

МОРСЬКІ ТА РІЧКОВІ ПОРТИ, ВОДНІ ШЛЯХИ ТА ЇХ ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ

УДК 627.3

DOI: 10.33082/td.2019.2-5.04

РАСШИРЕНИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ЭСТАКАДНОГО ТИПА

А.Р. Богдевич¹, М.П. Дубровский², А.А. Костюков³

¹студентка магистратуры, кафедра «Морские и речные порты,
водные пути и их техническая эксплуатация»,
Одесский национальный морской университет, Одесса, Украина,
anastasiyabog25.11.96@gmail.com

²д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Морские и речные порты,
водные пути и их техническая эксплуатация»,
Одесский национальный морской университет, Одесса, Украина,
ORCID ID: 0000-0003-1229-1717, m.dubrovsky@gmail.com

³ генеральный директор,
ООО «Лакоса», Одесса, Украина,
kostukoww@gmail.com

Аннотация

Выполнен анализ конструктивных решений портовой причальной эстакады. Определены причины ограниченности области применения портовых набережных-эстакад, к которым следует отнести дефицит прочности и несущей способности. На конкретных примерах свайных эстакад, возведенных и/или реконструированных в украинских морских портах проанализированы их эксплуатационные параметры, определены достоинства и недостатки. Как перспективное направление совершенствования набережных-эстакад рассмотрено инновационное предложение по оснащению свайных опор сооружения пространственным каркасом, позволяющим обеспечить благоприятное перераспределение внешних нагрузок. Горизонтальные нагрузки воспринимаются свайными опорами, связанными с ростверком причала, а вертикальные нагрузки частично или полностью передаются через опорные пяты каркаса на грунтовое основание дна. Для расширения области применения рассмотренного решения целесообразно обеспечить его применение и для сооружений, включающих подпричальный каменный откос.

Ключевые слова: эстакада, набережная, ростверк, свая, подпричальный откос, несущая способность.

УДК 627.3

**РОЗШИРЕННЯ СФЕРИ ЗАСТОСУВАННЯ
ПРИЧАЛЬНИХ СПОРУД ЕСТАКАДНОГО ТИПУ**

А.Р. Богдевич¹, М.П. Дубровський², О.А. Костюков³

¹студентка магістратури, кафедра «Морські та річкові порти,
водні шляхи та їх технічна експлуатація»,
Одеський національний морський університет, Одеса, Україна,
anastasiyabog25.11.96@gmail.com

²д.т.н., професор, завідувач кафедрою «Морські та річкові порти,
водні шляхи та їх технічна експлуатація»,
Одеський національний морський університет, Одеса, Україна,
ORCID ID: 0000-0003-1229-1717, m.dubrovsky@gmail.com

³генеральний директор,
ТОВ «Лакоса», Одеса, Україна,
kostukoww@gmail.com

Анотація

Виконаний аналіз конструктивних рішень портової причальної естакади. Визначені причини обмеженості області застосування портових набережних-естакад, до яких слід віднести дефіцит міцності і несучої здатності. На конкретних прикладах пальових естакад, зведених і/або реконструйованих в українських морських портах, проаналізовані їх експлуатаційні параметри, визначені переваги і недоліки. Як перспективний напрям удосконалення набережних-естакад розглянуто інноваційну пропозицію щодо оснащення пальових опор споруди просторовим каркасом, що дозволяє забезпечити сприятливий перерозподіл зовнішніх навантажень. Горизонтальні навантаження сприймаються пальовими опорами, які пов'язані з ростверком причалу, а вертикальні навантаження частково або повністю передаються через опорні п'яти каркаса на ґрунтову основу дна. Для розширення області застосування розглянутого рішення доцільно забезпечити його застосування і для споруд, що включають підпричальний кам'яний укіс.

Ключові слова: естакада, набережна, ростверк, паля, підпричальний укіс, несуча здатність.

UDC 627.3

EXTENSION OF THE APPLICATION FIELD OF TRESTLE TYPE FACILITIES

A.R. Bohdevych¹, M.P. Dubrovskyi², O.A. Kostiukov³

¹Master's student, Department «Marine and river ports, waterways and its technical service»,
Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine,
anastasiyabog25.11.96@gmail.com

²DSc, Professor, Head of the Department «Marine and river ports,
waterways and its technical service»,
Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine,
ORCID ID: 0000-0003-1229-1717, m.dubrovsky@gmail.com

³General Director,
Lakosa LLC, Odessa, Ukraine,
kostukoww@gmail.com

Abstract

Introduction. The analysis of typical design solutions of port piled quay walls is presented. In Ukrainian seaports they were erected mainly 50-60 years ago and earlier. Fast vessels development requires corresponding parameters of the quay walls. That's why it is essentially important to study reserves of piles bearing capacity.

Purpose. It is necessary to determine the field of application of the considered structures at the modern conditions as well as to assess possibilities of their operation without modernization or by mean of reconstruction. There are determined the main reasons of the limitations of the field of application for the considered structures. These reasons include a deficit of both strength and bearing capacity. **Results.** Concrete samples of the piled quay walls constructed or reconstructed in some Ukrainian seaports are considered. For such seaports as Chernomorsk (former Ilychevsk) on the Black Sea, Mariupol and Berdyansk on the Sea of Azov technical and operational parameters of the piled quay walls are analyzed; their advantageous and shortcomings are determined. To improve typical design and to increase its bearing capacity the innovative suggestion on providing 3D framework for each pile is considered. Such approach allows favorable redistribution of the external loading. Horizontal loads are adopted by piles connected with the quay's cap. Vertical loads partially or totally are transferred to the bottom's soil via bearing shoe of the framework. Different connection solutions between pile's head and the structure's cap are proposed depending on soil conditions in the bottom ground. **Conclusions.** Considered innovative approach may be successfully applied to create piled berthing structures of increased bearing capacity. The next task is to provide more universal solution for piled quay walls which contain stone fill slope under the piled cap.

Key words: piled cap, quay wall, pile, fill slope, bearing capacity.

Введение

К набережным свайной конструкции относят причальные сооружения с высоким свайным ростверком, состоящие из двух основных элементов: свайного основания из высоко возвышающихся над уровнем дна одиночных свай и сплошной тонкой стенки (в сквозных сооружениях ее нет), а также ростверка, связывающего между собой головы свай и образующего территорию причала [1-4].

Свайное основание может состоять только из вертикальных свай или вертикальных и наклонных, или только из наклонных. Наклонные сваи могут воспринимать значительно больше горизонтальные нагрузки от навала судов и натяжения швартовов, и от давления грунта в ростверках, имеющих сплошные тонкие стенки. Сваям придаются уклоны от 20:1 до 1:1. Основание с наклонными сваями можно сконструировать так, что сваи будут воспринимать в основном только продольные сжимающие или растягивающие усилия. Благодаря этому можно применять сваи, не обладающие большим сопротивлением изгибу. Однако сваи могут воспринимать также поперечные и комбинированные силовые воздействия, т. е. подвергаться поперечному изгибу. В целом высокие свайные ростверки представляют собой неизменяемые системы часто в виде рам, которые могут воспринимать вертикальные и горизонтальные нагрузки.

Чаще всего в морской гидротехнике применяются призматические сваи сечением 45x45 см, длиной 24 м и более с несущей способностью при работе на сжатие 600–900 кН и более [1-4]. В связи с возрастанием глубин и увеличением нагрузок количество таких свай в конструкции причала резко возрастает, усложняется монтаж верхнего строения и увеличивается стоимость сооружения. В то же время, по сравнению с гравитационными причальными сооружениями свайной конструкции более экономичны, особенно при больших глубинах.

1. Основные типы свайных причалов

Различают два основных типа причальных сооружений свайной конструкции: – *распорные*, в состав которых кроме свай входят сплошные тонкие шпунтовые стенки; при расположении стенки по кордонной линии конструкция называется *набережной стенкой с передним шпунтом* (рис. 1, а), а в тыловой части – *с задним шпунтом* (рис. 1, б);

– *сквозные (эстакадные)*, не подверженные боковому давлению грунта.

Для обеспечения грунтонепроницаемости сплошных стенок применяются те же способы, что и в больверках. Различают несущие и ненесущие тонкие стенки. В первом случае на стенку, воспринимающую боковое давление грунта, передается также и часть нагрузки, действующей на ростверк. Во втором случае сопряжение ростверка со стенкой выполняется таким образом, что нагрузки от ростверка стенке не передаются.

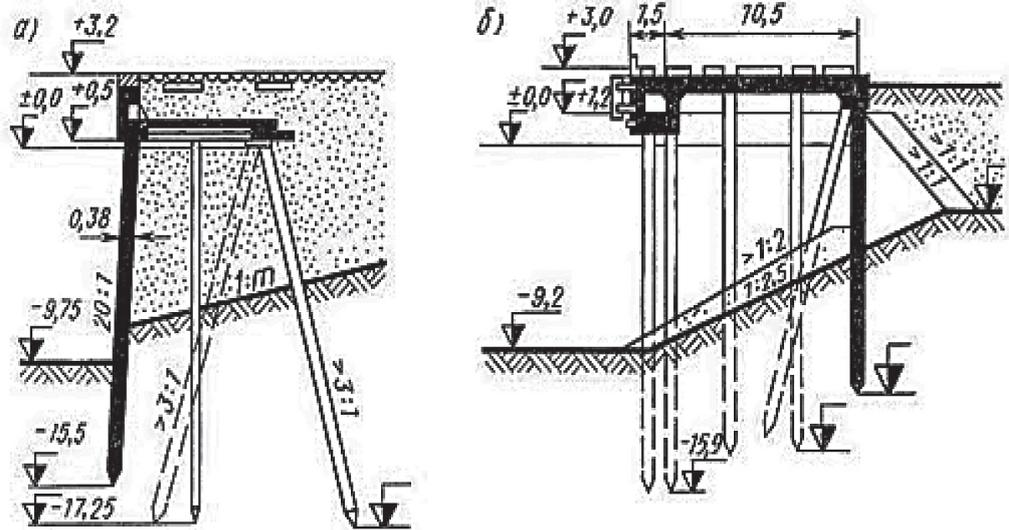


Рис. 1. Набережные с передним и задним шпунтами:
а – с передним шпунтовым рядом; б – с задним шпунтовым рядом.
Источник: сайт [4]

В эстакадах отдельные опоры размещены в основном равномерно по длине сооружения. Сквозные причальные сооружения могут располагаться вдоль берега

на некотором расстоянии от него и соединяться с берегом отдельными съездами эстакадного или мостового типа в виде каменных дамб и др., или примыкать к берегу по всей длине сооружения. В последнем случае причальные сооружения перекрывают естественный или искусственно созданный береговой откос. Для уменьшения ширины набережной-эстакады часто под причальный откос прикрывается имеющей большую крутизну каменной отсыпью, которая одновременно защищает грунт от размыва, а в месте сопряжения с берегом устраивается подпорная стенка. Подпричальные каменные откосы крутизной от 1:1,5 до 1:1,8 подвержены размывающему воздействию проникающих на закрытую акваторию пологих волн высотой свыше 1 м. Откосы крепят камнем массой от 200 до 1000 кг и более.

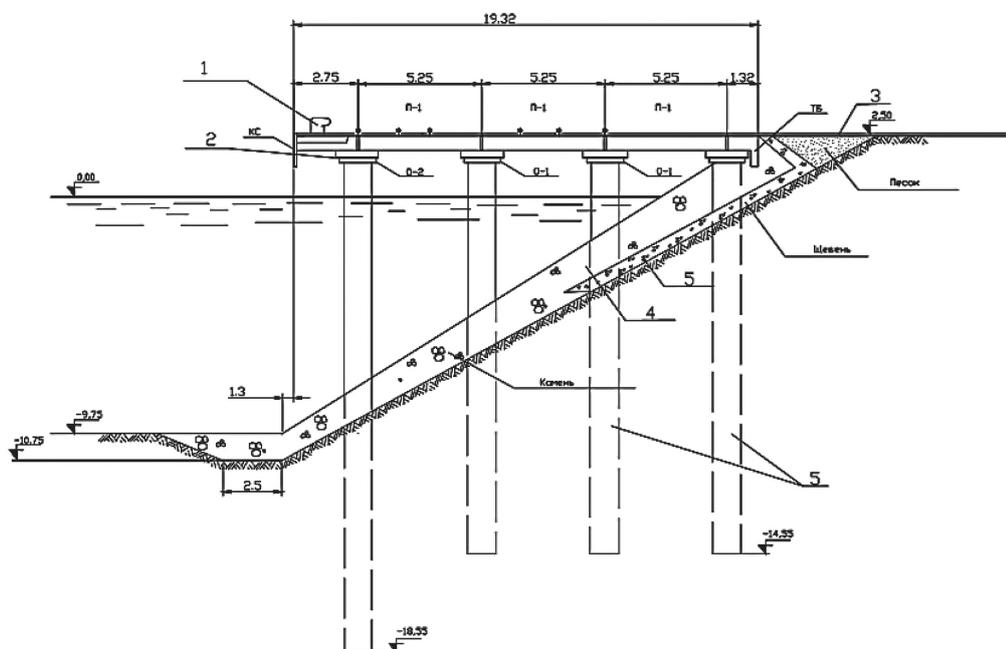


Рис. 2. Железобетонная эстакада на предварительно напряженных сваях со сборным верхним строением с опорными капителями, 1-швартовная тумба; 2-наголовники; 3-покрытие; 4-подпричальный откос; 5 – фильтр; 6 – сваи.
Источник: схема из учебника [2]

Сквозные набережные на железобетонных сваях строились еще в начале XX в. Преимущественно применяются набережные эстакадного типа с верхним строением также из железобетона. Наиболее распространены верхние строения из плит и балочные. При значительных колебаниях уровня воды иногда применяют решетчатое верхнее строение. Сваи доводят до уровня бетонирования без водоотлива, а выше наращивают стойками, соединяемыми между собой горизонтальными, а в отдельных случаях и наклонными связями, размещаемыми в один или несколько ярусов.

Большое количество сборных набережных-эстакад в портах Одесса, Николаев, Мариуполь и других построено по типовому проекту, разработанному для глубин 8,25; 9,75 и 11,5 м (рис. 2, а). Шаг свай в продольном направлении 3 м, длина секции 50 м.

Достаточно широкое распространение получили сооружения на сваях-оболочках с плитным или балочным верхним строением. При поперечно-ригельной системе основные несущие балки (ригели) укладываются на опоры поперек причала, благодаря чему обеспечиваются большая поперечная жесткость сооружения и возможность устройства в случае необходимости большого числа каналов для инженерных сетей.

2. Недостатки портовых причальных эстакад

На сегодняшний день эксплуатируется ряд причалов в виде набережных-эстакад, в частности в Черноморском, Одесском, Бердянском и Мариупольском портах, построенных 50 и более лет назад, которые были запроектированы для глубин моря 9,75 м и 11,50 м.

Указанные глубины являются не достаточными для современного флота, к причалам подходят суда все большего дедвейта и размерений, в связи с чем возрастают нагрузки как от навала судна, так и от натяжения швартовных канатов.

Одновременно возникает потребность установки на причалах оборудования высокой производительности, большего веса. Вследствие этого существующие причалы в виде свайных эстакад (в первую очередь, их свайные основания) исчерпали резервы несущей способности.

Следовательно, набережные-эстакады подлежат модернизации, реконструкции и усилению, используя современные технологии, в том числе за счет увеличения несущей способности свайных оснований рассматриваемых сооружений.

3. Анализ набережных-эстакад в морских портах Украины

3.1 Причал № 3 в порту Мариуполь

Причал № 3 является составной частью перегрузочного фронта Хлебной гавани с длиной 145.6 м [5]. Причал № 3 расположен на закрытой от волнения акватории. Строительство причала относится к 1967-1969 г. Его назначение – перегрузка насыпных грузов и металлических грузов. Конструкция причала представляет собой набережную в виде эстакады шириной 14.50 м со сборно-монолитной верхним строением (рис. 3).

В поперечном направлении ростверк эстакады имеет пять рядов железобетонных напряженных свай сечением 40x40 см длиной 16 и 18 м с шагом 2,50 м и 2,75 м – секция 1-2; сечением 45x45 см длиной 20 м и 21 м с шагом 2,40 м и 2,85 м – секция 3. Кордонный ряд свай в продольном направлении имеет шаг 2,5 м, средние ряды – 5 м. Шаг свай тылового ряда принят 2.5 м с последующим чередованием наклонных и вертикальных свай. Наклонные сваи с уклоном 4:1 располагаются в плоскости поперечных рам, а вертикальные – в промежутках между ними. Верхнее строение выполнена путем омоноличивания сборных

железобетонных плит. Подпричальный откос укреплен от размыва отсыпкой камня массой 15 ... 100 кг.

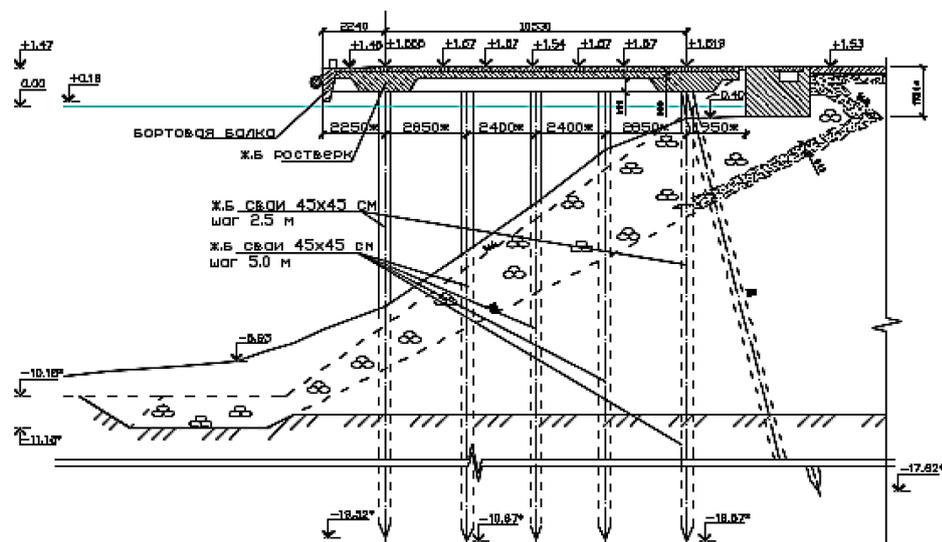


Рис. 3. Схема причала № 3 в виде свайной эстакады в порту Мариуполь.
Источник: Паспорт гидротехнического сооружения [5]

Тыловое сопряжение причала с берегом выполнена с одного курса бетонных массивов с потернами размером 0.5x1.0 м для инженерных сетей. За массивной стенкой отсыпана каменная призма из камня массой 15 ... 100 кг с уклоном 1: 1 с двухслойным щебеночным контрфильтром.

По ростверку уложено цементно-бетонное покрытие, на территории – с железобетонных плит, асфальтобетона, шлака. Причал оборудован судовыми и крановыми электроколонками, швартовным тумбами и отбойными устройствами. На причале расположены крановые пути шириной 10.5 м, длиной 145.6 м и два железнодорожных пути.

Грунтовые условия характеризуются наличием глинистых илов очень текучей консистенции, мощность слоя ила от 0,3 м до 3,0 м. Под илом залегают илистые суглинки и глины текучей и мягкопластичного консистенции, мощность слоя от 2,3 м до 4,0 м. Ниже залегает слой тугопластичных и полутвердых глин мощностью слоя от 0,5 м до 4,5 м. Илы и текучепластичные суглинки были заменены песчаным грунтом и гранитным отсевом.

3.2 Причал № 14 в порту Черноморск

Причал № 14 построен в 1970 г. по проекту института «ЧерноморНИИпроект». Длина причала – 175,0 м, проектная отметка линии кордона причала – 2,44 м, а проектная глубина возле линии кордона – 11,5 м (от «0» порта Черноморск).

Причал представляет собой пятирядную эстакаду на железобетонных сваях со сборно-монолитной железобетонным верхним строением (рис. 4) [6]. Свайное основание – железобетонные сваи сечением 45x45 см. Подпричальный откос – из камня массой 15 ... 100 кг, уклон 1: 1,45.

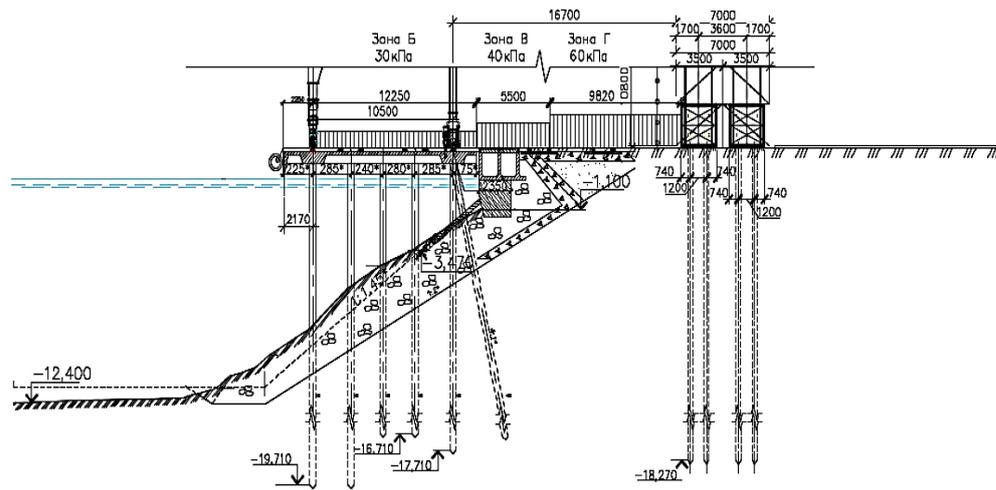


Рис. 4. Схема причала № 14 в порту Черноморск в виде свайной эстакады.
Источник: Паспорт гидротехнического сооружения [6]

Причал оборудован швартовными и отбойными устройствами, каналами инженерных коммуникаций, крановыми и железнодорожными путями, покрытием и др. Причал рассчитан на нагрузку по I категории.

Геологическое строение представлено породами участка соответствующего общего геологического строения долины Сухого лимана. интервале отметок минус 11,5 – минус 15,9 м залегают мягкопластичные глины (слой 1). Мощность слоя – до 4,4 м. В интервале отметок минус 14,7 м – минус 23,3 м залегают глины полужесткая (слой 2). Мощность слоя – до 7,4 м, ниже – глины меотические от тугопластичной к твердой (слой 3).

3.3 Причал №1 в порту Бердянск

В 1817 г. была возведена двухрядная конструкция с каменным заполнением. После реконструкции в 1912 г. конструкция представляла собой свайный ростверк с задним шпунтом. Деревянные сваи диаметром 28-30 см, длиной 10,5 м были погружены четырьмя продольными рядами с уклоном в сторону берега. Продольный шаг свай составлял от 1,0 до 1,9 м (в среднем 1,45 м), поперечный шаг-0,9-1,1 м. Позже в тыловой части эстакады были погружены железобетонные сваи сечением 45x45 см, длиной 16,0 м. Железобетонные сваи расположены в пролетах между поперечными рядами деревянных свай на расстоянии 4,5-4,6 м от линии границы. Кордонная подкрановая балка имеет сечение 80x135 см. Задний шпунт был выполнен из деревянных досок шириной 7,5 см, толщиной 4,0 см, длиной 6,5 м.

Кордонная нить кранового пути была выполнена на свайном, тыловая – на шпально-балластном основании. Свайное основание включает два продольных ряда вертикальных свай. Сваи погружены между деревянными сваями старой конструкции. Напротив мест установки швартовых тумб является наклонные железобетонные сваи (по две на каждую швартовку тумбу,) погружены с уклоном в сторону берега [7]. Верхнее строение эстакады выполнено в виде безбалочной монолитной железобетонной конструкции, предусмотрено две паттерны для инженерных коммуникаций.

Задняя шпунтовая стенка выполнена из металлического шпунта типа «Ларсен-V». Шпунтовая стенка заанкерена стальными анкерными тягами за козловую анкерную опору из железобетонных свай. Лицевая стенка выполнена из пакетов некондиционных труб диаметром 152-168 мм, ось стенки имеет ломаный силуэт.

Конструкция анкеруется с помощью гибких тяг за анкерную стенку из пакетов некондиционных труб. Пакеты имеют те же размеры и конфигурацию, что и пакеты лицевой стенки, но не объединены между собой обрезками рельсов и погружены в одну линию (рис. 5).

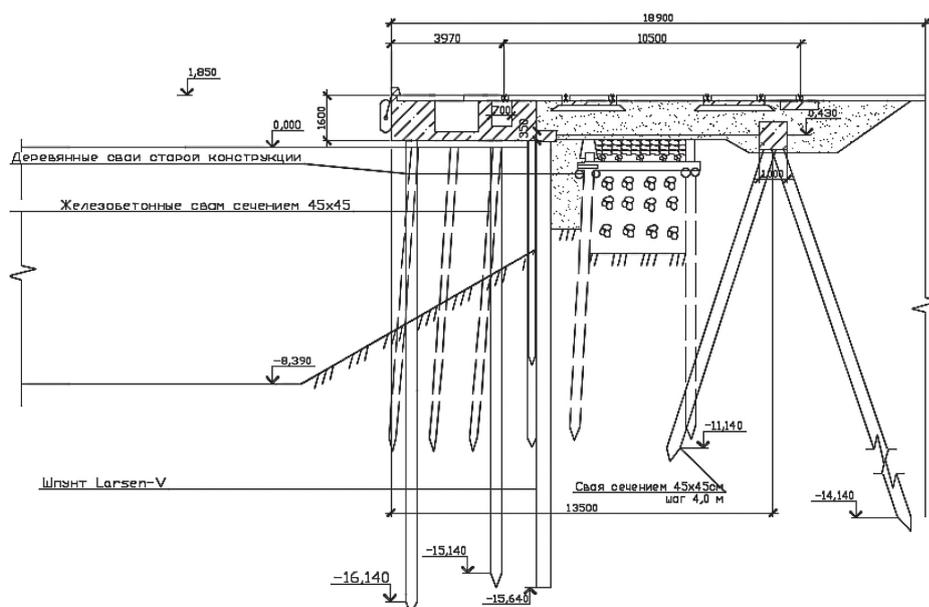


Рис. 5. Схема причала №1 в виде свайной эстакады в порту Бердянск.
Источник: Паспорт гидротехнического сооружения [7]

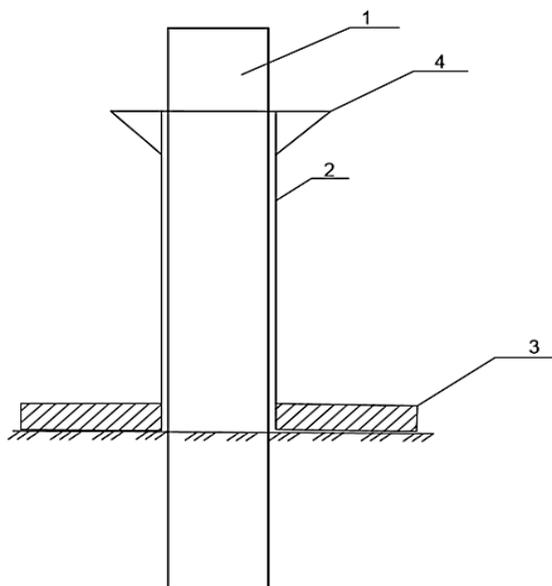
Надстройка выполнена из железобетона, тыловой частью опирается на кордонный ряд свай и омоноличена с кордонной подкрановой балкой; на причале имеются две паттерны для инженерных сетей. Конструкция причала рассчитана на эксплуатационные нагрузки 1 категории. Причал оборудован 9 швартовыми тумбами ТСО-40 и 44-мя отбойными устройствами.

Из представленных проектных решений, характерных для ряда украинских морских портов, очевидна проблема дефицита несущей способности свайных оснований

вследствие как их недостаточно жесткого поперечного сечения, так и незначительной глубины погружения в грунт дна. Увеличение глубины воды у набережных-эстакад для обеспечения подхода и обслуживания судов с большой осадкой сопряжено с риском нарушения общей устойчивости причала и выполняется, как правило, лишь после реконструкции и усиления сооружения. В то же время, как следует из анализа представленных выше проектных решений, вследствие высокой степени насыщения существующих конструкций набережных-эстакад разнообразными конструктивными элементами первоначальных сооружений и элементами ранее осуществленных модернизаций и усилений, дальнейшее размещение в теле сооружения новых конструктивных элементов представляется трудно реализуемым. В связи с изложенным, целесообразно рассмотреть возможность увеличения несущей способности существующих опор причальных свайных ростверков.

4. Инновационное решение по повышению несущей способности свайных опор эстакад

Предложенное решение по изобретению [8] предназначено для возведения сооружений на свайных опорах. Целью предложения является снижение стоимости свайных опор за счет уменьшения их материалоемкости. Свайная опора предложенной конструкции (рис. 6) состоит из сваи 1, на которую на пределах ее свободной длины (т.е. до уровня дна) свободно надет жесткий пространственный каркас 2, жестко связанный в уровне дна с опорной пятой 3. Для опирания ростверка на каркас 2 предусмотрены опорные столики 4. Опорная пята 3 может



быть выполнена из железобетона или металла в виде круглой либо прямоугольной плиты, а каркас в виде трубчатого металлического кожуха, диаметр которого превышает диаметр сваи, или в виде решетчатой колонны из металлических стержневых элементов. Голова сваи 1 расположена выше верхнего конца каркаса 2, что обеспечивает возможность ее размещения в соответствующих пазах плиты или наголовника ростверка 5 для восприятия горизонтальных нагрузок. При работе сооружения сваи воспринимают только горизонтальную нагрузку, прикладываемую ростверком к их головам, а каркасы с опорными пятками — только вертикаль-

Рис. 6. Схема свайная опоры ростверка.
Источник: Авторское свидетельство [8]

ную, передаваемую ростверком и воспринимаемую грунтовым основанием через пяты каркасов.

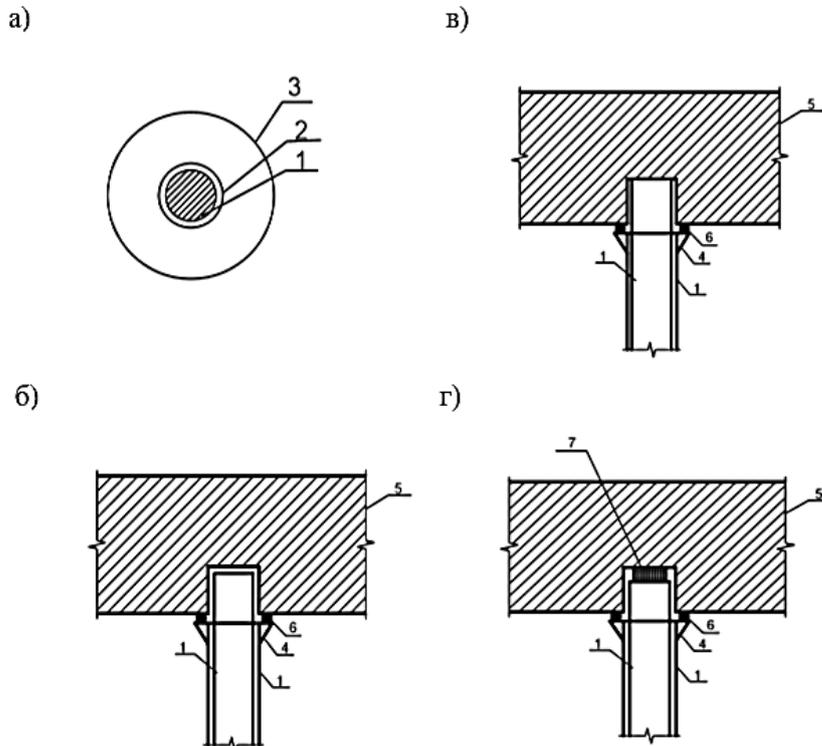


Рис. 7. Варианты конструктивного решения связи сваи с каркасом, а – план свайной опоры; б – г – схемы опирания ростверка на сваю. Источник: Авторское свидетельство [8]

Связь свайной опоры предлагаемой конструкции с ростверком может быть выполнена в нескольких вариантах в зависимости от свойств грунтового основания и характера нагрузок, передаваемых ростверком на опору. Так, если верхний слой оснований плотный, а подстилающий слабый, то конструктивно возможно одновременное опирание ростверка 5 на голову сваи 1 и на верх каркаса 2 (опорами 6 на опорные столки 4, (рис. 7, б).

В противоположном случае (верхний слой грунта слабый, а подстилающий – плотный) для того, чтобы передать вертикальную нагрузку не на сваю 1, а на пяту 3, вертикальное опирание ростверка 5 должно быть только на каркасе 2 (рис. 7, в). При наличии однородного основания, сложенного слоями с близкими по величине физики-механическими характеристиками, возможно конструктивное решение по предыдущему варианту или распределение вертикальной нагрузки от ростверка 5 между свайей 1 и каркасом 2 с пятой 3 (например, с использованием упругой прокладки 7 между головой сваи 1 и нижней поверхностью ростверка 5 (рис. 7, г).

Возведение сооружения на свайных опорах рассматриваемой конструкции может быть осуществлено в следующей последовательности: погружают сваи 1

до требуемой по проекту глубины: с помощью плавучего или берегового крана надевают на сваи 1 каркас 2 с жестко связанными с ними пятами 3, имеющие центральные сквозные отверстия; каркасы 2 фиксируют временными связями (тросом, болтом и т.п) симметрично относительно свай 1; монтируют элементы верхнего строения (ростверка 5) по одной из приведенных схем (рис. 7, б-г).

Положительный эффект при работе сооружения на свайных опорах рассматриваемой конструкции возникает за счет того, что сваи воспринимают только горизонтальную нагрузку, прикладываемую ростверком к их головам, а каркасы с опорными пятами – только вертикальную, передаваемую ростверком и воспринимаемую грунтовым основанием через пяты каркасов.

Таким образом, обеспечиваемое в данном решении разделение функций конструктивных элементов свайной опоры позволяет, во-первых, уменьшить глубину погружения сваи (поскольку они не должны обладать высокой несущей способностью по грунту для восприятия вертикальной нагрузки) а, во-вторых, улучшить условия работы опорных пят (симметричное вертикальное нагружение). Снижение усилий в конструктивных элементах свайной опоры позволяет уменьшить как ее материалоемкость, так и стоимость. Кроме того, благодаря улучшению условий работы свайных опор повышается эксплуатационная надежность и снижается стоимость всего сооружения.

В то же время, рассматриваемое инновационное решение разработано для горизонтальной поверхности морского дна, что не учитывает наличие в традиционных свайных набережных подпричального каменного откоса. Это свидетельствует о необходимости усовершенствования примененного подхода для расширения области его применения, в том числе и на широко распространенные сооружения с подпричальным откосом.

Выводы

Таким образом, анализ известных конструкций свайных причальных эстакад показал ограниченность их области применения, особенно, в условиях быстрого обновления флота и использования крупнотоннажных судов с большой осадкой. Для расширения области применения свайных эстакад рассмотрена возможность использования инновационного решения «Свайная опора ростверка», которое позволяет существенно повысить осевые нагрузки на свайные опоры эстакады. Дальнейшее развитие этого подхода целесообразно в направлении обеспечения его применения в свайных причальных эстакадах с каменным подпричальным откосом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов Г.Н., Аристархов В.В. и др. Порты и портовые сооружения, М., Издательство Ассоциации строительных вузов, 2003. 463 с.
2. Фортученко Ю.А., Тюрин А.П., Яковлев П.И. Портовые гидротехнические сооружения. Москва: Транспорт, 1990. 319 с.
3. http://gidro-bud.com.ua/news/morskie_prichaly (дата звернення 18.11.2019).

4. <http://www.arhplan.ru/industry/berth/berthing-facilities-trestle-type> (дата звернення 18.11.2019).
5. Паспорт причалу № 3 (гідротехнічна частина), Маріупольська філія ДП «АМПУ», ТОВ «Лакоса», Одеса, 2016.
6. Паспорт причалу № 14 (гідротехнічна частина), Чорноморська філія ДП «АМПУ», ТОВ «Лакоса», Одеса, 2019.
7. Паспорт причалу № 1 (гідротехнічна частина), Бердянська філія ДП «АМПУ», ТОВ «Лакоса», Одеса, 2019.
8. М.П. Дубровский, М.Б. Пойзнер, А.Д. Кац, Н.В. Туржанский. Авторское свидетельство на изобретение № 1595997 «Свайная опора ростверка». Опубликовано в бюллетене № 36, 30.09.1990.

REFERENCES

1. Smirnov, G.N., & Aristarkhov, V.V., et al (2003). *Ports and port structures* [Porty i portovye sooruzheniia]. Moscow, Association of transport universities. 463 p. [in Russian].
2. Fortuchenko, Yu.A., Tiurin, A.P., & Yakovlev, P.I. (1990). *Port hydrotechnical structures* [Portovye gidrotekhnicheskie sooruzheniia]. Moscow, Transport, 319 p. [in Russian].
3. Retrieved from http://gidro-bud.com.ua/news/morskie_prichaly.
4. Retrieved from <http://www.arhplan.ru/industry/berth/berthing-facilities-trestle-type>.
5. Passport of the quay wall #3 (Hydrotechnical Part), [Pasport pryichalu № 3 (hidrotekhnichna chastyna)]. Mariupol branch of SE “USPA”, Lakosa Ltd, Odessa, 2016 [in Ukrainian].
6. Passport of the quay wall #14 (Hydrotechnical Part), Pasport pryichalu № 14 (hidrotekhnichna chastyna)]. Chornomorsk branch of SE “USPA”, Lakosa Ltd, Odessa, 2016 [in Ukrainian].
7. Passport of the quay wall #1 (Hydrotechnical Part), [Pasport pryichalu № 11 (hidrotekhnichna chastyna)]. Berdyansk branch of SE “USPA”, Lakosa Ltd, Odessa, 2016 [in Ukrainian].
8. Doubrovsky, M.P., Poizner, M.B., Katz, A.D., & Turzhansky, N.V. (1990). Invention Certificate #1595997 “Pile Support of the Cap” [Avtorskoe svidetelstvo na izobretenie № 1595997 «Svainaia opora rostverka»]. Bulletin #36 of 30.09.1990 [in Russian].