

СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ

DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-5-906-914

METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE DESIGN OF MARINE VESSELS WITH THE USE OF MATHEMATICAL MODELS OF A COMPREHENSIVE INDICATOR AND RISK ASSESSMENTS

M. A. Moskalenko, I. B. Druz, V. M. Moskalenko

MSU named after adm. G.I. Nevelskoy, Vladivostok, Russian Federation

The process of designing a modern vessel is a rather complex non-linear task, requiring compliance with a number of restrictions set by the international conventions and prospects of the shipping market for a normative 25-year operation period. Any complex engineering structure for construction requires sketch, technical, working and technological projects. The simple dimensional modernization of convention ships projects, in order to improve the utilization rate of displacement by deadweight and save costs on economies of scale, is no longer able to meet the needs of the shipping market. Obviously, the classic approaches to the design of prototype ships, taking into account conventional measurements, should be substantially changed and revised on the basis of new principles for the use of basic elements of quality indicators. Therefore, only the design solution, which is based on modern development of techniques and technologies, can be implemented. At the same time, the main task of design remains the same and is connected, first of all, with the definition of the main elements of the projected vessel (displacement, main dimensions, coefficients of completeness of the theoretical drawing, characteristics of stability, buoyancy, strength and propulsion qualities). However, in modern initial equations, there are many arbitrary parameters, leading to a significant amount of uncertainty in the choice of optimal solutions. The methodological approaches to the design of marine transport vessels, based on new basic principles that reduce the uncertainty of calculations, taking into account the comprehensive quality indicator and formalized safety assessment are examined in the paper. The resulting patterns and conclusions can be used to prepare a technical task for the design and improvement of the fleet composition of shipping companies in the near future.

Keywords: design, formalized safety assessment, comprehensive indicator of the vessel quality.

For citation:

Moskalenko, Mikhail A., Ivan B. Druz, and Vladislav M. Moskalenko. "Methodological approaches to the design of marine vessels with the use of mathematical models of a comprehensive indicator and risk assessments." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 12.5 (2020): 906–914. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-5-906-914.

УДК 629.5.017

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ МОРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СУДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ И ОЦЕНОК РИСКА

М. А. Москаленко, И. Б. Друзь, В. М. Москаленко

МГУ им. адм. Г. И. Невельского, Владивосток, Российская Федерация

Отмечается, что процесс проектирования современного судна — достаточно сложная нелинейная задача, требующая соблюдения ряда ограничений, установленных международными конвенциями и перспективами судоходного рынка на нормативный 25-летний период эксплуатации. Любое сложное инженерное сооружение для постройки требует выполнения эскизного, технического, рабочего и технологического проектов. Простая размерная модернизация проектов судов конвенционных типов с целью улучшения коэффициента утилизации водоизмещения по дедвейту и экономии издержек в результате достижения «эффекта масштаба» уже не способна обеспечить потребности судоходного рынка. Очевидно, классические подходы к проектированию судов по прототипу с учетом условных измерителей должны

быть существенно изменены и пересмотрены на основе новых принципов использования базовых элементов показателей качества. Следовательно, может быть реализовано лишь то проектное решение, которое строится на базе современного развития техники и технологии. При этом главная задача проектирования остается прежней и связана в первую очередь с определением основных элементов проектируемого судна (водоизмещения, главных размерений, коэффициентов полноты теоретического чертежа, характеристик остойчивости, плавучести, прочности и ходкости). Тем не менее в современных исходных уравнениях существует достаточно много произвольных параметров, что приводит к значительной доле неопределенности выбора оптимальных решений. В статье рассматриваются методологические подходы к проектированию морских транспортных судов, основанные на новых базовых принципах, снижающих неопределенность расчетов с учетом комплексного показателя качества и формализованной оценки безопасности. Полученные закономерности и выводы могут быть использованы для подготовки технического задания на проектирование в целях совершенствования состава флота судоходных компаний на ближайшую перспективу.

Ключевые слова: проектирование, формализованная оценка безопасности, комплексный показатель качества судна.

Для цитирования:

Москаленко М. А. Методологические подходы к проектированию морских транспортных судов с использованием математических моделей комплексного показателя и оценок риска / М. А. Москаленко, И. Б. Друзь, В. М. Москаленко // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2020. — Т. 12. — № 5. — С. 906–914. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-5-906-914.

Введение (Introduction)

В последнее десятилетие с учетом развития внешней торговли и судоходного рынка происходит прогрессивное развитие судостроительной науки. В настоящее время проектируются суда значительных размерений (например, мегаконтейнеровозы на 23,756 ДФЭ), для которых оптимизируются издержки перевозки на основе использования *эффекта масштаба*. Суда строятся с высокой степенью энергоэффективности (с двигателями на сжиженном природном газе (СПГ)) и автоматизации, что в дальнейшем позволит обеспечить внедрение на рынке морских перевозок автономных и полуавтономных судов (типа MASS по классификации ИМО). По прогнозам специалистов, уже в ближайшие годы полностью изменятся технологии доставки грузов морем и произойдут революционные изменения в судостроении [1].

В настоящее время частично обновлены суда типа *река – море* и ускоренными темпами идет обновление флота судов ледового плавания для обслуживания северных месторождений [2], [3]. Строятся суда ледового плавания высоких арктических классов двойного действия [3], [4], адаптированные для работы во льдах, но значительно проигрывающие конкурентам при работе в обычных морских условиях плавания по экономическим показателям и энергоэффективности. Следует отметить, что «Программа возрождения торгового флота России 1993–2000 гг.» не дала ожидаемого результата. Так, по данным Российского морского регистра судоходства, средний возраст судов под Российским флагом составляет более 26 лет, каботажный флот, используемый в основном на северный завоз, состоит из универсальных судов и танкеров с возрастом значительно превышающим нормативные сроки службы (примерно в 1,2–1,6 раза) [4], [5]. Поэтому у России появился уникальный шанс по обновлению отечественного флота, которое необходимо проводить на основе использования современных научно-технологических принципов для создания новых типов судов «на перспективу», позволяющих занять к 2030 г. лидирующие позиции на рынке морских перевозок в соответствии с международными требованиями по безопасности мореплавания [2], [6]. При этом основные направления развития и совершенствования флота должны сводиться к следующему:

- улучшение структурного состава флота;
- обеспечение соответствия новых типов судов условиям эксплуатации на основных направлениях перевозок;
- увеличение грузоподъемности, грузоместимости, скорости и энергоэффективности;

– пополнение флота специализированными судами ледового плавания арктических классов с малой осадкой, обеспечивающей возможность захода в устья сибирских рек, и двухосадочными ледоколами;

– приведение архитектурно-конструктивного типа и грузовых характеристик судов в соответствие с изменяющейся технологией и организацией обработки грузов в портах и портопунктах;

– повышение производительности труда судового экипажа и эффективности работы судна за счет внедрения энергоэффективных двигателей и движителей, комплексной автоматизации управления судном, а также оснащения судов современными системами, устройствами и энергетическими установками (например, оборудование судов ледового плавания двойного действия винторулевыми колонками типа Azipod и двухтопливными главными двигателями с переводом на электродвижение [7], [8]);

– создание на основе декларируемых принципов автономных и полуавтономных судов типа MASS (в определении ИМО — морское автономное надводное судно) с энергетическими установками, работающими на энергоэффективном экологичном топливе.

Вполне очевидно, что для практической реализации этих перспективных направлений необходимо знать значения критериев, определяющих прогрессивное развитие нового поколения судов торгового флота [9], [10]. При изучении этой проблемы необходимо отметить некоторые особенности ее решения в XXI в. Прежде всего, учитывая резкий рост рынка специализированных судов, следует считать неприемлемой ориентацию на образцы мирового судостроения, поскольку эта парадигма экономии издержек, базирующаяся на использовании эффекта масштаба, при простой размерной модернизации существующих проектов содержит опасность запрограммированной постройки для отечественного флота неконкурентоспособных судов с двигателями и дизель-генераторами, несущими в себе экологические риски, и корпусами значительной длины (более 350 м), несущими в себе риски преждевременной потери конструктивной безопасности. Данное обстоятельство вызвано, на наш взгляд, ошибками однокритериальной оптимизации коэффициентов утилизации водоизмещения по дедвейту.

Более прагматично при проектировании новых судов использовать методологию, отвечающую гипотезе о законе прогрессивной эволюции техники [10], в соответствии с которой переход от поколения «старых» судов к поколению «новых» связан с изменением критериев, характеризующих развитие рынка морских перевозок. При исчерпании возможностей нового типа судна происходит поиск перехода на новый, более прогрессивный тип движителей и использование современных энергоэффективных экологических силовых и энергетических установок.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Исследования динамики изменения основных характеристик судов конвенционных типов [5] позволили модифицировать математическую модель комплексного показателя $K_{\text{КП}}$ качества судов, отобрав в матрицу [A] существенные критерии качества и в матрицу [C] уникальные критерии качества, присущие соответствующему типу судна (табл. 1), что позволило выявить закономерность изменения этого критерия под воздействием различных факторов. Оказалось, что значения $K_{\text{КП}}$ для большинства типов судов изменяются, в соответствии с математической моделью, заданной:

$$K_{\text{КП}} = \frac{A}{1+10^z} + C. \quad (1)$$

Здесь $z = a + bx$; A и C — обобщенные критерии качества судна; a и b — параметры модели приведения к нормативному возрасту судна; $x = m(T_i - T_0)$; $m = 1/T$; T — продолжительность изучаемого периода, годы; $T = T_k - T_0$; T_0 , T_i и T_k — соответственно начальный, текущий и конечный годы изучаемого периода.

Для судов отдельных типов значения параметров модели приведены в табл. 2 и 3.

Таблица 1

Среднестатистические значения комплексного показателя $K_{кп}$ качества отдельных типов судов российского флота, построенных в период 1970–2019 гг.

T_i годы	x	Рефрижераторные суда	Балкеры	Танкеры	Универсальные суда для ген. грузов	Лесовозы
1970	0	0,367	0,400	0,500	0,425	0,433
1975	1	0,384	0,433	0,517	0,445	0,450
1980	2	0,400	0,467	0,533	0,467	0,467
1985	3	0,450	0,500	0,550	0,488	0,488
1990	4	0,500	0,533	0,567	0,500	0,500
1995	5	0,517	0,550	0,650	0,5337	0,51
2000	6	0,533	0,567	0,733	0,567	0,533
2005	7	0,600	0,584	0,750	0,588	0,550
2010	8	0,667	0,600	0,767	0,600	0,567
2015	9	0,684	0,633	0,800	0,617	0,588
2019	10	0,700	0,667	0,833	0,633	0,600

Таблица 2

Параметры модели, описывающей динамику развития транспортных судов, построенных в период 1970–2019 гг.

№ п/п.	Типы судов	A	C	a	b
1	Рефрижераторные суда	0,700	0,360	1,732	-0,198
2	Балкеры	0,667	0,360	1,106	-0,110
3	Танкеры	0,833	0,467	1,467	-0,152
4	Универсальные суда для ген. грузов	0,633	0,440	1,488	-0,141
5	Лесовозы	0,600	0,420	0,940	-0,122

Таблица 3

Параметры модели, описывающей динамику развития транспортных судов, построенных после 2000 г.

№ п/п.	Типы судов	A	C	a	b
1	Рефрижераторные суда	0,260	0,700	1,732	-0,198
2	Балкеры	0,220	0,667	1,106	-0,110
3	Танкеры	0,150	0,833	1,467	-0,152
4	Универсальные суда для ген. грузов	0,245	0,633	1,488	-0,141
5	Лесовозы	0,290	0,600	0,940	-0,122

Результаты (Results)

В целом собранные и проанализированные материалы позволяют синтезировать модели судов, отражающих новый этап развития судостроения. Прежде всего новое поколение морских судов должно адекватно отвечать на появление новых типов движителей и двигателей (например, работающих на сжиженном природном газе), гибридных силовых установок, судов высоких арктических классов значительных размерений (более 300 м) и судов двойного действия существенным изменением критерия комплексного показателя качества $K_{кп}$. Такие изменения вызовут прежде всего смещение положения начала координат в шкале оценки всех свойств судна и видоизменят сами свойства. В качестве примера приведем свойства судна, характеризующие корпус H , источники внешней и внутренней энергии, соответственно, MP и MO , движитель MOV , и двигатель ENG . Модель судна, использующего внешний источник энергии, задается в виде следующего множества:

$$S = (H; MP; MO; MOV; ENG), \quad (2)$$

а весь возможный набор свойств с параметрами p_{ij} такого обобщенного судна — в виде матрицы:

$$|A_{ij}| = \begin{vmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} \\ - & - & - \\ p_{101} & p_{102} & p_{103} \end{vmatrix}. \quad (3)$$

При проектировании нового судна по рекомендуемой методологии проектировщик на начальной стадии осуществляет синтез интегрированной системы путем выбора необходимых элементов матрицы $|A_{ij}|$. Такой целенаправленный процесс проектирования судна можно представить графами вариантов (табл. 4). Полученная цепочка будет представлять собой совокупность свойств синтезированной модели нового судна. При сопоставлении элементов матрицы $|A_{ij}|$, приведенных в табл. 4 для судов, построенных после 2000 г., и судов, построенных в 2019 г., отмечается их заметное различие в матрице (см. табл. 4) — нижний уровень значений критериев смещен в сторону их увеличения. Кроме того, некоторые признаки утрачивают свое определяющее значение (это касается совокупности элементов 7-й, 8-й и 10-й строк матрицы).

Таблица 4

Морфологические данные при синтезе свойств и параметров нового судна

Номер строки	Признаки	Альтернативные варианты (номер столбца j)			Обозначение альтернативных вариантов (элемент матрицы, P_{ij})		
		1	2	3	1	2	3
1	Материал корпуса судна	$0,7 \geq C_6 > 0,5$	$0,9 \geq C_6 > 0,7$	$C_6 > 0,9$	p_{11}	p_{12}	p_{13}
2	Форма корпуса судна	$0,9 \geq \eta_{DW} > 0,7$	$0,95 \geq \eta_{DW} > 0,9$	$\eta_{DW} > 0,95$	p_{21}	p_{22}	p_{23}
3	Коэффициент утилизации водоизмещения по дедвейту судна	$0,9 \geq \eta_{DW} > 0,7$	$0,95 \geq \eta_{DW} > 0,9$	$\eta_{DW} > 0,95$	p_{31}	p_{32}	p_{33}
4	Коэффициент утилизации водоизмещения по чистой грузоподъемности судна	$0,7 \geq \eta_p > 0,6$	$0,8 \geq \eta_p > 0,7$	$\eta_p > 0,8$	p_{41}	p_{42}	p_{43}
5	Относительная скорость судна	$0,25 \geq Fr > 0,20$	$0,30 \geq Fr > 0,25$	$Fr > 0,30$	p_{51}	p_{52}	p_{53}
6	Удельные затраты мощности	$0,4 > n \geq 0,2$	$0,2 > n \geq 0,1$	$n < 0,2$	p_{61}	p_{62}	p_{63}
7	Источник энергии	Внутренний	Комбинированный	Внешний	p_{71}	p_{72}	p_{73}
8	Степень автоматизации судна	AUT2	AUT1	OMBO	p_{81}	p_{82}	p_{83}
9	Степень универсализации судна	Универсальное	Комбинированное	Специализированное с ледовым классом	p_{91}	p_{92}	p_{93}
10	Тип движителя	Винт	Винт и специальный движитель	Специальный движитель	p_{101}	p_{102}	p_{103}

Наличие указанных различий в матрицах для судов разных сроков постройки следует учитывать при определении коэффициента $K_{\text{кп}}$. Суда, построенные в 2019 г., имеют другие значения коэффициента:

$$K_{\text{кп}}^{\wedge} = K_{\text{кп}} - 0,33. \quad (4)$$

Возможность развития флота при оптимизации энергетических ресурсов (например, кратного отбора мощности на ВРК) не может рассматриваться как безальтернативная. Переход от эволюционного пути развития к революционному может происходить и по другим направлениям, в частности в области новых технологий перевозок грузов, обеспечивающих сверхвысокую интенсивность выполнения транспортных операций, создание судов с высокой степенью автоматизации (автономных и полуавтономных судов) и энергоэффективности. Для таких судов определен модульный принцип проектирования с оптимизацией параметров каждого независимого модуля системы. По нашему мнению, оптимальное проектирование сложной технической системы по данному принципу при недооценке рисков способно уже на стадии проектирования содержать «скрытые угрозы» неустойчивого равновесия, определяя уязвимость элементов системы по типу слабого звена и перевода системы в «неуправляемые состояния». Задача оптимального проектирования в данном случае не решается формально и ее следует формулировать следующим образом:

$$K_{\text{кп.Ау}}(C)(C)_{a,b} \rightarrow \min, \quad (5)$$

т. е., согласно приведенному условию, необходимо выбрать параметры a и b , обеспечивающие минимум функционала $K_{\text{кп.Ау}}(C)$ уникальными качествами, присущими новому судну в его синтезированной матрице качеств $|C|$ на фазовом пространстве $|A_y|$. В большинстве случаев оптимизация состоит в выборе параметров a и b , обеспечивающих наибольшее значение $K_{\text{кп}}$. Оценка большинства моделей качеств по условию (5), присущих современным судам, задает экстремаль, определенную графами вариантов, с параметрами a и b , значительно снижающими нормативные сроки эксплуатации судна до 10–12 лет, что объясняется повышенной аварийностью к середине нормативных сроков эксплуатации. Поэтому, исходя из предложенного ранее алгоритма, для судов нового поколения следует с целью уменьшения рисков серьезных аварийных случаев ограничить нормативные сроки службы для эксплуатации судна без существенной модернизации (конверсии).

Вводя в задачу проектирования дополнительные ограничения по рискам, для обеспечения устойчивой безопасной работы рассматриваемая математическая модель судна переводится в ряд систем с «неэкономической ответственностью», т. е. убытки от аварии могут во много раз превышать стоимость судна и груза. При этом следует понимать, что морское судно представляет собой объект повышенной опасности, где самой малой вероятности неблагоприятного исхода будет соответствовать самый большой риск (например, риск потери конструктивной безопасности при переломе корпуса судна), который необходимо учитывать на стадии проектирования. Просчитать, предупредить и ликвидировать последствия рисков на море в условиях заведомо неполной информации о способности судна и его элементов сохранять устойчивость к отказу, заложенной на стадии проектирования, невозможно. При проектировании судна предпочтительнее использовать понятие «мера риска». Математическая запись будет более понятна, если обозначить риск $R(t_i)$, а вероятность предсказанного события — $P(N_i)$. Существует определенная «остаточная способность» системы $N = f(\lambda, \beta, \gamma)$, зависящая от характеристики ее критических параметров качества: λ , β и γ . Следовательно, для того, чтобы определить «уровень» способности N конструкции противостоять внешним воздействиям, достаточно знать, в какой точке пространства параметров λ , β и γ в данный момент времени находится рассматриваемая техническая система (или подсистема):

$$R(t_i) = 1 - p(N_i). \quad (6)$$

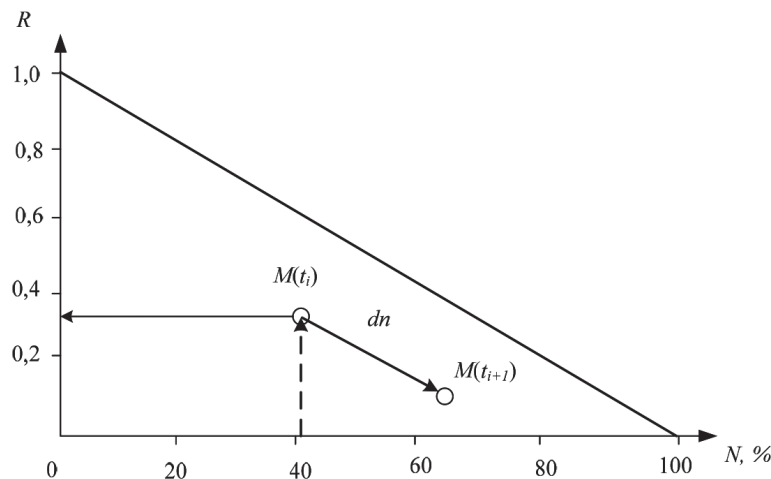
Используя равенство (6) к оценке каждого признака из табл. 4 с позиции рисков, следует определить $p(N_i)$ как вероятность отказа по каждому признаку (фактически устойчивость системы к отказу — уязвимость системы). При этом формализованная оценка безопасности проектируемого судна должна определяться в виде

$$\sum_i^n R_i = \sum_i^n (1 - (N_i)). \quad (7)$$

Выводы (Conclusions)

1. Используя предложенную методику, можно назначая вероятности отказов по каждому существенному признаку элемента проектируемого судна, достаточно объективно оценить уровень безопасности по разрабатываемому проекту.

2. Для решения практических задач, используя графическое изображение аналитической зависимости (7), приведенное на рисунке, можно определить расчетную точку $M(t_i)$, характеризующую с заданной степенью риска остаточную способность (уязвимость проектируемого объекта), и одновременно выбрать направление dn вывода системы из опасного состояния. К этому сводятся выбор и назначение ограничений при проектировании. По мере развития технологии морских перевозок и судостроения могут измениться только методы перевода системы из одного состояния в другое, но цель остается неизменной — составить функционал и определить оптимальную управляющую функцию, снижающую уязвимость и повышающую безопасность эксплуатации судна как системы с неэкономической ответственностью.



Гипотетическая зависимость, построенная в координатах *риск – остаточный ресурс*

3. Представленные в работе результаты исследований могут быть полезны для судоходных компаний организаций судостроительной промышленности в целях уточнения технических заданий и оптимизации процессов, связанных с проектированием и заказом коммерческого флота морских судов различных классов и типов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аристархов В. Срок действия Федеральной программы следует продлить / В. Аристархов // Морской флот. — 2001. — № 1. — С. 8.
2. Москаленко М. А. Состояние и перспективы обновления Российского флота / М. А. Москаленко, В. Ф. Рычкова, Д. Ф. Рычков // Морские интеллектуальные технологии. — 2016. — № 3-1 (33). — С. 290–296.
3. Захаров И. Оценка потребности России в новых судах / И. Захаров, Г. Егоров // Морской флот. — 2009. — № 2. — С. 42–49.

4. Ключев В. В. Анализ проблем безопасности мореплавания на российских судах в Азиатско-Тихоокеанском регионе / В. В. Ключев // Проблемы транспорта Дальнего Востока: пленарные доклады пятой международной научно-практической конференции. — Владивосток, 2003. — С. 32–38.
5. Кацман Ф. М. Аварийность морского флота и проблемы безопасности судоходства / Ф. М. Кацман, А. А. Ершов // Транспорт Российской Федерации. — 2006. — № 5 (5). — С. 82–84.
6. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 года (текст, измененный протоколом 1988 года к ней, с поправками). — СПб.: ЦНИИМФ, 2008. — 984 с.
7. Сазонов К. Е. О ледовой ходкости и управляемости крупнотоннажных судов двойного действия в Арктике / К. Е. Сазонов // Проблемы Арктики и Антарктики. — 2016. — № 1 (107). — С. 50–60.
8. Компанец В. А. Анализ гражданского флота, подконтрольного РМРС / В. А. Компанец // Морские интеллектуальные технологии. — 2019. — № 3-1 (45). — С. 48–51.
9. Москаленко М. А. Оценка эффективности модернизации корпуса морских судов малой тоннажной группы / М. А. Москаленко, З. М. Субботин, Л. В. Захарина // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2014. — № 6 (28). — С. 88–94.
10. Москаленко М. А. Основы обеспечения конструктивной безопасности морских судов / М. А. Москаленко. — Владивосток: Дальнаука, 2005. — 162 с.

REFERENCES

1. Aristarkhov, V. “Srok deistviya Federal’noi programmy sleduet prodlit’.” *Morskoi flot* 1 (2001): 8.
2. Moskalenko, M. A., V. F. Rychkova, and D. F. Rychkov. “Sostoyanie i perspektivy obnovleniya Rossiiskogo flota.” *Marine Intelligent Technologies* 3-1(33) (2016): 290–296.
3. Zakharov, I., and G. Egorov. “Otsenka potrebnosti Rossii v novykh sudakh.” *Morskoi flot* 2 (2009): 42–49.
4. Klyuev, V.V. “Analiz problem bezopasnosti moreplavaniya na rossiiskikh sudakh v Aziatsko-Tikhookeanskom regione.” *Problemy transporta Dal’nego Vostoka: Plenarnye doklady pyatoi mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Vladivostok, 2003. 32–38.
5. Katsman, F. M., and A. A. Ershov. “Avariinost’ morskogo flota i problemy bezopasnosti sudokhodstva.” *Transport Rossiiskoi Federatsii* 5(5) (2006): 82–84.
6. *The International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS Convention)*. SPb.: TsNIIMF, 2008.
7. Sazonov, K. E. “O ledovoi khodkosti i upravlyaemosti krupnotonnazhnykh sudov dvoynogo deistviya v Arktike.” *Problemy Arktiki i Antarktiki* 1(107) (2016): 50–60.
8. Kompanets, Vasily A. “Analysis of civil fleet, affiliated to the RMRS.” *Marine Intelligent Technologies* 3-1(45) (2019): 48–51.
9. Moskalenko, M. A., Z. M. Subbotin., and L. V. Zakharina. “Assessment of the effective feasibility modernization of hull marine vessels of small tonnage.” *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 6(28) (2014): 88–94.
10. Moskalenko, M. A. *Osnovy obespecheniya konstruktivnoi bezopasnosti morskikh sudov*. Vladivostok: Dal’nauka, 2005.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Москаленко Михаил Анатольевич —
 доктор технических наук, профессор
 Морской государственной университет
 им. адм. Г. И. Невельского
 690003, Российская Федерация, Владивосток,
 ул. Верхнепортовая, 50а
 e-mail: asmsh@rambler.ru
Друзь Иван Борисович —
 доктор технических наук, профессор
 Морской государственной университет
 им. адм. Г. И. Невельского
 690003, Российская Федерация, Владивосток,
 ул. Верхнепортовая, 50а
 e-mail: druz_i_b@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Moskalenko, Mikhail A. —
 Dr. of Technical Sciences, professor
 MSU named after
 adm. G. I. Nevelskoy
 50a Verhneportovaya Str., Vladivostok, 690003,
 Russian Federation
 e-mail: asmsh@rambler.ru
Druz, Ivan B. —
 Dr. of Technical Sciences, professor
 MSU named after
 adm. G. I. Nevelskoy
 50a Verhneportovaya Str., Vladivostok, 690003,
 Russian Federation
 e-mail: druz_i_b@mail.ru

Москаленко Владислав Михайлович —
аспирант

Научный руководитель:

Луговец Александр Анатольевич —
доктор экономических наук, профессор
Морской государственной университет
им. адм. Г. И. Невельского
690003, Российская Федерация, Владивосток,
ул. Верхнепортовая, 50а
e-mail: vlad2420@mail.ru

Moskalenko, Vladislav M. —
Postgraduate

Supervisor:

Lugovets, Alexander A. —
Dr. of Economic Sciences, professor
MSU named after
adm. G.I. Nevelskoy
50a Verhneportovaya Str., Vladivostok, 690003,
Russian Federation
e-mail: vlad2420@mail.ru

Статья поступила в редакцию 14 сентября 2020 г.

Received: September 14, 2020.