

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО СУДНА ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ЛЕДОВОГО КЛАССА

В. В. ГОЛИКОВ, О. Н. МАЗУР, О. А. ОНИЩЕНКО

Национальный университет "Одесская морская академия", Одесса, УКРАИНА
e-mail: volodymyr.golikov@fms.onma.edu.ua, rio_onma@mail.ru, olegoni@mail.ru

АННОТАЦИЯ Приведено уточнение формулировок "многоцелевое судно" и "судно двойного назначения". На основе исторического экскурса доказана актуальность проектирования и последующего применения в территориальных водах Украины многоцелевых судов двойного назначения ледового класса. Сформулированы цель и задачи проектирования, предложена методика проектирования многоцелевых судов ледового класса. Приведены основные результаты - теоретический чертеж, общие виды судна, главные размерения, характеристики, возможности преодоления ледовых препятствий. Осуществлено сравнение основных расчетных параметров спроектированного судна с существующими судами-аналогами.

Ключевые слова: многоцелевое судно; двойное назначение; ледовый класс; проектирование

DESIGN PECULIARITIES OF ICE-CLASS MULTI-PURPOSE DOUBLE-DUTY SHIP

V. GOLIKOV, O. MAZUR, O. ONISHCHENKO

National University "Odessa Maritime Academy", Odessa, UKRAINE
e-mail: volodymyr.golikov@fms.onma.edu.ua, rio_onma@mail.ru, olegoni@mail.ru

ABSTRACT. Given a wording elaboration "multi-purpose ship" and "double-duty ship". Based on the historical journey proved a design relevance and following use in Ukraine's territorial waters of ice-class multi-purpose double-duty ships. Appraised known conceptual solutions of multi-purpose ships design. Approved that structure and content of common ship design task depends on a ship assignment, its infrastructure, feasibility study, dedicated recourses, design stages and basic data completeness. Provided known decisions of civil ships use in naval forces. Specified a range of use and common role multi-purpose double-duty ship. Stated a design goal and offered design technique of ice-class multi-purpose ships. Shown that a common task of ice-class multi-purpose ship design has: a) elaboration of performance specifications (conceptions); b) scheme of hull line drawing; c) characteristic synthesis of buoyancy and ship initial stability; d) appraisal of propulsion characteristics; e) appraisal of accepted design concepts. Brought a sample calculations and common results of ice-class multi-purpose ship design - line drawing, ship main views, main dimensions, characteristics, possible negotiations ice resistance, developed preliminary choice of ship power plants. Accomplished a comparison of designed vessel main design conditions with existed analogue vessels.

Key words: multi-purpose ship; double-duty; ice-class; design

Введение

В настоящее время крайне востребованными являются многофункциональные (многоцелевые) суда [1- 4], и особенно, в связи с известными внешнеполитическими проблемами, суда двойного назначения. Многоцелевое судно, это судно, специальным образом приспособленное для выполнения ряда технологических функций, обычно выполняемых несколькими узкоспециализированными судами. Такие суда создаются с целью универсализации применения в различных климатических условиях и обстановке (социальной, политической, техногенной и проч.), для более гибкой и экономичной эксплуатации, для решения разнообразных и нестандартных задач, при недостатке времени на проведение спецопераций и иных усложняющих применение узкоспециализированных судов обстоятельствах. Типичными примерами многоцелевых судов гражданского флота служат суда, обеспечивающие работу морских нефтепромыслов, несущие на борту грузоподъемные и ремонтно-спасательные средства, предметы снабжения буровых

установок и средства для выполнения работ под водой, оборудование пожаротушения, стройматериалы, могущие перевозить экипаж, выполнять специальные задачи поиска, спасения, выполнять функции различного назначения для оффшорного флота и т. д.

Под понятием "товар двойного назначения (применения)" подразумевается продукция, изделия, оборудование или технологии, которые могут применяться кроме гражданских (мирных) целей в том числе и для целей военных. В различные исторические эпохи, при необходимости, в состав военно-морских сил различных морских держав включались гражданские суда. Такие суда использовались не только по прямому назначению, но и в качестве, например, военных транспортов, либо, после более серьезного переоборудования, превращались в боевые корабли. И, по сути, становились многоцелевыми судами (кораблями) двойного назначения (МСДН).

Понятно, что многофункциональность и универсальность для судна является неким компромиссным решением – любое специализированное судно всегда лучше справится с узкоспециальной задачей.

Но применение многофункциональных суден позволяет существенно снизить затраты на их эксплуатацию при непредсказуемом возникновении разнообразных гражданских и специальных задач. В условиях непредсказуемости появления задач различной степени сложности, особенно требующих быстрого решения, многофункциональное судно является наиболее приспособленным, более эффективным. Иными словами, в нужном месте и в нужное время для решения поставленной задачи необходимо иметь либо несколько узкоспециализированных суден, либо одно – многоцелевое. Понятно, что и проектирование, и строительство, и эксплуатация нескольких узкоспециализированных суден является существенно более дорогим мероприятием, чем строительство и эксплуатация одного, но многоцелевого. Кроме того, время постройки одного, пусть даже и более сложного судна, в условиях ограниченности материальных ресурсов, является существенно меньшим, чем строительство нескольких суден.

Концептуальными решениями проектирования многофункциональных суден занимается ряд известных морских инженеров и специалистов – Егоров Г. В., Ильницкий И. А., Тонюк В. И., Автутов Н. В., *Rizzuto E., Downes J., Radon M.* и другие [2-4, 6]. Многие ведущие морские державы стараются иметь в своем военно-морском флоте (ВМФ) МСДН. Однако все морские инженеры, конструкторы и исследователи утверждают, что на сегодняшний день не существует единой методики проектирования многоцелевых суден, и особенно – двойного назначения. Обычно такое проектирование носит резко индивидуальный, творческий характер и сложно поддается алгоритмизации, такое проектирование сравнивается с искусством, объединенным с глубокими специальными знаниями и, по сути, является "противоречивым проектированием" [7].

Отметим, что современный облик ВМФ ведущих держав стал приобретать после II Мировой войны – вместе с концом этой войны наступил и конец крупных морских битв. Благодаря современным технологиям, в том числе компьютерным и информационным, бурному развитию мирового рынка, даже небольшие государства смогли обзавестись эффективными и самыми современными военно-морскими силами (ВМС). Например, построенные с использованием технологии "Stealth" фрегаты с усиленным вооружением, класса "Lafayette", приобрели, по шесть единиц, Тайвань и Республика Сингапур, три – Саудовская Аравия. Сейчас различные авианосцы состоят на вооружении девяти государств, однако строительство и содержание таких кораблей требует громадных ресурсов. И, если проанализировать решаемые крупными военными узкоспециализированными судами и авианосцами задачи, то несложно уяснить, что боевое применение таких тяжелых кораблей сводится, в основном, к устрашению предполагаемого противника.

Таким образом, по мере непрерывной глобализации – процесса всемирной экономической, политической, культурной, религиозной интеграции и унификации, характер современной морской войны существенно изменяется. Сейчас требуется высокая гибкость выполнения боевых и антитеррористических задач, крайне высокой становится роль информационных технологий, разведки, обработки информации, поиска, спасения и т. д. Учитывая всегда имеющуюся ограниченность материальных ресурсов, морские державы вынуждены не только идти в ногу с научно-техническим прогрессом, решать задачи долгосрочного планирования, оптимизировать состав флота, но и определять, какие суда понадобятся им в ближайшей перспективе, как совмещать функции суден для выполнения мирных и боевых задач с минимальными затратами.

Тенденции развития гражданского флота показывают, что многие морские державы начинают отдавать предпочтение небольшим многоцелевым судам различного функционального назначения и с различными тактико-техническими характеристиками (ТТХ). Часто это небольшие МСДН, несущие самолет с вертикальным взлетом и посадкой (коротким взлетом и вертикальной посадкой), боевые вертолеты, беспилотные летательные аппараты, различные специализированные и вспомогательные средства и системы, осуществлять задачи ледовой проводки, снабжения, пожаротушения, эвакуации и т. д.

Согласно известной концепции "Максимум боеспособности и возможностей в пересчете на один доллар" созданы множество кораблей ВМФ США. Например, корабль береговой обороны "Independence" компании "General Dynamics Corporation" (патрулирование, оперативное реагирование, демонстрация силы в прибрежных водах); подводные лодки, недорогие в постройке и способные успешно противодействовать даже лучшим противолодочным судам, самолетам и вертолетам; сторожевые корабли, способные выполнять различные задания в составе флота или поодиночке. По большому счету это все многоцелевые суда, способные перевозить снаряжение, боеприпасы, продовольствие и войска, оказывать боевую поддержку и решать, например, гуманитарные операции.

Часто от боевых кораблей ожидают многого, но далеко не все дорогие в постройке и эксплуатации суда действительно отвечают возрастающим требованиям. Так, атомные подводные лодки с крылатыми ракетами оказались уязвимыми для современного противолодочного оружия и высокочувствительных систем обнаружения, а малошумящие субмарины с электродвижением оказались способными уходить от лучших систем слежения (в учениях НАТО 2005-2007 годов, шведская, очень простая подводная лодка "Gotlandklass" успешно уходила от перехвата, хотя ВМФ США применял самые современные средства и методы противолодочной борьбы). Например, в большинстве ВМФ десантные корабли используются

не только для перевозки войск и их поддержки, но и для оказания гуманитарной помощи. Хотя большие десантные корабли и несут на борту самолеты-истребители и вертолеты, но по сути эти суда – специализированные многоцелевые платформы (корабли класса "USS Wasp", LHA-R), позволяющими выполнять сугубо мирные задачи.

Современные ВМФ превращаются во флоты, в большинстве своем состоящие из недорогих многоцелевых кораблей, оборудованных новейшей электроникой и вооружением, допускающие дальнейшую модернизацию. Такие небольшие многоцелевые авианосцы, корабли типа эскадренных миноносцев (эсминец, фрегат, корвет), универсальные гладкопалубные десантные суда, способны не только, например, участвовать в различных антитеррористических операциях, но и оказывать гуманитарную помощь, высаживать десант, выполнять другие задачи.

По прогнозам военных специалистов, самым крупным боевым кораблем будущего будет эсминец, а авианосцы станут существенно меньше современных, поскольку особой необходимости в огромных кораблях такого класса нет. Считается, что со временем в состав большего количества флотов будет входить один небольшой авианосец, а основным кораблем станет многоцелевой сторожевик, так как требующие вмешательства военные конфликты часто возникают в прибрежных регионах. Кроме того, такой многоцелевой корабль пригоден для использования в спасательных операциях в районах природных или техногенных катастроф.

С точки зрения гражданского применения МСДН нужно отметить, что отличительной особенностью грузооборота портов Украины является его зависимость от сезона года. Замерзаемость мелководных морей, лиманов и устьев рек сводит этот показатель к минимуму. В связи с этим "Транспортной стратегией Украины на период до 2020 года" предусмотрено создание эффективного служебно-вспомогательного, технического и спасательного флота. Анализ публикаций связанных с многолетним прогнозированием судостроения, осуществленный Морским инженерным бюро (МИБ, <http://meb.com.ua>), показал, что отечественному флоту необходимо отдавать приоритет морским сухогрузным судам с более высоким стандартом прочности, с мощной СЭУ и улучшенными мореходными обводами, меньшим коэффициентом общей полноты и "морскими" соотношениями главных размерений в сравнении с судами река-море. К отличительным особенностям перспективных многоцелевых судов река-море относится наличие у них различных классов "коастеров" (каботаж) и ледовой категории [5, 8, 9].

Класс судов смешанного река-море плавания требует обновления с учетом изменившихся условий их эксплуатации [10]. Практикой востребована "линейка" судов технического и портофлота нового поколения, созданная на основе применения новых концептуальных подходов к процессам проектирования,

создания, технической эксплуатации и менеджмента [4, 5, 9, 10]. Специалистами МИБ предложено, для минимизации расходов на проектирование, в каждом типе таких судов делать вариации по дефайту в зависимости от поставленных задач. Для целей поиска и спасания необходимо строительство многоцелевых спасательных судов с СЭУ повышенной мощности [11, 12], совершенными обводами корпуса с хорошими ледовыми качествами для эксплуатации в сплошном и битом льду. Ранее [13, 14] были сформулированы общие концептуальные соображения по реновации, конверсии или постройке МСДН для функционирования в Азовском и Черном морях.

Таким образом, поскольку: а) ареной морских сражений становится побережье и роли различных классов боевых кораблей резко изменились; б) часто универсальность корабля, способность его решать разнообразные, порой непредсказуемые, задачи, имеет главенствующее значение; в) имеется острая необходимость применения универсальных, многофункциональных, судов ледового класса для решения множества задач гражданского флота, то *актуальность* создания таких многоцелевых судов двойного назначения, с учетом климатических особенностей Украины, является очень высокой.

Цель работы

В связи с имеющимся острым запросом практики, для применения в территориальных водах Украины и продолжения перспективных исследований по совершенствованию технической эксплуатации МСДН, *актуальной* является поставленная задача проектирования и последующего создания высокоэффективного многоцелевого судна ледового класса на основе использования принципов современного конструирования, новых средств судовой техники и морских технологий.

Целью публикации является представление разработанной методики проектирования, а также основных результатов проектирования многоцелевого судна двойного назначения ледового класса – судна, не имеющего аналогов в Украине, крайне востребованного и ВМС Украины, и ее гражданским флотом.

Объектом исследования являются процессы проектирования судна, *предметом* исследования является многоцелевое судно ледового класса двойного назначения.

Изложение основного материала

Структура и содержание общей задачи проектирования судна [4, 5, 7, 8] зависит от целевого назначения судна, его технологических возможностей, технико-экономического обоснования и выделенных ресурсов, стадий проектирования, а также от полноты исходных данных. Для эффективного решения общей задачи проектирования судна необходимо установить определенные зависимости между:

а) водоизмещением, б) мощностью СЭУ, в) вместимостью, г) главными размерениями и их соотношениями, д) безразмерными проектировочными коэффициентами, характеризующими форму обводов корпуса. Также необходимо определить предельные значения независимых переменных, выявить взаимосвязь основных элементов судна с принятыми критериями оптимизации.

Проектирование и математическое моделирование судна строят на основании аналитического аппарата [4, 5], дополнительно включающего аппроксимационные функции, с помощью которых определяют различного рода коэффициенты и параметры (утилизации, сопротивления воды, пропульсивного комплекса [15] и т. д.), характеристики площадей, объемов, мощностей, проводят экспертные оценки [16].

Аналитические зависимости для определения ряда показателей для различных судов на отдельных стадиях предварительного проектирования различны. В тех случаях, когда структура аналитической зависимости для судов разных типов является универсальной, численное значение коэффициентов пропорциональности может быть разным, что часто характерно и для зависимостей, выведенных для однотипных судов различных модификаций. Такие коэффициенты носят нормативный характер и подлежат систематическому уточнению, в связи с чем строгое математическое описание процесса проектирования судна невозможно и в каждом конкретном случае требуется уточнение математической модели и проекта [17-19]. Иными словами, известный "принцип подобия" в этих ситуациях неприменим.

Для судна критерий оптимизации представляется в функции многокомпонентных параметров, т. е. составлению математической модели должен предшествовать выбор параметров. Перечень исходных параметров $P_{ij}(X)$ устанавливается в каждом конкретном случае. Переменные x_i компонента X выбирают из числа искомых параметров таким: а) чтобы была сохранена зависимость переменных; б) чтобы их количество было минимальным.

Смысловое содержание компонента X можно раскрыть на примере проектирования многоцелевого грузового судна. При решении общей задачи проектирования такого судна определяют, при известных условиях плавания, чистую грузоподъемность или дедвейт DW , скорость v или мощность главных двигателей N_e , главные размерения судна (L, B, H, T) и коэффициенты полноты α, β, δ . При решении задачи приходится варьировать значениями грузоподъемности (дедвейта), скорости и вместимости W_c , добываясь требуемого результата с учетом обеспечения необходимой прочности корпуса и навигационных качеств. При полном использовании габаритов судового хода грузоподъемность определится с учетом его характеристик. Необходимо, также, установить связь независимых переменных с исходными данными (с учетом ограничений и пределов их изменения), с главными размерениями и безразмерными характеристиками

формы корпуса, затем раскрыть взаимосвязи между основными параметрами и свойствами судна, а также между параметрами и принятыми критериями оптимизации.

Диапазон изменения водоизмещения назначается на основании опыта проектирования в пределах кратности возможного изменения грузоподъемности. При ограниченных габаритах судового хода верхний предел изменения водоизмещения необходимо определять из предельных размеров судна, максимально возможного для данного типа судна коэффициента полноты и минимального коэффициента утилизации водоизмещения. Отметим, что ошибочность назначенного диапазона изменения сразу обнаружится в начале расчета, так как обнаружится устойчивая большая разница между грузоподъемностью, грузоместимостью и основными расчетными характеристиками. Эту ошибку несложно устранить путем итерационной корректировки принятых начальных значений.

Предельные значения относительной скорости и коэффициента общей полноты назначают с помощью систематизированных данных серийных модельных испытаний суден.

При назначении пределов изменения отношения B/T учитывается, кроме того, опыт проектирования в части обеспечения требований к остойчивости и качке судна.

При выборе диапазонов изменения отношения L/H целесообразно пользоваться правилами классификационных обществ, формулирующими, с учетом этого соотношения, требования к конструкции и прочности судов.

В общую задачу проектирования МСДН входят: а) разработка технико-эксплуатационных требований к проекту (концепция) судна; б) построение теоретического чертежа корпуса; в) синтез характеристик плавучести и начальной остойчивости судна; г) оценка характеристик его ходкости; д) предварительная оценка полученных проектных решений.

Понятно, что в рамках одной статьи все поставленные задачи отобразить крайне сложно, однако кратко пояснить основные принципы и последовательность предложенной методики проектирования МСДН можно. При разработке концепции МСДН использованы принципы и методы экспертных оценок [16], которыми учитывалась необходимость ледовой проводки каравана судов в открытом море, каналах и акваториях портов, осуществления поисковых, спасательных, буксировочных, пожарных и иных специальных операций в забровочной акватории.

Учитывая важность всесезонного использования путей Азовского и Черного морей и нестабильность погодных условий, резко ухудшающих ледопроечность в зимний период, одним из главных требований к МСДН стала его способность к преодолению сплошных ледовых перемычек до 1,5 м. Для этого применена специальная технология преодоления

"тяжелых" льдов [20, 21], основанная на создании особой геометрии корпуса судна, сформированной в виде сложной поверхности двойкой кривизны, ориентированной относительно пространственных координат.

Теоретический чертёж МСДН (рис. 1) построен по смоделированным линиям сечения поверхности корпуса плоскостями, параллельными главным плоскостям судна [4, 5, 7].

На основе оптимизации главных компонент рассчитаны основные размерения МСДН по: длине между перпендикулярами $L = 67,7$ м; ширине $B = 18,2$ м; высоте борта $H = 6,4$ м; конструктивной осадке $T = 3,5$ м. По масштабу Бонжана определены: весовое водоизмерение $D = 2935$ т; объемное водоизмещение $V = 2864$ м³; координаты центра величины $C\{X_c = 0,53$ м; $Z_c = 1,912$ м}; площадь ватерлинии $S = 1057$ м²; абсцисса центра тяжести площади ватерлинии $X_g = -1,9$ м; поперечный и продольный моменты инерции площади ватерлинии $I_x = 24086$ и $I_{yf} = 332582$ м²·м². А также: метацентрические радиусы – поперечный $r = 8,41$ м и продольный $R = 115,2$ м; аппликата поперечного метацентра $Z_{me} = 10,3$ м; смоченная поверхность $S = 1241$ м².

Общий вид спроектированного судна приведен на рис. 2.

Введем функционалы оценок: $F_1 = L/B$ – ходкости и поворотливости; $F_2 = L/H$ – общей прочности; $F_3 = B/T$ – остойчивости, ходкости и поворотливости; $F_4 = H/T$ – непотопляемости и остойчивости.

Одновременно с синтезом характеристик геометрии корпуса, плавучести и начальной остойчивости МСДН осуществлен сравнительный анализ (табл. 1) функционалов F_i форм корпусов ближайших по функциональным возможностям суден-аналогов: ледокола "Капитан Белоусов" ($L = 77,5$ м; $B = 18,7$ м; $H = 9,5$ м; $T = 6,2$ м; $D = 4500$ т; $V = 4390$ м³) и офшорного многоцелевого судна снабжения "Arcticaboarg" ($L = 60,6$ м; $B = 16,4$ м; $H = 4,4$ м; $T = 2,9$ м; $D = 2015$ т; $V = 1966$ м³).

Коэффициенты полноты сечений и общего объема проекта МСДН, в сравнении с общепринятыми для ледоколов, несколько отличаются и составляют: общей полноты $\delta = 0,664$ (0,45...0,59); полноты ватерлинии $\alpha = 0,858$ (0,69...0,75) и полноты мидельшпангоута $\beta = 0,903$ (0,73...0,88).

Максимальные значения величины остойчивости формы (пантокрены) при посадке проекта МСДН без крена дифферента достигает 6,3 м при статическом крене 60°.

Превышение значений $F_2 = L/H$ и $F_4 = H/T$ у МСДН, при сравнении с нормативными, связано с априори заданными заниженными значениями высоты борта и осадки.

Определение минимально-неизбежной буксировочной мощности проекта судна на тихой воде осуществлено с использованием классической методики Ю. А. Будницкого.

Таблица 1 – Значения функционалов F_i (соотношений главных размерений корпусов) суден-аналогов и нормативных значений

Название судна	Соотношения и характер их влияния			
	F_1	F_2	F_3	F_4
"Капитан Белоусов"	4,1	8,2	2,0	1,5
"Arcticaboarg"	3,7	13,8	3,7	1,5
Проект МСДН	3,7	10,6	2,8	1,8
Нормативное значение	3,5...4,8	6,6...9,2	2,4...3,2	1,3...1,5

Расчетная минимально-необходимая мощность СЭУ МСДН на глубокой и тихой воде, при скорости 16 узлов и с учетом эксплуатационного фактора $k = 1,2$, составляет 2122 кВт при оценке буксировочного сопротивления в 258 кН.

Ледовое сопротивление МСДН в крупнобитых льдах определено по формуле:

$$R_l = (C_k + 4,134 V_l^{1,3}) h^{1,2}, \quad (1)$$

где $C_k = 55$ – справочный коэффициент; принятая скорость во льдах $V_l = 8,0$ узлов; толщина сплошного льда $h = 1,5$ м; ледовое сопротивление $R_{l(1,5)} \approx 190$ кН.

В обычных эксплуатационных условиях, согласно (1) при $V_l = 8,0$ узлов и $h = 0,5$ м, ледовое сопротивление составляет $R_{l(0,5)} \approx 51$ кН.

Ледовое сопротивление МСДН в сплошных льдах определено по формуле:

$$R'_l = 5,79 \{1 + 0,4 B h^{1,33} [(L/B)^{1,5} - 1]\}. \quad (2)$$

Из (2) получим:

$$R'_{l(1,5)} \approx 448,0 \text{ кН и } R'_{l(0,5)} \approx 108,0 \text{ кН.}$$

Суммарное расчётное значение сопротивления льда и воды движению МСДН рассчитано при скорости судна во льдах $V_l = 8$ узлов.

В сплошных льдах:

$$R_{c(0,5)} = R_{\delta(8)} + R_{l(0,5)} = 51,0 + 49,0 = 100 \text{ кН;}$$

$$R_{c(1,5)} = R_{\delta(8)} + R_{l(1,5)} = 51,0 + 190,0 = 241 \text{ кН.}$$

В крупнобитых льдах:

$$R'_{c(0,5)} = R_{\delta(8)} + R'_{l(0,5)} = 51,0 + 108,0 = 159 \text{ кН;}$$

$$R'_{c(1,5)} = R_{\delta(8)} + R'_{l(1,5)} = 51,0 + 448,0 = 499,0 \text{ кН.}$$

Далее определяются расчетные значения мощности одной винто-рулевой поворотной колонки, при их общем количестве на судне $z = 2$, значении КПД гребного винта колонки $\eta = 0,70$ и КПД передачи $\eta = 0,94$. Для различных суммарных значений ΣR сопротивлений льда и воды движению МСДН при скорости во льдах $V_l = 8$ узлов, мощность колонки рассчитана по выражению:

$$N_{k(i)} = \frac{\Sigma R \cdot V_l}{0,514 \cdot z \cdot \eta \cdot \eta_n}, \text{ кВт.} \quad (3)$$

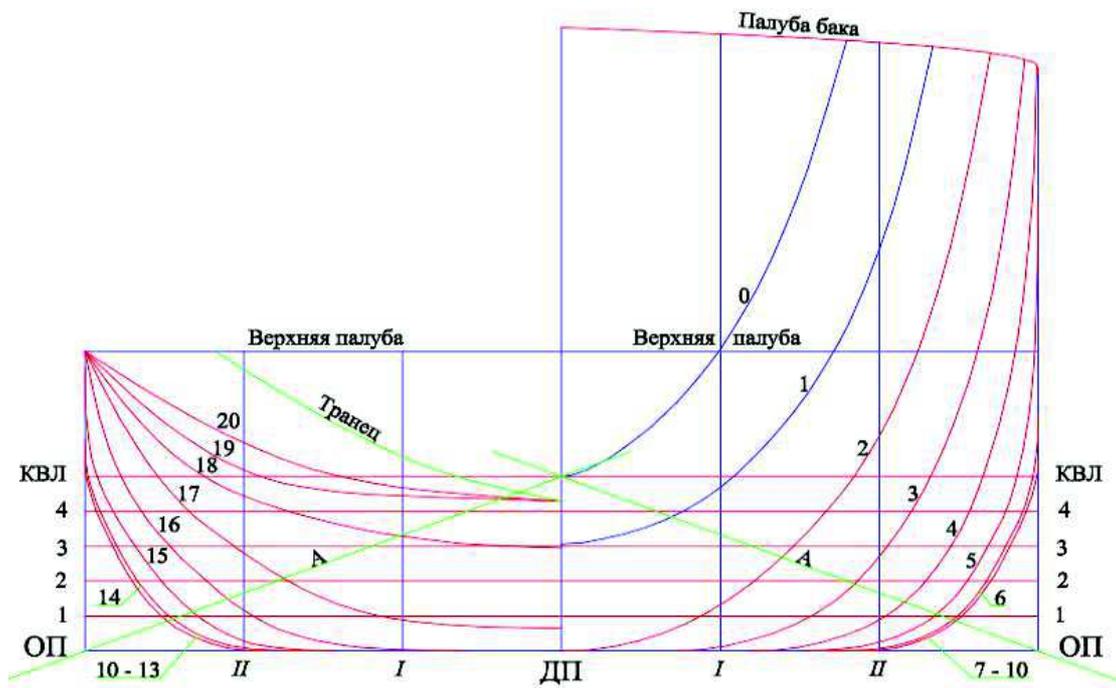
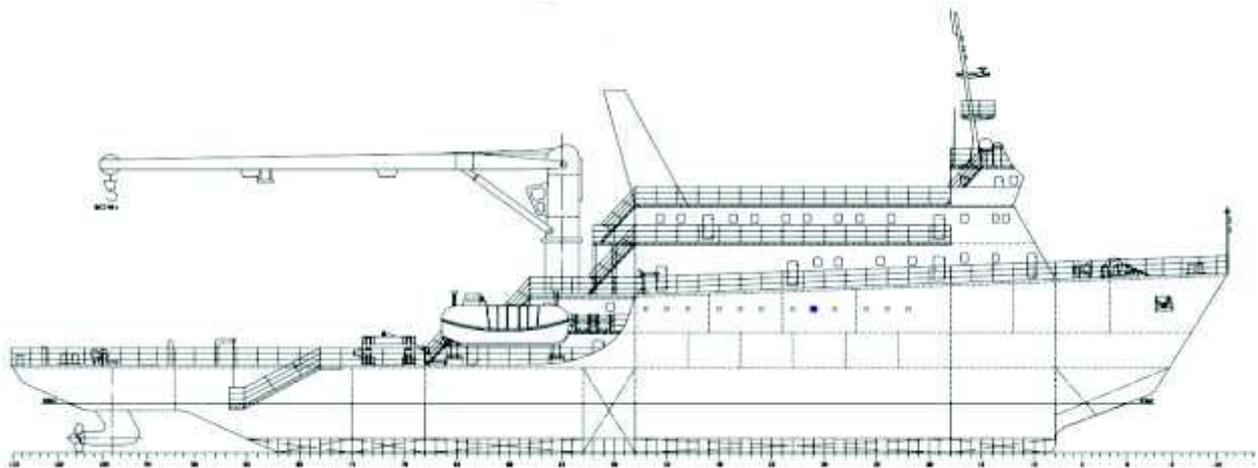
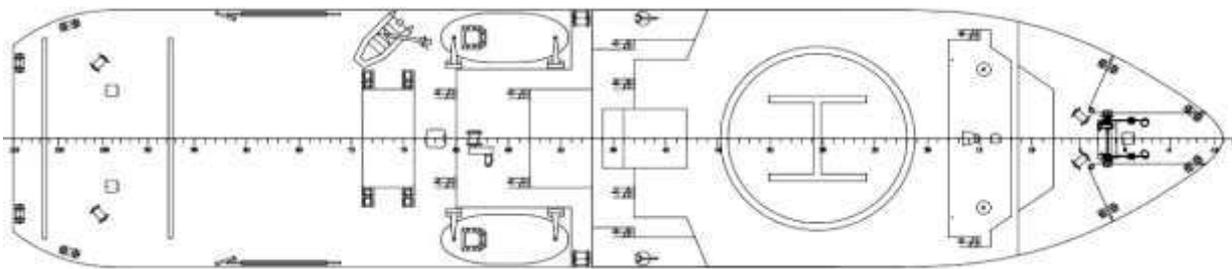


Рис. 1 – Фрагмент теоретического чертежа корпуса судна (вид сбоку)



а)



б)

Рис. 2 – Общий вид проекта МСДН ледового класса: а) вид сбоку; б) вид сверху

Полученные значения мощности следующие.

В сплошных льдах:

$$N_{к(0,5)} = 1183 \text{ кВт};$$

$$N_{к(1,5)} = 2850 \text{ кВт}.$$

В крупнобитых льдах:

$$N_{к(0,5)} = 1881 \text{ кВт};$$

$$N_{к(1,5)} = 5902 \text{ кВт}.$$

Из предварительного анализа предложений поставок материалов и оборудования финской компании *ABB* для проектируемого судна возможно применение высокоэффективных гидропульсивных движительных систем на основе устройств "Азипод" серий *CO 980* (1300...2300 кВт) или *CO 1250* (2200...4200 кВт), которые в настоящее время рекомендовано устанавливать на ледокольные суда.

Например, на проектируемое МСДН предполагается установка систем "Азипод" серии *CO 1250* для обеспечения движения при скорости 8,0 узлов в сплошных льдах толщиной до 1,5 м, так как условие $N_e = 4200 \text{ кВт} > N_{к(1,5)} = 2850 \text{ кВт}$ выполняется.

Обсуждение результатов

Анализ существующего состояния военного и гражданского флотов Украины, анализ состава и стратегических направлений развития флотов ведущих морских держав, общемировые тенденции применения многофункциональных и универсальных судов показал необходимость проектирования и создания многоцелевого судна ледового класса, способного обеспечивать комплексное решение разнообразных и актуальных задач гражданского и военного флотов Украины. Можно утверждать, что реализация проекта МСДН в Украине вполне осуществима, в том числе и на основе конверсии или реновации [14], так как имеется необходимый научно-технический потенциал и производственные мощности (Одесса, Николаев, Херсон).

Выводы

1. На основе требуемых технико-эксплуатационных и тактико-технических характеристик предложен концептуальный проект судна. Представлена методика проектирования МСДН ледового класса и приведены все ее основные этапы. С использованием оптимизации главных компонент рассчитаны основные размерения, синтезированы чертежи корпуса, палуб, помещений и других конструктивных элементов МСДН. Синтезированы характеристики плавучести и начальной остойчивости судна, предварительно выбрана СЭУ, оценены характеристики ходкости и проведено сравнение с известными судами-аналогами.

2. С целью уточнения ожидаемых ТТХ судна, дальнейшие исследования и верификацию, как предложенной методики расчета, так и концепции построения МСДН, необходимо проводить в комплексе с математическим и физическим (натурным) модели-

рованием [15], осуществить системную оценку необходимых для детализированного проектирования и построения судна ресурсов [16].

Список литературы:

1. **Егоров, Г. В.** Черноморский регион : какие нужны новые суда? / **Г. В. Егоров** // *Матер. VI между. научн.-техн. конф. "Инновации в судостроении и океанотехнике"*. – Николаев: НУК. – 2015. – С. 6-8.
2. **Егоров, Г. В.** О многофункциональности в ледоколах и ледоколах-спасателей нового поколения / **Г. В. Егоров, И. А. Ильницкий, Н. В. Автугов** // *Матер. VII между. научн.-техн. конф. "Инновации в судостроении и океанотехнике"*. – Николаев: НУК. – 2016. – С. 44-45.
3. **Егоров, Г. В.** Двенадцать многоцелевых сухогрузных судов дедвейтом 5500 тонн проекта 005RSD03 типа "Россиянин" / **Г. В. Егоров, В. И. Тонюк** // *Судостроение*. – 2015. – № 1. – С. 9-17.
4. **Rizzuto, E.** Design Principles and Criteria / **E. Rizzuto, J. Downes, M. Radon** [et al.] // *Report of Committee IV. 1. Proc. of 19-th ISSC-2015*. – Cascais (Portugal). – 2015. – Vol. 1. – P. 415-458.
5. **Collette, M.** Design Methods / **M. Collette, R. Bronsart, Y. Chen** [et. al.] // *Report of Committee IV. 2. Proc. of 19-th ISSC-2015*. – Cascais (Portugal). – 2015. – Vol. 1. – P. 459-518.
6. **Егоров, Г. В.** Многоцелевые сухогрузные суда "Волго-Дон макс" класса с пониженным надводным габаритом / **Г. В. Егоров, Н. В. Автугов, Р. Д. Багаутдинов** // *Судостроение и судоремонт*. – 2012. – № 48-49. – С. 20-35.
7. **Khramushin, V. N.** Stormy seakeeping history (antiquity and our days) / **V. N. Khramushin, S. V. Antonenko, A. A. Komaritsyn** [et al.] // *Sakhalin Branch of Russian Geographical Society*. – 2010. – 288 p.
8. **Голиков, В. В.** Концепция конструкции ледокола для работы в Азовском море / **В. В. Голиков, П. А. Костенко, А. А. Лысый** [и др.] // *Матер. научн.-техн. конф. "Энергетика судна: эксплуатация и ремонт"*. – Одесса : ОНМА-Издавнформ. – 2011. – С. 64-67.
9. **Егоров, Г. В.** Анализ состояния и обоснование необходимости строительства судов технического флота / **Г. В. Егоров, Н. В. Автугов, Д. В. Черных** // *Матер. науч.-метод. конф. "Морський флот: управління, економіка безпека"*. – Одеса: ОНМА-Видавнформ. – 2010. – С. 60-62.
10. **Егоров, Г. В.** Обоснование необходимости обновления торгового флота / **Г. В. Егоров, Н. А. Ильинский** // *Матер. науч.-метод. конф. "Морський флот: управління, економіка безпека"*. – Одеса: ОНМА-Видавнформ. – 2010. – С. 62-64.
11. **Будашко, В. В.** Концепция моделирования и построения электроэнергетической установки современного судна / **В. В. Будашко** // *Оптимальне управління та експлуатація електроприводів спеціальних установок: зб. праць наук. семінару НАН України*. – Одеса: Наука і техніка. – 2015. – С. 109-116.
12. **Голиков, В. В.** Определение ледопродоходности судов для плавания в неарктических морях / **В. В. Голиков, П. А. Костенко, О. Н. Мазур** [и др.] // *Судовые энергетические установки*. – 2014. – № 33. – С. 183-190.
13. **Голиков, В. В.** Многоцелевое судно для ледовой проводки судов в Азовском море / **В. В. Голиков, О. Н. Мазур** // *Матер. науч.-метод. конф. "Забезпечення*

- без-аварійного плавання суден*". – Одеса: ОНМА. – 2011. – С. 69-73.
14. **Климанова, О. Н.** Реновация и конверсия судов : состояние проблемы, процедуры и перспективы / **О. Н. Климанова, В. М. Бондарь** // *Судовождение*. – 2004. – № 8. – С. 43-54.
 15. **Будашко, В. В.** Физическое моделирование многофункционального пропульсивного комплекса / **В. В. Будашко, О. А. Онищенко, Е. А. Юшков** // *Збірник наукових праць Військової академії* (м. Одеса). – 2014. – № 2. – С. 88-92.
 16. **Mazur, O.** Decision support system in assessing technical design and tender purchases // **O. Mazur, O. Onishchenko** // *Збірник наукових праць Військової академії*. – Одеса. – 2016. – № 1(5). – С. 91-99.
 17. **Yu, Y. Y.** A new method for ship inner shell optimization based on parametric technique / **Yan-Yun Yu, Yan Lin, Ming Chen** [et. al.] // *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*. – 2015. – Vol. 7, Is. 1. – P. 142-156. – doi: 10.1515/ijnaoe-2015-0011.
 18. **Prebeg, P.** Application of a surrogate modeling to the ship structural design / **Pero Prebeg, Vedran Zanic, Bozo Vazic** // *Ocean Engineering*. – 2014. – Vol. 84, Is. 1. – P. 259-272. – doi: 10.1016/j.oceaneng.2014.03.032.
 19. **Yu, Y. Y.** New method for ship finite element method preprocessing based on 3D parametric technique / **Y. Y. Yu, Y. Lin, Z. S. Ji** // *Journal of Marine Science & Technology*. – 2009. – Vol. 3 (14). – P. 398-407. – doi: 10.1007/s00773-009-0058-1.
 20. **Lee, J. M.** Determination of global ice loads on the ship using the measured full-scale motion data / **Jae-Man Lee, Chun-Ju Lee, Young-Shik Kim** [et. al.] // *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*. – 2016. – Vol. 8, Is. 4. – P. 301-422. – doi: 10.1016/j.ijnaoe.2016.03.006.
 21. **Ko, D.** Time domain simulation for icebreaking and turning capability of bow-first icebreaking models in level ice / **D. Ko, K. D. Park, K. Ahn** // *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*. – 2016. – Vol. 8, Is. 3. – P. 228-234. – doi: 10.1016/j.ijnaoe.2016.02.004.
 7. **Khramushin, V. N., Antonenko, S. V., Komaritsyn, A. A.** [et al.] Stormy seakeeping history (antiquity and our days). *Sakhalin Branch of Russian Geographical Society*, 2010, 288 p.
 8. **Golikov, V. V., Kostenko, P. A., Lysyj, A. A.** [i dr.] Концепція конструкції ledokola dlja raboty v Azovskom more. *Mater. nauchn.-tehn. konf. "Energetika sudna: ekspluatacija i remont"*. Odessa: ONMA-Vidatinform, 2011, 64-67.
 9. **Egorov, G. V., Avtuhov, N. V., Chernyhov, D. V.** Analiz sostojanija i obosnovanie neobhodimosti stroitel'stva sudov tehničeskogo flota. *Mater. nauk.-metod. konf. "Mors'kij flot: upravlinnja, ekonomika bezpeka"*. Odessa: ONMA-Izdatinform, 2010, 60-62.
 10. **Egorov, G. V., Il'inskij, N. A.** Obosnovanie neobhodimosti obnovlenija portovogo flota. *Mater. nauk.-metod. konf. "Mors'kij flot: upravlinnja, ekonomika, bezpeka"*. Odessa: ONMA-Vidav inform, 2010, 62-64.
 11. **Budashko, V. V.** Концепція моделювання і построєння jelektrojenergetičeskogo ustanovki s'ovremennoogo sudna. *Optimal'ne upravlinnja ta ekspluatacija elektroprivodiv special'nih ustanovok: zb. prac' nauk. seminaru NAN Ukraїni*. Odessa: Nauka i tehnika, 2015, 109-116.
 12. **Golikov, V. V., Kostenko, P. A., Mazur, O. N.** [i dr.] Opredelenie ledoprohodimosti sudov dlja plavanija v nearkticheskikh morjah. *Sudovye jenergetičeskie ustanovki*. 2014, **33**, 183-190.
 13. **Golikov, V. V., Mazur, O. N.** Mnogocelvoe sudno dlja ledovoj provodki sudov v Azovskom more. *Mater. nauk. metod. konf. "Zabezpečennja bezavarijnogo plavannja suden"*. Odessa: ONMA, 2011, 69-73.
 14. **Klimanova, O. N., Bondar', V. M.** Renovacija i konversija sudov : sostojanie problemy, procedury i perspektivy. *Sudovozhdenie*. 2004, **8**, 43-54.
 15. **Budashko, V. V., Onishchenko, O. A., Jushkov, E. A.** Fizičeskoe modelirovanie mnogofunkci-onal'nogo propul'sivnogo. *Zbirnik naukovih prac' Vijs'kovoї akademії* (m. Odessa). 2014, **2**, 88-92.
 16. **Mazur, O., Onishchenko, O.** Decision support system in assessing technical design and tender purchases. *Zbirnik naukovih prac' Vijs'kovoї akademії*. Odessa. 2016, **1(5)**, 91-99.
 17. **Yu, Y. Y., Lin, Y., Chen, M.** [et al.] A new method for ship inner shell optimization based on parametric technique. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, 2015, **7(1)**, 142-156, doi: 10.1515/ijnaoe-2015-0011.
 18. **Prebeg, P., Zanic, V., Vazic, B.** Application of a surrogate modeling to the ship structural design. *Ocean Engineering*, 2014, **84(1)**, 259-272, doi: 10.1016/j.oceaneng.2014.03.032.
 19. **Yu, Y. Y., Lin, Y., Ji, Z. S.** New method for ship finite element method preprocessing based on 3D parametric technique. *Journal of Marine Science & Technology*, 2009, **3(14)**, 398-407, doi: 10.1007/s00773-009-0058-1.
 20. **Lee, Jae-Man, Chun-Ju Lee, Young-Shik Kim** [et. al.] Determination of global ice loads on the ship using the measured full-scale motion data. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, 2016, **8(4)**, 301-311, doi: 10.1016/j.ijnaoe.2016.03.006.
 21. **Ko, D., Park, K. D., Ahn, K.** Time domain simulation for icebreaking and turning capability of bow-first icebreaking models in level ice. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, 2016, **8(3)**, 228-234, doi: 10.1016/j.ijnaoe.2016.02.004.

Bibliography (transliterated):

1. **Egorov, G. V.** Chernomorskij region: kakie nuzhny novye suda? *Mater. VI mezhd. nauchn.-tehn. konf. "Innovacii v sudostroenii i okeanotehnike"*. Nikolaev: NUK, 2015, 6-8.
2. **Egorov, G. V., Il'nickij, I. A., Avtutov, N. V.** O mnogo-funkcionalnosti v ledokolah i ledokolah-spasatelej novogo pokolenija. *Mater. VII mezhd. nauchn.-tehn. konf. "Innovacii v sudostroenii i okeanotehnike"*. Nikolaev: NUK, 2016, 44-45.
3. **Egorov, G. V., Tonjuk, V. I.** Dvenadcat' mnogocelevyh suhogruzyh sudov dedejtom 5500 tonn proekta 005RSD03 tipa "Rossijanin". *Sudostroenie*. 2015, **1**, 9-17.
4. **Rizzuto, E., Downes, J., Radon, M.** [et al.] Design Principles and Criteria. *Report of Committee IV. 1. Proc. of 19-th ISSC-2015*. Cascais (Portugal), 2015, **1**, 415-458.
5. **Collette, M., Bronsart, R., Chen, Y.** [et. al] Design Methods. *Report of Committee IV. 2. Proc. of 19-th ISSC-2015*. Cascais (Portugal), 2015, **1**, 459-518.
6. **Egorov, G. V., Avtutov, N. V., Bagautdinov, R. D.** Mnogocelvyje suhogruzye suda "Volgo-Don maks" klassa s ponizhennym nadvodnym gabaritom. *Sudostroenie i sudoremont*. 2012, **48-49**, 20-35.

Сведения об авторах (About authors)

Голиков Владимир Владимирович – к.т.н., с.н.с., профессор, директор антикризисного центра научно-учебно-технического комплекса "Безопасность судоплавання"; Одесса, Украина; e-mail: volodymyr.golikov@fms.onma.edu.ua

Vladimir Golikov – Ph.D., senior staff scientist, professor, Director of Crisis Management Centre scientific, training and technical complex "Navigation Safety"; Odessa, Ukraine; e-mail: volodymyr.golikov@fms.onma.edu.ua

Мазур Оксана Николаевна – аспирант, Национальный университет "Одесская морская академия"; Одесса, Украина; e-mail: rio_onma@mail.ru

Oksana Mazur – graduate student, National University "Odessa Maritime Academy"; Odessa, Ukraine; e-mail: rio_onma@mail.ru

Онищенко Олег Анатольевич – д.т.н., профессор кафедры технической эксплуатации флота, Национальный Университет "Одесская морская академия"; Одесса, Украина; e-mail: olegoni@mail.ru

Oleg Onishchenko – Doctor of Technical Science, Professor, Technical fleet operation department National University "Odessa Maritime Academy"; Odessa, Ukraine; e-mail: olegoni@mail.ru

Пожалуйста ссылайтесь на эту статью следующим образом:

Голиков, В. В. Особенности проектирования многоцелевого судна двойного назначения ледового класса / **В. В. Голиков, О. Н. Мазур, О. А. Онищенко** // *Вестник НТУ «ХПИ», Серия: Новые решения в современных технологиях.* – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2016. – № 42 (1214). – С. 29-37. – doi:10.20998/2413-4295.2016.42.05

Please cite this article as:

Golikov, V., Mazur, O., Onishchenko, O. Design peculiarities of ice-class multi-purpose double-duty ship. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2016, **42** (1214), 29–37, doi:10.20998/2413-4295.2016.42.05.

Будь ласка посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Голіков, В. В. Особливості проектування багатопільового судна подвійного призначення льодового класу / **В. В. Голіков, О. Н. Мазур, О. А. Онищенко** // *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.* – Харків: НТУ «ХПІ». – 2016. – № 42 (1214). – С. 29-37. – doi:10.20998/2413-4295.2016.42.05.

АНОТАЦІЯ. Наведено уточнення формулювань "багатопільове судно" і "судно подвійного призначення". На основі історичного екскурсу доведена актуальність проектування і подальшого застосування в територіальних водах України багатопільових суден подвійного призначення льодового класу. Сформульовано мету і завдання проектування, запропонована методика проектування багатопільових суден льодового класу. Наведені основні результати - теоретичні креслення, загальні види судна, головні розміри, характеристики, можливості подолання льодових перешкод. Здійснено порівняння основних розрахункових параметрів спроектованого судна з існуючими судами-аналогами.

Ключові слова: багатопільове судно; подвійне призначення; льодовий клас; проектування.

Поступила (received) 09.12.2016