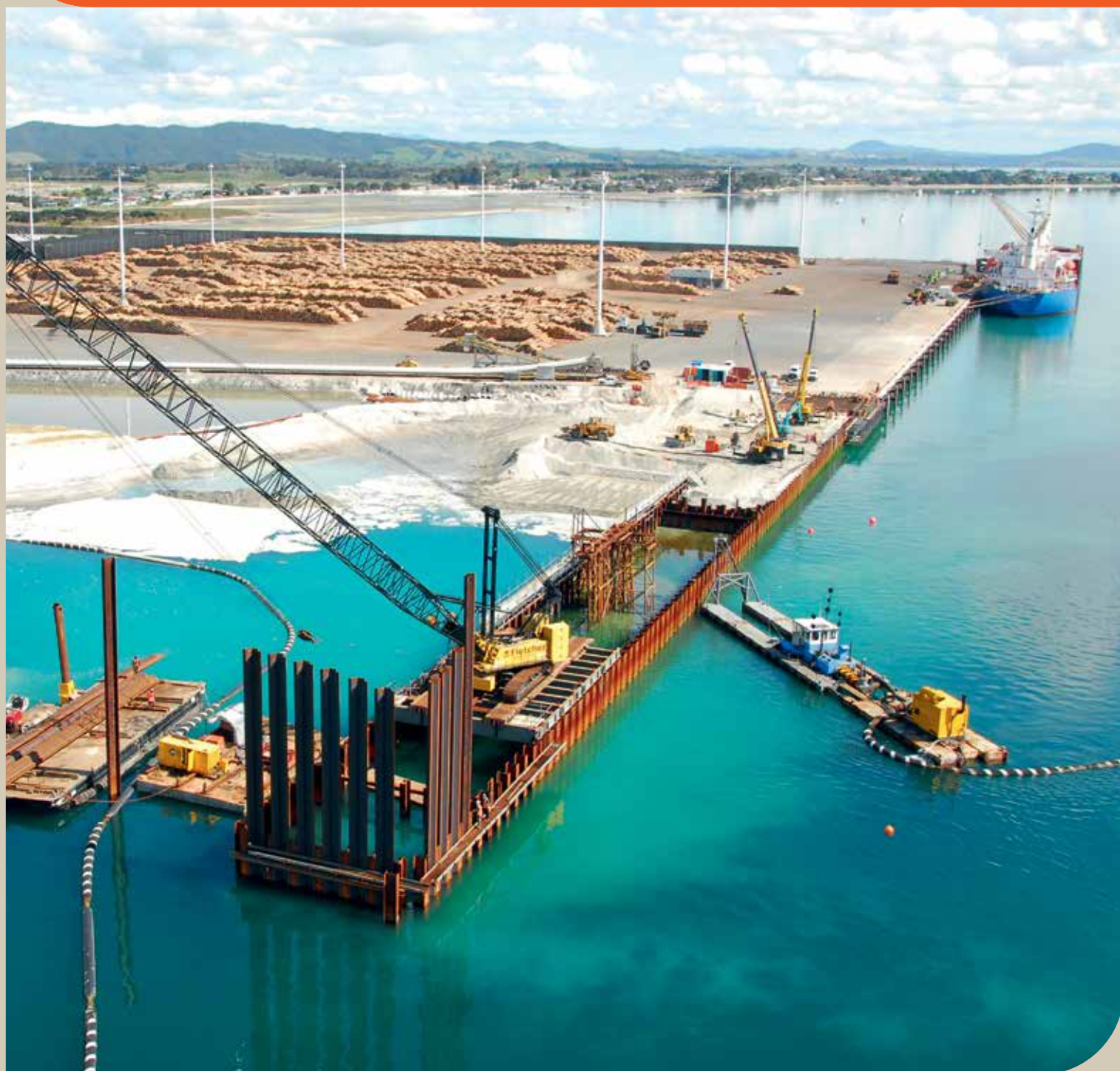




# Стальные шпунтовые сваи. Проекты Портовые сооружения

Современные решения в строительстве портов  
с использованием стальных шпунтовых свай



# Портовые сооружения

Современные решения в строительстве портов с использованием стальных шпунтовых свай



# Содержание

ВВЕДЕНИЕ		5
КАРТА РЕАЛИЗОВАННЫХ ПРОЕКТОВ		6 – 7
КАНАДА	Войсис Бэй, Лабрадор	8
КАНАДА	Шиппаган, Нью-Браунсуик	12
США	Сиэтл, Вашингтон	15
США	Порт-Элизабет, Нью-Джерси	17
США	Норфолк, Вирджиния	21
КУБА	Гавана	25
ЧИЛИ	Мехильонес	30
ПОРТУГАЛИЯ	Авейру	36
ИСПАНИЯ	Кадис	42
ФРАНЦИЯ	Кале	45
БЕЛЬГИЯ	Антверпен	52
ДАНИЯ	Орхус	54
ДАНИЯ	Провестенен, Копенгаген	61
ГЕРМАНИЯ	Гамбург (Альтенвердер)	66
ГЕРМАНИЯ	Гамбург (Пределькай)	70
ИТАЛИЯ	Специя	78
ТУРЦИЯ	Мерсин	86
СЕНЕГАЛ	Зигиншор	92
ИНДИЯ	Вишакхапатнам	96
РОССИЯ	Находка	102
ФИЛИППИНЫ	Генерал-Сантос	104
ТАЙВАНЬ	Гаосюн	110
ТАЙВАНЬ	Аньпин	114
ТАЙВАНЬ	Тайбэй	118
New Zealand	Марсден Пойнт	124





Компания ArcelorMittal уже более 100 лет занимается разработкой технологии производства стальных шпунтовых свай. С самого начала, с 1911 года, характеристики шпунтовых свай корытного и зетового профиля постоянно совершенствуются, и на сегодняшний день при их применении получают самые современные решения для возведения и расширения портовых стенок.

В условиях постоянно растущего грузопотока контейнеровозы также увеличиваются в размерах. Подобный рост увеличивает и нагрузку на инфраструктуру портов захода, поэтому сегодня в мире, чтобы держать планку, порты серьезно инвестируют в собственное развитие.

Применение стальных шпунтовых свай в современных портах означает выгодное решение как с точки зрения затрат, так и со стороны экологической безопасности и расчёта на долгосрочную перспективу. Будь то устройство стенки из стальных шпунтовых свай непосредственно перед уже существующей причальной стенкой, позволяющей достаточно углубить дно порта, или возведение совершенно нового причала. Невысокая трудоемкость, простота и скорость монтажа шпунтовой стенки позволяют вводить в эксплуатацию новые портовые сооружения в достаточно короткие сроки.

Научно-исследовательский отдел компании ArcelorMittal работает над усовершенствованием и развитием номенклатуры шпунтовых свай, чтобы предлагать лучший в своём роде продукт и соответствовать постоянно меняющимся требованиям динамично развивающейся транспортной отрасли. Одни из последних разработок - ряд свай типа AZ шириной профиля 800 мм, корытные профили шириной 750 мм и уникальные сваи типа HZ-M с высотой профиля до 1100 мм, спроектированные специально для причальных стенок с осадкой 20 м и больше.

Сегодня строительной отрасли необходимо демонстрировать высокую степень гибкости и приверженность принципам экологичности. Новые проекты должны разрабатываться с учётом минимальных экологических нагрузок на окружающую среду на протяжении всего срока службы с тем, чтобы к 2050 году достичь показателей углеродной нейтральности, как было намечено в рамках межправительственных соглашений в 2015 году. В этом смысле сталь – прекрасный материал, подходящий для иллюстрации принципов так называемой «многооборотной экономики»: шпунтовые сваи, например, могут быть многократно использованы перед тем как отправиться на 100% переработку.

В данном каталоге мы рассмотрим некоторые из действующих объектов береговой инфраструктуры, реализованных с использованием разных типов стальных шпунтовых свай. Благодаря своим качественным характеристикам и преимуществам, в том числе при производстве работ, сооружения с применением стальных шпунтовых свай всё чаще встречаются в строительстве по всему миру.



Сиэтл

Войсис Бэй

Шиппаган  
Порт-Элизабет  
Норфолк

Гавана

Мехильонес

Зигиншор

Кадис

Авейру

Специя

Кале

Антверпен

Гамбург

Орхус

Провестенен



Мерсин

Вишакхпатнам

Тайбэй

Гаосюн

Аньпин

Генерал-Сантос

Находка

Марсден-Пойнт



## Залив Войсис | Лабрадор | КАНАДА

> Строительство постоянных портовых сооружений



*Транспортное судно швартуется у причала Войсис Бэй.*

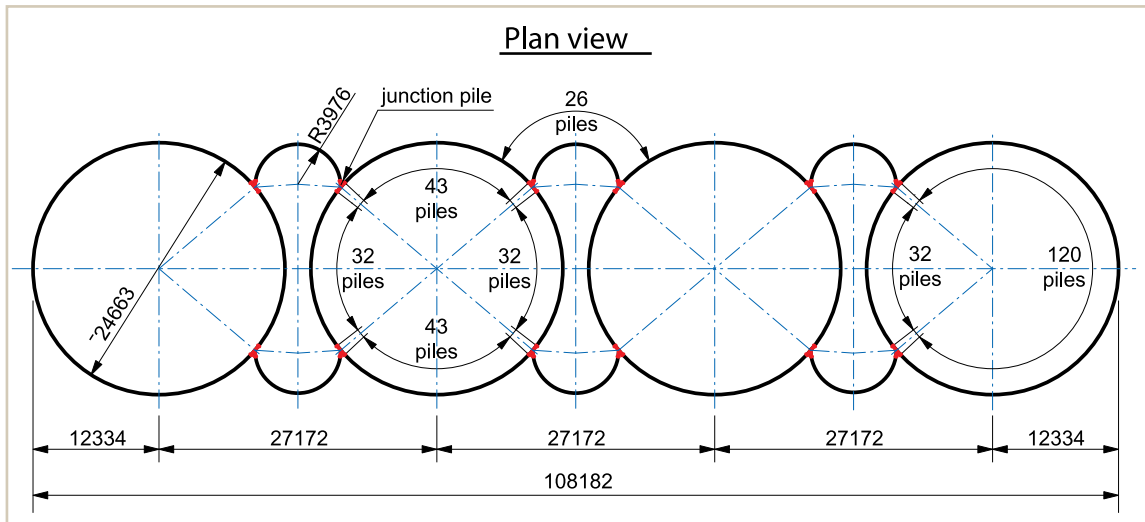
Залив Войсис расположен в достаточно удаленной части со стороны северо-восточного побережья провинции Лабрадор в условиях так называемой Канадской Арктики. Месторождение Войсис Бэй, одно из богатейших никелево-медно-кобальтовых месторождений в мире, было открыто в 1993 году в 350 км к северу от залива Хэппи Вэлли-Гуз Бэй. Компания Voisey's Bay Nickel Company (VBNC) построила на месте месторождения и уже ввела в эксплуатацию

горно-обогатительный комплекс. Портовые сооружения потребовались для того, чтобы импортировать расходные материалы для шахт и экспортировать никелевый концентрат. Возведение причала вблизи Анакталак Бэй началось летом 2004 года, и основная часть сооружения была готова в декабре 2004 года. Также ряд вспомогательных работ завершился в конце весны 2005 года. Новый глубоководный причал принимал своё первое судно по графику в ноябре 2005. Причальная стенка этого портового сооружения составила порядка 100 метров с минимальной осадкой 13,5 метров.

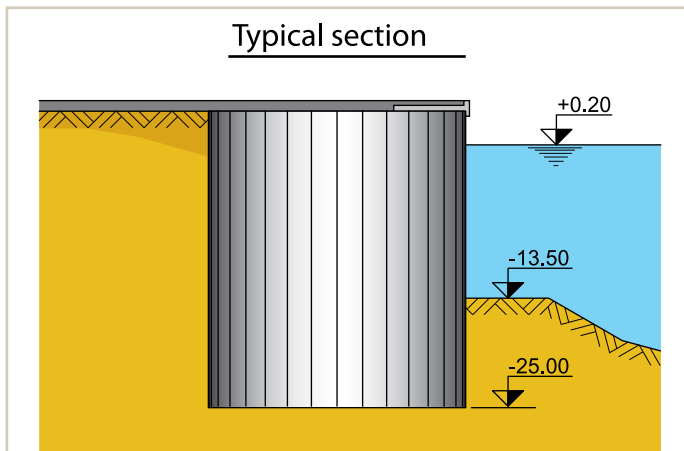
Проект для нового глубоководного порта, способного принимать ежемесячно до шести транспортных снабжающих судов и вывозящих концентрат, разрабатывали Westmar Consultants Inc. (компания, специализирующаяся на проектировании морских сооружений) и Jacques Whitford (компания, специализирующаяся на геотехнических расчетах).



*Проект ячеек большого диаметра из шпунтовых свай должен был учитывать нагрузки от давления льда.*



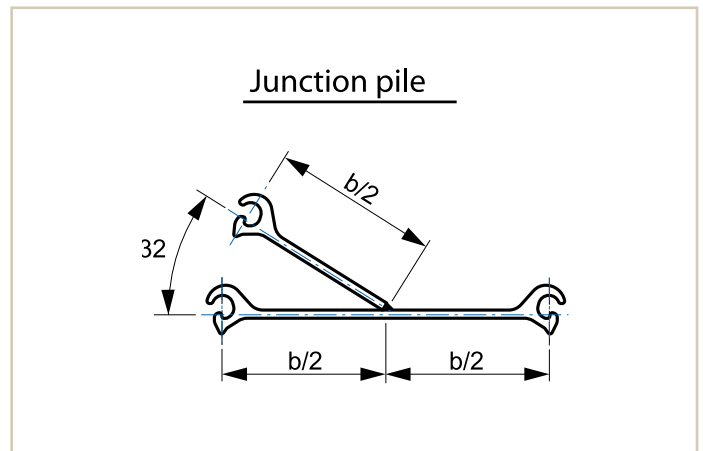
Причальная стенка состоит из четырех ячеек и шести связующих арок.



Поперечное сечение ячейки из свай AS 500.

В качестве основной конструкции была выбрана кольцевая структура гравитационных ячеек большого диаметра из плоского шпунта. Отдельные шпунтовые ячейки погружали в грунт из преимущественно плотного песка/гравелистого грунта. Поскольку гравитационные сооружения с применением плоского шпунта AS 500 не требуют погружения свай в низовые слои грунта в силу действия статических нагрузок, такое решение является стандартным для исключительно твердых грунтов. Дополнительные ограничения при реализации проекта причала наложил тот факт, что строительство должно было быть окончено в кратчайшие сроки в течение безледоставного периода. Геотехнические изыскания по ряду скважин к моменту начала установки первых шпунтовых свай еще не были завершены.

Геология по месторождению Анакталак Бэй упрощенно представляет собой три четко выраженных слоя грунта над скальной породой. Поверхность характеризуется наличием значительной зоны от мягкой до твердой глины, покрывающей супесь с булыжниками и валунами. Обратная засыпка тела ячейки и причала состояла из хорошо отсортированной неокатанной гальки. По ходу строительства следовало избегать выемки очень мягкого наносного осадка. В связи с этим была разработана новейшая система измерений для проведения постоянного мониторинга устойчивости в ходе строительства. Дополнительно для придания прочности основной конструкции был установлен ряд дуговых сборных железобетонных панелей для восприятия ледовой ударной нагрузки с усиленными срезанными балками.



Соединительные сваи были изготовлены субподрядчиком ArcelorMittal.

При разработке проекта шпунтовой конструкции было также предусмотрено множество механизмов на случай отказа (выворачивание, оползание, повреждение замка, а также разрушение при горизонтальном или вертикальном сдвиге). При проектировании большое внимание отводилось расчету нагрузок от воздействия льда в связи с экстремальными зимними условиями с температурами, опускающимися ниже  $-40^{\circ}\text{C}$  ( $-40^{\circ}\text{F}$ ). Были установлены специальные балки, рассчитанные на восприятие горизонтальных нагрузок при наличии льда.

С лицевой стороны причальная стенка состоит из четырех кольцевых ячеек из шпунта типа AS 500, соединенных между собой шестью связующими арками. Ячейки из шпунтовых свай, формирующих лицевую сторону стенки, также работают как подпорная конструкция для обратной засыпки тела причала. Система защиты от размыва была устроена спереди ячеек, а шпунтовые сваи погружались внутрь. Сразу после погружения ячеек пространство за причальной стенкой было засыпано грунтом выемки при дноуглублении.

Для сооружения четырех кольцевых ячеек и шести соединительных арок компания Skyline Canada, представитель компании ArcelorMittal в Канаде, поставила следующие материалы:

- 680 шт - плоские шпунтовые сваи,
- 72 шт - плоские изогнутые шпунтовые сваи с углом  $7^{\circ}$ ,
- 12 шт - плоские соединительные шпунтовые сваи.



Шпунтовые сваи погружались с помощью направляющего кондуктора.



Сваи погружали с помощью оборудования, размещенного на барже.

Каждая кольцевая ячейка, состоящая из 150 плоских свай AS 500 и 4 соединительных свай, достигала диаметра  $D=24,7$  м. Каждая из шести связующих арок состояла из 14 стандартных свай AS 500 и 12 изогнутых свай. Изогнутые сваи изготовил подрядчик ArcelorMittal компания Secometal. Весь плоский шпунт AS 500 был длиной 26,7 м и толщиной стенки 12,7 мм. Гарантированный минимальный предел прочности замковых соединений свай 5.500 кН на погонный метр замка. Skyline Canada дополнительно поставил 19 запасных свай, включая одиночные, изогнутые и соединительные. В 2006 году проект нового причала получил премию Award of Engineering Excellence, вручаемую организацией Consulting Engineers of British Columbia.

**Заказчик:**

Voisey's Bay Nickel Company (VBNC)

**Подрядчик:**

IKC-Borealis

**Проектировщик:**

Westmar Consultants Inc и Jacques Whitford

**Шпунтовые сваи:**

AS 500-12,7

**Длина свай:**

26,7 м

**Марка стали:**

S 355 GP

**Общее количество шпунта:**

1.640 тонн

**Общий порядок работ по установке ячеек AS 500:**

**Этап 1**

- Установка кондуктора и опорных свай
- Временная установка верхней/нижней платформы кондуктора как можно выше/ниже над/под уровнем воды

**Этап 2**

- Установка четырех или более отдельных шпунтовых свай (как правило, специальных соединительных свай)
- Контроль вертикальности, затем сварка прихваточным швом к верхней платформе кондуктора
- Установка смежных шпунтовых свай

**Этап 3**

- Замыкание ячеек между специальными соединительными сваями
- Установка свай связующих арок (2 или 4)

**Этап 4**

- Погружение свай ступенчатым методом после замыкания ячейки

**Этап 5**

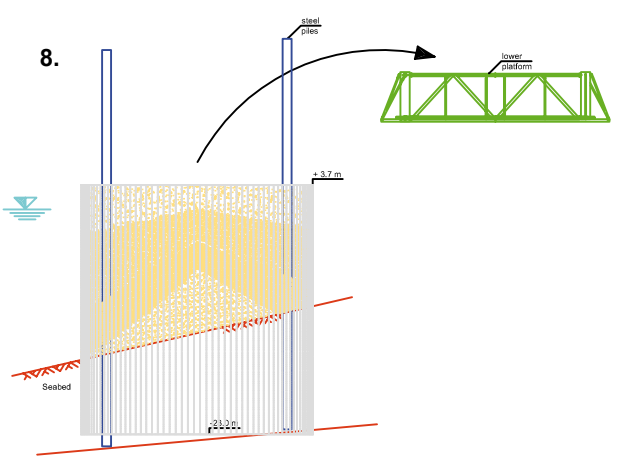
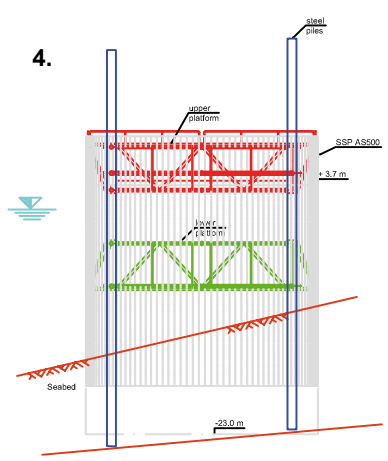
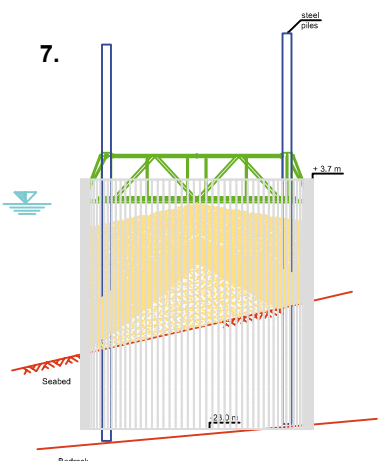
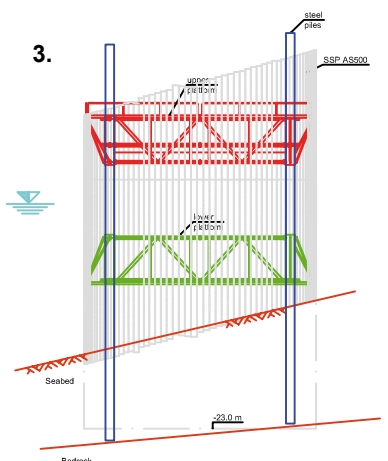
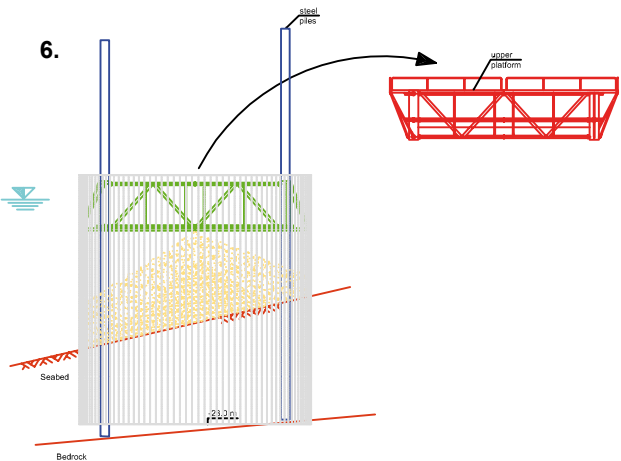
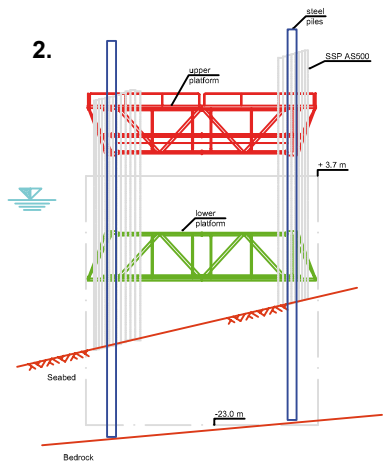
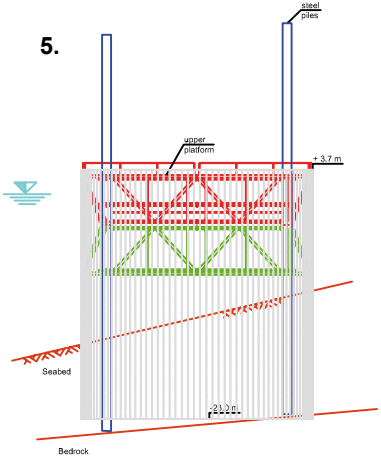
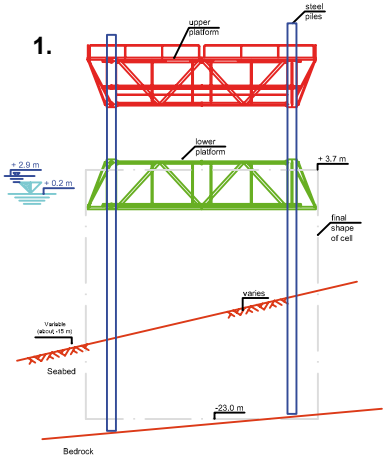
- Снижение верхней платформы кондуктора и погружение свай до проектного уровня

**Этап 6 & 7**

- Заполнение тела ячейки обратной засыпкой
- Подъем/выемка платформ кондуктора в установленное время

**Этап 8**

- Засыпка тела ячейки доверху
- Извлечение опорных свай



# Шиппаган | Нью-Браунсуик | КАНАДА

## > Реконструкция существующего причала

По плану причалу “Old North Wharf” (Старый Северный Причал), расположенному в Шиппагане провинции Нью-Браунсуик там, где река Святого Лаврентия впадает в Атлантический океан, предстояла реконструкция. Поскольку суда постоянно увеличиваются в размерах, было необходимо провести дноуглубление, чтобы соответствовать условиям и требованиям местной рыболовецкой отрасли.

Инженерно-геологические изыскания было поручено провести сотрудникам компании AMEC Earth and Environmental Ltd, которые пробурили пять скважин в районе причала Old North Wharf алмазно-буровым станком на рельсовом ходу. Скважины были глубиной от 7,5 м до 17,7 м ниже уровня дна причала.

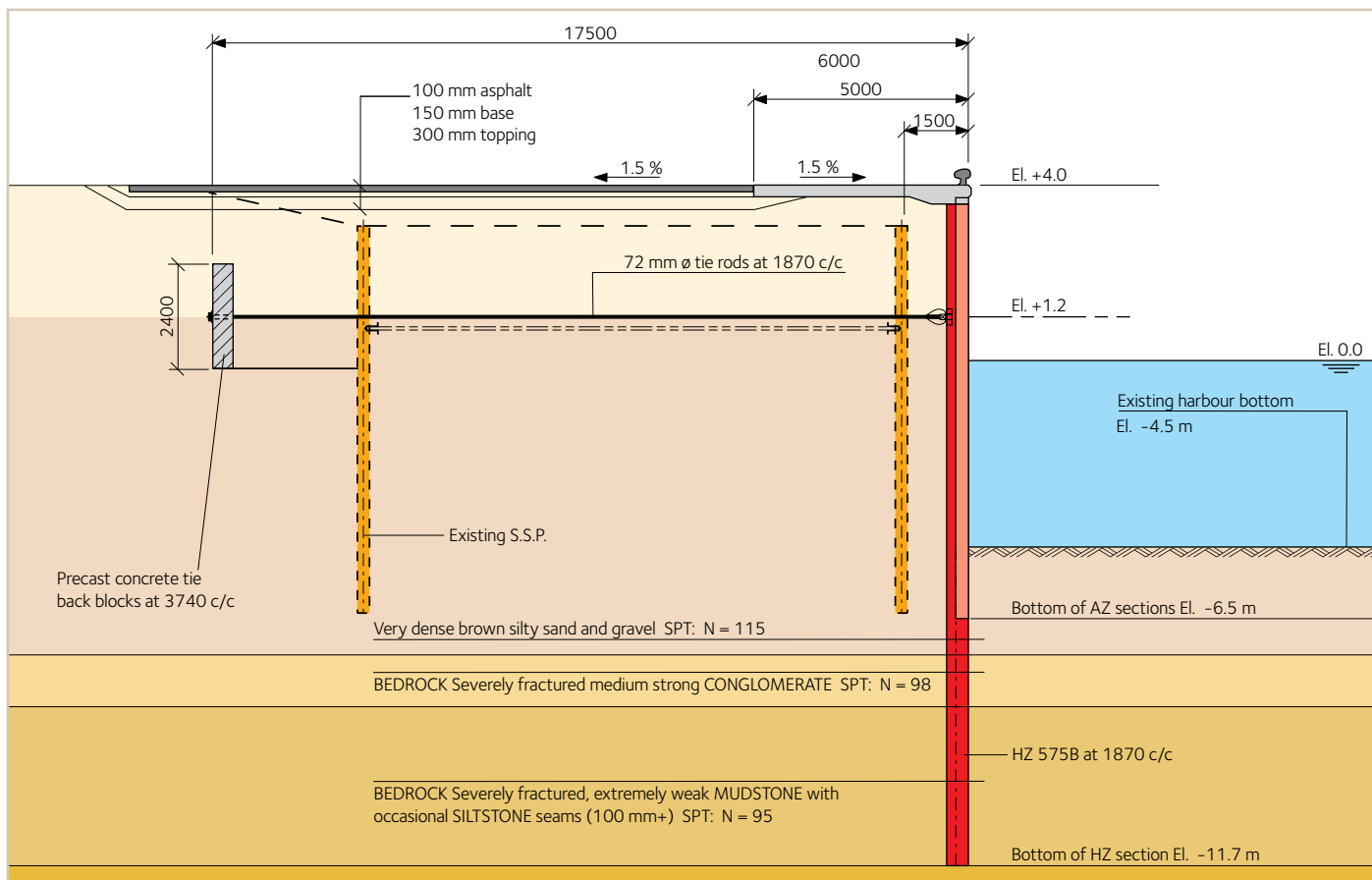
Результаты изысканий показали наличие на месте слоя илистого песка с примесью гальки толщиной 244 метра и скальную породу под ним. Результаты испытаний методом динамического зондирования (Standard Penetration Test) песка с примесью гальки лежали в пределах 20ч100+ ударов на 0,3 метра заглубления. Скальная порода с несущей способностью, сравнимой с несущей способностью уплотненной глины, была классифицирована как крайне рыхлая в соответствии с положениями руководства Canadian Foundation Manual.

Предложенный проект предполагал строительство новой причальной стенки, отсыпку вновь образованной территории и обустройство верхнего строения причала. Заказчик (Министерство общественных работ и правительственных служб Канады) и инженеры-консультанты (Eastern Designers & Company Limited) сделали выбор в пользу решения из стальных шпунтовых свай. Был проанализирован ряд строительных технологий, и в силу условий на объекте (скальная порода на мелководье), а также ожидаемого срока службы причала, конструкция из стальных шпунтовых свай оказалась наиболее экономически выгодным вариантом. Непростые грунтово-геологические условия с наличием песчаника, плотных глинистых пород, илистых отложений и скалистого основания обусловили выбор комбинированной системы HZ/AZ.

Начало строительства было назначено на июль 2002 года, и предполагалось, что оно продлится двенадцать месяцев. На начальном этапе проекта демонтировали существующее бетонное покрытие причала, парапетную стенку, деревянные кранцы, направляющие рельсы и сопутствующее оборудование. Затем на расстоянии 1,5 метров от существующей стенки погружали основные (несущие) сваи HZ 575 и промежуточные AZ 13.



Порт Шиппагана со старым и новым причалами с обеих сторон внутреннего дока.



Существующая и новая причальные стенки из шпунтовых свай (конструктивный разрез).

Пространство между новой и уже существовавшей стенками заполнили грунтом выемки. Демонтированное бетонное покрытие со старого причала использовалось совместно с

гидронамывным песком при формировании территории (до отметки +3,5 м) позади новой шпунтовой стенки. Береговая линия между Северным и Южным причалами была также укреплена шпунтовыми сваями.



Дизельный свайный молот Delmag D19-32 был доставлен на существующий причал для забивки шпунтовых свай сквозь верхние слои грунта и твердые глинистые породы. В предварительном бурении не было необходимости несмотря на тяжелые грунтово-геологические условия. Специальные свайные наголовники, изготовленные компанией APF в Нью-Джерси, США, защищали HZ сваи от повреждения/замятия при забивке. Подрядная организация Comeau & Savoie Construction Ltd на своей производственной площадке выполнила двухуровневый кондуктор для облегчения процесса установки комбинированной шпунтовой стенки. Кондуктор был разработан на основе проектных чертежей, предоставленных компанией ArcelorMittal, и адаптирован под использование свайных башмаков.



Новая шпунтовая стенка, установленная в 1,5 метрах перед уже существовавшей.

Погружение шпунтовых свай прошло гладко и в соответствии с рекомендациями канадского офиса ArcelorMittal Skyline Canada. Несмотря на сложные условия погружения только три балки HZ не удалось забить до проектных глубин. Глубину забивки этих основных свай уменьшили, а сваи AZ погружали до встречи со скальной породой. Подрядчик забивал за стандартную десятичасовую смену пять основных HZ-свай и пять промежуточных AZ-свай. Все работы по погружению свай были завершены в течение семи недель.

После погружения комбинированной системы подрядчик установил бетонные анкерные блоки (анкерная стенка), анкерные тяги, засыпал пространство между существующей и новой конструкциями ранее вынутым грунтом и, наконец, уложил бетонный и асфальтовый настил причала.



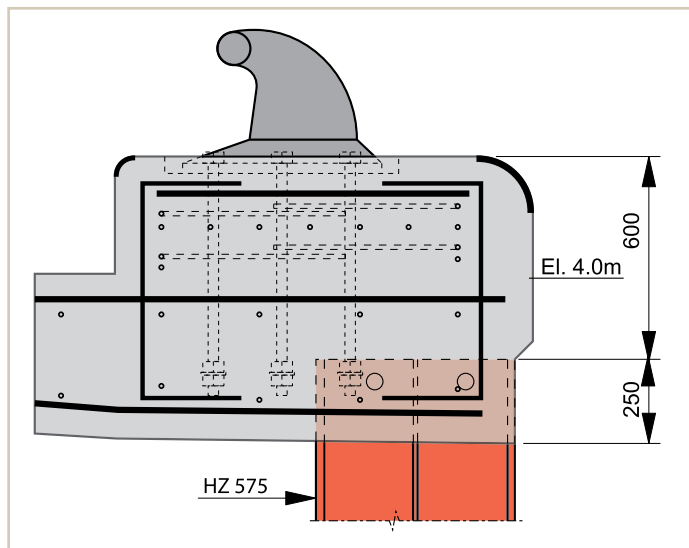
Направляющий кондуктор – Восемь направляющих рам – по четыре на каждый уровень шаблона, направляют каждую основную HZ-сваю.



Двухуровневый кондуктор обеспечивает корректное позиционирование основных (несущих) HZ-свай для забивки.



Свайные башмаки (усиление) защищают нижний конец сваи от повреждений в случаях, когда при забивке ожидаются твердые слои грунта.



Узел крепления стальной шпунтовой сваи и бетонного оголовка в связке с швартовой тумбой.

Skyline Canada поставил подрядчику все элементы комбинированной системы, включая стальные шпунтовые сваи и анкерные тяги. Анкерные тяги с проушинами были произведены компанией Anker Schroeder на площадке в Дортмунде, в Германии. 3,75 дюймовые тяги были изготовлены из марки стали S 355 JO в соответствии с DIN EN 10025. Каждая из тяг соединяла основную HZ-сваю с анкерными блоками.

**Заказчик:**

Министерство общественных работ и правительственных служб Канады

**Подрядчик:**

Comeau & Savoie Construction Ltd

**Проектировщик:**

Eastern Designers & Company Limited

**Шпунтовая система:**

HZ 575 B -12/AZ13 и  
HZ 575 C -12/AZ 13

**Длина основных HZ-свай:**

15,75 м / 17,55 м

**Длина AZ-свай:**

10,55 м / 11,55 м

**Марка стали:**

CSA Gr 350 W, за исключением соединительных элементов S 430 GP

**Общее количество шпунта:**

800 тонн

# Сиэтл | штат Вашингтон | США

## > Дноуглубление Пирса 36

Пирс 36 Порты Сиэтла принадлежит Береговой Пограничной Охране США (USCG). Проект дноуглубления предусматривал демонтаж старого пирса (эстакады). Под существующим пирсом откос спускался до дна акватории. Верхняя часть склона была укреплена каменной наброской (из песка, гравия и дробленой горной породы) и настилом из бетона сверху. Устойчивость старой пристани обеспечивала перемычка из бетона и бревен. В нижней части склона был илистый грунт. С тем чтобы приспособить причал к приему новых судов Береговой Пограничной Охраны, было принято решение к 2003 году устроить новый, более глубокий причал..

На поперечном разрезе виден илистый слой грунта, достигающий уровня ок. -3 м (или -10 футов). Удаление каменной наброски под старым пирсом привело бы к увеличению расходов. Поэтому было принято решение вычерпать илистый слой до глубины 12 м, необходимой для причаливания судов Береговой Пограничной Охраны. Для удержания скальной наброски в верхней части склона была выполнена подводная консольная (свободностоящая) подпорная шпунтовая стенка. Новая платформа на сваях (эстакада) была сооружена позади шпунтовой стенки. Эстакада была устроена из сборных бетонных панелей, лежащих на готовых железобетонных сваях. Угол наклона откоса был слегка изменен с тем, чтобы вместить деревянную перемычку. В связи с тем, что Сиэтл расположен в сейсмически активной зоне, при разработке проекта новых сооружений на Пирсе 36 в расчет принимались и сейсмические нагрузки.



Начальный этап строительства нового причала предусматривал забивку шпунтовых свай подводной стенки в конце скалистого откоса. Подрядчик, компания M.A. Segale Inc., изготовил собственный шаблон для установки комбинированной системы HZ 975 D - 24 / AZ 19. В общем и целом на объект было поставлено 1315 тонн стальных свай из высокой марки стали.

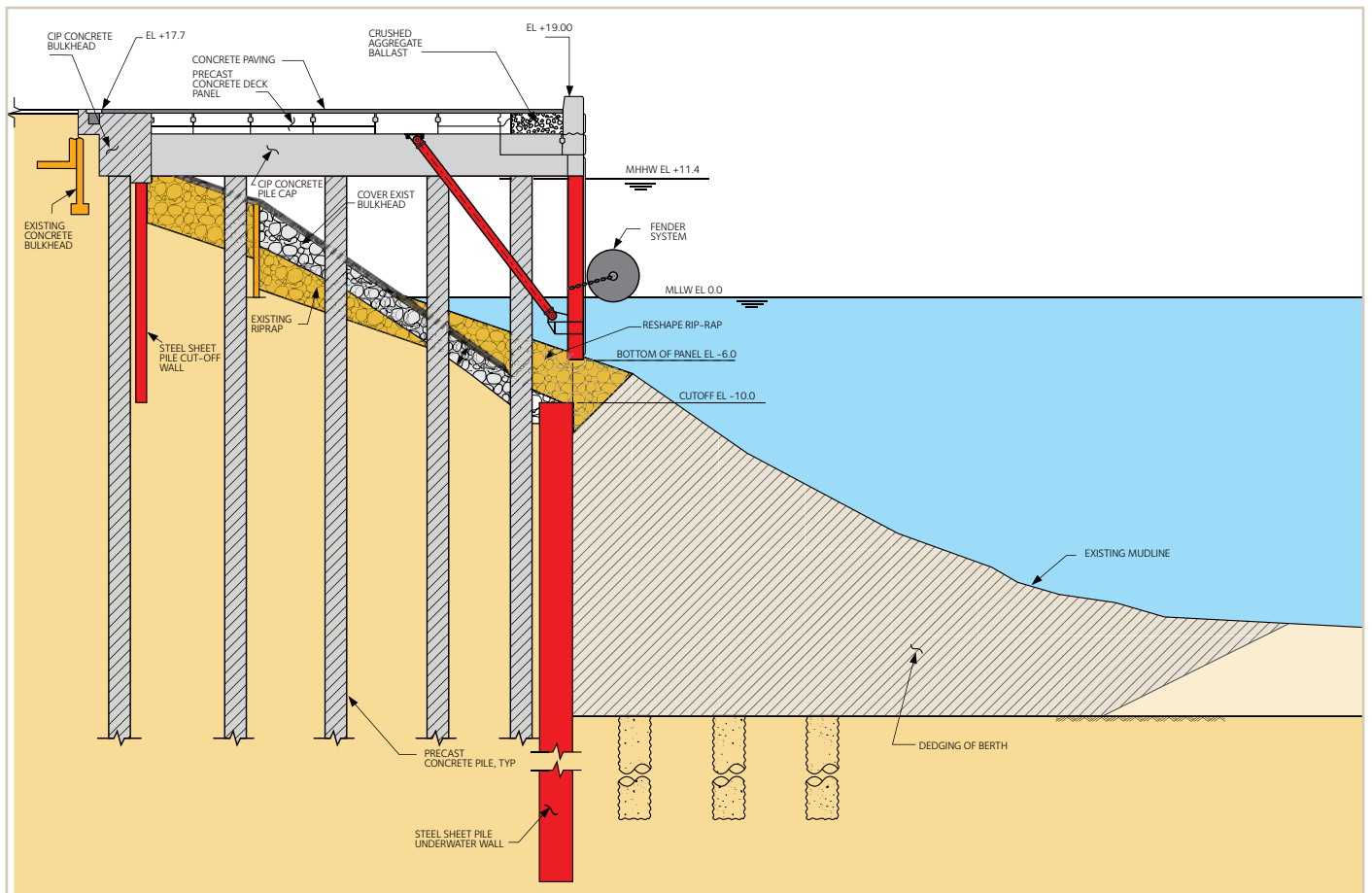
На стальных шпунтовых сваях была выполнена катодная защита с расходуемыми анодами. Система катодной защиты — это средство защиты стальных конструкций путем предотвращения проявления коррозионных процессов. Расходуемые аноды были закреплены на шпунтовых сваях

подводной стенки Пирса 36. Наиболее электрически негативный металл анодов первым подвергается коррозии; поэтому время от времени необходимо контролировать аноды в зависимости от условий на объекте и расчетного срока эксплуатации конструкции. На причале Береговой Пограничной Охраны США была установлена стальная анодная рама с тремя расходуемыми алюминивно-цинково-индиевыми анодами, разработанная для применения в морской воде и соленом илистом грунте, вместе с контрольными установками, оснащенными приборами коррозионного мониторинга. Для обеспечения корректного функционирования системы был



Дноуглубление у Пирса 36 в Сиэтле для приёма судов Береговой Пограничной Охраны.





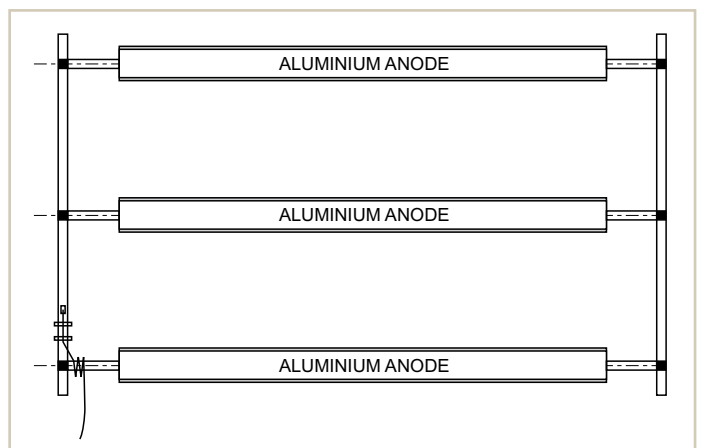
Благодаря подводной стенке из стальных шпунтовых свай отпала необходимость в удалении скалистого откоса, которое повлекло бы увеличение затрат (величины указаны в футах).

проведен ряд контрольных мероприятий с замером собственного потенциала, целостности цепи и анодного потенциала.

Катодная защита является эффективным средством для защиты стальных шпунтовых свай от коррозии, находящихся в постоянном контакте с таким электролитом, как вода. Если катодная защита правильно разработана и обслуживается, то такая система является высокоэффективным защитным средством, обеспечивающим незначительные показатели интенсивности коррозии порядка 0,01 мм/год.



Установка шпунтовой стенки, обеспечивающей устойчивость конструкции, производилась с баржи.



Система катодной защиты, установленной на пирсе, предотвращает проблемы с коррозией.

**Заказчик:**  
Береговая Пограничная Охрана США

**Проектировщик:**  
BERGER/ABAM Engineers Inc.

**Подрядчик:**  
M.A. Segale Inc.

**Шпунтовые сваи:**  
HZ 975 D - 24/AZ 19

**Длина основных HZ-свай:**  
36,3 м

**Длина AZ-свай:**  
30,2 м

**Марка стали:**  
ASTM A572 Grade 60

**Общее количество шпунта:**  
1315 тонн

# Порт-Элизабет | Нью-Джерси | США

## > Дноуглубление существующего контейнерного терминала

Порт-Элизабет расположен недалеко от Международного аэропорта Ньюарка и Нью-Йорка. Не так давно Портовое Управление Нью-Йорка & Нью-Джерси приняли решение расширить портовые сооружения Морского Терминала Элизабет, которым уже было на тот момент около тридцати лет, с тем, чтобы порт смог принимать контейнеровозы следующего поколения. Составленный план предусматривал пять очередей, в ходе реализации которых старые сооружения причалов с 82 по 98 должны были быть перестроены и реорганизованы с целью увеличения нагрузок от кранов и пришвартованных судов, а также увеличена глубина у причальной линии. Другим важным моментом было оборудование причала кранами, зона охвата которых достигала бы в ширину 18 контейнерных рядов, чтобы сделать возможной обработку последнего поколения судов класса Super Post-Panamax. Параллельно с проектом модернизации терминала Инженерный Корпус Армии планировал провести обширные дноуглубительные работы, чтобы углубить дно порта до отметки 15,2 м и, таким образом, принимать самые современные контейнеровозы.

Программа развития терминала с бюджетом в 650 миллионов долларов включала пять очередей, и при этом строительные работы не должны были прерывать текущие портовые операции на рабочих терминалах. Порядка 350 м причала

модернизировали в течение каждой из очередей, длившихся от 9 до 12 месяцев. Проект был запущен в январе 2002 и должен был завершиться по графику к 2009. Он включал следующие пункты:

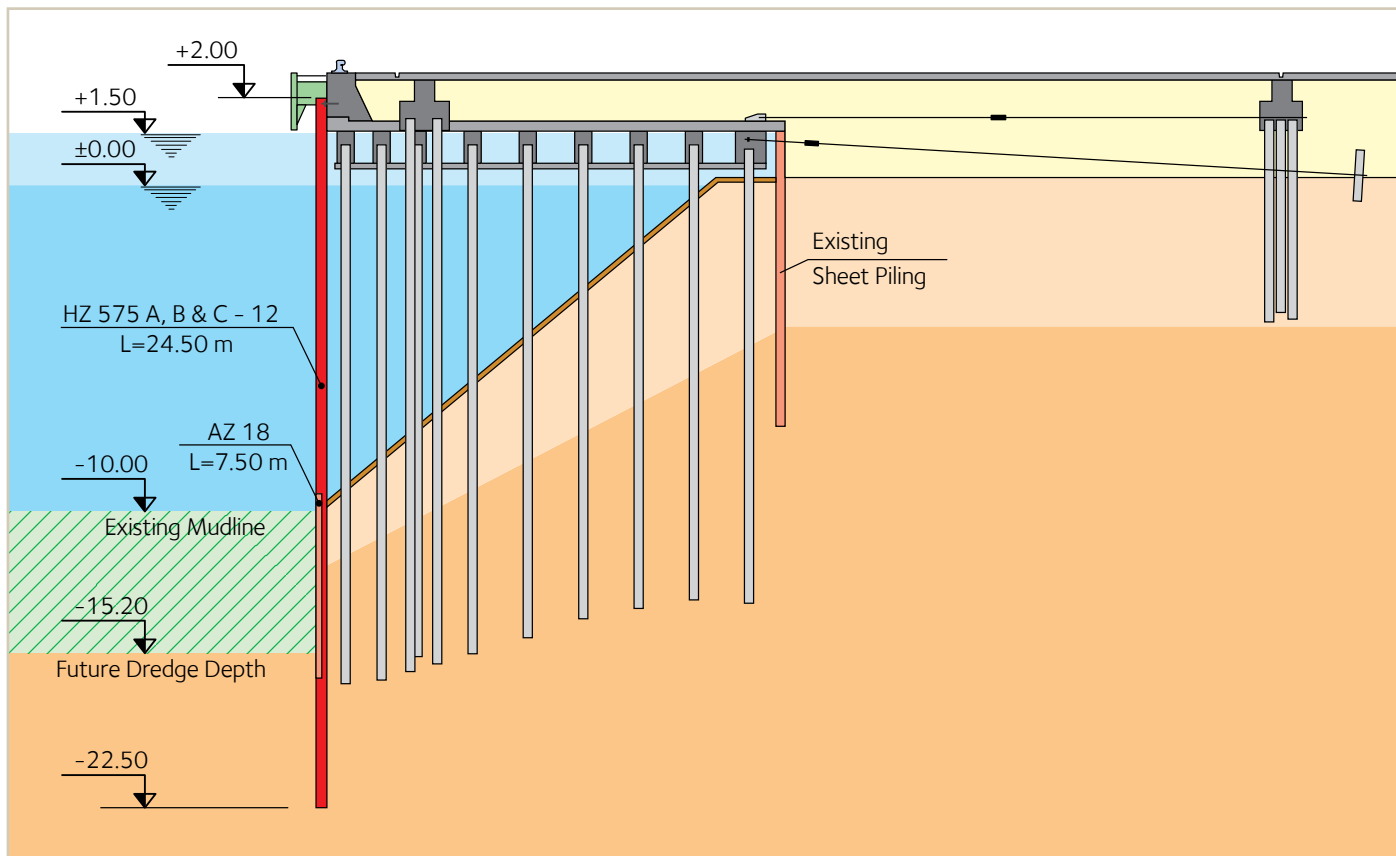
- Установка шпунтовой стенки из комбинированной системы HZ/AZ вдоль причальной линии с тем, чтобы углубить дно до отметки -15,2 м,
- Удаление существующих опорных балок подкрановых путей и установка новых рельсов и балок, выдерживающих увеличенные крановые нагрузки,
- Замена существующей системы из деревянных отбойных устройств новой, выдерживающей нагрузки от причаливания судов водоизмещением 150.000,
- Модернизация существующей электросети для соответствия возросшей энергетической потребности новых кранов.

Модернизация данного причала длиной 1830 м – типичный пример экономически выгодного проектного решения дноуглубления терминала. Портовые сооружения были возведены в начале 1970-х для обслуживания генеральных грузов. С началом контейнеризации грузов терминал оборудовали кранами для перегрузки контейнеров. Причал и краны были способны обслуживать контейнеровозы класса

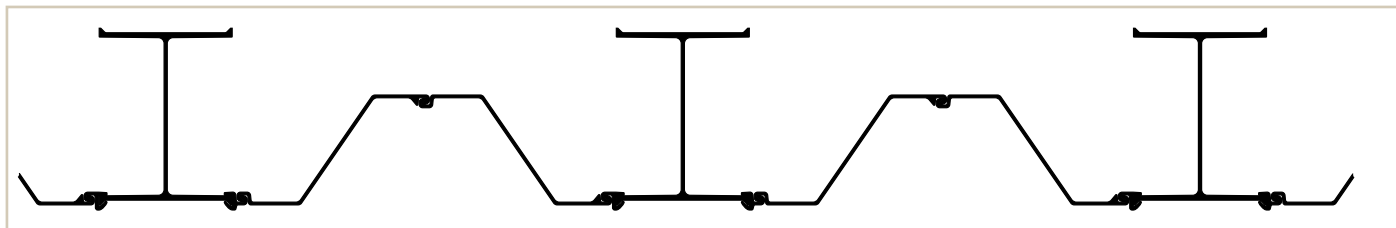


Глубина дна Морского Терминала Элизабет была увеличена с 10 м до 15,2 м.





Шпунтовая стенка из комбинированной системы HZ/AZ была установлена перед причалом действующего терминала.



Комбинированная стенка из несущих свай типа HZ 575 и промежуточных свай типа AZ 18.

Работы с осадкой до 12,2 м. Основная часть Причалов с 82 по 98 соответствует типичному для Порт-Элизабет/Порту Ньюарк поперечному сечению: низкорасположенная платформа шириной 15,2 м с 30 сантиметровой бетонной плитой на деревянных сваях. Анкерные тяги связаны с анкерным блоком, заглубленным в грунт, и обеспечивают поперечную боковую устойчивость причальной конструкции. Деревянные и стальные сваи служат опорой для балок крановых путей.

На первом этапе проекта модернизации порта, во время обследования действующего причала, выяснилось, что все элементы конструкции были в хорошем состоянии. Нап Radon Associates, проектировочное бюро, назначенное на реализацию проекта, определило, что объединение новой конструкции с уже существующими портовыми сооружениями будет оптимальным и наиболее экономически выгодным решением.

Благодаря выбору в пользу усовершенствования уже существующей конструкции вместо ее полного разрушения и возведения нового причала сроки строительства были существенно сокращены. В проекте также предусмотрели новые опорные сваи под крановые пути. Преимущество варианта со шпунтовой стенкой состояло в ее способности удерживать существующую отметку границы ила под

причалом, при этом позволив провести дноуглубление области перед подпорной стенкой до желаемой отметки.

Поскольку во времена строительства существующего причала требования к расчетам сейсмических нагрузок еще не были включены в строительные нормы и правила, необходимо было отдельно провести анализ сейсмичности для приведения модернизированной конструкции в соответствие с современными стандартами. После проведения оценки устойчивости причала под воздействием статических и сейсмических условий нагружения проектная группа определила вариант установки комбинированной системы HZ/AZ с антикоррозийным покрытием вдоль лицевой стенки причала в качестве наиболее экономически выгодного решения. Ряд принятых решений в ходе капитальных работ были продиктованы сейсмическими нагрузками, включая размер несущих HZ-свай и анкерных болтов.

Оценка состояния структурной модернизации зависит от геотехнических условий. Общий геологический разрез объекта включает гидронамы над мягким и рыхлым илистым наносом и глиной, покрывающими плотный песок с гравием и с залегающими еще ниже песчаником и глинистыми твердыми породами.

Основной задачей по обеспечению глобальной устойчивости сооружения после проведения запланированных работ по дноуглублению были мероприятия по предотвращению



Забивка основных свай при помощи двухуровневого кондуктора.



Специальная балка передавала усилие при вибропогружении на промежуточные «подводные» AZ-сваи.

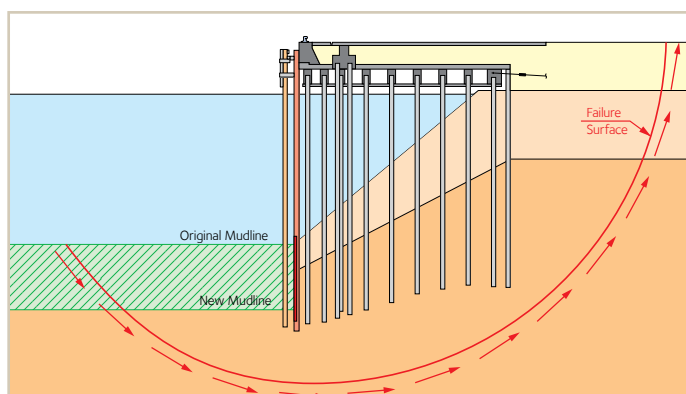


Оборудование для погружения в воду не опускалось.

риска обрушения конструкции по круглоцилиндрической поверхности скольжения. Анализ устойчивости откоса защитной насыпи показал, что для достижения достаточной и необходимой устойчивости сооружения, нижний конец несущих HZ-свай при забивке должен был достигать слоя плотного песка и гравия. Погружение и пропуск HZ-свай сквозь эти плотные слои также позволило оптимизировать конструкцию шпунтовой стенки и достичь максимального пассивного давления грунта на стенку.

Для того, чтобы превратить портовое сооружение постройки 1970-х годов в современный контейнерный терминал, способный принимать суда, вмещающие 6600 TEU, перед причальной стенкой была установлена комбинированная система из шпунтовых свай (HZ 575 – основные/несущие сваи; AZ18 – промежуточные сваи). Шпунтовая стенка позволила провести дноуглубительные работы до отметки -15,2 м, обеспечивая при этом устойчивость откоса под разгрузочной плитой подпорной стенки. Исследования грунта и статические расчеты выявили необходимость анкеровки голов (верха) основных HZ-свай. HZ-сваи закрепили в железобетонной анкерной стенке, чтобы уменьшить величину изгибающего момента, деформацию и глубину погружения основных HZ-свай по сравнению со свободно стоящей конструкцией.

Процесс погружения свай значительно облегчил тот факт, что верхние части основных HZ-свай оставались над водой. Двухуровневый кондуктор с опорными панелями установили на действующем причале. Причальный кран приподнимал HZ-сваи, подаваемые с баржи, и опускал их в кондуктор. Кондуктор оснастили защитными накладками из неопрена для защиты покрытия шпунтовых свай. Сначала погружали HZ-сваи до отказа вибропогружателем, затем молот забивал их до проектной глубины. Поскольку проектом предусматривалась привязка основных свай к существующей причальной стенке, головы свай оставили на высоте 2 метров над водой. В связи с этим необходимости в подводном погружении HZ-свай не было. Кроме того, HZ-сваи также служили опорой для отбойно-щитовой системы, обеспечивающей достаточный просвет между судами и основанием стенки.



Обрушение по круглоцилиндрической поверхности скольжения. Было основным беспокойством в отношении глобальной устойчивости конструкции нового причала

**Заказчик:**  
APMT NORTH AMERICA

**Проектировщик:**  
Han Padron Associates, Нью-Йорк

**Шпунтовая система:**  
HZ 575 A, B&C -12/ AZ18

**Длина основных HZ-свай:**  
23,0 м / 24,5 м

**Длина AZ-свай:**  
7,5 м

**Марка стали:**  
Grade 50 (предел текучести: 355 Н/мм<sup>2</sup>)

**Соединительные элементы HZ:**  
S 430 GP

**Общее количество шпунта:**  
2440 тонн



Головы основных HZ-свай оставались над водой, что облегчало их забивку...



... а также обеспечило идеальную опору для отбойников на терминале.

Основные HZ-сваи также работали в качестве направляющей рамы для погружения промежуточных шпунтовых свай. Подрядчик не хотел погружать в воду вибромолот и поэтому при погружении AZ-свай до проектной отметки для передачи усилий от вибромолота к сваям приспособили специальную балку. Шпунт AZ, находящийся под водой, предотвращают размыв грунта, вызываемый вихревыми потоками от судовых винтов.

Проекты дноуглубления терминалов, подобные описанному выше, реализуются во многих портах по всему миру. Большое количество работающих сегодня морских контейнерных терминалов были изначально построены с расчетом на прием судов класса Panamax (с осадкой до 12 м). Для того, чтобы оставаться конкурентоспособными, порты сегодня вынуждены принимать и суда класса Post-Panamax. Поэтому, чтобы обеспечить прием подобных судов, необходимо модернизировать их причальные стенки, сооруженные еще в 1970-х годах. Здесь для проведения дноуглубления достаточно быстрореализуемым и экономически выгодным решением в вопросе модернизации пристаней является установка стабилизирующих стенок из стальных шпунтовых свай перед уже существующими причальными стенками.

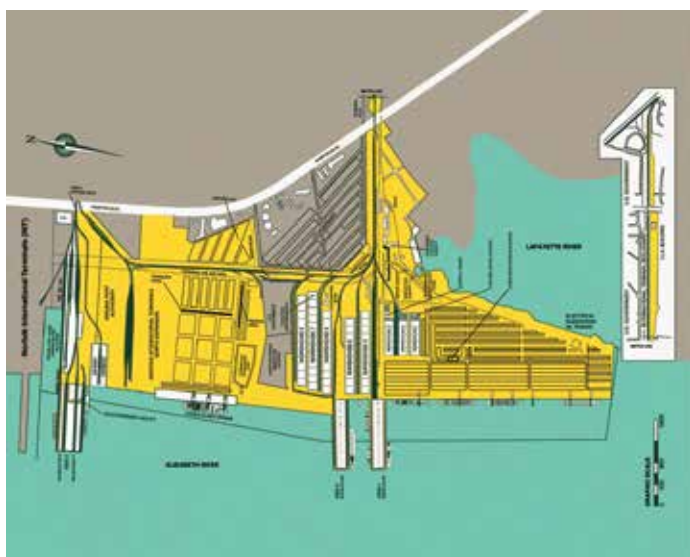
- Контейнерный терминал P&O, Порт Ньюарка, поставка 2001 г.  
4630 тонн HZ 775 В - 12 / AZ 18  $L_{HZ} = 25 - 30$  м,  
 $L_{AZ} = 13.5 - 16$  м
- APMT NORTH AMERICA Морской Терминал, Очередь 1, Порт-Элизабет, поставка: 2002 г.  
1350 тонн HZ 575 В&С -12 / AZ 18  $L_{HZ} = 24,5$  м,  
 $L_{AZ} = 7.5$  м
- APMT NORTH AMERICA Морской Терминал, Очередь 2, Порт-Элизабет, поставка: 2003 г.  
1090 тонн HZ 575 А&В -12 / AZ 18  $L_{HZ} = 23$  м,  
 $L_{AZ} = 7.5$  м
- Терминалы Maher, Модернизация причалов 75 - 78, Порт-Элизабет, поставка: 2003 г.  
2260 тонн HZ 775 С -12 / AZ 18.



Панели из неопрена, установленные на кондукторе, обеспечивали защиту покрытия сваи при их погружении.

## Норфолк | штат Вирджиния | США

> NIT (Norfolk International Terminals – Международные Терминалы Норфолка, МТН), Проект реконструкции южного причала, Порт Вирджинии



Новый терминал построен на реке Элизабет в 29 км от Атлантического океана.

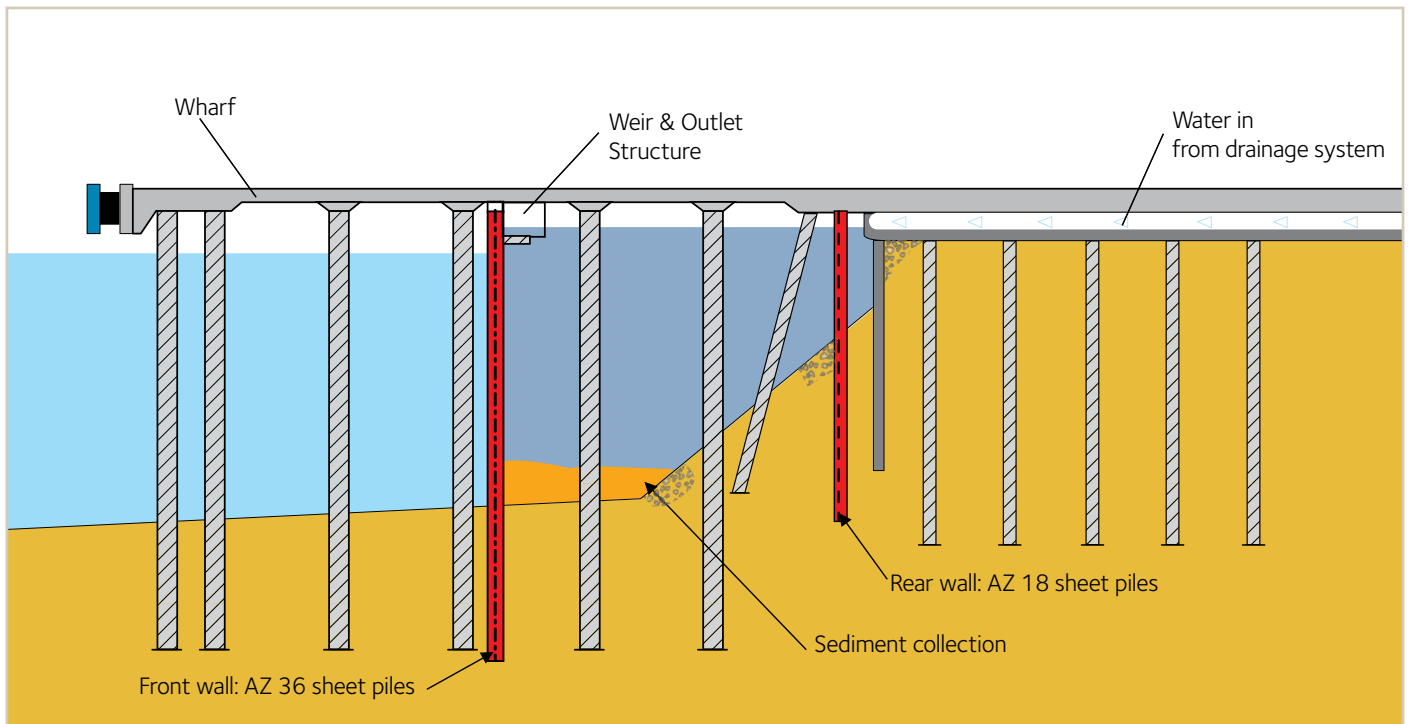
В последние годы порт Вирджинии на Восточном побережье США столкнулся с резким увеличением грузопотока из Азии, что в свою очередь привело к запуску амбициозного проекта реконструкции и расширения порта для обеспечения возможности приема таких объемов. На страны Северо-Восточной Азии и, в первую очередь, на Китай приходится до трети контейнерных перевозок в направлении США при ежегодном приросте порядка 10–15%. Портовые сооружения на Западном побережье США достигли своих максимальных мощностей, и рост контейнерных перевозок также ощущается и на Восточном побережье США.

Порт Вирджинии, один из крупнейших естественных незамерзающих портов в мире, расположен в 29 км от Атлантического океана. В 2005 году годовой объем отгружаемой продукции в порте достигал 1,98 млн TEU – прирост порядка 10% по сравнению с предыдущим годом.

Для того, чтобы справиться с возросшим грузопотоком, а также обеспечить возможность приема грузовых судов большего размера, Портовое Управление Вирджинии (любезно предоставившее представленные фотографии) приняло решение провести реконструкцию Южного Причала Международного Терминала Норфолка. Порт Вирджинии



Южный причал МТН реконструировали с сооружением двух рядов стальных шпунтовых стенок.



Расширенный терминал в разрезе со стоком ливневых вод, устроенном между двумя рядами шпунтовых стенок из AZ-свай.

мог уже похвастаться наличием подходного канала глубиной 15 метров, который теперь будет углублен до 18 метров, что позволит ему стать самым глубоководным на всем Восточном побережье США. Новый подходный канал позволит контейнеровозам класса Суэц (10–12.000 TEU с глубокой осадкой) заходить в порт.

Проект реконструкции крупнейшего контейнерного терминала, запущенный в 2002 году, включал замену наружной причальной стенки длиной 1290 м современной конструкцией, специально разработанной для погрузочно-разгрузочных операций с грузами в контейнерах. Чтобы справиться с увеличившимся грузопотоком на причале было установлено восемь кранов с вылетом 30,5 м класса Post-Rapatax. Площадка под контейнерный склад была также реорганизована в целях повышения ее производительности.

Проект реконструкции Южного причала MTH предусматривал замену и расширение причала путем установки сборных железобетонных свай, стенки из стальных шпунтовых свай

и специальной системы стока ливневых вод. Сооружение причальной стенки и капитальные ремонтные работы на объектах прибрежной инфраструктуры производились очередями с тем, чтобы три из четырех контейнерных причалов оставались в работе на протяжении реализации проекта реконструкции.

Moffatt & Nichol, консультанты по инженерно-техническим вопросам, разработали проект реновации Южного причала, включая мероприятия по обработке ливневых вод в соответствии с требованиями нормативных актов в области защиты окружающей среды на уровне штата и государства. Под причалом установили систему задержания ливневых вод, образованную передней и задней шпунтовыми стенками. Такое водохранилище исключило необходимость обустройства отстойника с традиционной системой очистки и при этом позволило оптимизировать использование прибрежной части под грузовые операции.



Погружение свай в гидроизоляционную стенку стока.



Опорные сваи фронтальной части нового Южного причала MTH.



*Сдвоенные AZ-сваи доставляли баржей.*



*Монтаж с помощью крана, установленного на прибрежной части, оборудованного вибропогружателем.*



*Шпунтовые сваи AZ 36 воспринимают статические нагрузки и служат водонепроницаемым барьером.*



Принципиальным моментом в проекте с водохранилищем ливневых вод было обустройство бассейна с высокой степенью водонепроницаемости. При ширине профиля AZ 36 в 630 мм сваи не только воспринимали статические нагрузки, но и сдерживали ливневые воды. Водонепроницаемость системы была позднее увеличена также за счет следующих мер:

- Высокая степень водонепроницаемости обеспечивается самой формой замка типа Ларссен,
- Количество негерметичных соединений было уменьшено вдвое проваркой центрального замка сдвоенных AZ-свай,
- Большая ширина шпунтовых свай (1260 мм для двойных свай),
- Замковые соединения без сварных швов заполнили гидроизоляционной системой (герметиком) Roxap.

В основе герметика Roxap – использование уретан-преполимерных материалов. Он увеличивается в объеме вдвое спустя 24 часа после контакта с водой. Подрядчику необходимо избегать перерывов более двух часов в процессе погружения иначе существует риск повреждения частично набухшей гидроизоляционной системы (герметика). В отличие от битумосодержащих гидроизоляционных продуктов Roxap демонстрирует отличные показатели долговечности

в среде минеральных и/или неочищенных масел или нефти и поэтому идеально подходит при удержании ливневых вод. Поставка шпунтовых свай осуществлялась с завода Arcelor в Люксембурге компании Skyline Steel, представительству в США, которая и занималась закладкой гидроизоляционной системы в сваи на своей производственной площадке в Саванне, штат Джорджия. Затем сваи доставлялись автотранспортом на объект в Норфолке, штат Вирджиния.

Покрытие AZ-свай для защиты от коррозии при контакте с ливневыми водами хранилища также осуществлялось на площадке Skyline. Шпунтовые сваи были изготовлены из специальной марки стали Marine Steel Grade A690, которая по показателям сопротивления коррозии в морской воде в зоне заплеска в 243 раза превосходит стандартную марку стали в соответствии с американскими стандартами ASTM A690.

Шпунтовые сваи AZ 36 и AZ 18 пакетами погружали перед существующей причальной стенкой при помощи вибропогружателя. Сам причал представляет собой конструкцию типа эстакада, частично покрывающая сток ливневых вод. Причал был расширен на 30 м вглубь реки Элизабет.



Вид на строительную площадку



В шпунтовых сваях подготавливали отверстия, для пропуска анкерных тяг.



Распределительный пояс равномерно передает анкерные усилия на шпунтовую стенку.

**Заказчик:**  
Портовое Управление Вирджинии (VPA)

**Инженеры-проектировщики:**  
Moffatt & Nichol

**Подрядчик:**  
Tidewater Skanska, Inc.

**Шпунтовая система:**  
AZ 36, AZ 18

**Марка стали:**  
Grade ASTM A690

**Общее количество шпунта:**  
3950 тонн



Кондуктор обеспечивает прямолинейность шпунтовой стенки.

## Гавана | КУБА

### > Расширение контейнерного терминала



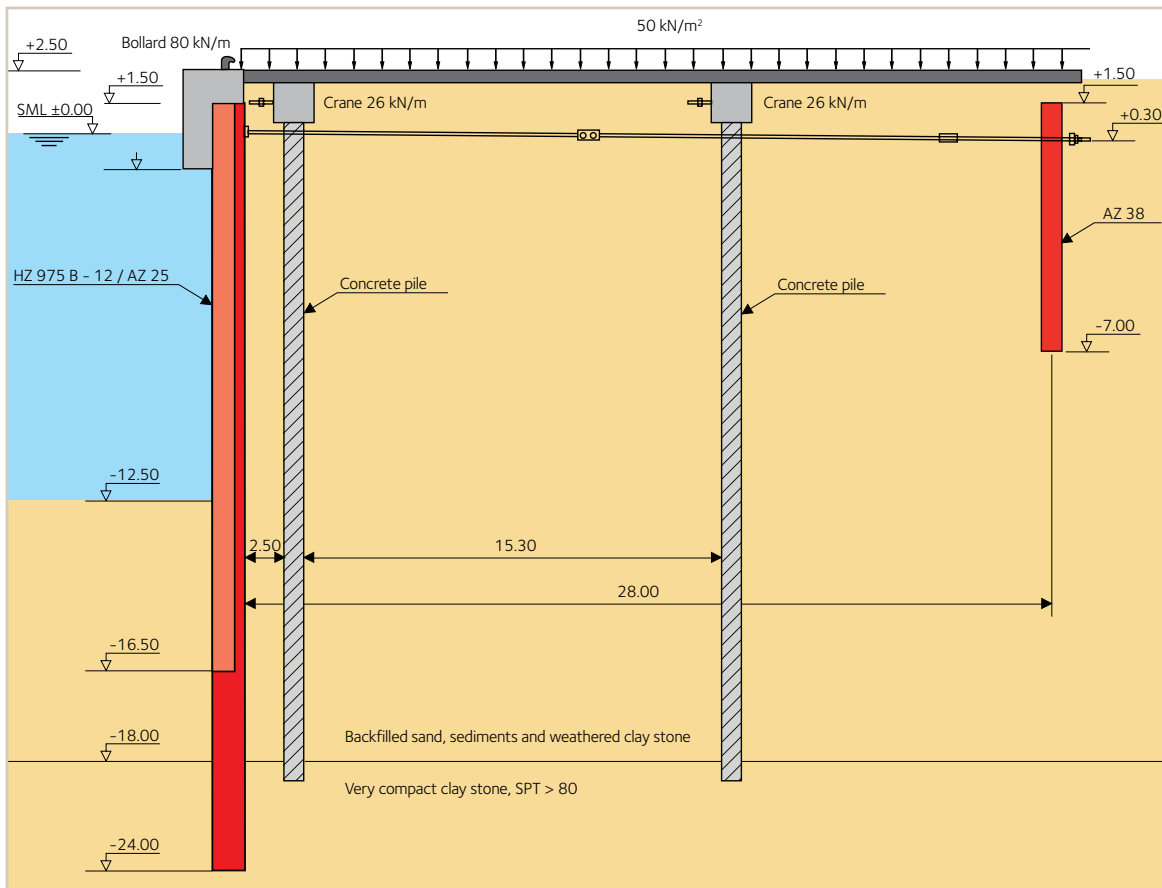
Расположенный в Карибском море остров Куба переживает в настоящее время экономический подъем. Продолжают наращиваться глобальные экономические связи, особенно с некоторыми европейскими странами. Строительство Контейнерного Терминала Гаваны (Terminal de Contenedores de Habana – ТСН) – типичный пример, демонстрирующий экономическое развитие Кубы. Проект был запущен в 1990 в рамках кубинско-советского сотрудничества до распада бывшего СССР. В 1993 году Министерство Транспорта объявило тендер на организацию концессии для строительства контейнерного терминала.

Строительство Контейнерного Терминала Гаваны, единственного контейнерного терминала на Кубе, было утверждено в 1996 году с планом развития на ближайшие пятнадцать лет. Четыре года спустя были достигнуты и первые цели, заложенные в этом долгосрочном проекте. А первый контейнеровоз смог зайти в порт уже в 1998 году.

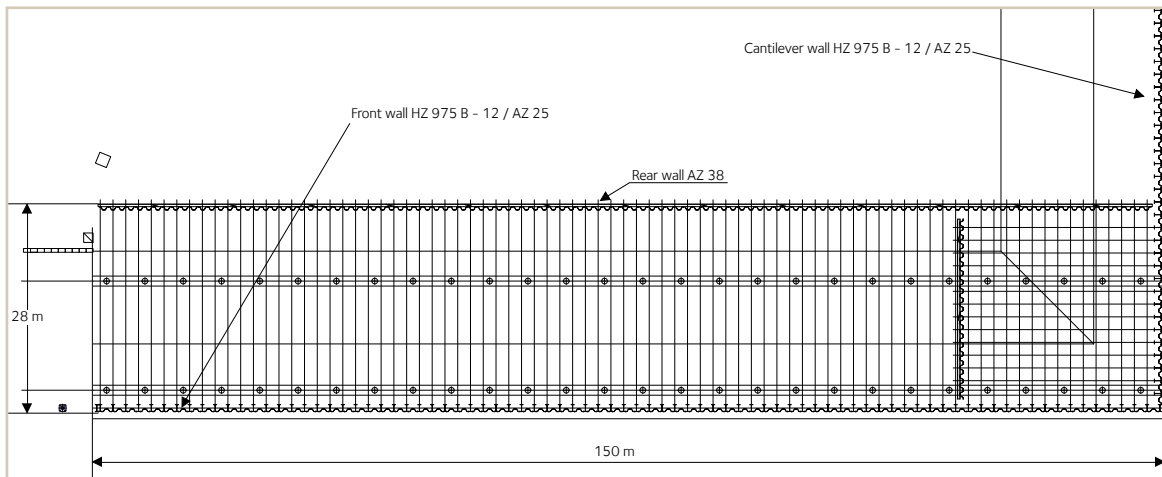
При строительстве первой очереди на начальный инвестиционный капитал в 14 млн долларов терминал модернизировали, что позволило принимать 150.000 контейнеров в год. При реализации второй очереди,



*Экономический подъем на Кубе способствовал запуску проекта строительства нового контейнерного терминала.*



Поперечный разрез: Лицевая шпунтовая стенка из комбинированной системы HZ/AZ и анкерная стенка из шпунта AZ38.



Шпунтовая причальная стенка в форме «L», состоящая из заанкеренной лицевой стенки и свободностоящей стенки открылка.

COLUMNA LITOLÓGICA		SONDEO 5													
COTA	ESCALA VERTICAL	SIMBOLÓG. ESTRATO	DESCRIPCIÓN	N° DE GOLPES / 30 cm.				RECUPERACION DE LA MUESTRA %							
				0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
0															
2															
4															
5.90															
6															
8															
10															
10.35															
11.80															
12															
14															
16															
17.0															
18															
20															
22															
24															
26															
28															
30															
32															

Бурение скважин для проведения оценки грунтово-геологических условий.

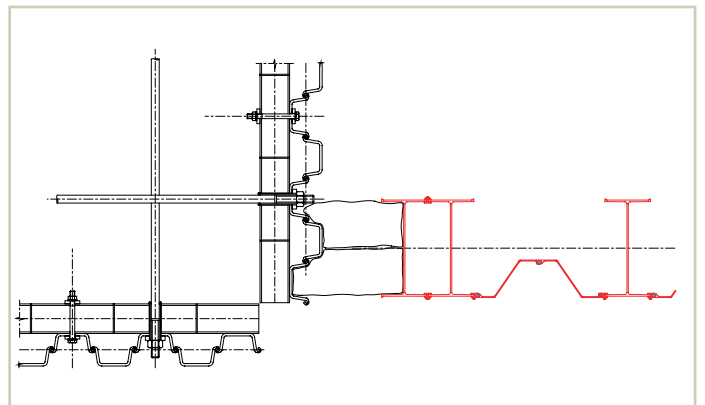


Схема соединения: существующая стенка из шпунта Ларсена / новая комбинированная стенка HZ/AZ.

капиталовложения в которую составили 16,8 млн долларов, грузопоток составляет 300.000 TEU/год. Прирост был настолько значительным, что следующий этап финансирования, 7,5 млн долларов, предполагал дальнейшее увеличение мощностей терминала по обработке контейнеров.

Одно из последних предложений инвестирования – расширение существующей 150-метровой причальной стенки контейнерного терминала. Помимо труднодоступности материалов, многие из специальных технологий и услуг также не были легко доступны на Кубе. Поэтому причальная стенка поставлялась в качестве готового решения компанией Bauer Group, специализирующейся на геотехнике и строительстве фундаментных сооружений по всему миру, а также продаже специализированного строительного оборудования. Проектный пакет включал поставку элементов комбинированной шпунтовой системы вместе с анкерными тягами, а также их установку. Шпунтовые сваи были произведены на заводе в Бельвале в Люксембурге. Прочие строительные работы, как например, обратная засыпка и сооружение бетонных конструкций, выполнялись Департаментом капитального строительства Министерства транспорта Кубы.

Новая причальная стенка должна была быть присоединена к существующей стенке из свай типа Ларсен 5 российского производства. Эти тяжелые сваи шириной профиля 420 мм имеют упругий момент сопротивления  $3000 \text{ см}^2/\text{м}$  и вес  $238 \text{ кг/м}$ . В плане веса у этих свай огромный недостаток по сравнению с современными сваями, и потому они являются гораздо менее экономически выгодным решением. Кроме того, большая ширина современных свай обеспечивает более быстрые темпы их погружения, что позволяет подрядчику выполнять работы в более короткие сроки.

С тем, чтобы соответствовать постоянно увеличивающимся в размерах судам, новая причальная стенка была спроектирована с глубиной 12,5 м. При проектировании, кроме геометрии будущей конструкции, необходимо обязательно принимать в расчет характеристики грунта. Результаты геологических исследований показали наличие осадочных пород над глинистым известняком, подвергшимся атмосферному старению в верхних 4–5 метрах. На отметке  $-18,0 \text{ м}$  преобладает глинистый известняк, очень плотный, с показателями испытаний методом динамического зондирования (Standard Penetration Test) от 80 до 120 ударов на каждые 30 см заглубления.

Проект расширения контейнерного терминала предусматривал сооружение L-образной шпунтовой стенки. Короткая сторона формы L представляла собой комбинированную стенку из основных свай типа HZ 975 В длиной 25,5 м и промежуточных свай типа AZ 25 длиной 18 м, частично свободностоящие (без анкеровки), частично с анкеровкой к стенке из шпунта типа AZ 38. Для длинной части формы L было выбрано решение HZ 975 В-12/AZ 25, где основные HZ-сваи с высотой профиля 975 мм выполняют роль несущих элементов, а у промежуточные сваи типа AZ 25 удерживают грунт. Основные HZ-сваи поставлялись из стали S 390 GP и погружались до глубины 24 м, а промежуточные AZ-сваи AZ поставлялись с из стали S 270 GP и погружались на меньшую глубину, чего было достаточно для обеспечения устойчивости конструкции. Лицевая стенка связана с анкерной стенкой одним рядом 28-метровых анкерных тяг. Анкерная стенка состояла из двойных свай типа AZ 38 длиной 8,5 м из стали S 430 GP.



Забивка свай при помощи оборудования, установленного на барже.



Забивка несущих HZ-свай на углу L-образной стенки.



Область за причальной стенкой засыпали песком выемки при дноуглублении.

Из Люксембурга на объект в Гавану было также доставлено небольшое количество запасных свай, чтобы избежать возможных простоев в работе площадки в случае повреждения свай при транспортировке или погружении.

Новая и существующая стенки были соединены между собой двумя железобетонными блоками. Эти блоки были вделаны в углубление шпунтов типа Ларсен с одной стороны, а с другой стороны – между полками кессона HZ. Блоки были смонтированы и закреплены согласно схеме на стр.29 (между шпунтом Ларсена и HZ-свай)

В ходе реализации проекта можно выделить два основных этапа: прибрежные работы на воде и завершающие работы на суше. Установка комбинированной шпунтовой стенки осуществлялась с использованием нанятого на месте плавучего крана. На плавучей базе Bauer был установлен вибропогружатель, который использовался на начальном этапе погружения HZ-свай. А гидромолот забивал сваи до проектной глубины.



Оборудование для погружения свай компании Bauer: ударный молот и вибропогружатель.



Точность установки основных HZ-свай контролировалась с помощью двухуровневого кондуктора



При установке комбинированной шпунтовой стенки использовался арендованный на месте плавучий кран.



AZ-сваи вставляют между основными HZ-сваями, затем погружают до проектной глубины.

**Заказчик:**

TCH S.A. Terminal de Contenedores, Куба

**Подрядчик:**

Bauer Spezialtiefbau GmbH, Германия

**Марка стали:**

S 430 GP, S 390 GP, S 270 GP

**Шпунтовые сваи:**

870 тонн HZ 975 B,

410 тонн AZ 25,

320 тонн AZ 38

**Общее количество шпунтовых свай:**

1600 тонн



Полное решение включало лицевую шпунтовую стенку, анкерные тяги и анкерную стенку.

Для обеспечения четкого позиционирования основных свай использовался кондуктор в качестве направляющей рамы. На завершающем этапе сооружения причала контейнерного терминала двойные AZ-сваи, формирующие анкерную стенку, в местах, недоступных для работы с берега, устанавливали с помощью вспомогательного крана, размещенного на втором главном понтоне. Благодаря точной установке HZ-свай промежуточные AZ-сваи отлично вписывались в промежутки между основными, и для их погружения на последних метрах в плотные слои грунта было достаточно небольшого молота.

После завершения установки комбинированной стенки основное оборудование переместили на берег для установки основных элементов анкерной стенки. И параллельно проводили засыпку новой причальной территории. Шпунтовые AZ-сваи, образующие анкерную стенку, погружали в грунт обратной засыпки. Это позволило упростить процесс установки анкерных тяг, соединяющих основные HZ-сваи лицевой стенки и AZ-сваи анкерной стенки. Протяженный распределительный пояс равномерно передавал анкерные усилия на анкерную стенку, обеспечивая устойчивость конструкции и при этом минимизируя деформации/перемещения лицевой стенки.



HZ-сваи погружали до отказа сначала вибропогружателем, а затем молотом забивали до проектной глубины.



Часть свай погружали с помощью оборудования, установленного на барже, остальные – с помощью оборудования с берега.



## Мехильонес | ЧИЛИ

### > Строительство волнолома и причала

Порт Мехильонес расположен на берегу Тихого океана в 1440 км от чилийской столицы, города Сантьяго, недалеко от городка Антофагаста. История развития города напрямую связана с азотнокислым натрием. В 1831 году для отгрузок этого минерального сырья в Мехильонес построили небольшой порт.

Землетрясение в 1995 году нанесло серьезный ущерб портовым сооружениям в городке Антофагаста, выявив тем самым и уязвимость экспортеров, пользующихся услугами местного порта. Местным горнодобывающим предприятиям нужна была сейсмостойкая портовая инфраструктура. Результаты исследований показали, что наиболее выгодно будет построить новый порт в 65 км к северу от Антофагасты в заливе Мехильонес.

Генеральный план "Complejo Portuario de Mejillones S.A." предполагал сооружение комплекса терминалов для разного рода грузов в соответствии с местными потребностями. Строительство началось в ноябре 2001 года.



Подрядчик, компания Belfi S.A., завершила сооружение Терминала 1 к октябрю 2003. Размер капиталовложений в проект оценивается на уровне 120 млн долларов. Грузопоток, проходящий через порт Puerto Angamos, превышает три миллиона тонн в год.



*В соответствии с требованиями горнодобывающей промышленности новый порт был спроектирован с учетом сейсмических нагрузок*



Port of Mejillones, Chile © Puerto Angamos



Волнолом состоит из ячеек, сформированных шпунтовыми сваями плоского профиля, а при сооружении стенок терминала использовались шпунтовые сваи с высокими показателями сопротивления изгибающему моменту.



Терминал 1 включает следующие объекты:

При строительстве волнолома соорудили восемь кольцевых ячеек диаметром 24 м и высотой 24 м. 200-метровая конструкция выполнена из плоских шпунтовых свай типа AS 500 из высокопрочной стали.

Шпунтовые сваи поставлялись длиной 31,1 метр из марки стали S 390 GP. Ширина профиля плоского шпунта производства ArcelorMittal 500 мм. На тот момент было доступно пять разных вариантов толщины стенки (от 9,5 мм до 12,7 мм). В проекте в Мехильонес использовалась толщина стенки 12 мм. Замковое соединение профиля AS 500-12.0 способно воспринимать разрывное усилие до 5000 кН/м.

Для установки ячеек использовался круговой кондуктор. Шпунтовые сваи погружали с самоподъемной платформы. На сооружение портового волнолома в целом пошло 3100 тонн шпунта типа AS 500. Плоский шпунт и соединительные сваи были изготовлены в Люксембурге и доставлены на рабочую площадку в Чили.

Строительство порта Puerto Angamos было первым подобного масштаба проектом в Чили. Для сооружения каждой ячейки, состоящей из 152 плоских секций AS 500, подрядчик привлекал 200-тонный кран на самоподъемной платформе и двухуровневый кондуктор весом порядка 120 т. Все ячейки построили с использованием одного и того же кондуктора.

Причалы 1 и 2 представляют собой конструкцию типа эстакада (плиты на сваях). Они спроектированы для приема и обработки судов дедвейтом до 50.000 т и длиной до 225 м. В основании конструкции 296 вертикальных и откосных шпунтовых свай.

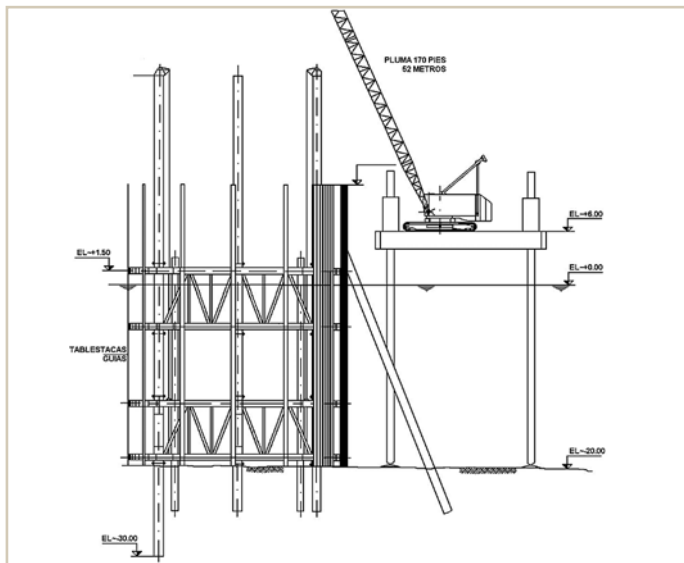




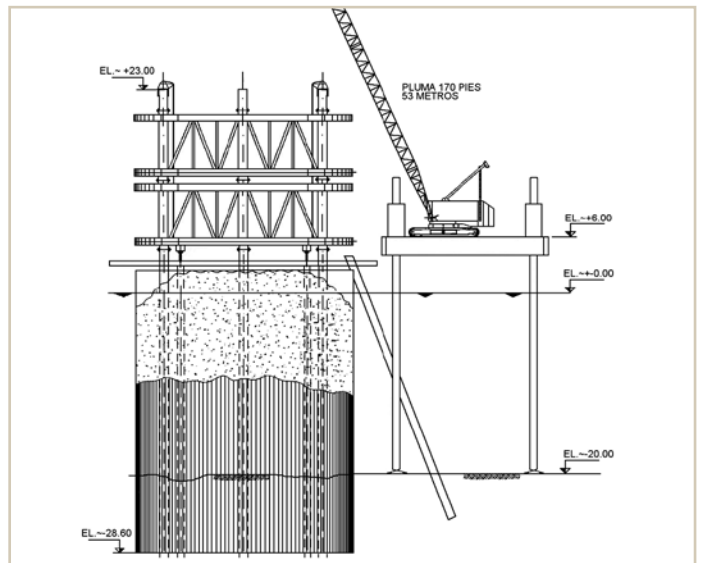
Волнолом состоит из восьми ячеек диаметром 24 м.



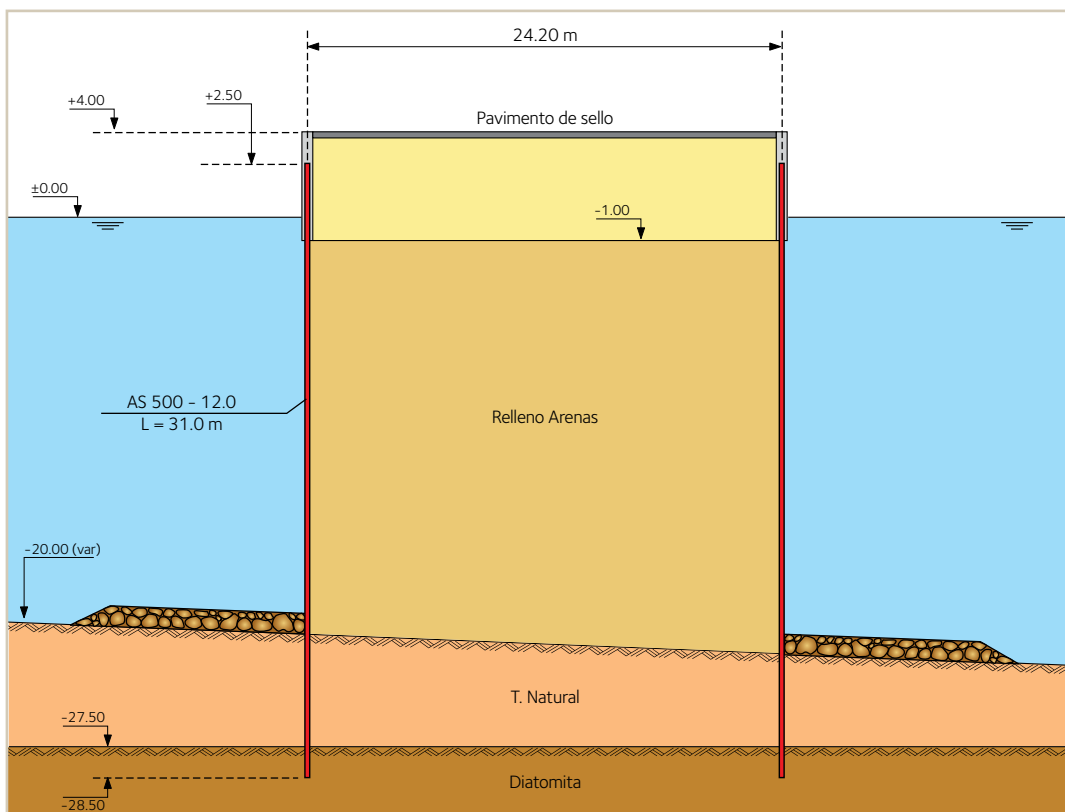
Для формирования ячеек волнолома сваи плоского профиля погружали с помощью кондуктора.



Кран, установленный на барже приподнимал шпунтовые сваи для установки в кондуктор.



Извлечение кондуктора и засыпка ячеек.



Гравитационные ячейки защищают причальную зону от волн.



Залпненные грунтом ячейки способны выдерживать вес строительного оборудования.

620-метровую стенку Причала 3 соорудили из шпунтовых свай с высокими показателями сопротивления изгибающему моменту. В порте Puerto Angamos установили высокопрочную комбинированную систему HZ/AZ. Причальная стенка состоит из основных несущих HZ-свай и AZ-свай в качестве промежуточных элементов. Анкеровку HZ-свай выполняли с помощью анкерных тяг производства немецкой компании Anker Schroeder.

Выбор системы шпунтовых свай определялся в зависимости от глубины у причала. Анкерные тяги диаметром 115 мм

ввиду большой длины поставлялись тремя звеньями. Отдельные звенья соединялись при помощи двух натяжных муфт, обеспечивающих подвижное соединение, в котором не создается дополнительных усилий.

Для облегчения процесса погружения использовался специальный кондуктор для заправки HZ-свай. При разработке кондуктора было необходимо учитывать, что в него будут помещаться сваи с разной высотой профиля: 575 мм, 775 мм и 975 мм.



Шпунтовые ячейки, как правило, заполняются намытым на месте песком.



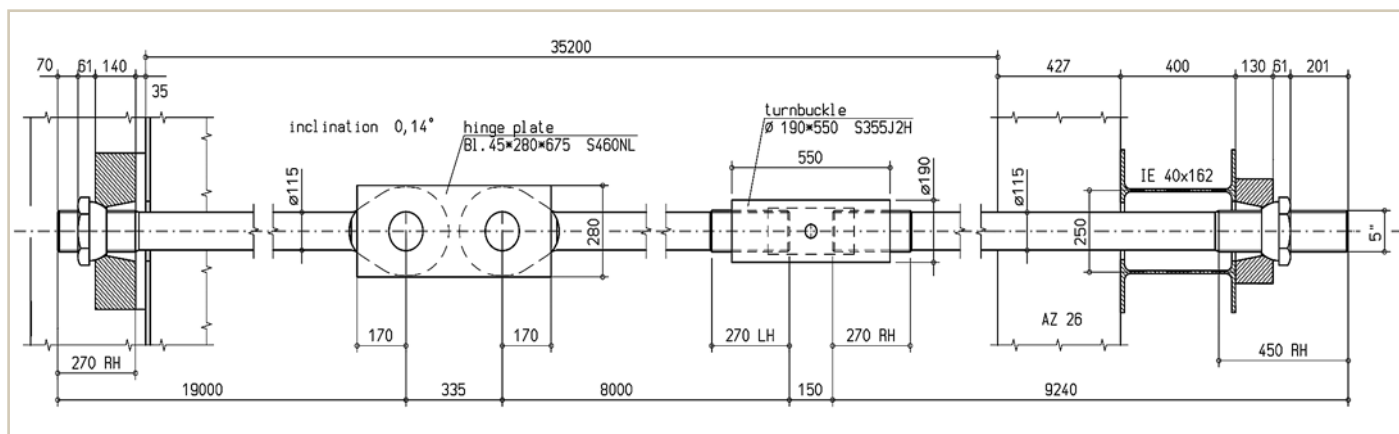
Бетонные оголовки защищают головы шпунтовых ячеек.



Оптимальным решением для причальной стенки была выбрана комбинированная HZ/AZ-система с анкерами.



Бетонная обвязочная балка служит опорой для отбойников и причальных тумб.



Для оптимизации транспортировки стальные анкерные тяги поставлялись тремя отдельными звеньями.

**Заказчик:**  
Complejo Portuario de Mejillones S.A.

**Подрядчик & Проектировщик:**  
Belfi S.A.

**Марка стали:**  
S 390 GP

**Шпунтовые сваи:**

AS 500 – 12	3100 т
HZ 575 A – 14	100 т
HZ 575 B – 24	480 т
HZ 775 A – 24	1500 т
HZ 975 A – 24	1700 т
AZ 13	620 т
AZ 26	700 т

**Общее количество шпунтовых свай:**  
8200 тонн



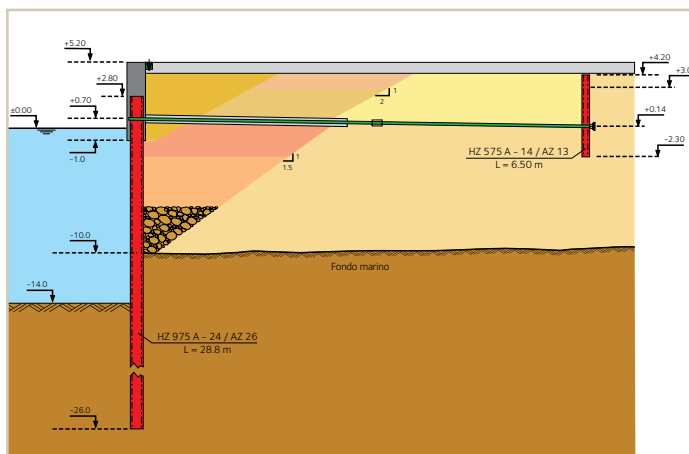
Первое судно причаливает в новом порту, построенном меньше чем за два года.



Для установки HZ/AZ-системы использовалась самоподъемная платформа и кондуктор.

Для установки стальных шпунтовых свай подрядчик, компания Belfi S.A., использовал 100-тонный кран. Кран был оснащен вибропогружателем для погружения как плоского шпунта, так и элементов комбинированной системы. Систему HZ/AZ погружали вибропогружателем до отказа. Затем вибропогружатель заменяли на гидромолоты Deltmag D-22 и D-30 для забивки до проектных отметок.

Основной задачей, стоявшей перед подрядчиком, было завершить все строительные работы по всем причалам порта Puerto Angamos за 22 месяца. Чтобы уложиться в такие сжатые



Типичное поперечное сечение для HZ/AZ-системы, адаптированной для разных глубин.

сроки, одновременно были задействованы 18 кранов и две самоподъемные платформы. Численность задействованных на рабочей площадке достигала 1400 человек в периоды пиковой нагрузки.

В основе плана контроля качества, в соответствии с которым подрядчик проводил строительные работы на таком важном объекте, лежали стандарты NCh-ISO 9002. В ходе реализации проекта было оформлено более 11.000 протоколов о результатах контроля, свидетельствующих о высоком уровне выполнения строительных работ Puerto Angamos.



Построенный в рекордно короткие сроки, этот порт используется в основном предприятиями горнодобывающей промышленности.

## Авейру | ПОРТУГАЛИЯ

### > Новый терминал для насыпных грузов

Авейру расположен в 300 км к северу от португальской столицы, города Лиссабона, и в 65 км от Порту, второго по величине города в стране. В 16 веке город процветал благодаря вылову трески. Однако в конце столетия из-за сильных штормов порт Авейру заилился. Проходной канал из лагуны к морю снова открыли только в 1808.

Сегодня Авейру – это важный рыболовецкий и торговый порт. Порт работает круглосуточно, и благодаря своему идеальному географическому положению Авейру обслуживает обширные экономические пространства центральной Португалии и Испании. Торговый Порт Авейру имеет причальную линию длиной 1700 м (северный причал, южный причал и терминал для трейлерных перевозок типа RORO) и три причала для наливных грузов (нефтяные, химические продукты и вино).

Портовое управление Авейру *Administracão do Porto de Aveiro, APA*, приняло решение построить порт с применением экологичных технологий, который бы отвечал высочайшим стандартам безопасности и производительности, со специализированной инфраструктурой под насыпные грузы.

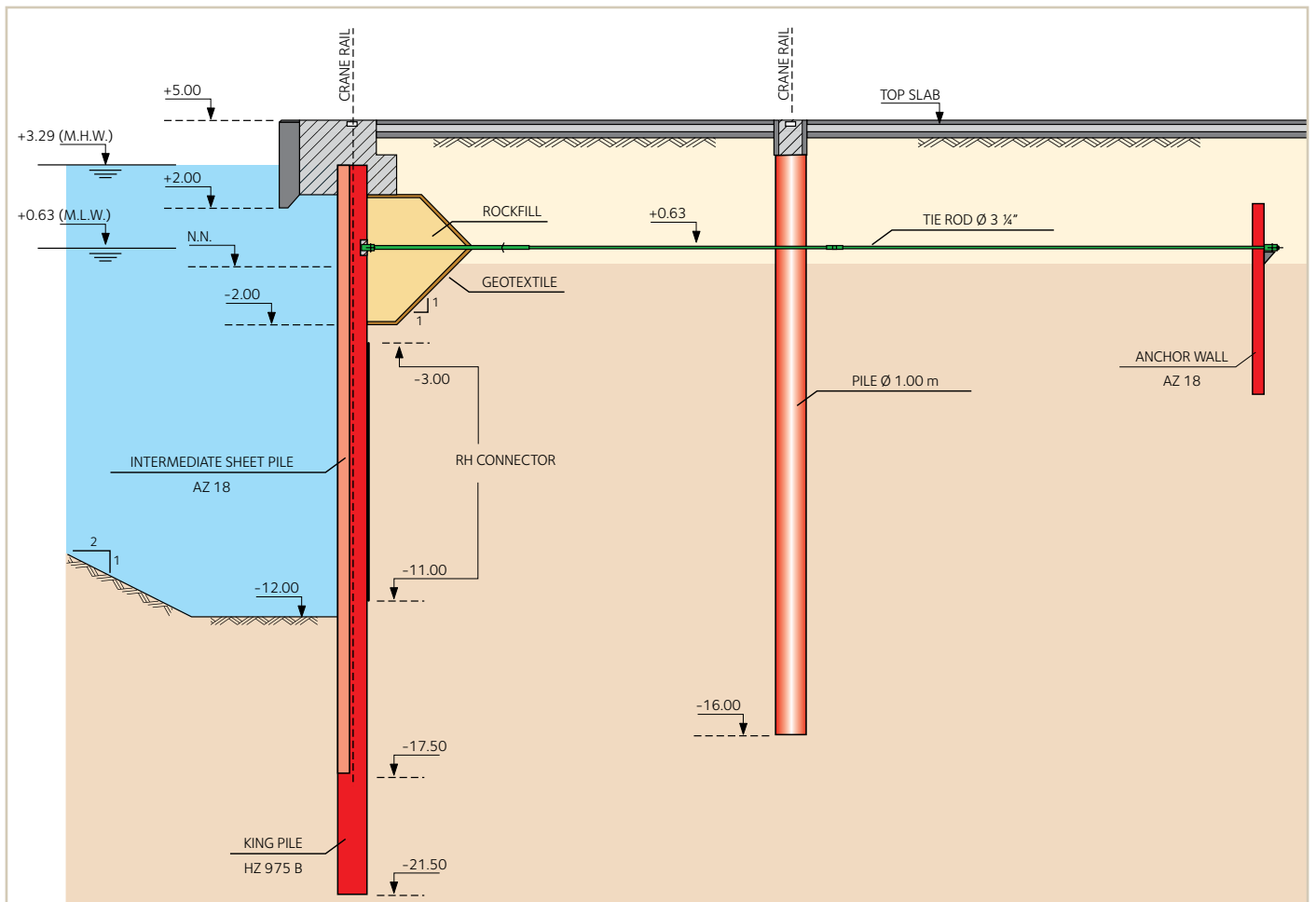
За период с 2000 по 2006 годы Европейский Союз выделил 3,7 млрд евро на финансирование развития португальских морских портов, модернизацию инфраструктуры с тем, чтобы сделать Португалию неотъемлемой частью транс-европейской транспортной сети.

В порте Авейру объемы обработки грузов в 2005 году возросли на 6% по сравнению с 2004. Из всех португальских портов Авейру продемонстрировал наибольший рост. Ежегодно в порте обрабатывается свыше 3 миллионов тонн груза. Недавно Портовое Управление Авейру начало дноуглубительные работы для терминалов для насыпных и наливных грузов.

Исследования грунта показали, что береговая линия состоит из дюн со средне- и крупнозернистым песком с присутствием кварца, полевого шпата и известковых фрагментов. Горизонтальное ускорение грунта вследствие сейсмоактивности в области порта Авейру достигает значений 0,1 г.



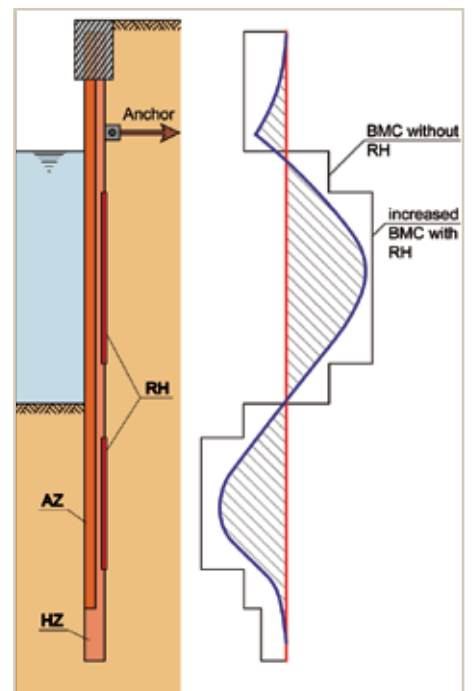
Два участка нового терминала в Авейру с суммарной протяженностью шпунтовой стенки 750 м.



В основе современного терминала шпунтовая система HZ/AZ с анкерной системой.



Верх шпунтовой стенки впоследствии был закрыт бетонным оголовком.



Пример экономически выгодного решения с использованием соединительных элементов типа RH.

В порте Авейру построили два причала глубиной 12 м для насыпных грузов. Первый причал длиной 450 м используется для отгрузок сельскохозяйственной продукции. Второй причал длиной 300 м предназначен для прочих насыпных грузов, в основном цемента и клинкера.

Причальная стенка насыпного терминала состоит из свай комбинированной шпунтовой системы HZ 975 B – 14 / AZ 18. Основные HZ-сваи длиной 25,9 м изготовлены из марки стали S 430 GP с высоким пределом текучести.



Двухуровневый кондуктор обеспечивал прямолинейность при погружении HZ-свай.



Шпунт погружали вибропогружателем до отказа.



Благодаря кондуктору AZ-сваи точно входят в промежутки между основными HZ-сваями.

Промежуточные сваи AZ 18 длиной 20,9 м из марки стали с пределом текучести 355 Н/мм<sup>2</sup>. Всего из Люксембурга на объект в Португалии было поставлено 4500 тонн стальных шпунтовых свай.

Соединительные элементы типа RH располагались на задней полке (со стороны суши) основных HZ-свай, в местах максимальных нагрузок (изгибающих моментов). Эти соединительные моменты локально увеличивают упругий момент сопротивления и, таким образом, гарантируют достаточную жесткость по всей длине сваи при минимальном увеличении металлоемкости конструкции. Благодаря подобной экономии стали комбинированная шпунтовая система представляется выгодным решением.

Анкерная стенка расположена на расстоянии 31 м от лицевой стенки. Удерживая верх лицевой шпунтовой стенки, анкерная стенка не только ограничивает ее отклонение, но и значительно уменьшает максимальный изгибающий момент, возникающий в ней. Лицевая стенка благодаря этому, может состоять из более легких секций. Анкерная стенка состоит из свай типа AZ 18 длиной 6,5 м из марки стали S 355 GP.

Высокопрочные анкерные тяги изготовлены компанией Anker Schroeder из стали с пределом текучести 460 Н/мм<sup>2</sup>, длиной 31 м, диаметром 70 мм и с резьбой 3j". Тяги состоят из двух звеньев, соединенных натяжной муфтой. У натяжной муфты две функции: она позволяет регулировать переменное расстояние между основной и анкерной стенками, а также обеспечивает выравнивание тяги в горизонтальной плоскости. Крепление анкерных тяг к лицевой стенке осуществляется с помощью приваренных Т-образных соединительных элементов.



Крановые нагрузки приходятся на лицевую стенку и на подкрановые бетонные колонны.



Поскольку шаг установки основных НЗ-свай лицевой стенки ( $a=1,79$  м) отличался от шага установки АЗ-свай анкерной стенки ( $b=1,26$  м), было необходимо установить распределительный пояс, который бы равномерно передавал нагрузки от лицевой стенки на анкерную. По запросу заказчика компания ArcelorMittal поставила все элементы проектного решения пакетом, который состоял из стальных шпунтовых свай, системы анкерования, включавшей анкерные тяги, балки распределительного пояса, крепежные скобы, опорные плиты, распорки, крепежные болты и стыковые накладки с гайками.



Для погружения основных НЗ-свай использовался двухуровневый кондуктор. Такая стальная конструкция выступает в роли направляющей для свай, обеспечивая их корректное положение как по вертикали, так и по горизонтали. С помощью вибропогружателя НЗ-сваи погружали до верхнего уровня кондуктора, затем кондуктор перемещали для установки следующих НЗ-свай. Для забивки свай до проектных отметок использовали ударный молот. Уже установленные НЗ-сваи выступали как направляющие для установки промежуточных АЗ-свай. Сдвоенные АЗ-сваи погружали вибропогружателем вплоть до проектной глубины. На глубине 10 м для облегчения погружения АЗ-свай сквозь плотный слой песка подрядчик производил предварительное бурение.



Узел соединения анкерных тяг и шпунтовой стенки.

Сооружения с применением шпунтовых свай характеризуются большой функциональностью и гибкостью при выполнении работ. Например угол поворота лицевой шпунтовой стенки состоял из стандартных свай типа АЗ 18, присоединенных к НЗ-сваям соединительными элементами. А большая часть работ, сварка или, например, анкеровка, могут осуществляться с задействованием минимального количества персонала и в кратчайшие сроки. Одним из основных преимуществ шпунтовых свай в сравнении с бетонными





Подтверждение допустимой несущей способности сваи на вертикальные нагрузки (1800 кН) путем проведения динамического испытания.

конструкциями является то, что сваи изготавливаются на заводе и поставляются на объект уже готовыми к установке. Это гарантирует стабильное качество строительного материала.

Чтобы убедиться, что несущие слои грунтов обеспечат при восприятии нагрузок от крановых путей заявленную для свай типа HZ 975 В вертикальную несущую способность, были проведены динамические испытания. Всего испытаниям подвергли 8 HZ-свай с использованием того же оборудования, что использовалось при погружении свай:

гидравлического ударного молота с ударной частью весом 7000 кг, с максимальной энергией удара 83 кНм. Также были проанализированы результаты специальных детекторов учета деформаций и пьезоэлектрических акселерометров, установленных вплотную к HZ-сваям. Произведенные замеры выявили вертикальную несущую способность HZ-свай, превышающую требуемую величину в 1800 кН.

Поведение лицевой и анкерной стенок анализировалось с использованием динамометров, установленных на анкерных тягах, и других контрольно-измерительных

**Заказчик:**

Administrasro do Porto de Aveiro

**Подрядчик:**

Somague, Irmãos Cavaco и SETH

**Проведение испытаний на динамические нагрузки:**

PDI Engenharia (Бразилия)

**Инженерно-геологические изыскания и контрольно-измерительные приборы:**

Tecnasol FGE

**Проектировщик:**

Инженеры J.M. Morim de Olivera и J.L. Rodrigues Rocha

**Шпунтовые сваи:**

HZ 975B - 14/ AZ 18

**Длина свай:**

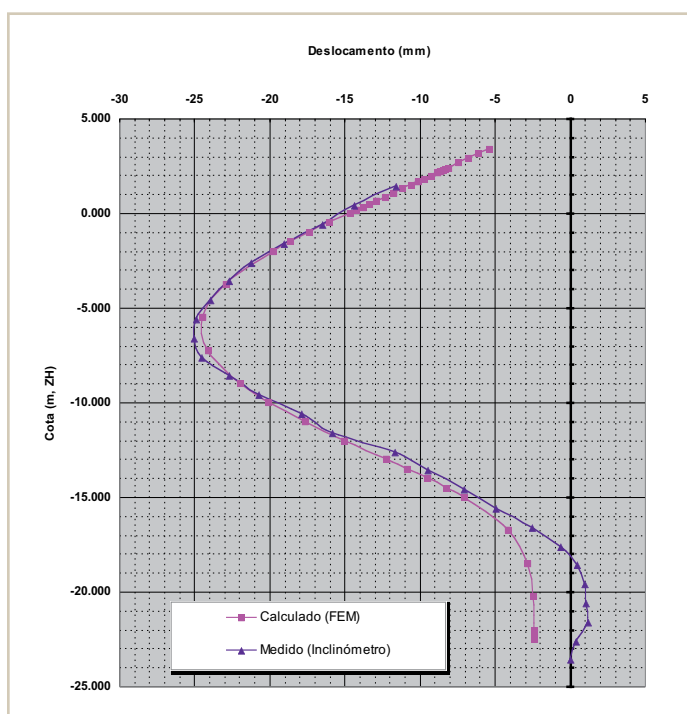
HZ: 25,9 м; AZ: 20,9 м

**Марка стали:**

HZ: S 430 GP; AZ: S 355 GP

**Общее количество шпунта:**

4500 тонн



Испытания выявили соответствие между расчетной и фактической величиной отклонения.



*Устройство бетонного ростверка и установка отбойников и причальных тумб.*



*Строительство обоих причалов – 450-метрового для с/х продукции и 300-метрового для насыпных грузов, завершили в 2005.*

приборов, установленных внутри инклинометрических трубок вблизи лицевой стенки. Показания, полученные при дноуглубительных работах, сравнили с расчетными. Для моделирования поведения взаимодействия грунтов и конструкции причала использовался программный комплекс (ПК), работающий на основе метода конечных элементов. Для расчета все необходимые геотехнические данные были внесены в ПК. По итогам расчетные значения отклонений и усилий в анкерных тягах соответствовали фактическим показателям.

Поверх конструкции шпунтовой стенки был возведен железобетонный ростверк, состоящий из монолитных секций длиной 21,48 м и высотой 2,55 м. Железобетонный ростверк также предусматривал обустройство системы отбойников и причальных тумб.

Новый терминал, один из самых современных в мире, был открыт в 2005 году. Терминал, построенный в срок благодаря поставленной компанией ArcelorMittal системе из шпунтовых свай и анкерных тяг, вносит свой важный вклад в укрепление экономики региона.

## Кадис | ИСПАНИЯ

### > Расширение действующего причала

В прошлом на причале Кабесуэла в Порте Кадисского залива обрабатывались только грузы, транспортируемые навалом. Но портовое управление, Autoridad Portuaria de la Bahna de Cadiz, приняло решение расширить причал с тем, чтобы увеличить объемы обработки грузов и тем самым привлечь больше судоходных линий в порт. В ходе реализации первой очереди проекта длину северной части стенки удлиннили на 117 м. Строительные работы первой очереди были начаты в марте 1999. Действующий причал "Muelle de la Cabezuela" протяженностью 195 м был построен в 1989 году. Он состоит из 17 железобетонных кессонов, заглубленных в скальную породу и гравий на отметке 14 м ниже уровня моря.

Грунты с достаточной несущей способностью для установки кессонов, встречались только на больших глубинах к северу от существующего причала. Установка кессонов для расширения причала повлекла бы высокие расходы из-за больших глубин при обустройстве основания под кессоны. Поэтому заказчик отказался от данного решения и искал более экономически выгодные варианты. Были рассмотрены варианты конструкций типа «свайная эстакада» и конструкций с применением шпунтовых свай. Благодаря технологическим

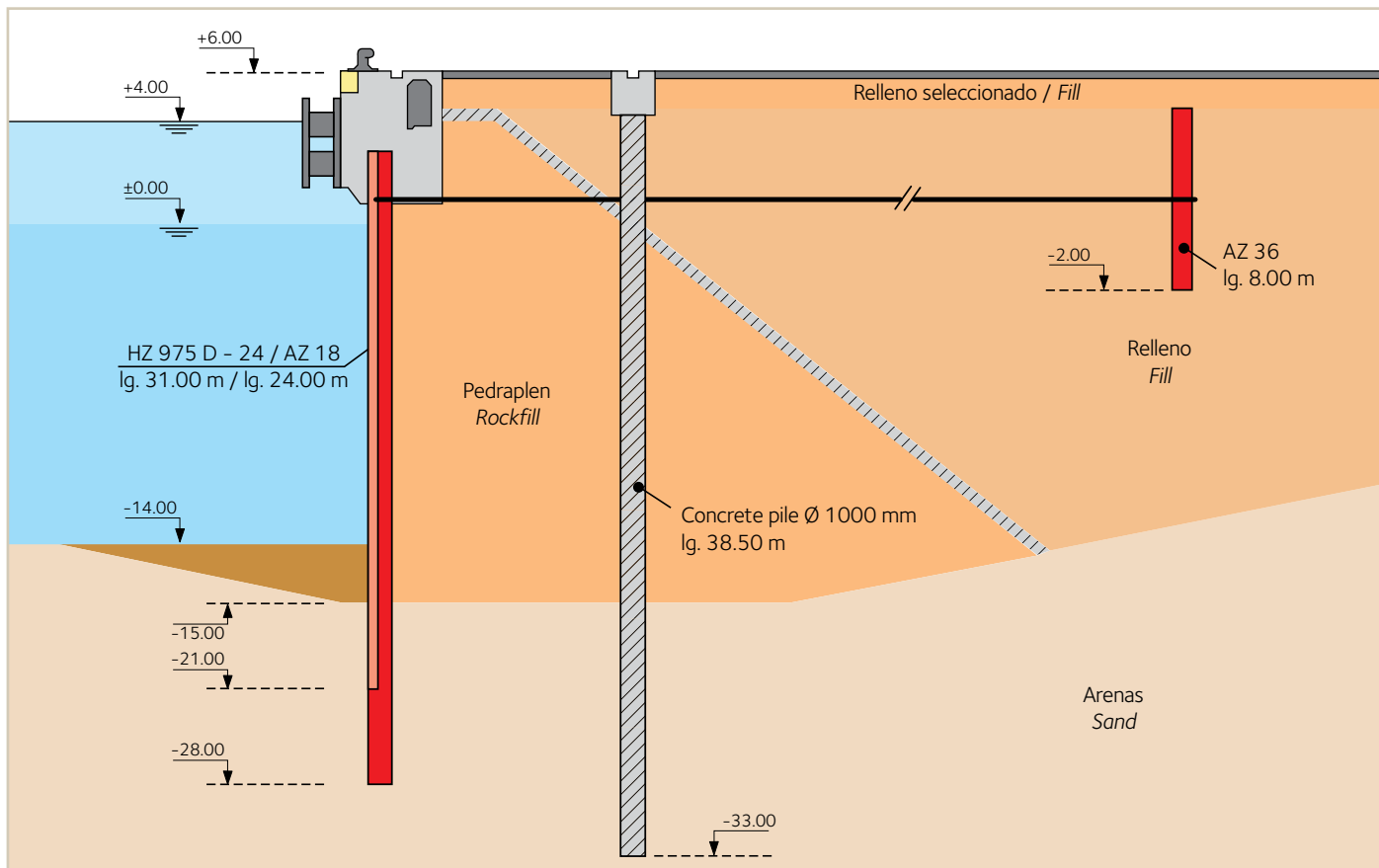
и экономическим преимуществам, легкости в установке в короткие сроки и минимальному экологическому воздействию на окружающую среду выбор был сделан в пользу конструкции с применением шпунтовых свай.

Ввиду больших глубин у причальной стенки и соответствующих больших нагрузок было выбрано решение из шпунтовых свай из высокопрочной стали. Комбинированная шпунтовая система производства ArcelorMittal оказалась идеальной конструкцией для причальной стенки Кабесуэла высотой 20 м. Система HZ/AZ включает два типа шпунтовых свай: основные HZ-сваи в качестве несущих элементов и AZ-сваи в качестве промежуточных элементов. В этом проекте применены сдвоенные сваи типа HZ 975 D длиной 31 м и промежуточные шпунтовые сваи AZ 18 длиной 24 м.

Анкерная стенка выполнена из свай типа AZ 36 и установлена в 36 метрах позади лицевой причальной стенки с целью ограничить отклонения последней и увеличить ее несущую способность. Стенки связаны анкерными тягами диаметром 4.5", установленными на высоте 1 м над уровнем воды.



Был выбран вариант расширения бетонного причала за счет шпунтовых свай благодаря экономической выгоде при их использовании.



Для строительства причальной стенки высотой 20 м использовали комбинированную шпунтовую систему типа HZ/AZ.



Отсыпанная намытым песком территория служила площадкой для работы сваебойного оборудования.

Для соединения нового и существующего причалов к пластине, установленной на крайнем кессоне существующего причала, был приварен замковый элемент AZ-сваи для перехода на шпунтовую стенку нового причала.

Перед началом монтажа был снят 4-метровый слой густой грязи. Вдоль линии будущей стенки обустроили насыпь для установки вибропогружателя Muller MS 100 F без задействования баржи. На рабочей площадке стальные шпунтовые сваи обрабатывались пескоструйным аппаратом и покрывались угольно-эпоксидной смолой. Для корректного

позиционирования шпунтовых свай подрядчик использовал двухуровневый кондуктор высотой 3,5 м, рассчитанный на три двойные HZ-сваи. Для установки и позиционирования кондуктора использовались две сдвоенные HZ-сваи.

На погружение сдвоенных основных HZ-свай уходило порядка 10 минут, в то время как на установку промежуточных сдвоенных AZ-свай требовалось около 20 минут.

Для обеспечения прямолинейности анкерной стенки использовался простейший кондуктор, изготовленный из свай типа AZ36 и размещенных горизонтально по направлению шпунтовой стенки.

На сооружение новой причальной стенки в целом пошло 1600 тонн шпунтовых свай производства Arcelor, которые погрузили за 5 недель. Нагрузка от крановых путей была распределена между HZ/AZ стенкой со стороны моря и железобетонными сваями со стороны суши.

Поверх шпунтовой стенки был возведен бетонный ростверк с причальными тумбами и системой отбойников. Таким образом, высота конструкции над водой завершалась на отметке +6м. Для замера горизонтальных отклонений внутри двойных HZ-свай были установлены 4 инклинометрические трубки. Результаты подтвердили расчетные и эксплуатационные нагрузки. Для определения фактических значений растягивающего усилия в анкерных тягах было установлено восемь экстензометров и два динамометра с номинальной силой натяжения в 135 т. Оборудование для контрольных измерений на месте установки также включало датчики давления и шесть пьезометров, с помощью которых регистрировали значения гидростатического давления на разных участках рядом со шпунтовой стенкой.



Направляющий двухуровневый кондуктор для погружения свай.



Пирс в северной части причала Кабесуэла.



Обратная засыпка территории нового причала после завершения работ по погружению шпунтовых свай.



Установка анкерных тяг над уровнем воды для облегчения процесса их монтажа.



На расширение причала пошло 1600 тонн шпунтовых свай.



Место соединения нового и существующего причалов: к пластине, установленной на крайнем кессоне существующего причала, был приварен замковый элемент AZ-сваи для перехода на шпунтовую стенку нового причала.



Угол поворота лицевой шпунтовой стенки из стандартных свай типа AZ 18, присоединенных к HZ-сваям соединительными элементами.

**Заказчик:**

Autoridad Portuaria de la Bahna de Cadiz

**Консультанты по инженерно-техническим вопросам:**

CEDEX, Alatec Haskoning

**Генеральный подрядчик:** NECSO

**Субподрядчик по погружению свай:**

Piacentini (Италия)

**Шпунтовая система:**

HZ 975 D -24 / AZ 18

**Длина шпунтовых свай:**

HZ 31 м, AZ 24 м

**Марка стали:** S 430 GP

**Общее количество шпунтовых свай:**

1600 тонн

## Кале | ФРАНЦИЯ

### > Новый пассажирский терминал



*Новый Причал 9 оборудован более широкими трапами и способен принимать суда большего размера.*

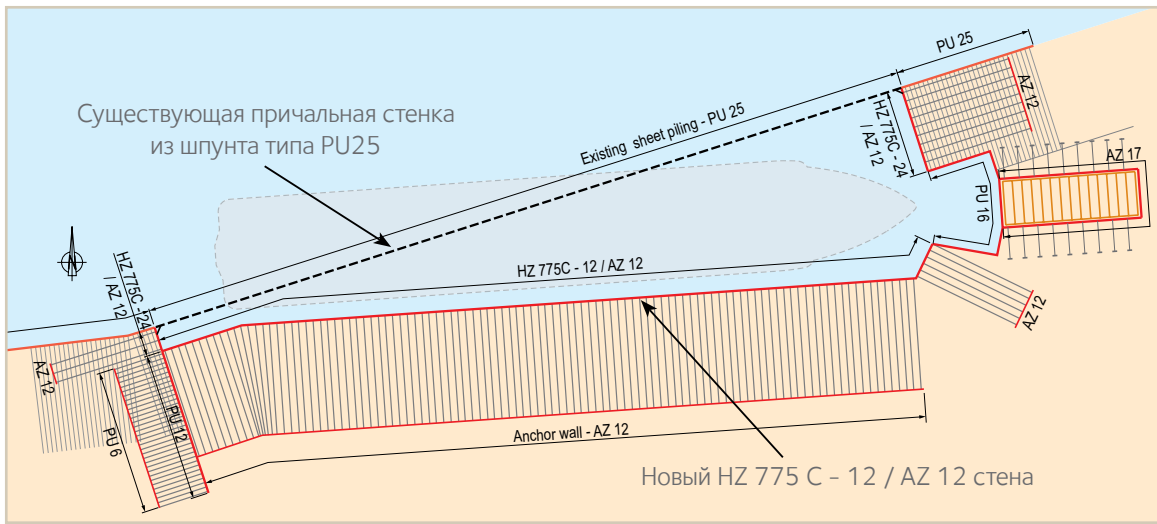
Порт Кале расположен на северном побережье Франции в 22 морских милях от побережья Англии. Вместе с портом Дувра Кале обеспечивает основное морское сообщение между Соединенным Королевством и Западной Европой.

Оба порта занимают уникальную позицию, поделив первое и второе места в глобальной классификации портов в области пассажирского транспорта. В среднем Порт Кале обслуживает до 65 отправок автомобильных паромов в день и пропускает до 20 миллионов пассажиров в год и вместе с тем занимает четвертое место среди французских коммерческих портов с объемом грузооборота 38 млн тонн в год.

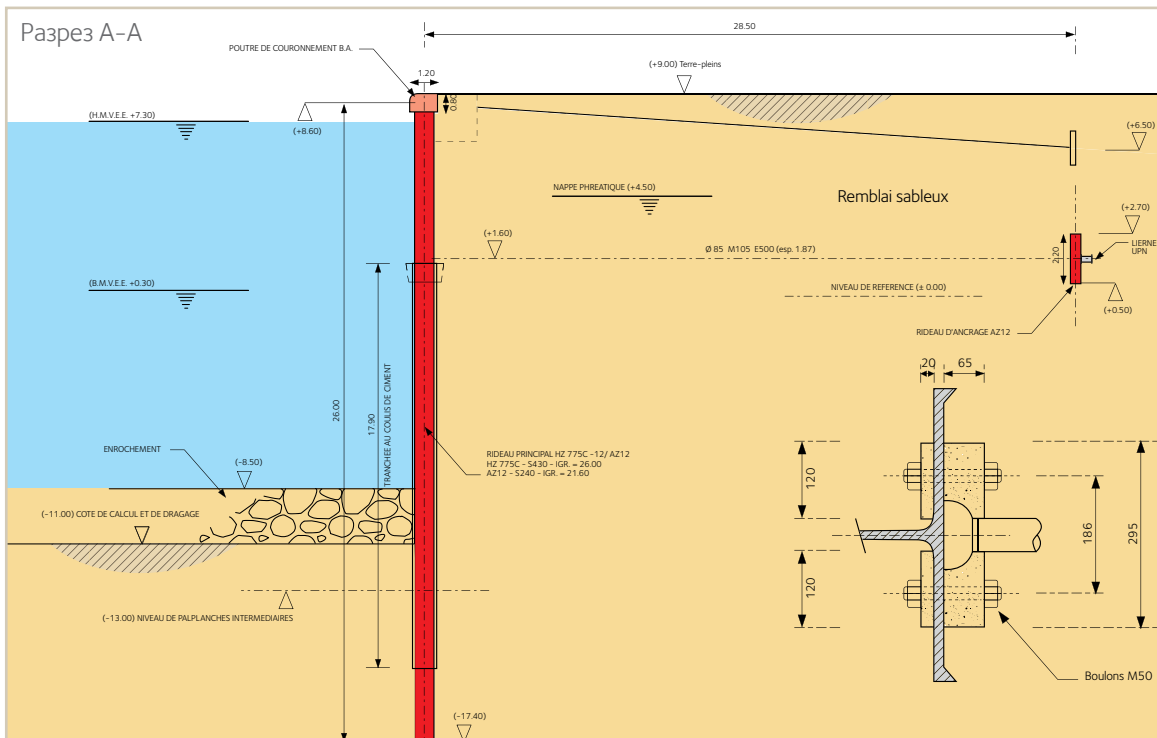
Открытие тоннеля под Ла-Маншем в 1994-1995 побудило судоходные компании пересмотреть подход к организации деятельности с тем, чтобы успешно справляться с конкурирующим направлением – регулярность пересечений возросла, а процедуры посадки и высадки упростили.



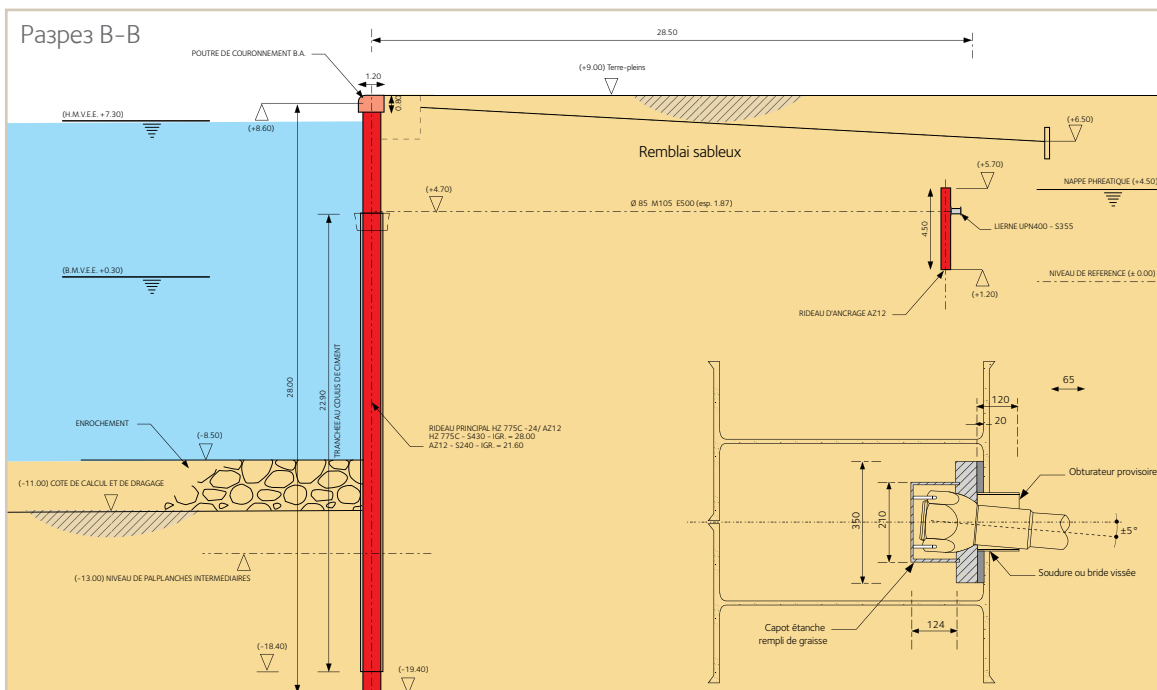
*Порты Кале и Дувра одни из самых загруженных пассажирских терминалов в мире.*



Новый Причал 9 заменяет устаревший действующий причал, построенный еще в 1970-е годы.



Поперечный разрез шпунтовой стенки вдоль борта паром (HZ775C-12/AZ12).



Поперечный разрез шпунтовой стенки, параллельной носовой части паром (HZ775C-24/AZ12).



Благодаря существующей причальной стенке из шпунта типа PU 25 погружение новой стенки происходило с суши

В 1994 году в порте Кале было семь паромных причалов. У Причала 5, самого первого из построенных (введен в эксплуатацию в 1975) во внешней гавани, было предусмотрено два однорядных подхода для стыковки, посадки и высадки пассажирских паромов. Изначально

причал был спроектирован с расчетом на суда длиной 168 м и осадкой 6 м, но в современных условиях сообщения через Ла-Манш такие параметры устарели.

Стратегически и в силу эксплуатационных требований представлялось невозможным приостанавливать сообщение через Причал 5. Поэтому в 1995 году портовый оператор, Торгово-промышленная палата г. Кале, принял решение о строительстве нового Причала 8. Как только новый причал был введен в эксплуатацию, стало возможным модернизировать действующий Причал 5, увеличив длину до 200 м и углубив дно до отметки -8 м. С одной стороны, увеличились мощности паромов, с другой стороны, повысились требования к оптимизации времени на оборот судна в порте, поэтому на новых причалах была обустроена двухуровневая двухполосная рампа для обработки накатных грузов типа PO-PO.

Оба причала, 5 (из комбинированной системы NZ 775 B, 26/11) и 8 (из PU 32) были сооружены из стальных шпунтовых свай производства ArcelorMittal в Люксембурге.



Причал 9: Демонтаж существующей анкерной стенки перед погружением свай новой стенки.



Удаление установленном на барже краном скальной породы со дна существующего причала.





*Грунтово-бentonитовая смесь засыпки предотвращает вымывание мелкозернистого песка через замковые соединения.*

Инвестиционный проект с размером капиталовложений в порт порядка 100 млн евро запустили в 2004 году, и по графику он должен был завершиться к 2006. Основным пунктом проекта модернизации порта Кале было строительство нового автопаромного комплекса на Причале 9 с протяженностью стенки 180 м. В конце 2005 года, спустя год после начала строительства, его уже запустили в эксплуатацию. Новый пирс встал в ряд с четырьмя крупными и одним малым причалом. Следующим этапом проекта стало строительство нового причала для катамаранов и судов с накатными грузами типа РО-РО.

Новый Причал 9 глубиной 8,5 м построили рядом с Причалом 8. Сначала необходимо было демонтировать сооружение в том месте, где собирались строить новый причал. Дно там находилось на отметке четырех метров, что более не удовлетворяло требованиям современных паромов. Для швартовки пассажирских судов новое сооружение необходимо было строить в форме «L». Существующий причал был прямым с лицевой стенкой из свай PU 25 (верх сваи: +9 м, низ сваи: -16,1 м) и анкерной стенкой из свай PU 16 (верх сваи: +4,7 м, низ сваи: +0,9 м). Перед лицевой шпунтовой стенкой со стороны причального фронта



*Погружение шпунтовых свай в бентонитовую траншею (стена в грунте) с использованием простого кондуктора.*



*Вибропогружение промежуточных свай типа AZ 12 длиной 21,6 м.*



Стальные трубы, забитые в причальную стенку, будут служить отбойным устройством.



Система HZ 775 C-26 / AZ 12: глубина причальной стенки достигает 8,5 м.

была выполнена каменная наброска различной фракции. Существующая конструкция облегчила строительство нового Причала 9: существующая лицевая стенка служила защитой со стороны акватории, позволив подрядчику работать в условиях суши. После удаления засыпки позади старых свай PU 25 было несложно демонтировать обнажившуюся анкерную стенку и анкерные тяги.

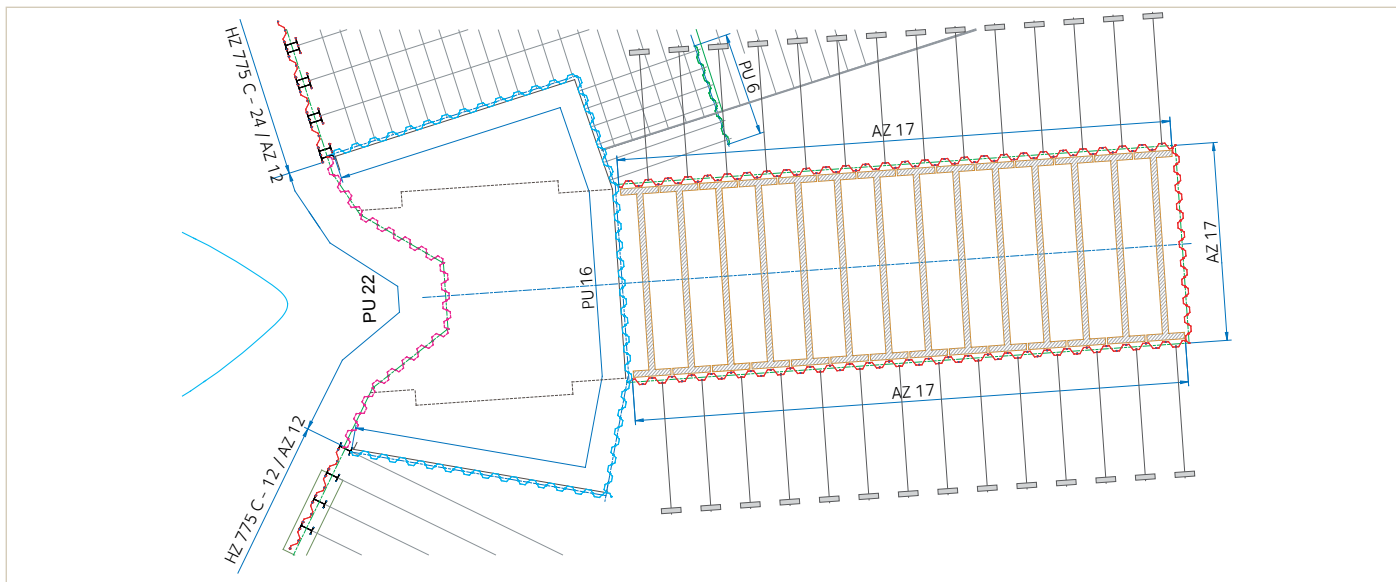
Затем французский подрядчик, компания Spie Batignolles, приступил к погружению HZ-свай в лицевую L-образную стенку. Длинная сторона L-образной формы причала протяженностью 174 м формирует причальную линию вдоль парама. Погружали следующие шпунтовые сваи: 93 несущие HZ-сваи длиной 26 м и 92 промежуточные сваи типа AZ 12 длиной 21,6 м. По проекту шпунтовой стенки, разработанному инженерами технического отдела

компании ArcelorMittal, требуемую несущую способность и устойчивость конструкции причала обеспечивала комбинированная система из несущих свай типа HZ 775 C-12 с высотой профиля 775 мм и промежуточных свай типа AZ 12 было достаточно. Более детально решение представлено на разрезе А-А.

Длина короткой стороны L-образной формы причала составляет порядка 48м и включает в себя рампу, также выполненную в нише из шпунтовых свай.

Во фронтальной причальной стенке использовалось решение HZ 775 C-26, показанное на разрезе В-В.

Все основные HZ-сваи были изготовлены из высокопрочной стали марки S 430 GP. Шпунтовые сваи AZ 12 использовались при строительстве анкерной стенки, а также в качестве



Причал 9 оборудован двухуровневой рампой для оптимизации времени на погрузочно-разгрузочные работы судов для накатных грузов РО-РО.



Нижняя рампа, устроенная в нише размером 35 x 14 м из шпунтовых свай.

промежуточных элементов в лицевой причальной стенке. Функция AZ-свай в лицевой стенке преимущественно заключается в распределении нагрузок, поэтому они были изготовлены из стали с более низким минимальным пределом текучести – S 240 GP. Сваи AZ 12 длиной 2,2 м и 4,5 м для анкерной стенки были из марки стали S 355 GP.

В порте Кале никакой отдельной антикоррозионной защиты не наносилось. Было принято решение использовать сваи с большей толщиной стенки, которая и будет подвергаться коррозии на протяжении всего эксплуатационного цикла шпунтовой конструкции. Определили следующие запасы толщины на коррозию: 1,75 мм со стороны акватории и 0,25 мм со стороны суши.

В ноябре 2003 были пробурены несколько скважин до глубины 35 м для исследования грунта. С помощью прессиометра, испытаний методом динамического зондирования и лабораторных исследований были проанализированы такие геотехнические характеристики как угол внутреннего трения, связность грунта и коэффициенты плотности, необходимые для расчетов шпунтовой стенки по упругопластическим состояниям. При разработке проекта свайного основания также проводилась оценка показателей несущей способности свай под нижним концом и по боковой поверхности.

Результаты геологического анализа показало наличие трех разных типов грунта:

1. от +9 м до -5 м : песок обратной засыпки с ракушками, угол трения 36°, плотность 17,5 кН/м<sup>3</sup>.
2. от -5 м до -20 м: уплотненный т.н. «фламандский песок», угол трения 37°, плотность 19 кН/м<sup>3</sup>.
3. Ниже -20 м: илистая т. н. «фламандская глина», угол трения 10°, когезия 25-50 кПа.

Шпунтовые сваи комбинированной стенки погружали в траншею, заполненную цементно-бentonитовой смесью, чтобы избежать вымывания мелкозернистых песчинок через замковые соединения. Поверх траншеи шпунтовые сваи заполняли битумным наполнителем Beltan, способствующим повышению водонепроницаемости шпунтовой стенки. При таком нестандартном подходе к установке свай также облегчался процесс погружения сквозь твердые слои песчаника. Траншея была 1,22 м шириной, а в глубину

**Оператор:**

Торгово-промышленная палата г. Кале

**Подрядчик:**

Spie Batignolles

**Марка стали:**

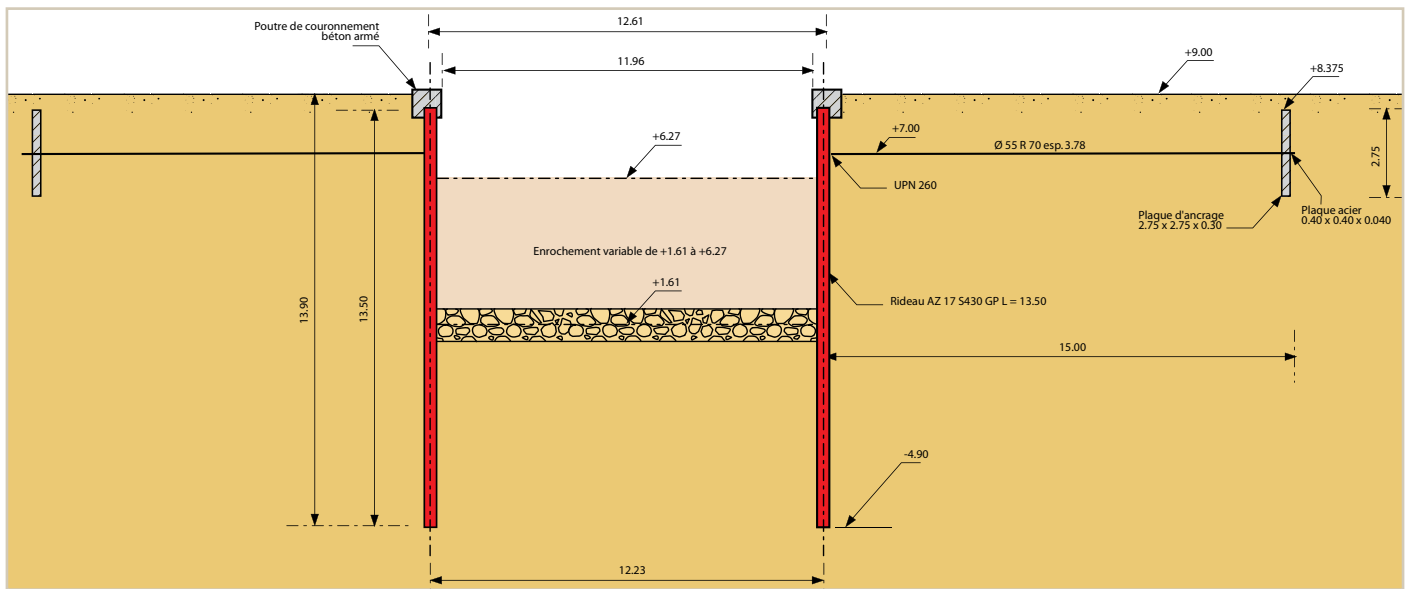
HZ & AZ 17: S 430 GP, AZ 12: S 240 GP

**Шпунтовые сваи:**

HZ 775 C -12 / AZ 12, HZ 775 C - 26 / AZ 12, AZ 17, PU 22, PU 16, PU 6

**Общее количество шпунтовых свай:**

1500 тонн



Для траншеи компания ArcelorMittal поставила шпунтовые сваи AZ 17 в шести разных длинах.



Место соединения анкерной тяги и сваи AZ 17.



Трап на нижнем уровне соседнего Причала 8.



Строительство трапа на верхнем уровне.

доходила до отметки  $-16,4$  м. Такой альтернативный метод погружения также обеспечил возможность прямолинейной установки шпунтовых свай без применения кондуктора.

Обе шпунтовые стенки были связаны при помощи анкерных тяг, изготовленных из высокопрочной стали (предел текучести  $500 \text{ Н/мм}^2$ ). У обычных анкерных тяг с накатной резьбой есть слабое место – уменьшенное поперечное сечение участка с резьбой по сравнению с сечением штанги.

Для обеспечения несущей способности анкера по всей его длине (резьбовой участок и участок штанги) было принято решение использовать тяги с т.н. высаженными концами. Такие тяги проще в установке, меньше весят и экономически более выгодны. В проекте строительства Причала 9 применялись анкерные тяги с высаженными концами с наружным диаметром штанги  $85 \text{ мм}$  и утолщением до  $105 \text{ мм}$  на резьбе. Они были также оснащены Т-образными соединительными плитами, болтами и проушинами на передних концах. Анкера соединяли между собой лицевую и анкерную стенки, удаленные на  $28,5 \text{ м}$  друг от друга. Горизонтальные анкерные тяги крепили к анкерной стенке из AZ12 через распределительный пояс, выполненный из швеллеров UPN.

Для обеспечения круглогодичной работы причала в условиях приливо-отливных колебаний в диапазоне от  $+0,30 \text{ м}$  до  $+7,30 \text{ м}$  верхнее строение причала поместили на уровне  $+9,0 \text{ м}$ . При разработке проекта причала глубину дна в расчетах принимали на отметке  $11 \text{ м}$ . Перед лицевой шпунтовой стенкой сделали каменную наброску толщиной  $2,5 \text{ м}$  и шириной  $42 \text{ м}$ , чтобы защитить грунт от вымывания вследствие постоянных движений судов. Горизонтальные анкерные тяги крепили к анкерной стенке из AZ12 через распределительный пояс, выполненный из швеллеров UPN.

Для установки стального подъемно-переходного трапа соорудили специальную траншею из шпунтовых свай шириной  $14 \text{ м}$ . Сваи AZ 17 погружали с обеих сторон наклонной траншеи (рампы) длиной  $35 \text{ м}$ . Были использованы сваи разных длин:  $11,5 \text{ м}$ ,  $10,5 \text{ м}$ ,  $9,5 \text{ м}$ ,  $8,5 \text{ м}$ , и  $7,5 \text{ м}$  для боковых стенок,  $6,3 \text{ м}$  для торцевой стенки. Анкерная AZ-свай выполнялась за бетонные плиты. Двухуровневый трап обеспечивает быстрый доступ транспортным средствам на паром, таким образом оптимизируя время обработки и стоянки в порте Кале.

# Антверпен | БЕЛЬГИЯ

## > Контейнерный терминал Дёрганкдок



Дёрганкдок

В январе 1998 года, чтобы справиться с опережающим ростом контейнерного грузопотока в порту Антверпена, была утверждена программа развития порта. Она включала строительство нового контейнерного дока в приливном бассейне на левом берегу реки Шельды в 60 км от Северного моря. По завершении строительства благодаря новому сооружению, Дёрганкдоку, портовые мощности по обработке контейнеров удвоятся.

Работы в Дёрганкдоке осуществлялись в три этапа. Планировалось сооружение терминалов с протяженностью причалов 1250 м, 1750 м и 2200 м. При разработке проекта причалов провели обширные геотехнические исследования, результаты которых показали наличие 8 разных слоев грунта. Железобетонная причальная стенка имеет L-образную форму. Ширина фундаментной плиты достигает 26 м.

Стальные шпунтовые сваи установлены позади и спереди фундаментной плиты, которая удерживает вертикальную стену высотой 23,5 м.

Перед началом земельных работ уровень грунтовых вод понизили при помощи водоотливных насосов, чтобы выемку грунта проводить насухо. Землечерпательные работы проводили в несколько этапов, чтобы достичь отметки глубины -18 м.

Стальные шпунтовые сваи погружали с обеих сторон плиты основания причала, чтобы обеспечить устойчивость сооружения. За счет плотного примыкания шпунтовых свай к плите основания причала удалось избежать эрозии грунта ниже уровня причальной стенки. После погружения шпунтовых свай дно котлована углубили до -21 м. Для формирования «чистой» поверхности дна котлована был предусмотрен слой из бетонной смеси толщиной 70 мм. В проекте использовали несколько типов шпунтовых свай AZ: 5300 тонн профилей AZ 19, AZ 26 и AZ 36 для постоянных конструкций и 700 тонн AZ 26 и AZ 36 для временного применения.

После завершения бетонирования плиты основания причальной стенки, начались работы с вертикальной частью



Свыше 6000 тонн стальных шпунтовых свай пошло на устройство шпунтовой стенки.



Погружение AZ-свай AZ с помощью дизельного ударного молота.

стены. На следующем этапе приступили к засыпке котлована до отметки +8,8 м песком, намытым позади причальной стенки. Как только первые 1650 м стенки были готовы, уровень грунта подняли с помощью фрезерного землесосного снаряда до высоты застройки будущих терминалов.

На подходе к терминалу Дёрганкдок стены обращены к реке Шельде. В отличие от L-образного причала эта входная стенка – заанкеранная конструкция. Сваи типа MV использовались для восприятия горизонтальных нагрузок от подпорной стенки. Сваи MV представляют собой стальные несущие HP-сваи, залитые в процессе установки жидким строительным

раствором, что позволяет им выдерживать очень высокие растягивающие усилия. В процессе погружения стальная свая вытесняет грунт. Пустоты, создаваемые при вытеснении грунта, постепенно заполняются жидким строительным раствором, что обеспечивает крепкую связь между грунтом и стальным элементом. Компания ArcelorMittal предлагает широкий ряд специальных широкополочных HP-свай двутаврового сечения, которые используются во всем мире для обустройства глубоких фундаментов различных сооружений.



Стальные сваи MV воспринимают растягивающие усилия входных стенок.

**Заказчик:**

Министерство Фламандского региона Бельгии, LIN, AWZ, Maritieme Toegang

**Подрядчик:**

Консорциум, включающий Cordeel, Aertssen, CFE & Van Laere и Dredging Int'l

**Подрядчик по погружению свай:**

Soetaert

**Шпунтовые сваи для постоянного**

**применения:**  
440 т AZ 19; 2300 т AZ 26; 2600 т AZ 36

**Шпунтовые сваи для временного**

**применения:**  
540 т AZ 26; 200 т AZ 36

# Орхус | ДАНИЯ

## > Расширение Восточного контейнерного терминала



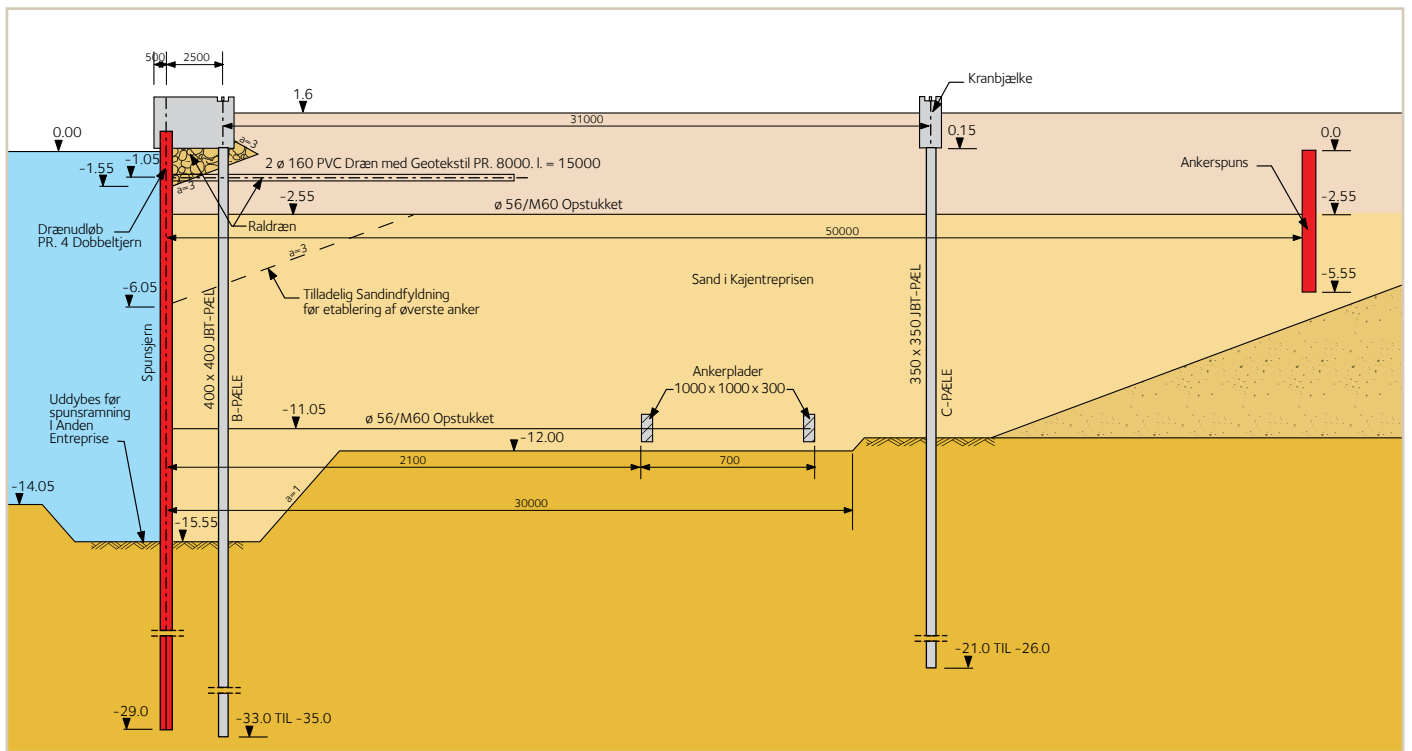
Орхус – основной контейнерный порт Дании.

Орхус расположен на восточном побережье датского полуострова Ютландии, к северу от Германии. Город с 300.000 жителей является крупнейшим в стране контейнерным портом, в котором ежегодно обрабатывается почти 500.000 TEU. Порт занимает площадь в 227 Га с протяженностью причальной линии 13,5 км. Доля Орхуса в обработке всего количества контейнеров среди всех датских портов составляет 63%.

Порт идеально расположен для обслуживания грузопотоков на внутреннем рынке – близко к датским центрам как потребления, так и производства. Благодаря своему географическому положению у порта Орхуса есть ряд серьезных преимуществ таких как естественная глубина дна моря, позволяющая принимать крупногабаритные океанские контейнеровозы. Кроме того, здесь нет таких естественных помех как большие волны и ледостав, которые могут препятствовать заходу судов в порт. Помимо наличия



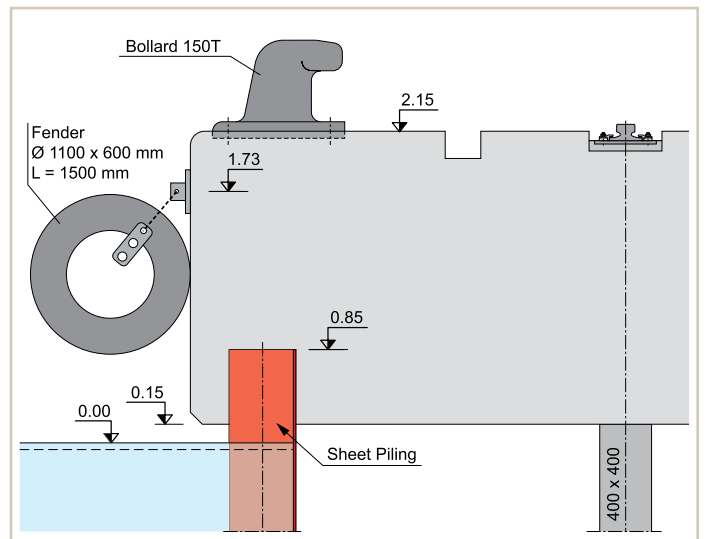
Проект развития порта позволит увеличить его грузопропускную способность до 20 млн тонн ежегодно.



Ввиду плохих грунтовых условий было принято решение использовать двухуровневую систему анкерки лицевой шпунтовой стенки причала. Такое решение также позволило снизить возникающие в лицевой стенке изгибающие моменты. Таким образом отпала необходимость в применении комбинированной стенки из HZM-системы; требовалась подводная установка анкерных тяг с привлечением водолазов.



Порядка 3,5 млн м<sup>3</sup> песка понадобилось для отсыпки территории за шпунтовой стенкой для сооружения восточного крыла контейнерного терминала.

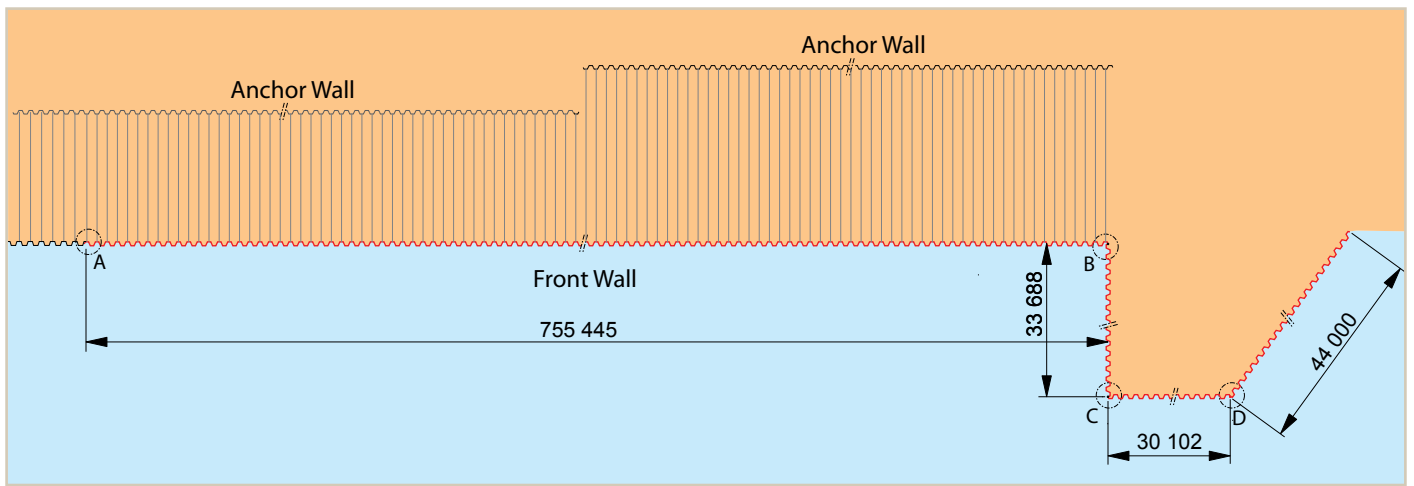


Бетонный оголовок причала с отбойным устройством, причальной тумбой, крановым рельсом и головой шпунтовой сваи.

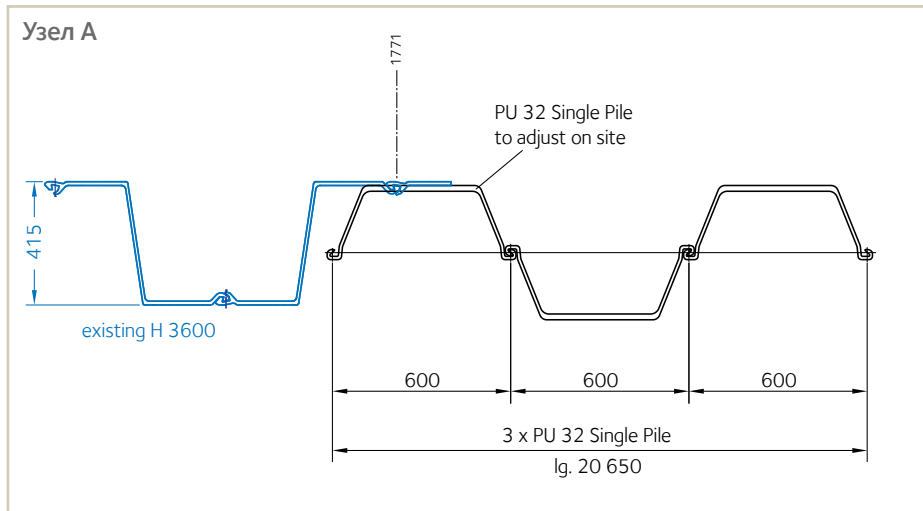
морского порта в городе развиты судостроительная и нефтеперерабатывающая отрасли. Среди прочих предприятий также представлены машиностроение, производство транспортного оборудования, пищевая перерабатывающая промышленность и пивоварение.

Многофункциональный порт имеет собственную лоцманскую службу, а также службы буксировки и швартовки, работающие круглосуточно круглый год. Порядка 8000 судов, включая 25 круизных лайнеров, причаливают ежегодно в порте Орхуса, перевозят около 10 млн тонн грузов. Почти 5 млн тонн грузов переваливается на двух контейнерных терминалах Север и Восток и на паромном причале.оборот нефтепродуктов достигает почти 2 млн тонн. Оставшиеся 3 млн тонн приходятся на грузы навалом, например, комбикорма и уголь.

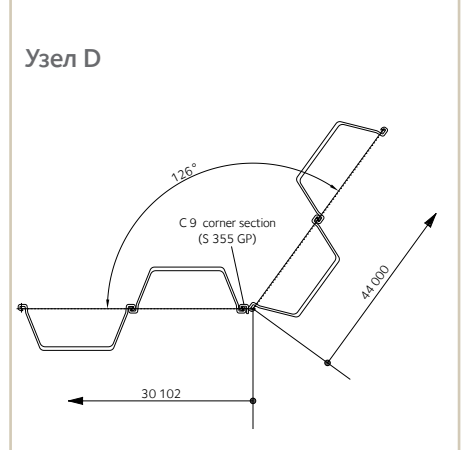
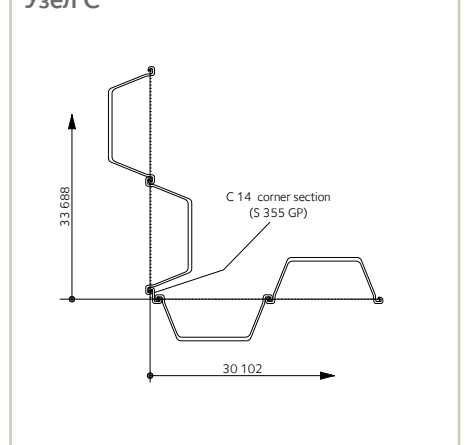
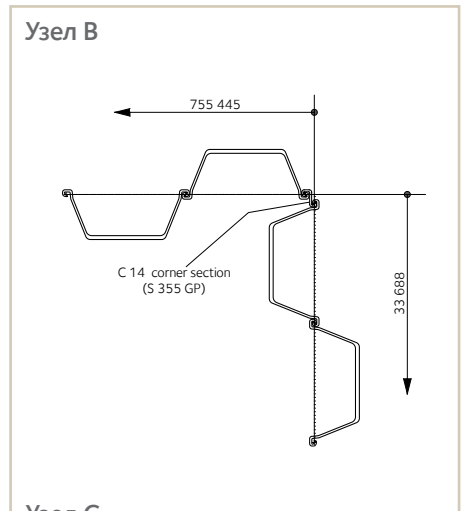




План свайного основания новой причальной стенки Восточного контейнерного терминала.



Существующие шпунтовые сваи соединили с новыми сваями PU 32 с помощью одиночной сваи, приспособленной на рабочей площадке.



Узел А: Конец бетонного оголовка старого Восточного контейнерного терминала. Существующие шпунтовые сваи Восточного контейнерного терминала установлены еще на несколько метров после бетонного оголовка.



Строительное оборудование для сооружения причальной стенки разместили на баржах.



Новую причальную стенку временно подпирала наклонными сваями.



В качестве распределительного пояса использовалась стальная балка.

Порт Орхуса – муниципальный автономный порт, которым руководит Совет управляющих из семи членов во главе с мэром города Орхуса в качестве председателя Совета. Океанские контейнеровозы заходят в порт для загрузки грузов, прибывающих небольшими фидерными судами из стран, расположенных вокруг Балтийского моря. В ближайшие годы ожидается увеличение экспортного и импортного грузопотока за счет прибалтийских стран, относительно недавно ставших членами ЕС. Орхус уже зарекомендовал себя в качестве важного узлового порта для Балтики. Налажено регулярное сообщение с другими крупными европейскими и азиатскими портами. Эффективной работе порта Орхуса способствует не только развитая автомобильная и железнодорожная сеть, но и современные компьютерные системы управления, контролирующие получение, транспортировку и хранение контейнеров.

Поскольку объемы торговли постоянно растут, европейская автомагистральная сеть и порты Западной Европы испытывают постоянное давление. Для решения проблем с транспортным потоком ЕС решил уделить особое внимание развитию морских портов. Благодаря близости к новым рынкам вокруг Балтийского моря через порт Орхуса возможно быстро и эффективно перевезти грузы, избежав при этом перегруженности на автомобильных магистралях.

Прибыль порт Орхуса инвестирует в ремонт и содержание портовой инфраструктуры и развитие портовых сооружений, чтобы иметь возможность принимать еще большее количество судов. В 1995 году порт достиг максимума своих возможностей, и было принято решение запустить программу расширения действующих причалов. Программу развития запустили в 1998 году с перспективой на ближайшие 25 лет. По завершении программы ожидается, что площадь порта удвоится. Ежегодный грузооборот должен увеличиться до 20 млн тонн.

Запланированная максимальная отметка морского дна вдоль причалов 15,5 м. Бюджет, выделенный на программу развития, по некоторым оценкам превышает 250 млн евро.

Глубина дна двух действующих контейнерных терминалов порта Орхуса, крупнейших и самых загруженных в Дании, достигает 14 м. Каждый год 1500 судов швартуются у



Складирование шпунтовых свай.



Кран для установки шпунтовых свай, размещенный на барже.



Шпунт и двутавры доставлялись до рабочей площадки баржей.



При строительстве нового крыла контейнерного терминала проводили отсыпку огромных площадей.

Северного и нового Восточного контейнерных терминалов, где переваливается порядка 500.000 контейнеров. Северный контейнерный терминал оснащен пятью порталными кранами грузоподъемностью до 40 тонн каждый. А Восточный контейнерный терминал оборудован тремя кранами для обслуживания судов класса постпанамакс грузоподъемностью до 90 тонн. Каждый кран способен поднимать в среднем 35 контейнеров в час. В порту достаточно пространства для контейнеровозов и судов для накатных грузов типа РО-РО. Также терминал оснащен специальными современными установками для охлаждения контейнеров.

Действующий участок Восточного контейнерного терминала был введен в эксплуатацию компанией APM Terminals в апреле 2001. В настоящее время длина причала Восточного контейнерного терминала 500 м, глубина дна 14 м, а складские площади занимают 200.000 квадратных метров, где можно разместить до 6400 контейнеров. Он оснащен оборудованием для обработки накатных грузов типа РО-РО, подъездными ж/д путями, офисными и складскими помещениями, ремонтными мастерскими. Перевалку грузов осуществляют с помощью порталных и контейнерных погрузчиков (ричстакеров), автомашин при поддержке компьютерных систем учета и материально-технического обеспечения.

По проекту с вводом нового причала к портовым действующим площадям прибавится почти 300.000 квадратных метров. Бюджет, выделенный на проект развития Восточного контейнерного терминала, подразумевающий возможность принимать контейнеровозы, перевозящие до 7000 TEU, оценивается в 65 млн евро.

Для расширения терминала было принято решение продлить шпунтовую стенку действующего участка терминала до 1300 м. Новое сооружение планировалось как многопрофильный терминал. Компанией NIRAS Portconsult и техническим отделом порта было принято решение строить анкерную стенку из шпунтовых свай PU производства компании ArcelorMittal. NIRAS Portconsult – датская инженерно-консалтинговая компания, работающая по всему миру и предоставляющая услуги в области проектирования и инженерного консалтинга, а также геотехнических исследований.

Из-за неблагоприятных грунтовых условий при сооружении причала было необходимо установить два уровня анкерных тяг. Для оптимизации веса и, следовательно, стоимости стальных элементов выбрали высокопрочную марку стали с минимальным пределом текучести 430 Н/мм<sup>2</sup>. Для лицевой шпунтовой стенки выбрали шпунт типа PU 32, для анкерной стенки – PU 22. Геологические условия вдоль всей стенки сильно отличались: от суглинка до плотных глин. Шпунтовые сваи подбирали в зависимости от меняющегося грунта – длина секций PU 32 в лицевой стенке терминала варьируется от 20,65 до 31 м. Шпунтовые сваи погружал датский подрядчик MT Højgaard с помощью вибропогружателя и временно подпирал конструкцию наклонными сваями. На следующем этапе провели обратную засыпку территории за стенкой из PU 32 до отметки -12 м песком, намытым землечерпательным снарядом в заливе Орхус. Затем установили нижний анкерный уровень поверх отсыпки на глубине 11 метров. Анкерная тяга состояла из стального арматурного стержня длиной 28 м и диаметром 56 или 63 мм в зависимости от грунтовых условий.



Анкерная тяга состоит из стального арматурного стержня длиной 28 м диаметром 56 или 63 мм.



Железобетонная анкерная плита размером 1000 x 1000 x 300 мм.



Кран поднимает анкерную тягу вместе с анкерными плитами для установки на глубине 11 метров.

Две железобетонных анкерных плиты – одна на конце тяги, вторая в 7 м от конца тяги, распределяют растягивающие усилия с анкера на грунт обратной засыпки. Кран поднимал анкерные тяги с бетонными плитами толщиной 300 мм с баржи и устанавливал на проектной глубине. Водолазы затем крепили анкерные тяги к лицевой шпунтовой стенке. Для облегчения подводных работ перед установкой в сваи нарезали отверстие, необходимое для монтажа тяги.

Затем землечерпательным снарядом отсыпали область за лицевой шпунтовой стенкой до отметки глубины 3 м. Двойные сваи PU 22 шириной профиля 1200 мм в анкерную стенку устанавливали также с помощью вибропогружателя. Верхний уровень анкерных тяг связывает обе стенки на глубине -2,55 м. Все тяги верхнего уровня диаметром 56 мм изготовлены из высокопрочной стали (минимальный предел текучести 460 Н/мм<sup>2</sup>).

На первом расширенном участке 450 м использовали двойные сваи PU 32 длиной 20,65 м. Анкерная стенка, состоящая из секций PU 32 длиной 7 м, отстояла от лицевой стенки на 30 м. Следующий отрезок 345,6 м до поворота сооружения состоял из свай PU 32 длинами 25,65 м, 29,65 м и 31 м в зависимости от грунтовых условий. Конструкцию закрепили анкерными сваями PU 22 длиной 5,5 м на расстоянии 50 м. Поворот с западного края причальной стенки проектировали для приема судов с накатными грузами.

Вследствие сложных грунтовых условий под крановыми путями был предусмотрен отдельный фундамент. Порт Орхуса закупил пять кранов для обслуживания крупнейших судов класса супер постпанамак с длиной вылета стрелы 60 м. Нагрузки от крановых путей воспринимают железобетонные сваи площадью поперечного сечения 400 x 400 мм. Ввиду огромных нагрузок при работе кранов класса супер постпанамак и в условиях слабонесущего грунта сваи погружали на глубину 35 м.

В порте Орхуса уже давно и успешно применяют катодную антикоррозионную защитную систему. Ряд причальных стенок из шпунтовых свай насчитывают уже более 50 лет службы. Аноды, обеспечивающие защиту конструкций, заменяются каждые 5-8 лет. Для нового причала портовые власти в качестве антикоррозионной защиты выбрали расходные аноды из цинка. The expected lifetime of the new structure exceeds 50 years. Visual inspections by divers are scheduled every two years to check the actual condition of the anodes.

Несмотря на то, что приливные колебания в порте Орхуса находятся в пределах одного метра, позади лицевой стенки обустроили дренажную систему из скальных пород. Такая система снижает уровень давления воды на шпунтовую стенку и позволяет использовать более легкие сваи. Также за лицевой стенкой из шпунта типа PU 32 поверх уплотненной отсыпки из песка и камня, смешанных с цементом, была обустроена бетонная платформа. Ввиду большого риска повреждения поверхности, особенно в жаркие погодные условия, было принято решение не покрывать территорию асфальтом. Выполненный откос территории 0,5% обеспечивает дренаж дождевых вод на территории обработки контейнеров. Завершение работ на новом терминале было запланировано на середину 2007 г.



На сооружение лицевой причальной стенки протяженностью 1170 м пошло порядка 4000 тонн свай PU 32 разной длины.



Участок действующего Восточного контейнерного терминала.

С правой стороны от белой линии показаны долгосрочные планы развития порта. Красной линией обозначена новая портовая территория, сооружение которой завершили в 2001 году.



**Заказчик:**

Порт г. Орхус, Дания

**Проектировщик:**

Технический отдел порта г. Орхус и NIRAS Portconsult

**Подрядчик:**

MT Højgaard, Дания

**Марка стали:**

S 430 GP

**Шпунтовые сваи:**

3930 т двойных свай PU 32  
690 т двойных свай PU 22

**Общее количество шпунтовых свай:**

4620 т



На новом терминале с глубиной дна 15,5 м будут установлены краны для обслуживания судов класса супер постпанамакс.

# Прёвестенен | Копенгаген | ДАНИЯ

> Строительство нового порта и оградительных сооружений



Строительство взаимозаанкеренного коффердама на территории открытой акватории.

Прёвестенен расположен в столице Дании Копенгагене, название которого исторически восходит к «порту торговцев». Весь регион Эресунна всегда был связующим звеном между Швецией и Данией, а также между регионом Балтики и Западной Европой, где ожидается устойчивое увеличение грузопотока. Регион, известный своим Эресуннским мостом, является крупным логистическим центром, включающим Порт Копенгаген Малмё (ПКМ). Две гавани Порты Копенгаген Малмё, построенные в 2001 году, находятся в 26 км друг от друга. В планах ПКМ занять позицию лидирующего порта в регионе. В порте в настоящее время максимальная глубина дна составляет 13,5 м при суммарной протяженности причала 16,5 км, включая два контейнерных терминала и десять паромных, а также нефтеналивной терминал объемом два млн кубических метров.



При строительстве коффердама, выполняющего одновременно роль ограждающего и причального сооружений, использовались разные типы стальных шпунтовых свай.



Котффердам из шпунтовых свай, служащий непроницаемым барьером для загрязненного грунта.

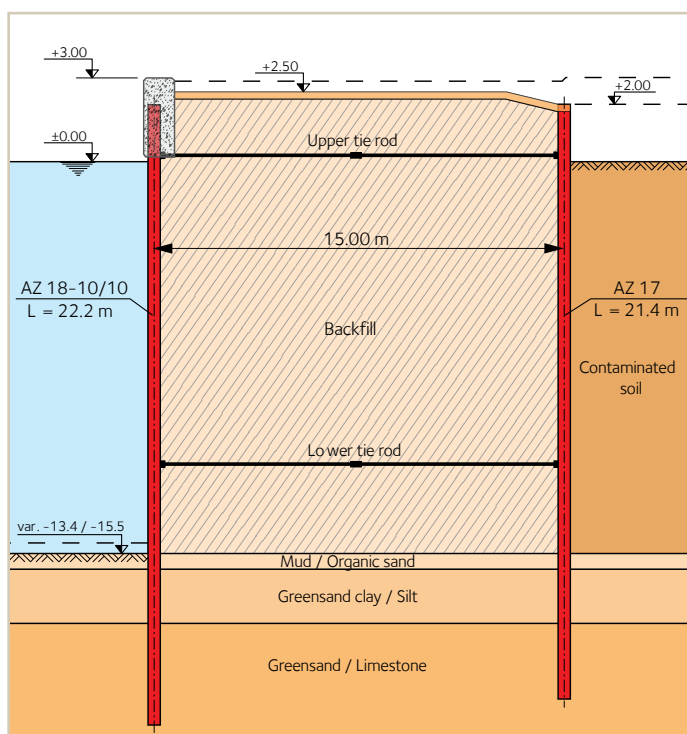
ПКМ – крупнейший порт перевалки насыпных грузов в регионе, позиции которого планируется укрепить капиталовложениями в строительство причальных сооружений.

Девелоперскую компанию, принадлежащую Порту Копенгагена и муниципалитету города, учредили в 2001 году. Предполагалось за 5 лет инвестировать 8 млн евро в развитие Прёвестенена. Так называемый «топливный остров Прёвестенен» имеет большое значение для местной нефтяной отрасли. Строительство нового насыпного терминала в южной части Прёвестенена началось в мае 2002 и включало сооружение причала длиной 650 м, который увеличил бы площадь под насыпные грузы на 180.000 м<sup>2</sup>.

По завершении проекта развития Прёвестенена в 2004 году обработку насыпных грузов в других районах порта сократили и перенесли на новый участок, который при глубине дна 13,5 м мог принимать крупногабаритные суда. Намытые территории, на которых строился Прёвестенен, расположены вблизи Эресуннского моста, связывающего Данию и Швецию. Основной причиной сооружения котффердама в Прёвестенене было вовсе не строительство порта. Сооружение спроектировали в первую очередь для отвала загрязненного грунта. Косвенным образом водонепроницаемая шпунтовая стенка котффердама образует причальную стенку, которая может служить местом временной швартовки в условиях загруженности соседних ближайших портов.

При строительстве использовались разные профили шпунтовых свай. Весь шпунт завозили на Прёвестенен отдельными партиями в соответствии с очередями строительства на объекте. Поставка велась из Люксембурга с 2001 по 2003 гг. судовыми или автомобильными партиями.

С южной стороны намытой территории – мелководье (проектная отметка дна 4 м). Поэтому длина секций AZ 13-10/10 L=9,4 м была достаточной для этой стороны нового причала.



Котффердам состоит из шпунтовых свай типа AZ 18-10/10 со стороны моря и AZ 17 со стороны суши.

Для лицевой шпунтовой стенки из свай типа AZ 13-10/10 в качестве анкерной стенки использовались железобетонные плиты. С другой стороны южного причала была обустроена оградительная берма. Впоследствии эту берму погружали сваи PU 8 с помощью вибропогружателя, размещенного на экскаваторе.

Глубина пролива Эресунн с северной стороны причала варьируется в пределах от 13,4 до 15,5 м. Для этой части сооружения выбрали конструкцию типа «взаимозаанкеренный коффердам». Коффердам состоит из двух шпунтовых стенок, отстоящих друг от друга на 15 м.

Стенка, обращенная к проливу Эресунн, состоит из свай типа AZ 18-10/10 длиной 22,2 м из марки стали S 390 GP и с упругим моментом сопротивления  $1870 \text{ см}^3/\text{м}$ . Стенка же стороны намытой территории состоит из свай типа AZ 17 длиной 21,4 м из марки стали с минимальным пределом текучести  $355 \text{ Н/мм}^2$  и упругим моментом сопротивления  $1665 \text{ см}^3/\text{м}$ . Установка этих шпунтовых свай на открытой воде производилась с использованием вибропогружателя, размещенного на барже. Для установки в глубоководную причальную стенку выбрали сваи зетового профиля благодаря их более конкурентоспособному соотношению момента сопротивления и массы по сравнению со сваями корытного профиля.

Внешняя и внутренняя стенки коффердама удерживаются вместе с помощью анкерных тяг, установленных в два уровня. Верхний уровень тяг устанавливался с применением распределительного пояса, выполненного из двух швеллеров. Швеллер поставлялся длиной 12 м и стыковался через болтовые соединения на рабочей площадке. Нижние анкерные тяги устанавливали под водой водолазы. Стандартный способ срединного соединения анкерной тяги предполагал нарезку отверстия, через которое должна пройти тяга, по срединному замковому соединению секций AZ. Кроме того



Сваи типа PU 8 на участке бермы погружали с помощью вибропогружателя, установленного на экскаваторе.

была необходима специальная опорная плита для перекрытия срединного замка Ларсен. Чтобы не потерять экономическое преимущество свай AZ, в компании ArcelorMittal разработали способ установки анкерных тяг рядом с центральным замком. Такое решение сочетает преимущества сопротивления статическим нагрузкам, характерные для свай AZ, и простоту соединения анкеров со сваями корытного профиля. Эксцентричное соединение с анкерной тягой предполагает крепление обычных опорных плит и исключает необходимость



При сооружении обеих стенок коффердама задействовали несколько барж.



Кран, вибропогружатель и шпунтовые сваи грузили на баржу.





Распределительный пояс верхнего уровня анкерной системы.



В качестве кондуктора для погружения использовали горизонтальные балки.



Заполнение в условиях цеха замковых соединений герметизирующей системой, расширяющейся при контакте с водой.



Верхний уровень стальных анкерных тяг внутри коффердама.



Основная часть шпунтовых свай доставлялась в Прёвестенен судами.



Модель узла крепления анкерной тяги нижнего уровня.

**Заказчик:**  
Udviklingselskabet Prøvestenen

**Подрядчик:**  
Skanska

**Инженеры-консультанты:**  
Moe & Brodsgaard a/s

**Шпунтовые сваи:**  
PU 8, AZ 13-10/10, AZ 17, AZ 18-10/10

**Марка стали:**  
AZ 18-10/10 из S 390 GP, все остальные секции из марки S 355 GP

**Общее количество шпунта:**  
4500 т

трудоемкой нарезки отверстия через срединное замковое соединение водолазами. Таким образом, можно существенно сократить расходы на установку и материалы.

При строительстве коффердама предполагалась отсыпка области между стенками намывным песком. Замковые соединения свай типа AZ 18-10/10 лицевой стенки были заполнены герметизирующим составом. Компания ArcelorMittal предлагает ряд продуктов, обеспечивающих водонепроницаемость замков Ларсена. От использования обычного битумного наполнителя отказались сразу ввиду близости предприятий нефтехимического комплекса, что



могло негативным образом сказаться на долговечности такого наполнителя. Поскольку в качестве материала засыпки использовался загрязненный грунт, шпунтовые сваи должны были образовать водонепроницаемое ограждение, чтобы защитить воды Эресуннского пролива.

Подрядчик на объекте в Прёвестенене принял решение использовать продукт, расширяющийся при контакте с водой, – герметизирующую систему Roxap. Roxap – уретановый преполимер, который при контакте с водой увеличивается в объеме на 100%. Продукт начинает расширяться в воде спустя два часа после начала контакта и достигает



*Отсыпка коффердама намытым песком.*

максимального объема спустя 24 часа. Он может выдерживать максимальное давление воды на глубине до 25 м. Для каждого типа окружающей среды система демонстрирует отличные качества долговечности. ArcelorMittal поставил на рабочую площадку шпунтовые сваи с уже заполненными Roxap замковыми соединениями. Заполнение системой Roxap рекомендуется производить в чистых и сухих условиях (производственных помещений).



*Сооружение также служит ограждением для отсыпки загрязненного грунта.*



*Армокаркас железобетонного оголовка.*



*Для завершения сооружения поверху шпунтовой стенки возвели железобетонный оголовок с отбойниками и причальными тумбами.*



*Опалубка для железобетонного оголовка.*

## Гамбург | ГЕРМАНИЯ

### > Контейнерный терминал Альтенвердер

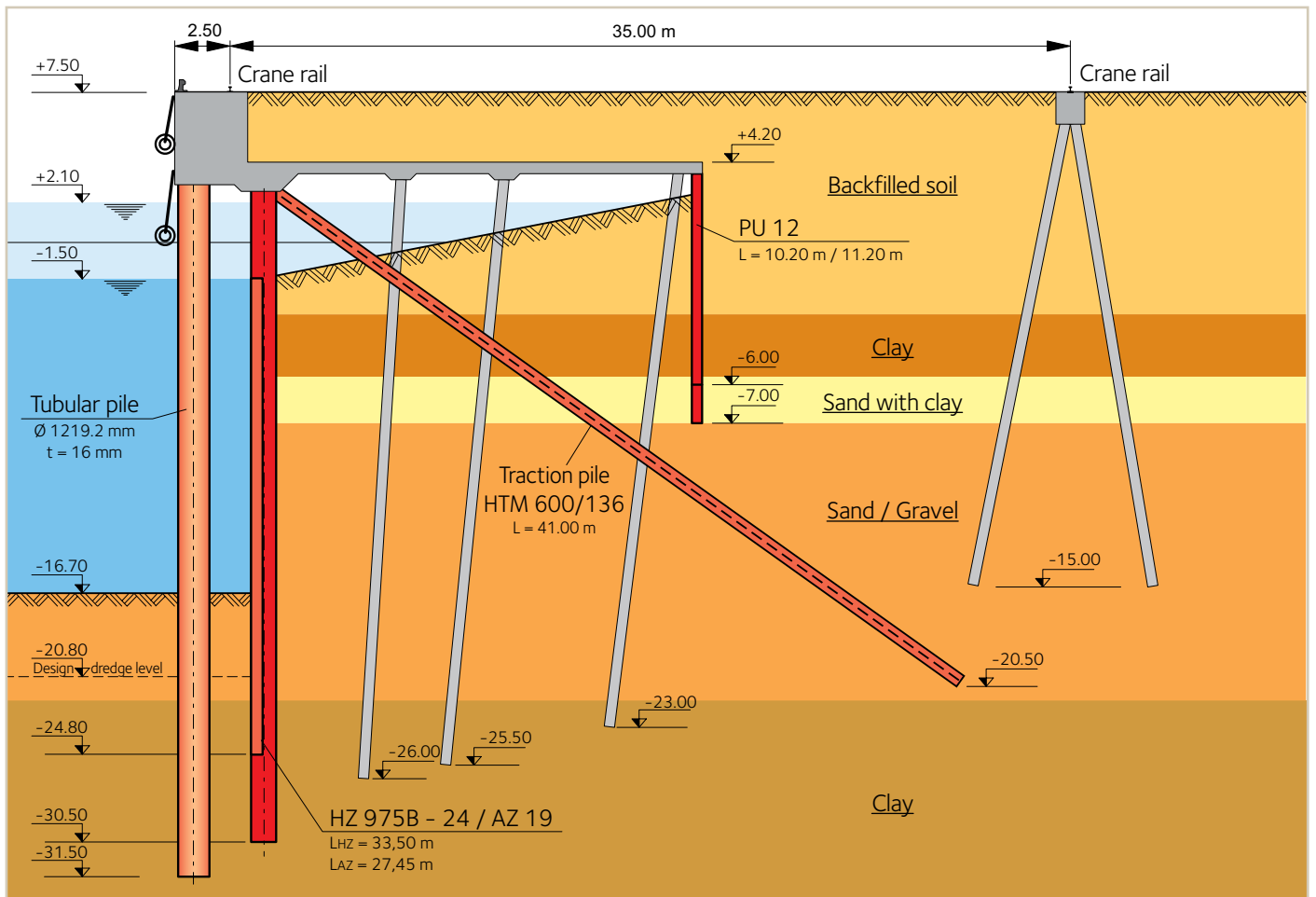
Крупнейший морской порт Германии, Гамбург, также является вторым по размерам контейнерным терминалом в Европе и входит в десятку крупнейших в мире. В условиях прогнозируемого роста портовых отгрузок в 1990 году власти порта Гамбурга приняли решение присоединить участок бывшей рыбацкой деревни Альтенвердер в 250 Га к своей территории. Предполагалось, что к 2003 году новый контейнерный терминал, построенный с использованием самых современных технологий, обеспечит максимальную эффективность при обработке контейнерных грузов. Проект Контейнерного терминала Альтенвердер был рассчитан на перевалку 1,9 млн TEU в год.

Для того, чтобы конструкция терминала Альтенвердера соответствовала требованиям портовой программы по защите от наводнений, было принято решение поднять отметку верха сооружения до +7,50 м для того, чтобы обеспечить непрерывность работы в условиях частых местных наводнений. Защитную насыпь, идущую непосредственно вдоль линии воды, перенесли за пределы площадки, чтобы освободить территорию для нового терминала. На следующем этапе углубили судоходный канал, чтобы обеспечить возможность подхода к причалам крупногабаритным судам при любых погодных условиях и любом уровне реки.

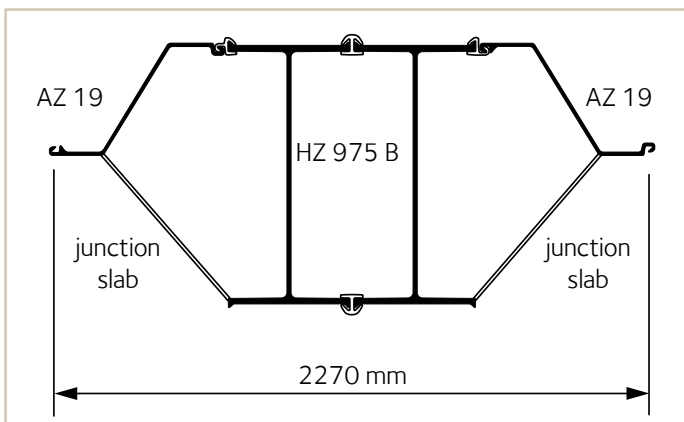
По результатам тендера, проведенного в рамках всего ЕС, в апреле 1999 началось строительство первой очереди причала. Помимо преобладающей экономической



Через новый контейнерный терминал Альтенвердер предполагается переваливать 1,9 млн TEU в год.



При высоте причальной стенки свыше 24 м новый контейнерный терминал сможет обслуживать суда класса супер постпанамакс.



Сдвоенные несущие HZ-сваи и промежуточные AZ-сваи доставлялись на площадку уже готовыми сборными элементами.



Трубы, установленные перед лицевой шпунтовой стенкой будут служить отбойными устройствами.

составляющей, одним из важных критериев размещения договора подряда были сроки строительства. В конце концов самым эффективным и экономически выгодным решением признали систему типа HZ/AZ производства компании ArcelorMittal. План расширения порта предполагал строительство четырех больших причалов, рассчитанных на прием и обработку контейнеровозов, общей протяженностью стенки 1400 м и глубиной дна 16,70 м.

Основные проектные решения, принятые для представленного выше поперечного сечения:

- Устройство разгрузочной плиты (для снижения давления грунта),
- Смещение лицевой шпунтовой стенки в сторону суши на 4 м (во избежание размыва грунтов),
- «Открытая» конструкция поперечного сечения сооружения (волногасящая камера),
- Устройство анкерных свай для обеспечения устойчивости сооружения и сокращения деформаций,
- Замена грунта (каменные пласты ледникового периода с валунами),
- Устройство отдельного фундамента под крановые пути (для снижения нагрузок).

Сложные грунтовые условия в основании дна перед причальной стенкой несет отпечаток ледникового периода с переменными характеристиками, что в свою очередь отразилось на проектных решениях. Наличие глинистого слоя с крупными валунами оказал значительное влияние на выбор способа установки.



Специально изготовленные под проект анкерные сваи типа НТМ 600/136 длиной 47 м погружали с помощью гидравлического ударного молота.



Устройство плиты разгрузочной эстакады поверх лицевой и задней шпунтовых стенок, стальных свай, работающих на растяжение, труб отбойников и бетонных свай.



Сборные элементы шпунтовой стенки поставили на площадку точно в срок.



Вследствие непростых грунтовых условий и с целью снижения уровня вибрации шпунтовые сваи погружали в выложенной бентонитом траншее.

#### Заказчик:

Freie und Hansestadt Hamburg,  
Hamburg Port Authority (HPA)  
Портовое управление Гамбурга)

#### Подрядчик:

Hochtief AQ, NL Tief- und Ingenieurbau  
Nord, Fr. Hoist GmbH & Co.

#### Шпунтовые сваи:

8500 т сдвоенных основных свай НЗ 975 В, Марка стали S 390 GP, L = 32,60 м – 33,40 м

1500 т промежуточных свай AZ 19, марка стали S 240 GP, L = 27,45 м

1120 т PU 12 противодиффузионный экран, марка стали 355 GP, L = 11,20 м

#### Анкерные сваи:

2300 т НТМ 600/136, L = 45,5 – 47,2 м, марка стали S 355 J2G3

Общее количество шпунтовых свай:  
11120 т

Нестандартный подход при установке шпунтовой стенки заключался в замене грунта от отметки  $-25,3$  м и выше вместо погружения шпунтовых свай сквозь различные слои песчаника, гравия, гальки и валунов. Стальные сваи устанавливали и погружали до проектной отметки в подготовленной бентонитовой траншее шириной  $1,20$  м. Строительный раствор добавили с целью предотвращения вымывания преобладающего мелкозернистого песка. При таком альтернативном способе установки уровень требуемой вибрационной мощности существенно сократился, что в свою очередь уменьшило вероятность негативного воздействия на близлежащие существующие сооружения.

Длина причальной стенки первой очереди строительства составляет  $955$  м. Она включает два причала для контейнеровозов по  $350$  м и причал для фидерных судов длиной  $100$  м. Альтенвердер может похвастаться самой высокой причальной стенкой в Германии с отметкой верха сооружения  $+7,50$  м и глубиной дна  $16,70$  м. В основе поперечного сечения причала комбинированная шпунтовая система HZ/AZ.

Система HZ/AZ контейнерного причала включает сдвоенные основные сваи HZ 975 В длиной до  $33,40$  м из марки стали S 390 GP в качестве несущих элементов, воспринимающих как горизонтальные нагрузки от давления грунта и воды, так и вертикальные нагрузки. Дополнительные плиты были приварены к нижней кромке основных HZ-свай с тем, чтобы увеличить их несущую способность. Функция промежуточных свай длиной  $27,45$  м (AZ 19 из марки стали S 240 GP) – удерживать грунт и распределять нагрузки на основные сваи.

Упругий момент сопротивления комбинированной стенки  $10330$  см<sup>3</sup>/м. Основные HZ-сваи HZ и промежуточные элементы AZ собирались вместе уже на заводе. За счет полученной большой ширины системы  $2270$  мм удалось значительно сократить сроки установки. За счет того, что отметка верха промежуточных AZ-свай ниже, чем у HZ-свай, песок мог вымываться из-под разгрузочной плиты эстакады. Компания ArcelorMittal доставляла все сваи на рабочую площадку согласно графику производства работ, оптимизировав таким образом задействованные складские площади.



Строение с обеих сторон завершается шпунтовой стенкой.



После заливки бетона разгрузочную плиту сверху засыпали 3,3-метровым слоем песка.



Тяжеловесные шпунтовые сборные элементы забивали на глубину 30,5 м с помощью ударного молота.

Каждый из сборных элементов весил порядка 22 тонн. Их вставляли в замок предыдущей установленной сваи и забивали до проектной отметки с помощью ударного молота. Земляные работы по устройству траншеи, заполненной бентонитом, и установка свай производились участок за участком. Пробное нагружение отдельной основной сваи перед началом строительных работ подтвердило необходимую несущую способность.

Разгрузочная плита опирается на сборные железобетонные сваи. Растягивающие усилия передаются на анкерные сваи длиной 47 м, закрепленные в плите верхнего строения посредством дисковых анкеров. Стальные анкерные сваи стыковали на рабочей площадке и погружали гидравлическим ударным молотом под уклоном 1:1,3 в грунт под платформой. Ввиду наличия существенных растягивающих усилий компания ArcelorMittal поставила специально изготовленные под требования проекта секции НТМ 600/136. Данные сваи отличаются высокими показателями долговечности в силу низкой подверженности воздействию коррозии. Строительство причала завершили сооружением задней водобойной/противофильтрационной стенки из шпунта типа PU 12 длиной 11,2 м в конце разгрузочной плиты.

Отбойники из стальных труб обустроили под оголовком причала перед стенкой из шпунтовых свай с шагом 3,59 м. Трубы длиной 30,8 м устанавливали краном на гусеничном ходу, погружали тяжелыми вибропогружателями, а затем забивали ударным молотом до проектной глубины 27,30 м. Чтобы увеличить вертикальную несущую способность к нижней кромке труб приваривали стальные открьлки/косынки. Некоторые трубы на рабочей площадке наращивали в длину до четырех метров. «Водяная подушка» между трубами и шпунтовой стенкой сводит к минимуму вымывание грунта в основании шпунтовых свай, которое может вызываться воздействием судовых винтов.

Работы по сооружению свайного основания (с трубами, шпунтовыми и анкерными сваями) были начаты в апреле 1999 года и закончены к декабрю 1999. Весь проект строительства терминала Альтенвердер был завершен весной 2001, при этом в ходе его реализации было использовано 16500 тонн стальной продукции производства компании ArcelorMittal.

# Гамбург | ГЕРМАНИЯ

## > Проект расширения причала Пределькай – Причал 1

Гамбург является одним из важнейших портов в мире, и к 2010 году объем перевалки грузов в нём оценивался в районе 14 млн TEU. То есть по сравнению с 8,5 млн TEU, обрабатываемых сегодня (2007?) на контейнерных терминалах, ожидался значительный рост. Ежегодно порт Гамбурга регистрирует рост порядка 15% в контейнерных перевозках и увеличение порядка 10% грузопотока в целом. В связи с этим было принято решение инвестировать около 1000 млн евро в развитие следующих четырех участков:

- **Контейнерный терминал Бурхардкай:**

Протяженность действующего причала: 2850 м. Глубина у причальной линии действующего причала: 16,5 м. Рост грузопотока с 2,6 млн TEU до 5 млн TEU за счет реорганизации территории и модернизации складской системы.

- **Контейнерный терминал Альтенвердер:**

Протяженность действующего причала: 1400 м. Глубина у причальной линии действующего причала: 16,7 м. В планах увеличение пропускной способности нового контейнерного терминала, сооруженного с использованием стальных шпунтовых свай, с 1,9 до 3 млн TEU.

- **Контейнерный терминал Толлерорт:**

Протяженность действующего причала: 395 м.

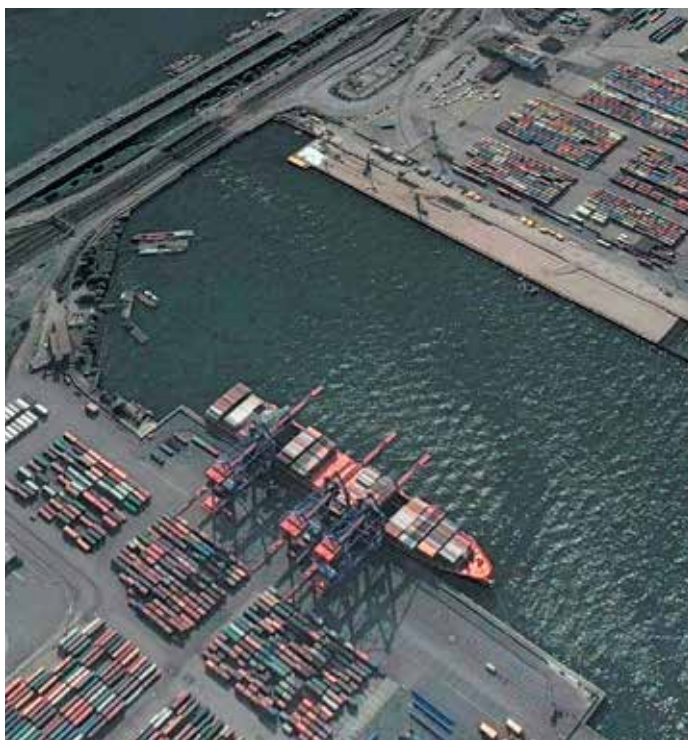
Расширение погрузочно-разгрузочного участка увеличит пропускную способность контейнерного терминала на 0,8 млн TEU и позволит таким образом достичь объема обработки в 2 млн TEU к 2011.

- **Контейнерный терминал Еврогейт – Пределькай:**

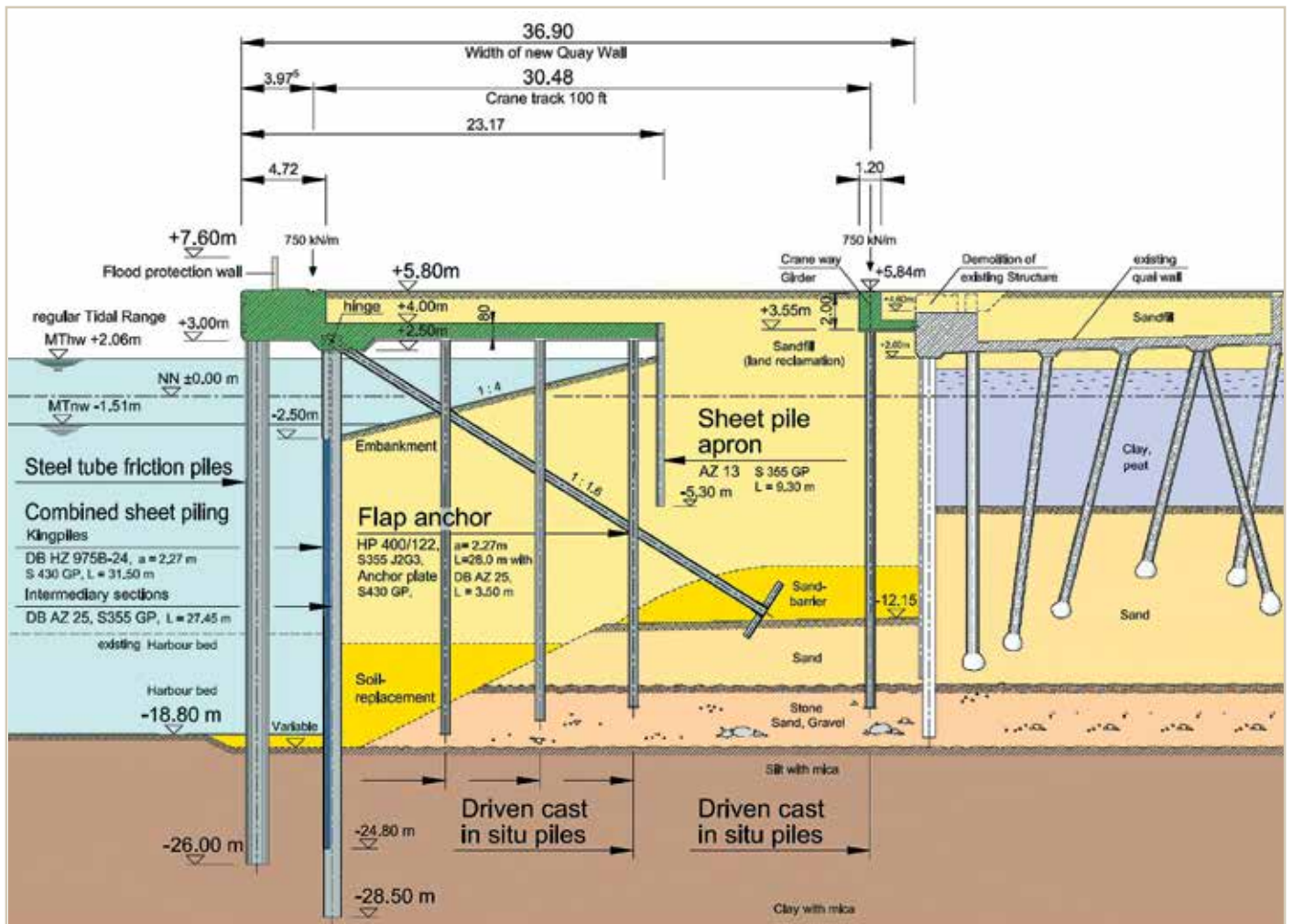
Протяженность действующего причала: 2100 м. Глубина у причальной линии действующего причала: 18,8 м. Расширение Причала 1 завершилось недавно. Проекты развития Причалов 2 и 3 в процессе реализации. Планируется завершить программу развития к 2008 году. Тогда вся протяженность причала Пределькай увеличится на 1035 м.

В планах дальнейшее развитие причала к западу по направлению к реке Эльбе, что позволит к 2010 году увеличить объемы обработки контейнеров с 2,6 млн до 4 млн TEU. Бюджет проекта строительства причала Еврогейт оценивается в 350 млн евро.

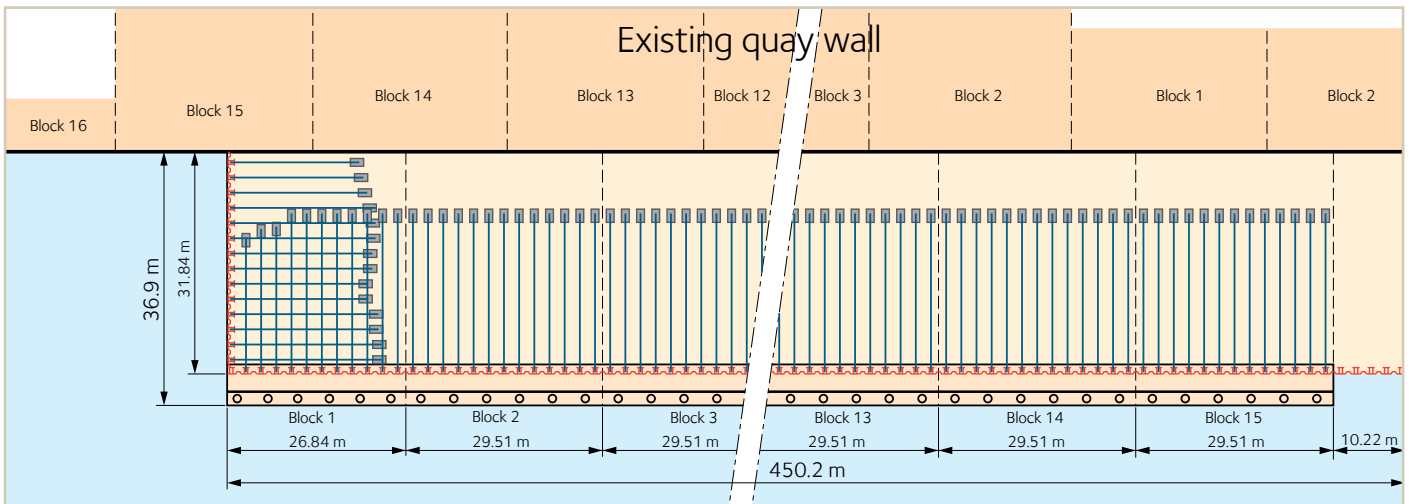
Официальное открытие терминала Еврогейт состоялось в ноябре 2005 по завершении первой очереди программы модернизации, продлившейся 18 месяцев. В настоящее время на терминале могут принимать и обслуживать крупногабаритные контейнеровозы благодаря тому, что на причале установлены крупнейшие в Европе контейнерные краны.



К 2010 году на причале Пределькай будет обрабатываться ежегодно более 4 млн TEU.



Причальная стенка выполнена из сверхпрочной шпунтовой системы HZ 975 В – 24 / AZ 25.



Протяженность Причала 1450,2 м. Глубина - 18,8 м.



Новую шпунтовую стенку Причала 1 возвели перед старой причальной стенкой на расстоянии 36,9 м.





Установка шпунтовой стенки велась с самоподъемной платформы.



Направляющий кондуктор для сдвоенных HZ-свай.



Скользкий направляющий механизм типа «салазки», установленный на нижний конец HZ-свай.



Погружение HZ-свай выполнялось с использованием двухуровневого кондуктора.

Программа модернизации Причала 1, протяженность которого составляла 450 м, включала сооружение новой причальной стенки высотой 24,6 м, установленной перед существующей стенкой на расстоянии 37 м. Строительство шпунтовой стенки велось участками по 29,51 м в длину. Первый строительный блок с восточного края причала был длиной 26,84 м и соединялся со старым строением под прямым углом. Западный край временно присоединен к Причалу 2, на котором велись работы по расширению. При сооружении временной стенки использовали комбинированную шпунтовую систему.

Причальная стенка Пределькай (Причалы 1-3) в порте Вальтерсхофер будет построена путем устройства шпунтовой стенки перед уже существующей стенкой также из шпунта. Портовое управление Гамбурга уже не раз прибегало к такому решению в других проектах модернизации. Метод, также известный как «Гамбургское решение», подразумевает установку ряда отбойных трубных свай и полуоткрытой лицевой стенки из шпунтовых свай с бетонным оголовком поверху и защитной стенкой от наводнений. Все монтажные работы производятся с самоподъемной платформы. Шпунтовые сваи и анкера доставляются баржей.

Перед началом строительных работ провели исследования залегающих грунтов. Результаты показали наличие камней ниже текущей отметки портового дна, что могло усложнить процесс погружения шпунтовых свай. Поэтому было принято решение о замене грунта на месте проведения работ: произвели выемку песка, отфильтровали, произвели обратную засыпку. В процессе были высечены камни диаметром свыше 63 мм. На более глубоких отметках наличие илистых и глинистых грунтов существенно затруднило погружение, тем не менее сваи были погружены.

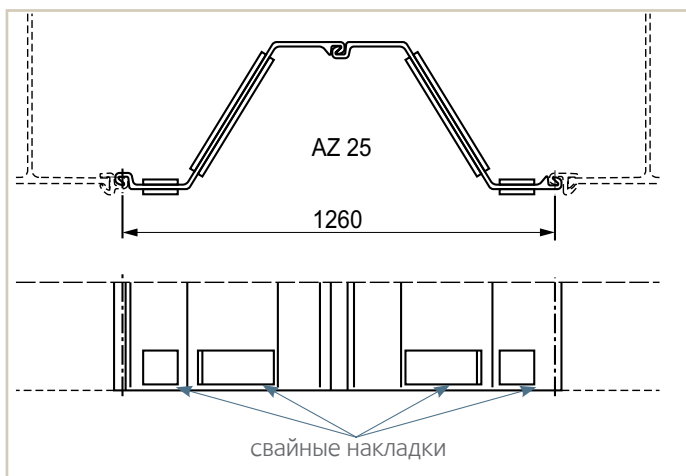
Для подпорной стенки была выбрана комбинированная шпунтовая система типа HZ 975 B – 24/AZ 25. В качестве основных/несущих элементов были сдвоенные сваи HZ 975 B из высокой марки стали. Двойные основные сваи погружали через равные промежутки 2,27 м на глубины от 28,5 м до 29,5 м с помощью гидромолота. На первых участках гидравлический молот IHC S-90 справлялся с погружением без отказов. Начиная с четвертого участка показатели когезии в нижних илистых и глинистых слоях оказались слишком высокими для этого молота. Поэтому произвели замену на молот IHC S-280, мощнейший погружатель из когда-либо применявшихся в порту Гамбурга, выдающий своим 13,5-тонным копром усилие в 280 кНм на удар.

При установке комбинированной шпунтовой стенки компания ArcelorMittal рекомендует применять так называемый «Шаг пилигрима» с использованием двухуровневого кондуктора. Подрядчик же прибегнул к альтернативному методу: стандартный кондуктор, установленный на самоподъемной платформе использовался для направления верхнего конца HZ-свай, а нижний конец направлялся специальными «салазками», обеспечивающие соблюдение корректного, заранее определенного интервала между HZ-сваями. Несмотря на отказ от применения «Шага пилигрима», подрядчик успешно провел погружение свай.

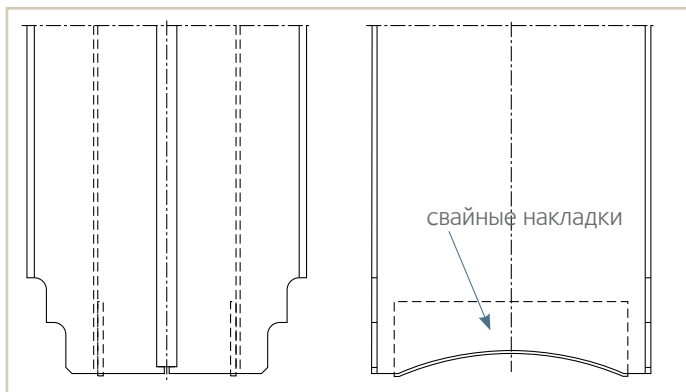
Нижние концы HZ и AZ свай для погружения сквозь твердые слои грунта было решено усилить. Стенки сдвоенных свай HZ 975 усиливались накладками толщиной 15 мм с выполнением на них сводчатых вырезов. С помощью



Подъем HZ-свай для их установки в направляющий кондуктор.



Усиление нижнего конца AZ-свай стальными накладками толщиной 15 мм.



Башмак типа «нож» на нижнем конце HZ-свай для упрощения погружения свай в твердые слои грунта.



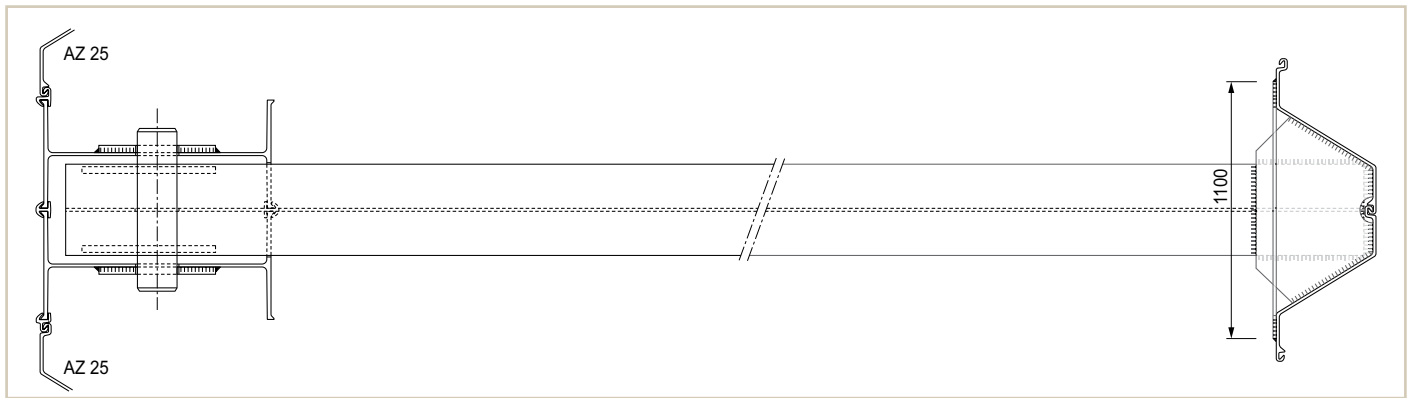
В силу крайне сложных грунтовых условий было принято решение о предварительном бурении для того, чтобы облегчить установку AZ-свай.

ступенчатых надрезов на полках дополнительно снижали сопротивление при погружении. Двойные сваи AZ 25 с обеих сторон усиливали стальными накладками толщиной 15 мм. Промежуточные AZ-сваи погружали на глубину 24,8 м между основными HZ-сваями, установленными в первую очередь. Для погружения AZ-свай было принято решение о предварительном бурении. Сваи AZ сначала погружали до отказа вибропогружателем, а затем до проектной глубины забивали ударным молотом. Для формирования естественной эрозии грунт под разгрузочной плитой верхнего строения каждая вторая промежуточная AZ-свая подрезалась на необходимую длину. Верхние 2,5 м замков этих AZ-свай обрезали на заводе-изготовителе, что свело необходимость выполнения огневой резки на рабочей площадке к минимуму.

Анкерная система причала Пределькайк включает HP-сваи с приваренной сдвоенной AZ-сваей на нижнем конце в виде «якоря». Длина HP-свай от 28 до 34 м. Анкерная свая и лицевая стенка соединяются шарнирно, через шпильку. Система не только способна воспринимать высокие растягивающие усилия, но и может монтироваться там, где ожидаются очень сложные условия установки. Сборные анкера, состоящие из свай типа HP 400/122 (из марки стали S 355 J2G3) и жестких двойных свай типа AZ 25 (из марки стали S 430 GP), на рабочую площадку доставляли баржей.

Грунтовый анкер поднимался краном в горизонтальное положение. Анкер крепили к лицевой стенке шарнирным соединением. Вибропогружатель устанавливали на свае «якоря» перед опусканием системы на дно. По достижении угла в  $32^\circ$  вибропогружатель запускали и погружали шпунтовую сваю в грунт, убедившись в том, что она не сместится при обратной засыпке. Для облегчения установки анкеров и предотвращения заклинивания вибропогружателя на голове AZ-свай делали два надреза. Система установки анкеров под уклоном сработала безукоризненно даже с восточного угла причальной стенки, где анкера лицевой и боковой стенок пересекались.

Для того, чтобы свести к минимуму проблему размыва грунта от воздействия судовых винтов, перед причальной стенкой становили стальные трубы диаметром 1220 мм. В ходе последующих этапов строительства всю территорию позади новой причальной стенки отсыпали песком. Речной песок из Эльбы, доставленный землечерпательными снарядами, насыпали позади лицевой стенки, при этом надежно фиксируя анкерную систему и создавая условия для бетонирования верхнего строения причальной стенки в сухих условиях.



Эскиз грунтового анкера: шарнирное крепление к лицевой стенке с использованием шпильки, анкерная HP-свая, приваренный «якорь» из шпунта типа AZ25.



Кран поднимает сборные анкерные сваи для установки в проектное положение.



Установка вибропогружателя на «якорь» до установки грунтового анкера.



Установка анкерной системы с помощью вибропогружателя.



Два надреза на полке AZ-сваи для предотвращения заклинивания вибропогружателя.



Под углом 32° включили вибропогружатель для безопасной установки анкера.



Шпилька диаметром 170 мм образует ось анкерной системы.



«Якорь» из сваи AZ 25 длиной 3,5 м передает растягивающие усилия на грунт обратной засыпки.



Каждая двояная HZ-свая была сопряжена со свайей HP 400 x 122, работающей на растяжение.



Угловые грунтовые анкера устанавливали с особой тщательностью, поскольку они пересекались на разных уровнях.



Стальные трубчатые сваи для восприятия вертикальных нагрузок и защиты от размыва грунта у причальной стенки.

Вертикальные нагрузки на Причале 1 Пределькай частично воспринимаются стальными трубами и лицевой шпунтовой стенкой, а частично железобетонными сваями с внутренней стороны причала. Три ряда железобетонных свай диаметром 510 мм воспринимают нагрузки от бетонных плит верхнего строения. Плиты верхнего строения выполняют разгрузочную функцию, и позволяют выбрать более легкие секции для лицевой шпунтовой стенки. Вдоль задней грани разгрузочной плиты погрузили шпунтовые сваи типа AZ 13-10/10 из марки стали S 355 GP до отметки -5,3 м. Эти шпунтовые сваи выполняют функцию удержания грунта. Ряд железобетонных свай воспринимает нагрузки от тыловых крановых путей, расположенных непосредственно перед бывшей причальной стенкой.



Разгрузочная бетонная плита верхнего строения, выполненная на отметке +3 м, позволила включить в проект более экономичные шпунтовые секции.





Несущие элементы конструкции причала включают шпунтовые сваи, стальные трубы, анкера, работающие.

## Общая схема поэтапного строительства Причала 1

### • Этап 1:

Выемка грунта с каменными породами экскаватором, размещенном на самоподъемной платформе. Просеивание грунта через фильтр. Погрузка отфильтрованного песка на баржу.

### • Этап 2:

Выгрузка песка в месте расположения будущего причала.

### • Этап 3:

Погружение с платформы HZ-свай гидравлическим молотом, закрепленном на кране. Погружение свай до глубин порядка 22м выполнялось молотом типа IHC S-90. Выполнение предварительного бурения скважин диаметром 360 мм ввиду сложных грунтовых условий. Забивка HZ-свай до проектных отметок выполнялась молотом IHC S-280.

### • Этап 4:

Предварительное бурение скважин диаметром 600 мм перед забивкой промежуточных свай типа AZ25 с помощью гидравлического молота.

### • Этап 5:

Установка анкерной системы: подъем сборного анкера, фиксация в лицевой стенке, погружение «якоря». Погружение стальных труб для защиты дна от размыва.

### • Этап 6:

Обратная засыпка территории между новой и старой шпунтовыми стенками.

### • Этап 7:

Погружение железобетонных свай диаметром 510 мм и шпунтовых свай типа AZ13-10/10 в тыльную стенку. Максимальная несущая способность каждой железобетонной сваи 2500 кН.

### • Этап 8:

Установка железобетонной плиты верхнего строения. Устройство «окон» в промежуточных AZ-сваях лицевой шпунтовой стенок до отметки -2,5 для формирования короба волногасящей камеры.

#### Заказчик:

Freie und Hansestadt Hamburg, Hamburg Port Authority (HPA)  
(Портовое управление Гамбурга)

#### Проектировщик:

– KMT Ingenieurgesellschaft mbH, Гамбург  
– Hochtief Construction AG, Гамбург  
– F+Z Baugesellschaft mbH, Гамбург

#### Подрядчик:

– Hochtief Construction AG, Гамбург  
– F+Z Baugesellschaft mbH, Гамбург  
– Aug. Prien Bauunternehmung, Гамбург

#### Марка стали:

S 430 GP, S 355 GP

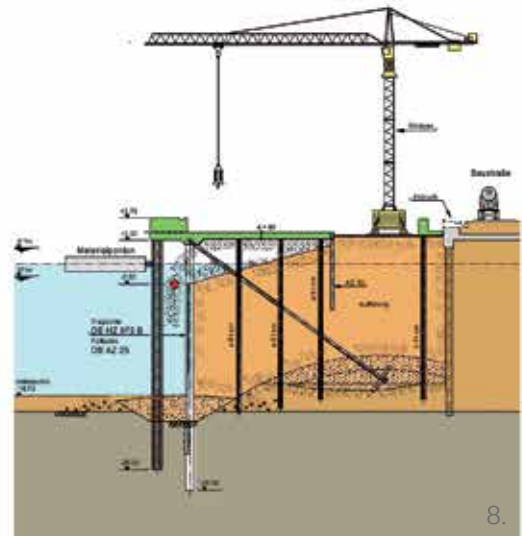
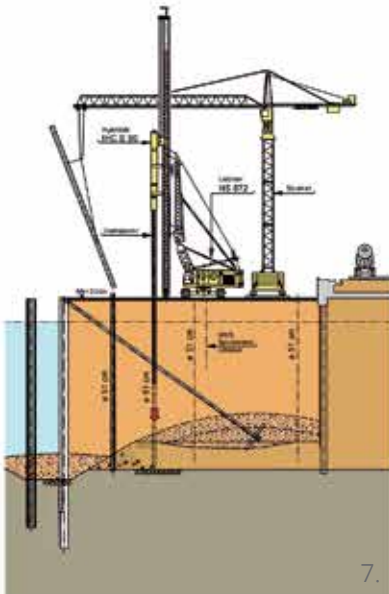
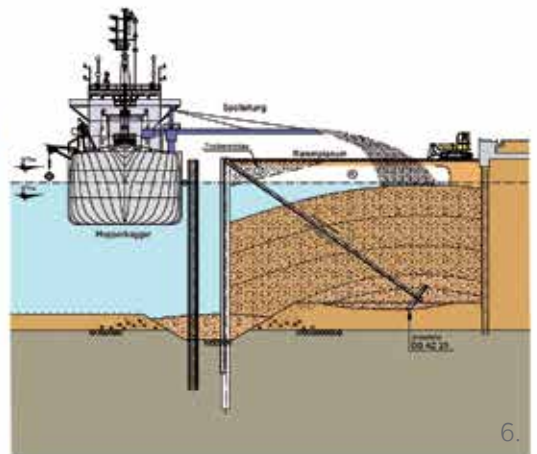
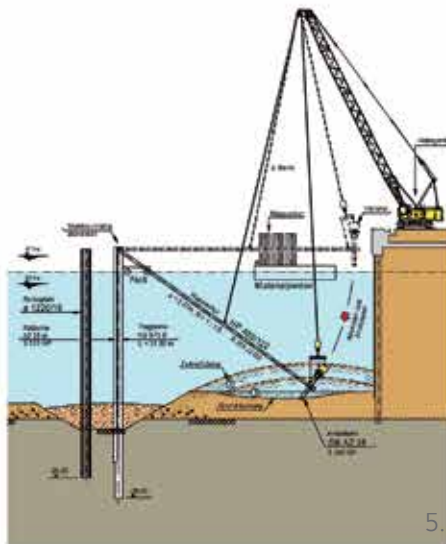
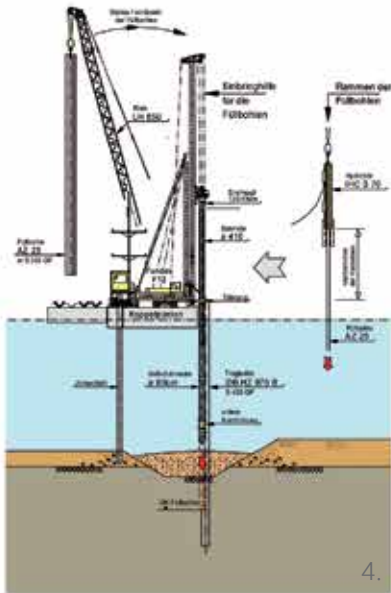
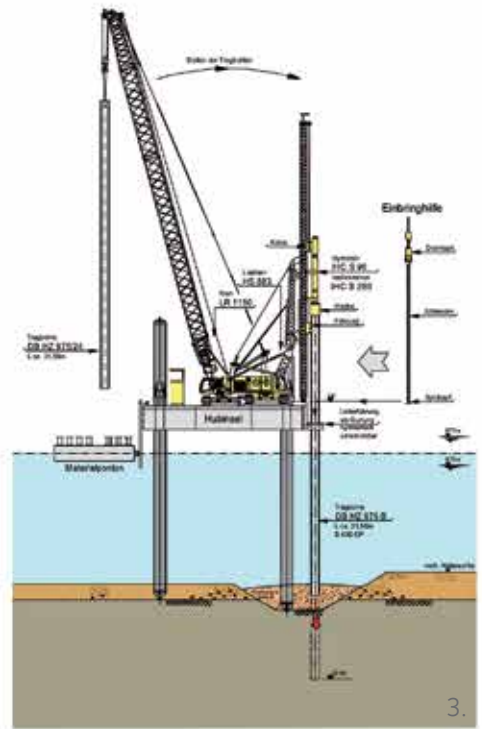
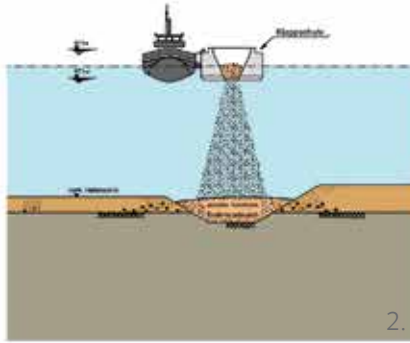
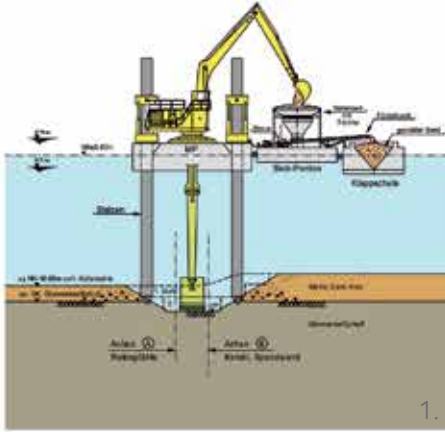
#### Шпунтовые сваи:

HZ 975B – 24/ AZ 25  
3740 т HZ 975 B – 1470 т AZ 25 &  
AZ 13-10/10 – 910 т анкеров HP 400/122

#### Общее количество шпунтовых свай:

6120 тонн

# Общая схема поэтапного строительства Причала 1



## Специя | ИТАЛИЯ

### > Программы портового развития

Город Специя расположен на полпути между Генуей и Пизой в той части страны, где сосредоточено наибольшее количество портов. Среди таких портов, например, Генуя, Савона, Ливорно и Специя, через которые суммарно ежегодно переваливают свыше 100 млн тонн грузов. Именно отсюда промышленный север Италии отправляет на экспорт свою продукцию.

История причалов Маласпина и Гарибальди берет начало еще с конца 19 века. Портовым причальным сооружениям в ходе Второй мировой войны был нанесен серьезный урон. Портовые власти города Специя поэтому должны были инвестировать внушительные суммы в реконструкцию поврежденных сооружений.

На сегодняшний день суммарная протяженность причалов достигает 5300 м, на которых возможна обработка контейнеровозов последнего поколения с осадкой до 14,5 м. Различные терминалы Специи обрабатывают разные виды грузов: контейнеры, уголь, нефтепродукты, цемент, зерновые, растительные масла и пр. Контейнерные причалы порта предлагают для швартовки 1500 м. Портальные краны

«Gottwald» грузоподъемностью до 100 тонн обслуживают 260.000 м<sup>3</sup> контейнерных складов.

По результатам исследований, которые прогнозировали рост грузопотока, превышающий текущую пропускную способность, в 1995 году запустили программу модернизации портов, в целях которой было развитие и расширение терминалов Равано, Маласпина и Гарибальди. В 2004 году в порте Специя обработали чуть более 1 млн TEU, что на 3,4% превысило показатели перевалки годом ранее. В рамках программы модернизации потребовалась установка 27500 тонн стальных шпунтовых свай на следующих участках порта:

#### 1. ПИРС ГАРИБАЛЬДИ: 9.000 т комбинированной системы HZ/AZ

Эффективную работу пирса обеспечивают три причала, протяженность которых 510 м на западе и 360 м на востоке. Разрешенная осадка у пирса Гарибальди до 12 м. Пирс Гарибальди – самый крупный в порте Специи, располагает



*В связи с прогнозируемым увеличением грузопотока порт Специи в настоящее время модернизирует ряд терминалов.*



Через порт Специи проходит большая часть контейнерных грузов, отправляемых промышленными предприятиями северной Италии.



На 11 проектах в Специи использовали 27.500 тонн стальных шпунтовых свай.

несколькими порталными кранами грузоподъемностью 12 т и 4 мобильными кранами грузоподъемностью до 100 т. Крытые складские площадки общей площадью 4300 м<sup>2</sup>, включающие помимо прочего огромный зерновой комплекс и цементный бункер, обслуживают различные виды грузов таких как лесоматериалы, уголь и металлопродукцию.

Для достижения значений осадок судна до 12м была возведена новая шпунтовая стенка на расстоянии 40м от уже существующей стенки гравитационного типа. Шпунтовая стенка, выполненная из комбинированной системы типа HZ/AZ, имела П-образную форму (три грани).

Для лицевой стенки первого участка, ближайшего к берегу, выбрали систему HZ 975С- 12/AZ 18 с упругим моментом сопротивления 7360 см<sup>3</sup>/м. Основные HZ-сваи и промежуточные AZ-сваи поставлялись длиной 24 м и 18 м соответственно.

Следующим этапом строительства после установки стальных шпунтовых свай была отсыпка территории между новой

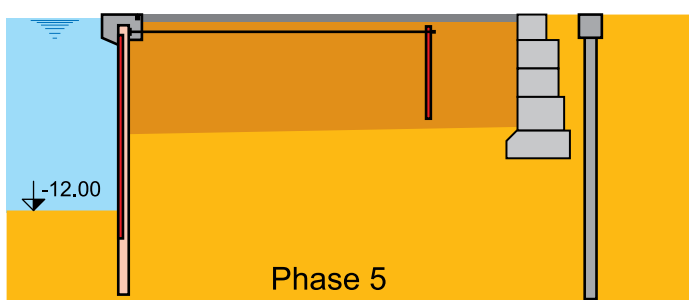
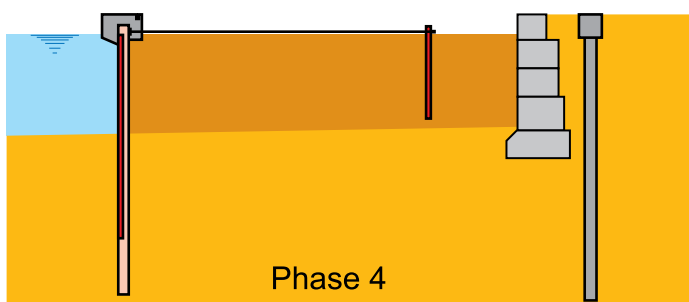
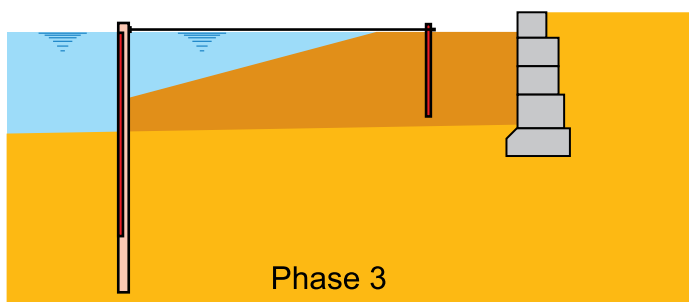
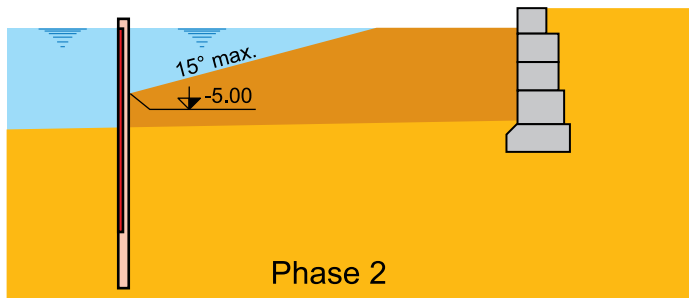
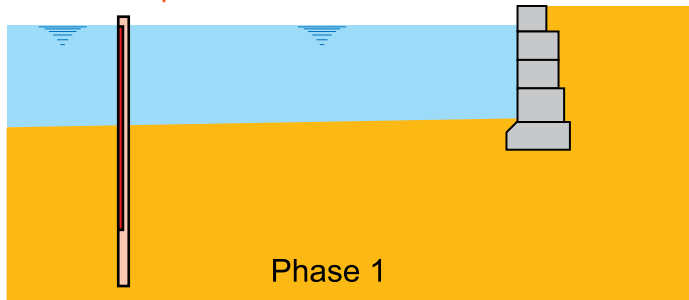
и старой причальными стенками. Вдоль существующей причальной стенки отсыпку выполнили до отметки верха свай новой шпунтовой стенки. Вдоль новой шпунтовой стенки отсыпка выполнялась только на половину, что позволило снизить нагрузки и, как следствие, деформации на стенку до момента установки анкерной стенки и анкерной системы.

На следующем этапе строительства погружали шпунт AZ 26 длиной 8 м в заднюю анкерную стенку. Все шпунтовые сваи, использованные в проекте на пирсе Гарибальди, прокатаны из высокопрочной марки стали S 390 GP. Анкерные тяги, установленные вслед за анкерной стенкой, были изготовлены компанией Anker Schroeder в Дортмунде, Германия. Анкерные тяги с резьбой 3.75", диаметром 75 мм и длиной 25 м устанавливались с шагом 1,79 м.

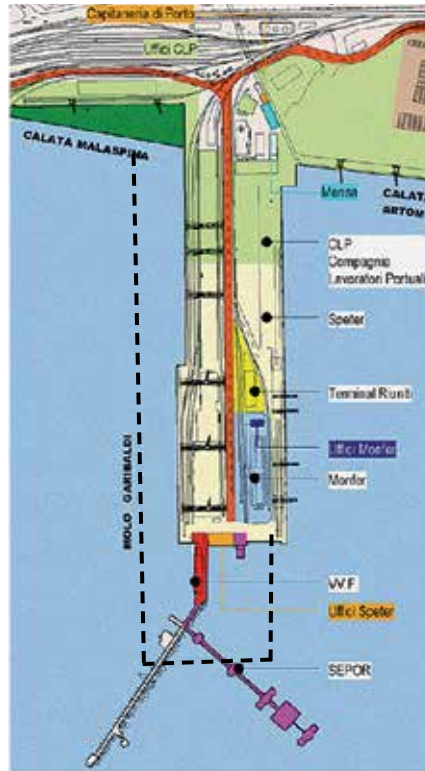
Для крепления тяг на лицевой стенке использовались соединительные пластины, а со стороны анкерной стенки использовался распределительный пояс из UPN 400. Тяги спроектированы с расчетом воспринимать рабочие нагрузки до 839 кН.



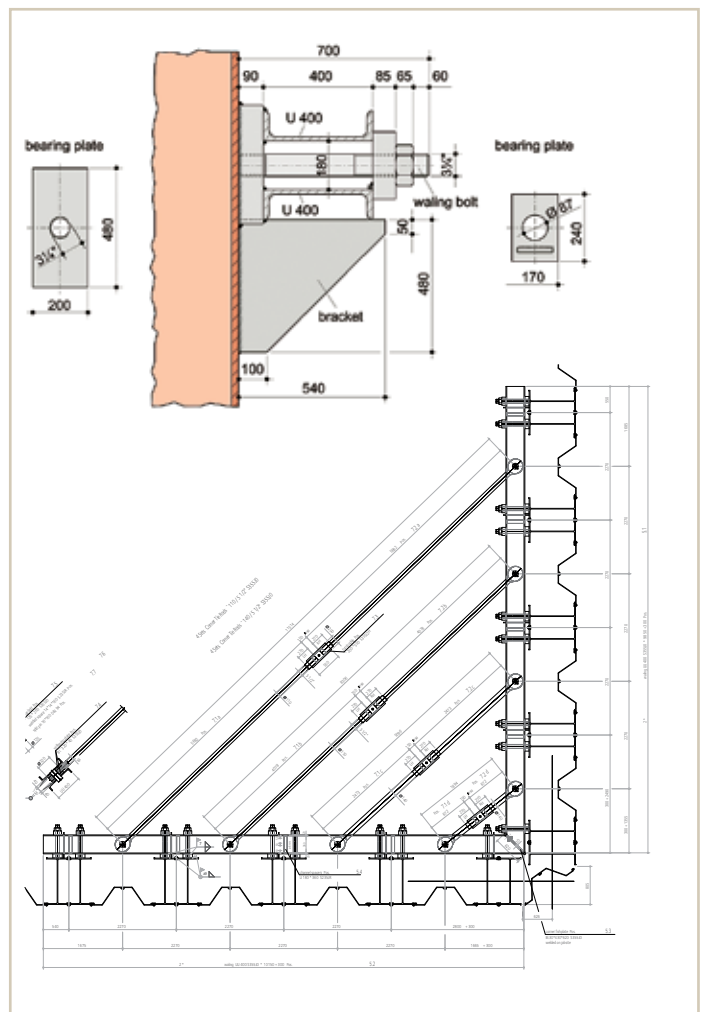
## Этапы строительства



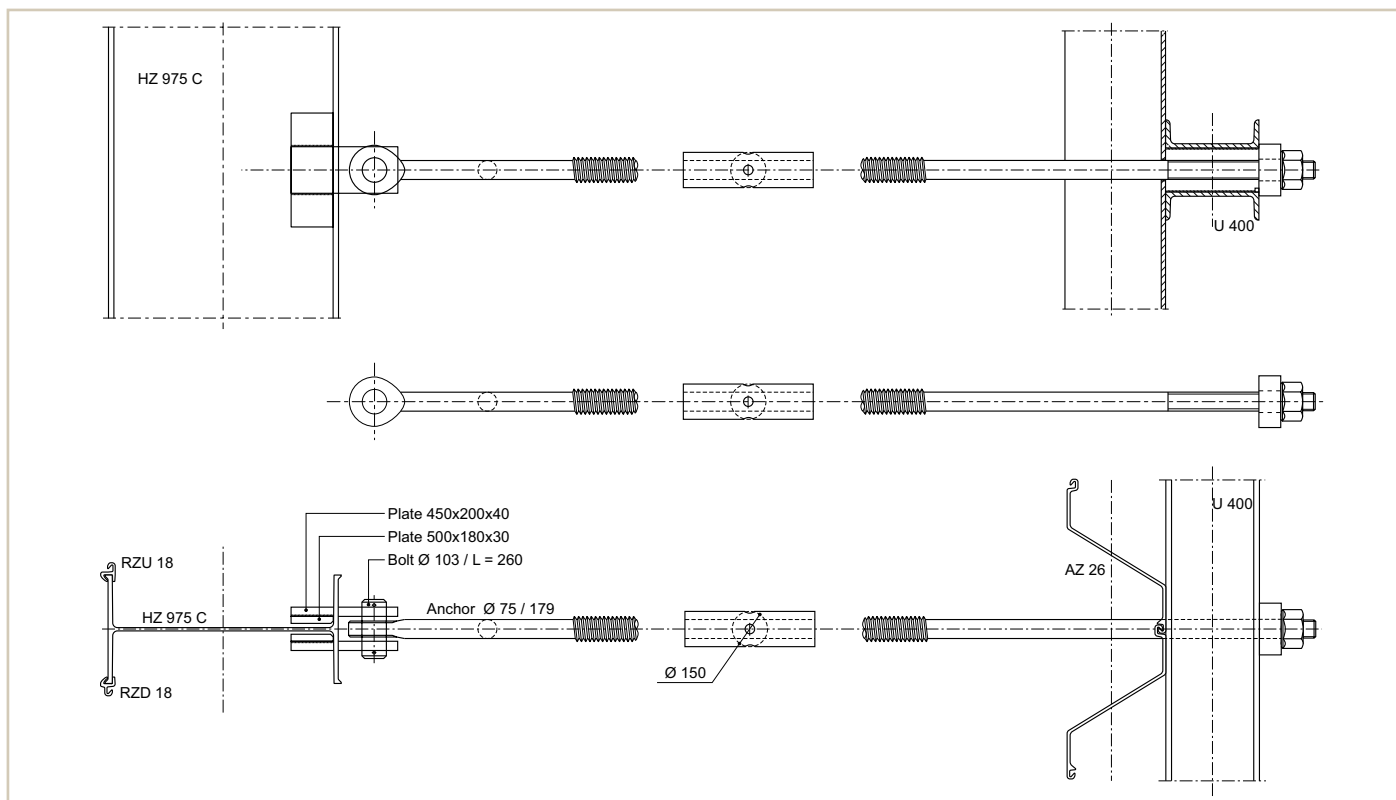
Новую причальную стенку П-образной формы соорудили вокруг существующего терминала.



Новую причальную стенку П-образной формы соорудили вокруг существующего терминала.



Анкерная система – Детали углового соединения.



В проекте применялись два типа анкерных тяг с высаженными концами в зависимости от выбранной HZ/AZ системы.

Далее от берега для строительства второго и третьего участков использовали более мощные комбинированные HZ/AZ-системы: HZ 975 B – 24/AZ 18 для лицевой стенки с несущими сдвоенными HZ-сваями длиной 27 м и промежуточными секциями AZ 18 длиной 22 м. Упругий момент сопротивления системы  $W_x = 10840 \text{ см}^3/\text{м}$ . Для анкерной стенки использовались двойные сваи типа AZ 36 длиной 9 м. Ввиду большей ширины системы (2,27 м), применяли более мощные анкерные тяги с высаженными концами и рабочей нагрузкой до 1250 кН. Тяги были длиной 33 м, диаметром 90 мм и с резьбой 4.5".

Сразу после установки анкерных тяг территорию позади новой лицевой шпунтовой стенки заполнили обратной отсыпкой. На завершающем этапе установили бетонный оголовок и углубили дно до глубины  $H = 12 \text{ м}$ .

## 2. Маласпина – многопрофильный причал, в основном обрабатывающий контейнерные грузы

Многопрофильный причал длиной 200 м и глубиной 10 м оборудован 4 кранами и используется под накатные грузы типа PO-PO. Складская площадь 2500 м<sup>2</sup>. Под управлением компании Compagnia Lavoratori Portuali.



Пирс Гарибальди (допустимая осадка судов до 12м) – крупнейший пирс в порте Специи.

## 3. ПИРС РАВАНО: Комбинированная система HZ/AZ – 4000 тонн

Контейнерный терминал под управлением компаний La Spezia Container Terminal (Contship Italy Group) и Terrestre Marittima. Причальная линия длиной 300 м, глубиной 11 м, три полосы ж/д путей, склад 40000 м<sup>2</sup>.

## 4. ТЕРМИНАЛ КАНТЬЕРИ ДЕЛЬ ГОЛЬФО: Комбинированная система HZ/AZ – 4000 тонн ПРИЧАЛ ТАРРОС: Комбинированная система HZ/AZ – 500 тонн

Терминал Гольфо расположен рядом с причалом Равано, имеет протяженность причальной стенки 310 м, глубину 12 м и специализируется на обработке контейнерных и накатных грузов. Терминал Таррос рассчитан на пассажирские перевозки. Причалы также оборудованы 7 стыковочными системами для накатных грузов типа PO-PO.

## 5. Морская база IMMA: шпунт AZ – 500 тонн

## 6. Яхтенный причал ПОРТО ЛОТТИ: шпунт AZ – 3500 тонн



Маласпина – многопрофильный причал, в основном обрабатывающий контейнерные грузы.



- 7. Верфь ФЕРРАРИ: шпунт AZ – 250 тонн
- 8. ФИНКАНТЬЕРИ: шпунт AZ – 600 тонн
- 9. Верфь ВАЛЬДЕМАРО: шпунт AZ – 250 тонн
- 10. Причал ГРАЦИИ: шпунт AZ – 500 тонн
- 11. Причал ФЕРРЕТТИ: шпунт AZ – 2600 тонн

Группа компаний Ферретти является мировым лидером в области проектирования и строительства моторных яхт класса люкс и спортивных катеров. Компания инвестировала 26 млн евро в строительство судостроительной верфи в северной

части Тирренского моря в порте Специи. Строительство верфи началось в мае 2003 года и по графику завершилось в 2006 году. Ряд существовавших строений был демонтирован для сооружения новых ангаров, административных зданий и пирса длиной 400 м. Территория верфи площадью 15000 м<sup>2</sup> в восточной части порта в настоящее время уже функционирует.

Новая судостроительная верфь была построена с использованием шпунтовых свай зетового профиля из марки стали S 390 GP. Лицевая стенка выполнена из шпунта типа AZ 36 длиной от 19 до 24 м.



Благодаря использованию комбинированной системы HZ/AZ глубина нового причала достигает 10 м.



Владелец Причала Ферретти – группа компаний Ферретти, занимающаяся проектированием и строительством моторных яхт класса люкс.

Для анкерной стенки использовались сваи типа AZ 18 длиной 8 м. Для установки шпунтовых свай применяли вибропогружатель РТС и кондуктор (направляющая рама). 21 угол причального комплекса сформирован с использованием угловых секций С9, С14 и Omega 18, приваренных к шпунтовым сваям. Некоторые причальные стенки достигали 92 м длиной, а некоторые – всего 7,5 м.

Все двойные шпунтовые сваи типа AZ 36 и AZ 18, включая специальные сваи с угловыми секциями, поставлялись железной дорогой с завода-изготовителя в Люксембурге до рабочей площадки в порте Специи. При сооружении причала Ферретти также применяли герметизирующую систему. Систему Roxap, расширяющуюся при контакте с



Новый пирс протяженностью 400 м будет завершен к 2006 году с использованием шпунтовых свай типа AZ 36 и AZ 18.



Установка шпунтовых свай типа AZ с помощью кондуктора.



Было погружено 2600 т шпунтовых свай типа AZ 36 длиной 24 м и AZ 18 длиной 8 м.

### Причал Гарibaldi

Заказчик: Condotte d'Acqua Spa

Марка стали: S 390 GP

#### Шпунтовые сваи:

- Лицевая стенка участок 1: HZ 975 C, L = 24 м & AZ 18, L = 18 м
- Анкерная стенка участок 1: AZ 26, L = 8 м
- Лицевая стенка на участках 2 & 3: сдвоенные HZ 975 B, L = 27 м & AZ 18, L = 22 м
- Анкерная стенка на участках 2 & 3: AZ 36, L = 9 м

Общее количество шпунта:  
9000 тонн

### Причал Ферретти

Заказчик: Ferretti Group

Проектировщик:  
Studio Manfroni e Associati

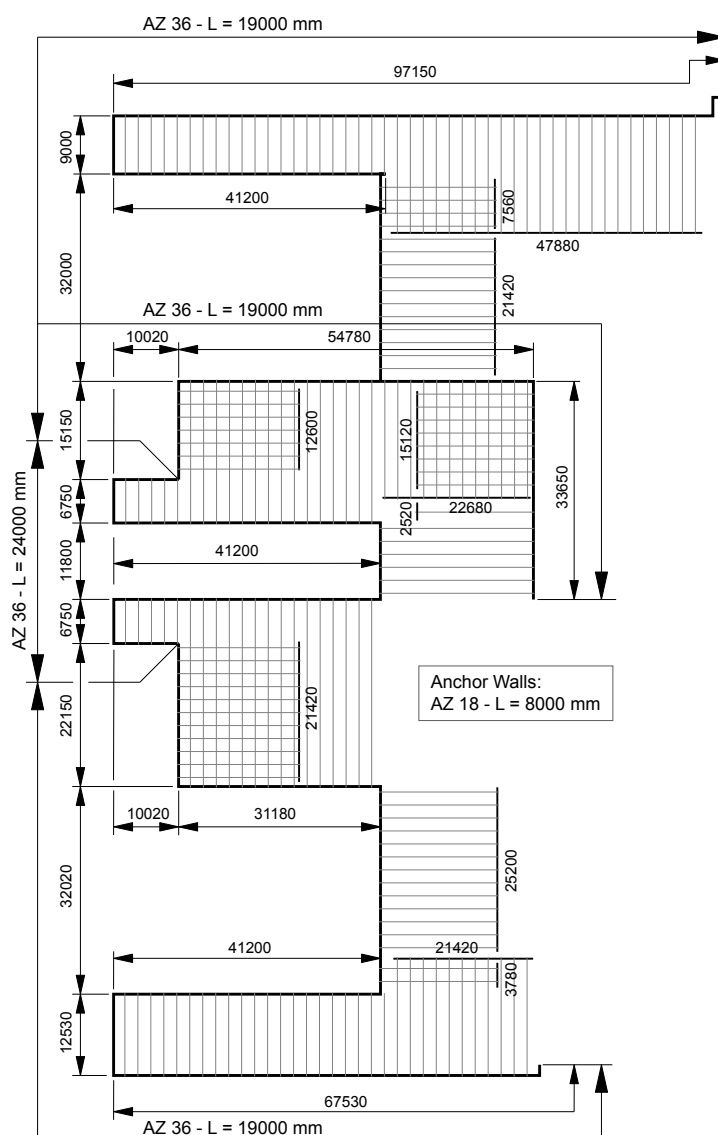
Подрядчик: Asmar (Равенна)

Марка стали: S 390 GP

#### Шпунтовые сваи:

AZ 36, L = 19 – 24 м AZ 18, L = 8 м

Общее количество шпунта:  
2600 тонн



План свайного основания причального комплекса насчитывает 21 угол поворота причальной стенки с использованием специальных угловых секций.



Погружение шпунта выполнено с использованием вибропогружателя РТС и направляющего кондуктора.



Замковые соединения свай были заполнены герметизирующим наполнителем Roxap, расширяющимся при контакте с водой.

водой, наносили в замковые соединения в условиях цеха в Люксембурге. У системы Roxap, в основе которой уретановый преполимер, прекрасные характеристики долговечности, и она выдерживает давление воды на глубинах до 25 м.

При погружении шпунтовых свай с герметизирующим наполнителем Roxap подрядчик должен уделять особое внимание тому, чтобы система не начала расширяться до установки. Во время транспортировки и хранения необходимо избегать контакта замковых соединений с наполнителем Roxap с водой. Нежелательного расширения наполнителя

можно избежать, как правило, при складировании свай с обработанными замками лицевой частью вниз.

При погружении свай с герметизирующим наполнителем в направляющем замке не должно быть перерывов в работе более 2 часов. Иначе расширяющийся герметик может оторваться при возобновлении погружения.

## Мерсин | ТУРЦИЯ

### > Проект развития порта

Мерсин расположен в Турции на юго-восточном побережье Средиземного моря. В тендере на проведение модернизации в Морском порте выгрузки Мерсина участвовали несколько международных подрядных организаций. Результаты тендера были объявлены в сентябре 2002 года, а все строительные работы по проекту были завершены уже в конце 2005 года, спустя всего два года после начала строительства.

Для того, чтобы обеспечить возможность швартовки крупногабаритных судов и установки новых контейнерных кранов, модернизировали как действующий причал, в основе которого были тяжелые подводные бетонные блоки, так и зону сортировки. Глубину дна увеличили вдвое – до 12 м. На расстоянии 12,2 м перед существующим причалом возвели стенку из стальных шпунтовых свай общей протяженностью 624 м. Территорию между старой и новой стенками отсыпали камнем. Шпунтовые сваи погружали в глину с показателями когезии от 5 до 10 кН/м<sup>2</sup>.

Поскольку объект находится в сейсмоактивном регионе, для модернизации существующего бетонного строения выбрали решение из стальных элементов. Сталь демонстрирует большой запас прочности при землетрясениях в силу своей вязкости.

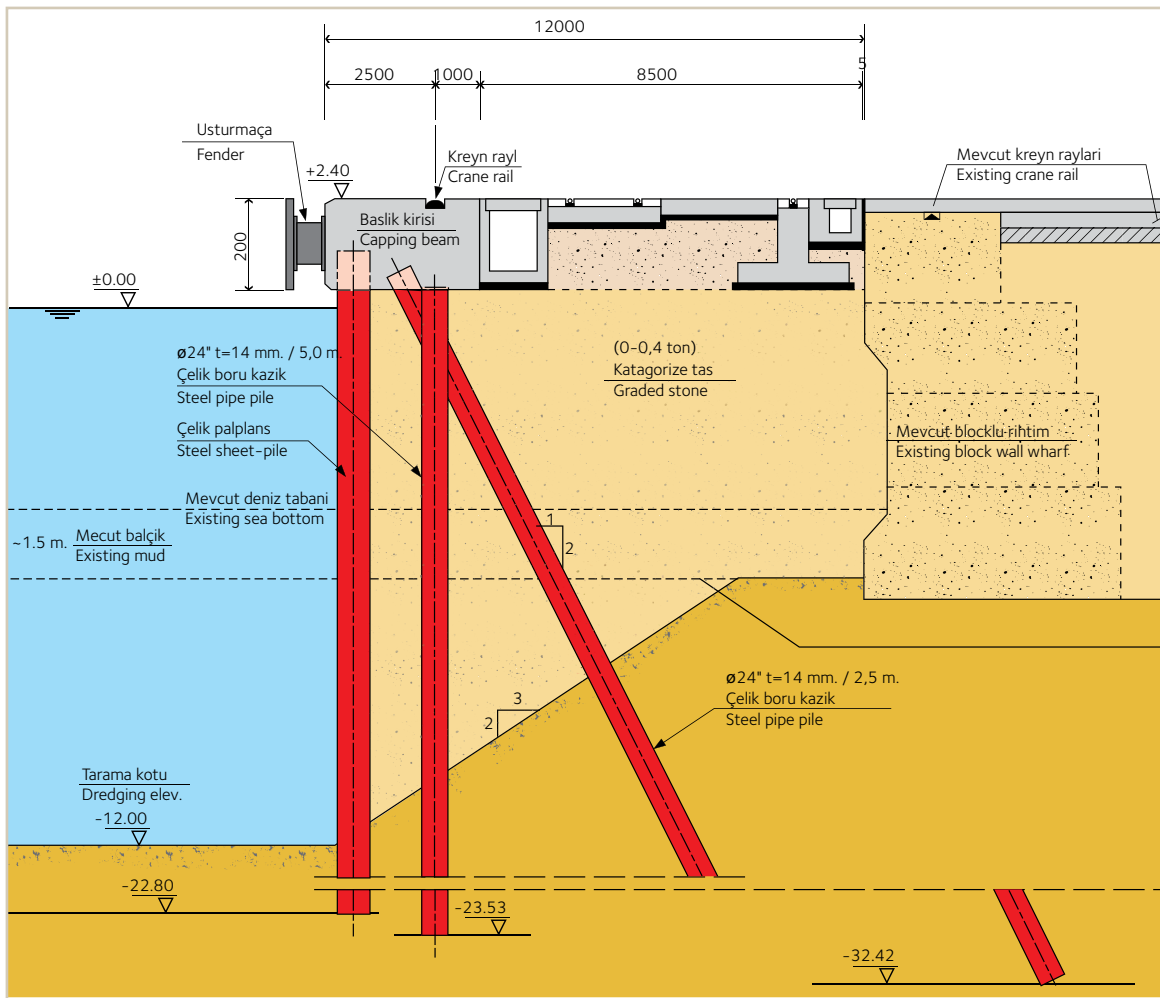
Расходы по приобретению и погружению стальных шпунтовых свай оценивались на уровне 15% от всех расходов по проекту.

По проекту требовались материалы согласно следующим характеристикам (цифры тендера):

- Площадь стенки: 14.968 м<sup>2</sup>,
- Качество материалов: ASTM A690,
- Упругий момент сопротивления: 6.000 см<sup>3</sup>/м,
- Толщина: 10 мм,
- Покрытие: 3 слоя эпоксидного покрытия.



Существующее бетонное строение модернизировали с помощью зубчатой стенки из шпунтовых свай.

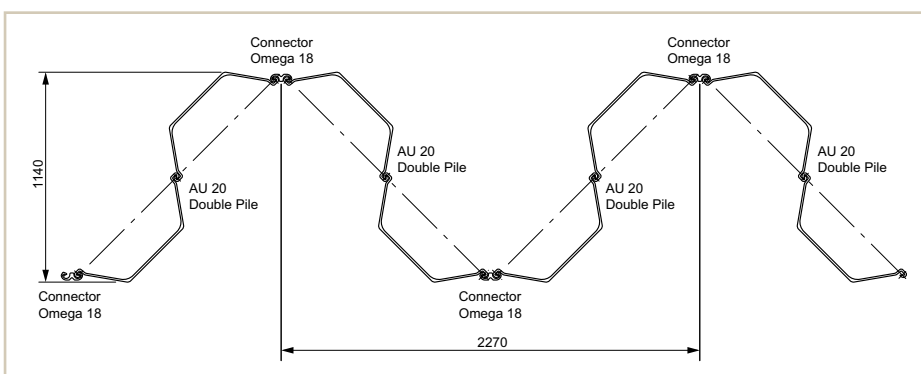


Благодаря установке стенки из стальных шпунтовых свай удалось углубить дно до отметки -12 м.

По требованиям упругий момент сопротивления был выше, чем заявлено для свай корытного или зетового профиля. Но таких высоких показателей можно достичь при строительстве комбинированной или зубчатой шпунтовой стенки. Для данного проекта компания ArcelorMittal предложила проект зубчатой стенки из шпунтовых свай типа AU 20 со следующими характеристиками:

- Зубчатая стенка из AU 20,
- Масса:  $186,7 \text{ кг/м}^2$ ,
- Качество материалов: ASTM A690, альтернативно из марки S 355 GP,
- Упругий момент сопротивления: мин.  $6365 \text{ см}^3/\text{м}$ ,
- Толщина: 10 мм,
- Общее количество шпунта: 2770 тонн.

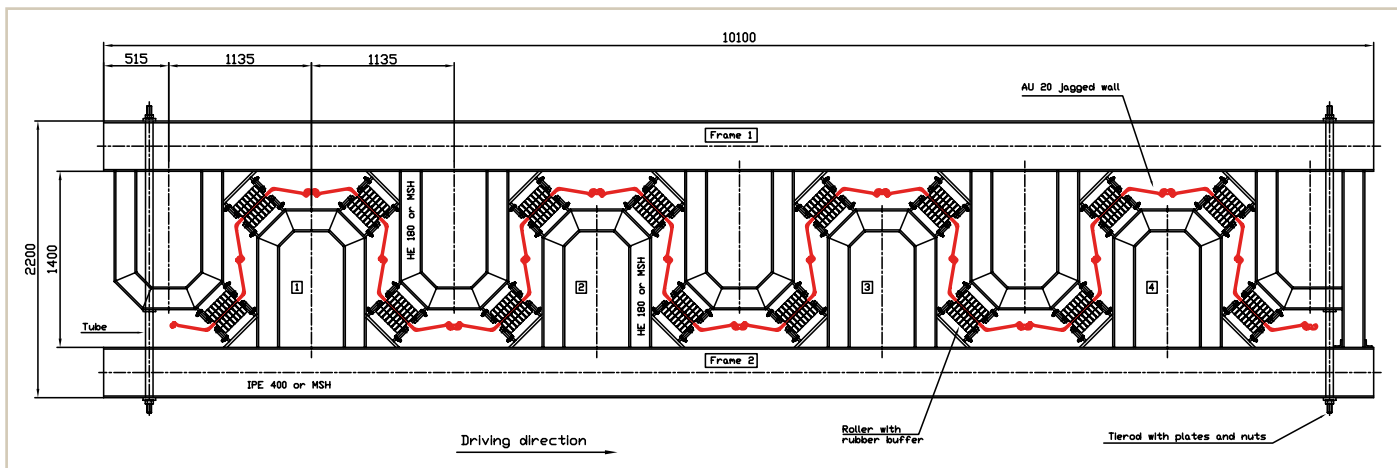
Стальные шпунтовые сваи AU 20 для проекта в Мерсине погружали по специальной схеме, также называемой «зубчатой» стенкой. Установка шпунтовых свай корытного профиля в виде «зубчатой» стенки экономически выгодна там, где требуются высокие показатели момента инерции и упругого момента сопротивления. Секции AU 20 были обжаты на заводе и поставлены на площадку сдвоенными. Обжатые двойные сваи обеспечивают правильную передачу поперечной силы через замковые соединения, расположенные на нейтральной оси стенки. Стандартная схема обжатия секций AU предполагает три точки обжатия через каждые 0,75 м с допустимым значением передачи поперечных усилий в 75 кН на точку обжатия. Испытания на разрыв, проведенные специалистами компании ArcelorMittal показали, что каждая точка обжатия способна передавать усилия до 130 кН.



Зубчатая шпунтовая стенка из свай типа AU 20: упругий момент сопротивления  $6.365 \text{ см}^3/\text{м}$ .







Чертеж направляющего кондуктора для погружения свай (предоставлен компанией ArcelorMittal).



Кондуктор состоял из двух уровней направляющих из стальных труб, оборудованных резиновыми накладками.



Резиновые накладки предохраняли покрытие свай от повреждений во время погружения.



Вертикальные и наклонные сваи также устанавливали с помощью направляющего кондуктора.

Для оптимизации погрузочно-разгрузочных работ угловые секции типа Omega 18 могут быть приварены временными прихваточными швами к двойным сваям AU 20. В таком случае их влияние на упругий момент сопротивления можно не рассматривать. Однако правильно спроектированные и выполненные сварные швы оказывают влияние на показатели жесткости сечения сваи. При массе одного квадратного метра стенки  $M=186,7$  кг упругий момент сопротивления  $W_x=7395$  см<sup>3</sup>/м ( $W_x=6365$  см<sup>3</sup>/м если угловая секция Omega 18 зафиксирована сварными прихватками). Ширина одного пакета зубчатой стенки из шпунта типа AU20  $B=1135$  м.

Для строительства лицевой длиной 624 м потребовалось 543 двойных сваи AU 20 из стали A690 (общим весом 2535 т) и 235 тонн угловых секций Omega 18 из стали S 430 GP. Так называемая «морская» марка стали A690 отличается лучшей стойкостью к коррозии в зоне заплеска волны – показатели в два-три раза выше, чем для обычной углеродистой стали. Основным отличием от обычной углеродистой стали является высокое содержание в ней меди (мин 0,50%). Данная марка стали с минимальным пределом текучести 345 Н/мм<sup>2</sup> применяется в основном при строительстве морских сооружений.

Подрядчиком на объекте была турецкая компания Şener Arda Construction, специализирующаяся на строительстве морских сооружений и свайных работах. С момента создания в 1968 году компания участвовала в строительстве множества причалов, пристаней, портов и волноломов.

При погружении зубчатой стенки большую роль играет направляющий кондуктор. Компания ArcelorMittal предоставила чертежи для изготовления кондуктора подходящего для двойных свай типа AU 20 и командировала 2 инженеров для проведения консультаций на начальном этапе погружения свай. На основе предоставленных чертежей подрядчик и изготовил кондуктор. Два уровня направляющего кондуктора выполнены из стальных труб, снабженных специальными резиновыми накладками, предотвращающими повреждение покрытия шпунтовых свай во время погружения.

Для установки стальных шпунтовых свай и стальных труб диаметром 61 см (24 дюйма) использовалась специально разработанная навесная платформа на рельсовом ходу. Вертикальные сваи погружали через каждые 5 м до глубины 23,53 м. Откосные сваи устанавливали с промежутками в 2,5 м до глубины 32,42 м.



Вибропогружатель и ударный молот разместили на специально разработанной навесной платформе на рельсовом ходу.



Свайные наголовники были предоставлены в аренду компанией ArcelorMittal.



Самоотдающиеся грузозахватные устройства позволяют экономить время на строительных площадках.

Для погружения задействовали вибропогружатель и ударный молот. Погружение выполнялось по стандартному сценарию: вибропогружателем сваи погружали как можно глубже в грунт, затем молотом забивали шпунт до проектной отметки 22,8 м. Для обеспечения вертикального и планового положения шпунтовых свай при погружении использовали так называемый «захваточный» метод погружения. Погружение группы свай или «захваткой» позволяет отдельным сваям, в случае встречи препятствий в грунте, оставаться в проектом положении без прекращения работ. Отказ сваи фиксировался при показателе погружения в 2 – 3 мм за один удар. Дальнейшее погружение при такой скорости погружения могло повредить сваи и оборудование.

Для погружения свай использовался японский вибропогружатель TVM-50 Toyota со следующими характеристиками:

- Вес: 3 т,
- Максимальная центробежная сила: 420 кН,
- Максимальный эксцентрикый момент: 205 Нм,
- Частота: 1355 мин<sup>-1</sup>.



Опорой для платформы с навесным оборудованием служило бетонное строение старого причала.



Благодаря новой шпунтовой стенке протяженностью 624 м место для швартовки судов увеличится.

В распоряжении подрядной организации Şener Arda на рабочей площадке имелось две копровые установки немецкого производства Delmag D30 и Delmag D46 с весом ударной части (молота) 3000 и 4600 кг. Максимальные значения взрывного давления достигают 1050 и 1650 кН и возникают при частоте от 37 до 52 ударов в минуту. Молот Delmag D30 при собственном весе в 6 тонн может работать со сваями весом до 8 тонн, тогда как при помощи D46 возможна забивка свай весом до 15 тонн. Оптимальный вес свай для молота D30 лежит в пределах от 2 т до 9 т. Помимо прочих услуг, предоставленных компанией ArcelorMittal в рамках поставки материалов на проект в Мерсине, была организована аренда соответствующего свайного наголовника.

В дальнем конце шпунтовой стенки подрядчик вынужден был приостановить работы по погружению до достижения проектной глубины 22,8 м, поскольку слой плотной глины замедлил скорость погружения сверх установленного предела. Проект зубчатой стенки пришлось пересмотреть с учетом крайне плотных грунтовых условий. Результаты исследований показали, что глубину погружения свай можно уменьшить на 3 м, в силу неожиданно более высоких показателей несущей способности слоев грунта, встретившихся на финальном этапе проекта.

**Заказчик:**  
TCDD Directorate

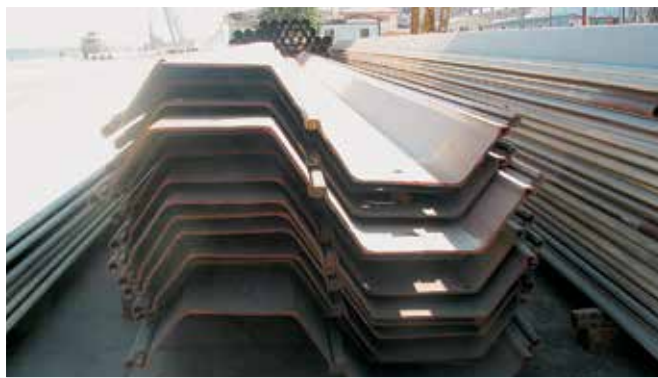
**Подрядчик:**  
Şener Arda Construction Co. Inc.

**Проектировщик:**  
HES Engineering &  
Unitek Engineering Consortium

**Марка стали:**  
A690 & S 430 GP

**Шпунтовые сваи:**  
2535 т двойных свай AU 20  
235 т угловых секций Omega 18

**Общее количество шпунта:**  
2770 тонн



Конструкция причальной стенки включает лицевую шпунтовую стенку; стальные трубчатые сваи под крановые пути; наклонные сваи, ограничивающие перемещения/отклонения лицевой стенки.



Трехслойное антикоррозийное покрытие на сваях со стороны акватории.



Угловая секция Отеда 18 для соединения двоянных свай типа AU20 в зубчатую стенку.

Зубчатую стенку из свай типа AU 20 довершил железобетонный оголовок толщиной два метра. Оголовок опирался на лицевую шпунтовую стенку, наклонные стальные сваи, воспринимающие горизонтальные нагрузки, и вертикальные стальные сваи, служащие фундаментом для крановых путей. Дополнительно оголовок служил основанием под причальные тумбы, отбойники и рельсы контейнерных кранов. Позади оголовка, над 1,5-метровым слоем стабилизирующего материала поверх каменной отсыпки, было устроено новое дорожное покрытие. При обратной засыпке территории между новой старой причальными стенками каменная отсыпка достигала отметки -12 м.

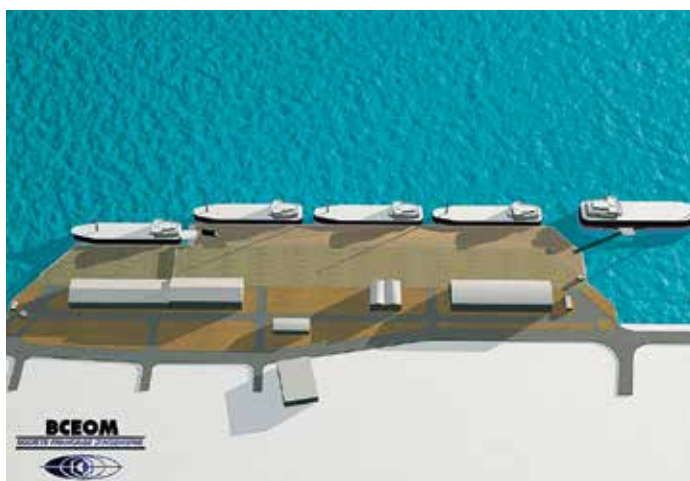
На лицевую поверхность шпунтовой стенки на участке длины 16 метров, отступая на метр от верха сваи, было нанесено защитное покрытие.

Площадь покрытия составила 18656 м<sup>2</sup>. Покрытие включало:

- Герметик Sigmarite (50 мкм),
- Sigmacover TCP Glassflake (450 мкм),
- Покрытие Sigmacover DTM (200 мкм).

## Зигиншор | СЕНЕГАЛ

> Проект реконструкции причала

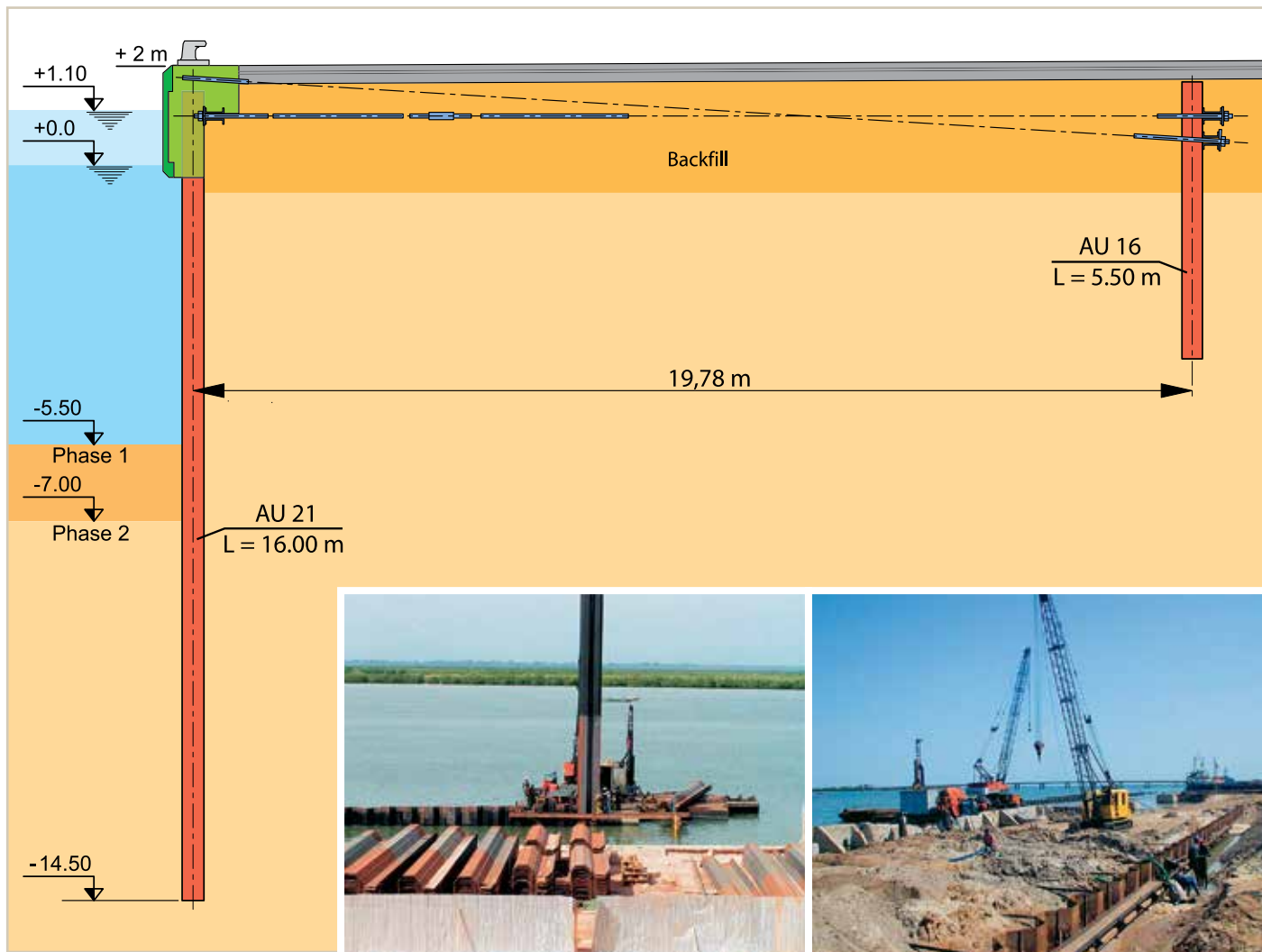


Прибрежный город Зигиншор расположен на реке Казаманс в южной части Сенегала. Процветающий центр торговли, основанный португальцами в 1645 году, имеет прямой выход к Атлантическому океану – 70 км вниз по реке. Помимо пассажирских паромов через порт проходит продукция местных предприятий, например, арахис, рыба, рис, фрукты и хлопок, а также импортируемые нефтепродукты и товары производственно-технического назначения.

При содействии ряда международных организаций, в первую очередь Французского агентства по развитию, правительство Сенегала начало масштабную программу развития, включающую и инвестирование 5,3 млн евро в реконструкцию порта Зигиншора, сооружения которого за 50 лет существования серьёзно износились. Две очереди



Речной порт Зигиншора расположен 70 км от Атлантического океана.



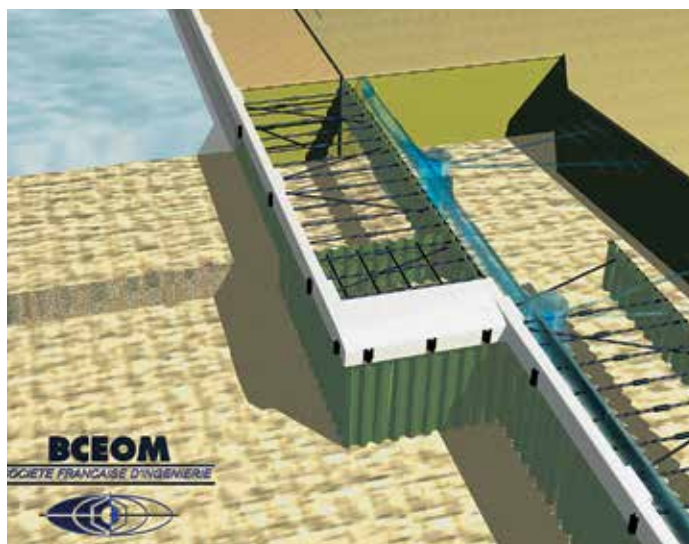
Новую причальную стенку построили из стальных шпунтовых свай типа AU 21 на расстоянии 20 м перед существующей стенкой.

программы реконструкции охватили пассажирский причал, грузовой причал и причал для танкеров.

Первая очередь проекта стартовала в августе 2004 и продлилась 8 месяцев. За это время построили пассажирский причал длиной 80 м непосредственно перед существующей стенкой и открылок длиной 35 м с западного края. Также соорудили грузовой причал длиной 31,5 м и причал для накатных грузов типа РО-РО длиной 20 м. Грузовой и пассажирский причалы расположены на разных осях в 20 м

друг от друга и параллельно существующей причальной стенке. Таким образом, за счет вновь образованной территории увеличилась зона накопления грузов.

Расширение грузового причала завершилось в июле 2005 в ходе реализации второй очереди проекта. Она включала строительство шпунтовой стенки длиной 68 м и отсыпку новой территории под накопление и сортировку грузов. По завершении работ протяженность нового причала достигла 265 м.



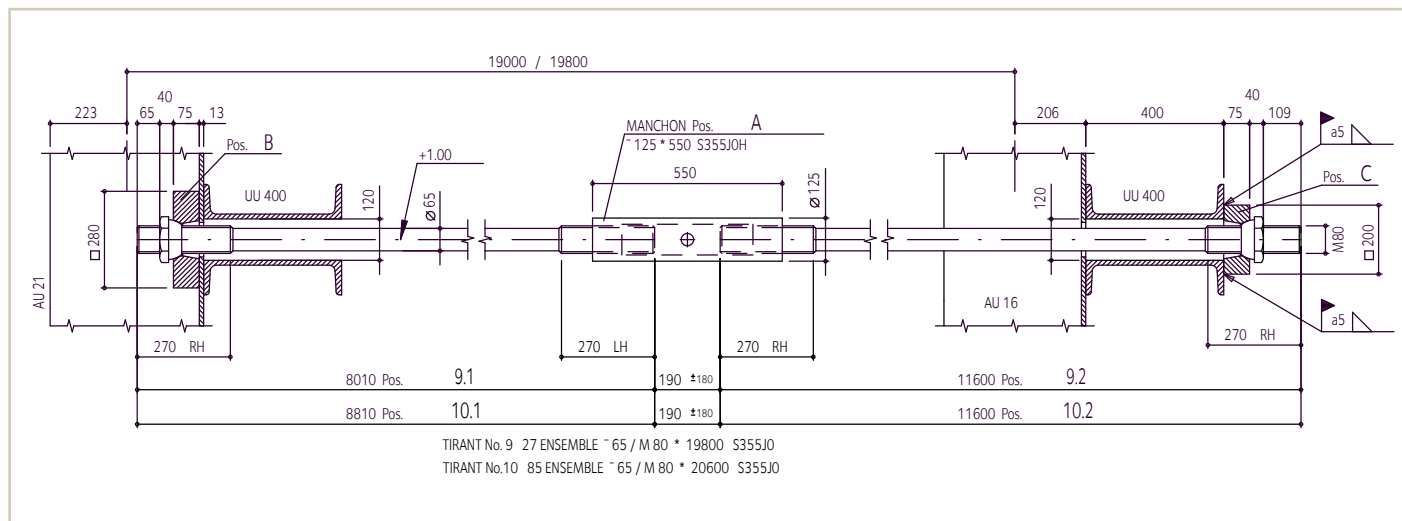
Программа развития включала работы по реконструкции пассажирского и грузового причалов, а также причала для танкеров.



Дизельный ударный молот Delmag.



Компания Anker Schroeder поставила 190 анкерных тяг в разных длинах.



Рабочая нагрузка анкерных тяг диаметром 65 мм составляет 680кН.

#### Заказчик:

Министерство Сенегала по инфраструктуре, гражданскому строительству, дорожному транспорту и внутренним водным путям

#### Проектировщик:

VCEOM

#### Подрядчик:

Eiffage Construction /  
Fougerolle Sinygal consortium

#### Марка стали:

AU 21: S 430 GP, AU 16: S 270 GP

#### Шпунтовые сваи:

1020 т AU 21, 270 т AU 16

#### Общее количество шпунта:

1290 тонн



Анкерная система производства Anker Schroeder.



Законченное строение причала с причальной тумбой.



Для увеличения срока службы материалов использовали трёхслойное защитное покрытие.

Грунтовые условия на объекте сводятся к следующему: мягкие и плотные слои речного ила, лежащие над глинистыми песками. Для обеспечения устойчивости сооружения было принято решение произвести выемку слоя мягкого ила и отсыпку участка песком. Отметку дна реки понизили до 5,50 м для обеспечения глубин, необходимых для причаливания судов.

Для обеспечения максимальной защиты от коррозии было принято решение использовать шпунтовые сваи с большей толщиной стенки (метод жертвенной стали) – AU21 (профиль AU 20 с увеличенной толщиной стенок). В условиях тропического климата этот метод защиты дополнили нанесением специального покрытия и катодной защитой. Покрытие, нанесенное в условиях цеха, включало грунтовочный слой из эпоксидного материала с высоким содержанием цинка и еще двух слоев на основе угольно-эпоксидной смолы. Покрытие наносилось на обе стороны шпунтовых свай лицевой стенки до уровня, погруженного в воду. Площадь покрытия (окрашивания) шпунтовых свай типа AU с шириной профиля 750 мм примерно на 10% меньше, чем у корытных свай с шириной профиля 600 мм. Помимо этого преимущества, секции AU демонстрируют отличные управляемость и жесткость при погружении за счет геометрии и соотношения поверхностей стенки/полки.

Шпунтовые сваи типа AU 21 длиной 16 м лицевой стенки погружали в глинистый песок до глубины 14,50 м. В качестве анкерной стенки выступала шпунтовая стена из свай типа AU 16 длиной 5,50 м. Углы поворотов шпунтовой стенки формировали с помощью угловых секций типа Omega 18 и Delta 13, а также специальных соединительных свай с

приваренными уголками C9, поставленными компанией ArcelorMittal. Лицевую стенку довершил железобетонный оголовок.

Анкерная система причального сооружения включала тяги с высаженными концами диаметром 65 мм из стали S 335 JO. Было поставлено 152 комплекта тяг длиной от 19 до 30 м. Тяги устанавливались с применением распределительного пояса, выполненного из 400-мм швеллеров. Дополнительно, для восприятия выдергивающих усилий от пришвартованных судов, на уровне оголовка было установлено 38 комплектов анкерных тяг диаметром 58 мм и длиной от 20 до 22,5 м. Все элементы анкерной системы поставила фирма-изготовитель Anker Schroeder (Дортмунд, Германия), давний надёжный партнер компании ArcelorMittal.

Шпунтовые сваи, поставленные в основном сдвоенными, сначала погружали с помощью оборудования Vibro Delmag, размещенного на барже, затем забивали дизельными молотами Delmag D12 или D22 с направляющим кондуктором.

Стальные шпунтовые сваи, прокатанные на заводе в Люксембурге, доставлялись по железной дороге до порта Антверпена, а затем морем до Дакара, где их перегружали на следующее судно до Зигиншора. Строительство пассажирского причала завершили в 2005 году, и он снова мог принимать суда, как и было определено на начальном этапе.



Строительные работы завершились в срок чуть более года, и все причалы были снова открыты в конце 2005.



## Вишакхапатнам | ИНДИЯ

### > Расширение причала WQ-7

В начале 1920-х годов правительство Индии приняло решение построить порт в Вишакхапатнаме на восточном побережье страны, чтобы обеспечить прямой коридор сбыта продукции горнодобывающей и прочих отраслей из центральных штатов. В отсутствие других морских сооружений между Мадрасом (Ченнаи) и Калькуттой порт обслуживает огромную территорию страны, расположенную вдали от прибрежной полосы. В 1933 году успешно реализовали программу по осушению заболоченной территории близ Вишакхапатнама для строительства защищенного порта. В самом начале порт строился для экспорта единственного товара – марганцевой руды, и суммарная грузопропускная способность трех действующих причалов достигала 0,3 млн т. Отличительной чертой порта были два старых судна “Janus” и “Welledson”, которые заполнили камнями и затопили к югу от подходного канала, чтобы сформировать волнолом.

Порядка 90% внешнеторговых грузов Индии проходит через порты, расположенные вдоль береговой линии длиной 6000 км. Одиннадцать основных портов: Калькутта, Ченнаи (Мадрас), Кочин, Халдия, Кандла, Мангалор, Мормугао, Мумбаи (Бомбей), Парадип, Тутикорин и Вишакхапатнам, управляются портовыми трастовыми фондами с государственным участием. Суммарно, эти порты переваливают порядка 230 млн т груза ежегодно. И недавно была завершена программа развития, по результатам которой пропускная способность портов должна вырасти еще на 170 млн тонн.

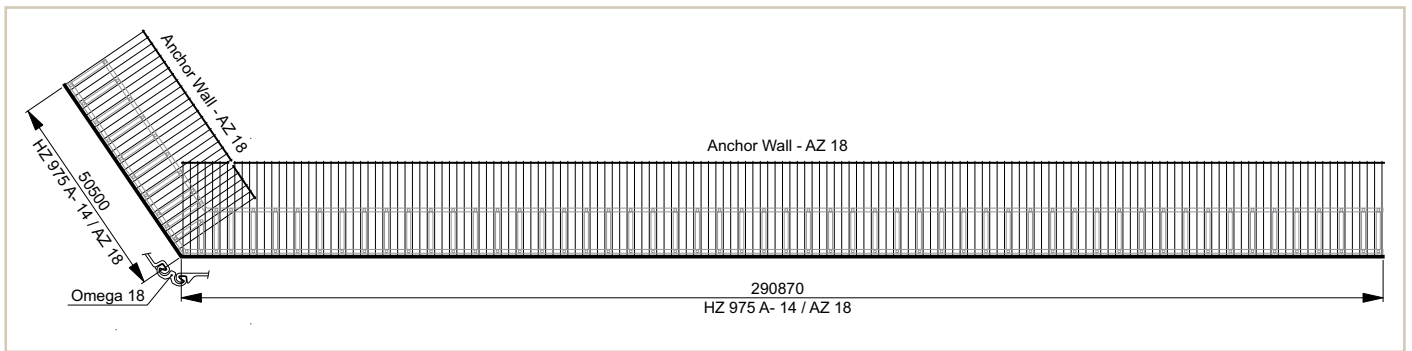
Сегодня Вишакхапатнам является одним из крупнейших индийских портов. Он развивался быстрыми темпами из небольшого торгового местечка, специализирующегося на продукции горнодобывающей отрасли, в крупный порт, обрабатывающий различные виды грузов навалом, железную



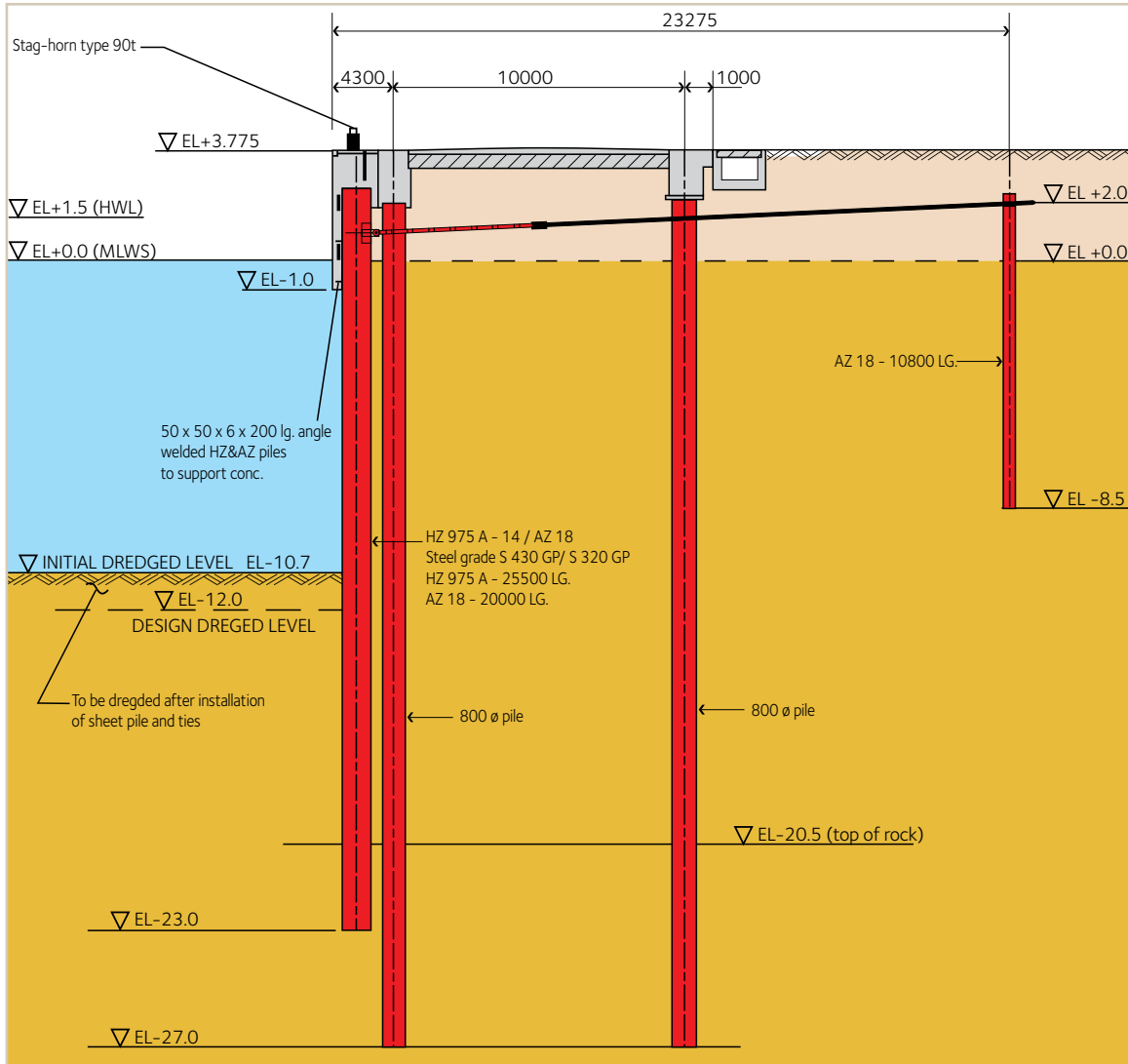
Вишакхапатнам – один из крупнейших индийских портов.



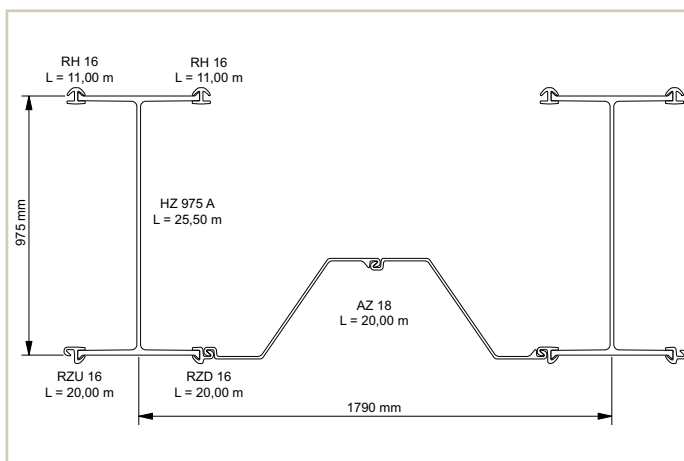
Местная горнодобывающая промышленность является двигателем развития порта.



Протяженность двух участков причальной стенки достигает 340 м.



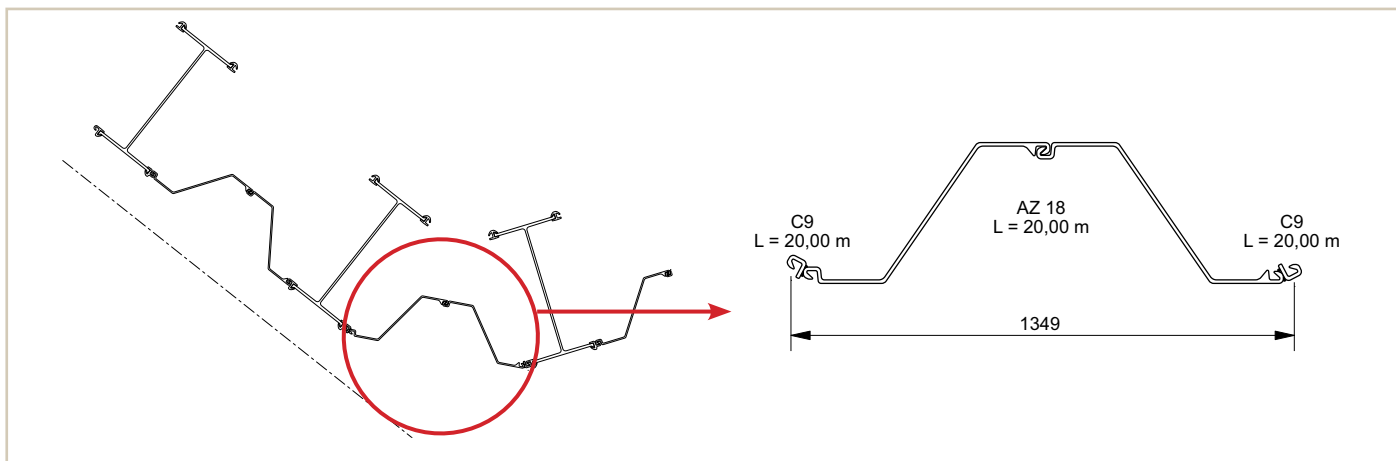
Лицевая шпунтовая стенка из секций HZ 975 A – 14 / AZ 18 установлена на расстоянии 23 м от анкерной стенки из шпунта AZ 18.



Комбинированная HZM-система с местным усилением RH-коннекторами.

руды, горюче-смазочные материалы, коксующийся уголь и кокс, а также контейнерные перевозки. По завершении строительства порт Вишакхапатнама находился под контролем Железнодорожной компании Бангалия-Нагпур. Именно железной дорогой перевозили минеральные руды до Вишакхапатнама, одного из немногочисленных портов на восточном побережье Индии.

Вишакхапатнам был единственным портом в стране, который за 2004-2005 год по объемам перевалки грузов достиг показателя свыше 50 млн т, показав вместе с тем небольшой прирост в 5%. Индийское правительство планирует увеличить грузопропускную способность порта до 70 млн т. План развития предполагал дноуглубление акватории с тем, чтобы дать возможность захода в порт более крупногабаритным судам.



Для формирования угла поворота шпунтовой стенки применялись угловые секции типа C9 приваренные к двойной свае типа AZ 18.

Недавно в Вишакхапатнаме построили и расширили 22 причала, включая 2 современных причала для перевалки руды, рейдовый нефтеналивной танкерный терминал, причал для СПГ и контейнерный терминал, а также 4 новых многопрофильных причала. Среди новых сооружений – причал WQ-7, расположенный в северном рукаве внутренней гавани, строительство которого завершили в апреле 2005. На строительство пошло 2350 т стальных шпунтовых свай. Новый причал может принимать суда дедвейтом до 45000 т.

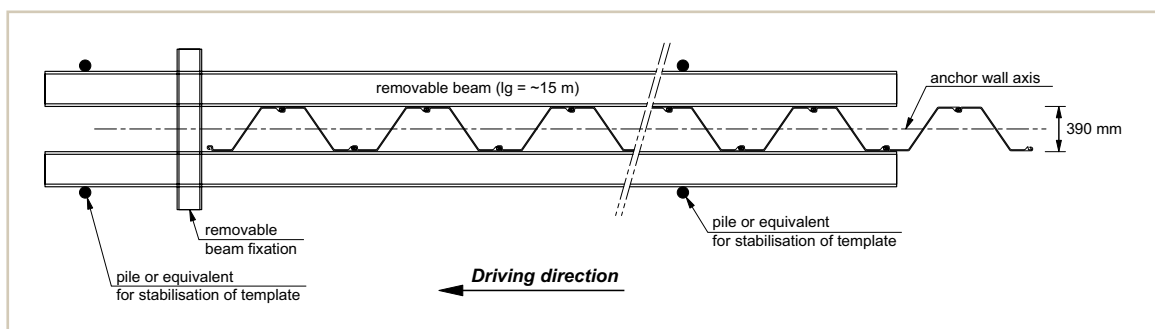
В рамках исследования грунтовых условий на объекте пробурили несколько скважин. Результаты исследования принимали в расчет при проектировании шпунтовой стенки. Результаты бурения сводятся к следующему: насыпной слой над слоем мелкозернистого илистого песка до глубины 6 м. Ниже вязкие глины средней плотности, лежащие над очень

плотными породами с показателями SPT (Standard Penetration Test – испытания методом динамического зондирования) свыше 50. Колебания приливо-отливного уровня вод в портовых границах лежат в пределах: средний уровень полных квадратурных вод = +1,49 м и средний уровень малых квадратурных вод = +0,09 м. Нагрузки из-за высоких волн во внимание не принимались, поскольку объект был хорошо защищен от открытого моря.

Технический отдел ArcelorMittal подготовил предварительный дизайн-проект, основанный на информации, полученной от заказчика. Согласно этим расчетам максимальных изгибающих моментов стоит ожидать на уровне 5,5 м ниже уровня воды: 1570 кНм/м в обычных условиях и 1620 кНм/м в условиях сейсмоактивности. Возникающие в результате усилия лежат далеко за пределами максимальных расчетных прочностных характеристик стандартных шпунтовых стенок.



Направляющий кондуктор изготавливался в Индии на основании чертежей, предоставленных компанией ArcelorMittal.



Второй направляющий кондуктор для погружения свай анкерной стенки из AZ 18.



Двухуровневый кондуктор обеспечивает корректное положение шпунтовых свай в горизонтальной и вертикальной плоскостях.



Для подъема основных свай использовались мощные захваты.



Складирование AZ-шпунта: дополнительная сепарация деревянными брусками предотвращает сваи от повреждений во время их складирования.



Вибропогружатель PTC 60HD был выбран для производства работ.



Силовой блок вибропогружателя PTC.

**BORE LOG 3**  
**J.J.SOIL INVESTIGATION & ENVIRON CONSULTANTS**  
**10-51-8/1, KILASMETTA UPLANDS**  
**VISAKHAPATNAM - Bore hole 530 003**

Project : Berth WQ - 7  
 Location : Near HZ 183  
 Bore hole No : 3  
 Ground Water Table : -0,23

Ground R.L		Visual Description of Strata	N-value
From	To		
+2.00	+0.00	Reddish gravelly soil	
+0.00	-6.00	Fine sand with silt	
-8.00	-17.00	Blackish soft clay	34
-17.00	-20.50	Brownish stiff clay	> 50
-20.50	-24.00	Highly weathered rock	> 50
-24.00	-27.38	Hard rock with fractures	



Для установки в проектное положение вибропогружателя и свай использовались два гусеничных крана.



Индийское проектное бюро Howe приняло решение в пользу применения комбинированной шпунтовой системы HZ/AZ с анкерной стеной.



Из-за наличия скальных пород для забивки свай до проектной отметки задействовали ударный молот.

Вследствие чего для строительства причала WQ-7 и был предложен вариант комбинированной системы:

- 192 основных свай HZ 975 A – 14, S 430 GP, L = 25,5 м,
- 191 промежуточная свая AZ 18, S 320 GP, L = 20,0 м,
- 275 анкерных свай AZ 18, S 320 GP, L = 10,8 м.

Ширина системы HZ 975 A – 14/AZ 18 составляет 1790 мм. Её упругий момент сопротивления достигает  $8170 \text{ см}^3/\text{м}$ , а вес –  $225 \text{ кг}/\text{м}^2$ . Основные сваи изготовлены из высокопрочной марки стали S 430 GP (минимальный предел текучести  $430 \text{ Н}/\text{мм}^2$ , минимальное временное сопротивление  $510 \text{ Н}/\text{мм}^2$ , минимальное удлинение 19%). Высокие прочностные характеристики позволяют сэкономить на весе и расходах за транспортировку. Локальное усиление основных свай RH-коннекторами позволило дополнительно адаптировать упругий момент сопротивления HZ-свай к максимальным расчетным изгибающим моментам.

В результате проектировщик смог подобрать относительно более легкие, но усиленные в определенных точках основные HZ-сваи. В дальнейшем это также позволило выбрать более экономичную марку стали и более короткую длину для промежуточных свай AZ 18. Марка стали основных HZ-свай (S 430 GP) имеет следующий химический состав:

C	Mn	Si	P	S	N
(макс%)	(макс%)	(макс%)	(макс%)	(макс%)	(макс%)
0,27	1,70	0,60	0,05	0,05	0,011

С помощью анкерной системы лицевая и анкерная стенка были соединены между собой. Анкерная стенка располагается на расстоянии 23м от лицевой и выполнена из свай типа AZ18. Расчетный изгибающий момент анкерной стенки достигает 230 кНм. Шаг анкерных тяг соответствует ширине шпунтовой комбинированной системы. Каждая анкерная тяга диаметром 100 мм рассчитана на усилие 1074 кН.

#### Заказчик:

Портовый трастовый фонд  
Вишакхапатнама

#### Проектировщик:

Howe Private Ltd, Нью-Дели

#### Подрядчик:

Afcons Infrastructure Limited, Мумбаи

#### Свайное оборудование:

- Гидравлический вибропогружатель РТС 60HD
- Дизельный ударный молот

#### Марка стали:

S 320 GP & S 430 GP

#### Шпунтовые сваи:

1330 т HZ 975 A  
1020 т AZ 18

#### Общее количество шпунта:

2350 тонн



Рассчитанный на срок эксплуатации 50 лет причал WQ-7 будет способствовать увеличению объемов перевалки порта.

Этапы сооружения причальной стенки:

- Погружение лицевой шпунтовой стенки (работы с суши),
- Погружение анкерной шпунтовой стенки (работы с суши),
- Установка стальных анкерных тяг,
- Отсыпка и заливка бетонных плит верхнего строения,
- Дноуглубление до отметки -12 м перед лицевой шпунтовой стенкой,
- Соединение нового причала с уже существующим сооружением,
- Укладка покрытия, установка дренажной системы с водоспуском и электрического освещения.

Стальные шпунтовые сваи погружали на берегу с помощью вибропогружателя стандартной частоты. Вибропогружатели снижают коэффициент трения между грунтом и сваей путем сообщения шпунтовой свае вертикальных вибраций. Вибрации создаются при вращении дисбалансов, установленных в пары для компенсации горизонтальных вибраций. Учитывая все вертикальные компоненты, центробежная сила временно «разжижает» почву в непосредственной близости от шпунта. Вес сваи и молот создают достаточную силу, направленную вниз, для погружения шпунтовой стенки. Для обеспечения надежного крепления сваи и правильной передачи колебательного движения на сваи предпочтительно использовать два зажима с гидравлическим приводом. Для описания характеристик вибропогружателей, как правило, используют три технических параметра (эксцентрик момент, центробежная сила и частота).

Частота соответствует количеству оборотов вращающихся дисбалансов в минуту. Эксцентрик момент равен произведению масс вращающихся дисбалансов (кг) и расстояния (м) между осью вращения и центром тяжести вращающихся дисбалансов. Результирующая центробежная сила (в единицах кН) зависит от эксцентрик момента и частоты. Применение таких вибропогружателей рекомендуется в слабосвязанных водонасыщенных грунтах для установки свай над и под водой.

Выбор вибропогружателя зависит от поперечного сечения и веса сваи, глубины погружения и характеристик грунта. Для установки свай в причальную стенку WQ-7 выбор был сделан в пользу РТС 60HD (сверхмощный вибропогружатель). Частота агрегата 1650 оборотов в минуту, эксцентрик момент 60 кгм, максимальная центробежная сила 1830 кН. Подрядная организация, Afcons, задействовала два крана на гусеничном ходу с грузоподъемностью 40 и 70 т, соответственно, для работы с семитонным вибропогружателем, шпунтовыми сваями и направляющим кондуктором. После достижения потенциальной точки отказа вибропогружателя погружение свай до проектной отметки производили с помощью дизельного молота.

Геологические разрезы по трем скважинам, выполненным на рабочей площадке, показали наличие скальной породы на отметке -20,5 м. Поскольку основные сваи необходимо было погрузить на три метра ниже верхнего слоя скальной породы, применение ударного молота было необходимо для достижения проектной глубины.

Технический отдел компании-поставщика Arce-IorMittal предоставил компоновочные чертежи для монтажа направляющего кондуктора для погружения свай. Необходимые сварные соединения были выполнены индийским субподрядчиком, назначенным генеральным подрядчиком Afcons. Кондуктор устанавливали с помощью теодолита. ArcelorMittal также предоставил бесплатную техническую поддержку на рабочей площадке при погружении комбинированной стенки.

Причальные сооружения проектировались исходя из расчетного срока службы 50 лет. При выборе шпунтовых свай отталкивались от скорости коррозии 4 мм в зоне постоянного погружения со стороны акватории и 1 мм со стороны суши. Также требуемый срок службы сооружения должна обеспечить катодная система защиты.

# Находка | РОССИЯ

## > Сухой док для морских сооружений гравитационного типа

Находка расположена на Дальнем Востоке России. Компания «Сахалин Энерджи Инвестмент Компани Лтд» была создана в 1994 году с целью развития проекта Сахалин-2, одного из крупнейших интегрированных нефтегазовых проектов в мире, в рамках которого ведется разработка Пильтун-Астохского нефтяного и Лунского газоконденсатного месторождений. Предприятие предусмотрело строительство двух новых добывающих платформ на железобетонном основании гравитационного типа, установленных летом 2005. Начало круглогодичной нефтедобычи на обеих платформах по графику было запланировано на 2007 год, начало разработки газового месторождения ожидалось в 2008.

Поскольку транспортировка таких огромных сооружений весом более 100000 тонн практически невозможна, инвестиционная компания приняла решение построить их в условиях сухого дока. После заполнения такого дока плавучие платформы отбуксируются до места назначения в открытом море.

Сухие доки представляли собой шпунтовую стенку длиной 750 м вокруг прямоугольного котлована: 550 м шпунтового ограждения выполнено из секций типа AU 25; 200 м из секций типа PU 32 с упругим моментом сопротивления  $3200 \text{ см}^3/\text{м}$ . Доступ внутрь котлована обеспечивали водопонижающие скважины и временный пандус. Трёхступенчатые водопонижающие скважины позволили снизить уровень грунтовых вод ниже уровня дна дока/котлована, позволяя тем самым вести строительные работы по сухому.

Стальные шпунтовые сваи, которые использовались в рамках проекта развития Сахалин-2, были изготовлены в Люксембурге и доставлены до места назначения в Находке железной дорогой. Вагоны были загружены шпунтом на 40–45 тонн. Потребности рабочей площадки были свыше 3000 тонн в двух разных длинах – 24 м и 29 м. Для оптимизации транспортировки сваи порезали до 12 метров. Впоследствии подрядчик их стыковал на объекте.

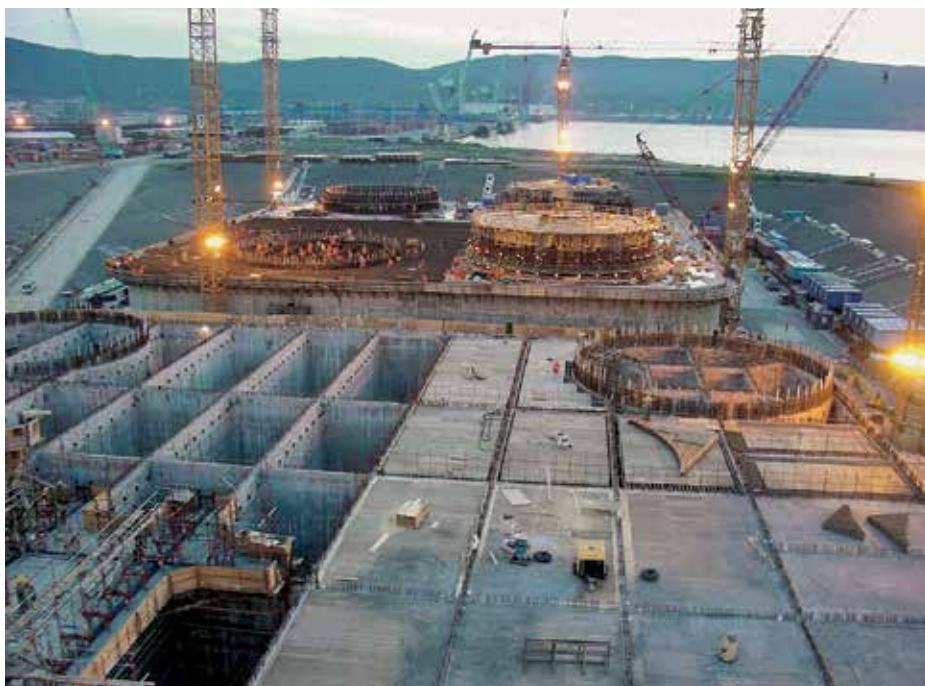


В рамках освоения природных ресурсов о. Сахалин был запущен ряд крупных строительных проектов.



На строительство сухого дока для сооружения морских платформ потребовалось более 3000 тонн стальных шпунтовых свай.





Внешняя стенка дока протяженностью 750 м выполнена из секций AU 25 и PU 32.

Были поставлены следующие количества шпунтовых свай:

- 1940 т AU 25 из марки стали S 355 GP.  
Длина свай: 24 м (12 м + 12 м)
- 1100 т PU 32 из марки стали S 355 GP.  
Длина свай: 29 м (12 м + 12 м + 5 м).

Для погружения шпунтовых свай подрядчик использовал направляющий кондуктор и два разных молота (вибро- и ударный). Грунтовые условия на месте: относительно мягкий верхний слой с показателями SPT (Standard Penetration Test – испытания методом динамического зондирования) в пределах 10 и 30 ударов на 30 см проникновения, лежащий над слоем грунта высокой плотности с SPT от 60 до 90 ударов. Сваи корытного профиля погружали сквозь мягкие слои грунта до глубины 15 м с помощью вибропогружателя. Затем ударный молот забивал сваи до отказа сквозь более плотные слои. Для ускорения процесса установки все сваи AU и PU забивали пакетами. На время работ ArcelorMittal бесплатно предоставил свайные наголовники для ударного молота.

Описание оборудования для погружения:

- Вибропогружатель: ICE 815, эксцентриковый момент: 46 кгм, номинальная центробежная сила: 1250 кН, максимальная частота: 1600 оборотов в минуту,
- Гидравлический молот: ИНС S70. Максимальная энергия удара: 70 кНм, 50 ударов в минуту, вес копра: 3,5 т.

Обе морские платформы гравитационного типа были завершены спустя 10 месяцев непрерывных работ по бетонированию. Затем морской док заполнили водой, и в июле 2005 два гигантских сооружения отбуксировали к местам установки – за 1000 морских миль от Находки.



**Заказчик:**

Сахалин Энерджи Инвестмент Компани Лтд

**Подрядчик:**

Quattrogemini Ltd, Финляндия

**Шпунтовые сваи:**

AU 25 и PU 32

**Длина свай:**

24 м и 29 м

**Марка стали:**

S 355 GP

**Общее количество шпунта:**

3040 тонн



# Генерал-Сантос | ФИЛИППИНЫ

## > Проект расширения причала рыбного порта

Генерал-Сантос расположен в южной части Филиппин, в 1000 км к югу от столицы Манилы. Город был основан в июле 1968 года, а 26 лет спустя, в 1994 году, было начато строительство Портового рыболовецкого комплекса города Генерал-Сантос, финансировал которое Фонд внешнеэкономического сотрудничества Японии. Строительство завершилось спустя четыре года, в марте 1999. У порта хороший выход на основные иностранные торговые рынки – Юго-Восточной Азии, Австралии, континентальной Европы и США. Портовый контейнерный склад занимает площадку в 32000 м<sup>2</sup> и оборудован современными перегрузочными средствами и дополнительными устройствами для работы с живыми грузами.

С ежегодным объемом производства 2,4 млн тонн и прибылью 700 млн евро рыбная промышленность составляет 4% от валового национального продукта Филиппин. Генерал-Сантос является вторым по величине рыбным портом в стране, а также считается самым современным. Рыбная ловля – первейшая составляющая в так называемом «Тунцовом капитале» Филиппин, и именно за счет нее в городе бурными темпами развивается экономика. В Генерал-Сантос работает свыше 50 коммерческих рыболовецких компаний, суммарные объемы производства тунца категории сашими которых достигают 8000 тонн в месяц.



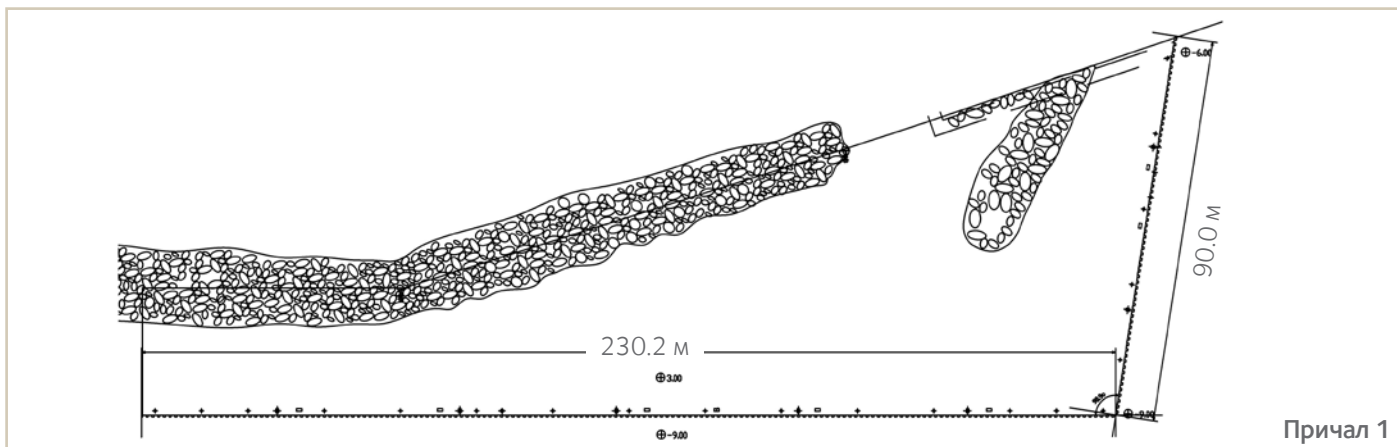
*Тунец из Генерал-Сантос.*

Длина причальной стенки портового рыболовецкого комплекса в Генерал-Сантос составляет 750 м. В состав комплекса входит 300-метровый причал для приема рефрижераторных судов тоннажем до 2000 тонн. Портовая инфраструктура также включает ряд рефрижераторных установок, завод по производству льда, рыночные павильоны и площадки для хранения контейнеров для рыбной промышленности.

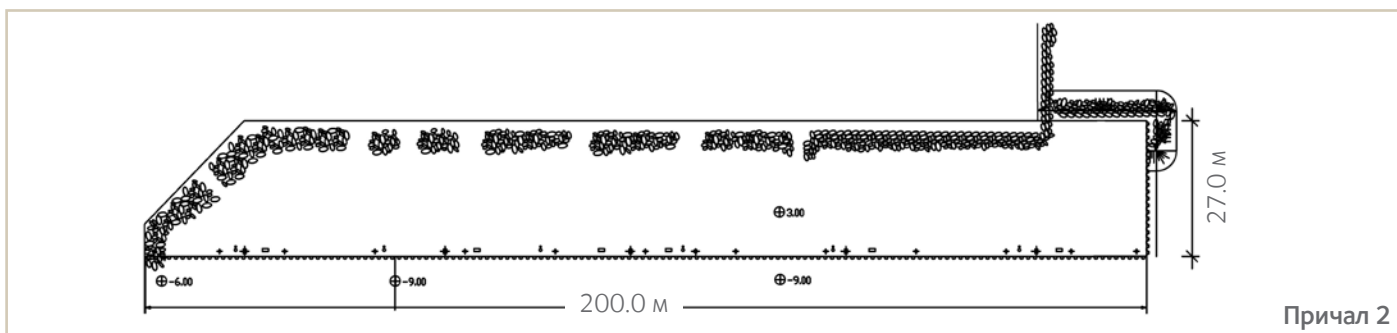
Филиппинские острова лежат на стыке двух основных тектонических плит – Тихоокеанской и Евразийской. Взаимодействия и движения вдоль активных разломов приводят к значительным землетрясениям на Филиппинах.



*В соответствии с требованиями развивающейся рыбной промышленности построили две новых причальных стенки из шпунтовых AZ-свай.*



Причал 1



Причал 2

Общая протяженность двух новых причалов 500 м.

Генерал-Сантос находится в 20 км от активного разлома Минданао, из-за которого происходит в среднем до шести ощутимых землетрясений в год. При разработке проекта развития порта было необходимо принимать эти значительные сейсмические нагрузки в расчет. Сооружения из стали имеют серьезное преимущество по сравнению с железобетонными строениями: вязкая сталь в большей степени поглощает энергию, образующуюся при землетрясениях в результате ускорений в горизонтальном направлении.

Приливно-отливные колебания в Рыбном порте Генерал-Сантос не существенны. При разработке проекта шпунтовых стенок учитывались следующие приливно-отливные колебания уровня на основе наблюдений, полученных из близлежащего порта Давао:

- Расчетный максимальный уровень воды: 1,88 м (суммарная частота приливов: 10%),
- Расчетный минимальный уровень воды: -0,19 м (суммарная частота отливов: 90%).



Все шпунтовые сваи были отправлены одной партией на объект, где их разгрузили и складировали.

В соответствии с данными геологических разрезов 15 скважин, пробуренных на площадке двух строящихся причалов рыбной промышленности, и инженерно-геологических исследований структура грунта на этом участке достаточно проста. Береговая часть состоит из насыпного грунта: средне- и крупнозернистый песок в пределах от +3,4 м до -3,2 м.

Скважины также пробурили в акватории, где морское дно падает до отметки -8,3 м. Результаты показали однородный слой средне- и крупнозернистого песка с небольшими примесями неокатанной коралловой гальки до глубины -2,7 м. Еще ниже - илстая глина средней и высокой плотности с неокатанной галькой до отметки -42,6 м.

Проект включает расширение двух причалов:

- Причал 1: длина лицевой стенки: 230 м, длина открылка: 90 м,
- Причал 2: длина лицевой стенки: 200 м, длина открылка: 27 м.

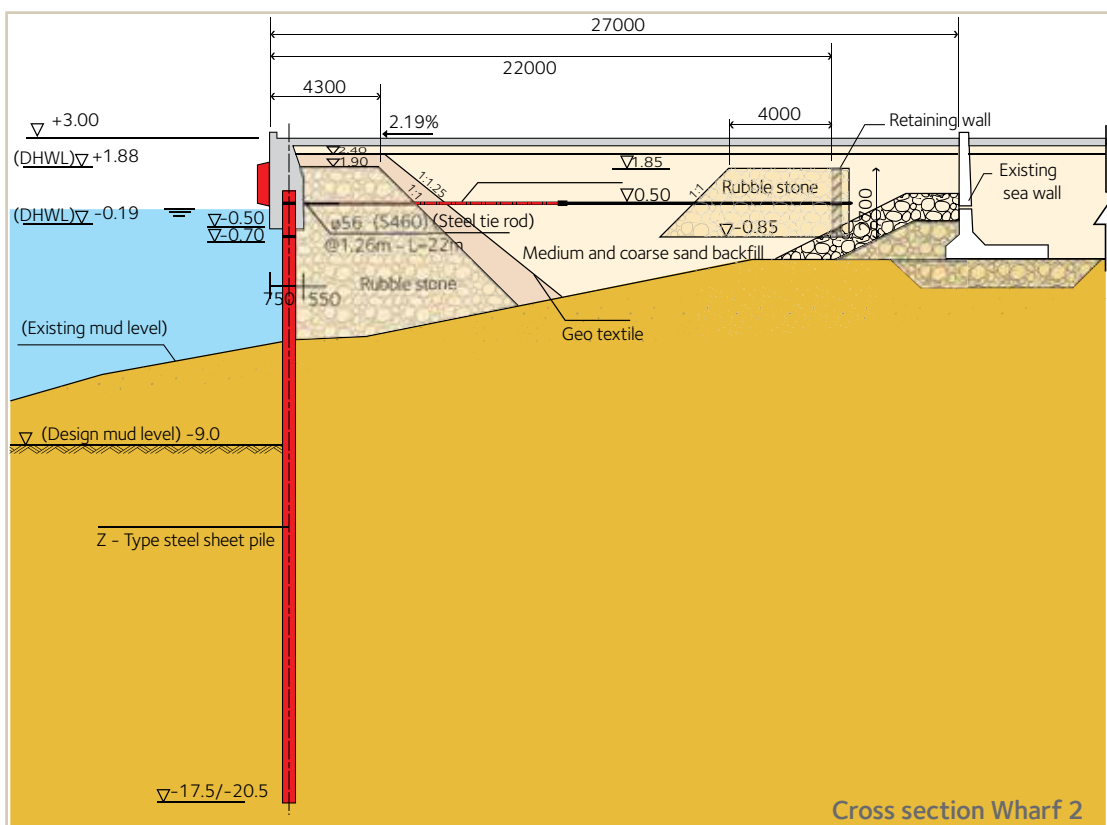
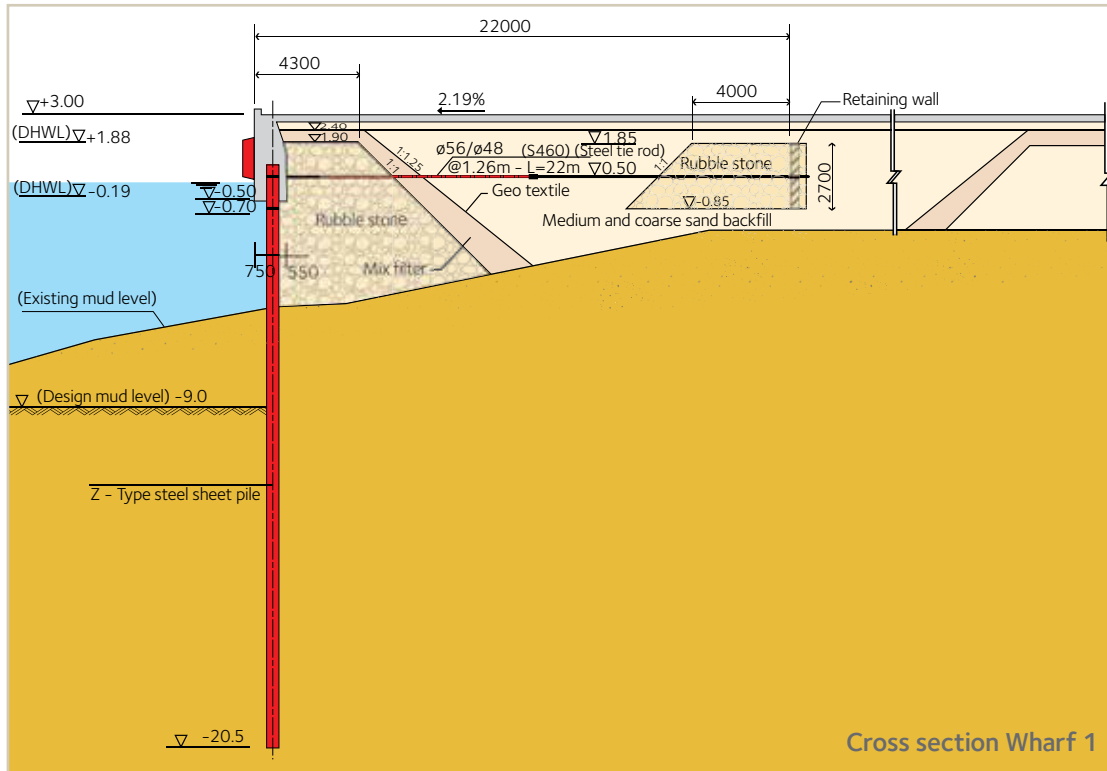


Причал 1 – новое сооружение, тогда как второй причал построен перед уже существовавшим причалом. Глубина дна существовавшего причала чуть более метра, что слишком мелко для современных рыболовецких судов, которых заходят для разгрузки в Генерал-Сантос.

Оба причала соорудили из стальных шпунтовых свай зетового профиля, произведенных в Люксембурге компанией ArcelorMittal. Использовали два разных профиля: AZ 34 с упругим моментом сопротивления  $3400 \text{ см}^3/\text{м}$  и AZ 26 с упругим моментом сопротивления  $2600 \text{ см}^3/\text{м}$ . Выбор высокопрочной марки стали S 430 GP позволил сэкономить за счет оптимизации веса секций, насколько это было возможно.

Поставленные двойные сваи AZ 34 (380 шт) были длиной 21,5 м. 80 двойных свай AZ 26 были поставлены в длине 18,5 м. Для соединения шпунтовых стенок, образованных двойными профилями шириной 1260 мм, использовали 2 угловые секции C9 и одну Omega 18. Всего было поставлено 2180 тонн шпунтовых свай: железной дорогой с завода-изготовителя в Люксембурге до порта Антверпена, где сваи погрузили на судно Wilma, отправившийся прямым рейсом до порта Генерал-Сантос.

Лицевая стенка и открылок с помощью 22-метровых анкерных тяг соединили с железобетонными анкерными плитами. Немецкий производитель Anker Schroeder



Благодаря глубине у причала 9 м современные рыболовецкие суда теперь могут швартоваться в порте Генерал-Сантос.



Двойные AZ-сваи AZ длиной до 21,5 м погружали с помощью оборудования, размещенного на барже.



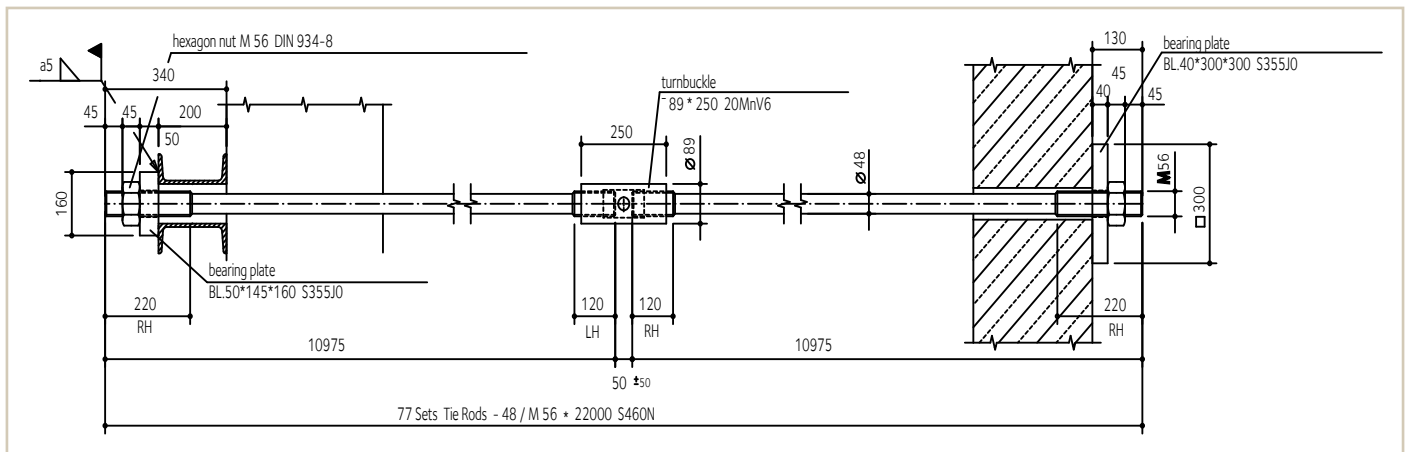
Оба причала построили с использованием 380 двойных шпунтовых свай типа AZ 34 и 80 двойных свай типа AZ 26.



Новая стенка из стальных свай причала 2 установлена на расстоянии 27 м перед существующим железобетонной стенкой.



На начальном этапе установки свай использовался вибропогружатель, дизельный молот завершал процесс.



Немецкий производитель Anker Schroeder поставил анкерные тяги с диаметром стержня 48 и 56 мм.

поставил 485 комплектов анкерных тяг, изготовленных из высокопрочной марки стали S 460 N. Вес анкерной системы удалось минимизировать за счет высаженных концов тяг. Анкерные тяги с резьбой M64 с диаметром стержня 48 мм поставлялись в двух длинах: 22 и 12 м. В целях оптимизации погрузочно-разгрузочных работ и обеспечения возможности транспортировки в контейнерах тяги поставлялись в составных длинах менее 12 м. Две составные части анкера соединяли при помощи натяжных муфт и монтировали между двух стенок. Такие работы выполняются, как правило, над водой с тем, чтобы снизить риск коррозии. Натяжная муфта также позволяет корректировать погрешности в расчете расстояния между основной и анкерной стенками.



Анкерные тяги поставлялись составными частями для удобства транспортировки 40-футовыми контейнерами.

**Заказчик:**

Департамент сельского хозяйства,  
Управление развития рыбной  
промышленности Филиппин

**Подрядчик:**

SAMC (China National Construction &  
Agricultural Machinery I/E Corp.)

**Марка стали:**

S 430 GP

**Шпунтовые сваи:**

1890 т AZ 34, 290 т AZ 26

**Общее количество шпунтовых свай:**

2180 тонн



Для сооружения новых причальных стенок потребовалось 485 комплектов анкерных тяг из высокопрочной стали.



Отсыпку территории за шпунтовой стенкой производили с осторожностью, чтобы не допустить повреждения анкерных тяг.

Комплекты анкеров, включающие тяги с высаженными концами (диаметр 56 мм / М64, общая длина 22 м), с рабочей нагрузкой 615 кН состояли из следующих элементов:

- 1 переднее звено анкерной тяги с высаженным концом 56 мм / М64, RH (пр-ст)-LH (лв-ст)-резьба, 10350 / 120 / 250, S 460 N,
- 1 заднее звено анкерной тяги с высаженным концом 56 мм / М64, (пр-ст)-LH (лв-ст)-резьба, 11600 / 120 / 250, S 460 N,
- 1 натяжная муфта, М64, длина 250 мм, регулировка  $\pm 50$  мм, 20 MnV6,

- 1 опорная плита на распределительный пояс: 160 x 155 x 55 мм, S 355 J0,
- 1 опорная плита на бетон: 300 x 300 x 45 мм, S 355 J0,
- 2 x М64 шестигранные гайки в соответствии с DIN 934-8.

Стальные шпунтовые сваи устанавливали в стенку стандартным методом: японским вибропогружателем KN2-90 погружали AZ-сваи до отказа. Вторая рабочая бригада затем забивала сваи до проектной глубины с помощью дизельного молота Delmag D62, оснащенного копром 6,2 т.



При проектировании новых причалов учитывались высокие сейсмические нагрузки в регионе.

# Гаосюн | ТАЙВАНЬ

## > Дноуглубление причалов 65 и 66

В настоящее время Тайвань насчитывает 7 международных портов, играющих важную роль в экономическом развитии: Цзилун, Гаосюн, Хуалянь, Тайчжун, Суао, Анпинг и Тайбэй. Порт Гаосюн занимает лидирующую позицию среди международных торговых портов наряду с Аньпином, выполняющим функцию вспомогательного порта.

Глубоководный порт Гаосюн – морской транзитный узел между Восточной Азией и Южным Тайванем. С естественной гаванью и двумя подходными каналами глубиной 11 и 16 м, порт занимает площадь 2683 га и способен обслуживать суда дедевейтом до 100000. В настоящее время в Гаосюн 5 контейнерных терминалов и всего 118 причалов, включая 26 контейнерных причалов, которые могут принимать контейнеровозы класса постпанамакс до 6000 TEU. На долю Гаосюн приходится 70% контейнерных перевозок Тайваня и 60% всех внешнеторговых грузопотоков страны, и на протяжении многих лет порт занимал третье место в мире среди контейнерных портов. В 2006 году, например, его контейнерная пропускная способность достигала 10 млн TEU. В планах дальнейшее наращивание темпов развития за счет выгодного географического положения и применения программных продуктов и технических средств. В ответ на развитие крупногабаритных судов и с тем, чтобы увеличить



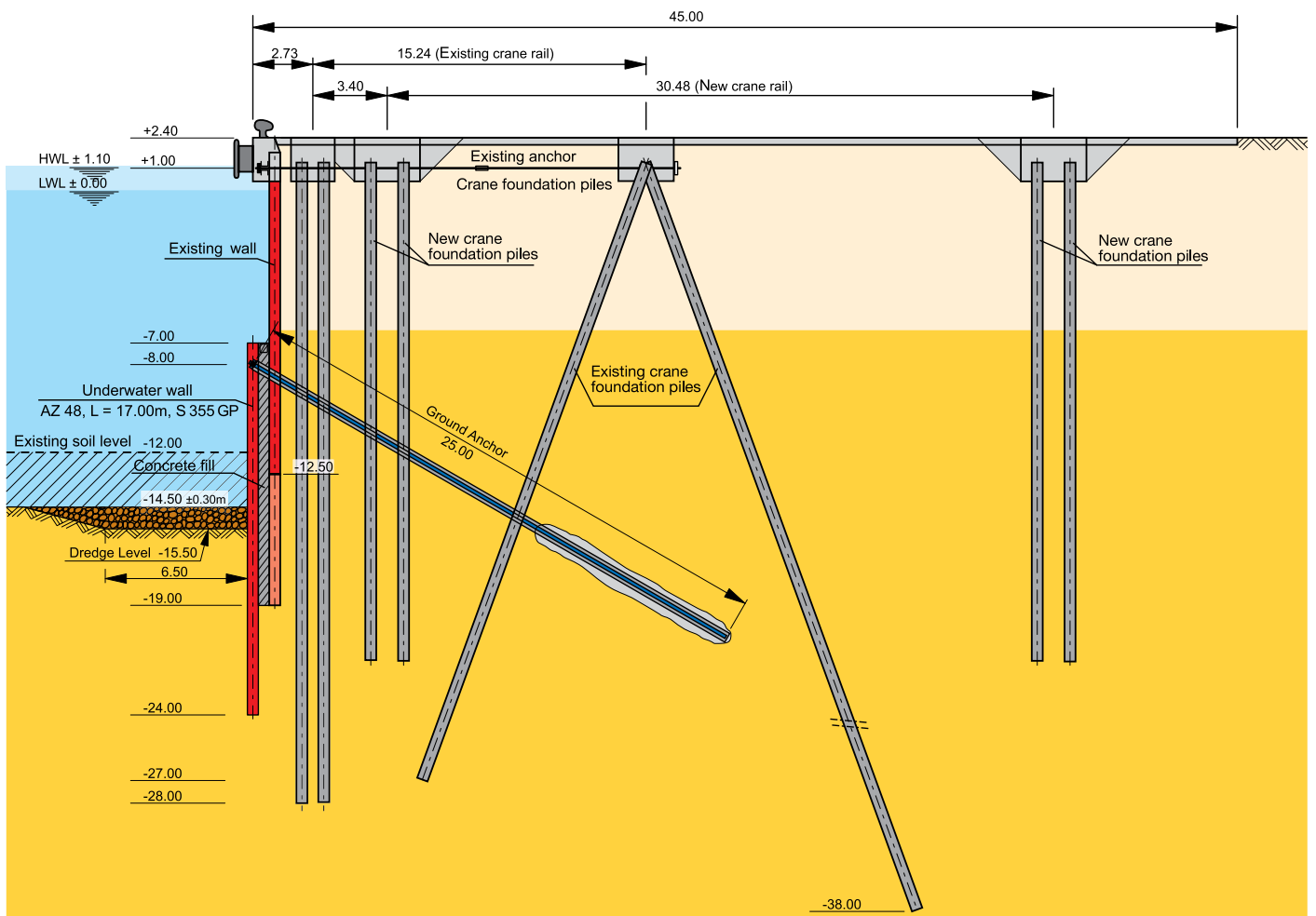
*В Гаосюн 5 контейнерных терминалов и 118 причалов.*

эффективность работы порта, у ряда контейнерных причалов провели дноуглубительные работы, включая действующие причалы 65 (длина 244 м) и 66 (длина 440 м), которые были переоборудованы в контейнерные.

Причалы 65 и 66 являются частью Контейнерного терминала № 2. В связи с запланированным дноуглублением с 12 до 14,50 метров действующие причалы перепроектировали. Причалные стенки причалов 65 и 66 представляют собой комбинированные шпунтовые стенки из коробчатых свай, работающих в качестве основных (несущих) элементов, и свай корытного профиля шириной 500 мм в качестве



*С пропускной способностью до 10 млн TEU в год порт Гаосюн является одним из крупнейших в мире.*



Наиболее экономически выгодным решением при проведении дноуглубительных работ была установка подводной шпунтовой стенки перед причалом.



Существующие строения оставили без изменений.

промежуточных элементов. Основные сваи длиной 20,5 м и промежуточные элементы длиной 13 м изготовлены из шпунта FSP VL.

Портовое управление Гаосюн исключило оригинальное тендерное предложение перепроектирования железобетонного строения, поскольку оно увеличивало бюджет проекта на 70%. Поэтому для дноуглубительных работ был определен вариант шпунтовой стенки из высокопрочной стали. Новая подводная шпунтовая стенка должна была быть установлена у основания перед существующим причалом.

Значения изгибающих моментов очень высоки в силу большой глубины нового строения и сейсмических нагрузок с горизонтальными ускорениями грунта 0,11g выше и 0,22g ниже уровня моря. Расчетная деформация подводной шпунтовой стенки была строго ограничена. Для обеспечения безопасной швартовки судов у двух углубленных причалов, портовые власти должны были ограничить отклонения, чтобы суда не ударились о новую стенку.

Технический отдел ArcelorMittal провел анализ проектного решения, который показал максимальное значение момента 1014 кНм/м для предельной несущей способности и максимальный момент сопротивления 1482 кНм/м для сейсмических условий, с допуском на превышение углубления на 1,0 м.





Шпунтовую стенку установили в пределах глубин от -7 до -24 м и заанкервали с помощью наклонных грунтовых тяг.



Для соединения шпунтовых свай и анкеров использовали L-образные пластины.



Данные нагрузки растягивают стандартные шпунтовые сваи до предела: только шпунт AZ 48 из ассортимента ArcelorMittal с упругим моментом сопротивления  $4800 \text{ см}^3/\text{м}$  выдерживает такие моменты.

Реконструкция причала протяженностью 650 м предполагала подводную установку шпунтовых свай AZ 48 перед существовавшей стенкой из коробчатых свай FSP VL. Сваи AZ 48 длиной 17 м погружали в грунт до тех пор, пока их вершины не достигали глубины 7 м. Между новыми и старыми шпунтовыми сваями вводили жидкий цементный раствор и бетон.

Вследствие требований статической прочности и ограниченных пределов деформации было необходимо выполнить анкерку новой стенки. Устойчивость стенки из свай типа AZ 48 обеспечивали грунтовые анкера, соединенные с оголовками шпунтовых свай. Анкера крепили к каждой третьей шпунтовой свае, и, таким образом, расстояние между анкерами рассчитывается как  $3 \times 0,58 \text{ м} = 1,74 \text{ м}$ . Грунтовые анкера должны были воспринимать большие нагрузки и передавать на нижние слои грунта с высокой несущей способностью. Подрядчик сделал выбор в пользу наклонных анкеров, для которых разработали специальную схему крепления. Пластины L-образной формы приваривали к отверстиям, нарезанным в сваях AZ 48. Анкерные тяги длиной 25 м крепили к L-образным пластинам и удерживались грунтовой заделкой длиной 10 м. Их устанавливали, отступив на полметра от верха подводной шпунтовой стенки, на отметке -7,5 м, под углом 30 градусов. Для оттяжки причальной стенки длиной 650 м потребовалось 373 тяги.

**Заказчик:**

Портовое управление Гаосюн

**Проектировщик & Подрядчик:**

HWA CHI Construction

**Шпунтовые сваи:**

AZ 48

**Длина свай:**

17 м

**Марка стали:**

S 355 GP

**Общее количество шпунта:**

2690 тонн



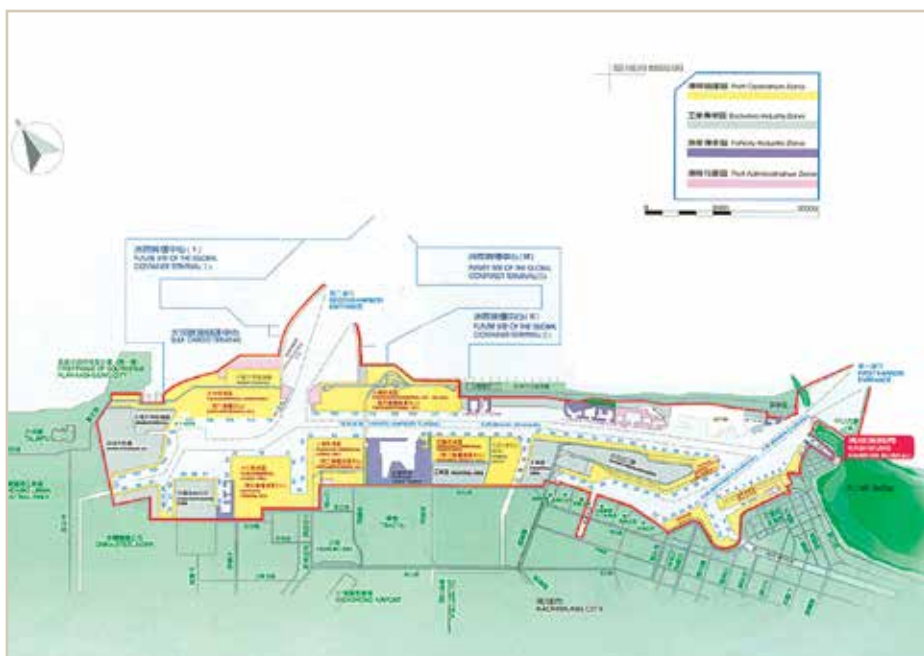
Значительное дноуглубление и сейсмические нагрузки требовали применения сверхмощных секций AZ 48.



Сваи забивали вдоль стенки существующего причала.



Причалы 65 и 66 Контейнерного терминала 2 могут обслуживать суда вместимостью до 6000 TEU.



Порт Гаосюн позиционируется в качестве Азиатско-Тихоокеанского перевалочного узла.

Каждая рассчитана на рабочую нагрузку 660кН и предельную нагрузку 2490 кН. После установки подводной шпунтовой стенки и ее анкерки провели дноуглубление до отметки -14,5 м. Отклонения остаются в установленных пределах, таким образом гарантируя безопасность контейнерного грузопотока.

# Аньпин | ТАЙВАНЬ

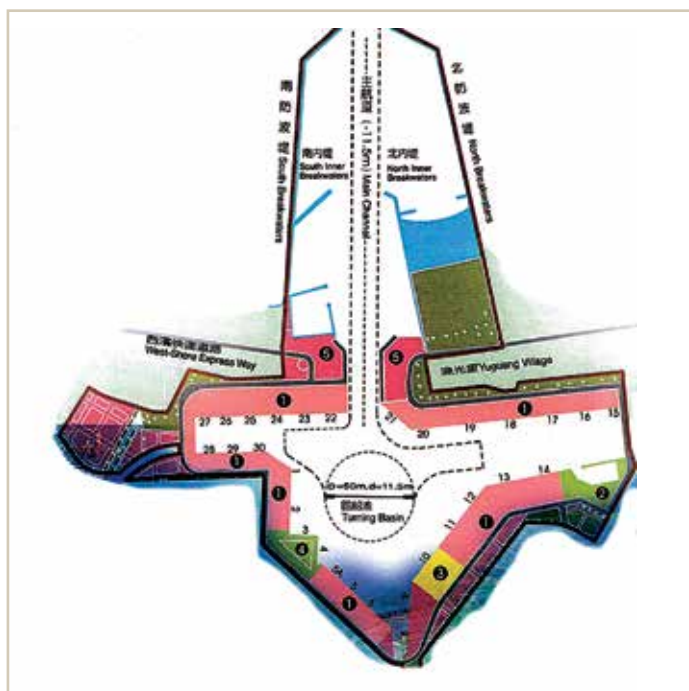
## > Строительство причала

Аньпин – важнейший вспомогательный порт Гаосюн, расположен на юго-западном побережье Тайваня, в 40 км к северу от основного порта. В последние годы объем грузопотока в Аньпин значительно вырос в связи с тем, что порт превратился в многопрофильный узел, связывающий восточную Азию, Китай, Гонконг и окрестные острова Тайваня. Благодаря своему прекрасному географическому положению и естественным условиям Аньпин долгое время был крупнейшим портом Тайваня, истоки которого восходили к династии Мин. Однако по мере того, как порт заилился, он потерял свое былое значение.

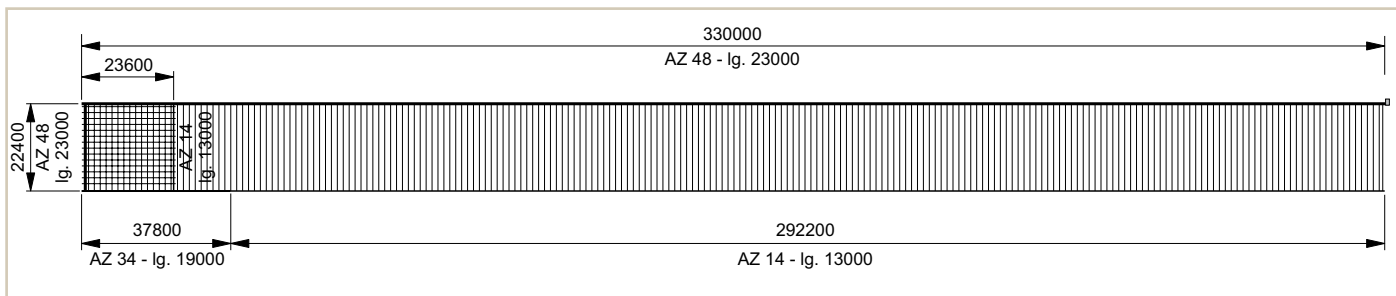
Позднее портовое управление Гаосюн предприняло попытки перестроить порт Аньпин, чтобы дать импульс экономическому развитию в регионе. Порт оснастили современным оборудованием, организовали в нём центр туристического обслуживания, превратив порт в международную торговую гавань с растущим внешнеторговым потенциалом. Глубина судоходного канала 11,5 м; глубина портовых причалов находится в пределах от 7,5 до 11 м. Общая протяженность глубоководных причалов 1450 м; протяженность причалов для судов с меньшей осадкой 1330 м. По завершении различных этапов развития порта Аньпин будет насчитывать 32 причала с береговой линией 5566 м.



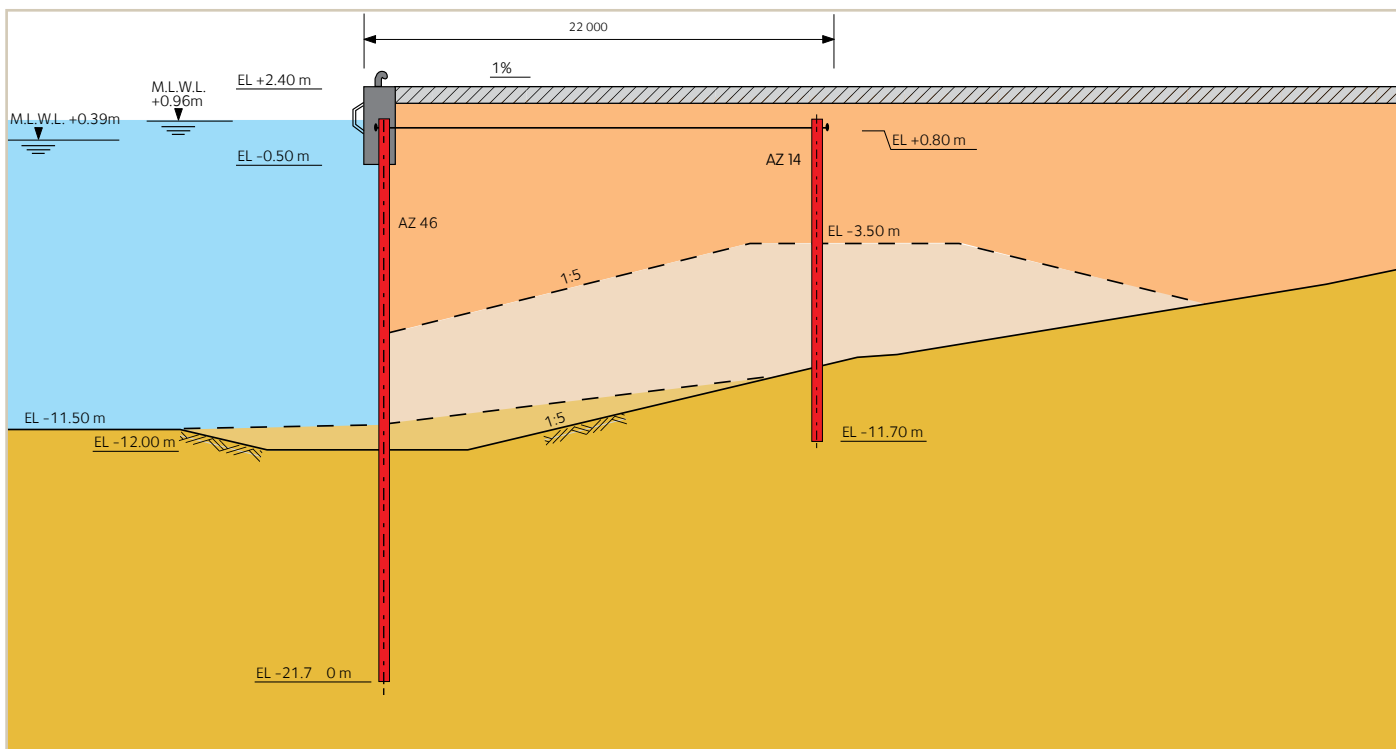
Причал №1 Аньпин – анкерная стенка.



Тайваньский порт Аньпин был недавно расширен с тем, чтобы иметь возможность обрабатывать крупногабаритные суда.



Для того, чтобы справиться с возросшим потоком генеральных грузов через порт, срочно потребовалось возвести причальную стенку длиной 330 м



Шпунтовые сваи AZ 46 устанавливали в стенку причалов 1 & 2 на расстоянии 52 м перед существующей стенкой.

Порт сможет принимать суда дедвейтом до 30000 т, что будет способствовать увеличению годовых объемов перевалки грузов.

В планах портового управления Гаосюн построить причалы № 1 и 2 в районе генеральных грузов и грузов навалом, рядом со входом в порт. Длина нового П-образного причала 330 м, ширина 24 м, а глубина дна 9 м. В проекте причала предусмотрено 3 разных профиля шпунтовых свай. Расчетные изгибающие моменты в пределах 1050 кНм/м, 690 кНм/м и 250 кНм/м, соответственно. В результате оптимизации марок стали в зависимости от преобладающих усилий получили следующий ряд шпунтовых секций:

- AZ 46, марка стали S 390 GP, с изгибающим моментом: 1195 кНм/м > 1050 кНм/м
- AZ 34, марка стали S 355 GP, с изгибающим моментом: 812 кНм/м > 690 кНм/м
- AZ 14, марка стали S 270 GP, с изгибающим моментом: 252 кНм/м > 250 кНм/м

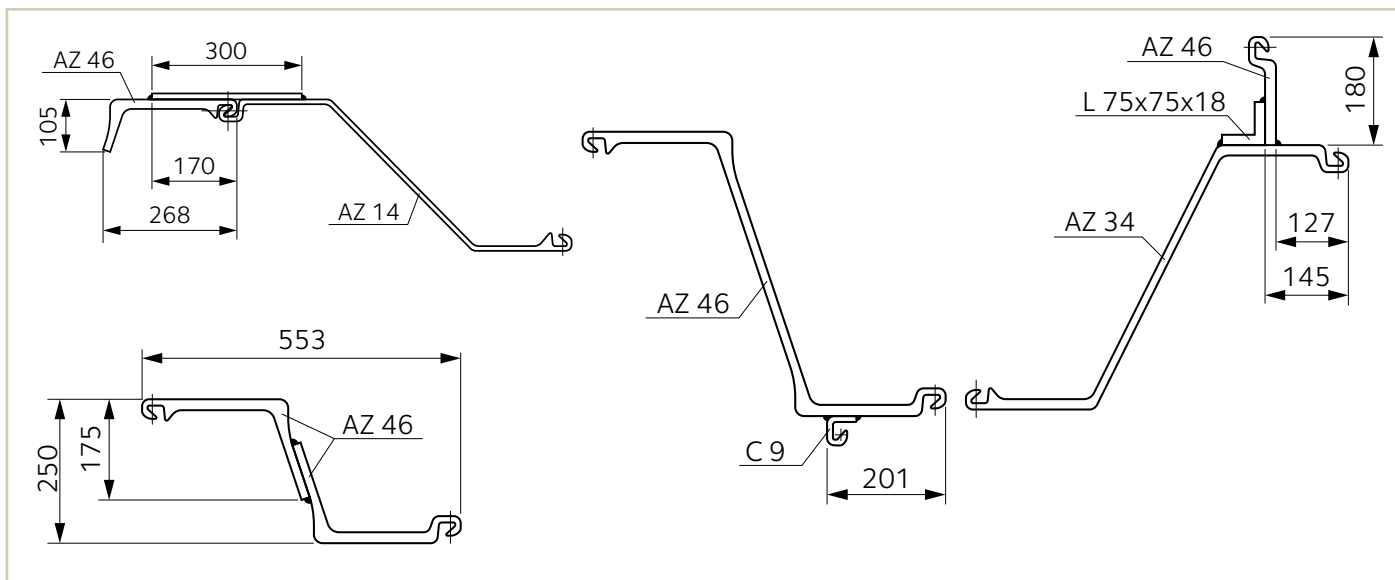
Порт Гаосюн разместил следующий заказ на поставку стальных шпунтовых свай:

- 480 т AZ 14
- 140 т AZ 34
- 1860 т AZ 46

Лицевая стенка П-образного причала состоит из 283 двойных свай AZ 46. Анкерная стенка, удаленная от лицевой на 22,2 м (между осями), состоит из 218 двойных свай AZ 14 и 29 двойных свай AZ 34. Открылок длиной 24 м состоит из 18 двойных свай AZ 46, оттянутых на анкерную стенку из 15 двойных свай AZ 14.

Для формирования поворотов стенки и присоединения новой стенки к существующей использовали несколько специальных свай и одну секцию PU. Субподрядчик Arcelor изготовил следующие специальные сваи для поставки вместе с основными шпунтовыми сваями:

- AZ 46 одиночная свая с приваренной к ней угловой секцией C9.
- AZ 46 одиночная свая, порезанная кислородной резкой, затем сваренная обратно таким образом, чтобы получить меньшую высоту профиля 250 мм.
- AZ 14 одиночная свая с заправленной в замок обрезанной сваей AZ 46. Для стабилизации обрезанной сваи AZ 46 на замковое соединение была приварена пластина.
- AZ 34 одиночная свая с дополнительно приваренным замком Ларсена.



Различные соединительные сваи использовались для оформления поворотов стенки и перехода с одного типа свай на другой.



Причальную стенку установили с помощью оборудования, размещенного на самоподъемной барже. Большую часть параллельных друг другу лицевой и анкерной стенок погружали на открытой воде на расстоянии 52 м перед существующими причалами. Отдельные участки шпунтовой стенки было возможно погружать с помощью вибропогружателя, установленного на суше. До проектной глубины, когда оголовок сваи достигал отметки +1,2 м, сваи забивали ударным молотом.

В отличие от большинства других площадок, где ведутся свайные работы, местный подрядчик при установке первых AZ-свай решил обойтись без специального направляющего кондуктора. Было приложено много усилий для достижения точной проектной длины причальной стенки. Подрядчик приварил арматурные стержни внутри пакетов AZ 46, чтобы избежать проворота в замковых соединениях, что могло увеличить или уменьшить ширину двойного профиля AZ 46. Проектной длины стенки удалось достичь путем погружения свай при постоянном визуальном контроле прямолинейности. Вместе с тем при установке большей части 330-метровой причальной стенки подрядчик пользовался направляющей для погружения.

**Заказчик:**

Портовое управление Гаосюн

**Шпунтовые сваи:**

AZ 46, AZ 34, AZ 14

**Длина свай:**

23 м, 19 м, 13 м

**Марки стали:**

S 390 GP, S 355 GP, S 270 GP

**Общее количество шпунта:**

2500 тонн



Приваренные арматурные стержни предотвращают смещение замковых соединений, что позволяет четко уложиться в проектную длину стенки.



Погружение шпунтовых свай на открытой воде с помощью вибропогружателя и ударного молота, размещенных на барже.



Визуальный контроль прямолинейности оси шпунтовой стенки.



С вводом в эксплуатацию новых причалов объемы перевалки грузов в порте в 2006 году достигли 11,15 млн тонн.



Новые инфраструктурные объекты и сооружения, построенные в рамках реализации «Первой очереди строительства и приобретения земельной собственности торгового порта Аньпин» очень быстро начали оправдывать инвестиции. Реализованный с июля 1998 по сентябрь 2005 проект привел к значительному росту грузопропускной способности порта: в 2006 году в Аньпин было перевалено 11,15 млн тонн грузов, что в сравнении с цифрами за 2005 год означало прирост на 66%.

## Тайбэй | ТАЙВАНЬ

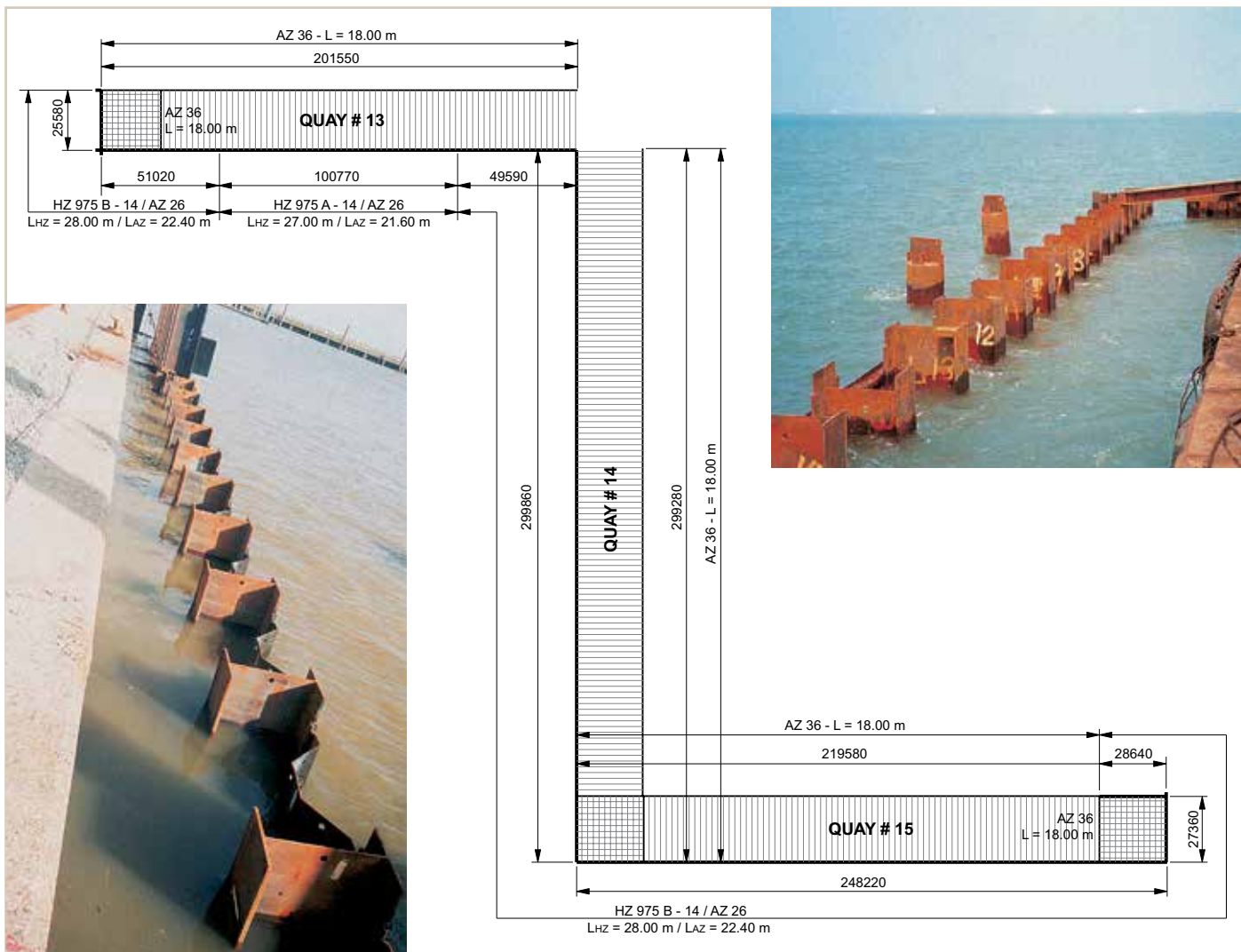
> Причалы 13, 14 и 15



Владелец Причалов 13, 14 и 15, компания Formosa Plastics Corporation (FPC), является одним из лидирующих предприятий нефтехимического комплекса Тайваня с годовым оборотом, превышающим 20 млрд долларов США. FPC – один из крупнейших производителей ПВХ, входит в состав промышленного гиганта Formosa Plastics Group. FPC инвестирует в производство нефтехимической продукции, пластмасс, текстиля, электроники, в машиностроение и энергетику, а также в портовые операции и строительство морского и наземного транспорта. В 1981 году компания первой на Тайване организовала флотилию танкеров для перевозки химических продуктов. Флотилия компании насчитывает 24 судна, включая новейшие танкеры для перевозки химических продуктов, нефтеналивные танкеры, танкеры-газовозы СПГ и другие транспортные суда для обеспечения грузовых перевозок химических продуктов и угля на собственные предприятия.



*В связи с растущим грузопотоком порт Тайбэй запустил программу развития, включающую три очереди.*



В планах у Formosa Plastics Corporation было строительство трех новых причалов. Благодаря преимуществам в скорости установки выбор был сделан в пользу комбинированной шпунтовой системы HZ/AZ.

Тайбэй является вспомогательным портом при порте Цзилун, одном из семи международных портов Тайваня. Порт Тайбэй расположен на южном берегу реки Тамсуй в округе Тайбэй и выходит на западную сторону Тайваньского пролива. Порт занимает исключительно выгодное географическое положение, располагая обширными тыловыми территориями, гаванями с достаточными глубинами, находясь при этом вблизи столичного Тайбэя.

Порт Тайбэй задумывался как многопрофильный международный порт с терминалами для перевалки песка, гравия, цемента, нефти, контейнеров, насыпных и генеральных грузов. Объемы импортных и экспортных грузов, прошедших через порт в 2000 году, превысили 2,3 млн тонн. Консорциум Taipei Harbour Consortium, управляющий портом Тайбэй (Taipei Harbour Consortium), в который входят компании Yangming Marine Transport Corp., Evergreen Marine Corp. и Wan Hai Lines, планировал построить в порте складской и логистический центр для контейнерных грузов, включающий 7 причалов общей протяженностью 2355 м. При глубине 14,5 м причалы смогут принимать крупногабаритные контейнеровозы вместимостью до 5000 TEU.

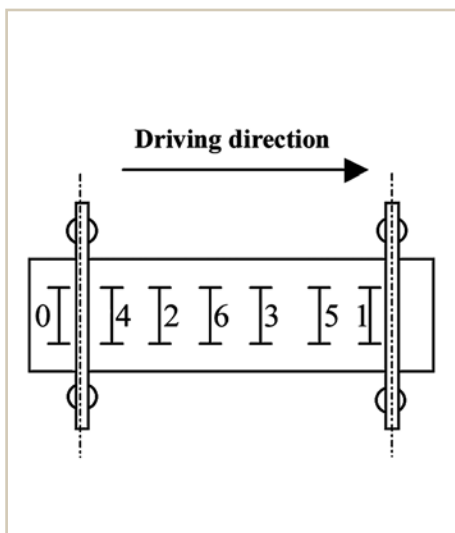
Поскольку первостепенной задачей этого порта, занимающего площадь 3,102 Га, являлось частично разгрузить растущий грузопоток, идущий через Цзилун, было принято решение о трехэтапном расширении портовых мощностей Тайбэй.

Первая очередь программы развития началась в январе 1993 и предполагала обустройство складской площадки площадью 70 Га и строительство двух причалов глубиной 9 м и общей протяженностью 340 м. Первая очередь строительства завершилась в 1998 году, в результате чего площадь порта увеличилась на 84 Га. В ходе реализации второй очереди, завершившейся в 2002, было построено 26 операционных причалов, включая 13, 14 и 15, а также внешний волнолом длиной 3810 м. Третья и последняя очередь по графику должна была завершиться к 2011 году.

Порту Тайбэй характерны высокие приливно-отливные колебания. Самый высокий уровень прилива зарегистрирован на отметке +3,82 м. Поэтому по проекту верхний уровень нового причала предполагал высоту +4 м во избежание подтопления при экстремально высоких приливах. При разработке проекта шпунтовой стенки в расчет принимались следующие значения приливно-отливных колебаний: среднее значение максимального уровня воды +2,48 м, а среднее значение минимального уровня воды +0,55 м.

Три причала для Formosa Plastics Corporation были построены в 2001 году. Заказчик сделал выбор в пользу применения комбинированной шпунтовой системы HZ/AZ производства компании ArcelorMittal. Все три причальные стенки из свай HZ/AZ были оттянуты на анкерные стенки, чтобы ограничить отклонения верхней части стенки и обеспечить





Следование так называемому «шагу пилигрима» ведет к тому, что сваи погружаются в равномерно уплотненный грунт.



Комплект оборудования для погружения включал два крана, вибропогружатель ICE и ударный молот.



Двухуровневый направляющий кондуктор обеспечивал вертикальность основных свай при погружении.



Время от времени погружение свай проводили ниже уровня воды вследствие значительных приливно-отливных колебаний.

оптимальное распределение нагрузок по стенке, иными словами обеспечить наиболее экономичную планировку. Дноуглубление провели с отметки -2,4 м до 15 м для каждого из причалов:

**Причал 13:** Длина 200 м

Лицевая стенка:

- HZ 975 A / 14, L = 27 м & AZ 26, L = 21,6 м
- HZ 975 B / 14, L = 28 м & AZ 26, L = 22,4 м

Анкерная стенка:

- AZ 36, L = 18 м, расстояние до лицевой стенки: 25,3 м

**Причал 14:** Длина 300 м

Лицевая стенка:

- HZ 975 B / 14, L = 28 м & AZ 26, L = 22,4 м

Анкерная стенка:

- AZ 36, L = 18 м, расстояние до лицевой стенки: 27,4 м

**Причал 15:** Длина 250 м

Лицевая стенка:

- HZ 975 A / 14, L = 27 м & AZ 26, L = 21,6 м
- HZ 975 B / 14, L = 28 м & AZ 26, L = 22,4 м

Анкерная стенка:

- AZ 36, L = 18 м, расстояние до лицевой стенки: 28,1 м

Основные сваи HZ 975 A были изготовлены из марки стали S 390 GP (предел текучести 390 Н/мм<sup>2</sup>), а сваи HZ 975 B – из марки стали по американскому стандарту 60 (предел текучести 60 фунт/кв.дюйм = 414 Н/мм<sup>2</sup>). Шпунтовые сваи поставлялись на Тайвань тремя партиями с завода-изготовителя в Люксембурге.

Три причальные стенки соединяются под углом 90 градусов. На пересечении анкерных стенок причалов 14 и 15 прибегли к следующему решению: две двойные сваи AZ сварили вместе в короб CAZ 36. Для присоединения к обеим анкерным стенкам к коробчатой свае приварили дополнительные замковые соединения.

Для проведения консультаций во время установки шпунтовой стенки на рабочую площадку в Тайвань направили двух инженеров ArcelorMittal. Подрядчик установил оборудование для погружения на самоподъемной барже, меняющей положение в зависимости от приливов и отливов. Оборудование включало кран на гусеничном ходу Kobelco, стационарный кран, вибропогружатель и ударный молот.



Для проведения консультаций на этапе погружения свай ArcelorMittal направил двух своих инженеров.



Протяженность Причалов 13, 14 и 15 - 150 м, 300 м и 250 м, соответственно.



После установки основных свай погружали промежуточные элементы AZ до отметки -20м.



Вибропогружатель идеально подходил для установки промежуточных AZ-свай.

Вследствие значительных приливо-отливных колебаний регулярно приходилось работать вибропогружателем под водой. Особых трудностей это не представляло, поскольку силовой блок находился отдельно на платформе над уровнем воды. Центробежная сила используемого погружателя 1250 кН при частоте вращения 1600 оборотов в минуту.

Направляющий кондуктор для погружения обеспечивал прямолинейность при погружении основных свай и точное соблюдение дистанции между сваями. Кондуктор весом 21 тонну направлял сваи на двух уровнях, расположенных на расстоянии 3,5 м друг от друга. Нижний уровень кондуктора был установлен близко к отметке максимального уровня воды на высоте +2,48 м. Семь основных свай заправляли на расстоянии 1790 мм друг от друга в кондуктор, который фиксировали и выравнивали посредством четырёх труб (длиной 18м, диаметром 800 мм, толщиной 20 мм). Трубные сваи обеспечивают отличную поддержку во время установки свай в кондуктор и их погружения, поскольку демонстрируют схожие показатели сопротивления статическим нагрузкам во всех направлениях.

В соответствии с геологическими изысканиями, выполненными на объекте, показатели испытаний твердости (SPT) лежали в пределах от 20 до 30 ударов для верхних слоёв грунта и превышали 50 ударов ниже отметки -23 м. Основные HZ-сваи весом 8,5 т должны были погружать в плотные слои грунта до отметки -25 м. Вибропогружатель



Два уровня анкерных тяг между лицевой и анкерной стенками.



Два уровня распределительного пояса.



Коробчатая свая типа CAZ 36 с тремя приваренными замковыми соединениями, установленная в месте пересечения анкерных стенок.

отлично справлялся с задачей установки сквозь верхние слои зернистого грунта средней плотности. Нижние же глинистые слои были настолько жесткими, что ход погружения был едва заметен. Поэтому подрядчик переключался на использование ударного молота. В процессе вибропогружения грунты с высокой степенью когезии могут утрамбовываться у основания сваи, значительно замедляя ход погружения, поэтому в таких грунтовых условиях рекомендуется применение ударных молотов. Промежуточные AZ-сваи устанавливали вибропогружателем до достижения ими нижнего уровня грунта средней плотности на отметке -20 м. Вертикальность шпунтовых свай контролировалась, и контроль показывал отличные результаты.

Для обеспечения оптимального хода работ при погружении рекомендуется прибегать к так называемому «шагу пилигрима», который заключается в следующем: в направляющий кондуктор устанавливаются все основные HZ-сваи, при этом предварительно погруженная свая HZ находится в положении 0. Далее сваи погружают в следующем порядке: 1 – 5 – 3 – 6 – 4 – 7 – 2. В случае погружения свай последовательно (установка в кондуктор и погружение) могут возникать трудности с обеспечением вертикальности шпунтовых свай.

Погружение длинных свай может приводить к уплотнению грунта в основании сваи, в результате чего последующие сваи будут отклоняться. Правильно подобранная последовательность погружения поможет избежать этого. Тем не менее контроль вертикального положения установленных свай проводить необходимо регулярно.

Установку анкерной стенки начали с погружения специальной сваи коробчатого профиля CAZ 36 на пересечении анкерных стенок Причалов 14 и 15. Через определенные интервалы контролировалось правильное положение свай. Отклонение замкового соединения до  $5^\circ$  позволяет регулировать неточности погружения без использования специальных свай. По завершении свайных работ лицевую и анкерную стенки соединили двумя рядами анкерных тяг. Для равномерной передачи усилий растяжения анкерных тяг на шпунтовую стенку был установлен распределительный пояс. Для отсыпки области между стенками подрядчик использовал экскаватор. Установкой железобетонного оголовка и плиты перекрытия завершили строительство трех новых причалов.

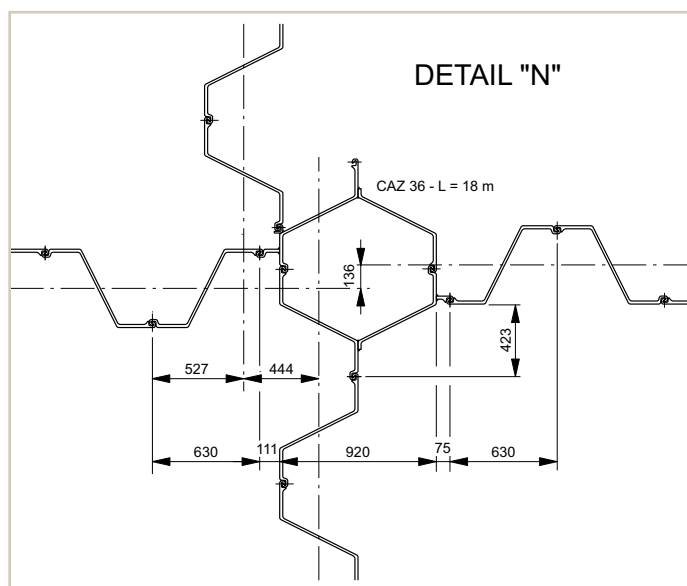
**Заказчик:**  
Formosa Plastics Corporation

**Подрядчик:**  
Tian Tao, Тайвань

**Марка стали:**  
S 320 GP, S 355 GP, S 390 GP, Grade 60

**Шпунтовые сваи:**  
580 т HZ 975 A, L = 27 м  
3330 т HZ 975 B, L = 28 м  
2030 т AZ 26, L = 21,6 – 22,4 м  
2670 т AZ 36, L = 18 м

**Общее количество шпунта:**  
8610 тонн



Сначала погружалась соединительная коробчатая свая, а затем сваи AZ 36 из анкерных стенок Причалов 14 и 15.



Отсыпку области между лицевой и анкерной стенками производил большой экскаватор.



Установку свай и отсыпку территории вели с разных барж.



Открылок Причала 15 длиной 27,4 м состоит из комбинированной системы с 14 основными HZ-сваями.



Пересечение рядов анкерных тяг, связывающих лицевую стенку и открылок с их анкерными стенками.

# Марсден Пойнт | НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ

> Строительство нового глубоководного порта

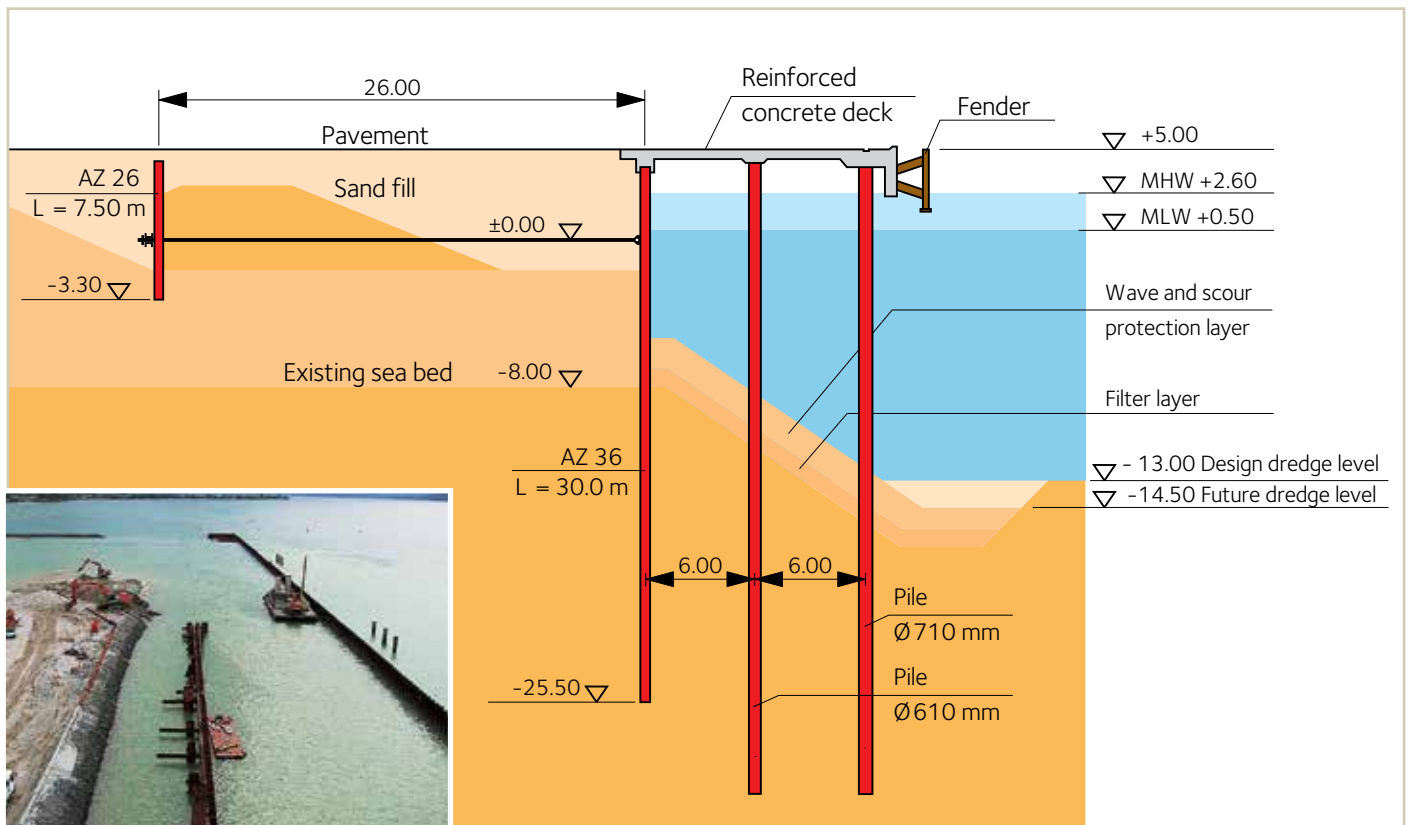


Марсден Пойнт расположен на северо-восточном побережье острова Северный в Новой Зеландии. Именно здесь был построен самый современный и глубоководный порт страны. Порт обеспечивает постоянный доступ для судов и способствует увеличению грузопотока и безусловно является ключевым фактором развития экономики Новой Зеландии.

Идея построить новый порт в данном регионе появилась за несколько десятков лет до начала строительства. Портовая корпорация Нортланд, являющаяся оператором соседнего порта Фангареи, приобрела землю еще в 1960-х годах – на заре развития лесопромышленного комплекса Новой Зеландии. Спустя годы сформировалось порядка 190000 Га сосняка, что привело к росту экспорта лесоматериалов из Фангареи. За период с 2000 по 2004 прогнозировался четырехкратный рост объемов экспорта. Причальные сооружения порта Фангареи не были изначально рассчитаны



*Строительство нового глубоководного порта завершилось в срок менее двух лет – в 2002.*



Оригинальное решение с использованием комбинированной системы HZ/AZ было впоследствии пересмотрено в пользу более экономичной стенки из AZ 36.



Исходя из расчетного срока эксплуатации сооружения 50 лет нанесли два слоя эпоксидного покрытия, не содержащего смол.

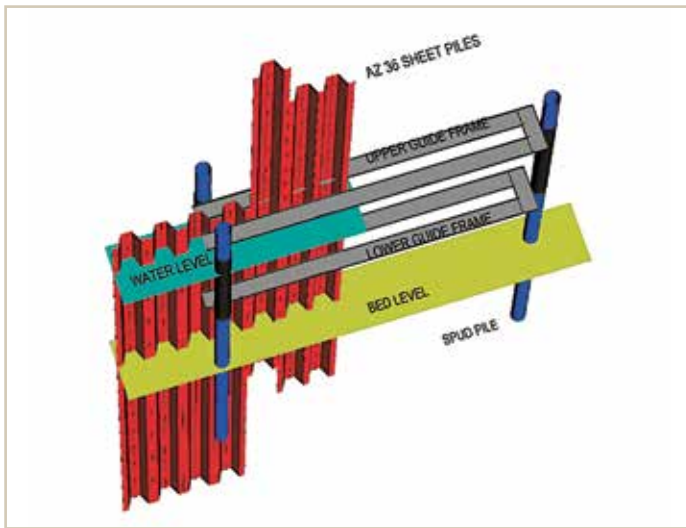


Погружение лицевой шпунтовой стенки с самоподъемной баржи Flexifloat S-70.

на нагрузки от современного тяжелого погрузочно-разгрузочного оборудования, поэтому и справиться с ростом грузопотока порт не мог. Порт может принимать суда с максимальной осадкой до 9 м, что несообразно с ростом габаритов современных судов. Более того, грузопоток может обеспечиваться только посредством проведения регулярной выемки грунта. А недавно порт столкнулся с дефицитом места для отвала грунта выемки. Совокупность этих факторов привела к реализации планов по строительству нового глубоководного порта.

Нортпорт, совместное предприятие Портовой корпорации Нортланд и Порты Тауранга, объединилось с Картер Хольт Харви, крупнейшей лесопромышленной компанией Австралии, для проведения земельных работ в новом порту. В связи со строительством крупного предприятия по производству профилированного клеёного бруса, основная направленность которого – экспортные отгрузки, компания Картер Хольт Харви подписала твердые обязательства по отгрузке одного млн тонн древесины и продуктов её переработки через новый порт в первые пять лет после его ввода в эксплуатацию. Вскоре порт начал переваливать и другие экспортные грузы. В 2005 годовой объем грузопотока достиг 2,8 млн тонн и включал сельскохозяйственную продукцию, удобрения, цемент, контейнеры, а также древесину.

В 1970-е были проведены детальные исследования гидрографических характеристик и окружающей среды на объекте. Область строительства нового порта расположена между двумя неактивными разломами. Выгодное географическое положение способствовало продвижению строительных работ. Грунт состоит из преимущественно аллювиальных песков с редкими торфяными включениями над глубокозалегающими граувакковым известняком и твёрдым аргиллитом.



Вертикальность свай при погружении обеспечивал специальный направляющий кондуктор.

В таких условиях не только создание новой портовой территории могло идти без предварительной выемки грунта, но и грунт выемки из разворотного бассейна мог использоваться в качестве материала обратной засыпки: несколько млн кубометров песка использовали как обратную засыпку ограждения набережной длиной 1700 м в пределах от 3 до 16 м высоты. Набережная часть была также отсыпана из материалов, имевшихся на месте: преимущественно песка с защитой из каменной наброски. Дополнительно, перед укладкой финишного покрытия, была выполнена обратная засыпка высотой до двух метров, что позволило дополнительно укрепить сооружение.

Строительство нового глубоководного порта началось в октябре 2000. Менее чем через 2 года после начала строительства, в июне 2002, первое судно уже причалило в Нортпорте. Сооружение второго причала было окончено несколько месяцев спустя после ввода в эксплуатацию первого. Бюджет проекта должен был вписаться в рамки контракта стоимостью 30 млн новозеландских долларов, включая расходы на проектирование и строительные работы. Территория нового порта включает 50 Га сортировочных площадей (32 Га из которых – искусственно созданная территория) и причал протяженностью 390 м с двумя местами швартовки, готовых принимать сухогрузы вместимостью до 65000 т максимальной длиной 230 м и максимальной осадкой 13 м. Генеральным подрядчиком, совмещающим функции проектной и строительной



Анкерные тяги обернули противокоррозионной защитной лентой.

организации, была компания Fletcher Construction Company Ltd, при этом проектированием занималось бюро Beca Carter Hollings and Ferner. На начальном этапе предполагалось использование комбинированной шпунтовой системы HZ/AZ для строительства подпорной стенки как для удержания прилегающей искусственно созданной территории, так и для создания основания тыловой части причальной эстакады. Причальная эстакада представляет собой железобетонную плиту, опирающуюся со стороны моря на два ряда трубных свай, залитых бетоном. Однако в финальной версии проекта бюро Beca Carter Hollings and Ferner комбинированная шпунтовая система была заменена на более экономичную стенку из свай AZ 36. Проектные расчеты учитывают наличие высоких нагрузок (статическая нагрузка 85 кН/м, рабочая нагрузка 240 кН/м). Значительная ширина профиля выбранных AZ-свай (1,26 м для пакета) является преимуществом при производстве свайных работ. Несмотря на то, что шпунтовые сваи были изготовлены в другой части света, поставка 3000 тонн на проект в Нортпорт заняла всего 3 месяца.

Сваи AZ 36 из лицевой подпорной стенки высотой 30 м погружали в грунт на 16 метров, преимущественно состоящий из песка, при этом последние 5 метров были очень плотными. Две подпорные стенки высотой 15 м соединяют лицевую причальную стенку с отсыпными набережными сооружениями. Сваи AZ 36 с анкерной стенкой из двойных шпунтовых свай AZ 26 длиной 7,5 м связали с помощью анкерных тяг длиной 26 м.

Лицевую подпорную стенку и анкерную стенку связали с помощью стальных анкерных тяг диаметром 60 мм, изготовленных компанией Anker Schroeder. Комплект тяги включал два стержня длиной 13,45 м, соединенных с помощью натяжной муфты. Распределительный пояс из стального швеллера специальными болтами по всей длине шпунтовой стенки присоединяла бригада водолазов, которая также проводила установку анкерных тяг.

Геологические условия и глубины на объекте не предполагали особых сложностей при проведении свайных работ. Установку лицевой подпорной стенки проводили с самоподъемной платформы Flexifloat S-70 вибропогружателем PTC 50HL, закрепленным на кране P&N 5100.

В случае отказа до достижения проектной глубины в плотных песках для завершения забивки свай использовался 9-тонный гидравлический молот Junttan.

**Заказчик:**

Портовая корпорация Нортланд, порт Тауранга и Carter Holt Harvey

**Проектировщик:**

Beca Carter Hollings & Ferner Limited (BCHF)

**Генеральный подрядчик:**

Fletcher Construction Company Ltd

**Марка стали:**

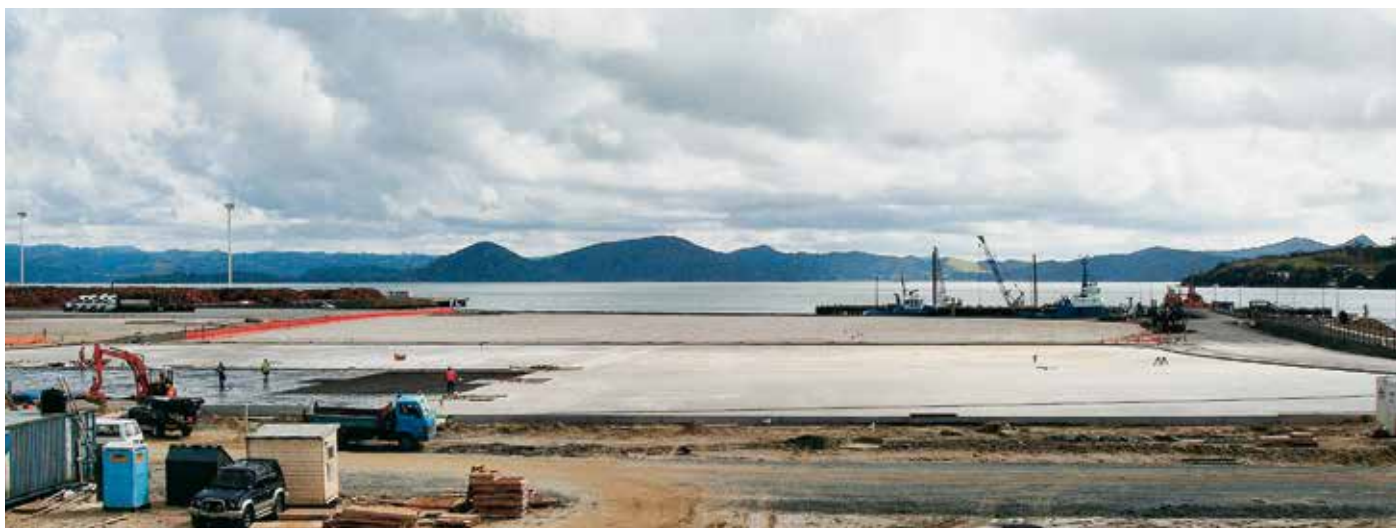
S 430 GP

**Шпунтовые сваи:**

AZ 36, L = 30 м; AZ 26, L = 7,5 м

**Общее количество шпунта:**

3000 тонн



Несколько компаний, работающих на экспорт, также вскоре переориентировались на операции через новый порт, тем самым подтвердив необходимость реализации планов дальнейшего развития порта.



Оборудование для установки свай включало вибропогружатель.



... и гидравлический молот.



В результате успешного сотрудничества над проектом строительства Нортпорта, компания ArcelorMittal в 2005-2006 гг. также участвовала в поставке шпунтовых свай для сооружения нового Причала №3.

Направляющий двухуровневый кондуктор (8 м между верхним и нижним уровнями), обеспечивал необходимую прямолинейность. Кондуктор фиксировали при помощи стальных труб, забиваемых до отказа с помощью того же оборудования, что и для погружения шпунта. 9 пакетов из свай AZ 36 устанавливали в кондуктор для контроля прямолинейности и погружали так называемым панельным методом. Анкерная стенка из шпунтовых свай AZ 26 не требовала погружения – сваи установили с береговой части и подпирали до тех пор, пока не произвели достаточную отсыпку песка с обеих сторон.

Исходя из расчетного срока эксплуатации сооружения, рассчитанного на 50 лет, выполнили комплекс соответствующих антикоррозионных мероприятий в самых критичных частях стенки: в приливно-отливной зоне и по верху области постоянного погружения, которая совпадает с высотой установки анкерных тяг. На шпунтовые сваи нанесли два слоя эпоксидного покрытия Altra Tar, не содержащего смол, толщиной 175 мкм. Анкерные тяги, после их сборки, обернули специальной защитной антикоррозионной лентой Denso Ultraflex, а на муфты натянули термоусадочные манжеты.

Уже на начальном этапе реализации проекта разработали план дальнейшего расширения и строительства еще двух причалов для судов с осадкой до 14,5 м. Строительство Причала №3 началось в конце 2005 г. с применением комбинированной шпунтовой системы, поставленной компанией ArcelorMittal.



Причал длиной 390 м с обоих торцов завершают открытки.



**Оговорка об ограничении ответственности:**

Все сведения и комментарии, содержащиеся в данной брошюре, приводятся исключительно справочном порядке без предоставления каких-либо гарантий. ArcelorMittal Commercial RPS S.a r.l. не несёт ответственности за ошибки, упущения или неправильное использование данной информации, а также за возможность или невозможность её применения. Каждый, кто пользуется данными сведениями, действует по собственному усмотрению и на свой риск. ArcelorMittal Commercial RPS S.a r.l. не несёт ответственности за любые убытки, включая упущенную прибыль и утраченные сбережения или косвенные убытки, возникшие в результате использования или невозможности использования информации, содержащейся в брошюре. Модельный ряд шпунтовых свай может быть изменён без предварительных уведомлений.

Издание 2021 – Напечатано на бумаге FSC.

Знак FSC гарантирует происхождение сырья для производства бумаги из надежных и ответственных источников. (принципы совета FSC содействуют продвижению социальных, экономических, экологических и культурных потребностей настоящего и будущих поколений).  
[www.fsc.org](http://www.fsc.org)

**ArcelorMittal Commercial RPS S.a r.l.**  
Шпунтовые сваи  
66, rue de Luxembourg  
L-4221 Esch-sur-Alzette (Luxembourg)  
E [sheetpiling@arcelormittal.com](mailto:sheetpiling@arcelormittal.com)  
[sheetpiling.arcelormittal.com](http://sheetpiling.arcelormittal.com)



**Hotline: (+352) 5313 3105**



**ArcelorMittalSP**



**ArcelorMittal Sheet Piling (group)**