

УДК 629.565.1.014

DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi68.204>

Анализ тяжелых плавучих кранов и особенностей их эксплуатации

В.С. Игнатович¹

ORCID: 0000-0002-2764-9382

А.В. Кузьмина¹

ORCID: 0000-0002-1179-7831

К.В. Перепадя¹

ORCID: 0000-0003-3932-4590

¹*Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Россия*

Аннотация. Рассмотрены основные характеристики морских тяжелых плавкранов. К этим характеристикам относятся самостоятельное плавание без буксиров и выполнение грузовых операций в открытых акваториях при ветре и волнении. Безопасность плавания в этих условиях может быть обеспечена при высоких мореходных и маневренных качествах за счет придания соответствующей формы носовой оконечности корпуса, минимальной парусности сооружения, а также оптимальной конструкции верхнего строения (крана). Проанализированы требования к проектированию и строительству универсальных тяжелых морских плавкранов, построенных после 1966 года, рассмотрены условия эксплуатации в зависимости от назначения и архитектурно-конструктивный тип плавкранов грузоподъемностью 100–900 тонн. При расчетах прочности верхнего строения учитывалась возможность работы плавкрана с максимальным грузом при волнении моря до трех баллов и ветре до пяти баллов с учетом динамических и инерционных нагрузок, возникающих при качке на волнении, при подхвате и обрыве груза. При аварийном обрыве груза конструкция верхнего строения и стреловая система должны исключать или минимизировать колебания, вызванные обрывом груза. Результаты расчета на усилия при обрыве груза должны быть проверены натурными испытаниями головных плавкранов, для которых разработаны соответствующие методики. Показана возможность использования разработанной конструкции корпуса и верхнего строения (крана) при проектировании и строительстве современных плавучих кранов в производственных условиях судостроительных заводов.

Ключевые слова: универсальные плавучие краны, условия эксплуатации, архитектурно-конструктивный тип, корпус, верхнее строение, каркас, стрела, обрыв груза, прочность.

Analysis of heavy floating cranes and features of their operation

Vladilen S. Ignatovich¹

ORCID: 0000-0002-2764-9382

Anna V. Kuzmina¹

ORCID: 0000-0002-1179-7831

Konstantin V. Perepadya¹

ORCID: 0000-0003-3932-4590

¹*Sevastopol State University, Sevastopol, Russia*

Abstract. The main characteristics of offshore heavy floating cranes are considered. These characteristics include independent navigation without tugs and carrying out cargo operations in open waters with wind and waves. The safety of navigation in these conditions can be ensured with high seaworthiness and maneuverability by giving the appropriate shape of the bow end of the hull, the minimum windage of the structure, as well as the optimal design of

the topside (crane). The requirements for the design and construction of universal heavy sea floating cranes, built after 1966, are analyzed, the operating conditions, depending on the purpose, and the architectural and structural type of floating cranes with a lifting capacity of 100–900 tons are considered. When calculating the strength of the topside, the possibility of the floating crane operating with the maximum cargo was taken into account when the sea is rough up to three points and the wind is up to five points, taking into account the dynamic and inertial loads arising from rolling in waves, when picking up and breaking the cargo. In the event of an emergency breakage of the cargo, the structure of the topside and the boom system must exclude or minimize vibrations caused by the breakage of the cargo. The results of the calculation of the forces at the breakage of the cargo must be verified by full-scale tests of head floating cranes, for which the corresponding methods have been developed. The possibility of using the developed structure of the hull and the topside (of the crane) in the design and construction of modern floating cranes in the production conditions of shipyards is shown.

Keywords: universal floating cranes, operating conditions, architectural and structural type, hull, topside, frame, boom, cargo breakage, strength.

Введение

Создание объектов морской инфраструктуры и их обслуживание, работа по строительству гидротехнических сооружений на морском шельфе, грузоподъемные операции в морских портах, а также монтаж в открытом море морских стационарных платформ для добычи углеводородов требуют применения тяжелых плавучих кранов и крановых судов различной конструкции и назначения.

В результате исследования характера и опыта эксплуатации тяжелых плавучих кранов, а также технико-экономического анализа установлено, что для выполнения многообразных грузоподъемных, строительно-монтажных технологических работ в портах и открытых акваториях целесообразно использовать универсальные плавкраны, а для выполнения работ, связанных с освоением континентального шельфа и морской добычей нефти и газа выделен класс узкоспециализированных плавучих средств для монтажа морских платформ (полупогружные крановые суда) и прокладки трубопроводов (трубоукладочные крановые суда). Зарубежные плавучие краны в основном специализировались для погрузочно-разгрузочных работ в защищенных акваториях (порты, судостроительные предприятия), а морские плавкраны использовались в гидротехническом строительстве. В отечественном плавкраностроении была разработана универсальная конструкция тяжелого морского плавкрана, которая реализована на плавкранах грузоподъемностью 100, 300 и 500 т. При создании типовой конструкции такого плавкрана изучались: ветроволновой режим в бассейнах страны, расположение портов-убежищ, вероятные аварийные ситуации, характер морских строительно-монтажных работ, степень мореходности, характер и значения динамических нагрузок на кран при эксплуатации и др. Это позволило определить требования к универсальному тяжелому морскому плавкрану, обеспечивающие его высокоэкономичную и безопасную работу.

В настоящей статье рассмотрены особенности проектирования и эксплуатации аналогичных тяжелых плавкранов с учетом современных требований и отечественного опыта строительства таких сооружений.

Условия эксплуатации морских тяжелых универсальных плавкранов

Основными характеристиками морских тяжелых плавкранов являются самостоятельное плавание без буксиров и выполнение грузовых операций в открытых акваториях при ветре и волнении. Безопасность плавания в этих условиях может быть обеспечена при высоких мореходных и маневренных качествах за счет придания

соответствующей формы носовой оконечности корпуса, минимальной парусности сооружения, а также оптимальной конструкции верхнего строения (крана) [1].

К числу основных видов работ на открытых морских акваториях можно отнести следующие.

а) Морское гидротехническое строительство и монтаж морских стационарных платформ (МСП).

Возведение причалов, эстакад, МСП экономически целесообразно при использовании тяжелых крупногабаритных блоков. Большие габариты конструкций требуют обеспечения больших вылетов за борт, высот подъемов и габаритов под шарниром стрелы для транспортировки блоков на палубе плавкранов.

б) Строительство защитных сооружений у необорудованных берегов.

Большинство прибрежных районов имеют малую глубину при значительной ширине и большое количество подводных камней.

Поэтому конструкция плавкрана должна обеспечить на мелководье хорошую маневренность и защиту движительного комплекса. Кроме того, при подъеме массивов, долго находящихся в воде и подверженных присосу к грунту, за счет увеличения их веса на 25 % и более, в условиях качки может произойти обрыв груза (рис. 1).



Рис. 1. Работа плавкрана «Черноморец» с массивом 100 тонн на мелководье

Fig. 1. Operation of the floating crane «Chernomorets» with a massif of 100 tons in shallow water

в) Транспортировка массивов на палубе плавкрана позволяет в ряде случаев отказаться от использования барж и буксиров. Это условие при проектировании требует обеспечения необходимых размеров палубы плавкрана и прочности ее конструкции (рис. 2).

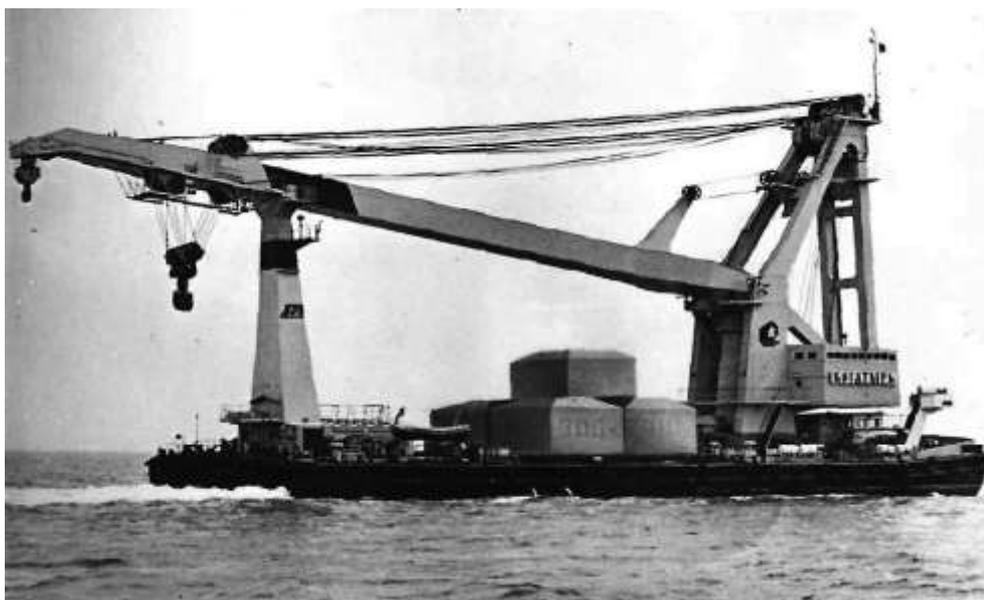


Рис. 2. Транспортировка массивов массой 900 тонн на палубе плавкрана «Богатырь» грузоподъемностью 300 тонн

Fig. 2. Transportation of massifs weighing 900 tons on the deck of the floating crane «Bogatyr» with a lifting capacity of 300 tons

г) Тяжелые плавучие краны применяются достаточно широко при строительстве крупнотоннажных судов, плавучих буровых установок (ПБУ), погрузке и разгрузке блоков на плаву при достройке сооружений. Для сокращения сроков постройки корпуса судна на стапеле и монтажа морских сооружений на точке бурения необходимо увеличение веса монтажных секций и блоков с соответствующим увеличением грузоподъемности плавучих кранов. Особо следует отметить, что при сборке, сварке и монтаже опорных колонн самоподъемных ПБУ, при весе секций 200–300 тонн на плаву высота подъема существенно увеличивается, что требует специальных мероприятий при конструировании верхнего строения, например, установки дополнительной стрелы (рис. 3) [2-4].

д) Плавучие краны используются также в портах для перегрузки тяжелых грузов с причалов в трюмы и на палубы судов и обратно, транспортировки грузов на собственной палубе в пределах акватории порта в стесненных условиях, требующих высокой маневренности.

Находят применение плавучие краны и для перестановки порталных кранов. Это требует большой высоты подъема гаков и соответствующего подстрелового габарита.

Следует отметить, что во время грузовых операций, особенно при берегоукрепительных работах (подъем заиленных массивов) и подъеме затонувших судов может произойти обрыв. Обрыв груза максимального веса может вызвать не только запрокидывание стрелы на кране верхнего строения, но и опрокидывание плавкрана. Поэтому обрыв груза должен учитываться в процессе проектирования как при работе плавкрана на волнении, так и на спокойной воде в порту или на судостроительном заводе, и его безопасность должна подтверждаться экспериментальной проверкой на головном плавкране при его сдаточных испытаниях заказчику [1].



Рис. 3. Модель плавкрана «Богатырь» с дополнительной (вантовой) стрелой грузоподъемностью 100 тонн

Fig. 3. Model of the floating crane «Bogatyr» with an additional (jib) boom with a lifting capacity of 100 tons

Устройство современного универсального морского тяжелого плавкрана

Исходя из рассмотрения комплекса разнообразных грузовых операций, опыта эксплуатации плавкранов а также из экономических соображений, отечественные тяжелые плавкраны целесообразно проектировать и строить как универсальные, способные работать как в условиях морского волнения, так и на судостроительных предприятиях и в акваториях портов.

Анализ показывает, что для выполнения вышеперечисленных требований в отечественном плавкраностроении разработан архитектурно-конструктивный тип морского тяжелого универсального плавкрана (рис. 4) грузоподъемностью 100–900 тонн.

Проектирование такого плавкрана требует при определении грузоподъемности глубокого изучения номенклатуры возможных тяжеловесов, их габаритов, максимальных вылетов за борт и минимальных вылетов при установке на палубе при соответствующих условиях эксплуатации. Принятая техническая характеристика верхнего строения (крана) уже на начальных стадиях проектирования позволяет оценить водоизмещение и размеры корпуса и выбрать оптимальную компоновку: расположение верхнего строения в носу, а машинно-котельного отделения и опоры под стрелу – в корме, а между краном и опорой участка палубы для транспортировки грузов (оборудования, пространственных конструкций морского сооружения и др.).



Рис. 4. Морской самоходный универсальный плавкран «Богатырь» грузоподъемностью 300 тонн

Fig. 4. Marine self-propelled universal floating crane «Bogatyr» with a lifting capacity of 300 tons

Корпус плавкрана принимается в виде понтона прямоугольной формы с подрезом носовой оконечности (около 45°), переходящей в вертикальный транец. Понтон набран по смешанной системе, имеет усиленный набор в носовой оконечности и палубе в районе грузовой площадки. В носовой части корпуса закреплен фундамент в виде цилиндрического барабана под верхнее строение. Кормовой подзор обеспечивает удовлетворительную работу крыльчатых движителей.

Как показали натурные испытания и эксплуатация, плавкраны имеют в полном грузу при волнении моря до 6 баллов и ветре до 7 баллов заданную скорость хода и удовлетворительную всхожесть на волну при умеренной заливаемости носовой оконечности. В качестве движительного комплекса на плавкранах используются крыльчатые движители с размещением их в корме или в корме и в носу, обеспечивающие хорошие мореходные на волнении и маневренные в условиях порта качества [9-10].

Основной частью плавкрана является полноповоротное верхнее строение, определяющее его технические характеристики и архитектурный вид, влияющие на способность выполнять грузовые операции в указанных выше условиях. Верхнее строение включает каркас, стрелу, механизмы и оборудование, обеспечивающие работу при выполнении грузовых операций и укладке стрелы на опору в походное положение на волнении в нормированное время.

Каркас представляет собой пространственную металлоконструкцию, состоящую из двух-трех платформ, связанных между собой рамными коробчатыми балками, и установленную на барабане, закрепленном в корпусе понтона. На нижней площадке установлена машинная кабина с компактным расположением лебедок и другого оборудования, полиспастных механизмов изменения вылета стрелы, главного и вспомогательного подъема. Несущие блоки механизмов изменения вылета стрелы, главного и вспомогательного подъема закреплены на верхней платформе. Для снижения опрокидывающего момента при подъеме груза основная часть каркаса (рис. 5), включая машинную кабину и верхнюю платформу, максимально смещается от оси вращения крана.



Рис. 5. Расположение блоков механизмов изменения вылета стрелы, главного и вспомогательного подъема на верхней платформе каркаса плавкрана «Богатырь»

Fig. 5. Arrangement of blocks of mechanisms for changing the boom outreach, main and auxiliary lifting on the upper platform of the frame of the floating crane «Bogatyr»

При разработке первых проектов отечественных плавкранов было установлено, что применяемая решетчатая конструкция стрел обладает рядом недостатков:

одиночные плоские фермы неустойчивы, а составленные из них конструкции недостаточно используют материал из-за наличия малонагруженных стержней; кроме того, пространственные ферменные конструкции имеют значительное количество элементов, сборка и сварка которых усложняет технологию изготовления в условиях судостроительного предприятия (высокая точность изготовления элементов, их центровка при сборке и сварке) [5].

Поэтому на отечественных плавкранах после проведения модельных испытаний и экспериментального исследования опытного образца фрагмента стрелы плавкрана «Богатырь» на сжатие на 1000-тонном вертикальном прессе была принята металлоконструкция в виде сварной коробчатой балки переменного по длине сечения из листового проката. С целью обеспечения пространственной жесткости стрелы ее обшивка подкреплена поперечными рамами (шпангоутами) и непрерывными по длине продольными ребрами жесткости.

В корневой части стрела имеет опорный портал, шарниры которого закреплены на платформе каркаса. Для изготовления такой стрелы вполне применима технология изготовления корпусных конструкций судна (рис. 6), обеспечивающая необходимую прочность и устойчивость стрелы при всех режимах работы.



Рис. 6. Вид на верхнее строение плавкрана «Богатырь»

Fig. 6. View of the upper structure of the floating crane «Bogatyr»

Стрела оборудуется механизмами изменения вылета, главного и вспомогательного подъема. Механизм изменения вылета состоит из лебедки, полиспаста и подвижного противовеса. Механизмы главного и вспомогательного подъема включают полиспасты и лебедки, а также гаки соответствующей грузоподъемности. Для обеспечения безопасной и надежной работы на волнении кран оборудуется системой противовесов.

Для установки поворотной части верхнего строения на корпусе понтона возможны две схемы.

В первом случае на фундаменте цилиндрической формы, закрепленном в корпусе, приваривается опорная колонна, на верхнем конце которой установлен опорно-поворотный подшипник, воспринимающий вертикальную нагрузку (вес каркаса, стрелы и груза) и горизонтальную силу от момента, вызванного весом стрелы и поднимаемого груза. Другая горизонтальная составляющая от опрокидывающего момента передается от каркаса через тележки поворотного механизма на рельсы, закрепленные в нижней части опорной колонны. Такая конструкция была принята на плавкранах «Богатырь» грузоподъемностью 300 тонн и «Черноморец» грузоподъемностью 100 тонн.

Во второй схеме конструкция верхнего строения упрощается за счет установки нижней платформы каркаса непосредственно на горизонтальный опорно-поворотный подшипник (роликовый стол) большого диаметра до 6 м и более, закрепленный на фланце опорного фундамента верхнего строения на корпусе понтона, воспринимающий вертикальную нагрузку и момент, вызванный подъемом груза и смещением центра тяжести относительно оси крана (рис. 7) [5-8].

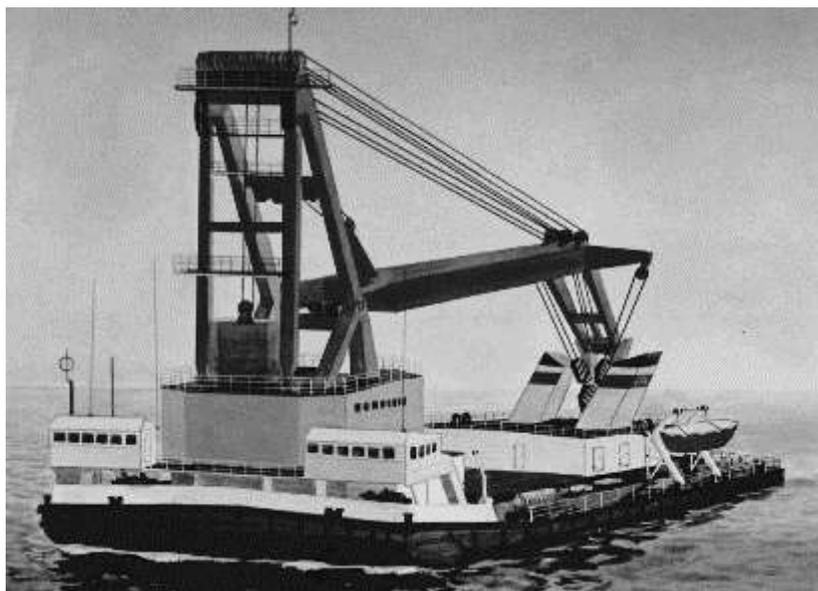


Рис. 7. Модель плавкрана грузоподъемностью 500 тонн с расположением верхнего строения на горизонтальном опорно-поворотном подшипнике

Fig. 7. Model of a floating crane with a lifting capacity of 500 tons with an upper structure on a horizontal slewing bearing

Разработанная конструкция понтона и верхнего строения позволяет использовать технологию строительства судов, принятую на судостроительных заводах, а также судостроительные стали, удовлетворяющие требованиям Правил Регистра. Кроме того, большое внимание должно быть уделено не только испытаниям плавкрана как

плавучего средства, но и специальным испытаниям отдельных узлов (конструкций) и всего верхнего строения в условиях, соответствующих работе плавкрана при различных режимах (рис. 8).



Рис. 8. Сдаточные испытания плавкрана «Витязь» грузоподъемностью 1000 тонн при судоподъеме

Fig. 8. Delivery trials of the floating crane «Vityaz» with a lifting capacity of 1000 tons while ship lifting

Испытания и эксплуатация плавкранов представленного архитектурно-конструктивного типа показали, что разработанные и построенные конструкции плавкранов при достаточной прочности обеспечивают безопасное выполнение грузовых операций при волнении моря до трех баллов и ветра до 5 баллов, обслуживание и транспортировку грузов на палубе, незначительное перемещение грузов при бортовой и вертикальной качке.

Выводы

Из вышеприведенного анализа следует, что в отечественном плавкраностроении разработан архитектурно-конструктивный тип морского универсального плавучего крана грузоподъемностью 100–900 тонн, удовлетворяющий современным требованиям постройки и эксплуатации.

Универсальный плавкран должен выполнять грузоподъемные, строительномонтажные и транспортные операции в открытых морских акваториях, на мелководье у необорудованных берегов, в портах и на судостроительных заводах.

Плавкран должен иметь мореходные качества, обеспечивающие безопасное самостоятельное плавание без сопровождения буксиров при волнении до шести и ветра до семи баллов с удалением от баз убежищ на расстояние, установленное Правилами Регистра РФ. При этом верхнее строение должно иметь минимальные вес и площадь парусности и возможность быстрой укладки стрелы в походное положение.

Для работы у необорудованных берегов, а также в портах и на заводах плавкран должен обладать хорошими маневренными качествами, которые обеспечиваются крыльчатыми движителями.

Для выполнения указанных работ разработана соответствующая компоновка размещения основных элементов плавкрана: верхнее строение – в носу, движительно-рулевой комплекс – в корме; грузовая площадка для транспортировки крупногабаритных грузов и конструкций в средней части палубы (не менее 25% общей площади палубы).

Конструкция верхнего строения включает каркас с машинной кабиной, стрелой, опирающейся на каркас и поддерживаемой полиспастной системой изменения вылета. Лебедки механизма изменения вылета стрелы, главного и вспомогательного подъема установлены в машинной кабине, а блоки на верхней платформе каркаса.

При расчетах прочности верхнего строения учитывалась возможность работы плавкрана с максимальным грузом при волнении моря до трех баллов и ветре до пяти баллов с учетом динамических и инерционных нагрузок, возникающих при качке на волнении, при подхвате и обрыве груза. При аварийном обрыве груза конструкция верхнего строения и стреловая система должны исключать или минимизировать колебания, вызванные обрывом груза. Результаты расчета на усилия при обрыве груза должны быть проверены натурными испытаниями головных плавкранов, для которых разработаны соответствующие методики [15-19].

Понтон, каркас со стрелой имеют конструкцию, обеспечивающую возможность их изготовления по технологиям, применяемым на судостроительных заводах.

Все упомянутые в статье морские плавучие краны были полностью построены на Севастопольском морском заводе (СМЗ) и эксплуатируются эффективно и без аварий. В настоящее время по разработанным методикам и опробованной технологии, отвечающим современным требованиям, на СМЗ строятся тяжелые плавкраны грузоподъемностью 400 и 700 т [11, 12].

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что современное плавкраностроение, обеспечивающее создание и обслуживание морской инфраструктуры, получило дальнейшее развитие.

Список литературы

1. Великосельский Н. Д., Берхин И. М. Отечественная конструкция тяжелого плавучего плавкрана / Н. Д. Великосельский, И. М. Берхин // Судостроение. – 1973. – № 4. – С. 17–21.
2. Берхин И. М., Гудзе А. А., Рудак Г. И. Совершенствование конструкции верхних строений отечественных плавкранов / И. М. Берхин, А. А. Гудзе, Г. И. Рудак // Судостроение. – 1973. – №4. – С. 29–31.
3. Гудзе А. А., Игнатович В. С., Окулов Д. И. Развитие металлических конструкций стрел тяжелых плавучих кранов / А. А. Гудзе, В. С. Игнатович, Д. И. Окулов // Судостроение. – 1973. – № 4. – С. 32–36.
4. Цыпина З. Д., Игнатович В. С. Определение жесткости верхних строений плавкрана «Богатырь» / З. Д. Цыпина, В. С. Игнатович // Судостроение. – 1973. – № 4. – С. 36–37.
5. Фриж В. А., Авдеев О. В. Особенности постройки и испытаний тяжелых плавкранов / В. А. Фриж, О. В. Авдеев // Судостроение. – 1973. – № 4. С. 64–67

6. Игнатович В. С. Динамическая прочность стрелы плавучего крана при обрыве груза / В. С. Игнатович // Судостроение. – 1977. – № 2. – С. 9–14.
7. Мохов Ю. Н., Игнатович В. С., Рожнов Г. Н. Особенности испытаний плавучих кранов большой грузоподъемности на обрыв груза / Ю. Н. Мохов, В. С. Игнатович, Г. Н. Рожнов // Технология судостроения. – 1975. – № 5. – С. 47–51.
8. Мохов Ю. Н. Анализ опыта эксплуатации плавкранов и крановых судов / Ю. Н. Мохов // Судостроение. – 1991. – № 11. – С. 15–19.
9. Мохов Ю. Н. Режимы использования отечественных плавучих кранов в эксплуатации / Ю. Н. Мохов // Судостроение. – 1992. – № 4. – С. 7–10.
10. Новиков А. И. Режимы работы и годовая производительность плавучих кранов / А. И. Новиков // Севастополь: Издательство СевНТУ, 2003. – 228 с.
11. Шестакова И. Н., Беседин А. Ф., Кузьмин Д. В. История плавкраностроения на Севморзаводе / И. Н. Шестакова, А. Ф. Беседин, Д. В. Кузьмин // Судостроение. – 1986. – № 6. – С. 71–76.
12. Морева И.Н., Дьячук Н.С. Морские плавучие краны / И.Н. Морева, Н.С. Дьячук // Актуальные вопросы проектирования, постройки и эксплуатации морских судов и сооружений. Труды региональной научно-практической конференции. Научный редактор В.И. Истомина. – «Севастопольский государственный университет» – 2018. – С. 176–180.
13. Балашов М. Г. Модельные исследования ходкости полупогружных плавучих кранов / М. Г. Балашов // Вестник СевНТУ: Сб. науч. Тр. – Севастополь. – 2009. – № 88. – С. 34.
14. Балашов М. Г., Новиков А. И. Распределение бюджета времени при эксплуатации строительно-монтажного плавучего крана / М. Г. Балашов, А. И. Новиков // Вестник СевНТУ: Сб. науч. Тр. – Севастополь. – 2007. – № 75. – С. 34.
15. Chen, H., Sun, N. An Output Feedback Approach for Regulation of 5-DOF Offshore Cranes With Ship Yaw and Roll Perturbations (2021) IEEE Transactions on Industrial Electronics.
16. <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/tocresult.jsp?isnumber=5410131> doi: 10.1109/TIE.2021.3055159
17. Lv T. a, Du H. b Automatic Calculation Method for Mechanical Load of Full Rotation Crane Ship Based on Flow Function Theory (2020) Journal of Coastal Research Том 103, Выпуск sp1, Pages 412 – 416 doi: 10.2112/SI103-084.1
18. Ji Y., Wang H., Chen H., Guo M. Research on Hydraulic Speed Control System of Ship Crane Anti-Rolling Device (2016) IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Том 295, Выпуск 426 July 2019 Номер статьи 0421302019 5th International Conference on Energy Materials and Environment Engineering, ICEMEE 2019, 12 April 2019 - 14 April 2019 doi: 10.1088/1755-1315/295/4/042130
19. Nesin D. Y. Platform Design for Arctic Shallow Waters [Text] / D. Y. Nesin, B. R. Livshyts, V. F. Lenskiy // Proceedings of the Twenty-second ISOPE. – ISOPE, 2012. – 22. – pp.1348 – 1352.
20. Nesin D. Numerical Model of the Large Carrying Capacity Crane Ship with the Fully Revolving Topside [Text] / D. Nesin, V. Dushko // Procedia Engi-neering 100 (2015) – Elsevier Ltd, Amsterdam, the Netherlands, 2015 – pp. 1082 – 1091.

References

1. IM Berkhin, ND Velikoselsky *Domestic design of a heavy floating crane* Shipbuilding. – 1973. – No. 4. – P. 17–21. (in Russ)
2. IM Berkhin, AA Gudze, GI Rudak *Improvement of the construction of the topsides of domestic floating cranes* Shipbuilding. – 1973. – No. 4. – P. 29–31. (in Russ)
3. A. A. Gudze, V. S. Ignatovich, D. I. Okulov *Development of metal structures of booms of heavy floating cranes* Shipbuilding. – 1973. – No. 4. – P. 32–36. (in Russ)
4. ZD Tsykina, VS Ignatovich *Determination of the rigidity of the upper structure of the floating crane «Bogatyr»* Shipbuilding. – 1973. – No. 4. – P. 36–37. (in Russ)
5. V. A. Fryzh, O. V. Avdeev *Features of construction and testing of heavy floating Shipbuilding.* – 1973. – No. 4. P. 64–67. (in Russ)
6. V. S. Ignatovich *Dynamic strength of the boom of a floating crane when the load breaks* Shipbuilding. – 1977. – No. 2. – P. 9–14. (in Russ)
7. Yu. N. Mokhov, V. S. Ignatovich, G. N. Rozhnov *Peculiarities of testing of floating cranes of heavy lifting capacity for load breakage* Technology of shipbuilding. – 1975. – No. 5. – P. 47–51. (in Russ)
8. Yu. N. Mokhov *Analysis of the operating experience of floating cranes and crane ships* Shipbuilding. – 1991. – No. 11. – P. 15–19. (in Russ)

9. Yu. N. Mokhov *Modes of using domestic floating cranes in operation* Shipbuilding. – 1992. – No. 4. – P. 7–10. (in Russ)
10. A. I. Novikov *Modes of operation and annual productivity of floating cranes* Sevastopol: SevNTU Publishing House, 2003. – 228 p., Ill. (in Russ)
11. I. N. Shestakova, A. F. Besedin, D. V. Kuzmin *History of floating screen construction at Sevmorzavod* Shipbuilding. – 1986. – No. 6. – P. 71–76. (in Russ)
12. IN. Moreva, N.S. Dyachuk *Marine floating cranes / Topical issues of design, construction and operation of sea vessels and structures. Proceedings of the regional scientific and practical conference. Scientific editor V.I. Istomin. – «Sevastopol State University» – 2018. – P. 176–180. (in Russ)*
13. MG Balashov *Model studies of the running capacity of semi-submersible floating cranes* Bulletin of SevNTU: Sat. scientific. Tr. – Sevastopol. – 2009. – No. 88. – P. 34. (in Russ)
14. M. G. Balashov, A. I. Novikov *Distribution of the time budget during the operation of the construction and assembly floating crane* Bulletin of SevNTU: Sat. scientific. Tr. – Sevastopol. – 2007. – No. 75. – P. 34. (in Russ)
15. Chen, H., Sun, N. An Output Feedback Approach for Regulation of 5-DOF Offshore Cranes With Ship Yaw and Roll Perturbations (2021) IEEE Transactions on Industrial Electronics. <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/tocresult.jsp?isnumber=5410131> doi: 10.1109/TIE.2021.3055159
16. Lv T. a, Du H. b Automatic Calculation Method for Mechanical Load of Full Rotation Crane Ship Based on Flow Function Theory (2020) Journal of Coastal Research Том 103, Выпуск sp1, Pages 412 – 416 doi: 10.2112/SI103-084.1
17. Ji Y., Wang H., Chen H., Guo M. Research on Hydraulic Speed Control System of Ship Crane Anti-Rolling Device (2016) IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Том 295, Выпуск 426 July 2019 Номер статьи 0421302019 5th International Conference on Energy Materials and Environment Engineering, ICEMEE 2019, 12 April 2019 - 14 April 2019 doi: 10.1088/1755-1315/295/4/042130
18. Nesin D. Y. Platform Design for Arctic Shallow Waters [Text] / D. Y. Nesin, B. R. Livshyts, V. F. Lenskiy // Proceedings of the Twenty-second ISOPE. – ISOPE, 2012. – 22. – pp.1348 – 1352.
19. Nesin D. Numerical Model of the Large Carrying Capacity Crane Ship with the Fully Revolving Topside [Text] / D. Nesin, V. Dushko // Procedia Engi-neering 100 (2015) – Elsevier Ltd, Amsterdam, the Netherlands, 2015 – pp. 1082 – 1091.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Игнатович Владилен Сергеевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Океанотехника и кораблестроение» ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», 299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33, e-mail: v.s.ignatovich@mail.ru

Кузьмина Анна Валентиновна, доцент кафедры «Океанотехника и кораблестроение» ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», 299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33, e-mail: a.61kuzmina@mail.ru

Перепада Константин Васильевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Океанотехника и кораблестроение» ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», 299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33, e-mail: k_perepadya@mail.ru

Vladilen S. Ignatovich, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor of the Department of Ocean Technology and Shipbuilding Sevastopol State University, 33, Universitetskaya st., Sevastopol, 299053, v.s.ignatovich@mail.ru

Anna V., Kuzmina, Associate Professor of the Department of Ocean Technology and Shipbuilding Sevastopol State University, 33, Universitetskaya st., Sevastopol, 299053, a.61kuzmina@mail.ru

Konstantin V. Perepadya, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor of the Department of Ocean Technology and Shipbuilding Sevastopol State University, 33, Universitetskaya st., Sevastopol, 299053, e-mail: k_perepadya@mail.ru

Статья поступила в редакцию 08.06.2021; опубликована онлайн 15.09.2021
Received 08.06.2021; published online 15.09.2021