструкции БШС, которые применяются в аналогичных геологических и гидрологических условиях в районах с умеренным климатом.

2.3.2 Лицевые стенки засыпных причальных сооружений для условий Арктики следует выполнять из стальных шпунтовых свай или труб, экранирующие элементы - из железобетонных свай и свай-оболочек. Допускается применение для лицевых стенок элементов из предварительно напряженных железобетонных конструкций и высокопрочных бетонов класса по прочности на сжатие В70-В100.

2.3.3 Для тонкостенных конструкций в зоне действия ледовой нагрузки в необходимых случаях следует предусматривать создание противоледового пояса из стального проката или сталебетона. Высоту противоледового пояса рекомендуется принимать на 1 м больше расчетной толщины льда.

Отметку низа надстройки следует принимать ниже расчетного уровня воды не менее чем на 0,2 м.

2.3.4 При проектировании сооружений с созданием мерзлого ядра следует предусматривать уплотнение обратной засыпки.

2.3.5 Покрытие откосных сооружений не должно иметь выступающих частей. Для уменьшения воздействия льда на откосы следует предусматривать устройство берм на откосе.

2.3.6 Для стационарного перегрузочного оборудования и механизмов, располагаемых на ледяном сооружении, следует предусматривать свайное основание, выполняемое погружением свай в грунт через ледяной массив.

2.3.7 При проектировании ледяных причальных сооружений, эксплуатируемых более двух навигаций, следует предусматривать тепло- и гидроизоляцию ледяного массива, а при соответствующем технико-экономическом обосновании - применение термосвай или системы искусственного охлаждения.

2.3.8 Для ледяных сооружений, эксплуатируемых одну-две навигации, допускается вместо тепло- и гидроизоляции предусматривать большее сечение конструкции, чем это требуется по расчету или технологическим требованиям, учитывая таяние незащищенной ледяной конструкции в летний период. При эксплуатации таких сооружений в течение нескольких навигаций следует предусматривать возможность ежегодного домораживания в зимний период стаявшего летом льда конструкции.

2.3.9 Для повышения надежности ледяных стационарных причальных сооружений рекомендуется предусматривать армирование всего массива льда или на ширине не менее 1,5 м от боковых поверхностей массива опилками, древесным, бумажным или искусственным волокном и т. п.

2.3.10 При армировании ледяного массива стальными канатами рекомендуется располагать их в несколько рядов по ширине и высоте, вдоль и поперек сооружения отдельными секциями с перекрытием друг друга по длине. При необходимости анкеровки массива выпуски каната крепятся за береговые опоры.

2.3.11 Для исключения повреждения конструкции ледяного сооружения при швартовке судна следует предусматривать защиту лицевой стенки отдельными деревянными сваями, сваями с навеской на них отбойных устройств и ряжевыми конструкциями.

2.3.12 В качестве швартовых устройств рекомендуется использовать деревянные сваи, вмороженные в ледяной массив или забитые в грунт через ледяной массив, вмороженные в ледяной массив рамы, за которые закреплены швартовые гаки.

2.3.13 Закладные детали ледяных сооружений следует предусматривать из дерева. Применение стальных элементов и конструкций в ледяном массиве без специальных мероприятий по предотвращению таяния льда в летний период (покраска белой краской, термозащита и т.п.) не рекомендуется.

2.3.14 Следует предусматривать перехват и отвод от ледяного сооружения береговых поверхностных вод, например созданием водоотводящих канав.

2.3.15 При проектировании сооружений в арктической зоне следует учитывать возможные изменения климата.

## **2.4 Основные конструктивные требования при проектировании портовых сооружений в сейсмических районах**

2.4.1 Портовые сооружения в сейсмических районах должны соответствовать СП 14.13330.2018 [35].

2.4.2 При проектировании причальных сооружений следует предусматривать мероприятия, способствующие повышению их сейсмостойкости.

2.4.3 Для засыпки за стенку рекомендуется применять однородный песчано-гравийный грунт или камень. Не рекомендуется устройство засыпок путем намыва. Следует предусматривать послойную засыпку грунта за стенку при обязательном уплотнении каждого отсыпанного слоя.

2.4.4 При замене слабого грунта в основании шпунтовых стен необходимо, чтобы грунт замены укладывался на плотные подстилающие или закрепленные грунты.

2.4.5 В заанкеренных подпорных стенках в целях повышения сейсмостойкости анкерной плиты (анкерной стенки) перед ее лицевой гранью рекомендуется устраивать плотное грунтовое ядро из крупнообломочных или песчаных грунтов.

2.4.6 Конструкции сопряжения анкерных тяг с сооружениями и анкерными опорами должны исключать возникновение изгибающих моментов в анкерах. Крепления концов анкерных тяг следует выполнять шарнирными.

2.4.7 В пределах секции сооружения длина тяг и марка стали должны быть идентичны.

При возведении сооружения рекомендуется обеспечить одинаковое предварительное напряжение анкерных тяг.

На анкерных тягах рекомендуется постановка специальных элементов, предназначенных для выравнивания усилий в анкерах в процессе эксплуатации сооружения.

2.4.8 Сборные элементы верхнего строения и балочные элементы крановых путей должны иметь жесткие соединения, исключая возможность сдвига в любом направлении. Узлы соединения следует тщательно омоноличивать (Рисунок 11).

2.4.9 Во избежание увеличения сейсмических нагрузок на сооружения рекомендуется располагать склады, производственные корпуса и другие объекты порта в тыловой части причала на расстоянии не менее  $2,5H$ , где  $H$  - высота причала.

2.4.10 Крановые пути за стенками рекомендуется устраивать на свайных фундаментах с передачей нагрузок на глубинные слои основания.

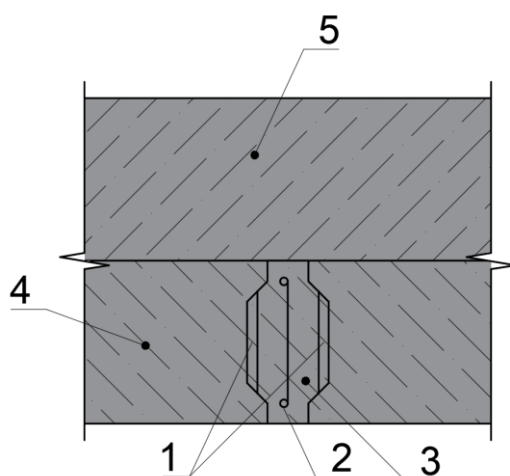


Рисунок 11 – Омоноличивание сборных плит покрытия

1 – шпонка; 2 – каркас; 3 – бетон класса В35 на легком заполнителе; 4 – полки плит покрытия; 5 – цементно-бетонное покрытие.

2.4.11 Антисейсмические швы в протяженных сооружениях целесообразно совмещать с температурно-осадочными швами.

Антисейсмические швы в плитах покрытий верхнего строения следует закрывать компенсаторами или нащельниками из оцинкованной стали, алюминия или пластмассы, не препятствующих их взаимному перемещению.

Швы между секциями заполняются упругими прокладками, не препятствующими горизонтальным смещениям секций. В качестве прокладок следует применять ленты из пенопласта, губчатой резины и других упругих материалов.

Целесообразность соединения секций эстакад между собой специальными связями, препятствующими относительному сдвигу секций в направлении, перпендикулярном продольной оси сооружения, устанавливаются по результатам сопоставления расчетов на основные сочетания нагрузок с учетом сил навала судов и на особое сочетание нагрузок с учетом сейсмических сил. При этом конструкция связей должна исключать возможность их хрупкого разрушения при сейсмических колебаниях.

Рекомендуемая конструкция связей между секциями показана на рисунке 12.

2.4.12 В конструкциях свайных набережных и оторочек эстакада и тыловое сопряжение должны соединяться между собой свободно опертыми и скользящими по одной из опор перекидными плитами, обеспечивающими раздельную работу эстакады и тылового сопряжения.

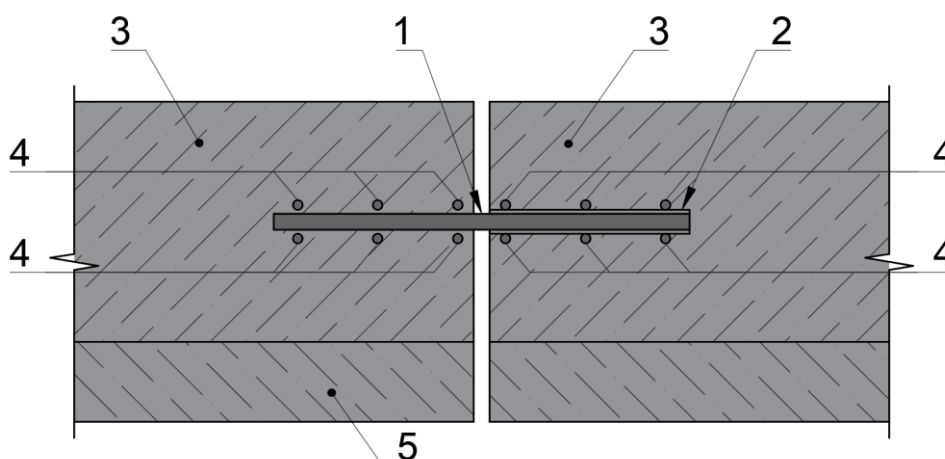


Рисунок 12 – Конструкция связи между секциями причала  
 1 – стержень; 2 – труба; 3 – бетон омоноличивания; 4 – анкерующая арматура; 5 – сборный ригель

2.4.13 Сваи необходимо погружать до глубины залегания грунтов, структура которых не нарушается при сейсмическом воздействии.

2.4.14 Верхние концы свай должны быть жестко заделаны в ригель при ригельной конструкции верхнего строения и в плиту при плитной конструкции.

## 2.5 Требования к устройству железобетонного оголовка (шапочного бруса)

2.5.1 Отметку низа железобетонных надстроек следует назначать исходя из необходимости защиты шпунта от агрессивного воздействия в зоне переменного уровня воды.

2.5.2 В районах с повышенной агрессивностью воды или возможных значительных ледовых нагрузок отметка низа надстройки должна находиться не менее чем на 0,2 м ниже расчетного уровня.

2.5.3 При строительстве сооружений в районе пониженных агрессивных воздействий, где обеспечивается длительная сохранность шпунта, отметку низа надстройки следует принимать из условия создания опорной плоскости для отбойных устройств и возможности производства работ по возведению надстройки насухо.

2.5.4 При строительстве сооружений на морях с большой амплитудой приливо-отливных, колебаний, где опускание низа надстройки под расчетный уровень представляет большие затруднения, вопрос о принятии отметки низа надстройки решается с учетом накопленного опыта эксплуатации сооружений в местных и аналогичных условиях.

2.5.5 Температурно-деформационные швы в железобетонной надстройке и оголовках лицевой стенки следует располагать с шагом не более 40 м, а также в местах резкого изменения грунтовых условий, которые могут вызвать разницу в значениях смещений отдельных частей сооружения.

2.5.6 Температурно-деформационные швы в железобетонной надстройке БШС рекомендуется выполнять в местах замковых соединений, где могут происходить горизонтальные и вертикальные деформации.

2.5.7 Железобетонные элементы сооружений с применением БШС должны соответствовать СП 63.13330.2018 [25] Пример армирования шапочного бруса приведен на рисунке 13.

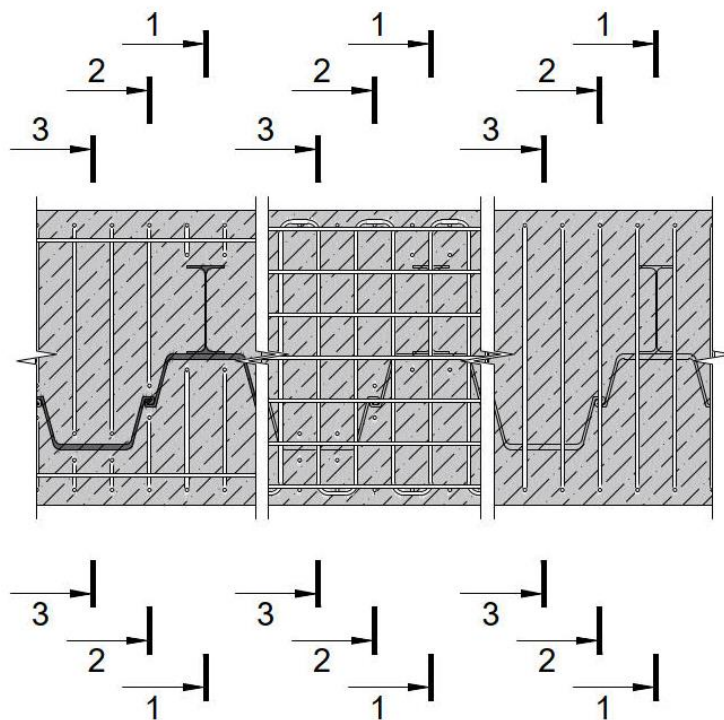
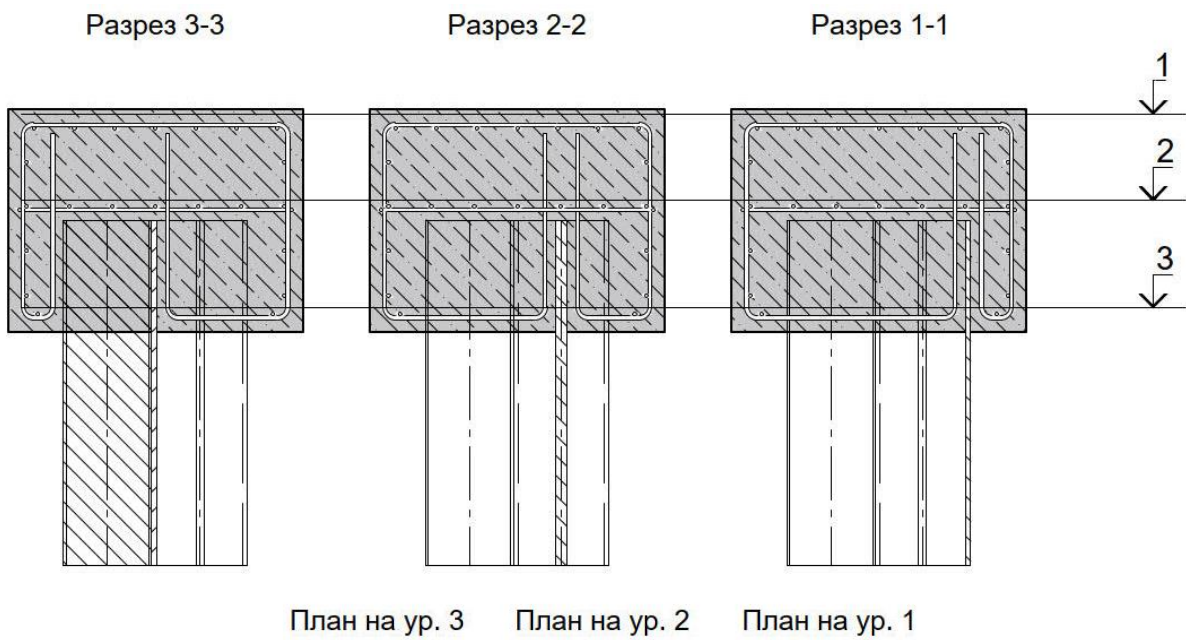


Рисунок 13 – Пример армирования шапчного бруса

## 2.6 Требования к защите от волновых и ледовых нагрузок, нагрузок от судов

2.6.1 Причальные сооружения следует оборудовать отбойными устройствами, амортизирующими ударные воздействия от судов. Вынос отбойных устройств относительно лицевой грани верхнего строения должен обеспечивать нормальную стоянку судна у причала при минимальном зазоре в пределах 5%–15% высоты недеформированного отбойного устройства между подводной частью корпуса судна и выступающими частями сооружения или подпричального откоса с учетом возможности обжатия отбойных устройств и крена судна.

2.6.2 Толщину железобетонных элементов конструкций сооружения следует определять расчетом. В целях обеспечения долговечности для основных

конструктивных элементов она должна быть не менее 200 мм для железобетонных элементов без предварительного напряжения и напряженных в особых условиях (воздействие агрессивных сред и ледовых нагрузок)

## 2.7 Требования к устройству ледозащитных конструкций

2.7.1 Для восприятия ледовой нагрузки с засыпаемой стороны может быть устроен противоледовый пояс, представляющий из себя железобетонную диафрагму в зоне переменного уровня воды, препятствующую деформации шпунтовых свай БШС. Необходимость устройство противоледового пояса и его параметры определяются расчетом.

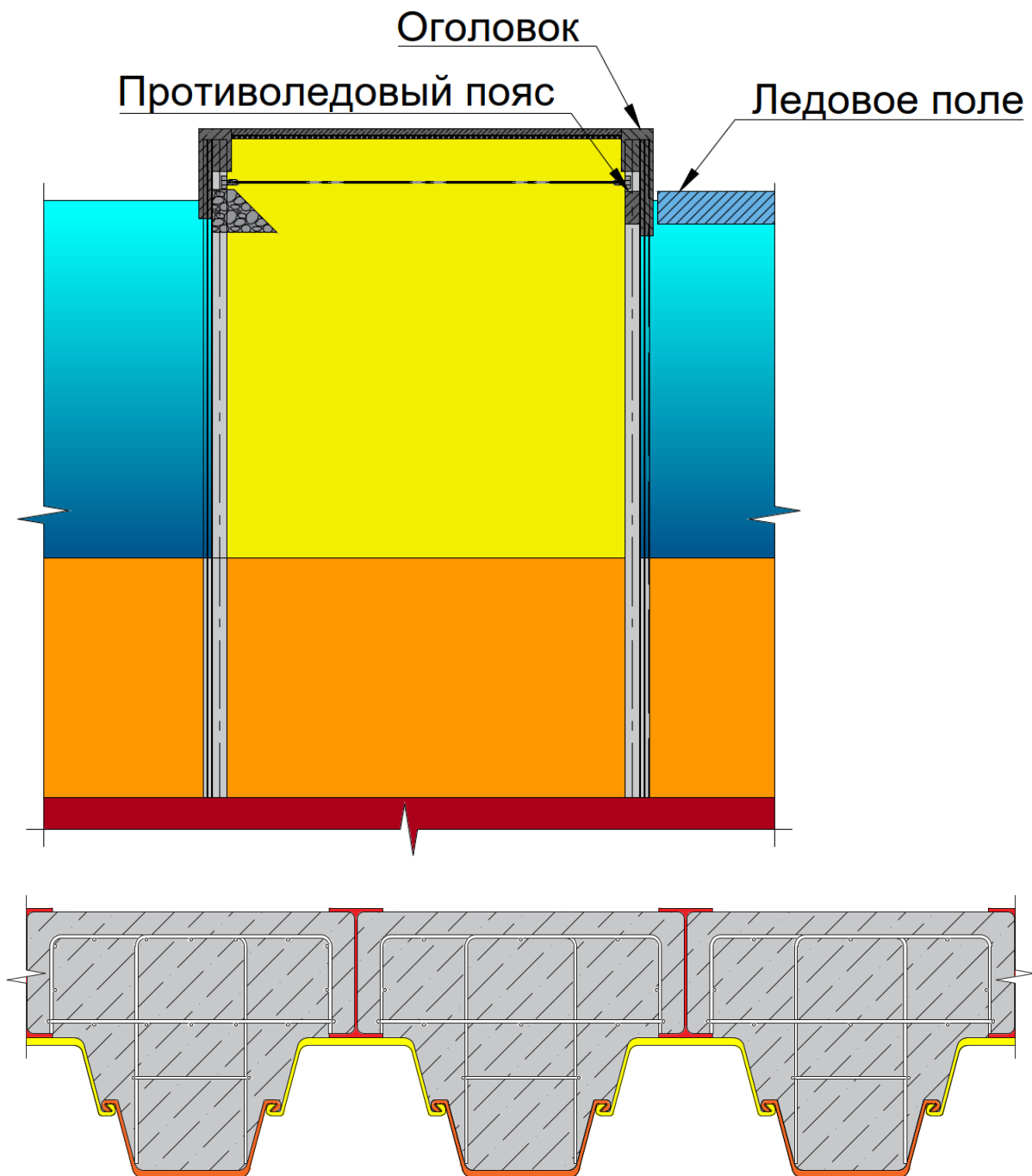


Рисунок 14 – Схема устройства противоледового пояса

## **2.8 Требования к антикоррозионной защите ГТС с использованием шпунта/БШС, включая покрывные материалы, электрохимзащита, а также требования к антикоррозионным свойствам стали**

2.8.1 Стальные анкерные тяги должны иметь антикоррозионную защиту. В качестве защиты допускается применение битумных, эпоксидных и эпоксидно-каменноугольных эмалей, герметиков и ленточных материалов в соответствии с требованиями СП 28.13330.2017 [14] и СНиП 3.07.02-87 [15].

Узлы крепления и соединения анкерных тяг рекомендуется заливать битумно-резиновой эмалью.

2.8.2 Стены из БШС, применяемые в гидротехнических и ограждающих конструкциях, подвергаются агрессивному воздействию как со стороны акватории, так и со стороны грунта засыпки, приводящему к коррозии. При этом скорости проникновения коррозии могут значительно различаться в зависимости от расположения рассматриваемого участка.

2.8.3 Так как в соответствии с п. 8.21 СП 58.13330.2019 [4] прочность БШС и всех элементов конструкции должна обеспечиваться в том числе в конце расчетного срока службы сооружения, требуется учитывать агрессивное воздействие окружающей среды на металлические конструкции и предусматривать мероприятия по обеспечению защиты от коррозии.

2.8.4 Защита от коррозии может быть выполнена в виде тех или иных защитных покрытий, либо применением припуска на коррозию, то есть использование проката большей толщины.

2.8.5 Для предварительного проектирования следует использовать данные таблиц 5, 6 по величинам потерь толщины металл в зависимости от срока эксплуатации и условий среды. Пример эпюры распределения скоростей коррозии приведён на рисунке 15.



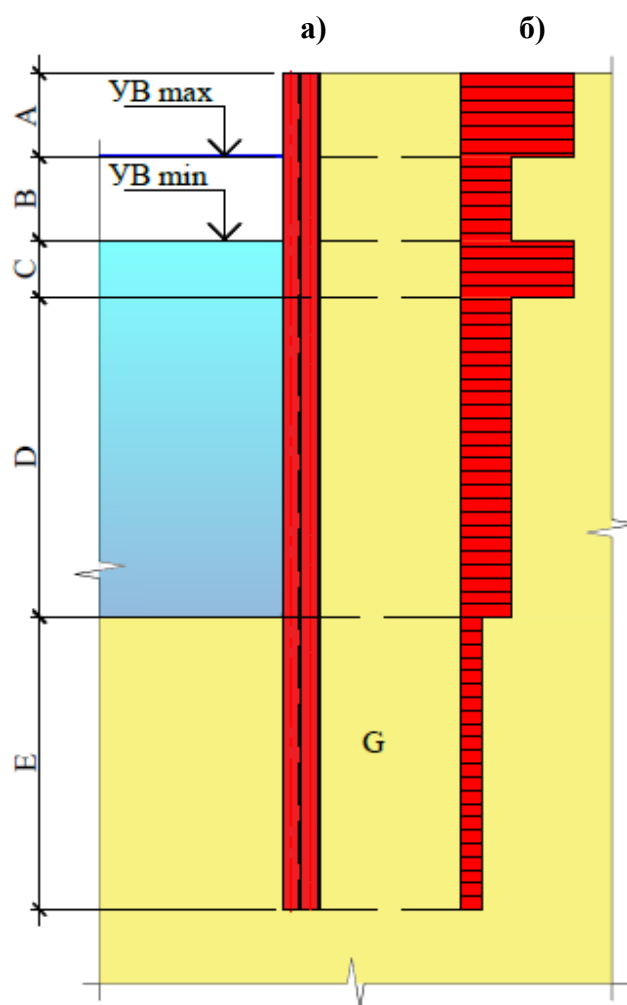


Рисунок 15 – Пример распределения скорости коррозии: а – вертикальное зонирование агрессивности воздействия морской воды; б – эпюра распределения скорости коррозии со стороны воздействия морской воды: А – зона заплеска максимального уровня; В – зона прилива; С – зона заплеска минимального уровня; D – подводная зона; Е – зона погружения с внешней стороны; G – зона погружения с внутренней стороны; F – анкерное усилие.

2.8.6 Для проектирования системы защиты БШС от коррозии требуется определить степень агрессивного воздействия на элементы конструкции в соответствии с СП 28.13330.2017 [14].

2.8.7 Степень агрессивного воздействия жидких неорганических сред на металлические конструкции следует определять по таблице 7 (Таблица X.3 СП 28.13330.2017 [14]). Степень агрессивного воздействия определена при свободном доступе кислорода в интервале температур от 0°C до 50°C и скорости движения до 1 м/с.

2.8.8 Степень агрессивного воздействия подземных вод и грунтов на металлические конструкции следует определять по таблице 8 (Таблица X.5 СП 28.13330.2017 [14]). Степень агрессивного воздействия определена для сильнофильтрующих и среднефильтрующих грунтов с коэффициентом фильтрации св. 0,1 м/сут.

2.8.9 Рекомендуемые защитные покрытия стальных конструкций из в зависимости от агрессивности среды представлены в таблице 9 (Таблица Ц.1 СП 28.13330.2017 [14]).

2.8.10 При отсутствии постоянного наблюдения за состоянием конструкций в процессе эксплуатации необходимо предусматривать защиту их от коррозии

покрытиями, рекомендуемыми для конструкций, эксплуатируемых в условиях с агрессивным воздействием среды на один уровень выше.

2.8.11 Припуск на коррозию следует принимать с учетом таблицы 10 (Таблица Ц.11 СП 28.13330.2017 [14]).

2.8.12 При средне и сильноагрессивном воздействии на конструкцию, мероприятия по защите от коррозии и величины потери толщины металла следует назначать по результатам дополнительных исследований.

2.8.13 Помимо шпунтовых свай необходимо предусматривать защиту от коррозии анкерных устройств и других элементов конструкции. Противокоррозионная защита анкерных тяг выполняется соответствующими противокоррозионными покрытиями.

2.8.14 В качестве защиты анкерных тяг могут быть применены битумные, эпоксидные и эпоксидно-каменноугольные эмали, герметики и ленточные материалы. Допускается применение припуска на коррозию. Во многих случаях увеличение размеров изделий с поправкой на коррозию является более экономичным и эффективным средством защиты.

2.8.15 Наиболее простым решением является обёртывание анкерных тяг защитными лентами, которое может быть произведено на заводе изготовителя металлоконструкций, но участки соединений не могут быть покрыты антикоррозионной защитой до монтажа тяг в проектное положение.

2.8.16 Участки крепления и соединения анкерных тяг необходимо дополнительно защищать от коррозии, так как потеря толщины металла в зоне резьбы может вести к потере несущей способности резьбового соединения.

2.8.17 Любые повреждения противокоррозионной защиты должны быть устранены перед засыпкой грунтом. Не устранённые нарушения могут привести к точечной коррозии и снижению долговечности анкеровки. Особому риску подвергаются анкерные тяги меньшего диаметра из высокопрочной стали.

## **2.9 Требования к устройству дренажной системы**

2.9.1 Проектирование водопонижения для ограждающих подпорных сооружений следует производить в соответствии с п. 11 СП 22.13330.2016 [8].

2.9.2 Для повышения надёжности работ на этапах возведения и эксплуатации шпунтовых стен из БШС должен выполняться комплекс мероприятий по организации отведения поверхностных и грунтовых вод с площадки строительства.

2.9.3 Общие решения по отводу воды от шпунтовой стенки разрабатывает проектная организация на основе расчётов стока поверхностных и дренажных вод, расчётов кривой депрессии и предотвращения появления барражного эффекта.

2.9.4 Отвод поверхностных вод в период строительства следует вести с помощью нагорных канав расчётного профиля и уклонов.

2.9.5 Для отвода грунтовой воды отсыпают дренажные призмы после погружения БШС. В замковой части БШС устраивают также отверстия расчётного поперечного сечения для организованного отвода грунтовой воды, снятия давления, повышения надёжности и уровня безопасности шпунтовой стены.

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

2.9.7 Все постоянные водопонизительные и водоотводящие устройства, используемые в период строительства, при сдаче в эксплуатацию должны соответствовать требованиям проекта.

2.9.8 Водонепроницаемость шпунтовой стенки из БШС следует обеспечивать в соответствии с требованиями проекта и настоящей концепции.

2.9.9 Водонепроницаемость шпунтовых стен после погружения БШС до проектных отметок достигается:

- свариванием стыков замковых соединений с внешней стороны шпунтовой стены при послойной выемке грунта перед стеной;

- инъецированием в замковое соединение БШС водонепроницаемых материалов, например герметиков на основе гидроактивных однокомпонентных полиуретановых составов низкой вязкости типа (Cut, Injecto Grout), которые при взаимодействии с водой многократно увеличиваются в объеме.

2.9.10 Для снятия подпора грунтовых вод с конструкции сооружения при засыпке пазух несвязным грунтом в конструкцию сооружения следует включать щебёночный (гравийный дренаж) с водоотводами в сторону засыпки.

2.9.11 Гранулометрический состав материала дренажа подбирают из условия, чтобы размеры частиц самой мелкой его фракции в три-четыре раза превышали размеры удерживаемых частиц грунта.

2.9.12 Конструкцию дренажной призмы выбирают в зависимости от грунта обратной засыпки.

2.9.13 Рекомендуемая конструкция дренажной призмы при выполнении обратной засыпки представлена на рисунке 16.

Боковые и верхние фильтрующие слои дренажной призмы, отсыпаемые из одной фракции, должны иметь толщину не менее 250 мм, а слои из смешанного щебня – не менее 500 мм.

Дренажная призма устраивается непрерывной вдоль линии кордона, непосредственно за лицевой стенкой. Схемы расположения дренажной призмы за стенкой приведены на рисунке 16. Водоотводные отверстия в лицевой стенке следует располагать со следующим шагом:

- в безливных морях при ожидаемом подпоре грунтовых вод до 1 м относительно расчётного уровня воды – приблизительно 10 м, при подпоре больше 1 м – приблизительно 5 м;

- в ливных морях с амплитудой колебаний уровня до 2 м – приблизительно 3 м.

2.9.14 Водоотводные отверстия рекомендуется располагать ниже среднего уровня воды в безливных морях или среднего уровня воды при отливе в ливных морях, но не выше 0,5 над расчётным.

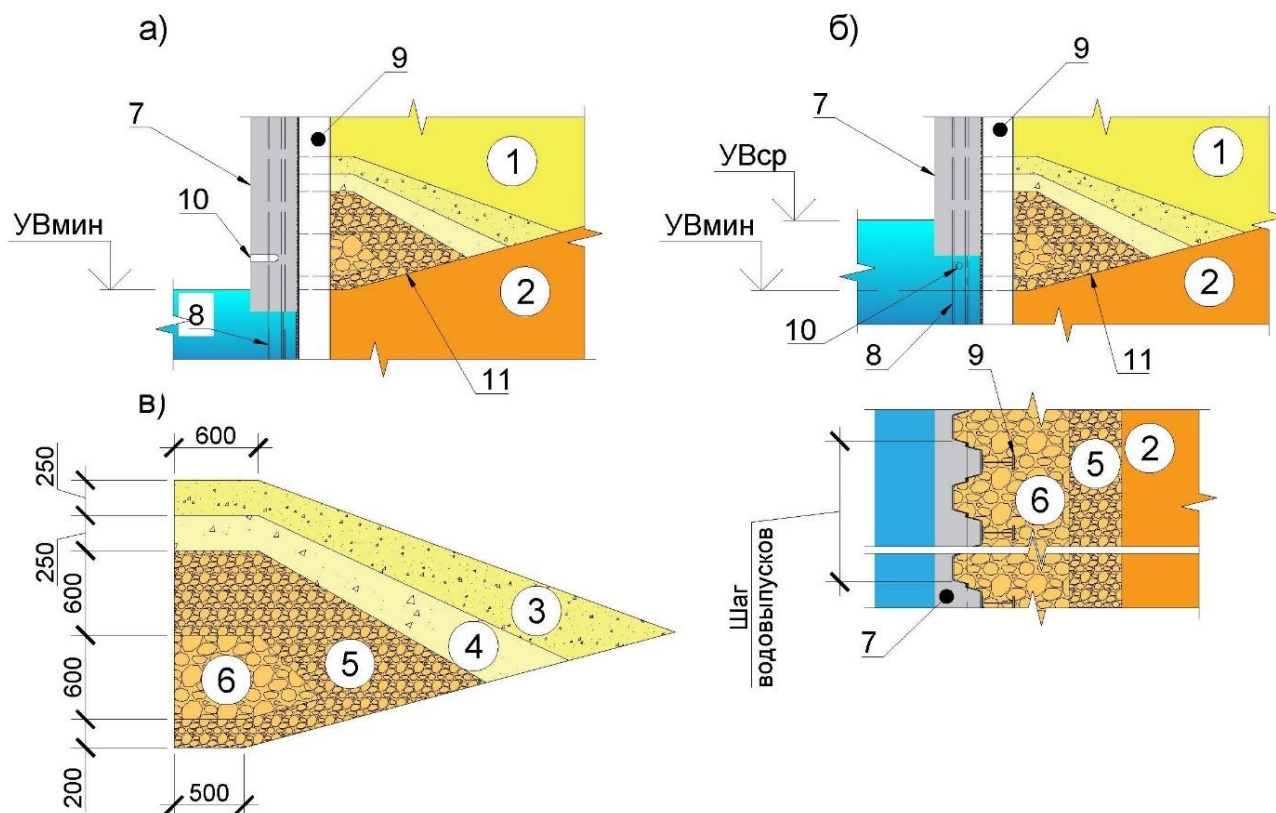


Рисунок 16 – Схемы дренажных устройств: а – водовыпуск через оголовок; б – водовыпуск через корыто шпунта; в – конструкция дренажной призмы; 1 – грунт засыпки; 2 – грунт основания; 3 – среднезернистый песок; 4 – гравелистый песок; 5 – щебень из смеси фракций 40+70 мм – 30 %; 3+10 мм – 40 %; 6 – камень 15+20 мм; 7 – железобетонный оголовок; 8 – корытный шпунт; 9 – усиливающая балка; 10 – водовыпуск; 11 – дренажная призма

## 2.10 Требования к ремонту лицевых шпунтовых стенок

2.10.1 При повреждении замковых соединений, повреждении шпунтовых свай, интенсивной коррозии и других сверхнормативных дефектах в соответствии с ГОСТ Р 54523-2011 [10], необходимо производить ремонт.

2.10.2 Типовая схема ремонта металлического шпунта под водой приведена на рисунке 17. Для ремонта поверхности шпунтового ряда, необходимо подводной сваркой закрыть поврежденную часть стенки стальным листом и заполнить образовавшуюся полость бетоном.

2.10.3 Важно учитывать наличие и положение дренажных устройств и не перекрывать их бетоном.

Разрез 1-1

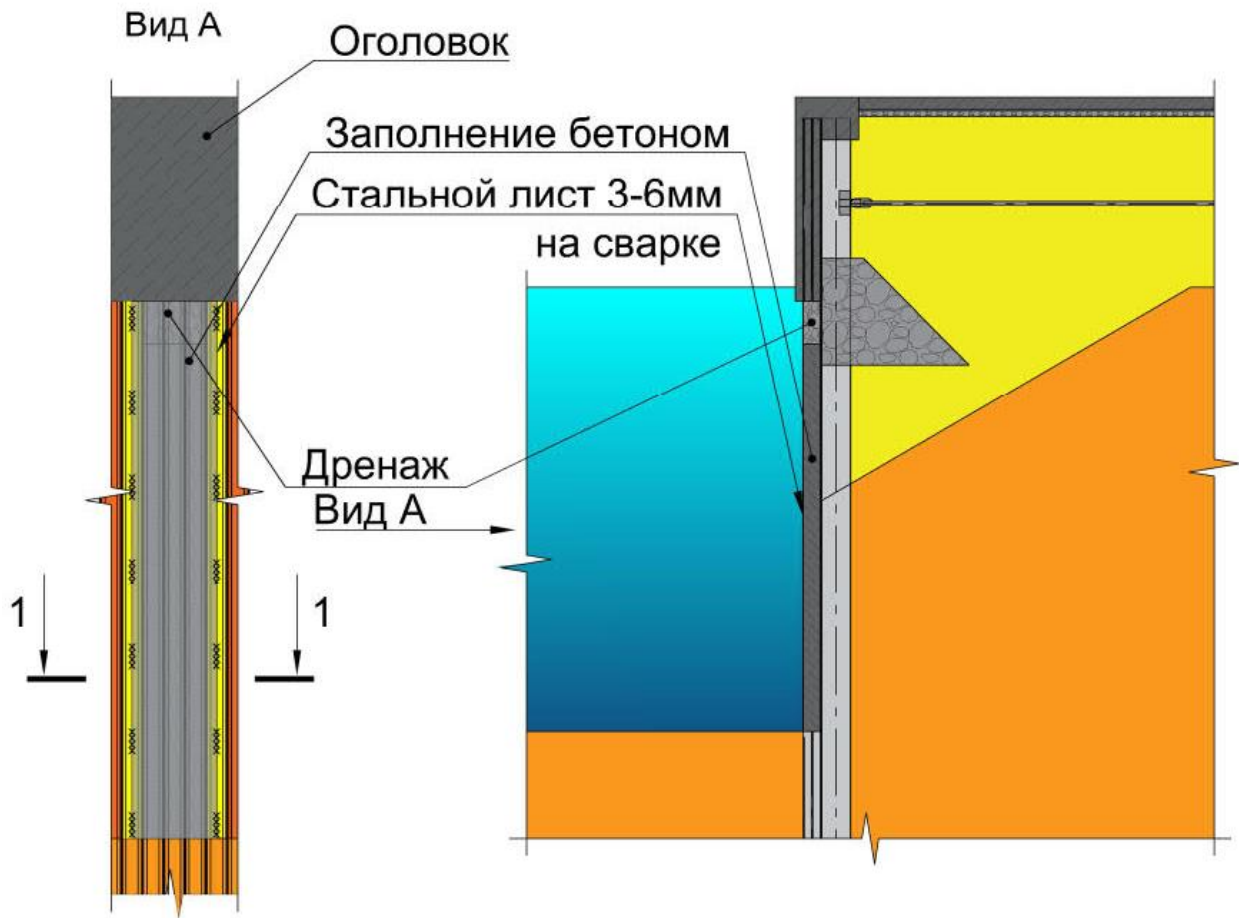
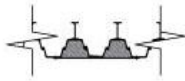


Рисунок 17 – Схема ремонта металлического шпунта под водой

### **3 Строительно-монтажные работы**

В данном разделе сформулированы основные положения технологии выполнения строительно-монтажных работ с применением БШС при возведении гидротехнических сооружений. Приведены общие положения, связанные с проведением подготовительных работ перед началом строительства.

Также рассмотрены ключевые аспекты подготовки строительной площадки, приемки, транспортировки и хранения шпунта, анкерных и прочих конструктивных элементов. Отдельное внимание уделяется подбору оборудования для погружения шпунта, приведены основные требования и рекомендации. Приведено описание процесса вибропогружения и забивки шпунта молотами, а также возможные сложности, возникающие при работе в сложных геологических условиях. Приведены примеры оборудования, которые применялись на реальных объектах. Отдельные пункты посвящены погружению БШС в ячеистые конструкции, также даны рекомендации по извлечению, выправке и другим работам с БШС.

Описаны требования к монтажу распределительных поясов и анкерных конструкций, заполнению пазух и ячеек грунтом, устройству надстроек и омоноличиванию шпунтовых рядов.

Особо подчеркиваются важные моменты, связанные с особенностями строительства в условиях Крайнего Севера, где экстремальные климатические условия требуют адаптации уже существующих технологий строительства шпунтовых стенок. Обсуждаются вопросы обеспечения долговечности и защиты шпунта и стальных деталей от коррозии, что является критически важным аспектом для продления срока службы конструкции и снижения затрат на её эксплуатацию.

Таким образом, данный раздел предоставляет всесторонний анализ процессов строительства гидротехнических сооружений с использованием БШС, охватывая весь цикл работ — от подготовки до сдачи объекта в эксплуатацию.

#### **3.1 Строительство портовых гидротехнических сооружений из стального шпунта. Общие положения**

3.1.1 До начала производства работ по погружению шпунтовых свай должны быть получены следующие данные:

- план расположения участка застройки на местности, включая подъездные пути и возможные препятствия;
- высота и расположение точек привязки на участке застройки или вблизи него;
- ограничения, относящиеся к возможности доступа оборудования и доставки материалов;
- расположение инженерных коммуникаций (электричество, телефонная связь, водопровод, газопровод и канализация);
- материалы инженерно-геологических изысканий, включая строение и стратиграфическую последовательность напластования грунтов основания на участке застройки;
- прочностные и деформационные характеристики грунтов и скальных массивов;
- возможное наличие валунов и других твердых включений в грунте;

- возможное налипание связного грунта на шпунтовую сваю при ее извлечении;
- гидрогеологические данные, относящиеся к территории участка застройки;
- требования, предъявляемые к шпунтовым стенкам, такие как тип шпунтовых свай, профиль, качество стали, системы защиты и консервации, а также информация относительно необходимости обеспечения контакта внутри замковых соединений для перераспределения поперечных усилий;
- наличие восприимчивых к деформациям и динамическим воздействиям строительных конструкций и/или оборудования вблизи участка застройки;
- ограничения, касающиеся шума и вибрации при погружении секций шпунта;
- ограничения, касающиеся методов установки и методов, облегчающих забивку шпунтов;
- ограничения, касающиеся фильтрационной способности шпунтовой стенки в отношении воды или других жидкостей;
- различные предусмотренные проектом фазы строительства конструкции шпунтовой стенки;
- в случае наличия береговых строительных сооружений — уровень грунтовых вод и его колебания (амплитуда, частота и причины колебаний, например, опустошение искусственного водохранилища, приливы и отливы и т. д.);
- данные о возможных загрязнениях грунта;
- список установленных позиций, подлежащих исследованию.

3.1.2 Перед началом строительства в распоряжении должна быть следующая, специальная информация:

- полный комплект проектной документации, которая необходима для выполнения строительных работ;
- ограничения вследствие наличия существующих анкеров, катодных защитных сооружений или подобных сооружений на участке застройки или вблизи него;
- предыстория участка застройки — наличие остатков фундаментов или других искусственных препятствий.

3.1.3 Перед началом строительства в наличии должна быть следующая информация:

- особые проектные аспекты, касающиеся коррозии и износа конструкций;
- сопоставимый опыт, основанный на схожих работах, произведенных при похожих условиях;
- состояние зданий, конструкций или сооружений окружающей застройки, а также тип и глубина их фундаментов;
- данные, касающиеся неудовлетворительных погодных условий, например ветровые условия и их периодичность;
- воздействие отрицательных температур в грунте, в случае если они могут привести к избыточной нагрузке на шпунтовую стенку.

## 3.2 Подготовительные работы

3.2.1 Возведение шпунтовых стен с применением БШС должно выполняться в соответствии с последовательностью, принятой при выполнении расчетов, обеспечивающей прочность и устойчивость конструкции на всех этапах работ. Все отступления от этой последовательности должны предварительно согласовываться с разработчиками проектной документации.

3.2.2 Погружению БШС должно предшествовать выполнение и принятие по акту следующих работ:

- проверка наличия комплекта проектно-сметной документации на объекте; ознакомление инженерно-технических работников (ИТР) и рабочих с проектной документацией по возведению шпунтовой стены и проектом производства работ (ППР);
- разбивка и закрепление главных осей сооружения, вынос в зону работ высотного репера, создание строительной сети, закрепление в натуре границ строительной площадки;
- приёмка (входной контроль) БШС и других элементов шпунтовой стены и соответствующая подготовка их к погружению;
- подготовка и опробование механизмов и машин (грузоподъёмных средств, молотов, вибропогружателей) и вспомогательных устройств (шаблонов, направляющих, кондукторов), предусмотренных к использованию на строительстве шпунтовой стены;
- промеры глубин на строительстве причального сооружения в зоне возведения шпунтовой стены с целью проверки соответствия подводного откоса проекту и уточнения объема работ по засыпке застенного пространства. В случае значительного отклонения фактического профиля откоса от проектного необходимо привести его в проектное положение дополнительной разработкой или досыпкой грунта;
- подготовка грунтового основания (снятие и складирование растительного слоя), обследование грунтового массива на наличие камней и валунов, в том числе геофизическими методами и т. п.) в створе погружения БШС и анкерных свай (если они приняты в проектной документации в виде стальных труб);
- водолазное обследование дна акватории причала с целью выявления и удаления предметов, которые могут препятствовать погружению БШС и анкерных свай;
- устройство в соответствии с ППР подъездных дорог, площадок складирования, линий электроснабжения, наружного освещения строительной площадки, служебно-бытовых помещений и спасательного поста.

3.2.3 При возведении шпунтовой стены в морских условиях, на реке или другом водном объекте дно акватории обследуют силами водолазов или известными методами: подводными телевизионными установками и т. п. оборудованием. В случае обнаружения каких-либо предметов, препятствующих погружению БШС в грунт, выполняют мероприятия по их устранению. При производстве свайных работ с воды рекомендуется устройство лидирующей траншеи с удалением грунтов на глубину техногенных отложений.

3.2.4 Пробное погружение БШС и их извлечение выполняют по программе, составленной проектной организацией (если оно предусмотрено в проекте), с целью отработки технологии производства работ, уточнения конструкции строповочных устройств, кондукторов, шаблонов, режима работы основного и вспомогательного оборудования, определения длины БШС и несущей способности свай.

3.2.5 Подготовительные работы в процессе гидротехнического строительства следует выполнять в соответствии с требованиями СП 48.13330.2019 [16] и настоящей концепции.

3.2.6 Участки акватории, на которых предусматривается перемещение строительных плавучих средств, должны быть протралены, а при необходимости обследованы водолазами. Предметы и препятствия, обнаруженные в процессе обследования и создающие опасность нормальному судоходству, должны быть удалены, а в случае невозможности их удаления - обозначены плавучими навигационными знаками.



3.2.7 На этих участках должны быть созданы и в течение всего периода строительства поддерживаться глубины, обеспечивающие безопасность эксплуатации строительных плавучих средств.

3.2.8 Для обеспечения оперативного руководства и контроля работы используемого на строительстве флота следует организовать круглосуточную радиосвязь всех плавучих средств с береговым диспетчерским пунктом на весь период их использования.

3.2.9 При выполнении строительных работ на не защищенных от волнения участках побережья в подготовительный период должны быть, как правило, оборудованы безопасные стоянки, имеющие естественную защиту, куда следует перебазировать строительные плавучие средства при получении штормового оповещения или фактическом ухудшении погоды.

3.2.10 В подготовительный период на каждом из объектов гидротехнического строительства должен быть оборудован спасательный пост, оснащенный шлюпкой и спасательными средствами.

### **3.3 Приемка, подготовка, транспортирование и складирование шпунта, анкерных и других элементов**

3.3.1 Приемку металлопродукции осуществляют партиями. Каждая партия шпунтовых свай БШС, анкерных тяг и свай, поступившая на строительную площадку, должна сопровождаться документацией (паспортом) согласно требованиям СП 48.13330.2019 [16], ГОСТ 7566-2018 [17], ТУ 25.11.23–001–59127210–2021 [2] и иметь сертификаты соответствия согласно требованиям 27.12.2002 N 184-ФЗ [18] (глава 4).

3.3.2 Документ (паспорт) о качестве БШС, анкерных тяг и свай должен содержать:

- наименование предприятия-изготовителя, его адрес и товарный знак;
- обозначение БШС, анкерных свай и тяг;
- номер документа о качестве и дату его оформления;
- информацию о марке стали и/или классе прочности стали БШС, анкерных

тяг и свай;

- параметры изделий;
- тип антикоррозионного покрытия и его характеристики;
- количество поставленных изделий;
- подпись начальника ОТК или другого ответственного представителя

предприятия-изготовителя.

К документу о качестве прилагаются:

- исполнительные чертежи отгружаемых изделий;
- ведомость документов о качестве материалов, использованных для изготовления изделий;
- копии или номера дипломов (удостоверений) о квалификации газорезчиков и сварщиков, изготовивших изделия;
- ведомость результатов контроля качества сварных соединений в изделиях.

3.3.3 Сварочные стыки БШС выполняют в соответствии с проектом из условия обеспечения равнопрочности стыка основному сечению сваи. Стыки соседних БШС допускается устраивать не ближе 2,0 м один от другого, при этом напряжения на данном участке не должны превышать 50% расчётного. Стыки шпунтового профиля и усиливающей балки в каждой отдельной свае также выполняются в разбежку не ближе 1,0 м друг от друга. Схема расположения стыков приведена на 7.

3.3.4 Перед погружением необходимо для всех БШС проверить геометрические размеры замковых соединений, прямолинейность формы и возможность взаимного беспрепятственного прохождения соседних замковых соединений.

3.3.5 Геометрические размеры замков БШС рекомендуется проверять на стенде и с применением шаблонов длиной не менее 2 м. Выявленные дефекты замков БШС (изгибы, вмятины) надлежит исправлять механической правкой. Для одной БШС допускается замена одного дефекта замка на участке длиной не более 0,5 м.

3.3.6 На каждой шпунтине должен быть нанесён несмываемой краской порядковый номер и указана длина, а также нанесена глубина погружения её в грунт по проекту.

3.3.7 Все подъёмно-транспортные операции надлежит выполнять соблюдая меры предосторожности против повреждения антикоррозийного покрытия, замков и возникновения прочих дефектов. Перевод элементов шпунтовых стен из горизонтального положения в вертикальное должен осуществляться с помощью траверс.

3.3.8 Места складирования запаса элементов необходимо выбирать как можно ближе к фронту производства работ. Элементы следует перекаладывать в штабели с таким расчётом, чтобы не производить перекаладки при строповке.

3.3.9 Места складирования элементов шпунтовой стены должны быть удобными для проезда кранов и транспортных средств, и производства погрузо-разгрузочных работ. БШС следует хранить в штабелях не более чем в 2 ряда по высоте (Рисунок 18). В случае если складская площадка неровная и не имеет твёрдого покрытия, для того чтобы уменьшить прогиб до минимального значения, следует соответствующим образом опирать штабель на деревянные балки или схожие опоры.

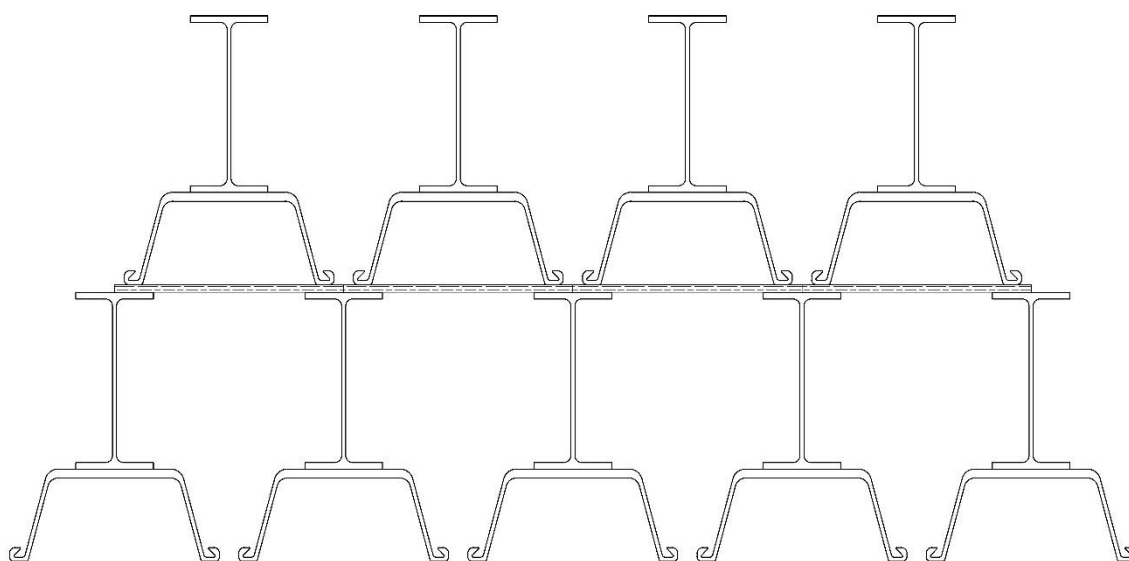


Рисунок 18 – Штабель хранения БШС

#### **3.4 Выбор оборудования для погружения шпунта**

3.4.1 Рекомендации по выбору оборудования для погружения шпунтовых свай изложены в ГОСТ Р 57365-2016/EN 12063:1999 [19] (Приложение С), методы установки и методы, облегчающие забивку свай, в ГОСТ Р 57365-2016/EN 12063:1999 [19] приложении D.

3.4.2 Комплект оборудования для возведения шпунтовой стены выбирают на основе результатов анализа исходных данных, основными из которых являются:

- принятая последовательность возведения;
- назначение шпунтовой стенки, требования к обеспечению её безопасности, временные и эксплуатационные нагрузки;
- инженерно-геологические условия на площадке строительства;
- характеристики БШС, в том числе длина, диаметр трубы, площадь поперечного сечения;
- длина замков;
- гидрометеорологические условия (глубина воды, скорость течения, колебания уровня воды, роза ветров, защищённость акватории от волнения);
- местные технические условия (наличие оборудования, электроэнергии, транспортных путей и т. п.);
- принятая технология производства работ (последовательность забивки БШС, время выполнения работ и т. п.).

3.4.3 При возведении шпунтовых стен БШС погружают в грунт молотами или вибропогружателем. Допускается также комбинированная схема погружения БШС в грунтовый массив (вибропогружение с добивкой молотом).

3.4.4 При выборе способа погружения стального шпунта предпочтение, как правило, следует отдавать вибропогружению как наиболее производительному и наименее опасному для повреждения шпунта способу. Забивку шпунта молотами одиночного действия следует применять в тех случаях, когда по тяжелым грунтовым условиям (гравийные грунты, гравелистые пески, твердые и полутвердые глинистые грунты и т.п.) вибропогружение становится неэффективным (скорость погружения менее 10 см/мин), а также для добивки шпунта после вибропогружателя или вибромолота, если последними не удалось достигнуть проектных отметок (за исключением случаев попадания шпунта на какое-либо препятствие, например валун, топляк и т.д.).

3.4.5 Методика по выбору типа молота для забивки БШС и анкерных свай представлена в приложении 2.

3.4.6 Методика по выбору типа вибропогружателя для погружения БШС и анкерных свай представлена в приложении 3.

3.4.7 Критерием правильности выбора погружающего механизма является успешное пробное погружение не менее 6-ти БШС в ряд на наиболее характерном участке данной площадки.

3.4.8 В случае тяжелых условий погружения БШС и анкерных свай (отказ при забивке менее 0,2 см или скорость вибропогружения менее 2 см/мин) возможно осуществлять дополнительные облегчающие погружение мероприятия.

3.4.9 Погружение БШС забивкой, вдавливанием, вибропогружением и т. п. следует проводить преимущественно на свободной от застройки территории. Применение забивки или вибропогружения при устройстве подпорных сооружений вблизи окружающей застройки возможно только при соответствующем обосновании - необходимо оценить опасность динамических и вибрационных воздействий, исходя из возможного их влияния на деформации грунтов оснований, строительные конструкции, технологические приборы и оборудование. Для определения параметров этих воздействий следует предусматривать опытные работы с измерением вибраций и оценкой их допустимости согласно СП 24.13330.2021 Свайные [9] или использовать сопоставимый опыт.

3.4.10 В условиях плотной окружающей застройки, когда погружение БШС забивкой и вибропогружателем недопустимо, возможно применение вдавливающих установок.

## **3.5 Погружение и извлечение шпунта**

### **3.5.1 Общие положения**

3.5.1.1 Технология погружение шпунтовых свай БШС в целом ничем не отличается от технологии погружения обычного шпунта. Однако БШС имеет более жесткий профиль, что позволяет значительно уменьшить «веерность» шпунтового ряда, а также снизить величину отклонений от вертикали при погружении.

3.5.1.2 Процесс погружения шпунтовых свай БШС должен соответствовать требованиям (ГОСТ Р 57365-2016/EN 12063:1999 [19] Приложение С).

3.5.1.3 БШС при возведении шпунтовой стенки следует погружать с применением направляющего устройства (кондуктора), конструкцию которого разрабатывают в зависимости от типа шпунтовой стенки, местных условий и принятой технологии погружения.

3.5.1.4 Если длина БШС при забивке превышает в два раза расстояние от дна акватории до направляющих, их устраивают в два яруса и более. Расстояние между ярусами принимают не менее 3,0 м.

3.5.1.5 Для обеспечения сохранности антикоррозийного покрытия кондуктор при погружении надлежит оснащать переставными обрешеченными роликами в зоне соприкосновения кондуктора со шпунтовой свайей.

3.5.1.6 Крепление вибропогружателя или вибромолота (за исключением вибромолотов со свободным наголовником) со шпунтом должно быть жестким в процессе погружения. При погружении шпунта БШС предпочтение следует оказывать вибропогружателям с гидравлическими наголовниками.

3.5.1.7 Плавающие кондукторы, как правило, закрепляются не менее чем на четырёх прикольных сваях. Величина их предельного перемещения не должна превышать 0,02 м.

3.5.1.8 Максимальная балльность волнения, при которой разрешается производство работ по погружению свайных элементов, устанавливается в зависимости от технических характеристик основной несущей машины (плавучего копра, плавучего крана) и параметров погружаемых свайных элементов. Для плавучих копров и кранов она не должна превышать двух баллов.

3.5.1.9 БШС, как правило, погружают захватками. Длина захватки зависит от производительности оборудования, гидрологических условий на площадке строительства и обычно составляет от 10 до 30 м.

3.5.1.10 Для уменьшения трения в замках БШС рекомендуется устанавливать заглушки, заполнять замки бентонитом или другим подобным материалом.

3.5.1.11 При погружении первой БШС и анкерной сваи необходимо особое внимание уделять соблюдению вертикальности (заданного наклона). Правильность забивки БШС и анкерной сваи контролируют в двух плоскостях и в последующем повторяют не реже, чем через каждую вторую шпунтину или анкерную сваю геодезическими приборами или, например, уровнями длиной 2 м.

3.5.1.12 Для правильной ориентировки положения замков шпунта в плане относительно оси шпунтовой стенки следует применять передвигаемые по направляющим специальные шаблоны-фиксаторы.

3.5.1.13 Если шпунт не достиг проектной отметки, следует применить более мощное погружающее оборудование или дополнительные средства, облегчающие погружение: подмыв, разрыхление грунта из области погружения с использованием лидерного бурения.

3.5.1.14 Если недопогружение вызвано встречей с препятствием, что характеризуется резким замедлением процесса погружения, следует прекратить

погружение данной шпунтины и перейти к погружению соседних шпунтин, характер погружения которых может позволить установить причину и степень случайности данного явления. В том случае, когда погружение последующей шпунтины не встретило затруднений, следует вернуться к остановившейся шпунтине и попытаться допогрузить ее по двум соседним направляющим шпунтинам.

3.5.1.15 Если недопогружение шпунта устранить не удалось, вопрос о дальнейших мероприятиях решается совместно с проектной организацией.

3.5.1.16 При производстве шпунтовых работ необходимо вести журнал погружения шпунта. К журналу прилагаются плановые и профильные схемы проектного и фактического положения стены. По данным журнала составляется сводная ведомость погружения шпунта. В случае применения подмыва, лидерного бурения и других дополнительных методов, облегчающих погружение, необходимо указывать в журнале, на каких отметках начато и прекращено применение этих методов.

3.5.1.17 Для уменьшения риска повреждения замков минимальный отказ шпунта при погружении рекомендуется принимать не менее 0,5 см, но в любом случае - не менее значения, установленного фирмой-изготовителем погружаемого оборудования и приведенного в паспорте оборудования или в инструкции по его эксплуатации.

3.5.1.18 Запрещается добивка молотами шпунта, попавшего на препятствие, которое легко распознается по резкому замедлению и появлению характерного стука. Большой ударный импульс вместо разрушения препятствия может привести к повреждению шпунта и разрыву замков.

3.5.1.19 При наличии слабых грунтов в грунтовом массиве и в основании шпунтовой стенки возможен уход ранее погруженной БШС ниже проектной отметки. Для предотвращения этого явления шпунтины, погруженные до проектных отметок, рекомендуется объединять с помощью сварки.

3.5.1.20 Более мощное оборудование для забивки БШС или дополнительные средства, обеспечивающие подмыв, следует применять, если шпунтина не достигает проектной отметки. При этом предпочтение следует отдавать гидромолотам или молоту с более тяжелой ударной частью.

3.5.1.21 Если недопогружение вызвано встречей БШС с препятствием, процесс погружения следует прекратить и решать вопрос совместно с представителем проектной организации.

3.5.1.22 В процессе погружения БШС с применением скальных болтов журналы погружения являются обязательными для каждой шпунтовой сваи и должны быть достаточно точными, чтобы моделировать уровень пальца при первом ударе с коренной породой, предпочтительно с точностью до сантиметра, и после долбления, когда это необходимо.

3.5.1.23 Погружение БШС можно осуществлять последовательным и ступенчатым методом (Рисунок 19 и Рисунок 20). Такой метод погружения предпочтителен в рыхлых и среднеплотных грунтах. При наличии в основании плотных грунтов рекомендуется использовать шахматный метод погружения (Рисунок 21). Этот метод позволяет разрыхлить грунт, что облегчает погружение соседних шпунтин. Также этот метод обеспечивает лучшее выравнивание свай и снижает риск наклона шпунтины во время погружения.

3.5.1.24 Окончательная схема погружения выбирается после погружения БШС на пробном участке.

Последовательная схема погружения шпунта

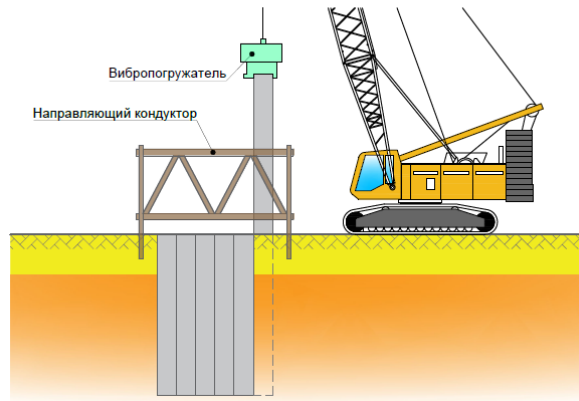


Рисунок 19 – Последовательная схема погружения шпунта

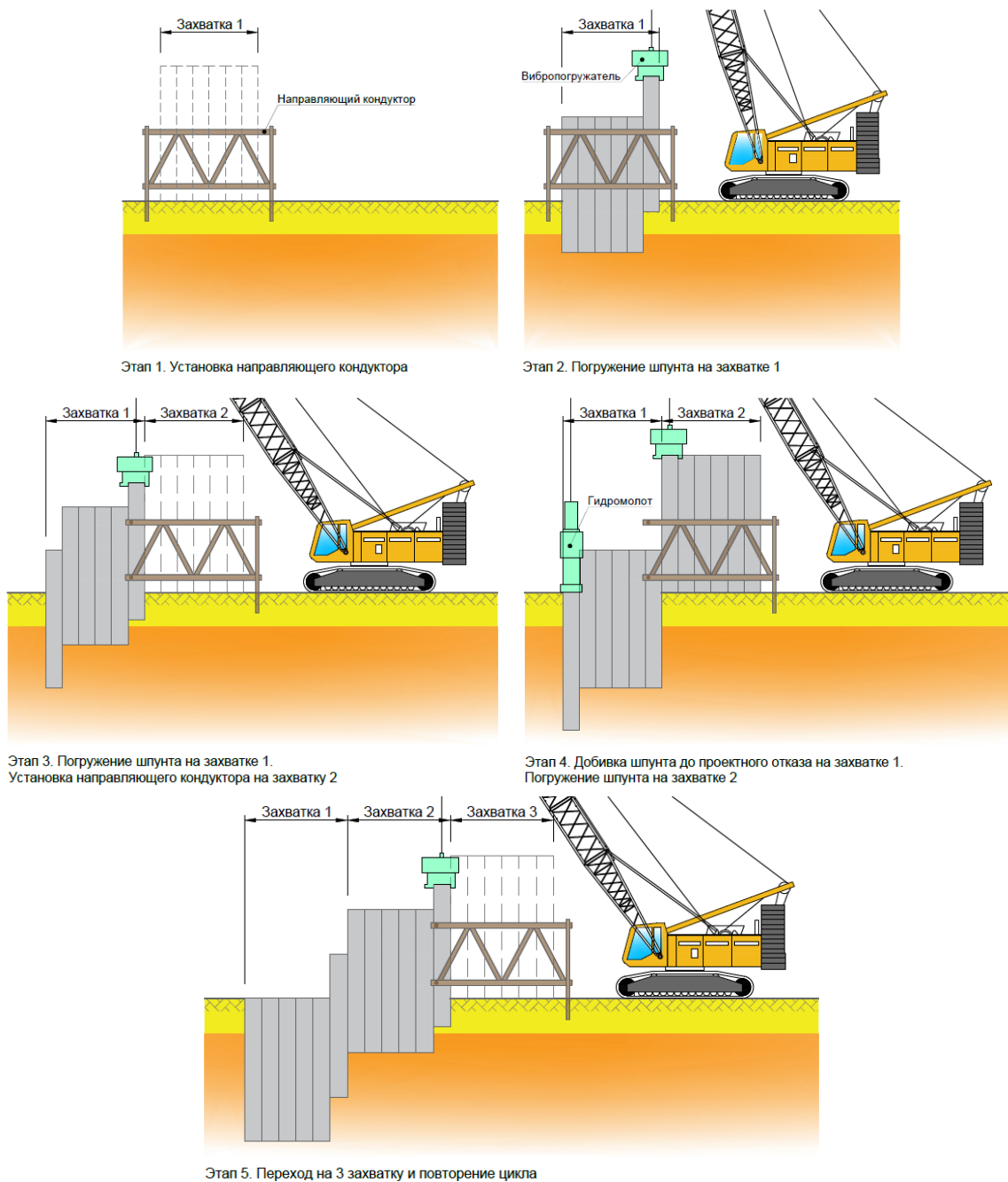


Рисунок 20 – Ступенчатая схема погружения шпунта

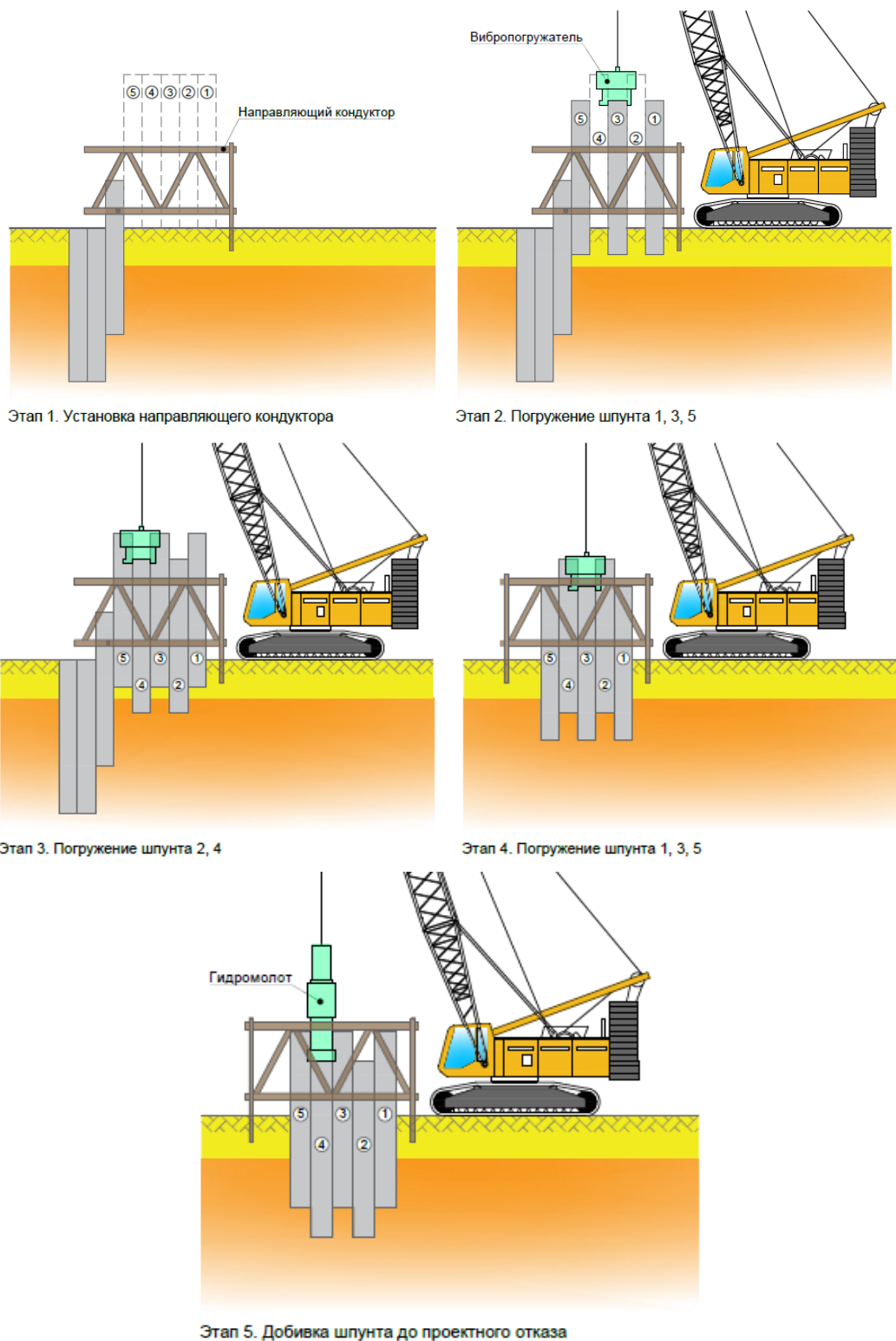


Рисунок 21 – Шахматная схема погружения шпунта

### 3.5.2 Вибропогружение шпунта

3.5.2.1 При погружении свай с помощью вибропогружателей необходимо обеспечить плотное и надёжное соединение вибропогружателя с наголовником сваи, а также свободное состояние поддерживающих вибропогружатель канатов.

3.5.2.2 Вибропогружатель следует включать только после закрепления его на свае и ослабления поддерживающих полиспастов. Ослабленное состояние полиспастов должно сохраняться в течение всего времени работы вибропогружателя.

3.5.2.3 При каждом перерыве в работе вибропогружатель следует выключать.

3.5.2.4 При погружении БШС и анкерной сваи вибропогружателем необходимо обеспечить жесткую и постоянную связь шпунтины и вибромашины. Для погружения БШС предпочтение следует оказывать вибропогружателям с гидравлическими наголовниками.

3.5.2.5 В процессе вибропогружения БШС следует осуществлять контроль за положением каната и крюка крана, на котором подвешен вибропогружатель. При работе с вибропогружателем, оснащенный амортизатором, скорость спуска крюка крана должна исключать зависание вибромашины.

3.5.2.6 При работе с вибропогружателем без амортизатора скорость спуска крана не должна являться причиной торможения погружения БШС.

3.5.2.7 При погружении БШС вибропогружателем, снабженным амортизатором, недопогружение БШС может быть устранено одно-двукратным подъёмом БШС на 0,5–1 м и последующим погружением.

3.5.2.8 АО «Акватик» использовала модель вибропогружателя ICE 14 RF расположенным на гусеничном кране ДЭК-401. АО «МСУ-1» использовала модель вибропогружателя MS 200 HNF расположенным на гусеничном кране г/п 120 тонн. ООО «Вектор» использовала модель вибропогружателя ICE 815с / ICE 55NF расположенным на автокране КС-75721. ТТХ вибропогружателей приведены в приложении 3.

### **3.5.3 Забивка шпунта молотами**

3.5.3.1 Забивку БШС и анкерных свай молотами следует производить с применением специальных наголовников. Наголовник предназначен для равномерного перераспределения нагрузки на БШС при ударе молота и смягчения резкого ударного импульса.

3.5.3.2 Плановые размеры плиты наголовника и её нижняя поверхность должны обеспечивать плотный контакт с торцевой поверхностью БШС по всей площади шпунтовой сваи, исключая замковые соединения.

3.5.3.3 Минимальный отказ БШС и анкерной сваи при забивке должен составлять 0,5 см, но не менее приведенного в паспорте фирмы-изготовителя молота и в инструкции по его эксплуатации.

3.5.3.4 АО «Акватик» использовала штанговый дизель-молот СП6ВМ. АО «МСУ-1» использовала навесной гидравлический молот типа УС-30. ТТХ молотов приведены в приложении 2.

### **3.5.4 Особенности погружения шпунта/БШС в сложных геологических условиях**

3.5.4.1 Подмыв, эрлифт и гидроэлеватор облегчают условия погружения БШС и анкерных свай до проектных отметок. Эти методы допускаются к применению на площадке строительства, если расстояние между шпунтовой стенкой и существующими сооружениями не менее двукратной глубины погружения БШС.

3.5.4.2 Подмыв рекомендуется для грунтов всех категорий, за исключением скальных и глинистых грунтов твердой консистенции.

3.5.4.3 Подмыв следует производить в сочетании с вибропогружением. Для подмыва рекомендуется использовать трубопроводы с внутренним диаметром 20–30 мм, располагаемые посередине каждой полки или в углах и с внутренней стороны БШС. Трубопроводы закрепляют на сварке и оставляют в грунте после погружения. Нижние концы их должны быть на 0,2–0,5 м короче торца БШС.



3.5.4.4 В песчаных грунтах любой плотности рекомендуется применять подмыв с давлением воды 1,5–2,5 МПа и подачей 0,15–0,50 м<sup>3</sup>/мин в один трубопровод. В очень плотных грунтах наиболее эффективен подмыв с высоким давлением воды, равным 25–40 МПа, с общим расходом 0,06–0,15 м<sup>3</sup>/мин. При работе с высоким давлением необходимо применять наконечники с проходным отверстием диаметром 1,5–3 мм. Наконечники следует располагать на 20–30 см выше торца шпунта. На рисунке 22 приведены схемы расположения форсунок.

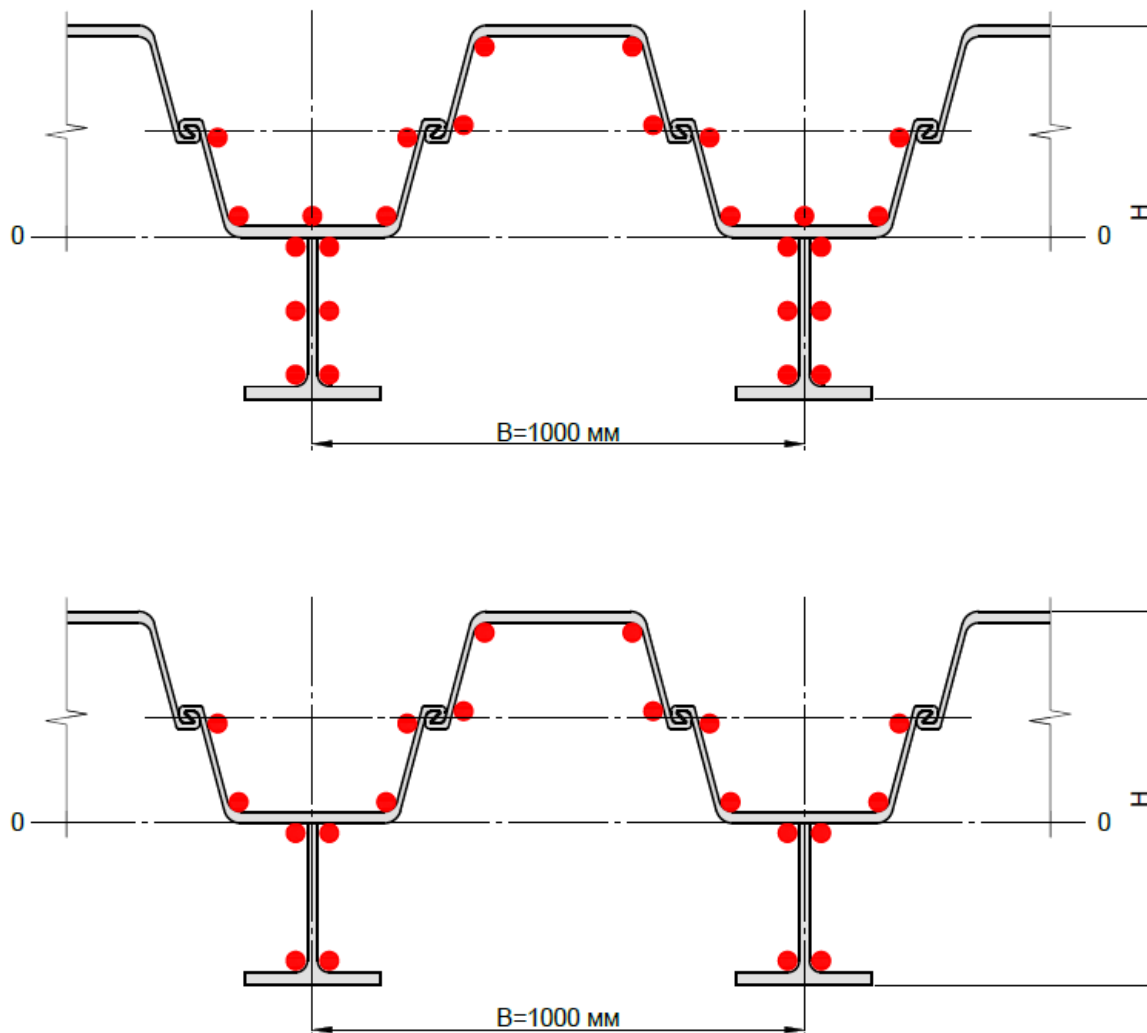


Рисунок 22 – Рекомендуемая схема расположения форсунок подмыва

3.5.4.5 При наличии в основании плотных грунтов (не скальных) может применяться технология предварительного бурения. Также можно предусмотреть замену грунта в шурфе. На рисунке 23 приведены расположения лидерных скважин/шурфов. Диаметр лидерных скважин/шурфов может назначаться в пределах 30–40% от ширины шпунтовой сваи/БШС.

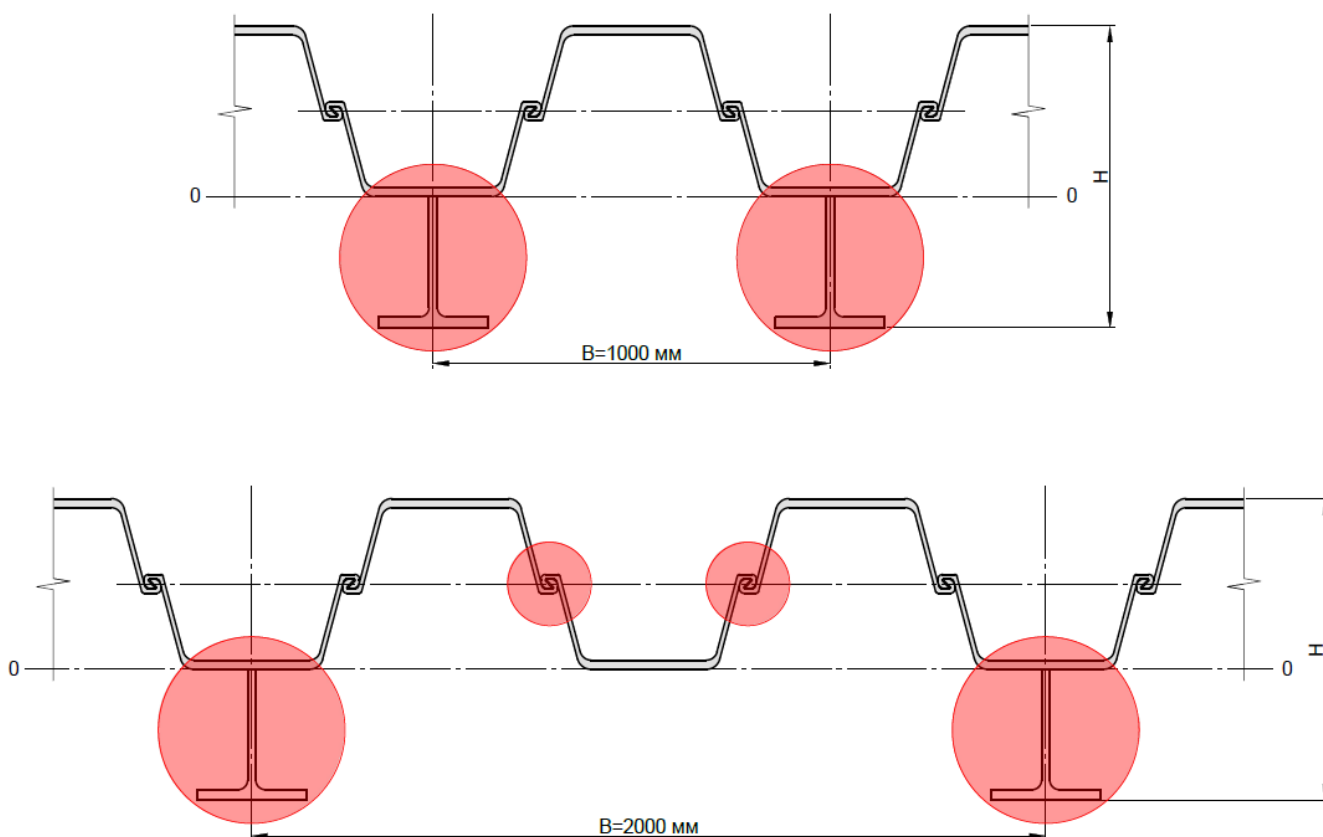


Рисунок 23 – Схемы расположения лидерных скважин/шурфов

3.5.4.6 В связных, а также в выветрелых скальных грунтах (песчаник, алевролит) можно рекомендовать использовать специальные наконечники, которые устанавливаются на нижний конец БШС. Толщина этих наконечников должны быть не меньше, чем толщина профиля БШС. Усиливающие наконечники позволят снизить поверхностное трение и облегчить погружение БШС в связные грунты. Наличие наконечника позволит погрузить БШС в песчаник и алевролит на глубину не более 3 м.

3.5.4.7 Для погружения шпунта с технологией гидродымыва АО «МСУ-1» использовала следующую технику, оборудование и материалы:

- гусеничный кран Sennebogen 300 т и вибромолот PVE 110;
- насосная станция CHOWAC-Jet-330E для подачи воды. Производительность 970 л/мин при оборотах дизеля 1800 об/мин;
- стальные трубы Ду 63;
- диаметр форсунок – 5 мм, количество форсунок – 6 шт.;
- давление подачи воды – 140 атм.

Расположение форсунок подмыва приведено на рисунке 24.



Рисунок 24 – Расположение форсунок подмыва

### **3.5.5 Особенности погружения шпунта в ячеистых конструкциях**

3.5.5.1 При возведении ячеистых конструкций в проекте производства работ должна быть отражена необходимость отработки принятой технологии погружения БШС на первой штатной (или опытной) ячейке. После погружения БШС этой ячейки до ее засыпки следует провести тщательный осмотр водолазами шпунта по всему наружному периметру с откопкой на предельно возможную глубину в местах, где встречались затруднения в погружении. В случае положительных результатов осмотра, подтвердивших правильность погружения шпунта в ячейке, разрешается возведение последующих ячеек.

3.5.5.2 При возведении ячеистых конструкций должна быть обеспечена тщательность устройства шаблонов для сборки ячеек, разбивки и разметки мест установки БШС для обеспечения точности при замыкании ячеек.

3.5.5.3 Набор БШС в ячейку или секцию следует проводить строго в соответствии с предварительной разметкой положения шпунтин на направляющем шаблоне. Особое внимание необходимо обращать на установку угловых БШС, к которым примыкают козырьки или поперечные диафрагмы.

3.5.5.4 Погружение БШС в цилиндрической ячейке следует проводить, как правило, после предварительной сборки шпунта и полного замыкания контура ячейки.

3.5.5.5 В случае, если район возведения цилиндрических ячеек подвержен чрезмерному волнению, следует проводить предварительную сборку ячеек на специальном стенде-шаблоне, сооруженном на закрытой акватории (или на берегу в пределах радиуса действия крана), и в готовом виде плавкраном соответствующей грузоподъемности транспортировать и устанавливать собранную ячейку на штатное место.

3.5.5.6 Шаблон для сборки и погружения БШС в цилиндрические ячейки выполняют из стальных профильных элементов в виде стальной пространственной конструкции с жесткими верхними и нижними направляющими ярусами, расстояние между которыми должно быть не менее половины длины шпунта.

3.5.5.7 Сборку БШС в ячейке следует начинать с установки направляющих шпунтин, равномерно распределенных по контуру ячейки через 10–15 шпунтин. Каждую направляющую шпунтину выверяют в плане и по вертикали и временно

закрепляют к шаблону. После закрепления направляющих шпунтин в секторах между ними выполняют установку всех остальных промежуточных шпунтин.

3.5.5.8 При возведении ячеистых конструкций на месте работ должна быть постоянно водолазная станция для своевременного осмотра и устранения обнаруженных неполадок в подводной части сооружения.

### **3.5.6 Извлечение шпунта**

3.5.6.1 Для извлечения БШС рекомендуется применять краны грузоподъемностью 500 кН и более, краны, оснащенные вибропогружателями, шпунтовыдергиватели ударного действия, молоты двойного действия.

3.5.6.2 Рекомендуется также комбинированный способ выдергивания БШС в сочетании с подмывом.

3.5.6.3 Сопротивление грунта при выдергивании БШС складывается из сопротивления в замках, веса шпунта и трения по боковой поверхности и в замках. Эффективность выдергивания БШС повышается при предварительном промачивании грунтового массива на участке работ.

3.5.6.4 При определении сопротивления шпунта выдергиванию учитывается сопротивление в смежных замках, находящихся в грунте, равное (из расчета на 1 м длины замка) 50 кН при статическом извлечении и 10 кН при использовании вибрации, а также вес шпунта и извлекающего механизма (вибропогружателя, шпунтовыдергивателя и т.п.).

3.5.6.5 Все выдергивающие устройства должны быть рассчитаны с коэффициентом перегрузки не менее 1,5. При виброизвлечении БШС подвеска вибромашины к грузоподъемному механизму должна выполняться только через амортизатор.

3.5.6.6 При извлечении БШС с применением вибрации для срыва БШС, т. е. нарушения ее сцепления с грунтом, и связи в смежных замках БШС следует вначале осадить вниз на 3- 5 см вибромашиной при свободном положении подъемного троса, а затем приступить к выдергиванию. В необходимых случаях для нарушения сцепления с грунтом и связи в замках можно осадить БШС молотом.

3.5.6.7 Скорость подъема крюка крана при извлечении БШС с применением вибрации не должна превышать 3 м/мин в песчаных и 1 м/мин в глинистых грунтах.

### **3.5.7 Выправка и другие работы после погружения свайных элементов**

3.5.7.1 При забивке шпунта, кроме первой в ряду, возникает явление «веерности» за счёт полного одностороннего выбора зазоров в замках верхней части сооружаемой шпунтовой стены. Для предотвращения веерности шпунтовой стены погружающий механизм рекомендуется устанавливать со сдвижкой его оси от оси шпунта в сторону, противоположную отклонению последней, на величину, равную примерно 5% от ширины шпунта. Необходимая величина смещения оси погружающего снаряда уточняется опытным путём на начальной стадии забивки шпунта в стену.

3.5.7.2 Постепенное устранение веерности при небольших отклонениях достигается оттяжкой шпунтин в процессе погружения в направлении, противоположном отклонению, а при отклонении от вертикали, близком к предельно допустимому (1%), и невозможности его выправления оттяжкой – погружением шпунтин с клиновидными передними по ходу забивки замковыми элементами. Клинообразность или перекося на одной шпунтине не должен превышать 0,01 (1 см на 1 м длины).

3.5.7.3 Выправка наметившегося отклонения всей шпунтовой стены в поперечном направлении, если оно не превышает допустимой величины, выполняется

постепенно при погружении последующих шпунтин с помощью специальных оттяжек. Если отклонение больше допустимого, шпунт следует выдернуть и погрузить вновь. При невозможности извлечения шпунта вопрос о его выправлении решается по согласованию с проектной организацией.

3.5.7.4 Срезку БШС допускается проводить только с разрешения представителя авторского надзора, заказчика, о чем в журнале производства работ должна быть произведена соответствующая запись.

### **3.6 Приемка свайных работ и техническая документация**

3.6.1 Шпунтовые стенки причальных и ограждающих сооружений из БШС принимают в соответствии с требованиями проектной документации, указаниями ГОСТ Р 57365-2016/EN 12063:1999 [19], СП 68.13330.2017 [20], СНиП 3.07.02-87 [15].

3.6.2 Требования к контролю качества производства работ на строительной площадке приведены в ГОСТ Р 57365-2016/EN 12063:1999 [19].

3.6.3 При приемке шпунтовой стенки представляют журналы погружения БШС и других элементов, которые передают заказчику, к журналам прилагают плановые и профильные схемы погружения БШС и анкерных свай, сводная ведомость погружения элементов с указанием их номеров, зазоров между шпунтинами и отступлений от проектного решения.

3.6.4 Перечень документов, предъявляемых приёмочной комиссии, указан в п. 3.12.

3.6.5 Для шпунтового ряда вычерчивается фасадный чертёж с указанием исполнительного положения каждой БШС.

3.6.6 В случае применения подмыва, эрлифтирования и т. п. необходимо указать в журнале, на каких отметках начато и закончено применение этих методов,

3.6.7 Состав приёмочной комиссии и порядок её работы устанавливается заказчиком и строительной организацией.

3.6.8 Проверка отклонений БШС производится до срезки и какой-либо выправки шпунтовых стен. Точность измерений плановых отклонений должна составлять 5 мм, а отклонений от вертикали -0,1 %.

3.6.9 Отклонения БШС от проектного положения в плане и по высоте на должны превышать величин, указанных в таблице 1.

3.6.10 Проектная организация имеет право устанавливать допуски отклонения БШС от проектного положения, менее указанных в СНиП 3.07.02-87 [15] (Таблица 1). При этом она должна разработать соответствующие направляющие, каркасы, кондукторы или шаблоны, обеспечивающие их соблюдение.

Таблица 1 – Допустимые отклонения БШС и анкерных тяг от проектного положения при производстве работ

Контролируемый параметр	Ед. изм.	Допустимые отклонения	Объём контроля	Метод контроля
1	2	3	4	5
Смещение БШС от оси стены в плане на уровне проектной отметки верха шпунта	мм	±150	100% длины стены	Геодезический контроль и измерения каждой БШС
Отклонения БШС от вертикальности	%	0,5	-	-
Высота отметки голов БШС	мм	±10	Каждая БШС	Нивелирование
Выход БШС из замков		Не допускается	-	Обследование
Недобивка БШС до проектных отметок	мм	100	-	Расчёт по отметкам
Расстояние между шпунтовой стенкой и анкерной свайей	мм	±100	Каждая анкерная система	Геодезический контроль-
Смещение анкерных свай и анкерных тяг	мм	±	-	-
Отметка верха анкерной сваи	мм	±80	Каждая анкерная свая	-
Максимальное отклонение анкерных свай в плоскости, параллельной или перпендикулярной шпунтовой стенке	-	100:1	-	-
Отклонение оси анкерной тяги от проектного угла по направлению к шпунтовой стенке	-	±0,5°	-	-

3.6.11 При проектировании и размещении на площадке предполагаемого строительства подпорных сооружений необходимо учитывать их возможные отклонения от проектного положения при производстве работ. Нормативные отклонения следует принимать в соответствии с СП 45.13330.2017 [21] и таблицей 2.

Таблица 2 – Нормативные отклонения подпорных сооружений, погружаемых забивкой, вдавливанием, вибропогружением при производстве работ

Показатель	Значение допуска
Расположение элементов подпорного сооружения в плане: а) перпендикулярно оси подпорного сооружения б) вдоль оси подпорного сооружения	$\pm 10$ см $\pm 20$ см
Среднее отклонение от вертикали (измеряется от верха до проектной отметки экскавации грунта): а) временных подпорных сооружений б) постоянных подпорных сооружений	Не более 1 % Не более 1 %
Глубина элементов подпорного сооружения: а) отклонение верха от проектной отметки б) отклонения низа от проектной отметки	$\pm 20$ см +20 см

3.6.12 Требования к отклонению элементов временной распорной системы от проектного положения не предъявляются и должны устанавливаться в каждом конкретном случае по согласованию с проектной организацией.

3.6.13 Требования к отклонению элементов постоянной распорной системы от проектного положения следует принимать согласно строительным нормам проектирования конструкций из соответствующего материала.

3.6.14 Приёмка грунтовых анкеров производится в соответствии с СП 381.1325800.2018 [5].

3.6.15 В проекте анкерного крепления должны содержаться требования по проведению пробных, контрольных и приемочных испытаний грунтовых анкеров.

3.6.16 Пробные испытания грунтовых анкеров следует проводить для определения их несущей способности в наиболее характерных инженерно-геологических условиях на максимально возможную разрушающую нагрузку, определяемую минимальной из двух величин: предельное сопротивление анкера по грунту без коэффициентов надежности или прочностью материала анкера с коэффициентом надежности 1,05 на разрывное усилие. Для каждого яруса грунтовых анкеров рекомендуется предусматривать не менее трех пробных испытаний при условии нахождения корней одного яруса в одном инженерно-геологическом элементе.

3.6.17 Контрольные испытания грунтовых анкеров следует проводить для проверки правильности принятых в проекте конструкций и технологии устройства анкеров на нагрузку, в 1,5 раза превышающую расчетную нагрузку на анкер. Контрольным испытаниям рекомендуется подвергать 10% от общего числа анкеров (каждый 10-й анкер).

3.6.18 Приемочные испытания грунтовых анкеров проводят в ходе их натяжения для проверки их эксплуатационной пригодности на нагрузку, в 1,25 раза превышающую расчетную нагрузку на анкер. Приемочные испытания следует проводить для всех анкеров кроме тех, на которых были проведены контрольные испытания.

### 3.7 Обеспечение долговечности и защита от коррозии шпунта и стальных деталей конструкций

3.7.1 При проектировании гидротехнических и ограждающих сооружений из БШС рекомендуется применять мероприятия для продления срока службы конструкции, увеличения их долговечности и повышения коррозионной стойкости.

3.7.2 Способы защиты от коррозии стальных несущих конструкций из горячекатаного проката приведены в СП 28.13330.2017 [14] п 9.3.1 в таблицах Ц.1, Ц.6.

3.7.3 Срок службы первоначальной защиты от коррозии должен составлять не менее 15 лет, после капитального ремонта – не менее 10 лет. При отсутствии возможности обеспечения этих требований все новые конструкции должны быть первоначально защищены от коррозии на период эксплуатации.

3.7.4 При разработке проекта защиты от коррозии металлических конструкций следует руководствоваться требованиями ГОСТ 21.513-83 [22].

3.7.5 Антискоррозионное покрытие БШС и стальных деталей конструкции соединений должно наноситься на подготовленные поверхности с использованием лакокрасочных материалов. Лакокрасочная система и требования к подготовке окрашиваемой поверхности в соответствии с ГОСТ 9.402-2004 [23] должны быть описаны в рабочей документации.

3.7.6 Антискоррозионное покрытие должно быть выполнено без пропусков, трещин сколов, пузырей, морщин и других дефектов, оказывающих влияние на защитные свойства.

3.7.7 В случае повреждения антискоррозионного покрытия, выполненного в заводских условиях, допускается его восстановление на объекте при обеспечении подготовки окрашиваемой поверхности в соответствии с требованиями завода-изготовителя и использования лакокрасочных материалов, обеспечивающих требуемый срок службы.

3.7.8 Электрохимическая защита может предусматриваться в конструкциях из БШС совместно с лакокрасочными покрытиями. Проектирование и выполнение электрохимической защиты поручается специализированным предприятиям.

### **3.8 Монтаж распределительных поясов и анкерных конструкций**

3.8.1 Распределительный пояс следует подвешивать к шпунту на монтажных петлях или ставить на приваренные к шпунту косынки, стыковать и затем прикреплять крепежными болтами (шпильками) к БШС. Крепежными болтами (шпильками) следует проводить подтяжку отдельных шпунтовых свай, имеющих остаточное отклонение после выправки.

Пример исполнения узла крепления распределительного пояса приведен на рисунке 25.

3.8.2 Анкерные тяги, соединительные и натяжные муфты после изготовления должны проходить контроль по программе, разработанной проектной организацией. Во всех случаях стыки и соединения должны быть равнопрочны основному сечению анкерной тяги.

3.8.3 При изготовлении анкерных тяг должны быть выдержаны согласно указаниям проекта по допустимой величине отклонения соосности свариваемых элементов тяги. При отсутствии указаний проекта величина отклонений от соосности свариваемых звеньев тяги не должна превышать 1,5 мм. Не разрешается излом осевой линии тяги в месте сварки составляющих ее элементов с тангенсом угла поворота оси в этом сечении, большим 0,003.

3.8.4 Перед постановкой анкерных тяг на место следует проводить их предварительный монтаж на монтажной площадке, включающий следующие виды работ: а) смазку и проверку резьбы навинчиванием муфт и гаек на полную ее длину; б) подборку комплектов тяг и раскладку их на подкладке; в) окончательную сборку и маркировку тяг с подгонкой длины каждой тяги под фактический размер расстояния между лицевой и анкерной стенками на месте ее установки.

3.8.5 Захват тяг краном при транспортировании и монтаже следует проводить с помощью строп, устанавливая их так, чтобы свисающие консоли уравнивали прогиб тяг посередине, или с помощью жесткой траверсы, к которой тяга



подвешивается за несколько точек при расстоянии между ними не более 4 м. Консоли тяги, подвешенной к траверсе, не должны быть более 1 м.

3.8.6 Все анкерные тяги сооружения должны быть установлены с постоянным натяжением, как правило, механическим способом.

3.8.7 Постоянство натяжения достигается такой регулировкой, при которой для каждой тяги ее длина между опорными плоскостями окончательно установленных гаек равна расстоянию между опорными плоскостями стенки и анкера, измеренному в натуре перед монтажом тяг с учетом слабины, задаваемой на провес тяги: а) при тягах, монтируемых в конструкции без провеса (на постоянных опорах), слабина равна нулю; б) при монтаже тяг без постоянных опор в пролете — для всех тяг сооружения слабина должна быть постоянной — не более 30 мм; при этом значение ее величины подбирается так, чтобы удовлетворять условию монтажного натяжения тяги в размере 10—15 кН.

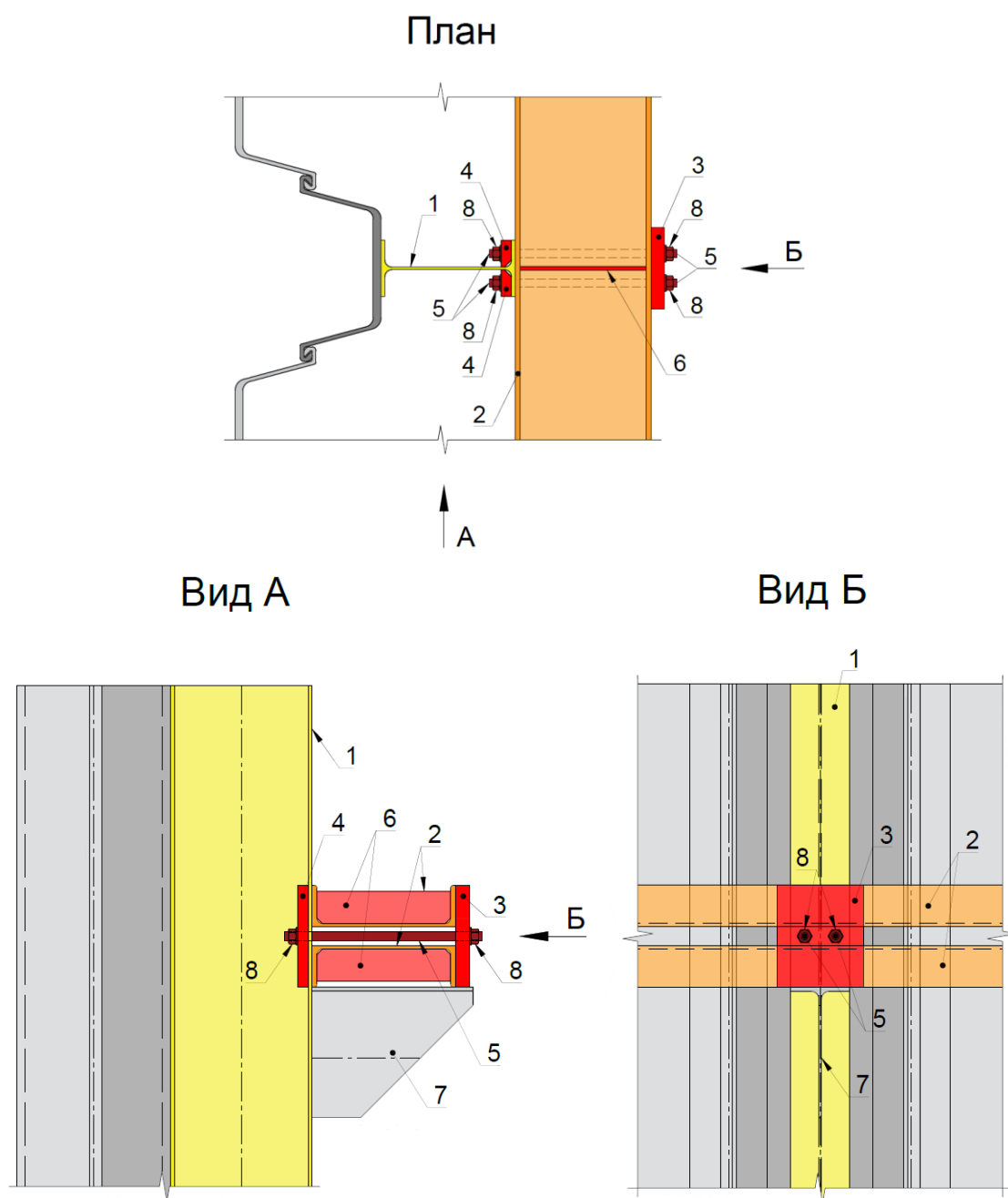


Рисунок 25 – Пример исполнения крепления распределительного пояса к БШС: 1 – БШС; 2 – швеллер; 3 – внешняя подкладка; 4 – внутренняя подкладка; 5 – шпилька; 6 – ребро жесткости; 7 – монтажная косынка; 8 – гайка.

3.8.8 Предварительные (контролируемые) натяжения анкерных тяг выполняют в случаях, предусмотренных проектом, после выполнения монтажного натяжения по методике, разработанной проектной организацией.

3.8.9 Отклонение оси анкерной тяги от проектного угла к направлению лицевого шпунта и анкерных плит или стенок в вертикальной плоскости не должно превышать  $0,5^\circ$ .

3.8.10 Натяжение анкерных тяг допускается проводить только при наличии перед анкерной стенкой призмы отпора, достаточной для обеспечения ее устойчивости.

3.8.11 Тяги при монтаже следует укладывать на насадки подмосточных свай или подвешивать к инвентарным блокам с целью ограничения до минимума монтажного провеса и прикреплять к лицевому шпунту посредством навинчивания гаек; к анкерным устройствам тяги прикрепляют навинчиванием гаек, служащих для регулировки монтажного натяжения.

3.8.12 Анкерные плиты следует устанавливать на подготовленное основание с соблюдением заданного проектом взаимного положения их относительно ранее погруженного шпунта лицевой стенки.

Пример исполнения узла крепления анкерной тяги к БШС приведен на рисунке

3.8.13 Забивка лицевого шпунта и его выправка должны опережать установку анкерных плит. Разбивку поперечной оси анкерной плиты (или оси тяги) следует проводить на основании фактического положения лицевого шпунта после разбивки на нем положения отверстий для концов тяг.

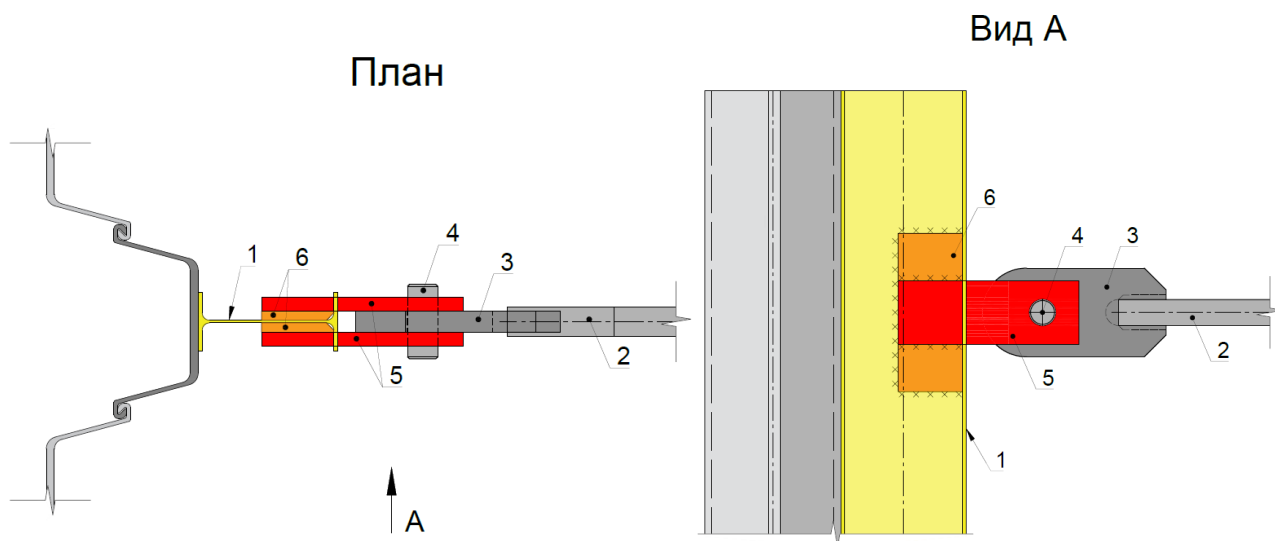


Рисунок 26 – Пример исполнения узла крепления анкерной тяги к БШС: 1 – БШС; 2 – анкерная тяга; 3 – проушина; 4 – палец; 5 – щеки; 6 – анкерные плиты.

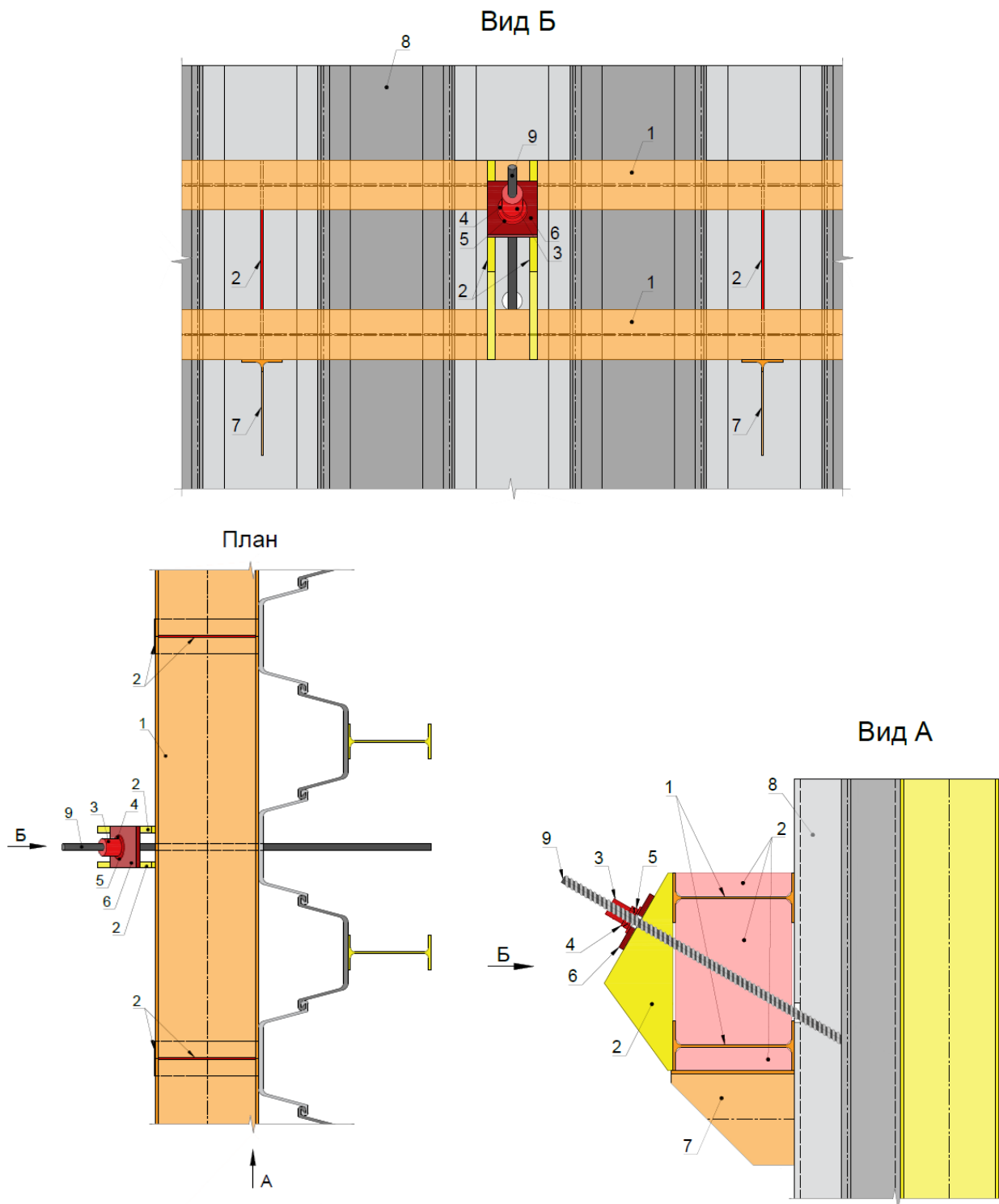


Рисунок 27 – Пример исполнения узла крепления штанги грунтового анкера к БШС: 1 – распределительный пояс из двутавров; 2 – ребра жесткости; 3 – стопорная гайка; 4 – сферическая шайба; 5 – шайба; 6 – опорная пластина; 7 – монтажная косынка; 8 – БШС.

### 3.9 Заполнение пазух и ячеек грунтом

3.9.1 Земляные работы по заполнению пазух грунтом должны производиться в соответствии принятой в расчетах очередностью заполнения пазух грунтом.

3.9.2 Перед заполнением пазух грунтом должно быть произведено освидетельствование готовности шпунтовой стенки и соответствие проекту

выполненных её элементов, в том числе анкерных креплений и устройств, обеспечивающих грунтонепроницаемость. В пазухе не должно быть строительного мусора, снега и льда.

3.9.3 В проекте должны быть указаны типы и физико-механические характеристики грунтов, предназначенных для устройства обратных засыпок.

3.9.4 Засыпку грунтовых пазух выполняют, как правило, из песчаного водопроницаемого грунта, коэффициент фильтрации которого  $K_f > 0,5$  м/сут. Грунт засыпки должен быть непучинистым ГОСТ 25100-2020 [7] и не содержать в своем составе органических и водорастворимых примесей. Для засыпки наиболее желательны песчаные кварцевые пески средней крупности по ГОСТ 25100-2020 [7] со степенью неоднородности гранулометрического состава  $C_u > 3$ .

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

3.9.6 Опытное уплотнение грунтов выполняют с целью установления параметров уплотнения для достижения проектных показателей.

3.9.7 В процессе устройства грунтовой засыпки шпунтовой стенки осуществляют систематический пооперационный контроль, отслеживая:

- качество выполнения работ по подготовке дна и откоса пазух;
- соответствие отсыпаемого грунта;
- толщину отсыпаемого слоя грунта;
- влажность отсыпаемого грунта;
- число прохода грунтоуплотняющих машин;
- степень плотности грунта.

3.9.8 Степень плотности грунта определяют режущим кольцом, зондированием, динамическим пенетрометром.

3.9.9 При недостаточной степени уплотнения грунт в пределах выделенного участка уплотняют дополнительно.

3.9.10 В процессе устройства грунтовой засыпки следует принять меры, исключающие повреждение анкерных тяг и анкерных свай, а также их антикоррозионного покрытия.

3.9.11 При заполнении пазух намывом грунта не допускается одновременная разработка грунта земснарядом перед шпунтовой стенкой. 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.

3.9.12 Сдачу-приёмку работ по уплотнению грунта обратной засыпки пазух ведут по данным журнала производства работ, исполнительной схеме, результатам послойного контроля плотности и влажности грунта.

3.9.13 Если в тылу сооружения имеют место слабые илистые грунты, проектом организации строительства должны быть предусмотрены специальные меры для предотвращения подвижек их в сторону причальной стенки в процессе засыпки.

3.9.14 При засыпке пазух с помощью береговых механизмов в набережных, имеющих анкерные устройства, в первую очередь надлежит выполнять засыпку и уплотнение грунта в зоне отпора перед анкерными плитами.

3.9.15 В конструкции без анкерных устройств необходимость этапного заполнения пазух обуславливается только различной технологией уплотнения грунта в подводной и надводной зонах.

3.9.16 В случае, когда проектом сооружения предусматривается уплотнение подводной зоны пазухи, проектом организации строительства должна быть предусмотрена специальная технология глубинного виброуплотнения,

обеспечивающая требуемую плотность грунта засыпки и не приводящая к деформации конструкции причала.

3.9.17 Отсыпку надводной части территории за причальной стенкой грунтом из резерва, выполняемую бульдозером или автомобилями-самосвалами, следует производить в соответствии с требованиями СП 45.13330.2017 [21]. Толщина отсыпаемого слоя и способ его уплотнения определяются проектом производства работ.

3.9.18 При наступлении отрицательных температур воздуха отсыпку грунта надлежит осуществлять непрерывно.

3.9.19 В течение всего периода засыпки пазухи необходимо производить наблюдения за состоянием причальной стенки. В случае обнаружения осадок или изменения положения стенки в плане засыпка должна быть приостановлена, с участием проектной организации выяснены причины деформации сооружения и приняты меры для её предотвращения в дальнейшем.

3.9.20 При засыпке пазух и образования территории набережных с анкерными устройствами необходимо постоянно следить за тем, чтобы анкерные устройства и антикоррозионная изоляция анкеров не были повреждены. Движение землеройных машин и катков над анкерами допускается при засыпке их слоем грунта не менее 0,8 м, в котором не должно быть камней и крупных глыб.

3.9.21 При заполнении пазух рефулированием (намывом) песчаных грунтов не допускается производить одновременно на одном участке рефулирование грунта в пазухи и разработку грунта перед набережной землесосным снарядом.

3.9.22 В период заполнения пазух рефулированием необходимо осуществлять контроль напора воды в обратной засыпке. Для этого на каждые 25 м причального фронта следует устанавливать не менее двух пьезометров (по одному в подводной и надводной зонах обратной засыпки).

3.9.23 После окончания работ по намыву грунта сбросные колодцы должны быть разобраны на глубину 1,5 м от поверхности портовой территории, а водовыпускные трубы заглушены.

3.9.24 В процессе устройства обратных засыпок строительная организация должна осуществлять операционный контроль качества выполняемых работ на соответствие их требованиям проекта по геотехническим характеристикам грунта, технологии укладки и степени его уплотнения.

3.9.25 Допустимые отклонения гранулометрического состава и плотности грунта засыпки приведены в таблице 3.

3.9.26 В надводной зоне пробы песчаного грунта отбираются режущим кольцом, а гравелистого – кубом. Места отбора проб следует располагать равномерно по всей площади засыпки через один метр по высоте.

3.9.27 Заполнение пазухи рефулированием грунта надлежит производить по проекту производства работ, разработанному с учётом действия на сооружение дополнительных нагрузок от фильтрующейся воды. Допустимые высота намыва грунта в надводную зону, максимальный напор грунтовых вод на набережную и режимы намыва грунта устанавливаются проектом организации строительства.

Таблица 3 – Допустимые отклонения гранулометрического состава и плотности грунта засыпки

Контролируемые параметры и виды отклонений	Величина допустимых отклонений	Объем контроля	Метод контроля
Отметка поверхности уплотнённой территории	±50 мм	100% поверхности	Нивелирование по сетке 5 x 5 м
Изменение характеристик грунта засыпки: содержание органических и растворимых включений	5%	2 проба на 500 м <sup>3</sup> засыпки, через 1 м по высоте засыпки	Лабораторный контроль
Уменьшение угла внутреннего трения	2 град	То же	То же
Уменьшение относительной плотности	10%		

Примечания

1 Отклонения в характеристиках грунта засыпки допускаются не более чем в 10% общего числа проб.  
2 Плотность и угол внутреннего трения грунта, расположенного ниже уровня воды, допускается контролировать с помощью статического и динамического зондирования.

### 3.10 Устройство надстройки, омоноличивающей шпунтовый ряд

3.10.1 Надстройку следует бетонировать, как правило, в инвентарной щитовой опалубке. При установке опалубки особое внимание должно быть уделено обеспечению на всем ее протяжении заданной проектной величины защитного слоя. Подводную часть опалубки следует тщательно подгонять к шпунту, оставшиеся зазоры между опалубкой и шпунтом должны быть тщательно проконопачены.

3.10.2 Допускаемое искривление линии кордона в плане, фиксируемое верхней надстройкой, в пределах длины секции должно быть не более 20 мм.

3.10.3 Допускаемое отклонение по высоте верхней плоскости надстройки от заданной проектом составляет в пределах секции 20 мм.

### 3.11 Особенности строительства сооружений из стальных шпунтов в условиях крайнего Севера

3.11.1 Строительство шпунтовых стен из БШС в условиях крайнего Севера представляет собой сложную задачу, требующую учета множества факторов, связанных как с геологическими, так и гидрометеорологическими условиями региона. К наиболее важным особенностям следует отнести:

- Тяжелые ледовые условия;
- Короткий безледовый период;
- Работа в замерзающей акватории;
- Погружение шпунта в мерзлые грунты;
- Сезонные колебания температуры;
- Необходимость дополнительной подготовки людей и техники к тяжелым условиям;
- Высокие требования к строительным материалам, изделиям и конструкциям.

3.11.2 Для условий Севера и для возведения шпунтовой стенки зимой на талых грунтах используются все конструкции БШС, которые применяются в аналогичных геологических и гидрологических условиях в районах с умеренным климатом.

3.11.3 С целью обеспечения условий погружения БШС зимой и для условий севера кордон шпунтовой стенки рекомендуется располагать в русловой части акватории, чтобы погружение БШС производилось в талый грунт.

3.11.4 Кабины кранов, бульдозеров, копровых установок для выполнения работ по возведению шпунтовых стен из БШС должны быть остеклены, дополнительно утеплены, оснащены калориферами и другими отопительными приборами заводского изготовления для создания нормальных условий работы машинистов.

3.11.5 Выполнение работ по погружению БШС в русле рек в период осеннего ледостава и весеннего ледохода запрещено.

3.11.6 Работу буксирных судов по разрушению ледового покрова у кордона шпунтовой стенки из БШС необходимо выполнять с соблюдением мероприятий предосторожности и распоряжений специалистов.

3.11.7 Ремонт оборудования для погружения БШС, находящегося на плаву, необходимо выполнять на палубе плашкоута после его надежного закрепления.

3.11.8 Ремонт на воде и на неустойчивом основании запрещен.

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

3.11.10 Конструкция шпунтовых стен при возведении зимой должна быть рассчитана на тяжелые ледовые условия. Применять на незащищенных акваториях отдельно стоящие сваи не допускается.

3.11.11 Верховой открылок шпунтовых стен из БШС целесообразно выполнять под острым углом к направлению потока.

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

3.11.13 Для снижения нагрузок на БШС от примерзшего льда целесообразно для лицевой стенки применять покрытия в виде гидрофобной консистентной смазки.

3.11.14 В соответствии с проектной документацией мерзлые грунты могут быть использованы в шпунтовой стенке по I принципу (сохранение грунта в мерзлом состоянии в процессе строительства и в течение всего периода эксплуатации) или по II принципу - вечномерзлые грунты используются в оттаивающем состоянии в пределах заданной глубины.

3.11.15 Для каждой шпунтовой стенки из БШС рекомендуется применять один принцип использования вечномерзлых грунтов.

3.11.16 Шпунтовые стенки из БШС в гидротехнических сооружениях непосредственно контактируют с талой водой акватории. Поэтому проект шпунтовой стенки из БШС с сохранением вечной мерзлоты (принцип I) допускается применять, в основном, при искусственном охлаждении грунта.

3.11.17 Погружение БШС в вечномерзлые грунты, используемые по I принципу (в мерзлом состоянии), осуществляется буроопускным, опускным и бурозабивным способами.

3.11.18 Буроопускной способ погружения БШС применяется при средней температуре вечномерзлого грунта по длине БШС минус 0,5 °С (и ниже) БШС погружается в предварительно пробуренные скважины.

3.11.19 К моменту ледохода конструкция сооружения должна без повреждений воспринять ледовые нагрузки. При необходимости на стадии строительства должны

быть предусмотрены специальные меры, обеспечивающие сохранность недостроенных конструкций от воздействия ледовых нагрузок.

3.11.20 При достаточной толщине льда строительные и монтажные работы следует, как правило, производить со льда. Возможность движения по льду строительной техники в зависимости от ее массы, состояния и толщины ледяного покрова определяется по данным таблицы 4. Толщину льда следует определять без учета слоя снежного, пористого и пропитанного водой льда. При появлении на льду под действием прилива или нагона воды несущая способность льда должна быть снижена на 50–80%.

Таблица 4 – Возможность движения по льду строительной техники в зависимости от ее массы, состояния и толщины ледяного покрова

Максимально допустимая масса груза в движении, т	Наименьшая толщина ледяного покрова при средней температуре льда минус 10°С, см		Наименьшее допустимое расстояние до кромки льда, м
	на море	на реке	
0,1	15	10	5
3,5	30	25	19
6,5	45	35	25
10,0	50	40	26
20,0	70	55	30
40,0	100	95	38

3.11.21 Время, ч, нахождения технических средств на одном месте ледяного покрова следует определять эмпирической зависимостью:

$$t = 200 \cdot \left[ \frac{(m_{max} - m)^2}{m_{max} \cdot m} \right]^3$$

, где:

$m_{max}$  – максимально допустимая масса груза для льда данной толщины, принимаемая по табл. 15, т;

$m$  – масса груза, для которого рассчитывается допустимое время стоянки, т.

3.11.22 Для ускорения вывода на лед строительной техники необходимо производить наращивание толщины ледяного покрова, как правило, послойным намораживанием льда с предварительной очисткой поверхности льда от снега. Толщина слоя намораживания зависит от температуры наружного воздуха и колеблется от 3 до 10 см. Последующий слой льда следует намораживать только после промерзания предыдущего слоя.

3.11.23 Искусственное намораживание льда следует выполнять, как правило, пресной водой.

3.11.24 Несущая способность ледяного покрова может быть увеличена армированием, что должно быть предусмотрено проектом производства работ.

3.11.25 Складирование строительных материалов, хранение и ремонт техники на льду не допускаются.

3.11.26 Передвижение по льду и работа на нем без предварительного обследования ледяного покрова и определения его несущей способности запрещаются.

3.11.27 Движение по подъездным ледяным дорогам разрешается только одностороннее. Строительную площадку на льду и подъездные ледяные дороги на ширине 15–20 м следует систематически очищать от снега. Расстояние между полосами движения должно быть не менее 100 м.

3.11.28 Контроль толщины льда строительной площадки и трассы подъездных дорог следует проводить в период постоянных отрицательных температур не реже



одного раза в 10 дней, а при повышении температуры воздуха до 0°C и выше - ежедневно. Толщину льда надлежит определять по контрольным лункам.

3.11.29 Бурить контрольные лунки в местах, где разрешены стоянка строительной техники и нахождение людей, следует на расстоянии 10 м в трех точках, равномерно расположенных вокруг этих мест.

3.11.30 Вдоль подъездных дорог контрольные лунки устраиваются на расстоянии 5–10 м от кромки дорог и через 50 м по ее длине.

3.11.31 В ливных морях отсутствие воды в лунке указывает на зависание льда. В этом случае работы со льда должны быть немедленно прекращены. При устройстве в ледяном покрове майн, а также появлении в местах производства работ промоин, трещин, полыней они должны быть ограждены и отмечены знаками, видимыми в дневное и ночное время.

3.11.32 При образовании портовой территории в зимнее время запрещается устройство монолитного бетонного покрытия до полного затухания осадок отсыпанного грунта.

3.11.33 В зимний период погружение БШС в условиях замерзающей акватории может осуществляться:

- С технологической дамбы (Рисунок 28). Рекомендуется использовать при небольших глубинах в акватории и наличии подходящих песчаных грунтов поблизости. Также в тело намывной/насыпной временной дамбы можно укладывать грунт дноуглубления, в зависимости от его физико-механических характеристик. При необходимости, для защиты дамбы от волнового воздействия может предусматриваться крепление геобэгами/биг-бэгами;

- С технологической площадки (Рисунок 29). В качестве опор для техплощадок используются закольные сваи, монтаж которых осуществляется в летний период. Техплощадка устанавливается на сваи в зоне работы крана. Для каждого сваебойного потока предусматривается 3 техплощадки: на первой устанавливается гусеничный кран, на второй - сваебойное оборудование, третья пустая. Продвижение потока осуществляется путем перемещения пустой техплощадки с помощью гусеничного крана с установкой на забитые временные сваи. Далее осуществляется перемещение вперед гусеничного крана и сваебойного оборудования. Для устройства и поддержания майны может использоваться буровая машина или экскаватор. Доставка материалов к месту проведения работ может осуществляться по ледовой дороге.

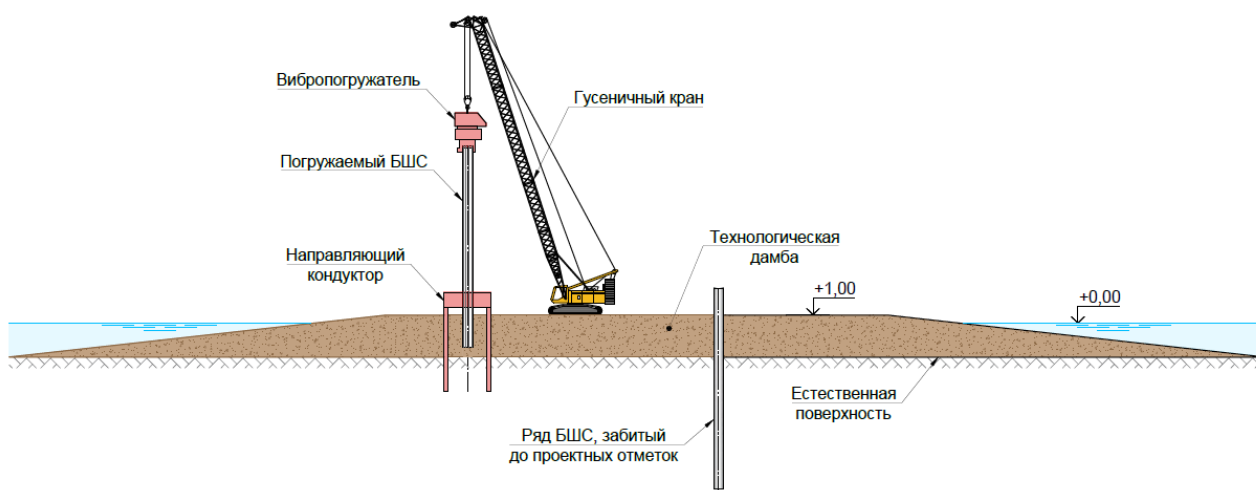
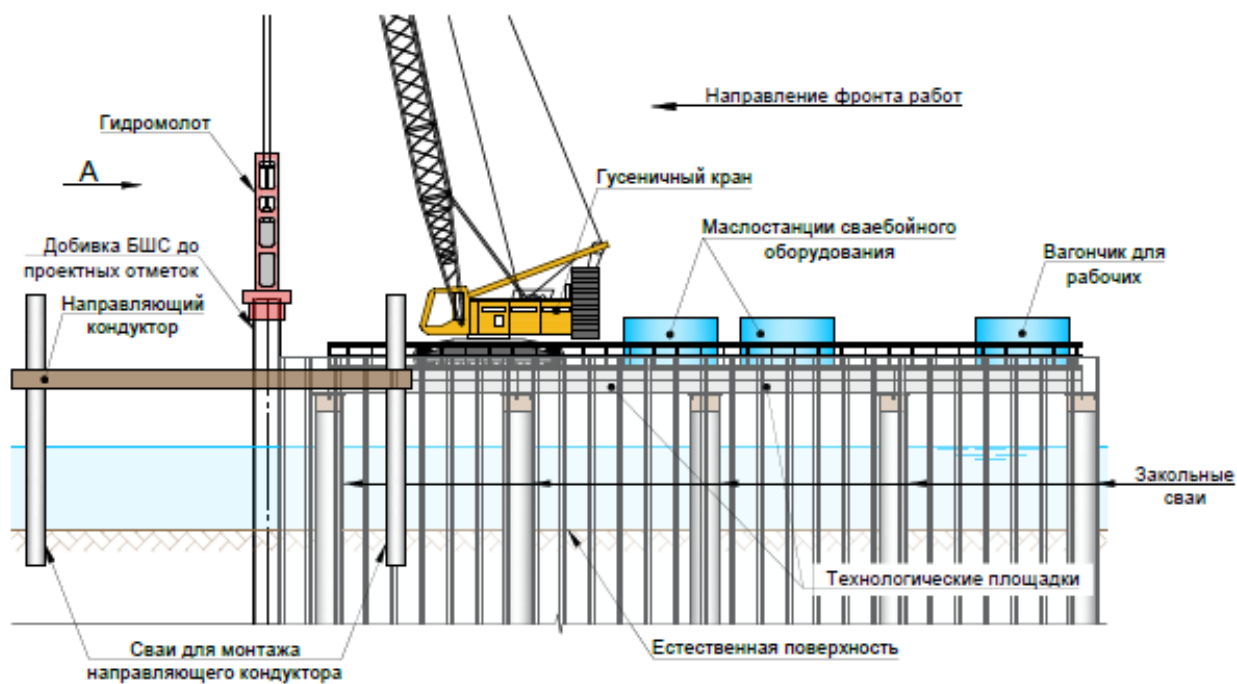


Рисунок 28 – Схема погружения БШС с временной технологической дамбы



Вид А

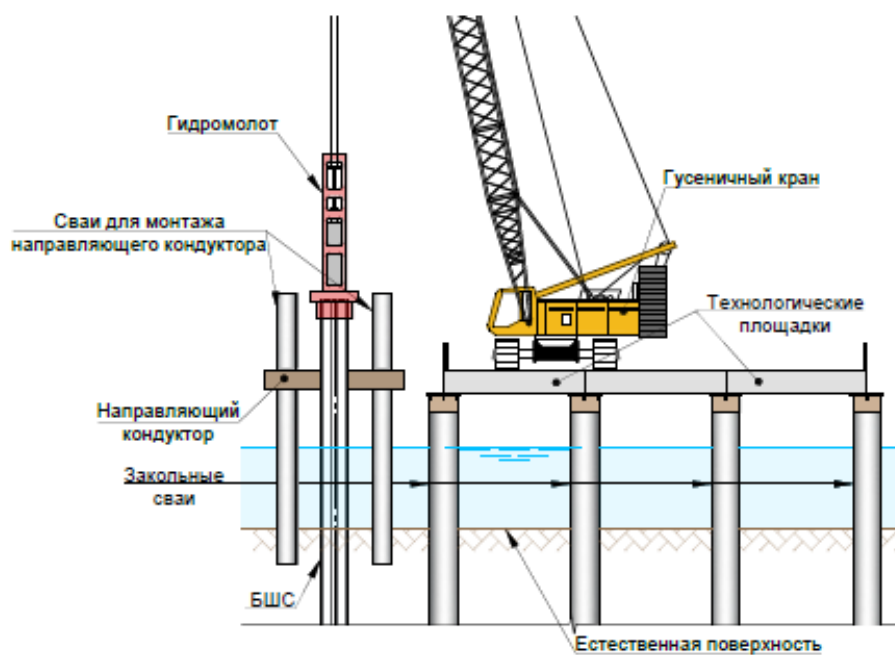


Рисунок 29 – Схема погружения БШС с технологической площадки

### 3.12 Приложения к разделу

#### 3.12.1 Акт освидетельствования свай и шпунта до их погружения

Строительная организация \_\_\_\_\_

Строительство \_\_\_\_\_

(наименование и месторасположение,

км, ПК)

#### АКТ ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЯ СВАЙ И ШПУНТА ДО ИХ ПОГРУЖЕНИЯ В ГРУНТ

«\_\_» \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

Комиссия в составе: \_\_\_\_\_

(должности, фамилии, инициалы)

произвели освидетельствование свай, свай-оболочек, шпунта (ненужное зачеркнуть)

(наименование материала)

предназначенных для \_\_\_\_\_

(наименование сооружений или конструкций)

При освидетельствовании рассмотрены:

а) паспорта № \_\_\_\_\_ железобетонных элементов

б) выписка из сертификата № \_\_\_\_\_ для стальных элементов.

На основании изложенного установлено:

а) железобетонные, стальные элементы (ненужное зачеркнуть), имеющие марки \_\_\_\_\_ соответствуют требованиям проекта действующих ГОСТ и

СНиП и могут быть применены для \_\_\_\_\_

(наименование сооружения или конструкции)

б) деревянные элементы, изготовленные из \_\_\_\_\_

порода и сорт леса

имеют диаметр (сечение) от \_\_\_\_\_ см до \_\_\_\_\_ см.

Обрезка верхнего, заострение нижнего концов и стыки свайных элементов выполнены в соответствии с техническими требованиями.

Свайные элементы могут быть использованы для \_\_\_\_\_

(наименование сооружений или конструкций)

Производитель работ \_\_\_\_\_

Представитель заказчика \_\_\_\_\_

Мастер \_\_\_\_\_

(подписи)

### 3.12.2 Журнал погружения шпунта

Наименование строительной организации \_\_\_\_\_

Объект \_\_\_\_\_

#### ЖУРНАЛ ПОГРУЖЕНИЯ ШПУНТА (с N \_\_\_\_\_ по N \_\_\_\_\_ )

Начало \_\_\_\_\_ Окончание \_\_\_\_\_

Система копра (или крана и направляющего оборудования) \_\_\_\_\_

Тип молота (вибропогружателя) \_\_\_\_\_

Масса ударной части молота \_\_\_\_\_

Тип и масса наголовника \_\_\_\_\_

Материал и сортамент шпунта \_\_\_\_\_

Длина шпунта \_\_\_\_\_

Абсолютная отметка поверхности грунта \_\_\_\_\_

Абсолютная отметка уровня грунтовых вод \_\_\_\_\_

N п.п.	N шпутин по плану	Дата, смена	Абсолютная отметка верха шпунта		Абсолютная отметка низа шпунта		Величина срезки (или наращивания) шпунтины, м	Глубина погружения шпунта (от проектного обреза)	Исполнитель (Ф.И.О.), (подпись)	Примечание
			по проекту	фактическая	по проекту	фактическая				

### 3.12.3 Акт освидетельствования и приемки свайного основания (шпунтового ряда) Форма Ф-38

Подрядная организация \_\_\_\_\_

Строительство (реконструкция) \_\_\_\_\_

(наименование и месторасположение, км, ПК)

#### АКТ ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЯ И ПРИЕМКИ СВАЙНОГО ФУНДАМЕНТА НА ЗАБИВНЫХ СВАЯХ (ШПУНТОВОГО РЯДА)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Комиссия в составе: \_\_\_\_\_

(должности, фамилия, инициалы)

произвела освидетельствование и приемку свайного основания (шпунтового ряда) \_\_\_\_\_

Комиссии предъявлены:

1. Рабочие чертежи основания, ограждение котлованов с креплением № \_\_\_\_\_  
разработанные \_\_\_\_\_

(наименование организации)

с нанесением на них всех отклонений от проекта, допущенных в процессе строительства и согласованных проектной организацией.

2. Общий журнал работ № \_\_\_\_\_

3. Журнал авторского надзора № \_\_\_\_\_

4. Журнал погружения свай \_\_\_\_\_

Комиссия, ознакомившись с предъявленными документами и проверив выполненные работы в натуре, установила:

1. Отметка естественной поверхности грунта у котлована \_\_\_\_\_

2. Срезка грунта произведена до отметки \_\_\_\_\_

3. Котлован вырыт до отметки \_\_\_\_\_  
при проектной отметке \_\_\_\_\_

4. Паспорта № \_\_\_\_\_

(на сваи)

4.1. Нивелировка произведена от репера № \_\_\_\_\_  
отметка которого (в отметках, принятых в проекте) \_\_\_\_\_

5. Котлован имеет шпунтовое ограждение (закладочное крепление) \_\_\_\_\_

выполненное из \_\_\_\_\_  
забитого на глубину от \_\_\_\_\_ м до \_\_\_\_\_ м ниже дна котлована при  
глубине забивки по проекту \_\_\_\_\_ м отметка верха  
ограждения \_\_\_\_\_

Соответствие проекту и состояние ограждения и крепления \_\_\_\_\_

6. Отметка самых низких грунтовых вод \_\_\_\_\_

7. Отметка воды в котловане в начале водоотлива \_\_\_\_\_

8. Отметка воды вне котлована на дату составления акта \_\_\_\_\_

9. Интенсивность водоотлива \_\_\_\_\_ м<sup>3</sup>/час

10. Грунт на дне котлована состоит из \_\_\_\_\_

11. Погружено для свайного фундамента, согласно журналам № \_\_\_\_\_  
погружения свай и плана расположения свай \_\_\_\_\_ шт.,  
свай диаметром/сечением см на глубину от \_\_\_\_\_ м до \_\_\_\_\_ м.

Сваи погружены \_\_\_\_\_ с весом ударной части \_\_\_\_\_ кг  
при энергии одного удара \_\_\_\_\_ кГм.

12. При погружении свай подмыв применялся/не применялся.

13. Результаты испытаний свай динамической и статической нагрузкой (по данным актов  
№ \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_).

На основании изложенного комиссия постановила:

1. \_\_\_\_\_

2. Качество работ признать \_\_\_\_\_

3. Разрешить выполнение дальнейших работ по \_\_\_\_\_

Приложение. Исполнительная схема положения смонтированной конструкции в плане и  
по отметкам с привязкой к осям сооружения по данным инструментальной съемки.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

(подписи)

## БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] ТУ 24107–008–00186269–2021 Прокат для шпунтовых свай корытного типа.
- [2] ТУ 25.11.23–001–59127210–2021 Технические условия. Балочно–шпунтовые системы.
- [3] СТО 59127210-001-2023 Стандарт организации. Стены подпорные из стальных балочно-шпунтовых систем для зданий и сооружений промышленного, гражданского, гидротехнического и транспортного строительства. Проектирование и возведение
- [4] СП 58.13330.2019 Гидротехнические сооружения. Основные положения
- [5] СП 381.1325800.2018 Сооружения подпорные. Правила проектирования
- [6] СП 47.13330.2016 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения
- [7] ГОСТ 25100-2020 Грунты. Классификация
- [8] СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений
- [9] СП 24.13330.2021 Свайные фундаменты
- [10] ГОСТ Р 54523-2011 Портовые гидротехнические сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния
- [11] СП 287.1325800.2016 Сооружения морские причальные. Правила проектирования и строительства
- [12] СП 38.13330.2018 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)
- [13] СП 16.13330.2017 Стальные конструкции
- [14] СП 28.13330.2017 Защита строительных конструкций от коррозии
- [15] СНиП 3.07.02-87 Гидротехнические морские и речные транспортные сооружения
- [16] СП 48.13330.2019 Организация строительства СНиП 12-01-2004
- [17] ГОСТ 7566-2018 Металлопродукция. Правила приёмки, маркировка, упаковка, транспортирование и хранение
- [18] Федеральный закон "О техническом регулировании" от 27.12.2002 N 184-ФЗ
- [19] ГОСТ Р 57365-2016/EN 12063:1999 Стены шпунтовые. Правила производства работ
- [20] СП 68.13330.2017 Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов
- [21] СП 45.13330.2017 Земляные сооружения, основания и фундаменты
- [22] ГОСТ 21.513-83 Антикоррозионная защита конструкций зданий и сооружений
- [23] ГОСТ 9.402-2004 Единая система защиты от коррозии и старения. Покртия лакокрасочные. Подготовка металлических поверхностей к окрашиванию
- [24] Технический регламент о безопасности зданий и сооружений (с изменениями на 2 июля 2013 года) 384-ФЗ от 30.12.2009
- [25] СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения
- [26] СП 23.13330.2018 Основания гидротехнических сооружений
- [27] СП 131.13330.2016 Строительная климатология
- [28] СП 101.13330.2012 Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения
- [29] Постановление Правительства РФ от 5.10.2020 №1607 Об утверждении критериев классификации гидротехнических сооружений

- [30] ГОСТ 35087-2024 Двутавры стальные горячекатанные. Технические условия
- [31] ГОСТ 34667.1-2020 (ISO 12944-1:2017) Материалы лакокрасочные. Защита стальных конструкций от коррозии при помощи лакокрасочных систем. Часть 1. Общие положения
- [32] ГОСТ 27751-2017 Надёжность строительных конструкций и оснований. Основные положения
- [33] СП 358.1325800.2017 Сооружения гидротехнические. Правила проектирования и строительства в сейсмических районах
- [34] СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения
- [35] СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81
- [36] ГОСТ Р 57837-2024 Двутавры стальные горячекатанные. Технические условия
- [37] Федеральный закон от 30.12.2009 N 384-ФЗ (ред. от 25.12.2023) Технический регламент о безопасности зданий и сооружений
- [38] СП 50.13330.2024 Тепловая защита зданий



## Приложение 1. Сведения о требованиях к антикоррозионной защите

Таблица 5 – Рекомендованные величины потери толщины, мм, из-за коррозии для БШС на контакте с грунтом

Проектный срок службы, лет	5	25	50	75	100
Природные грунты ненарушенной структуры	0,00	0,30	0,60	0,90	1,20
Загрязнённые природные и техногенные грунты	0,15	0,75	1,50	2,25	3,00
Агрессивные природные грунты	0,20	1,00	1,75	2,50	3,25
Неуплотнённые и слабоагрессивные засыпки	0,18	0,70	1,20	1,70	2,20
Неуплотнённые и агрессивные засыпки	0,50	2,00	3,25	4,5	5,75

### Примечания

1 Скорость коррозии на контакте с уплотнёнными грунтами ниже, чем на контакте с неуплотнёнными грунтами. В случае уплотнения грунтов значения таблицы следует уменьшать вдвое.

2 Значения для 5 и 25 лет получены в результате натурных измерений, остальные получены интерполяцией по известным значениям.

3 Значения приведены в соответствии с EN 1993: Eurocode 3: Design of steel structures – Part 5: Piling.

Таблица 6 – Рекомендованные величины потери толщины, мм, из-за коррозии для БШС в пресной и морской воде

Проектный срок службы, лет	5	25	50	75	100
Обычная пресная вода (в реке, судоходном канале) в зоне заплеска (А, С)	0,15	0,55	0,90	1,15	1,40
Загрязнённая пресная вода (канализацией, промышленными выбросами), в зоне заплеска (А, С)	0,60	1,30	2,30	3,30	4,30
Морская вода в умеренном климате в зоне заплеска (А, С)	0,55	1,90	3,75	5,60	7,50
Морская вода в умеренном климате в подводной (D) или приливной (B) зонах	0,25	0,90	1,75	2,60	3,50

### Примечания

1 Зоны наибольших скоростей коррозии обычно находятся в зонах заплеска, однако в большинстве случаев наибольшие изгибающие моменты возникают в подводной зоне и зоне погружения.

2 Значения для 5 и 25 лет получены в результате натурных измерений, остальные получены интерполяцией по известным значениям.

3 Буквами А, В, С, D указаны соответствующие рисунку 15 зоны шпунтовой стены.

4 Значения приведены в соответствии с EN 1993: Eurocode 3: Design of steel structures – Part 5: Piling.

Таблица 7 – Степень агрессивного воздействия жидких неорганических сред на металлические конструкции

Неорганические жидкие среды	Водородный показатель рН	Суммарная концентрация сульфатов и хлоридов, г/л	Степень агрессивного воздействия сред на металлические конструкции
Пресные природные воды	Св. 3 до 11	До 5	Среднеагрессивная
	Св. 3 до 11	Св. 5	Сильноагрессивная
	До 3	Любая	Сильноагрессивная
Морская вода	Св. 6 до 8,5	Св. 20 до 50	Среднеагрессивная
Производственные оборотные и сточные воды без очистки	Св. 3 до 11	До 5	Среднеагрессивная
		Св.5	Сильноагрессивная
Сточные жидкости животноводческих зданий	Св. 5 до 9	До 5	Среднеагрессивная
Растворы неорганических кислот	До 3	Любая	Сильноагрессивная
Растворы щелочей	Св. 11	Любая	Среднеагрессивная
Растворы солей концентрацией св. 50 г/л	Св. 3 до 11	Любая	Сильноагрессивная

Примечания

1 При насыщении воды хлором или сульфидом водорода следует принимать степень агрессивного воздействия среды на один уровень выше.

2 При удалении кислорода из воды и растворов солей (деаэрация) следует принимать степень агрессивного воздействия на один уровень ниже.

3 При увеличении скорости движения воды от 1 до 10 м/с, а также при периодическом смачивании поверхности конструкций в зоне прибоя и приливо-отливной зоне или при повышении температуры воды от 50°С до 100°С в закрытых резервуарах без деаэрации следует принимать степень агрессивного воздействия среды на один уровень выше.

Таблица 8 – Степень агрессивного воздействия подземных вод и грунтов на металлические конструкции

Средняя годовая температура воздуха, °С	Характеристика подземных вод		Степень агрессивного воздействия грунтов ниже уровня подземных вод	Степень агрессивного воздействия грунтов выше уровня подземных вод		
	рН	суммарная концентрация сульфатов и хлоридов, г/л		в зонах влажности по СП 50.13330.2024 [38]	при значениях удельного сопротивления грунтов, Ом	
					до 20	св. 20
До 0	До 5	Любая	Среднеагрессивная	Влажная	Среднеагрессивная	Среднеагрессивная
	Св. 5	До 5	Слабоагрессивная	Сухая	Слабоагрессивная	Слабоагрессивная
	Св. 5	Св. 5	Среднеагрессивная	Нормальная	Среднеагрессивная	Слабоагрессивная
Св. 0 до 6	До 5	Любая	Сильноагрессивная	Влажная	Сильноагрессивная	Среднеагрессивная
	Св. 5	До 1	Слабоагрессивная	Сухая	Среднеагрессивная	Слабоагрессивная
	Св. 5	Св. 1	Среднеагрессивная	Нормальная	Сильноагрессивная	Среднеагрессивная
Св. 6	До 5	Любая	Сильноагрессивная	Влажная	Сильноагрессивная	Сильноагрессивная
	Св. 5	До 5	Среднеагрессивная	Сухая	Среднеагрессивная	Среднеагрессивная
	Св. 5	Св. 5	Сильноагрессивная	Нормальная	Сильноагрессивная	Среднеагрессивная

Примечания

1 Степень агрессивного воздействия донных песчаных грунтов, не содержащих их, а также содержащих донный ил и сульфида водорода до 20 мг/л, - слабоагрессивная; содержащих сульфид водорода св. 20 мг/л, - среднеагрессивная.

Таблица 9 – Защитные покрытия стальных конструкций из фасонного

Степень агрессивного воздействия среды	Группы лакокрасочных покрытий для стальных конструкций (римские цифры) по таблице Ц.7 СП 28.13330.2017 [14], общая толщина лакокрасочного покрытия, включая грунтовку, мкм		
	Материал конструкций	Материал металлических защитных покрытий	
	Углеродистая и низколегированная сталь без металлических защитных покрытий	Цинковые покрытия (горячее и термодиффузионное цинкование)	Цинковые и алюминиевые покрытия (газотермическое напыление)
Слабоагрессивная	III-160	III-160	III-160
Среднеагрессивная	IV-220	IV-180	IV-200
Сильноагрессивная	IV-300-500	Не применять	IV-240

Примечания

1 На сварных швах толщина покрытий должна быть увеличена на 30 мкм.

2 При выборе лакокрасочных покрытий следует учитывать специфические особенности эксплуатации металлоконструкций. В зависимости от условий эксплуатации применяемые лакокрасочные покрытия

должны быть стойкими на открытом воздухе, под навесом, в помещениях - химически стойкие, термостойкие, маслостойкие, водостойкие, кислотостойкие, щелочестойкие, бензостойкие.

3 Срок службы лакокрасочных покрытий на углеродистой и низколегированной сталях составляет 5-10 лет, комбинированных покрытий на основе горячих цинковых покрытий и лакокрасочных покрытий, газотермических цинковых и лакокрасочных покрытий, газотермических алюминиевых покрытий и лакокрасочных покрытий – 15-30 лет.

Таблица 10 – Справочные данные по скорости проникновения коррозии углеродистой стали

Степень агрессивного воздействия	Максимальная скорость проникновения коррозии для углеродистой стали, мкм в год
Неагрессивная	10
Слабоагрессивная- 1	25
Слабоагрессивная-2	50
Среднеагрессивная	500
Сильноагрессивная	Св. 500

## Приложение 2. Выбор типа молота

Необходимую минимальную энергию удара молота  $E_h$ , кДж, следует определять по формуле:

$$E_h = 0,045 \cdot N \quad (1)$$

, где:

$N$  – расчетная нагрузка, передаваемая на сваю, кН.

Принятый тип молота с расчетной энергией удара  $E_d \geq E_h$ , кДж, следует рассчитывать по формуле:

$$\frac{m_1 + m_2 + m_3}{E_d} \leq K \quad (2)$$

, где:

$K$  – коэффициент применимости молота, значения которого приведены в таблице 11;

$m_1$  – масса молота, т;

$m_2$  – масса сваи с наголовником, т;

$m_3$  – масса подбабка, т.

Таблица 11 – Значения коэффициента применимости молота

Тип молота	Коэффициент $K$ , т/кДж
Трубчатые дизель-молоты и молоты двойного действия	0,55
Молоты одиночного действия и штанговые дизель-молоты	0,4
Подвесные молоты	0,25

Примечание – при погружении свай любого типа с подмывом, а также свай из стальных труб с открытым нижним концом указанные значения коэффициентов увеличиваются в 1,5 раза.

При забивке наклонных свай расчетную энергию удара молота  $E_h$  следует определять с учетом повышающего коэффициента, значение которого принимается для свай с наклоном 5:1; 4:1; 3:1; 2:1 соответственно равным 1,1; 1,15; 1,25 и 1,4.

Выбранный в соответствии с рекомендациями Д.1 молот следует проверить на минимально допустимый отказ свайного элемента  $s_{min}$ , который принимается равным минимально допустимому отказу для данного типа молота, указанному в его техническом паспорте, но не менее 0,002 м - при забивке свай, и не менее 0,01 м - при забивке шпунта.

Выбор молота при забивке свай длиной более 25 м или с расчетной нагрузкой на сваю более 2000 кН производят расчетом, основанным на волновой теории удара.

Забивку свай до проектных отметок следует выполнять, как правило, без применения лидерных скважин и без подмыва путем использования сваебойного оборудования с достаточной для этого энергией удара. Применение лидерных скважин допускается только в тех случаях, когда для погружения свай до проектных отметок требуются несерийные молоты с большой массой ударной части, а также при прорезке сваями просадочных грунтов.

Значение необходимой энергии удара молота  $E_h$ , кДж, обеспечивающей погружение свай до проектной отметки без дополнительных мероприятий, следует рассчитывать по формуле:

$$E_h \geq \frac{\sum F_i \cdot H_i}{B \cdot t} \cdot \left( n + \frac{m_2}{m_4} \right) \quad (3)$$

, где:

$F_i$  – несущая способность сваи в пределах  $i$ -го слоя грунта, кН;

$H_i$  – толщина  $i$ -го слоя грунта, м;

$B$  – число ударов молота в единицу времени, ударов в 1 мин;  
 $t$  – время, затраченное на погружение сваи (без учета времени подъемно-транспортных операций);

$n$  – параметр, принимаемый равным  $n = 4,5$  - при паровоздушных механических и штанговых дизель-молотах и  $= 5,5$  - при трубчатых дизель-молотах;

$m_2$  – масса сваи, т;

$m_4$  – масса ударной части молота, т.

При выборе молота для забивки шпунта и при назначении режима его работы по высоте падения ударной части необходимо соблюдать условие по формуле:

$$\frac{G}{A} \geq K_f \cdot K_m \quad (4)$$

, где:

$G$  – вес ударной части молота, МН;

$A$  – площадь поперечного сечения шпунта, м<sup>2</sup>;

$K_f$  – безразмерный коэффициент, принимаемый по таблице 12 в зависимости от типа шпунта и расчетного сопротивления шпунтовой стали по пределу текучести;

$K_m$  – коэффициент, принимаемый в зависимости от типа молота и высоты падения его ударной части (см. таблицу 13).

Таблица 12 – Значения коэффициента  $K_f$

Тип стального шпунта	Коэффициент $K_f$ при расчетном сопротивлении шпунтовой стали, МПа, по пределу текучести					
	210	250	290	330	370	410
Плоский	0,70	0,83	0,96	1,10	1,23	1,36
Зетовый	0,80	0,98	1,16	1,37	1,57	1,78
Корытный	0,90	1,15	1,40	1,70	2,0	2,30

Таблица 13 – Значения коэффициента  $K_m$

Тип молота	Высота падения ударной части, м	Коэффициент $K_m$ , МПа
Паровоздушный одиночного действия или подвесной	0,4	7,5
	0,8	4,5
	1,2	3,0
Паровоздушный двойного действия	-	2,0
Дизельный трубчатый	2,0	4,5
	2,5	3,0
	3,0	2,0
Дизельный штанговый	-	5,0

Примечание – Для промежуточных значений сопротивлений шпунтовой стали и высот падения ударной части значения коэффициентов  $K_f$  и  $K_m$  в таблицах Д.4 и Д.5 определяются интерполяцией.

При проверке контрольных отказов в тех случаях, когда в проекте дана только расчетная нагрузка на сваю  $N$ , кН, несущую способность сваи  $F_d$ , кН, следует принимать равной:

$$F_d = \gamma_k \cdot N \quad (5)$$

где  $\gamma_k$  - коэффициент надежности, равный 1,25.

Основные характеристики гидравлических молотов для забивки БШС представлены в таблицах 14 -16. Все данные приведены для справки.

Таблица 14 – Характеристики гидравлических молотов ИНС

	S-500	S-280	S-150	S-90
Энергия удара (max), кДж	500	280	150	90
Частота ударов (при max подскоке), ударов/мин	45	45	44	46
Масса ударной части, кг	25000	13600	7500	4500
Масса молота (без наголовника), кг	57500	30500	16200	9700
Длина, мм	11943	10390	8900	8055
Рабочее давление, бар	350	350	350	350
Маслопоток, л/мин	1600	800	460	250

Таблица 15 – Характеристики гидравлических молотов Pilemer

	DKH-1560	DKH-1545	DKH-1540	DKH-1535	DKH-1530	DKH-1525	DKH-1524	DKH-1523	DKH-1520	DKH-1516	DKH-1513
Энергия удара (max), кДж	882,6	666,8	588,4	519,8	441,3	372,6	353,0	343,2	294,2	235,4	196,1
Частота ударов (при max подскоке), ударов/мин	23	22	22	24	26	26	26	26	26	30	28
Масса ударной части, кг	60000	45000	40000	35000	30000	25000	24000	23000	20000	16000	13000
Масса молота (без наголовника), кг	30000	80000	64000	62000	72000	41000	40000	39000	34000	26000	22000
Длина, мм	13000	11265	11000	11000	11000	8900	8900	8500	8100	7825	7340
Рабочее давление, бар	280	280	280	280	280	300	280	280	280	280	280
Маслопоток, л/мин	1200	800	800	730	700	560	540	530	500	440	370

Продолжение таблицы Таблица 15

	DKH-20	DKH-16	DKH-13U	DKH-13	DKH-10U	DKH-10L	DKH-10	DKH-8L	DKH-7U	DKH-7L	DKH-7
Энергия удара (max), кДж	235,4	186,3	152,9	156,9	117,7	117,7	117,7	94,1	82,4	82,4	82,4
Частота ударов (при max подскоке), ударов/мин	32	35	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Масса ударной части, кг	20000	16000	13000	13000	10000	10000	10000	8000	7000	7000	7000
Масса молота (без наголовника), кг	36500	23000	16000	20000	16000	17500	15300	13000	11500	11500	11500
Длина, мм	8750	6320	7020	6320	6600	6600	5860	6350	6080	6080	5620
Рабочее давление, бар	280	280	280	280	280	280	280	300	280	280	280
Маслопоток, л/мин	440	380	320	320	280	280	280	210	200	200	200

Таблица 16 – Характеристики гидравлических молотов Yongan

	YC-80	YC-60	YC-50	YC-40	YC-35	YC-30	YC-25	YC-21	YC-17	YC-16	YC-15
Энергия удара (max), кДж	1360	1020	750	680	525	450	375	315	255	240	225
Частота ударов (при max подскоке), ударов/мин	20/55	22/55	25/60	25/68	25/70	25/70	28/95	30/90	35/90	30/90	30/90
Масса молота, кг	108000	77000	65600	53000	47000	41000	36000	31000	24000	23000	22000
Длина, мм	10100	9750	9195	8495	8150	7950	7990	7530	7160	7400	7250

Продолжение таблицы 16

	YC-14	YC-12	YC-11	YC-8	YC-5	YC-3
Энергия удара (max), кДж	210	180	165	120	60	24
Частота ударов (при max подскоке), ударов/мин	30/100	30/100	38/90	30/100	40/100	50/100
Масса молота, кг	21000	18000	16000	12000	8500	5800
Длина, мм	7155	6895	6790	6140	5150	4020



### Приложение 3. Выбор вибропогружателя

Значение необходимой вынуждающей (центробежной) силы вибропогружателя  $F_0$ , кН, рассчитывают по формуле:

$$F_0 = \frac{\gamma_g \cdot N - 2,8 \cdot G_n}{k_s} \quad (6)$$

, где:

$\gamma_g$  – коэффициент надежности по грунту, принимаемый равным 1,4;

$N$  – расчетная нагрузка на свайный элемент по проекту, кН, а в случае погружения свайных элементов до расчетной глубины - соответствующее этой глубине сопротивление углублению в грунт свайного элемента по проекту;

$G_n$  – суммарный вес вибросистемы, включая вибропогружатель, свайный элемент и наголовник, кН;

$k_s$  – коэффициент снижения бокового сопротивления грунта во время вибропогружения, принимаемый по таблице 17.

Необходимое значение минимальной вынуждающей силы вибропогружателя  $F_0$  окончательно принимается не ниже  $1,3 G_n$  при погружении свай-оболочек (с извлечением грунта из внутренней полости в ходе погружения) и  $2,5 G_n$  - при погружении полых свай без извлечения грунта.

Таблица 17 – Значения коэффициента  $k_s$

Коэффициент $k_s$ для грунтов								
песчаных влажных средней плотности								
гравелистых	крупных	средних	пылеватых	мелких				
2,6	3,2	4,9	5,6	6,2				
глинистых с показателем текучести								
0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,5	3,0	3,3	3,5

Примечания

1 Для водонасыщенных крупных песков значения  $k_s$  увеличиваются в 1,2 раза, средних песков - в 1,3 раза, мелких и пылеватых - в 1,5 раза.

2 Для заиленных песков значения  $k_s$  понижаются в 1,2 раза.

3 Для плотных песков значения  $k_s$  понижаются в 1,2 раза, а для рыхлых - увеличиваются в 1,1 раза.

4 Для промежуточных значений показателя текучести глинистых грунтов значения  $k_s$  определяются интерполяцией.

5 При слоистом напластовании грунтов коэффициент  $k_s$  определяется как средневзвешенный по глубине.

Зажимное устройство должно иметь силу натяжения как минимум в 1,2 раза больше центробежной силы вибропогружателя.

По принятой необходимой вынуждающей силе следует подбирать тот вибропогружатель наименьшей мощности, у которого статический момент массы дебалансов  $K_m$  (или промежуточное значение  $K_m$  для вибропогружателя с регулируемыми параметрами), кг·м, удовлетворяет условию по формуле:

$$K_m \geq M_c \cdot A_0 / 200 \quad (7)$$

, где:

$M_c$  – суммарная масса вибросистемы, динамический вес вибропогружателя, сваи и наголовника, кг;

$A_0$  - необходимая амплитуда колебаний при отсутствии сопротивлений грунта, см, приведена в таблице 18.

При окончательном выборе типа вибропогружателя следует учитывать, что при равной вынуждающей силе большей погружающей способностью обладает вибропогружатель с большим статическим моментом массы дебалансов  $K_m$ , а при

прочих равных условиях следует выбирать вибропогружатель с регулируемыми в процессе работы параметрами.

Таблица 18 – Значения необходимой амплитуды колебаний при отсутствии сопротивлений грунта

Характеристика прорезаемых свайными элементами грунтов по трудности вибропогружения	$A_0$ , см, при глубине погружения, м	
	Не более 20	Св. 20
Водонасыщенные пески и супеси, илы, мягко- и текучепластичные, глинистые грунты с показателем текучести $I_L > 0,5$	0,7	0,9
Влажные пески, супеси, тугопластичные, глинистые грунты с показателем текучести $I_L > 0,3$	1,0	1,2
Полутвердые и твердые, глинистые грунты, гравелистые маловлажные плотные пески	1,4	1,6

Примечание – При выборе типа вибропогружателя для заглубления полых свай и свай-оболочек с извлечением грунта из внутренней полости указанные значения  $A_0$  понижаются в 1,2 раза. При слоистом напластовании грунтов значение  $A_0$  принимается для слоя самого тяжелого грунта из числа прорезаемых слоев.

Основные характеристики вибропогружателей для погружения БШС представлены в таблицах 19 – 22. Характеристики зажимных устройств для погружения БШС даны в таблицах 23 – 26. Все данные приведены для справки.

Таблица 19 – Характеристики тяжелых вибропогружателей MULLER

	MS-25ННФ	MS-50ННФ	MS-100ННФ	MS-120ННФ	MS-200ННФ	MS-240ННФ
Центробежная сила, кН	750	1500	2500	3003	4000	5160
Статический момент, кг*м	25	50	100	116	190	240
Вес без зажимного устройства (динамический), кг	2900	4500	7700	8900	11750	12010
Вес без зажимного устройства (общий), кг	3700	6100	10900	15500	18500	19000

Таблица 20 – Характеристики тяжелых вибропогружателей ICE

	32NF	55NF	82NF	130NF	150NF	170NF	200NF	250NF	300NF
Центробежная сила, кН	955	1711	2567	2794	3224	3564	4300	5374	6150
Статический момент, кг*м	32	54	81	130	150	170	200	250	300
Вес без зажимного устройства (динамический), кг	2350	3580	5400	10420	11400	11455	21000	20330	27250
Вес без зажимного устройства (общий), кг	4600	5700	7900	16900	17780	17850	29000	36500	47000

Таблица 21 – Характеристики тяжелых вибропогрузателей PVE

	25 M	38 M	52 M	55 M	82 M	110 M	200 M	300 M
Центробежная сила, кН	856	1200	1650	1710	2570	2250	4400	6150
Статический момент, кг*м	27	38	52	54	81	110	200	286
Вес без зажимного устройства (динамический), кг	2900	3400	4000	3580	5400	7000	19000	27250
Вес без зажимного устройства (общий), кг	4980	5400	6500	5700	7900	13500	25000	44000

Таблица 22 – Характеристики тяжелых вибропогрузателей OMS

	SVR 25NF	SVR 30NF	SVR 50NF	SVR 80NF	SVR 101NF	SVR 120NF	SVR 165NF	SVR 200NF
Центробежная сила, кН	810	954	1260	2320	2861	2910	3553	4380
Статический момент, кг*м	25,4	30	50,8	82,4	101,6	120,8	164,8	203,2
Вес без зажимного устройства (динамический), кг	2200	3100	3780	6900	8600	8840	14740	21700
Вес без зажимного устройства (общий), кг	3030	4700	5745	10040	10800	11520	18334	26100

Таблица 23 – Характеристики зажимных устройств MULLER

	MS-U 90	MS-U 180	MS-U 360
Усилие зажима, кН	900	1800	3600
Вес, кг	620	1130	3130

Таблица 24 – Характеристики зажимных устройств ICE

	100TU	130TU	160TU	200TU	320TU	350TU
Усилие зажима, кН	1000	1300	1600	2000	3200	3500
Вес, кг	490	610	1100	1300	2500	2600

Таблица 25 – Характеристики зажимных устройств PVE

	DWK 85T	DWK 110T	DWK 130T	DWK 150T	DWK 200TU	DWK 320TU	DWK 350T
Усилие зажима, кН	850	1100	1300	1500	2000	3200	3500
Вес, кг	600	750	750	1270	1300	2500	2600

Таблица 26 – Характеристики зажимных устройств OMS

	SCN 100	SCN 120	SCN 165	SCN 200	SCN 250	SCN 350
Усилие зажима, кН	1003	1216	1699	2262	2480	3560
Вес, кг	515	840	1137	1190	1190	2530