

## ОПИСАНИЕ ОПЫТА

УДК 626/627

DOI: 10.55326/22278400\_2022\_4\_23

# СОХРАНЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ РАБОТЫ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПОРТА НОВОРОССИЙСК БЛАГОДАРЯ НАУЧНОМУ ПОДХОДУ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И РЕМОНТУ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Роман Юльевич Горгуца<sup>1</sup>, Станислав Витальевич Лисовский<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ООО «Морстройтехнология», Санкт-Петербург, Россия, mct@morproekt.ru

**Аннотация.** Дан сравнительный анализ технических решений, возможных при необходимости реконструкции или капитального ремонта морского причала, находящегося в эксплуатации более 50 лет. Обоснованы условия, при которых можно провести капитальный ремонт объекта без вывода его в состояние реконструкции и с сохранением конструктивных элементов. На примере причала в Новороссийском морском торговом порту показаны технические решения капитального ремонта ГТС с большим сроком эксплуатации. Фотографии предоставлены авторами.

**Ключевые слова:** морские ГТС, капитальный ремонт ГТС, оценка технического состояния

**Для цитирования:** Горгуца Р. Ю., Лисовский С. В. Сохранение концепции работы инфраструктуры порта Новороссийск благодаря научному подходу к проектированию и ремонту гидротехнических сооружений // Гидротехника. 2022. № 4. С. 23–28.

## DESCRIPTION OF THE EXPERIENCE

## PRESERVATION OF THE INFRASTRUCTURE OPERATION CONCEPT OF THE PORT OF NOVOROSSIYSK THANKS TO A SCIENTIFIC APPROACH TO THE DESIGN AND REPAIR OF HYDRAULIC ENGINEERING INSTALLATIONS

Roman Y. Gorgutsa<sup>1</sup>, Stanislav V. Lisovsky<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Morstroytekhlogiya LLC, Saint-Petersburg, Russia, mct@morproekt.ru

**Abstract.** The article presents a comparative analysis of technical solutions, which are possible, if necessary, to reconstruct or overhaul a marine berth that has been in operation for more than 50 years. The authors substantiate the conditions required to carry out a major overhaul of the facility without phasing it out for reconstruction and with the preservation of its structural elements, show on the example of a berth in Novorossiysk Commercial Sea Port, technical solutions for the overhaul of long-lived hydraulic engineering installations. Photo courtesy of the article authors.

**Keywords:** offshore hydraulic engineering structures, overhaul of hydraulic structures, assessment of technical condition

**For citation:** Gorgutsa R. Y., Lisovsky S. V. Preservation of the infrastructure operation concept of the Port of Novorossiysk thanks to a scientific approach to the design and repair of hydraulic engineering installations // Hydrotechnika. 2022. № 4. Pp. 23–28.

**Введение**

В 2016 г. по результатам очередного комплексного обследования и освидетельствования причала № 16 заказчик принял решение о ремонте ГТС.

Существенным условием выполнения строительно-монтажных работ было проведение их в условиях действующего предприятия без вывода причала из эксплуатации.

К выполнению проектно-изыскательских работ изначально был привлечен один из профильных проектных институтов, но предложенные им проектные решения по ремонту

сводились к полному уничтожению уникальных конструктивных элементов причала, выполненных в начале второй половины прошлого века и успешно эксплуатирующихся многие десятилетия. По сути, была предложена реконструкция причального сооружения, что не устроило заказчика и стало поводом для поиска альтернативных решений по ремонту уникального объекта.

Специалисты ООО «Морстрой-технология» (МСТ) предложили технические решения и технологии ремонта, которые позволили сохранить уникальные конструктивные элементы причала, уйти от реконструкции, выполнить работы в заданный короткий срок и сократить стоимость выполнения строительно-монтажных работ (СМР) вдвое.

В ходе выполнения проектных работ специалисты компании нашли способы моделирования конструктивных элементов причала с учетом их естественного состояния в расчетных комплексах. Изначально была составлена «базовая» расчетная схема на основании имеющихся архивных исходных данных. Далее по результатам дополнительных натурных обследований, выполненных испытательным центром МСТ, расчетная схема была доработана. Такой научный подход позволил определить эффективные и экономически целесообразные технические решения.

### Конструктивные особенности причала № 16

Причал № 16 был построен в 1962 г. трестом «Новороссийскморстрой» по проекту института «ЧерноморНИИ-проект». Входит в состав глубоководных причалов Широкого пирса № 1. Согласно паспорту, назначение причала — переработка генеральных и навалочных грузов. Класс сооружения III; длина причала 178,0 м; проектная глубина 11,50 м.

Нормативно-эксплуатационные нагрузки:

- категория I;
- равномерно распределенная (по зонам): 2–4 т/м<sup>2</sup> прикордонная, 6 т/м<sup>2</sup> переходная, 10 т/м<sup>2</sup> тыловая;
- крановая К-35;
- безрельсовый транспорт Н-30.

Примечательной особенностью конструктивных решений является то, что причал запроектирован в виде эстакады на железобетонных предварительно напряженных колоннах-оболочках со сборным крупноблочным железобетонным предварительно напряженным верхним строением (рис. 1).

В продольном направлении причал разделен на отдельные секции, каждая из которых омоноличена верхним строением в пространственную рамную конструкцию. Между секциями в верхнем строении смонтированы температурные вставки. Колонны погружены тремя рядами вдоль кордона причала. Продольный шаг колонн 12,0 м, поперечный 5,5 м.

По поперечным рядам из трех колонн установлены сборные ж/б ригели, армированные предварительно напряженной пучковой арматурой. Ригели омоноличены с колоннами и образуют трехпролетные рамы.

Для сопряжения с ригелем верх колонн-оболочек усилен ж/б пробками высотой по 2 м. По ригелям уложены сборные ж/б плиты и балки с предварительно напряженной пучковой арматурой. Все элементы верхнего строения омоноличены в пределах секции. По верхнему строению проложены крановые и железнодорожные пути, коммуникации.

Между колоннами-оболочками устроена каменная подпричальная призма, сопряженная с тыловой частью верхнего строения посредством сборных бетонных массивов. Заложение подпричального откоса 1:1,5. Призма укреплена камнем массой 15–100 кг и с отметки –2,50 до верха — камнем массой 200 кг.

Согласно «Сборнику технической информации по реконструкции Новороссийского морского порта»:

- колонны-оболочки представляют собой тонкостенные пустотелые цилиндры наружным диаметром

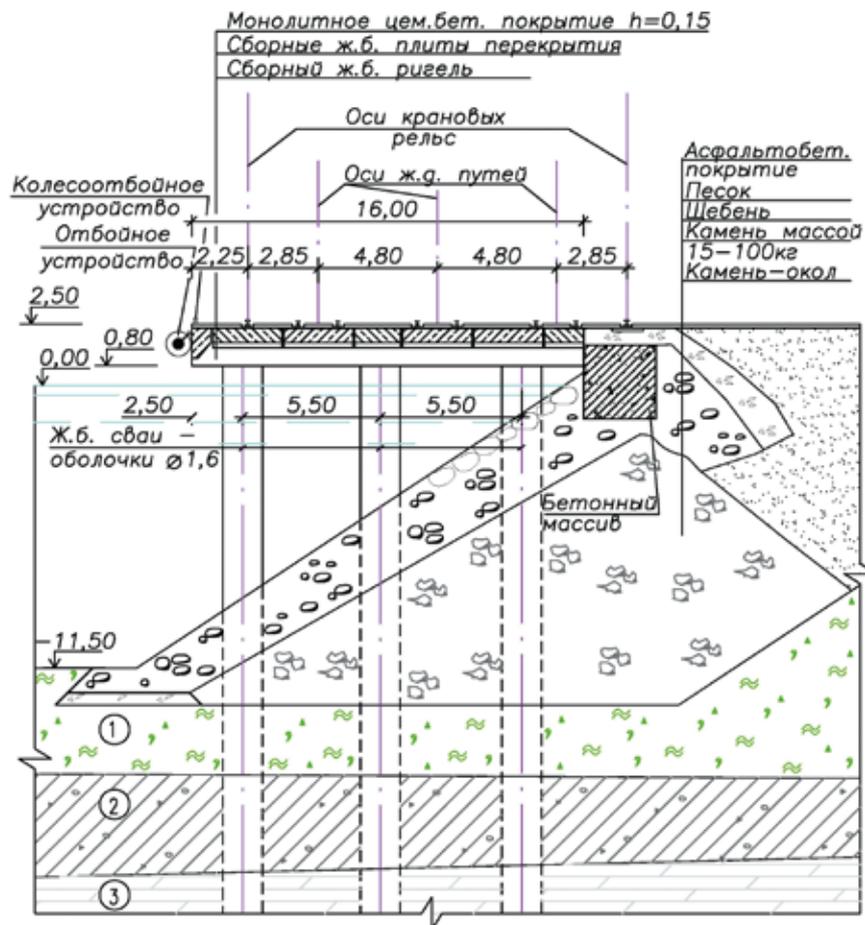
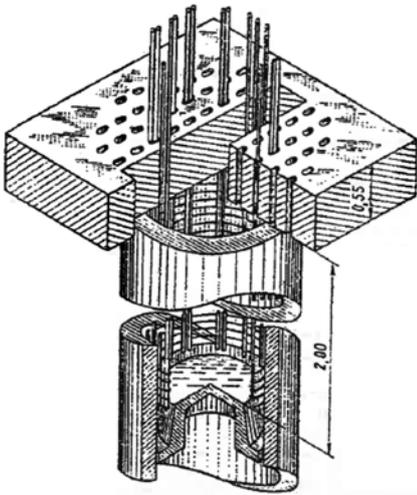


Рисунок 1  
Принципиальный конструктивный разрез причала № 16



**Рисунок 2**  
Соединение колонн-оболочек с ригелями

1600 мм, с толщиной стенки 150 мм, длиной до 28 м, из гидротехнического бетона марки 400, армированы продольной предварительно напряженной стержневой арматурой периодического профиля марки 25Г2С. Величина контролируемого предварительного напряжения рабочей арматуры принята  $4950 \text{ кг/см}^2$ ;

- колонны тылового ряда — усиленные, армированы 24 стержнями рабочей арматуры диаметром 22 мм. Колонны кордонного и среднего рядов — облегченные, армированы таким же количеством стержней диаметром 16 мм;

- кроме напряженной арматуры, каркас оболочки включает обычную ненапряженную стержневую арматуру периодического профиля (Ст. 5), устанавливаемую для усиления головы, ножа и стыков колонны, а также спиральные обоймы шагом 80 мм;

- колонна-оболочка длиной от 20 до 28 м состоит из нескольких отдельных звеньев по 4 и 8 м, стыкуемых между собой путем электросварки концевых металлических фланцев-патрубков. Цельносварные металлические стыки колонны равнопрочны основному железобетонному сечению оболочек. Защита металлических стыков колонны обеспечена устройством по стыкам специальной обоймы из торкретбетона марки 500;

- колонны-оболочки изготовлены методом центрифугирования, позволившем механическим путем получить выгодное пустотелое сечение

оболочек с рациональным распределением железобетона по сечению. При этом обеспечивалось высокое качество бетона оболочек, что особо важно для гидротехнических сооружений (ГТС), работающих в условиях высокоагрессивной морской среды. Проведенные испытания центрифугированного и не центрифугированного бетонов, приготовленных из бетонных смесей одинакового состава, показали, что прочность центрифугированного бетона за счет отжатия воды и уплотнения повышается на 38%, по сравнению с обычным бетоном того же состава;

- проектом предусматривалось погружение колонн-оболочек до кровли флишевой толщ с выемкой грунтов из их полостей, забуриванием в плотные грунты на 1,5 м и устройством бетонных пробок. Предположительно, по факту забуривание и устройство бетонных пробок выполнено не было, по результатам испытаний достаточно было погружения свай до плотных грунтов, соответственно, грунт из оболочек не извлекался;

- в верхней части колонн выполнен узел сопряжения с верхним строением. Схематичное изображение приведено на рис. 2. После установки арматуры узел заполнен бетоном марки 500;

- были проведены испытания колонн-оболочек по грунту на вертикальную нагрузку и по материалу на изгибающий

момент. По результатам положительных испытаний следует вывод об обоснованности проектных решений.

### Состояние причала до выполнения капитального ремонта

По результатам очередного комплексного обследования и освидетельствования был выявлен ряд значительных и критических дефектов железобетонного верхнего строения причала.

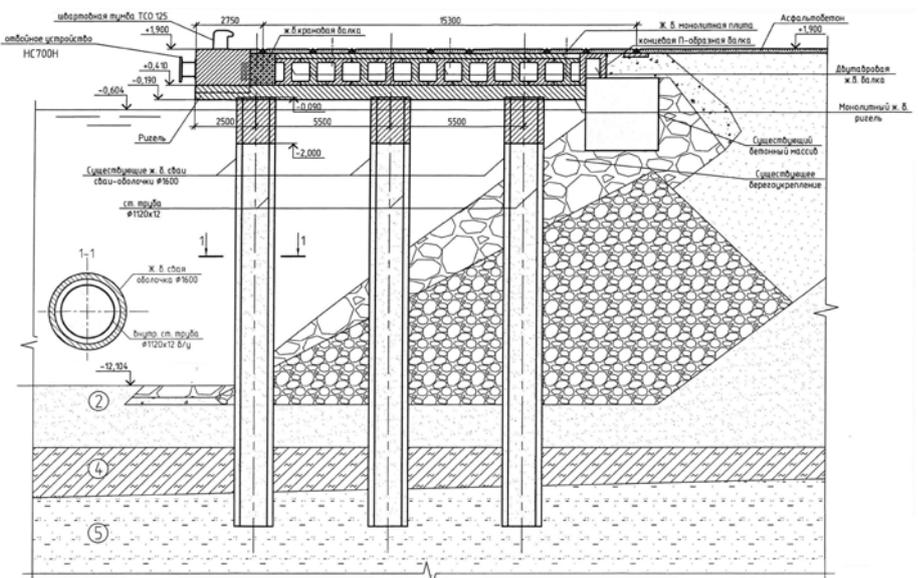
Состояние колонн-оболочек в целом хорошее: износ определен в 24%. Единичные дефекты выражены в повреждении бетона глубиной до 10 см в узлах сопряжения с ригелями по 16 колоннам и в трех случаях — в сквозном зазоре между колонной и ригелем. По ригелям наблюдаются значительные повреждения и утрата защитного слоя бетона, сильная коррозия конструктивной арматуры. Физический износ ригелей определен в 55%.

Плиты перекрытия повсеместно повреждены, по нижней грани утрачен защитный слой, сильно корродирована арматура. Износ плит — 75%.

Выявлен значительный подмыв бетонных блоков тылового сопряжения причала с территорией, наблюдается дефицит глубин до 1,10 м.

В целом расчетный физический износ сооружений определен в 43,9%.

Основываясь на полученных результатах обследования и требо-



**Рисунок 3**  
Один из предложенных вариантов реконструкции причала

ваниях «Технического регламента о безопасности объектов морского транспорта», заказчик принял решение о необходимости комплексного ремонта сооружения.

#### Поиск технического решения по ремонту ГТС

В ходе проработки вопроса технологии ремонта причала проектными институтами было предложено несколько классических вариаций по устройству шпунтовой оторочки с выносом линии кордона в сторону акватории и по последующей засыпке тела причала каменно-набросным материалом. При этом существующие конструкции причала в расчет не принимались.

К существенным недостаткам такого варианта можно отнести:

- сужение и так узкого бассейна между Широким пирсом № 1 и Широким пирсом № 2;
- излом линии кордона между причалами № 15 и № 16, что не позволило бы в дальнейшем принимать большие суда, используя общую длину причальной стенки обоих причалов;
- ухудшение волновой обстановки в узком бассейне в связи с ликвидацией волногасителя в виде подпричального откоса;
- высокую стоимость реконструкции и длительный период СМР.

Еще одним из предложенных вариантов реконструкции предполагалась полная разборка существующего верхнего строения, погружение стальных свай-оболочек в существующие железобетонные сваи и устройство нового верхнего строения (рис. 3).

Техническими недостатками предлагаемого варианта являются:

- необходимость полного демонтажа ригелей для доступа к головам колонн-оболочек;
- необходимость прохождения стальной трубой бетонной пробки колонн-оболочек (в проекте указано «выемка грунта», что не соответствует виду требуемых работ);
- высокий риск неконтролируемых повреждений колонн-оболочек изнутри при погружении стальных труб, учитывая их фактические отклонения и учитывая наличие внутри грунта, а также преднапряженной арматуры;

- пренебрежение несущей способностью сохранившегося существующего свайного основания причала;

- наличие в оболочке бетонной двухметровой пробки непосредственно под ригелем, что является существенной проблемой для ее демонтажа.

Не найдя для себя приемлемого варианта, отвечающего критериям оптимальной материалоемкости и сроков СМР, заказчик продолжил поиск возможного альтернативного технического решения, в качестве которого МСТ предложила концепцию капитального ремонта сооружения с сохранением его конструктива. По результатам технико-экономического сравнения всех предложенных вариантов заказчиком было принято решение о заключении с ООО «Морстройтехнология» договора на разработку рабочей документации.

#### Технические решения по капитальному ремонту, предложенные МСТ

Суть именно капитального ремонта, а не реконструкции, предложенного МСТ, сводилась к частичной разборке существующего верхнего строения, восстановлению существующих ригелей, а также узлов сопряжения с ними свай-оболочек, с последующим устройством новых плит перекрытия верхнего строения.

Другими словами, специалисты предложили оставить и включить в работу существующие элементы причального сооружения, а именно — сваи-оболочки и ригели. Данное предложение было сформулировано после детального изучения принятых технических решений института «ЧерноморНИИпроект», выполнения ряда расчетов на независимых программных комплексах, моделирования преднапряженных элементов и т. п.

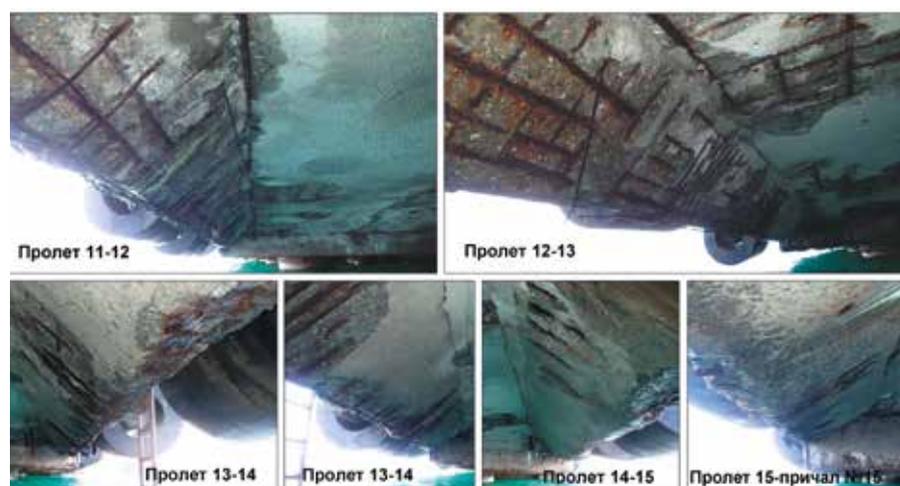


Рисунок 4  
Характерные дефекты тыловой и нижней граней бортовой балки



Рисунок 5  
Характерные дефекты нижней поверхности плит пролетного строения



**Рисунок 6**  
Дефекты и конструктивные особенности свайного основания

Выбранный вариант является альтернативой предложению, представленному на рис. 3, с уменьшением объемов работ и стоимости, а также исключает риски непрогнозируемого поведения и повреждения основных существующих несущих элементов конструкции (колонн-оболочек) при производстве работ. Кроме того, сохраняются основные преимущества

системы взаимозависимой работы ГТС в порту, а также принцип эксплуатации при обработке судов, а именно:

- не ухудшается волновая обстановка, поскольку сохраняется волногашение;
- не заужается узкий бассейн;
- не ломается линия кордона между причалами № 15 и № 16.

Теоретическая уверенность в правильности принятой схемы капитального ремонта у специалистов МСТ сомнений не вызвала, но необходимо было убедиться в том, что конструктивные элементы, запроектированные «на бумаге», реализованы инженерами треста «Новороссийскморстрой» без существенных отступлений от документации, а также что они в ходе более чем полувековой эксплуатации не получили критических дефектов.

Таким образом, было принято решение, что до начала разработки рабочей документации следует провести внеочередное детальное обследование причала, а именно элементов, которые предполагалось сохранить. В ходе обследования, проведенного испытательным центром МСТ (рис. 4–6), были выполнены:

- визуальный контроль доступных осмотру поверхностей элементов конструкции сооружения (в подводной и надводной части), включая дно перед сооружениями;
- измерение отклонений железобетонных свай-оболочек от вертикали;
- обследование свай на наличие трещин в бетоне и/или других дефек-



**Рисунок 7**  
Монтаж плит перекрытия на отремонтированные ригели

тов после тщательной зачистки от обрастания;

- промеры глубин вдоль кордона;
- определение планово-высотного положения верхнего строения и высотного положения территории причала;
- определение прочности на сжатие поверхностного слоя бортовых балок и ригелей;
- определение планово-высотного положения рельсового кранового пути причалов.

На основании результатов внеочередного обследования причала специалистами МСТ была скорректирована расчетная модель, просчитаны все элементы с учетом фактического состояния, разработана рабочая документация, а также заключен договор на авторский надзор и техническое сопровождение строительства. Строительно-монтажные работы были выполнены подрядной организацией ООО «Новоростехфлот» (рис. 7).

В ходе реализации работ МСТ совместно с ООО «Новоростехфлот»

для верификации проектных решений были выполнены натурные испытания:

- для контроля несущей способности проектируемых плит перекрытия были выполнены контрольные испытания двух плит. В ходе испытаний проводилось определение прогиба и ширины раскрытия трещин под действием общей нормативной и максимальной расчетной нагрузок;
- на основании требований по адгезии к существующему бетону был определен ремонтный состав нижней и боковых поверхностей существующих ригелей, а также проведены испытания на отрыв.

По результатам выполнения ремонтных работ причал № 16 был успешно введен в эксплуатацию.

#### Выводы

Предложенный ООО «Морстройтехнология» подход к техническим решениям и технологии ремонтных работ причала, основанный на глубоком знании и понимании идеологии

ведущих проектных и строительных организаций Советского Союза середины прошлого столетия, позволил существенно сократить стоимость строительно-монтажных работ и сроки их выполнения. Стоимость СМР по рабочей документации, разработанной МСТ, на 62% меньше стоимости варианта реконструкции, предложенного другими проектными институтами.

Проектными решениями предусмотрены виды работ, не оказывающие влияния на водный объект и морскую биоту, что позитивно сказывается на экологии Черного моря.

В настоящее время причал успешно эксплуатируется. Для всех проектировщиков и строителей, принявших участие в капитальном ремонте причала № 16 Новороссийского порта, данный объект останется надолго в памяти, поскольку удалось сохранить первоначальный уникальный для настоящего времени конструктив, созданный инженерным гением XX века.

#### Информация об авторах

**Роман Юльевич Горгуца** — к. т. н., генеральный директор, ООО «Морстройтехнология». Автор ID (РИНЦ): 2994–3027  
**Станислав Витальевич Лисовский** — главный инженер, ООО «Морстройтехнология»

#### Information about the authors

**Roman Y. Gorgutsa** — Ph.D in Engineering, General Director, Morstroytekhnologiya LLC  
**Stanislav V. Lisovsky** — Chief Engineer, Morstroytekhnologiya LLC

#### Информация о статье

Статья поступила в редакцию 25.10.2022; принята к публикации 8.11.2022.

#### Article info

The article was submitted 25.10.2022; accepted for publication 8.11.2022.



#### ДЛЯ КОНСУЛЬТАЦИЙ:

**ООО «Морстройтехнология» (МСТ)**  
195220, Санкт-Петербург,  
ул. Гжатская, д. 21, кор. 2, лит. А

**Почтовый адрес:** 195220,  
Санкт-Петербург, а/я 151  
Тел.: +7(812) 333-13-10, +7(812) 333-13-11  
E-mail: mct@morproekt.ru  
Сайт: [www.morproekt.ru](http://www.morproekt.ru)

