

DOI 10.15589/jnn20160102  
 УДК 629.5.081.326  
 P28

## IMPROVEMENT OF THE FLOATING REPAIR DOCK STRUCTURE

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ РЕМОНТНЫХ ПЛАВУЧИХ ДОКОВ

**Olexandr S. Rashkovskiy**

olexandr.rashkovskiy@nuos.edu.ua  
 ORCID: 0000-0002-3730-3748

**Olexandr V. Shchedrolosiev**

aleksandr.schedrolosev@nuos.edu.ua  
 ORCID: 0000-0001-7972-3882

**Vitalii N. Perov**

vitalii.perov@nuos.edu.ua  
 ORCID: 0000-0002-9045-2275

**А. С. Рашковский**

д-р техн. наук, проф.<sup>1</sup>

**А. В. Щедролосоєв**

д-р техн. наук, проф.<sup>2</sup>

**В. Н. Перов**

доц.

<sup>1</sup>*Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv*

<sup>2</sup>*Kherson branch of NUS, Kherson*

<sup>1</sup>*Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев*

<sup>2</sup>*Херсонский филиал НУК, г. Херсон*

**Abstract** The most popular modern type of the repair dock is a large composite floating dock with the large lifting capacity, consisting of the reinforced concrete pontoon and two solid steel towers. In order to serve the ship, a floating dock is submerged to a certain depth in the water area of the enterprise into a specially dug pit. In regular practice, floating repair docks are unfastened in the area of their operation (diving pit) with the use of a special anchor system consisting of anchors, chains and underlying arrays. At a number of shipyards, a special underwater pit used to submerge a floating dock at the receiving and launching of the vessel is made close to the pier in order not to build it in the waters. It saves the cost and time of moving the dock to the pits and back to the pier. The article describes the options for unfastening a floating repair dock using bollards fixed on the tower of the dock or in the pit near the pier. To determine the size of the structural elements of a device for the dock unfastening to the pier, operating loads are considered, calculation schemes are designed and the strength of the bollard and slip-rope is calculated.

**Key words:** floating repair dock; pit for submersing a floating dock; dock unfastening; bollards; slip-rope.

**Аннотация.** В статье рассмотрены варианты раскрепления ремонтного плавучего дока с помощью палов, закрепляемых на башне дока или в специальном котловане возле пирса. Для определения размеров конструктивных элементов устройства для раскрепления дока к пирсу рассмотрены действующие нагрузки, разработаны расчетные схемы и произведен расчет прочности пала и серги.

**Ключевые слова:** ремонтный плавучий док; котлован для погружения дока; раскрепление дока; палы, серга.

**Анотація.** В статті розглянуто варіанти розкріплення ремонтного плавучого доку за допомогою палів, які закріплені на башті доку чи в спеціальному котловані біля пирсу. Для визначення розмірів конструктивних елементів пристрою для розкріплення доку до пирсу розглянуто діючі навантаження, розроблено розрахункові схеми та наведено розрахунок міцності палу та серги.

**Ключові слова:** ремонтний плавучий док; котлован для занурення доку; розкріплення доку; пали; серга.

#### REFERENCES

- [1] *Pravila klassifikatsii i postroyki morskikh sudov. Rossiyskiy Morskoy Registr Sudokhodstva. Tom 1* [Rules for the classification and construction of sea vessels. Russian Maritime Register of Shipping. Volume 1]. St. Petersburg, RMRS Publ., 2007, 680 p.
- [2] *Pravila postroyki korpusov sudov i plavuchikh sooruzheniy s primeneniem zhelezobetona. Rehistr sudnoplavstva Ukrainy* [Rules for construction of ship hulls and floating structures using reinforced concrete. Ukrainian Register of Shipping]. Kyiv, Ukrainian Register of Shipping, 2007, 120 p.
- [3] Rashkovskiy A. S. Slutskiy N. G., Konnov V. N., Shchedrolosev A. V., Uzlov A. N. *Proektirovanie, tekhnologiya i organizatsiya stroitelstva kompozitnykh plavuchikh dokov bolshoy podemnoy sily* [Designing, technology

- and organization of construction of composite floating docks with large lifting capacity]. Nikolaev, Atoll Publ., 2008. 382 p.
- [4] Slutskiy N. G. Konnov V. N. *Plavuchiy dok pr. 1760KR*. [Floating dock pr. 1760KR]. *Sudostroenie i sudoremont* [Shipbuilding and ship repair], 2009, no. 15–16, pp. 26–33.
- [5] Slutskiy N. G. *Razrabotka ustroystva dlya podvizhnoy fiksatsii plavuchego doka vozle pirsа* [Development of the device for mobile fixing of the floating dock near the pier]. *Nauchno-teoreticheskiy i prakticheskiy zhurnal «Sovremennyy nauchnyy vestnik»*. Seriya: *Informatika, Matematika, Fizika, Tekhnika* [Scientific and theoretical and practical magazine «Modern Science Bulletin». Series: Computer Science, Mathematics, Physics, Engineering], 2009, no. 18 (74), pp. 50–55.
- [6] Slutskiy N. G. *Sravnitelnyy tekhniko-ekonomicheskyy analiz stroitelstva tselnometallicheskiykh i kompozitnykh plavuchikh dokov* [Comparative technical and economic analysis of construction of all-metal and composite floating docks]. *Zbirnyk naukovykh prats NUK* [Collection of Scientific Publications of NUS], 2007, no. 2 (413), pp. 34–41.
- [7] Slutskiy N. G., Rashkovskiy A. S., Yermakov D. V. *Ekonomicheskaya effektivnost stroitelstva i ekspluatatsii kompozitnykh plavuchikh dokov bolshoy podemnoy sily* [Economic efficiency of construction and operation of composite floating docks with large lifting capacity]. *Zbirnyk naukovykh prats «Ekonomika: problemy teorii ta praktyky»* [Collection of Scientific Publications «Economy: Issues of Theory and Practice»], 2007, no. 232, pp. 614–621.
- [8] *Spravochnyye dannyye po rezhimu vetrov i volneniya v okeanakh. Rossiyskiy Morskoy Registr Sudokhodstva* [Reference data on the behaviour of winds and waves in the oceans. Russian Maritime Register of Shipping]. St. Petersburg, RMRS Publ., 1965, 154 p.

#### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Для приема и спуска ремонтируемого судна плавучий док погружается на определенную глубину в специальный котлован, вырытый на акватории завода. Котлован вместе с устройствами, служащими для удержания над ним системы док-судно, обеспечения транспортной связи с берегом и подачи различных видов энергии для производства работ, является дорогостоящим комплексом гидротехнических сооружений.

Плавучие доки с ремонтируемым судном закрепляются над котлованом с помощью специальной якорной системы, состоящей из якорей, цепей и пригрузочных массивов. Применяются несколько схем крепления — «заякорения» дока.

В случае отсутствия места для расстановки якорей на акватории завода применяют раскрепление дока с помощью палов, представляющих собой направляющие балки, по которым скользит серьга. Палы могут быть забиты в грунт в виде куста свай. В этом случае серьги закрепляются на доке. Также палы могут быть закреплены на доке. Тогда серьги закрепляются на береговом сооружении или причале. При этом котлован для погружения и всплытия дока размещается возле пирса, что значительно упрощает связь с доком и производство работ. Для этого варианта в месте крепления палов к башне дока и к понтону требуется специальные изменения в их конструкции.

**ЦЕЛЬ СТАТЬИ** — ознакомление с разработками по подвижной фиксации ремонтного плавучего дока над специальным котлованом возле пирса с помощью палов, закрепляемых на башне и понтоне дока.

#### ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

С конца прошлого столетия в мировом судостроении идет ускоряющийся процесс строительства все более крупных транспортных судов, в первую очередь танкеров дедвейтом 75...150 тыс. т, контейнеровозов на 10...15 тыс. контейнеров, судов для перевозки навалочных грузов дедвейтом 100...175 тыс. т, а также круизных лайнеров. Эта тенденция в развитии современного судостроения является весьма устойчивой, поскольку экономичность строительства и эксплуатации судов возрастает по мере роста их тоннажа вследствие уменьшения строительных и эксплуатационных расходов, отнесенных к 1 т дедвейта. Поэтому в связи с ростом дедвейта и размеров морских судов в судоремонте все большее применение находят ремонтные плавучие доки большой подъемной силы.

Наиболее востребованным современным типом ремонтного дока является композитный плавучий док большой подъемной силы, состоящий из железобетонного монолитного понтона и двух сплошных стальных башен. Композитные доки экономичнее цельнометаллических: расход стали на 1 т подъемной силы композитного дока и, соответственно, вес металла для его строительства в 2,0...2,5 раза, а стоимость строительства на 15...20% меньше при сроке эксплуатации в 2,3...2,5 раза больше, чем у аналогичных цельнометаллических доков [6, 7].

Создание композитных плавучих доков большой подъемной силы является весьма сложной проблемой для судостроения. Для ее решения необходимо совершенствование проектирования, оптимизация конструкции и разработка технически возможного

и экономически выгодного способа строительства, применение современных систем контроля параметров при эксплуатации, технологичных и долговечных материалов, что позволит значительно снизить себестоимость доков и создать рентабельную продукцию.

Для приема ремонтируемого судна плавучий док погружается на определенную глубину на акватории завода в специально вырытый котлован. Котлован вместе с устройствами, служащими для удержания над ним системы док-судно, обеспечения транспортной связи с берегом и подачи различных видов энергии для производства работ, является дорогостоящим комплексом гидротехнических сооружений. Большие и средние плавучие доки для эксплуатации, как правило, раскрепляют над котлованом, малые — для погружения и ввода судов ставят возле ремонтного пирса, что облегчает обеспечение дока энергией и позволяет использовать для погрузочно-разгрузочных работ крановое оборудование, установленное на пирсе. Обеспечение дока, в том числе автономного, всеми видами энергии и доставка на него материалов удобны, если котлован расположен не далее 50...100 м от берега. Размеры котлована определяют в зависимости от размеров и максимального смещения дока, а также с учетом его предельной осадки в погруженном состоянии. В зависимости от характера грунта и размеров дока запас по глубине котлована под килем должен составлять не менее 1 м. Котлован плавучего дока располагают в защищенном от волнения и наносов грунта месте или создают искусственное ограждение. Размеры котлована должны соответствовать проектным, с этой целью систематически проверяют его форму, размеры укусов, степень засоренности наносным грунтом и посторонними предметами.

В практике эксплуатации доков были случаи осадки части его днища на грунт из-за несвоевремен-

ной очистки котлована. Посадка на грунт или касание посторонних предметов даже незначительной части днища дока может вызывать потерю водонепроницаемости целого отсека, выход из строя прилегающих насосов из-за нарушения центровки линии вала и заклинивания клинкетов. Очищают котлован от грунта земснарядом, а очистку от посторонних предметов производят водолазы. Для упрощения этой работы и удаления наносов грунта иногда используют насосы плавучего дока. Одновременно с обзором котлована проверяют массивы («мертвые» якоря), их положение в грунте, состояние обухов, рымов, скоб и якорных цепей. Цепи и скобы, при необходимости, очищают от ржавчины и обрастаний, измеряют и определяют степень их износа.

В обычной практике плавучие ремонтные доки раскрепляются на месте эксплуатации (яме погружения) с помощью специальной якорной системы, состоящей из якорей, цепей и пригрузочных массивов. Применяются несколько схем крепления — «заякорения» дока [3]:

- прямая — «пауком», когда якоря располагаются со стороны борта, к которому крепятся их цепи (рис. 1, а);

- обратная — «подкильная прокладка», когда якоря располагаются со стороны противоположного борта, к которому крепятся их цепи (рис. 1, б).

В тех случаях, когда плавучие доки или док-матки устанавливают недалеко от пирса (на расстоянии не более 10 м), их закрепляют специальными распорками ферм, шарнирно соединенных с башней дока и пирсом (рис. 1, в).

В первом случае (рис. 1, а) один конец цепи крепят за кнехты стапель-палубы (на железобетонном доке) или за серьгу на башне дока (на металлическом доке), а другой — к «мертвому» якорю на грунте. Несмотря на то, что этот способ является несложным

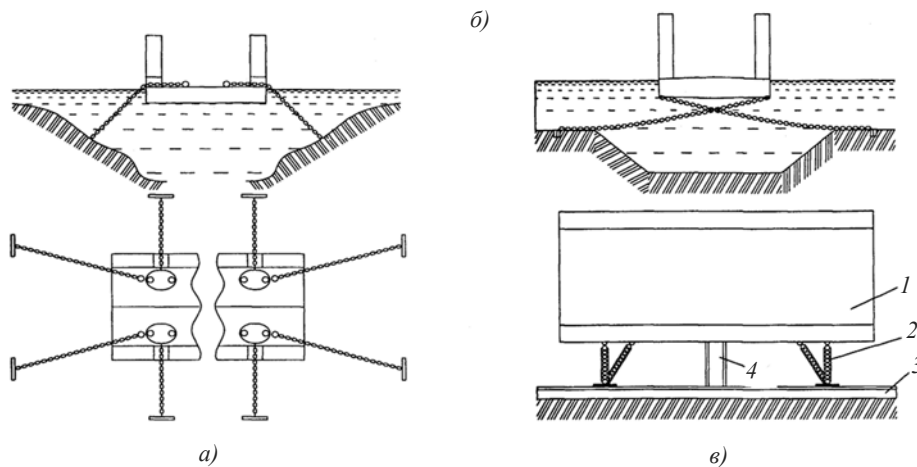


Рис. 1. Схемы крепления дока:

а, б — прямое и обратное расположение якорных цепей соответственно; в — крепление при помощи ферм-распорок (вид на док сверху); 1 — док; 2 — ферма; 3 — причал; 4 — переходной мостик

и более экономичным, он не получил широкого распространения, т.к. для него необходимы большие размеры акватории и затрудняется проход плавсредств к доку.

При обратном раскреплении (рис. 1, б) цепь якоря проходит под днищем дока. В районе скулы понтона для якорной цепи устанавливают специальные направляющие клюзы. Большинство металлических плавучих доков крепят этим способом, не требующим акватории больших размеров, обеспечивающим более устойчивое положение дока над котлованом и безопасность подхода плавсредств к башням. Все устройства на доке, необходимые для его раскрепления, рассчитывают на нагрузку от ветра, волнения и течения в районе стоянки дока. При креплении двух якорных цепей к башне большого плавучего дока используют коромысло.

Вместе с тем, эти схемы не препятствуют рысканию закрепленного дока под воздействием силы ветра, течения и волны, что заставляет увеличивать размеры ямы погружения дока и приводит к значительному увеличению эксплуатационных расходов, а, следовательно, стоимости ремонтных доковых работ и самого докования судов. Якорное устройство доков сложное и дорогостоящее, требующее разработки проекта заякорения и изготовления специальных якорей при ограниченной акватории базирования и работы дока.

Связь с берегом упрощается на доках, размещенных у постоянных доковых пирсов или плавучих причалов. Рабочие с инструментом переходят с докового пирса на док по сходням трапа, автотранспорт с грузами может подъезжать непосредственно под доковый кран или на стапель-палубу. Размещенные на доковом пирсе паропровод, трубопроводы сжатого воздуха и пресной воды обеспечивают док необходимыми видами энергии и облегчают обслуживание этих инженерных сетей. Расположение докового пирса при значительном удалении дока от берега связано со значительными расходами, особенно при

большой глубине котлована. Для сокращения затрат сооружают только корневую часть докового пирса, устанавливают наплавной мост, и закрепляют его с помощью тросов к этой части пирса и доку, стоящему над котлованом. Тип наплавного моста зависит от грузоподъемности плавучего дока и вида докового ремонта судна. Используют легкие наплавные мосты на цилиндрических понтонах для передвижения рабочих и наплавные мосты для автомобилей. Наплавной мост подводят к торцу дока или к специальному вырезу в башне. Наплавной мост и сходни обеспечивают перемещение дока в расчетных границах. При прокладке инженерных сетей через наплавной мост на них в нескольких местах устанавливают гибкие соединения. Переходный наплавной мост подлежит ремонту в те же сроки, что и плавучий док.

В случае недопустимости рыскания дока и отсутствия места для расстановки якорей применяют раскрепление дока на палах [5]. Палы представляют собой направляющие балки, по которым скользит серьга. Палы могут быть забиты в грунт в виде куста свай. В этом случае серьга закрепляется на доке (рис. 2). Палы могут быть закреплены на доке (рис. 3). Тогда серьга закрепляется на береговом сооружении или причале.

Отличие одного способа крепления дока на палах от другого заключается в следующем.

В варианте 1 (рис. 2) к доку крепятся две серьги: одна в носовой части, другая — в кормовой. Такое крепление серьги к доку легко выполнить. Для этого требуются небольшие подкрепления корпуса на уровне стапель-палубы. Сами палы должны быть забиты в грунт на кромке ямы погружения на высоту чуть выше расположения стапель-палубы при состоянии дока порожнем. Недостатком такой схемы являются: консольное защемление палов в грунте и необходимость их забивки по месту выполнения работ. Преимуществом этой схемы является простота её внедрения.

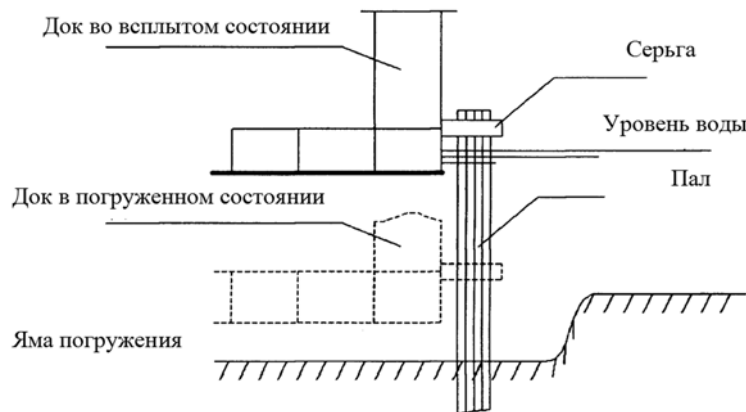


Рис. 2. Схема крепления палов и всплытия дока по варианту 1

В варианте 2 (рис. 3) к доку крепятся два пала, один в носовой части, другой — в кормовой. Серьги крепятся на береговых сооружениях, выполненных на границе ямы погружения дока. Серьга располагается над водой и имеет определенную конструктивную высоту. Минимальный надводный борт дока по «Правилам...» Регистра составляет 1 м, т. е. от уровня воды до топ-палубы расстояние всего 1 м [1]. Учитывая это, закрепить верхний конец пала к топ-палубе обычно не представляется возможным. Приходится изготавливать верхний фундамент крепления пала выше топ-палубы. Нижний фундамент крепления пала лучше всего соединять с днищем, поскольку район стапель-палубы в грузе и порожнем меняет своё отстояние от воды и закрепленный к ним фундамент может упереться в нижний край серьги при всплытии дока порожнем. Либо необходимо поднимать пал значительно выше топ-палубы. Этот вариант крепления дока применяется в том случае, когда возле ямы погружения дока имеются береговые сооружения. Недостатком такого варианта крепления является необходимость установки на доке тяжелых фундаментов и подкреплений для верхнего и нижнего конца пала. Преимуществом является — двухопорное защемление концов палов, что делает их конструкцию более ажурной и упрощает конструкцию серьги. Все это приводит к уменьшению затрат материалов. Кроме того, подавляющая часть работ может быть выполнена в условиях завода-строителя дока.

Особенности работы пала по первому варианту (рис. 2). Док с помощью серьги крепится на двух палах. При погружении (всплытии) дока серьги скользят по палам, ограничивая его горизонтальные перемещения. На док, раскрепленный над ямой погружения, действуют три силы: давление ветра, давление течения, давление волны. Во всплытом состоянии, при погружении и при предельном погружении эти

силы меняются и отличаются друг от друга из-за изменения надводной парусности (док + судно) и подводного сечения. Так в надводном положении дока с судном значительно увеличивается площадь парусности и уменьшается подводное сечение корпуса, на которое воздействует течение. При предельном погружении судно всплывает, надводный борт дока минимален (парусность минимальна), а подводное сечение достигает максимума. При находящемся во всплытом состоянии доке серьга, передающая усилие от дока на пал, находится на наибольшем расстоянии от опоры защемления консольного пала в грунт, а при нахождении в стадии предельного погружения серьга находится вблизи опоры. Это обстоятельство существенно влияет на особенности расчета пала.

Особенности работы пала по второму варианту (рис. 3). Док с помощью двух палов, установленных на нем, крепится к серьгам, закрепленным на береговом сооружении. При погружении (всплытии) дока пал скользит внутри серьги, ограничивая горизонтальные перемещения. При всплытом доке серьга располагается близко к нижней опоре крепления пала. При предельном погружении серьга располагается близко к верхней опоре крепления пала, а, следовательно, относительно мало влияет на прочностные характеристики пала. При этом наибольшее усилие возникает в процессе погружения-всплытия дока, когда серьга располагается посередине пала, закрепленного на двух свободных опорах. При этом в значительной степени на сам док воздействуют все три силы: от давления ветра, течения и волны.

На ряде судоремонтных заводов, чтобы не сооружать на акватории специальный подводный котлован для погружения плавучего дока при приеме или спуске судна на воду, его вырывают рядом с пирсом. Это позволяет экономить затраты и время на перемещение дока к котловану и обратно к пирсу. При этом

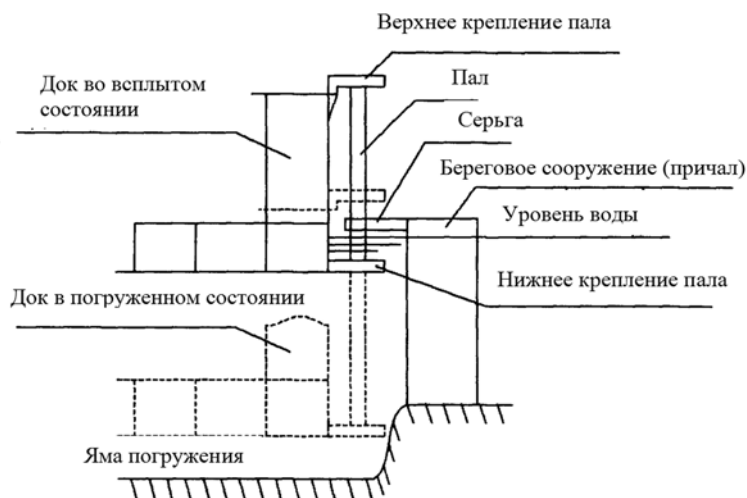


Рис. 3. Схема крепления палов и всплытия дока по варианту 2

варианте наиболее оптимальным является продольное, параллельное расположением дока по отношению к пирсу.

Для возможности вертикального перемещения дока над подводным котлованом, расположенном возле пирса, при приеме или спуске докуемых судов, приливах и отливах, а также во избежание ударов о пирс при волнении моря в акватории завода, разработана конструкция раскрепления и подвижной фиксации дока с помощью палов. Пал представляет собой трубу, закрепленную вертикально к башне дока. Нижняя часть трубы опирается на шпор, а верхняя — на нок. Плавающий док устанавливается над котлованом и с помощью палов, расположенных на наружной части одной из башен, подвижно фиксируется возле пирса специальной серьгой (рис. 4). При погружении в котлован или всплытии дока труба пала перемещается в серьге, закрепленной к пирсу. Схема разработанного устройства для раскрепления плавучего дока к пирсу с помощью палов приведена на рис. 5.

Конструкция пала подвержена большим усилиям и является сложной и ответственной для безопасности дока и поэтому в соответствии с [1] следует применять сталь повышенной толщины, которая должна иметь категорию А32 с  $R_{eff} = 315$  МПа.

Для определения размеров конструктивных элементов устройства для раскрепления дока к пирсу рассмотрены действующие нагрузки, разработаны расчетные схемы и произведен расчет прочности пала и серьги. В качестве примера расчет произведен для дока подъемной силой 8500 т (табл. 1), спроектированного, построенного и поставленного в Катар.

В расчете рассмотрены нагрузки, действующие на систему док с судном от ветра и течения:

– в рабочем положении дока при направлении ветра и течения перпендикулярно и вдоль его ДП, действующих в одном направлении;

– при предельном погружении дока при направлении ветра и течения перпендикулярно и вдоль его ДП, действующих в одном направлении;

– при состоянии погружения дока на глубину, когда береговая серьга будет находится по середине длины трубы пала при направлении ветра и течения перпендикулярном и вдоль его ДП, действующих в одном направлении.

В соответствии с [1] произведена добавка к толщине всех металлических конструкций пала и серьги на коррозию, с учетом расчетного срока эксплуатации дока.

При расчете нагрузок на палы учтены: зона базирования дока — Индийский океан, Персидский залив, зона 36 и ее коэффициент [8]; нагрузка от течения и ветра [2]. Один раз в 1...2 года в этом районе наблюдается ураган со скоростью ветра 36...40 м/с. В зоне базирования уровень заборной воды может



Рис. 4. Серьга пала, закрепленная к пирсу на судоремонтном заводе

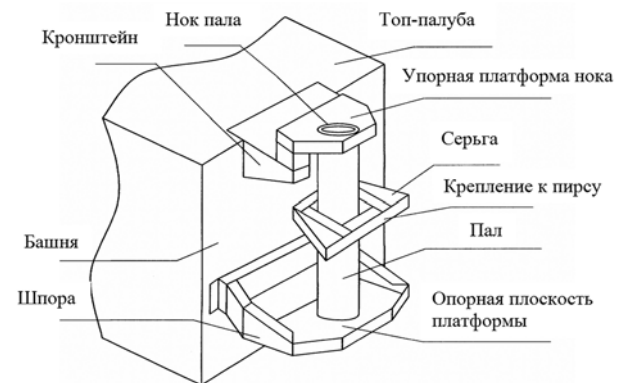


Рис. 5. Схема разработанного устройства для раскрепления дока к пирсу

Таблица 1. Основные характеристики плавучего дока пр.1760КР

Наименование	Размерность	Показатель
Подъемная сила	т	8500
Длина по понтону	м	139,5
Ширина по понтону	м	32,4
Высота от ОП до топ-палубы	м	12,8
Высота понтона у борта	м	4,6
Ширина башни	м	3,13
Длина расчетного судна	м	181
Ширина расчетного судна	м	25
Высота борта расчетного судна	м	10
Осадка дока порожнем	м	2,18
Осадка дока в рабочем положении	м	4,1
Предельная глубина погружения	м	11,8
Шпация в понтоне	м	1,5
Материал понтона		железобетон
Материал башен дока		судостроительная сталь

изменяться на 2,4 м. Поэтому верх серьги, закрепленной к пирсу, будет находиться от уровня воды на отметке +0,3 м при приливе и на +2,7 м при отливе. Серьги расположены на расстоянии 80 м друг от друга. Док будет зафиксирован серьгами правым бортом через палы. Принята скорость приливного течения 0,5 м/с, так как док будет стоять вблизи берега. Расчеты выполнены для рабочего положения, предельного погружения и среднего положения дока, т.е. при нахождении серьги в верхней, средней и нижней части трубы пала. На основании расчетов определены конструктивные размеры элементов пала и серьги.

Впервые такая система подвижной фиксации была разработана для дока пр. 1760КР, поставленного в Катар [4]. Верхняя и нижняя опоры трубы пала из-за особенностей расположения береговых сооружений на месте базирования дока, сконструированы консольно к прочным конструкциям корпусов башни и понтона дока. Для закрепления шпора и нока пала к корпусным конструкциям дока выполнено их подкрепление, поскольку корпус не рассчитан на восприятие этих нагрузок.

Для подкрепления корпуса понтона применен железобетон на основе сульфатостойкого портландцемента класса В50, марки W8, F50. В соответствии с [2] определены коэффициенты запаса прочности (табл. 2). Все элементы пала и подкреплений не участвуют в общей и местной прочности одновременно.

Учитывая ответственность конструкции, в расчеты введен дополнительный коэффициент запаса для предела прочности бетона на сжатие и срез  $k_3 = 1,2$ . При этом общий коэффициент запаса  $[k] = k \cdot k_3$  и  $[k_1] = k_1 \cdot k_3$ .

Для всех элементов конструкции пала принята сталь категории А32 с пределом текучести  $R_{eH} = 315$  МПа и коэффициентом запаса прочности  $k = 1,8$ .

Выполненные расчеты прочности элементов палов позволили определить конструктивные размеры трубы — диаметр  $\varnothing 1220$  мм с толщиной стенки 45 мм. Толщина элементов конструкций шпора и нока пала принята 16...20 мм. Бракеты шпора закреплены к корпусу понтона через закладной фундамент, анкера которого заведены в железобетонное подкрепление. Для анкеров применена арматурная сталь класса АШ диаметром  $\varnothing 20$  мм.

На ХГЗ «Паллада» построен док пр. 1760КР с палами по варианту 2 (рис. 6), доставлен к месту базирования в Катар и раскреплен над ямой с помощью серег, установленных непосредственно на судоремонтном заводе. Док успешно эксплуатируется для докования судов, занимая минимальное место в акватории судоремонтного завода [4]. Приведенные Фотографии серьги, закрепленной на пирсе, и дока с установленными палами приведены на рис. 4 и рис. 6 соответственно.

Таблица 2. Коэффициенты запаса прочности элементов корпуса железобетонного понтона

Характер разрушения конструкции	Постоянные силы	Постоянные и случайные силы	Аварийные силы
Достижение бетоном предела прочности, арматурой предела текучести $k$	1,4	1,3	1,2
Срез сжатой зоны при действии поперечной силы $k_1$	2,1	1,9	1,7



Рис. 6. Композитный плавучий док с установленными палами

**ВЫВОДЫ.** 1. Разработана схема закрепления ремонтного плавучего дока к пирсу с помощью палов. 2. Разработана конструкция пала, серьги и узлов крепления к башне дока и пирсу, выполнен расчет их прочности при действии ветра и течения для различных положений системы док-судно, определены конструктивные размеры и выбран материал для пала и серьги. 3. Результаты выполненных разработок внедрены на построенном ремонтном композитном плавучем доке пр. 1760КР, поставленном в Катар.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Правила классификации и постройки морских судов. Российский Морской Регистр Судоходства. Том 1. [Текст]. — СПб : РМРС, 2007. — 504 с. Т 2. — СПб: РМРС, 2007. — 680 с.
- [2] Правила постройки корпусов судов и плавучих сооружений с применением железобетона. Регистр суднопластва України [Текст]. — К. : Регистр суднопластва України, 2007. — 120 с.
- [3] **Рашковский, А. С.** Проектирование, технология и организация строительства композитных плавучих доков большой подъемной силы: монография [Текст] / А. С. Рашковский, Н. Г. Слуцкий, В. Н. Коннов, А. В. Щедролосев, А. Н. Узлов. — Николаев : Изд-во «Атолл», 2008. — 382 с.
- [4] **Слуцкий, Н. Г.** Плавучий док пр. 1760КР. [Текст] / Н. Г. Слуцкий, В. Н. Коннов // Судостроение и судоремонт. — Одесса : 2006. — № 15–16. — С. 26–33.
- [5] **Слуцкий, Н. Г.** Разработка устройства для подвижной фиксации плавучего дока возле пирса [Текст] / Н. Г. Слуцкий // Научно-теоретический и практический журнал «Современный научный вестник». Серия: Информатика, Математика, Физика, Техника. — Белгород : Руснаучкнига, 2009. — № 18 (74). — С. 50–55.
- [6] **Слуцкий, Н. Г.** Сравнительный технико-экономический анализ строительства цельнометаллических и композитных плавучих доков [Текст] / Н. Г. Слуцкий // 36. наук. праць НУК. — Миколаїв : НУК, 2007. — № 2 (413). — С. 34–41.
- [7] **Слуцкий, Н. Г.** Экономическая эффективность строительства и эксплуатации композитных плавучих доков большой подъемной силы [Текст] / Н. Г. Слуцкий, А. С. Рашковский, Д. В. Ермаков // 36. наук. праць «Економіка: проблеми теорії та практики». — Дніпропетровськ : ДНУ, 2007. — Вип. 232. — Т. III. — С. 614–621.
- [8] Справочные данные по режиму ветров и волнения в океанах. Российский Морской Регистр Судоходства. — СПб : РМРС, 1965. — 154 с.

---

© О. С. Рашковский, О. В. Щедролосев, В. М. Перов  
Надійшла до редколегії 18.01.2016  
Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК  
д-р техн. наук, проф. *В. О. Некрасов*