

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

С введением в действие Федерального закона № 36 возникают проблемы классификации малых судов коммерческого назначения российскими классификационными обществами (КО). Фактически, на сегодняшний день указанные КО не располагают адекватными правилами для малых судов коммерческого и специального назначения, а попытки применить к ним имеющиеся правила для «крупных» судов противоречат практике малога судостроения, что требует больших усилий и времени от проектировщиков и эксплуатационников по «пробиванию» приемлемых решений. Таким образом, актуальной проблемой становится разработка правил, специально предназначенных для классификации малых судов и полностью отражающих их особенности (рис. 1). Более того, практикующие специалисты отрасли сходятся во мнении, что с учетом специфики малых судов, масштаба их взаимодействия со стихией и ситуации на рынке, требования Регистров — морского (РС) и речного (РР) — должны быть максимально унифицированы.



Рис. 1. Малые суда по проектам «AMD»: а — туристский катер пр.В1000, постройка «А.В.Л.» (Севастополь), сертификация BV; б — специальный катер пр. NS50 с надувным бортом, постройка «Nautical Star» (Кумай), сертификация CCS

Необходимо заметить, что в российском законодательстве введен термин «маломерное судно», которое определено как судно длиной менее 20 м. В международной практике, в том числе во всех основополагающих конвенциях ИМО и стандартах ISO, равно как и в правилах зарубежных КО, используется определение малого судна (small craft) как судна с длиной корпуса

НАДВОДНЫЙ БОРТ МАЛЫХ СУДОВ: ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ И НОРМИРОВАНИЯ

А. Г. Назаров, канд. техн. наук,
директор КБ «Albatross Marine Design» («АМД»),
контакт. тел. +66 (0) 384 168 81,
e-mail: an@amdesign.co.th, info@amdesign.co.th

$L_{\text{н}} \leq 24$ м. Очевидно, с учетом международной интеграции отрасли судостроения и судоходства, а также вступления России в ВТО необходимо приводить российские нормы к общепринятым международным стандартам.

Как показывает статистика, одними из наиболее распространенных причин аварий являются перегрузка малых судов и их эксплуатация при гидрометеорологических условиях, превышающих допустимые. На практике наиболее легко контролируемым и достаточно эффективным параметром является высота надводного борта, определяющая не только безопасность судна в отношении перегрузки, но и косвенным образом его остойчивость и непотопляемость [15]. В связи с этим надводный борт F является определяющим при назначении судну категории и района плавания. Вместо F может применяться интуитивно более понятная «высота заливания» (downflooding height) $h_{\text{д}}$, характеризующая высоту отверстий (за исключением пренебрежимо малых), через которое возможно заливание судна, от уровня ватерлинии.

Для повышения безопасности малых судов необходимо совершенствовать принципы нормирования и обоснованно выбирать их мореходные характеристики. В статье обозначены задачи систематизации используемых в настоящее время подходов и выработки единых принципов нормирования надводного борта малых судов с учетом особенностей их конструкции и динамики.

ОБЗОР ТРЕБОВАНИЙ ПРАВИЛ

Требования к надводному борту различных стандартов и КО не всегда увязаны между собой и подчас недостаточно аргументированы с учетом особенностей малых судов; далее рассмотрены основные нормативные документы, применяемые в практике проектирования.

ГОСТ 19105–79 [12] предназначен в основном для судов длиной до 5,5 м и предполагает нормирование надводного борта в зависимости от допустимой высоты волны; при этом минимальная высота надводного борта должны быть не менее 6% наибольшей длины судна L_M .

Правила Германского Ллойда [8] для судов длиной до 24 м определяют требования к надводному борту F только для малых открытых судов категорий IV–V в виде

$$F = 0,15 + bB,$$

где $b=0,15...0,25$ в зависимости от категории. В остальных случаях, высота надводного борта определяется исходя из соображений остойчивости и непотопляемости судна.

Скандинавские правила NBS [7] предназначены для судов длиной 15 м; ими предписывается для закрытых судов минимальный надводный борт $F = 200$ мм с увеличением в носовой части до $17L_M + 700$ мм. Для открытых судов минимальный надводный борт F , мм, определяется через водоизмещение судна Δ , кг, наибольшую длину L_M и ширину B :

$$F = \frac{3,2\Delta}{1000L_MB}.$$

Кодекс по малым коммерческим судам (SCV Code) [9] разработан Морской администрацией Великобритании и рядом КО и является примером хорошо проработанного и практичного документа. SCV Code содержит требования к надводному борту для судов, классифицируемых как закрытые (при $L \leq 7$ м $F = 300$ мм; $L \geq 18$ м $F = 750$ мм) и открытые (при $L \leq 7$ м $F = 400$ мм; $L \geq 18$ м $F = 800$ мм), для промежуточных L применяется линейная интерполяция. При этом высота борта не зависит от категории судна, а для судов суммарной грузоподъемностью более 1000 кг предписывается использовать стандарты ISO [4,5] или ICLL [3]. Высота комингсов палубных люков, открытых в море – 300 мм.

На сегодняшний день наиболее подробная и тщательно продуманная система нормирования параметров малых судов предусмотрена в стандартах ISO Small Craft [4,5]. Указанные стандарты применяются в странах Евросоюза для прогулочных судов, а также в ряде стран для малых судов другого назначения. К сожалению, в практике российских КО использование этих четко сформулированных и хорошо себя зарекомендовавших стандартов пока не находит должного понимания. В зависимости

от категории судна, наличия палубы, блоков плавучести и некоторых других факторов высота заливания по ISO может составлять $h_d = L_H / (10-24)$. Применяются дополнительные ограничения, например, для категории С (разрешенная высота волны $h_{1/3} = 2,0$ м) высота заливания должна всегда быть $h_d \geq 0,3$ м, но при этом $h_d \leq 0,75$ м. Для категории В ($h_{1/3} = 4,0$ м) $h_d \leq 0,4$ м, но не менее $L_H / 17$. Высота комингсов люков не устанавливается (из-за ограниченности пространства на малых судах, люки как правило выполняются заподлицо с палубой), а высота комингсов дверей определяется стандартом ISO11812 и составляет от 50 до 200 мм для моторных судов. Параметры остекления и закрытий определяются стандартом ISO12216.

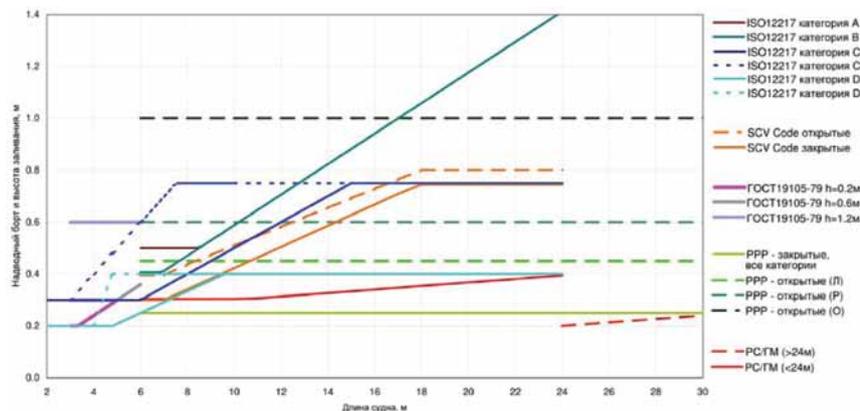


Рис. 2. Зависимость высоты надводного борта и высоты заливания от длины малых судов по требованиям различных правил

Необходимо также рассмотреть правила для крупных судов, иногда применяемые в малом судостроении. Правила РС/ГМ [18] основаны на требованиях конвенции о грузовой марке ICLL [3] и для судов $L < 24$ м длиной предписывают минимальный надводный борт $F = 306 - 400$ мм в зависимости от L . Предписанная высота комингсов — 230, 300, 380 мм для судов ограниченных категорий R2 и R3; при этом недостаток



Рис. 3. Катер пр. SM16 на выставке NAVDEX2013 (проект «AMD», сертификация IRS). Хорошо видны люки МО, выполненные без комингсов. Наличие комингсов на судах подобного размера приводит к риску травматизма и невозможно эффективно использовать площадь палубы

высоты комингсов прибавляется к требуемому надводному борту.

Основная проблема заключается в том, что [3,18] относятся к архитектурному типу судов с верхней водонепроницаемой палубой и находящимися на ней надстройками и ящиками, соответствующими требованиями к непроницаемости, например, в части закрытий, высоты фальшбортов и лееров, штормовых крышек остекления и т. д. Такая архитектура для большинства современных малых судов не типична. Если в зарубежной практике есть возможность выбора (например, ISO [4], SCV Code [9] и др.), то при работе с РС возникает сложность формализации указанных требований применительно к малому судну, где, например, рубка или надстройка не имеет

под собой водонепроницаемой палубы, и при этом формально не попадает под определение надстройки — в части закрытий. Кроме того, следует обратить внимание на скачкообразное изменение требований: согласно РС/ГМ [18] судно длиной $L = 23,9$ м должно иметь надводный борт $F = 400$ мм, а такое же судно длиной $L = 24,0$ — всего $F = 200$ мм.

При проектировании малых быстросходных судов находит применение международный кодекс HSC Code [2]. Хотя изначально этот документ относится только к высокоскоростным пассажирским судам и непассажирским судам вместимостью более 500, большинство КО используют его требования частично и для судов меньших размеров. HSC Code не предъявляет прямых требований к надводному борту, который нормируется косвенно при оценке остойчивости судна. В то же время правила для высокоскоростных судов РС/ВСС [16], основанные на указанном кодексе, предъявляют дополнительное требование к запасу плавучести, который должен составлять не менее 100% полного водоизмещения, что влияет на высоту надводного борта.

Требования Речного Регистра [19] к высоте надводного борта для судов

длиной до 30 м зависят только от допускаемой высоты волны и не зависят от длины судна (хотя при этом покрывают значительный диапазон длин); для малых судов это существенно отличает РРР от других правил.

Систематизированные данные по зависимости высоты надводного борта от длины судна $F = f(L)$ представлены на рис. 2. Отметим, что требования ISO [4,5] относятся к высоте заливания, а [3,18] — к надводному борту судна, который для сопоставимости должен быть увеличен на высоту комингсов. Существенный разброс данных на рис. 2 говорит об отсутствии единого научно обоснованного подхода к нормированию надводного борта, даже подчас в рамках одного классификационного общества. В то же время характерно совпадение трендов правил, предназначенных специально для малых судов — ГОСТ, ISO и SCV Code.

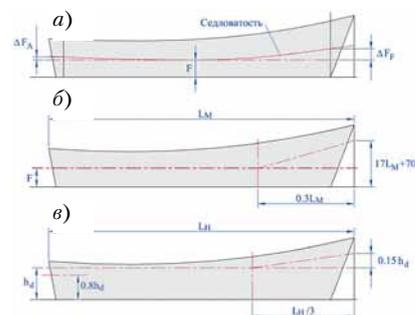


Рис. 4. Схемы распределения F и h_d по длине судна: а — Правила РС/ГМ [18] к судну со стандартной седловатостью и требуемым увеличением высоты борта в носу и в корме; б — Правила NBS [7] для закрытых судов; в — Стандарт ISO12217-3 [5] для открытых судов, показано допустимое снижение высоты заливания в корме

ПОДХОДЫ К НОРМИРОВАНИЮ НАДВОДНОГО БОРТА

Анализируя современные и действовавшие ранее нормативные документы, можно утверждать, что при назначении надводного борта (или высоты заливания) судов применяются следующие подходы:

1. Надводный борт назначают, исходя из допустимой высоты волны $h_{3\%}$, которая определяет контур заливаемости судна на волнении. При этом для малых судов высота надводного борта обычно составляет $F = (0,5-0,6)h_{3\%}$.

2. Надводный борт назначается исходя из длины судна L , которая определяет характер взаимодействия судна с волнением. Этот подход применяется в правилах для малых судов NBS [7], и ISO [4,5], а также в Правилах о грузовой марке [18]. При этом для малых судов высота борта составляет $F = (0,04-0,10)L$ и зависит также

от конструктивного типа и категории судна.

3. Надводный борт назначают из условия отсутствия заливания судна при крене и бортовой качке, т. е. зависит от ширины судна B . Так, в ряде правил применяется критерий $F \geq 0,2B$, что соответствует минимальному углу заливания $\theta_d = 12^\circ$.

4. Надводный борт назначают исходя из обеспечения запаса плавучести надводной части корпуса. Обычно, требуемый запас составляет 70–130 % (в зависимости от типа судна) от водоизмещения с полной нагрузкой.

5. Надводный борт определяют косвенно, исходя из обеспечения остойчивости судна в неповрежденном или поврежденном состоянии.

6. Надводный борт назначают из условия прочности корпуса. Для малых судов, как правило, имеющих относительно высокий борт D/L , данный подход представляется неактуальным, за редким исключением.

В рамках одного и того же нормативного документа могут использоваться несколько из названных подходов.

крытие» к малым судам зачастую приводит к генерированию неадекватных требований в части расчетов остойчивости и средств осушения, не соответствующим практике малого судостроения и часто наоборот, приводящим к снижению безопасности.

Как правило, на малых судах не применяются какие-либо штормовые крышки и прочие непрактичные для них решения, требуемые РС/ГМ и ICLL [3,18], чтобы признать надстройку или рубку водонепроницаемой. Вместо этого, остекление малых судов проектируется равнопрочным конструкции рубки, например по стандарту ISO12216, в том числе и с учетом приклейки стекол.

На малых судах палубные люки, включая люки машинного отделения, часто выполняются заподлицо с палубой — это оправдано как ввиду ограниченности пространства на судне, так и для снижения травматизма. Такой подход предполагает использование избыточного надводного борта или понятия «высоты заливания». Конструкция без комингсов не встречает понимания у инспекторов РС, но, несмотря на это, ши-

ОСОБЕННОСТИ МАЛЫХ СУДОВ

На рис. 5 представлены статистические данные о малых судах современных архитектурных типов, а также показаны минимальные требования к надводному борту ряда нормативных документов. Очевидно, что линия, соответствующая ISO12217–1 [4] условно очерчивает нижнюю границу разброса значений. Линия, соответствующая РС/ГМ [18], даже при добавлении высоты комингсов не отражает реальность, это объясняется тем, что эти правила не предназначены для рассматриваемых судов.

Очевидно также, что катамараны имеют надводный борт выше, чем однокорпусные суда. Это неудивительно, если учесть, что выбор параметров тоннеля (а именно — вертикального клиренса) аналогичен выбору минимального надводного борта судна [14], а главная палуба и надстройки катамаранов находятся выше уровня тоннеля.

При выборе высоты надводного борта малых судов, учитываются такие факторы, как наличие запаса плавучести в виде воздушных ящиков или вспененных блоков, надувного борта, самоотливных кокпитов и т. д. — все эти факторы достоверно учтены в стандартах ISO12217.

Как правило, многие малые суда движутся с высокими относительными скоростями, вызывающими появление ходового дифферента, что приводит к росту динамического надводного борта в носовой оконечности на величину, пропорциональную $L \sin \varphi$, где φ — угол ходового дифферента, составляющий $2-4^\circ$ и в районе горба сопротивления — до $6-8^\circ$.

Необходимо заметить, что надводный борт, выбранный в соответствии со стандартами, вовсе не гарантирует

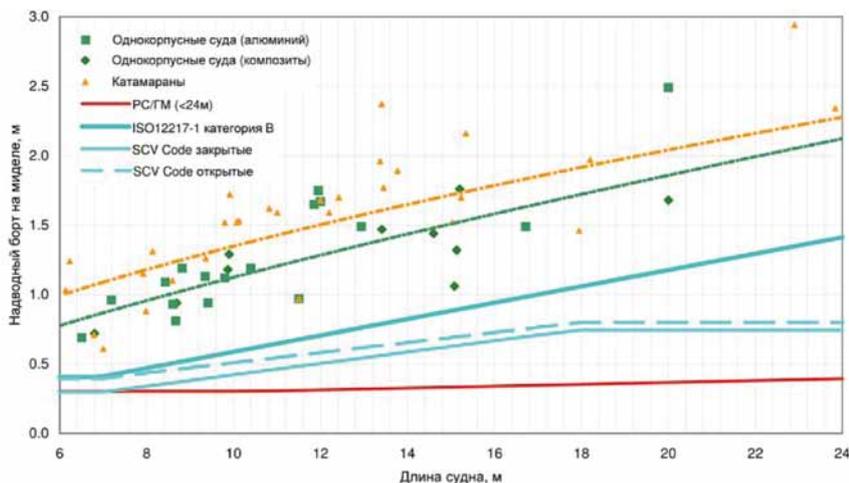


Рис. 5. Статистические данные по надводному борту малых судов (проекты «AMD») в сравнении с требованиями нормативных документов

СЕДЛОВАТОСТЬ, НАДСТРОЙКИ, ЗАКРЫТИЯ И ОСТЕКЛЕНИЕ

Как уже отмечалось, учет седловатости и надстроек в соответствии с [18] на практике вызывает сложности для малых судов. Это связано с трудностями формализации классического понятия «седловатость» и «надстройка» применительно к современным малым судам с весьма разнообразными формами линии борта и водонепроницаемого контура палубы, и отличиями принятых в малом судостроении понятий водонепроницаемости и средств ее обеспечения от таковых в правилах о грузовой марке [18]. Более того, применение «регистраемых» понятий «верхняя водонепроницаемая палуба» и «непроницаемое за-

роко используется в мировой практике. Непроницаемость люков обеспечивается путем сочетания запирающих механизмов, уплотнителей и дренажных каналов. Заметим, что такая конструкция допускается как стандартами ISO, так и правилами GL [8] и SCV Code [9] для люков, которые не должны быть постоянно открыты в море.

В соответствии с современным подходом ISO, поправки на седловатость и надстройки к надводному борту малых судов не применяются. Вместо этого, требуется увеличение высоты борта на 15% в носовой трети корпуса, а также и допускается понижение на 20% в корме в месте установки подвесного мотора для судов некоторых типов, в основном для открытых (рис. 4).

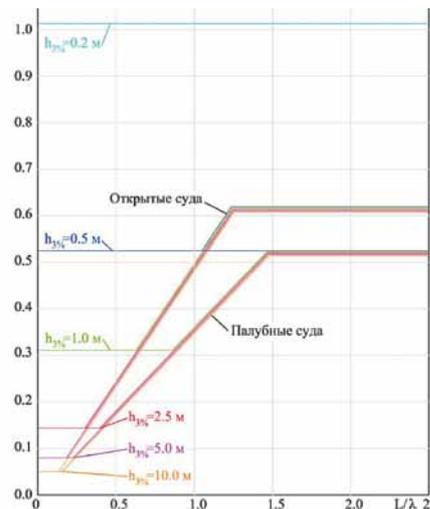


Рис. 6. Предлагаемая диаграмма для нормирования высоты надводного борта судов по известным $h_{3\%}$ и L ; длина волны принята $\lambda = 10h_{3\%}$

малое судно от заливания, особенно при движении с высокими скоростями. В [6,10] автором и коллегами приводятся некоторые результаты испытаний радиоуправляемых моделей на волнении, с симуляцией потери управляемости и завывания при движении на высоких скоростях на встречной и попутной волне. Таким образом, большое значение имеет безопасная практика управления, и окончательное решение о выборе режимов движения остается за судоводителем.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СУДНА С ВОЛНЕНИЕМ

Опыт эксплуатации судов [2,11] и результаты имитационного моделирования показывают, что существует принципиальное различие в механизме взаимодействия больших и малых судов с волнением. Известно, что при длине волны λ меньшей длины судна L суда всходят на волну ($L \ll \lambda$). Этот механизм характерен для малых судов и для морских судов, рассчитанных на суровые условия эксплуатации (большие $h_{3\%}$). В то же время у судов, на длине которых укладывается несколько длин волн ($L \gg \lambda$) килевая качка практически отсутствует и может происходить захлестывание судна гребнями волн, что характерно для крупных низкорбортных судов, особенно речных. Очевидно, что нормирование надводного борта должно выполняться с учетом отмеченных особенностей.

ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ПОДХОДЫ К НОРМИРОВАНИЮ

В работе [10,13] автором впервые предложена диаграмма, разработанная на основе анализа правил которая в несколько доработанном виде представлена на рис. 6; обобщение диаграм-

мы приведено ниже в виде формул и диапазонов. Диаграмма связывает величину $F/h_{3\%}$ с L/λ , где $h_{3\%}$ — допустимая высота волны, λ — длина волны, соответствующая $h_{3\%}$; в расчете принята крутизна $h/\lambda = 10$, что отвечает параметрам волнения в прибрежных и внутренних акваториях. На диаграмме можно выделить три диапазона:

- диапазон $L \ll \lambda$, где надводный F_1 борт устанавливается директивно из практических соображений; $F_1/h_{3\%} \geq 0,307h_{3\%}^{-0,802}$. К числу таких соображений относится, например, волна от проходящего судна, крен судна при перемещении людей, а также незаливаемость судна на волне меньшей длины и т. д.;
- диапазон $L = (0,2-1,5)\lambda$, где надводный борт назначается от длины и конструктивного типа судна $F_2 = f(L)$; $F_2 = L/k$; где k — коэффициент, принимаемый 10–24 (в зависимости от типа судна);
- диапазон $L \gg \lambda$, где надводный борт назначается только исходя из допустимой высоты волны $F_3 = f(h_{3\%})$; рекомендуется принимать $F_3 = 0,5h_{3\%}$ для закрытых и $F_3 = 0,6h_{3\%}$ для открытых судов.
- в любом случае, надводный борт должен быть не менее 0,2 м.

Предлагаемый подход позволяет систематизировать требования к надводному борту, и удобен тем, что практически полностью учитывает требования ISO и специфику поведения малых судов на волнении.

ВЫВОДЫ

Установлено, что для малых судов масштаб взаимодействия со стихией отличается от такового для крупных судов, что требует иных подходов к назначению высоты надводного борта.

Требования PPP [19] к надводному борту неадекватно отражают специфику малых судов, в характерном

для них диапазоне длин волн L/λ . По большому счету, такой подход применим только для судов значительной длины $L \gg \lambda$, что справедливо для крупных судов, но не для малых.

Требования РС/ГМ [18] в части надводного борта также недостаточно достоверно отражают закономерности изменения характеристик малых судов, и главное подразумевают формализованный подход к оценке архитектуры и водонепроницаемого контура судов, в который современные малые суда не вписываются.

При разработке правил часто ставится задача обеспечения преемственности с действовавшими ранее документами. Однако говорить об обеспечении преемственности вновь разрабатываемых правил для малых судов с имеющимися правилами РС и PPP некорректно, поскольку изначально эти правила не предназначены для судов рассматриваемого типа и размера (рис. 7).

Сложность формализации требований Правил РС к малым судам в части надводного борта, закрытый и остекления приводит к предъявлению неадекватных и подчас абсурдных требований. В частности, к этому характеру ввиду «проницаемости» остекления и двери инспектором БФ РС было предъявлено требование установить шпигаты для удаления воды из рубки-салона, что, очевидно, наоборот повышает вероятность заливания и на судах подобного размера и компоновки никогда не применяется.

При разработке правил для малых судов предлагается использовать подходы современных стандартов ISO и SCV Code, наиболее достоверно отражающие специфику малых судов. Заметим, что это уже частично сдела-



Рис. 7. 10-метровый катер проекта «Patrol 1000»

но в имеющихся правилах РС/МПС [17], однако не обошлось без сомнительных «скрещиваний» «малых» правил с «большими».

Как альтернативный вариант, может быть применена диаграммы типа приведенных на рис. 6, для назначения высоты надводного борта F малых судов при известных $h_{3\%}$, L .

К разработке нормативных документов необходимо привлекать практикующих специалистов малого судостроения, имеющих опыт применения правил (в том числе, и современных зарубежных) к конкретным проектам, и имеющих базу — ранее разработанные проекты, программное обеспечение, задел опытно-конструкторских работ — для проверки вновь предлагаемых подходов. К чему приводит разработка правил силами разработчиков без соответствующего опыта, видно на примере Технического регламента по малым судам [20], который, например, в части остойчивости и непотопляемости полностью непригоден для использования — отличный пример пагубности такого подхода.

В любом случае, автор надеется, что приведенный в статье систематизированный обзор окажется полезным

как разработчикам правил, так и представителям КО для формулирования политики в области малых судов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Coles A.K. Heavy Weather Sailing. — Science Press, John De. Graff, Inc. — New York, 1975.
2. International Code of Safety for High Speed Craft (2000 HSC Code) — IMO, 2008 Edition.
3. International Convention on Load Lines. IMO, 1966/2003.
4. ISO12217-1 — Small Craft — Stability and Buoyancy Assessment and Categorization. International Standards Organization, 2012.
5. ISO12217-3 — Small Craft — Stability and Buoyancy Assessment and Categorization. International Standards Organization, 2012.
6. Nazarov A., Suebyiw P., Leeprasert A., Piamalung A., Surasorn M. Small Patrol Boats. — Design for Self-Righting, Damaged Ship II Conference, RINA, Jan 30—31, 2013, London, UK.
7. Nordic Boats Standard. — Det Norske Veritas Classification, NBS 1990.
8. Rules for Classification and Construction of High Speed Craft. — German Lloyd, 2012.
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. Suebyiw P., Piamalung A., Surasorn M., Wongkitrungrueng W., Nazarov A. Application of Radio-Controlled Model Testing for Design of High Speed Craft. — China International Boat Show & High Performance Marine Vessels Conference (HPMV 2013), Shanghai — E01—1-9
11. Van Dorn W. G. Oceanography and Seamanship. — Dodd, Mead & Co., New York, 1974.
12. ГОСТ 19105—79. «Суда прогулочные гребные и моторные. Типы, основные параметры и технические требования».
13. Назаров А.Г. К вопросу о нормировании высоты надводного борта малых судов//Судовождение: Сб. науч. тр./Одесская нац. морская академия. — Вып. 8. — Одесса: ФЕНИКС, 2004. с. 77—81.
14. Он же. Особенности проектирования малых катамаранов прогулочного, коммерческого и специального назначения// Судостроение. —2011. — № 4 (797). — С. 12—17.
15. Он же. Совершенствование мореходных качеств и повышение безопасности малых судов//Судоходство — 2004. № 4—6. — С. 30—31.
16. Правила классификации и постройки высокоскоростных судов. Российский Морской Регистр судоходства, 2008.
17. Правила классификации и постройки малых прогулочных судов /Российский Морской Регистр судоходства, 2009.
18. Правила о грузовой марке морских судов /Российский Морской Регистр судоходства, 2010.
19. Правила Речного Регистра России, т. 1—4, 2010.
20. Технический регламент о безопасности маломерных судов. ТР ТС 026/2012. ■

ALBATROSS MARINE DESIGN
 Albatross Marine Design Co., Ltd Rattakit Building
 29/13 M9 Sukhumvit Rd., Nongprue, Banglamung, Chonburi
 20150 THAILAND
 P: +66 (0)38416881 F: +66 (0)38416882
 www.amdesign.co.th info@amdesign.co.th

www.amdesign.co.th

Albatross Marine Design — это крупнейшее «катерно-яхтенное» КБ Азиатско-Тихоокеанского региона, специализирующееся на судах прогулочного, коммерческого и специального назначения. Мы осуществляем полный цикл проектирования малых и высокоскоростных судов из композитных материалов и алюминия, от первых дизайнерских эскизов ... до компьютерного раскроя корпуса и спецификаций оборудования. На сегодняшний день, нами реализовано около 60 проектов судов длиной от 3 до 30м, построенных и эксплуатирующихся в странах Азии, Европы, Африки, Австралии и Океании. Накоплен большой опыт создания судов катамаранного типа, составляющих около 50% от общего количества разрабатываемых нами проектов. Оригинальные и инновационные подходы, проводимые нами исследования и опыт работы в различных регионах мира позволяют нам создавать проекты современных и эффективных судов по самым высоким стандартам.

Certified by: Members of: