

УДК 629.128

DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi66.146>

Опыт эксплуатации и совершенствования речных док-кессонов

С.Е. Шалак¹

А.А. Кеслер¹

¹*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

Аннотация. Цель данной работы заключается в сборе, анализе и обобщении информации по эксплуатации речных док-кессонов. В настоящее время док-кессоны строятся крайне редко, несмотря на их преимущества. Однако судоподъемные сооружения не теряют своей актуальности. В работе проведен анализ построенных док-кессонов, предназначенных для кессонирования оконечностей пассажирских и грузовых судов и докования малых судов, а именно, их принципиальных конструктивных исполнений; анализ корпусов, систем и устройств, а также опорных конструкций на стапель-палубе; выявлены основные проблемы и поиск их решений. Проведен патентный поиск по данной теме и выявлены наиболее удачные решения. Результаты работы представляют собой обобщенную информацию об эксплуатации док-кессонов и позволяют оптимизировать дальнейшее их проектирование, строительство и эксплуатацию с учетом накопленного опыта, а также позволяют избежать ошибок, которые были допущены ранее. В результате данной работы были выявлены некоторые аспекты эксплуатации судоподъемных сооружений, которые при проектировании не были учтены.

Ключевые слова: док-кессон, стапель-палуба, топ-палуба, шлюз-перегородка, балластная система, грузовые устройства, понтон, башни, система набора.

Main characteristics of dock-caissons, their use in the river fleet system and improvements after commissioning

Sergey E. Shalak¹

Anatoly A. Kesler¹

¹*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

Abstract. The purpose of this work is to collect, analyze and generalize information on the operation of river dock-caissons. Currently, dock-caissons are rarely built despite their advantages. However, ship-lifting structures do not lose their relevance. The paper analyzes the constructed dock-caissons, intended for caissoning the passenger and cargo ships and docking of small vessels (their fundamental design, analysis of hulls, systems and devices, as well as supporting structures on the slipway-deck), identifies the main problems and search of their solutions. A patent search on this topic was carried out and the most successful solutions were identified. The results of the work represent generalized information about the operation of dock-caissons and allow to optimize their design, construction and operation in the future, taking into account the accumulated experience, as well as enable to avoid mistakes that were made earlier. As a result of this work, some aspects of the operation of the ship-lifting structures that were not taken into account in the design were identified.

Keywords: Dock-caisson, dock floor, top-deck, lock-partition, ballast system, cargo devices, pontoon, towers, set system/

Введение

В системе отечественного речного флота для проведения осмотра и ремонта движительно-рулевого комплекса (далее ДРК) и оконечностей корпуса судов широко используются док-кессоны. По сравнению с другими судоподъемными сооружениями они имеют меньшие габариты и стоимость, требуют меньших затрат по содержанию [1].

Исследование основано на широком изучении опыта эксплуатации существующих док-кессонов и анализа современных технических решений, требований Правил Российского Речного Регистра [2], охраны труда и окружающей среды, а также оценки возможностей кессонирования пассажирских судов с помощью построенных док-кессонов. Результаты работы могут помочь при обосновании архитектурно-конструктивного типа, основных характеристик, грузового устройства, элементов балластной системы, ограждения кессонного пространства при проектировании новых док-кессонов.

Архитектурно-конструктивные типы док-кессонов и их основные характеристики

В настоящее время при проведении ремонтно-профилактических работ на речных судах осушение их ДРК выполняется с помощью доков или док-кессонов. Ниже представлены сведения только по эксплуатирующимся док-кессонам. В системе речного флота используются док-кессоны проектов 2675, 633, р-101, 634а, 814 и 684. В таблице 1 представлены значения характеристик этих судов, принятые по их проектной документации согласно [3] и [4]. Ряд эксплуатирующихся док-кессонов в той или иной мере были переоборудованы или реконструированы, информация об этом приведена ниже. Все представленные док-кессоны можно отнести к одному из двух конструктивных типов [5]:

1) Док-кессон с двумя параллельными башнями и воротами между ними (см. гр.1 таблицы 1).

2) Док-кессон с тремя башнями и трапецидальной формой стапель палубы. (см. гр. 1 таблицы 1).

Док-кессон 1-го типа также называют проходным, а 2-го типа - непроходным, при этом имеются в виду возможности размещения докующего судна по длине стапель-палубы. При выполнении этой судоподъемной операции ворота док-кессона первого типа обычно открываются и створки размещаются вдоль башен. Процесс кессонирования оконечности судов в док-кессонах 1 и 2 типов не имеет принципиальных отличий. В том и в другом случаях оконечность судна заводится в объём над стапель-палубой, который ограничен с 3 сторон жесткими герметичными конструкциями: у док-кессона 1-го типа - бортовыми башнями и воротами, у 2-го типа-башнями [11].

Прочность корпуса док-кессона так же, как и судна другого типа в значительной мере зависит от используемой системы набора [6]. Как видно из таблицы 1, у большинства док-кессонов понтон и башни выполнены по поперечной системе набора. Лишь у судна проекта 684, имеющего сравнительно небольшие размеры стапель-палубы, для понтона принята продольная система набора, при этом рамная шпация составляет 1200 мм.

Суда проектов 2675 и 633 имеют близкие значения габаритных размеров и в то же время их понтоны выполнены с разными системами чередования шпангоутов: у док-кессона проекта 2675 рамная шпация составляет 1200мм, а у другого – 2400мм. Это обстоятельство оказывает существенное влияние как на поперечную прочность корпуса судна, так и местную прочность стапель-палубы. Вследствие перегрузки док-

кессона проекта 633 из-за недосмотра команды, произошёл его перелом. Возможно, это произошло из-за неудачно выбранной рамной шпации. В результате судно было выведено из эксплуатации для проведения ремонта. Грузоподъёмность восстановленного дока была ограничена 400т вместо 600т.

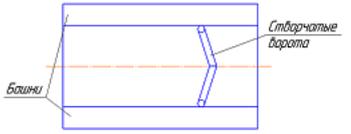
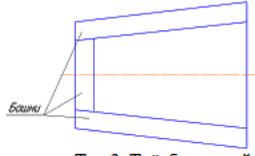
Эксплуатация док-кессонов позволила проверить в работе принятые решения по корпусной части. Был выявлен ряд недостатков: все они связаны с прочностью понтона. Так, на двух док-кессонах проекта Р-101 усилена конструкция понтона на участке расположения опор, то есть кильблоков, на стапель палубе [6]. Существенные повреждения стапель-палубы имели место на док-кессоне проекта 814.

Проектом на всех док-кессонах предусмотрено грузовое устройство, предназначенное, прежде всего, для перемещения ремонтируемых или заменяемых частей движительно-рулевого комплекса со стапель-палубы на береговое или плавучее транспортное средство и обратно [2][3].

В качестве такого устройства применяются: грузовая стрела, поворотная кран-балка, возвышающийся над топ-палубой монорельсовый кран.

Таблица 1

Главные размерения и основные характеристики док-кессонов

Характеристика	Номер проекта док-кессона					
	2675	633	Р-101	634А	814	684
1. Архитектурно-планировочная схема	 <p>Тип 1. Двухбашенный со створчатыми воротами</p>		 <p>Тип 2. Трёхбашенный с трапециевидной формой стапель-палубы</p>			
2. Длина габаритная, м	39,4	35,8	34,2	31,6	31,5	23,3
3. Ширина габаритная, м	29,8	29,5	21,7	15,4	15,7	20,4
4. Высота борта, м	7,4	6,8	7,6	4,2	4,1	4,4
5. Высота понтона	1,4	1,4	1,4	1,2	1,0	1,3
6. Осадка средняя с полным балластом, м	6,0	6,0	6,77	4,6	3,55	3,4
7. Осадка порожнем, м	0,47	0,44	0,45	0,4	0,33	0,28
8. Масса порожнем, т	455	368	281	117	103	90
9. Суммарный объём балластных цистерн, м ³	2500	2650	1568	370	336	522
10. Производительность и количество насосов балластной системы, м ³ /ч	800/2	800/2	300/2	200/2	220/2	250/2

Практика эксплуатации док-кессонов свидетельствует, что в ряде случаев предусмотренное проектом грузовое устройство не используется, так как принято альтернативное устройство [6].

Согласно [7] построенные док-кессоны используются следующим образом:

Док-кессон проекта 684 используется в основном, для кессонирования кормовой оконечности речных танкеров.

Док-кессон проекта 634А применяется для кессонирования оконечностей пассажирских судов.

Проект 633 используется только в качестве дока - осуществляет подъем из воды малотоннажных пассажирских судов, буксиров и толкачей массой не более 400 т.

Два док-кессона проекта 814 используются по-разному: первый док-кессон применяется только для докования судов различного назначения массой до 120т, второй док-кессон используется, в основном, для кессонирования кормовой оконечности сухогрузных теплоходов грузоподъемностью 500-700т.

Из числа док-кессонов с трапецидальной формой стапель-палубы наибольшие размеры имеют суда проектов Р-101. Два из них применяются для полного осушения судов массой до 200т и оголения ДРК сухогрузных теплоходов грузоподъемностью до 3000 тонн путем создания дифферента. При этом в носовую оконечность теплоходов принимается балласт. Дифферент относительно коротких и более прочных судов обеспечивается без приема в них балласта.

Из числа построенных док-кессонов наибольшие размеры имеют судна проекта 2675. Всего сдано в эксплуатацию три судна, два из них используются только для докования. Третий док-кессон выполняет в основном, кессонирование оконечностей крупных водоизмещающих пассажирских судов.

Выявленные недостатки и внесенные изменения касаются различных частей док-кессона и сторон его эксплуатации: удобства постановки судна или его оконечности на стапель-палубу, условий доступа и пребывания на док-кессоне его экипажа, экипажа кессонируемого судна и рабочих ремонтного цеха, ведения работ по демонтажу и монтажу частей ДРК.

Постановка судна в док-кессон занимает 1-1,5 часа, при этом используются в основном швартовные механизмы док-кессона [2].

Дополнительно к предусмотренным по проекту швартовным механизмам по одному шпилю было установлено на док-кессонах проекта Р-101. Этот шпиль размещен в диаметральной плоскости на поперечной башне и используется как при заводке судна, так и проведении монтажа-демонтажа частей ДРК. В последнем случае, с помощью троса со шпиля, который пропускается через систему роликов и рымов, удерживаются под судном или перемещаются по стапель-палубе винты, рули и другое оборудование. Наряду с отмеченным приемом для перемещения ДРК применяются ручные тали, съёмники различных типов и другие переносные приспособления и инструмент, которые зачастую хранятся на док-кессоне.

Опыт свидетельствует, что вопросы об удобстве перемещений с берега на док-кессон, по док-кессону и с последнего на докуемое или кессонированное судно придаётся важное значение [7]. По этой причине на двух док-кессонах проекта 2675 в башнях были вырезаны объёмы для размещения съёмных трапов, ведущих на смежное плавсредства или пирс. Кроме того, на док-кессоне, выполняющем обслуживание пассажирских судов, установлен подъёмно-опускной трап для доступа с него на судно, а также поднят на 1м проход по верху ворот с одной башни на другую. На док-кессоне проекта 814 на внутреннем борту одной из продольных башен закреплена платформа с целью улучшения условий докования малых судов и доступа на них.

Существенные изменения в процессе эксплуатации док-кессонов произошли в средствах транспортировки частей ДРК со стапель-палубы на берег и обратно [7].

Так, сняты грузовые стрелы на док-кессоне проекта Р-101. На док-кессонах проекта 2675 грузовое устройство не устанавливалась как при постройке, так и в процессе эксплуатации. Все эти док-кессоны работают на акваториях крупных судоремонтных предприятий и обслуживаются плавкранами.

Представленный обзор схем транспортировки частей ДРК между эксплуатирующимися док-кессонами и берегом может служить надёжной основой при обосновании грузового средства док-кессона.

Опыт использования балластно-осушительной системы и конструктивных решений по изолированию кессонного пространства.

Одной из важнейших систем док-кессонов является балластная; она включает разветвленную сеть трубопроводов, задвижки и насосы [6]. Характерным признаком всех док-кессонов является наличие двух однотипных балластных насосов, каждый из которых в нормальных эксплуатационных условиях обслуживает одну из половин балластной системы [10]. При необходимости любой из насосов может быть подключён к смежной половине балластной системы. На всех док-кессонах предусмотрено дистанционное управление задвижками этой системы.

Насосы используются для откачки воды из балластных цистерн и из кессонного пространства за борт, для заполнения верхнего яруса балластных цистерн в башнях, а также перемещения воды из кессонного пространства в башни. Заполнение водой нижнего яруса балластных цистерн в башнях, а также цистерн в понтоне происходит самотёком.

На судах рассматриваемого типа балластная система определяет как основные параметры работы, так и саму возможность использования док-кессона.

В процессе эксплуатации док-кессонов в конструкцию балластной системы существенные изменения не вносились. На некоторых док-кессонах были заменены вышедшие из строя электромоторы привода балластных насосов и задвижек.

Управление системы на всех судах централизованное, дистанционное с пульта управления.

На большинстве судов, кроме проекта 2675, арматура системы установлена как в насосных отделениях, так и в балластных отсеках. Ремонт клинкет, расположенных в междудонном пространстве и других стеснённых отсеках, как отмечалось членами экипажей судов, связан с существенными неудобствами и сложностями. Кроме того, имели место случаи попадания в воду масла из гидравлической системы привода арматуры.

На док-кессоне проекта 2675 задвижки сосредоточены в насосных отделениях, привод их обеспечивается электромоторами. С точки зрения эксплуатации системы эти решения следует признать более удачными.

Для аварийного закрытия задвижек в случае отключения электроэнергии предусмотрен их ручной привод: на судах проекта 2675 - непосредственно в насосных отделениях, а на других судах - дистанционно с пульта управления, с помощью ручного насоса гидравлической системы.

Оригинальное конструктивное решение с использованием балластной системы осуществлено на док-кессоне проекта Р-101. С целью удаления из кессонного пространства битого льда от насосов балластной системы к отверстию во внутренней стенке поперечной башни подведены 2 трубопровода с установленными на них задвижками. В результате появилась возможность балластными насосами подавать в кессонное пространство на уровне плавающего льда мощные водяные струи. Таким образом, перед заводкой судна битый лёд вытесняется за пределы кессонного пространства.

На док-кессоне проекта 2675, выполняющем кессонирование крупных пассажирских судов, для удаления льда был изготовлен и оборудован плавающий потокообразователь. Он представляет собой винт, размещённый в короткой трубе и электропривод к нему. Поскольку потокообразователь забирал воду из кессонного пространства, при работе происходил её круговорот, вытеснение льда за пределы кессона добиться не удалось. Решение было признано неудачным.

На других док-кессонах лёд удаляется с помощью работающих винтов дополнительного судна - рейдового буксира или вручную.

В целом эксплуатация док-кессонов при отрицательной температуре усложняется, однако, как свидетельствует практика, по этой причине их работа не прекращалась.

Наряду с отмеченным, затруднение вызывает примерзание задвижек и образование ледяных «диафрагм» в трубопроводах балластной системы. На большинстве док-кессонов для предупреждения или устранения этого в балластный отсек подводится пар. Он подается в отсеки через трубы дыхательной системы или через люки; поступает пар с берега.

На док-кессоне проекта 2675 для прогрева балластной системы пользуются газорезательным аппаратом.

Рассматривая вопрос об устойчивости функционирования балластной системы при отрицательных температурах следует отметить, что она во многом зависит от опыта и ответственности экипажа. В этот период следует придерживаться определенной последовательности удаления воды из балластных отсеков при всплытии док-кессона, не допускать длительного пребывания док-кессона с малым погружением, сохранять воду в отсеках, где расположены задвижки.

Для док-кессонов, работающих при отрицательной температуре, не рекомендуется применение хрупкого металла для изготовления задвижек. Трубы балластной системы снабжаются компенсаторами.

В процессе эксплуатации док-кессонов проекта 2675 была изменена схема слива воды из верхнего яруса отсеков в башнях. Проектом слив был предусмотрен по трубопроводу, который использовался для подачи воды в отсеки, а при новой схеме слив ведется по специальным коротким трубопроводам, которые снабжены задвижками. Это позволяет ускорить процесс слива и, в случае кессонирования, заполнить водой кессонное пространство по окончании стапельных работ.

Для сбора воды со стапель-палубы на всех док-кессонах предусмотрены колодцы или ящики, из которых вода сбрасывается за борт. Представленные выше результаты эксплуатации балластной и осушительной системы представляют несомненный интерес с точки зрения проектирования нового док-кессона.

При проведении кессонирования обязательно применение шлюз-перегородки, которая размещается в оконечности стапель-палубы, в проеме между док-кессоном и поверхностью корпуса судна. Если док-кессон специализирован на кессонировании, а оконечности судов имеют заостренную форму, необходимость в дополнительных горизонтальных поперечных опорах отпадает, и они на стапель-палубе не устанавливаются. При этом улучшаются условия передвижения по стапель-палубе. Что касается киль-блоков, то при кессонировании они также применяются [9].

Рассмотрим конструкции шлюз-перегородок и особенности их использования.

Хронологически первым вариантом шлюз-перегородки на отечественных док-кессонах явилось полотнище из прорезиненной ткани. Оно выполнялось в форме прямоугольника. Одна из кромок полотнища герметично крепится к периметру поперечного сечения док-кессона, с помощью тросов полотнище перемещают по высоте. После поджатия док-кессона к оконечности судна натяжением тросов, полотнище прижимается к днищу и бортам шпиром и таким образом объем кессонного пространства изолируется от заборной воды. Затем вода со стапель-палубы откачивается за борт и, частично, в башни.

Более сложный вариант шлюз-перегородки установлен в процессе эксплуатации док-кессона проекта 634А. Эта перегородка включает две основные части: жесткий блок и гибкое полотнище. Жесткий блок выполнен в виде u-образной плоской конструкции, верхняя кромка которой имеет очертание шпангоута кессонируемого судна. Этот блок размещен в щелевидном углублении в поперечной плоскости док-кессона и удерживается четырьмя вертикальными гидроцилиндрами снизу и одним горизонтальным гидроцилиндром с каждого борта. Такой гидравлический привод позволяет перемещать блок в прорези как по высоте, так и по ширине относительно док-кессона. Нижние гидроцилиндры размещены в специальных колодцах, которые

выступают ниже плоскости днища док-кессона. На внутренней боковой поверхности щелевидного углубления закреплена резиновая полоса, которая касается поверхности блока и служит для предотвращения поступления воды в кессонное пространство через щелевидное углубление.

Используется такая шлюз-перегородка следующим образом. После размещения оконечности судна в док-кессоне с помощью гидропривода жесткий блок поднимается снизу к корпусу. Затем натяжением тросов прижимается к поверхности днища и бортов гибкое полотнище. Кессонное пространство изолируется от заборной воды блоком и гибким полотнищем.

Практика свидетельствует, что шлюз-перегородки с использованием гибких полотнищ обладают рядом недостатков. Приведение полотнища в рабочее положение требует определенных навыков, так как невозможно визуально контролировать его положение в воде. Иногда приходится неоднократно подводить полотнище к поверхности корпуса, чтобы получить необходимую степень непроницаемости стыка между ними. Срок службы полотнища составляет 4...5 лет, его ремонт требует значительных затрат ручного труда.

Шлюз-перегородки с гибким полотнищем мало пригодны для работы при минусовой температуре воздуха. В этих условиях промерзают и теряют эластичность как полотнище, так и закрепленные на нём канаты.

На док-кессонах проектов 684 и 2675 используется третья разновидность шлюз-перегородок, жесткая стенка, у которой верхняя кромка выполнена по форме посадочного шпангоута кессонируемого судна. Для обеспечения водонепроницаемости стыка поверхности судна со стенкой на верхней её кромке крепится заключенный в оболочку слой упругого материала, то есть резина, ветошь и так далее.

В док-кессоне проекта 2675 шлюз-перегородка комплектуется из четырех блоков, расположенных симметрично относительно диаметральной плоскости кессона. Док-кессон снабжен блоками для формирования шлюз-перегородок под все суда, которые предполагается кессонировать, каждая пара лекальных блоков образует форму только одного шпангоута, то есть пригодна для кессонирования одной оконечности судна.

Закладных блоков четыре: два блока для формирования шлюз-перегородок под носовые шпангоуты, два под кормовые. Все они имеют треугольную в плане форму но отличаются по размерам. Кормовые посадочные шпангоуты судов имеют ширину больше чем носовые и по этой причине при формировании под них шлюз-перегородок используют закладные блоки с меньшими размерами в плане.

Большой опыт применения жестких шлюз-перегородок при кессонировании пассажирских судов в док-кессоне проекта 2675 позволяет считать такую конструкцию достаточно эффективной. Вместе с тем следует провести поиск более эффективного уплотнения материала или конструкции между судном и кромкой шлюз-перегородки при проектировании док-кессона. Жесткая шлюз-перегородка представляется наилучшим вариантом.

Заключение

Многолетний опыт эксплуатации речных док-кессонов позволяет выявить, какие из конструктивно-архитектурных решений оказались более удачными с точки зрения эксплуатации. Анализируя собранную информацию можно сделать ряд выводов:

1) Наиболее распространенный тип док-кессона — с трапециевидальной формой ступень-палубы. Это связано, в первую очередь, с большей площадью рабочего пространства, наименьшей трудоемкостью постройки и эксплуатации.

2) Корпус может быть с разнообразной системой набора, но наиболее часто используют следующую компоновку корпуса: понтон и башни имеют поперечную систему набора с рамной шпацией не более 1200мм. Превышение этого значения

может привести к перелому корпуса. Так же должен быть укреплен понтон в местах установки киль-блоков.

3) Грузовое устройство для установки на док-кессон не требуется, поскольку эксплуатация происходит на акватории судоремонтных предприятий, где имеется стационарное грузовое устройство.

4) Балластная система должна быть из морозостойкого материала, все ее элементы должны быть расположены в удобных для обслуживания местах. При отрицательных температурах воспользоваться паром, поступающим с берега или газорезательным аппаратом.

5) В качестве изолирующей конструкции наиболее эффективно показала себя жёсткая шлюз-перегородка, у которой верхняя кромка выполнена по форме посадочного шпангоута кессонируемого судна. Для обеспечения водонепроницаемости стыка поверхности судна со стенкой на верхней её кромке крепится заключенный в оболочку слой упругого материала, то есть резина или ветошь.

Литература

1. Семенов-Тянь-Шанский Р.В. Проектирование кессон-доков. – Судпромгиз, 1963. – 68 с.
2. Российский Речной Регистр. Правила классификации и освидетельствования плавучих объектов (ПКПО). Москва 2017. – 86 с.
3. Смирнов Е.Л. Речная справочная книжка корабельного инженера Е.Л. Смирнова.
4. Справочник по серийным транспортным судам. Том 6. – ЦБНТИ МРФ, – М.: Транспорт, 1977, 140 с.
5. К.Н. Чайников. Общее устройство судов. – Судостроение. 1971. – 208 с.
6. Ловягин М.А. Металлические плавучие доки. – Ленинград 1964. – 672 с.
7. Подъёмно-транспортное оборудование. Отраслевой каталог 18-4-87. Часть 1. Министерство тяжелого и транспортного машиностроения. 1987. – 162с.
8. Павлов П.Я. Рогулин А.Н. Эффективность эксплуатации доков. – М: Транспорт. 1987 – 176 с.
9. Козляков В.В. Финкель Г.Н. Хархурим И.Я. Проектирование доковых опорных устройств. – Ленинград 1973. 391 с.
10. Niemi E., Fricke W., Maddox S.J. Structural Hot-spot Stress Approach to Fatigue Analysis of Welded Components. Designers' Guide. Int. Institute of Welding, IIW-Doc. XIII-WG3-31rl-14 Cambridge. Abington. 2015. P.49
11. Yogendra Parihal, S.K. Satsangi, A.R. Kar, "Application of direct hydrodynamic loads in structural analysis", International Conference on Computational and Experimental Marine Hydrodynamics MARHY 2014, 3-4 December 2014, Chennai, India.
12. 12. Transmitted by the European Commission [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.unec.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2016/sc3wp3/ECE-TRANS-SC3-2016-inf02e.pdf/> (дата обращения 15.09.2020 г.)
13. Classification societies – what, why and how?, 2011 – 16 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL <http://www.iacs.org.uk/media/3785/iacs-class-what-why-how.pdf>. (дата обращения 15.09.2020 г.)
14. MARPOL 73/78 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.imo.org/en/About/Pages/Default.aspx> (дата обращения 17.09.2020 г.)
15. DNVGL [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.dnvgl.com/maritime/service-overview/index.html> (дата обращения 19.09.2020 г.)

Reference

1. Semenov-Tyanshanskiy R.V. Caisson dock design. - Sudpromgiz, 1963. -- 68 p.
2. Russian River Register. Rules for the classification and survey of floating objects (ПКПО). Moscow 2017. -- 86 p.
3. Smirnov E.L. River reference book of ship engineer E.L. Smirnov.

4. Handbook of serial transport ships. Volume 6. - TsBNTI MRF, - M.: Transport, 1977, 140 p.
5. K.N. Dummies. General arrangement of ships. - Shipbuilding. 1971. - 208 p.
6. Lovyagin M.A. Metal floating docks. - Leningrad 1964. -- 672 p.
7. Hoisting and transport equipment. Industry catalog 18-4-87. Part 1. Ministry of Heavy and Transport Engineering. 1987. -- 162s.
8. Pavlov P.Ya. Rogulin A.N. Dock operation efficiency. - M: Transport. 1987 - 176 p.
9. Kozlyakov V.V. Finkel G.N. Kharkhurim I. Ya. Design of dock support devices. - Leningrad 1973. 391 p.
10. Niemi E., Fricke W., Maddox S.J. Structural Hot-spot Stress Approach to Fatigue Analysis of Welded Components. Designers' Guide. Int. Institute of Welding, IIW-Doc. XIII-WG3-31r1-14 Cambridge. Abington. 2015. P.49
11. Yogendra Parihal, S.K. Satsangi, A.R. Kar, "Application of direct hydrodynamic loads in structural analysis", International Conference on Computational and Experimental Marine Hydrodynamics MARHY 2014, 3-4 December 2014, Chennai, India.
12. Transmitted by the European Commission [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.unesco.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2016/sc3wp3/ECE-TRANS-SC3-2016-inf02e.pdf> (дата обращения 15.09.2020 г.)
13. Classification societies – what, why and how?, 2011 – 16 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL <http://www.iacs.org.uk/media/3785/iacs-class-what-why-how.pdf>. (дата обращения 15.09.2020 г.)
14. MARPOL 73/78 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.imo.org/en/About/Pages/Default.aspx> (дата обращения 17.09.2020 г.)
15. DNVGL [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.dnvgl.com/maritime/service-overview/index.html> (дата обращения 19.09.2020 г.)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Шалак Сергей Евгеньевич, магистрант кафедры «Проектирования и технологии постройки судов», Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: kaf_ptps@vsuwt.ru

Sergey E. Shalak, student of the Department of «Design and shipbuilding technology», Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Кеслер Анатолий Александрович, к.т.н., доцент, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: kaf_ptps@vsuwt.ru

Anatoly A. Kesler, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Volga State University of Water Transport (VSUWT), 5, Nesterova street, Nizhny Novgorod, Russia, 603950

Статья поступила в редакцию 21.12.2021; опубликована онлайн 23.03.2021.
Received 21.12.2021; published online 23.03.2021.