

УДК 629.12

DOI: 10.37890/jwt.vi71.252

Проблемы совершенствования подходов к конструктивной противопожарной защите судов из композиционных материалов

А.Г. Назаров

ORCID: 0000-0002-6313-6277

Albatross Marine Design, Таиланд/АН Марин Консалтинг, Россия

Аннотация. Применение композиционных материалов в судостроении открывает новые возможности в создании энергоэффективных судов и судов новых типов. Однако возникает проблема горючести этих материалов, которая ограничивает их внедрение в практику постройки конвенционных и других судов, связанная с вопросами конструктивной противопожарной защиты. В статье рассмотрено регулирование применения композитных корпусов в зарубежной и российской практике, отмечены их различия, даны рекомендации по совершенствованию российских подходов с учетом потребностей импортозамещения.

Ключевые слова: композиционные материалы, конструктивная противопожарная защита, нормирование.

Problems of improvement of approaches to structural fire protection of ships in composite materials

Albert G. Nazarov

ORCID: 0000-0002-6313-6277

Albatross Marine Design, Thailand/AN Marine Consulting, Russia

Abstract. The use of composite materials in shipbuilding opens up new opportunities in the creation of energy-efficient vessels and new types of vessels. However, the problem of the combustibility of these materials arises, which limits their introduction into the practice of conventional and other vessels building, related to the issues of structural fire protection. The article considers the regulation of composite hulls use in foreign and Russian practice, their differences are noted, recommendations are given for improving Russian approaches, taking into account the needs of import substitution.

Keywords: composite materials, structural fire protection, regulation.

Применение композитных материалов (КМ) - одно из перспективных направлений развития современного судостроения. Эти материалы состоят из армирующих (ткани, волокна) и связующих (смолы) элементов, а также применяются в виде трехслойных конструкций со средним слоем из легкого наполнителя. Особенностью указанных конструкций является возможность проектирования материала под действующие нагрузки и условия эксплуатации. Кроме того, сам материал образуется непосредственно в процессе постройки судна, и его свойства напрямую зависят от особенностей технологии. Все это требует переосмысления подходов и соответствующей квалификации проектировщиков и судостроителей, что в результате позволяет создавать легкие конструкции с уникальными прочностными свойствами.

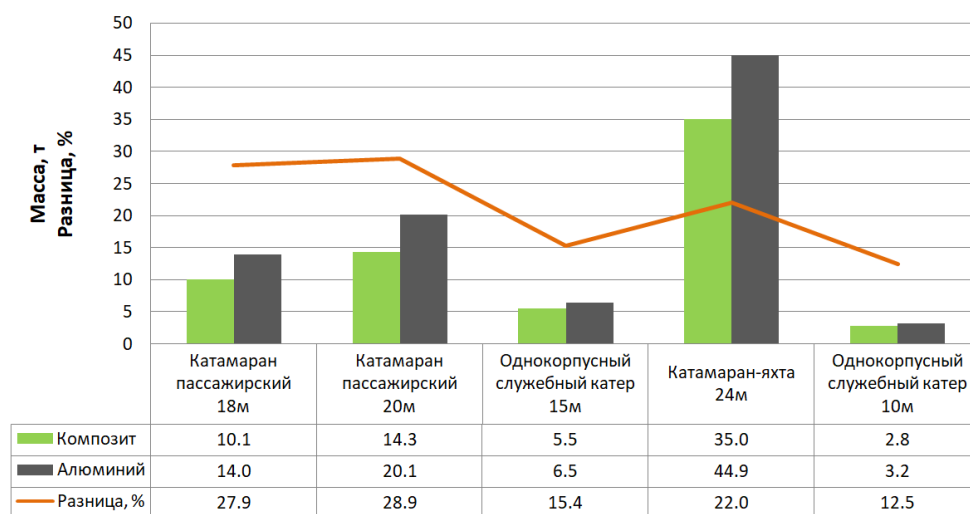


Рис. 1. Сравнение массы корпуса судов из КМ и алюминиевых сплавов - проекты КБ Albatross Marine Design (AMD)

На рис.1 представлен анализ массы конструкций скоростных судов из КМ на основе стекломатериалов в сравнении с аналогичными судами из алюминиевых сплавов, без учета изоляции. Налицо существенное снижение массы для корпусов из КМ, особенно для судов катамаранного типа. При использовании углеродных волокон экономия массы будет еще более значительной. Указанная экономия массы позволяет существенно повысить энергоэффективность судна (особенно высокоскоростного), а для судов с электродвижением - существенно повысить дальность плавания.

Если говорить о технологичности серийной постройки судов и их стоимости, то возможности КМ позволяют в короткие сроки обеспечить рынок РФ судами для внутреннего туризма и пассажирских перевозок, что выгодно отличает их от судов из металла.

С другой стороны, большинство нормативных документов и методов проектирования судов созданы в первую очередь для металлического судостроения, и не всегда позволяют должным образом использовать преимущества КМ. При разработке проектов судов из КМ для рынка РФ возникают ограничения, связанные с требованиями негорючести материала корпуса. Эта проблема наиболее выражена при работе с Российским морским регистром судоходства (РМРС), который имплементирует все международные нормативные документы ИМО и МАКО в свою деятельность. Российский речной регистр (РРР) имеет более гибкие требования к негорючести материала корпуса, но и для него характерны ограничения для судов высших категорий. Таким образом, совершенствование нормативных документов является необходимым условием развития компетенций судостроения из КМ.

В статье поставлена задача выполнить анализ существующих подходов к конструкциям из КМ и предложены пути совершенствования нормативной базы, опираясь на международный опыт работы КБ AMD с проектами таких судов (рис.2).

Композит vs сталь: особенности подходов

На заре металлического судостроения бытовало мнение, что «сталь непригодна для постройки судов, т.к. сталь тонет», в отличие от дерева. На самом деле, суда из

дерева также тонут, поскольку они несут значительное количество балласта, груза, запасов и оборудования.

Сегодня подобная ситуация происходит с КМ: часто можно услышать утверждение, что «КМ не подходит для постройки судов, потому что он горит». Эти утверждения обычно сопровождаются демонстрацией фото горящих судов из КМ, например пожара на судах в постройке: тримаране «Klewang» в 2012 или «Сообразительный» в 2021 - в обоих случаях на судах не была смонтирована система обнаружения и тушения пожаров. На самом деле, суда из стали также горят, поскольку горючими являются применяемые краски, отделочные материалы, оборудование, груз и топливо. Применимость материала необходимо оценивать комплексно, исходя из горючести материала, его теплопроводности, сохранения прочности и стратегии тушения пожара, а также токсичности при горении.



Рис. 2. Пассажирские суда из КМ (проекты AMD) а) катамаран пр. ASV1500 на 54 пассажира; б) катамаран пр. Н48 на 36 пассажиров; в) катамаран пр. АТ1500 на 115 пассажиров; г) однокорпусное судно пр. SB60V на 40 пассажиров

Сталь представляет собой негорючий материал по определениям ИМО FTP Code [1], но покрытия и отделка стальной конструкции чаще всего являются горючими. Сталь обладает высокой теплопроводностью, и локализация пожара на стальном судне достигается путем создания противопожарных зон при проектировании и охлаждением конструкций при тушении. При этом пожар может распространяться через неповрежденные конструкции за счет их теплопроводности. Для локализации и тушения пожара на стальном судне необходимо привлечение большого количества персонала, подвергаемого риску. Стальные конструкции сохраняют прочность при нагреве при условии, что их эффективно охлаждают.

КМ представляют из себя горючий материал, но могут иметь защитное покрытие/изоляцию из огнестойкого или негорючего материала. КМ может способствовать развитию пожара, если уровень этой защиты превышен. С другой стороны, теплопроводность материалов низкая, локализация пожара может быть достигнута без охлаждения конструкций корпуса. Для тушения такого пожара

требуется меньшее количество персонала, а тушение сводится к охлаждению непосредственно зоны пожара. Конструкция из КМ в общем случае быстро теряет прочность при высоких температурах, но это может быть не очень существенным фактором с учетом низкой теплопроводности КМ.

Еще одной особенностью существующих судов из КМ является, как правило, их небольшой размер и ограниченная пассажировместимость. Для них характерна малая продолжительность рейсов, размещение пассажиров в салоне, а не в каютах, район эксплуатации таких судов ограничен внутренними либо прибрежными акваториями. Время эвакуации людей с таких судов мало, а возможность оказания сторонней помощи таким судам высокая.

Таким образом, если говорить об эквивалентной безопасности стальных и композитных конструкций в части конструктивной противопожарной защиты (КПЗ), ответ не столь однозначен [2]. В этой части, видимо, требуется принципиально иной подход к обеспечению КПЗ, не ориентированный - как сейчас - преимущественно на стальные конструкции.

Общие подходы к КПЗ судов из КМ

В международной практике судостроения КМ широко применяется, особенно для постройки малых судов, т.е. длиной до 24м. Однако проблема оценки горючести КМ в судостроении является существенным сдерживающим фактором. Исходя из характера требований к КПЗ, области применения КМ в настоящее время можно разделить на следующие группы:

- Область широкого применения – рекреационные суда длиной до 24м (в настоящее время, около 80% таких судов строятся из КМ), а также спасательные шлюпки.
- Область проверенных технологий – промысловые и служебные суда, пассажирские суда местного сообщения, яхты длиной более 24м. Несмотря на значительное развитие в мире, эта группа слабо представлена в РФ.
- Область перспективных технологий – суда в основном более 24м, попадающие под международные конвенции, а также элементы конструкций и оборудования конвенционных судов. В этой группе должны применяться альтернативные решения, позволяющие удовлетворить требования SOLAS к противопожарной защите. В настоящее время, несколькими консорциумами в Европе ведутся опытно-конструкторские разработки в этом направлении; здесь можно отметить проекты LASS, RAMSES, FIBRESHIP и др.

Следует признать, что основным сдерживающим фактором применения КМ является конвенция SOLAS [3] в части выполнения требований из кодекса процедур испытаний огнем IMO FTP [1]. Эти документы предписывают применение для изготовления корпуса судна «стали или эквивалентного материала». Без преувеличения можно сказать, что указанные документы хотя и допускают применение «альтернативных решений», но, тем не менее, разработаны с явным уклоном в сторону стального судостроения.

Важно четко понимать, что конвенция SOLAS (за исключением глав, связанных с обеспечением навигации) формально распространяется лишь на суда, совершающие международные рейсы, а также исключает некоторые типы судов, например яхты, рыболовные и военные (см.табл.1). Это позволяет морской администрации флага самостоятельно определять требования к материалу корпуса судов и допускать применение КМ для «неконвенционных» судов, включая пассажирские суда местного

сообщения (рис.2). Подобные суда широко используются для местных перевозок, без предъявления требований к негорючести материала корпуса. Заметим, что статистикой не подтверждается повышенная пожароопасность таких судов по сравнению с судами из других материалов. Поскольку размеры таких судов, как правило, невелики и время эвакуации с них мало, завышенные требования к негорючести корпуса не оправданы.

Таблица 1

Применимость КМ к различным группам судов по SOLAS [3]

Тип судов по отношению к SOLAS	Применимость КМ
Суда, не совершающие международных рейсов	Высокая
Суда, исключенные из SOLAS: военные, яхты, несамоходные, деревянные примитивной постройки, «грузовые» до 500РТ, рыболовные.	Высокая
Суда, не полностью попадающие под SOLAS: любое судно с «инновационными характеристиками», по решению администрации флага, при обеспечении «эквивалентной безопасности»	Средняя
Суда, полностью попадающие под SOLAS: пассажирские и «грузовые» более 500РТ.	Низкая

Примечание: цвет соответствует «дружелюбности» к КМ

Таблица 2

Применимость КМ в судостроении - зарубежный опыт

Тип судна	До 24м (до 35м)	Более 24м
Рекреационные	ISO9094 предполагается что КПЗ обеспечена материалом корпуса из КМ	Согласно REG LY Code [13], в зависимости от тоннажа/района плавания
Служебные, патрульные, грузовые до 500 РТ, рыболовные	DNV0342; MCA MGN280 – в зависимости от объема МО и мощности двигателя изоляция B15 или тест на прожигание	Иностранные КО, NSCV - изоляция МО на A0/A60, или эквивалент
Пассажирские местного сообщения	SCV Code, NSCV – изоляция МО на A0/A60, или тест на прожигание переборки	NSCV - изоляция МО на A0/A60, или SOLAS в зависимости от категории, вместимости
Пассажирские – международные рейсы	SCV Code, NSCV - изоляция МО на A0/A60, или тест на прожигание, или SOLAS	Соответствие SOLAS – Корпус из стали или эквивалентного материала

Примечание: цвет соответствует «дружелюбности» к КМ

К сожалению, в российской практике обсуждаемые требования SOLAS традиционно применяются РМРС [4,5] для всех пассажирских судов, не совершающих международные рейсы, а также для грузовых судов вместимостью менее 500РТ. Это существенно усложняет применение КМ в судостроении, а де-факто

– запрещает такое применение. Результат - практически полное отсутствие коммерческого судостроения из КМ в РФ, и вследствие этого потеря компетенций в композитной отрасли.

Зарубежные подходы к обеспечению КПЗ судов

Для рекреационных судов длиной менее 24м применяется стандарт ISO9094 [6], который охватывает требования к установке систем пожаротушения, огнетушителей, камбузных плит, топливных танков и аварийных выходов. Стандарт не определяет требования в КПЗ, т.к. считается, что она в должной степени обеспечивается материалом корпуса малого судна, в том числе из КМ.

Подобный же подход применялся к прогулочным и рабочим судам в правилах GL для судов длиной до 24м [7]. Для судов с мощностью главных двигателей более 400кВт, предписывалось в машинном отделении использовать зашивку из негорючего материала по строительному/транспортному стандарту DIN4102 или B15 по SOLAS.

Для служебных и рабочих судов по DNV0342 [8] предполагается применение изоляции машинных отделений выше ватерлинии, с классом огнестойкости не менее 15 минут. Для судов длиной до 15м могут применяться другие методы, в частности, самозатухающие смолы, вспучивающиеся краски т.д.

Британские требования MCA MGN280 [9] применяемые для судов до 24м оговаривают КПЗ переборки машинных отделений лишь для судов с более чем 16 человеками на борту, либо судов высших категорий с мощностью главных двигателей более 750кВт. При этом, требуется огнестойкость в течение 15 минут при выполнении теста на прожигание переборки горелкой. Обычно это требование выполняется за счет армирования переборки ровингами на смолах с присадками, либо за счет покрытий.

SCV Code [10] разработан при участии ИМО для стран Карибского бассейна и покрывает коммерческие суда длиной до 24м и пассажировместимостью до 150 человек. В документе для судов из КМ предусматривается обеспечение КПЗ машинных отделений на огнестойкость и дымонепроницаемость. Для определения огнестойкости переборок применяется тест на прожигание горелкой в течение 15 минут; обеспечение огнестойкости – за счет армирования ровингом на смолах с присадками, либо за счет покрытий. Дополнительно, введено требование изоляции класса A15 для мест посадки на спасательные плоты, если таковые примыкают к машинным отделениям либо камбузам.

Австралийский стандарт NSCV [11] предлагает хорошо структурированную систему требований для коммерческих судов, не совершающих международных рейсов, и его подходы могут быть приняты за основу при разработке дифференцированных стандартов РФ.

Стандарт NSCV предполагает назначение «категории риска пожара» судна в зависимости от типа судна (пассажирское, грузовое, рыболовное), длины и пассажировместимости, а также района эксплуатации. Для судов прибрежных районов плавания, перевозящих не более 36 пассажиров, предусмотрена самая низкая категория опасности – I. В этом случае, например, для судов с мощностью двигателей до 120кВт не требуется дополнительная изоляция машинного отделения. Из опыта разработки автором проектов под NSCV, корпуса из КМ могут применяться для судов прибрежных категорий судов, перевозящих до 200 пассажиров без ограничения длины при условии изоляции помещений высокой опасности на класс A30, а перевозящих до 450 пассажиров – на класс A60.

Для групп судов высших районов плавания А и В длиной более 35м или более 450 пассажиров предусмотрена категория риска пожара IV и требуется полное соответствие SOLAS в части КПЗ.

Отдельной группой являются спасательные шлюпки, требования к которым унифицированы в составе IMO LSA Code [12] и применение КМ связано с реалистичными требованиями к огнестойкости (не путать с негорючестью) материала корпуса, обеспечиваемого антипиренами, содержащимися в связующих материалах.

Таким образом, ни один из перечисленных выше нормативных документов не требует применения для корпуса «стали или эквивалентного материала», что позволяет применять КМ для постройки подобных судов.

Российские требования к КПЗ для судов из КМ

В отличие от зарубежных правил и стандартов, правила РМРС [3,4] требуют применения «стали или эквивалентного материала» для всех без исключения судов, судов кроме рыболовных, спасательных шлюпок, а также низших категорий прогулочных судов (табл.3). Фактически, к судам, не попадающим под конвенции применяются конвенционные требования SOLAS, что делает невозможным применение КМ для постройки корпуса. Известны случаи, когда РМРС предъявлял требования «защитить корпус судна стальными листами» для обеспечения изоляции класса А0. Подобная зашивка абсурдна с точки зрения противопожарной защиты (невозможно охлаждение с обратной стороны), не говоря уже о неоправданном росте массы конструкции. Как результат многолетней проблемы с нормированием, суда из КМ с классом РМРС практически не строятся.

Для Российского Речного Регистра [14] аналогично ситуация выглядит при классификации пассажирских судов с классами О-ПР, М-ПР и М-СП; для судов более низких категорий требования конструктивной противопожарной защиты выполнимы для КМ. Фактические требования негорючести материала корпуса содержатся в техническом регламенте [15] путем ссылок на конвенцию SOLAS, в то время как техрегламенте для судов внутреннего плавания [16] таких ссылок нет.

Таблица 3

Применимость КМ в судостроении - российский опыт (РМРС)

Тип судна	До (20) 24м	Более (20) 24м
Рекреационные (прогулочные)	Корпус из негорючего материала для судов высших категорий (А, А1, А2, В)	Требования отсутствуют
Рыболовные	В15-В30; огнестойкие материалы в жилых помещениях	Корпус из стали или эквивалентного материала
Служебные, патрульные, грузовые до 500	Корпус из стали или эквивалентного материала	Корпус из стали или эквивалентного материала
Пассажирские местного сообщения	Корпус из стали или эквивалентного материала	Корпус из стали или эквивалентного материала
Пассажирские – международные рейсы	Корпус из стали или эквивалентного материала	Корпус из стали или эквивалентного материала

Примечание: цвет соответствует «дружелюбности» к КМ

Возможные конструктивные решения для обеспечения КПЗ

На практике обеспечение огнестойкости и/или негорючести в судостроении может быть достигнуто несколькими способами. Сюда относятся покрытия, например трудногорючие самозатухающие смолы, краски и гелькоуты, вспучивающиеся покрытия и обмазки. Огнестойкие смолы в составе КМ могут обеспечить огнестойкость и отсутствие интенсивного дымообразования, но на сегодняшний день не могут обеспечить требуемую конвенциями негорючесть. В конструкциях, проходящих тест на прожигание переборки, часто используется усиленное армирование стеклоровингами как наиболее эффективное решение. Возможно также применение КМ с усиленным огнестойкими свойствами, например на основе фенольных смол, однако этот вид КМ малопригоден для судостроения, т.к. требует термоотверждения крупногабаритных конструкций. Для обеспечения изоляции на класс А0-А60 используется зашивка листовой изоляцией, например негорючими матами (которые на сегодняшний день недоступны из-за санкционных ограничений) или стальными листами. Как правило, на судах из КМ в мировой практике вышеперечисленные решения применяются выборочно и только к конструкциям помещений, считающихся опасными с точки зрения возникновения пожара. К сожалению, ни одно из перечисленных применимых решений пока не в состоянии удовлетворить требования FTP Code [1] и SOLAS [3] к негорючести материала корпуса, что, тем не менее, позволяет с успехом применять их для «неконвенционных» судов.



Рис. 3. Перспективный катамаран из КМ длиной 30м на 250 пассажиров с электродвижением – проект AMD.

Заключение

Согласно статистическим данным Ространснадзора, в 2020 году из 60 аварий на морских и внутренних водных путях РФ 4 связано с пожарами и взрывами. Таким образом, проблема защиты судов от пожаров существует, и она актуальна. Тем не менее, в морской отрасли РФ [4,14,15] регулирование конструкций из КМ в общем случае представляется неоправданно жестким в сравнении с другими видами транспорта и гражданским строительством.

Можно утверждать, что без выработки адекватных требований к КПЗ судов из КМ невозможно развитие компетенции композитного судостроения. Как минимум, для судов, не совершающих международных рейсов и имеющих ограниченную пассажировместимость, требования к КПЗ должны быть снижены до выполнимого уровня. Необходимо в полной мере использовать имеющуюся нишу «проверенных технологий» – производить суда из КМ местного сообщения (рис.3), а также служебные, рабочие и т.д. В дальнейшем, следуя тенденциям мирового судостроения, необходима работа в области перспективных технологий для внедрения КМ в конвенционное судостроение.

На основе выполненного автором анализа разработаны нормативные предложения по разработке требований в виде матрицы КПЗ для судов из КМ. В целом, подход аналогичен табл.2 и учитывает мировой опыт.

Применение теста на прожигание переборки горелкой является перспективным подходом для судов до 24м, т.к. может быть осуществлено верфью, строящей малые суда без приобретения специализированных изоляционных материалов с учетом минимальных партий и санкционных ограничений. Для более крупных судов рационально применять изоляцию в виде зашивки переборок машинного отделения и других помещений высокой опасности огнестойкими матами, без требования негорючести остального корпуса.

Развитие компетенций в области судов из КМ неразрывно связано с судами для внутреннего туризма и пассажирских перевозок как одним из элементов реализации

правительственных госпрограмм РФ по развитию туризма и транспортной инфраструктуры. С другой стороны, судостроение из КМ является этапом реализации государственной программы развития производства композиционных материалов и изделий из них. В этом контексте, задача совершенствования нормативной базы композитного судостроения становится важнейшей государственной задачей.

Список литературы

1. International Code for Application of Fire Test Procedures, 2010 (IMO 2010 FTP Code)
2. McGeorge D. Fire Safety of Naval Vessels made of Composite Materials: Fire Safety Philosophies, Ongoing Research and State-of-the-Art Passive Fire Protection// D. McGeorge, B.Høyning /Fire Safety and Survivability, Aalborg, Denmark, 23-26 September 2002, RTO-MP-103.
3. International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS) 1974/2015.
4. Правила классификации и постройки морских судов. Российский Морской Регистр Судоходства, 2022.
5. Правила классификации и постройки высокоскоростных судов. Российский Морской Регистр Судоходства, 2018.
6. ISO9094-2015. Small craft — Fire protection
7. Rules for Classification and Construction Yachts and Boats, Germanischer Lloyd, 2002
8. DNV-GL Standard 0342 – Craft, 2016.
9. Small Vessels in Commercial Use for Sport or Pleasure, Workboats and Pilot Boats – Alternative Construction Standards. MSN 280 – SCV Code - Maritime Coastguard Agency, UK.
10. Code of Safety for Small Commercial Vessels operating in the Caribbean 2021 (SCV-Code).
11. National Standard for Commercial Vessels, Stability – Australian Maritime Safety Authority, 2016.
12. International Code on Life-Saving Appliances (IMO LSA Code), 1996.
13. Red Ensign Group Yacht Code, 2019.
14. Правила классификации и постройки судов. Российский Речной Регистр, 2022.
15. Технический регламент о безопасности объектов морского транспорта (в редакции постановлений Правительства Российской Федерации от 04.09.2012 № 882, от 26.03.2014 № 230, от 29.07.2017 № 896, от 07.10.2019 № 1288).
16. Технический регламент о безопасности объектов внутреннего водного транспорта (в редакции постановлений Правительства Российской Федерации от 04.09.2012 № 882, от 30.04.2015 № 426, от 29.05.2018 № 613, от 06.08.2020 № 1183).

References

1. International Code for Application of Fire Test Procedures, 2010 (IMO 2010 FTP Code)
2. McGeorge D. Fire Safety of Naval Vessels made of Composite Materials: Fire Safety Philosophies, Ongoing Research and State-of-the-Art Passive Fire Protection// D. McGeorge, B.Høyning /Fire Safety and Survivability, Aalborg, Denmark, 23-26 September 2002, RTO-MP-103.
3. International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS) 1974/2015.
4. Pravila klassifikatsii i postroiki morskikh sudov. [Rules for classification and construction of seagoing vessels] Rossiiskii Morskoi Registr Sudokhodstva, 2022.
5. Pravila klassifikatsii i postroiki vysokoskorostnykh sudov. [Rules for classification and construction of high-speed vessels] Rossiiskii Morskoi Registr Sudokhodstva, 2018.
6. ISO9094-2015. Small craft — Fire protection
7. Rules for Classification and Construction Yachts and Boats, Germanischer Lloyd, 2002
8. DNV-GL Standard 0342 – Craft, 2016.
9. Small Vessels in Commercial Use for Sport or Pleasure, Workboats and Pilot Boats – Alternative Construction Standards. MSN 280 – SCV Code - Maritime Coastguard Agency, UK.
10. Code of Safety for Small Commercial Vessels operating in the Caribbean 2021 (SCV-Code).
11. National Standard for Commercial Vessels – Australian Maritime Safety Authority, 2016.

12. International Code on Life-Saving Appliances (IMO LSA Code), 1996.
13. Red Ensign Group Yacht Code, 2019.
14. Pravila klassifikacii i postrojki sudov. [Rules for classification and construction of vessels] Rossijskij Rečnoj Registr 2022.
15. Tekhnicheskij reglament o bezopasnosti obektov morskogo transporta [Technical regulation on safety of objects of marine transport]. V redakcii postanovlenij pravitelstva Rossijskoj Federacii ot 04 09 2012 882 ot 26 03 2014 230 ot 29 07 2017 896 ot 07 10 2019 1288.
16. Tekhnicheskij reglament o bezopasnosti obektov vnutrennego vodnogo transporta [Technical regulation on safety of objects of inland water transport]. V redakcii postanovlenij pravitelstva Rossijskoj Federacii ot 04 09 2012 882 ot 30 04 2015 426 ot 29 05 2018 613 ot 06 08 2020 1183.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Назаров Альберт Георгиевич, к.т.н., FRINA, CEng, MSNAME, директор, конструкторское бюро "Albatross Marine Design", Таиланд, «АН Марин Консалтинг», Россия, email: an@amdesign.co.th

Albert G.Nazarov, Cand Sci (Tech), FRINA, CEng, MSNAME, director, design bureau, «Albatross Marine Design», Thailand, «AN Marine Consulting», Russia, email: an@amdesign.co.th

Статья поступила в редакцию 17.04.2022; опубликована онлайн 07.06.2022.
Received 17.04.2022; published online 07.06.2022.