

## НОВЫЙ ОБЛИК СУДОВ НА ПОДВОДНЫХ КРЫЛЬЯХ ДЛЯ РЕК СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

М. Э. Францев, канд. техн. наук, e-mail: gepard629@yandex.ru, И. В. Чуднов, главный конструктор НОЦ «НМКН»<sup>1</sup>, e-mail: chudnovi@yandex.ru

УДК 629.12.001

Долгосрочные интересы Российской Федерации определяют важнейшую роль территорий Сибири и Дальнего Востока в развитии страны вследствие их географического положения и значительного ресурсного потенциала. Экономика России в целом, без использования ресурсов Сибири и Дальнего Востока, нормально функционировать не сможет, тем более, что государство уже затратило огромные средства и усилия многих поколений на освоение этого региона.

Развитие транспортного комплекса в долгосрочной перспективе во всех сценариях рассматривается как один из ключевых факторов обеспечения динамики экономического роста Сибири и Дальнего Востока. Водный транспорт и естественные водные пути — это экономически выгодный и надежный ключ к природным кладовым этого региона, запасы которых, по прогнозным оценкам, в XXI веке станут едва ли не основной сырьевой базой планеты.

Подавляющее большинство скоростных перевозок пассажиров на внутреннем водном транспорте Сибири и Дальнего Востока относятся к социально значимым перевозкам, выполняемым для удовлетворения жизненно важных потребностей населения региона. По ряду обстоятельств скоростной флот за последние десятилетия стал нерентабельным. По этой причине суда постепенно выводились из эксплуатации или продавались, а пассажирские линии закрывались. В результате на сегодняшний день эксплуатируется только 10—15% скоростных пассажирских судов, а объем пассажирских перевозок

снизился в 4—5 раз по сравнению с уровнем 1990 г. [1—3].

По-прежнему основной объем скоростных пассажирских перевозок внутренним водным транспортом во всех бассейнах рек Сибири и Дальнего Востока приходится на долю судов на подводных крыльях (СПК). По результатам анализа структуры скоростных перевозок (рис. 1) можно видеть, что основная нагрузка приходится на СПК пр. 342Э «Метеор», пр. 352 и 03521 «Восход» и пр. 17091 «Полесье». Среди судов остальных проектов часть перевозок приходится на СПК пр. 340МЕ «Ракета» и пр. 342ЭМ «Комета».

Одной из важнейших проблем существующей системы скоростных пассажирских перевозок внутренним водным транспортом в бассейнах рек Сибири и Дальнего Востока является катастрофическое старение скоростного флота и отсутствие системы его обновления. Действующие скоростные пассажирские суда построены еще в советские годы. Свыше 75% скоростных судов име-

ют срок службы более 35—40 лет при нормативном сроке службы, определенном при их постройке, 18 лет. Скоростные пассажирские суда требуют ежегодно увеличивающихся затрат на ремонт, что связано прежде всего с их большим физическим износом. Состояние скоростного пассажирского флота по своим техническим и эксплуатационным параметрам подошло к критическому уровню. В течение ближайших пяти лет действующий скоростной флот Сибири и Дальнего Востока полностью выработает свой ресурс и должен быть заменен [1—3].

При этом уже сейчас понятно, что в долгосрочной перспективе скоростной пассажирский внутренний водный транспорт останется безальтернативным видом сообщений для огромных территорий, расположенных в бассейнах всех основных сибирских рек. Он по-прежнему будет решающим фактором сохранения населенных пунктов, расположенных на внутренних водных путях, так как прекращение пассажирских перевозок ведет к нарушению культурных связей районов, природных населенных пунктов, нарушению общения и изоляции населения, лишению транспортных коммуникаций. Прекращение пассажирского сообщения, как правило, ведет к исходу местного населения из населенного пункта. В качестве примера можно привести поселок Нижнеянк в Республике Саха (Якутия). В нем после прекращения регулярного пассажирского сообщения численность населения уменьшилась более чем в 8 раз и сейчас составляет чуть более 300 чел. При этом капитальные вложения для организации скоростных пассажирских перевозок по внутренним водным путям имеют стоимость в разы меньшую по сравнению с железнодорожным и автомобильным транспортом [1—3].

На фоне стремительного роста цен на энергоносители речные пассажирские перевозки практически повсеместно убыточны. Рост тарифов на пассажирские

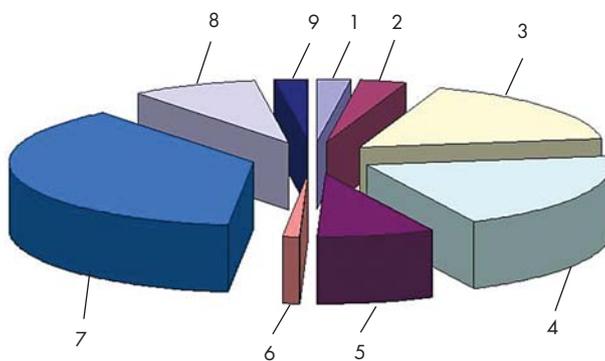


Рис. 1. Структура скоростных перевозок (пассажиро-километры), реализуемых судами различных проектов во всех бассейнах: 1 — глиссер А-45; 2 — АСВП «Арктика»; 3 — СПК «Восход»; 4 — глиссер «Заря»; 5 — СВК «Линда»; 6 — АСВП «Марс-2000»; 7 — СПК «Метеор»; 8 — СПК «Полесье»; 9 — остальные проекты

<sup>1</sup> НОЦ «НМКН» — инжиниринговый научно-образовательный центр «Новые материалы, композиты и нанотехнологии» МГТУ им. Н. Э. Баумана (совместно с ФГУП ГНЦ РФ «ВИАМ»).

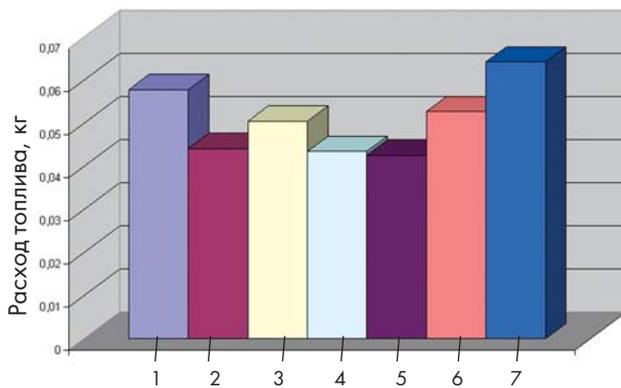


Рис. 2. Расход топлива на перевозку одного пассажира на 1 км пути для СПК и глиссера А-45-1:  
1 — СПК «Ракета»; 2 — СПК «Метеор 2000»; 3 — СПК «Метеор»; 4 — СПК «Комета»; 5 — СПК «Восход»; 6 — СПК «Полесье»; 7 — глиссер А-45-1

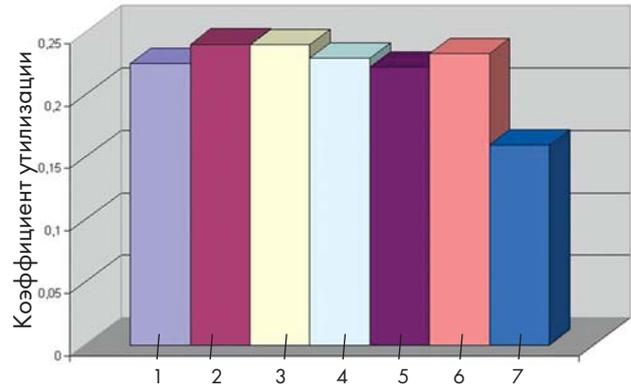


Рис. 3. Коэффициент утилизации по полезной нагрузке (пассажиры с багажом) для СПК и глиссера А-45-1:  
1 — СПК «Ракета»; 2 — СПК «Метеор 2000»; 3 — СПК «Метеор»; 4 — СПК «Комета»; 5 — СПК «Восход»; 6 — СПК «Полесье»; 7 — глиссер А-45-1

перевозки сдерживается низким уровнем жизни населения. Отсутствие финансовых возможностей у судостроительных компаний Сибири и Дальнего Востока не оставляет надежды на развитие и обновление скоростного пассажирского флота в ближайшей перспективе без помощи государства, так как даже крупные судостроительные компании работают с рентабельностью до 10% и не могут сформировать необходимые фонды [1–3].

В условиях рыночной экономики органам государственной власти Сибири и Дальнего Востока приходится решать проблему доставки пассажиров из числа местного населения в населенные пункты, расположенные на магистральных, малых и боковых реках, через целевые комплексные программы государственной поддержки. Это связано с тем, что, как было сказано выше, пассажирское сообщение в ряде случаев определяет саму возможность существования населенного пункта. Поэтому подавляющее большинство скоростных перевозок пассажиров внутренним водным транспортом в бассейнах рек Сибири и Дальнего Востока относятся к социально значимым перевозкам, дотируемым и субсидируемым из бюджетов различных уровней.

В ряде случаев органы государственной власти, кроме вопросов дотирования и субсидирования собственно перевозок, вынуждены принимать на себя финансовую сторону вопросов содержания и ремонта имеющегося скоростного флота, включая приобретение и замену главных двигателей, а также приоб-

ретение нового флота. При этом вопросы обоснования необходимых эксплуатационных характеристик вновь приобретаемых судов решаются не всегда на должном уровне.

В Енисейском речном бассейне государственной компанией — оператором пассажирских перевозок «ПассажирРечТранс» проводится целенаправленное свертывание эксплуатации судов на подводных крыльях. При этом декларируются имеющиеся, якобы, эксплуатационные и экономические преимущества глиссирующих судов типа А-45-1 перед СПК.

Для проверки этого тезиса был выполнен сравнительный анализ интегрированных расходных характеристик СПК различных проектов и глиссирующего судна А45-1 в виде расхода топлива на перемещение одного пассажира на 1 км пути:

$$P_{\text{пасс}} = qN/pv,$$

где  $N$  — мощность главных двигателей, кВт;  $q$  — удельный расход топлива двигателей на номинальном режиме, кг/(кВт·ч);  $v$  — эксплуатационная скорость, км/ч;  $p$  — пассажироместимость, чел.

Для выполнения сравнительного анализа в группу судов кроме серийных СПК пр. 340МЕ, 342Э, 342ЭМ, 352 (03521), 17091 с двигателями М400, М401 завода «Звезда» были дополнительно включены два судна постройки Зеленодольского судостроительного завода последних лет. Одно из них — это СПК «Метеор-2000», которое в настоящее время на территории Сибири и Дальнего Востока не эксплу-

атируется. СПК «Метеор-2000» оснащено двумя двигателями DEUTZ TBD616V16 с редукторами ZF. Второе судно, включенное в группу СПК для выполнения сравнительного расчета, — глиссер А-45-1 с двумя двигателями MTU 16V2000M72, установленными на этом судне. Проектные характеристики судов были взяты из открытых источников. Удельные расходные характеристики всех двигателей получены от их производителей.

При оценке результатов сравнительного анализа расхода топлива на перевозку одного пассажира на 1 км пути (рис. 2) можно заметить, что наиболее совершенным судном по этому показателю является СПК «Восход». Это судно второго поколения СПК, и оно очень хорошо оптимизировано при проектировании. Глиссер А-45-1 имеет расход топлива на перевозку одного пассажира на 1 км пути на 50,8% больший. На втором месте следует СПК «Комета» и СПК «Метеор-2000» с двигателями DEUTZ TBD616V16. По сравнению с их расходами топлива глиссер А-45-1 имеет расход, больший на 47,7 и 41,8% соответственно. Следом за ними по анализируемому показателю идет СПК «Метеор» со шатными двигателями М-400, расход которого глиссер А-45-1 превышает на 27%. Он уступает даже мелкосидящему СПК «Полесье», предназначенному для эксплуатации в условиях мелководья, и СПК «Ракета», проекту которого скоро исполнится 60 лет.

Результаты сравнительного анализа объяснимы. Суда на подводных крыльях по физическому принци-

пу движения превосходят глиссирующие суда благодаря снижению сопротивления движению. С точки зрения физики они имеют более высокий КПД использования энергии на перемещение. Поэтому самые совершенные глиссеры не могут быть более совершенными, чем СПК в рассматриваемом скоростном диапазоне 60–70 км/ч. Именно этому обстоятельству СПК и обязаны своим рождением, ибо к моменту их создания глиссирующие корпуса человечество сумело усовершенствовать до предела.

С точки зрения совершенства гидродинамики, прочности и технологии изготовления корпусных конструкций СПК также вне конкуренции, о чем свидетельствует их высокий коэффициент утилизации по полезной нагрузке (степени эффективности использования водоизмещения). Результаты сравнительного анализа этой величины приведены на рис. 3.

Современные проблемы с эксплуатацией СПК связаны в первую очередь с недостаточно высоким качеством двигателей М400 и М401, устанавливаемых на них. С началом эпохи реформ было утрачено централизованное производство по серийному ремонту этих судовых двигателей в городе Тольятти, которое производило, в том числе, капитальный ремонт двигателей М-400 и М-401 для скоростных судов всех бассейнов.

В то же время замена устаревших двигателей М-400 и М-401 на СПК современными двигателями позволяет получить совершенное судно с высокими эксплуатационными качествами. Об этом свидетельствует пример установки на СПК первого поколения «Метеор» двигателей DEUTZ TBD616V16. После этого СПК «Метеор» стало обладать расходными характеристиками, сопоставимыми с СПК второго поколения «Восход».

Почему столь важными представляются расходные характеристики скоростных пассажирских судов?

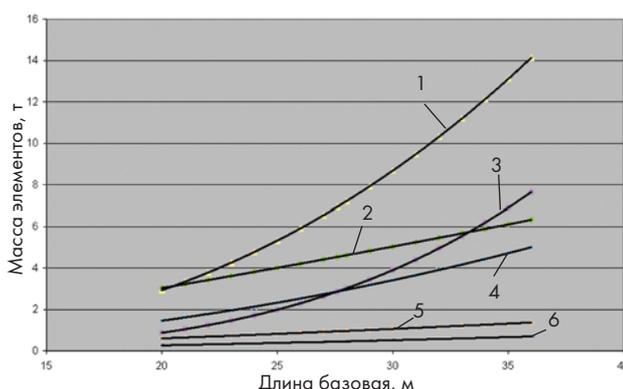


Рис. 4. Изменение основных статей нагрузки масс СПК по интервалу базовой длины: 1 — масса корпуса; 2 — масса механизмов; 3 — масса крыльцевого устройства; 4 — масса оборудования; 5 — масса дельных вещей; 6 — масса систем

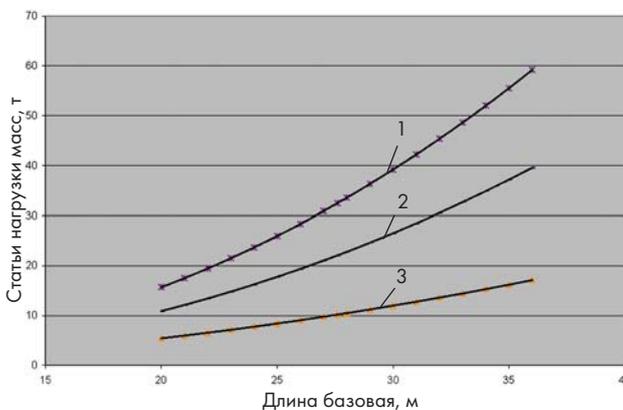


Рис. 5. Изменение полной массы (1), водоизмещения порожнем (2) и дедвейта (3) СПК по интервалу базовой длины

Доходная составляющая работы судна образуется за счет приобретения пассажирами проездных документов по тарифам, непосредственно связанным с дальностью перевозки. Как правило, с увеличением дальности тариф изменяется нелинейно, так что цена проезда, отнесенная к единице расстояния, снижается. При этом подавляющее большинство скоростных перевозок внутренним водным транспортом Сибири и Дальнего Востока относятся к социально значимым перевозкам, по которым фиксируются максимально допустимые величины тарифов на перевозку в силу их дотационности, т. е. тариф на перевозку ограничен сверху. При этом на всех социально значимых маршрутах дотируется стоимость перевозки одного пассажира на единицу расстояния (как правило, на 1 км). Размер дотации с увеличением дальности перевозки не изменяется. Кроме того, согласно открытым источникам, около 50–60% расходов доходных компаний составляют

расходы на топливо для флота [1–3.]

Таким образом, повышение доходности скоростных пассажирских перевозок внутренним водным транспортом в большой степени связано с минимизацией расходных характеристик скоростных судов и количеством перевезенных пассажиров.

Вывод о преимуществах СПК в имеющейся системе пассажирских перевозок Сибири и Дальнего Востока перед другими типами судов подтверждается их широким распространением во всех других бассейнах: Обь-Иртышском, Ленском, Байкало-Ангарском и Амурском. Эти СПК осуществляют пассажирские перевозки на внутренних водных путях различных разрядов (по классификации Российского речного регистра) — «Л», «Р», «О» и даже по всему озеру Байкал, имеющему разряд «М».

По оценке органов государственной власти, одной из важнейших проблем в работе внутреннего водного транспорта является техни-

ческое и технологическое отставание транспортной системы пассажирских перевозок в Сибири и на Дальнем Востоке от требований времени и сложившейся экономической ситуации. На низком уровне остается транспортно-экспедиционное обслуживание населения.

Необходимость создания новых пассажирских судов для скоростных перевозок известна и актуальна. Производственная и технологическая база судостроительных и судоремонтных предприятий обновляется, однако наблюдается существенный недостаток в новых проектах судов.

В настоящее время специалисты речного флота и судостроители доказывают и обосновывают необходимость возрождения и развития в России флота судов на подводных крыльях, который по ряду причин был в большой степени утрачен в предыдущие десятилетия.

Развитие скоростных пассажирских перевозок в бассейнах рек Сибири и Дальнего Востока в первую

очередь связано с необходимостью создания более совершенных и экономичных скоростных судов. При этом, учитывая вышеизложенное, речь должна идти об одновременной разработке ряда СПК нескольких размеров, т. е. о типоразмерном ряде.

На фоне массового субсидирования скоростных пассажирских перевозок, имеющих социально значимый характер, при разработке технических требований к СПК целесообразно сделать акцент на максимально возможном повышении характеристик их экономичности при обеспечении характеристик безопасности. Поэтому к весовой эффективности судов этого типа предъявляются повышенные требования.

Известно, что современные стандарты проектирования предусматривают последовательное снижение затрат на такие наиболее дорогие и сложные разделы проекта, как разработка гидродинамического комплекса, а также прочностные расчеты, которые реализуются на базе единожды выполненных научных исследований и накопленного опыта эксплуатации. Этим же обусловлена все более широкая замена при разработке проекта натурного эксперимента численным расчетом. При этом судно должно обладать сбалансированной совокупностью эксплуатационных качеств, отвечающих ожиданиям потенциальных заказчиков. Поэтому в современных условиях быстрого технологического развития экономики весьма остро стоит вопрос об оптимизации конструкции скоростного малотоннажного судна (в частности, СПК), проектирование которого ограничено ресурсами, когда у разработчика нет возможности искать оптимальное решение методом проб и ошибок.

В этой связи может быть применена вариативная модель проектирования, опирающаяся на использование параметрических методов. Она позволяет проектировщику в рамках экономической целесообразности быстро переходить от одного размера судна к другому, связывая конструктивные элементы судна и определяющие их параметры посредством проектных ограничений, накладываемых условиями эксплуатации. Накладывая и удаляя такие ограничения, а также изменяя значе-

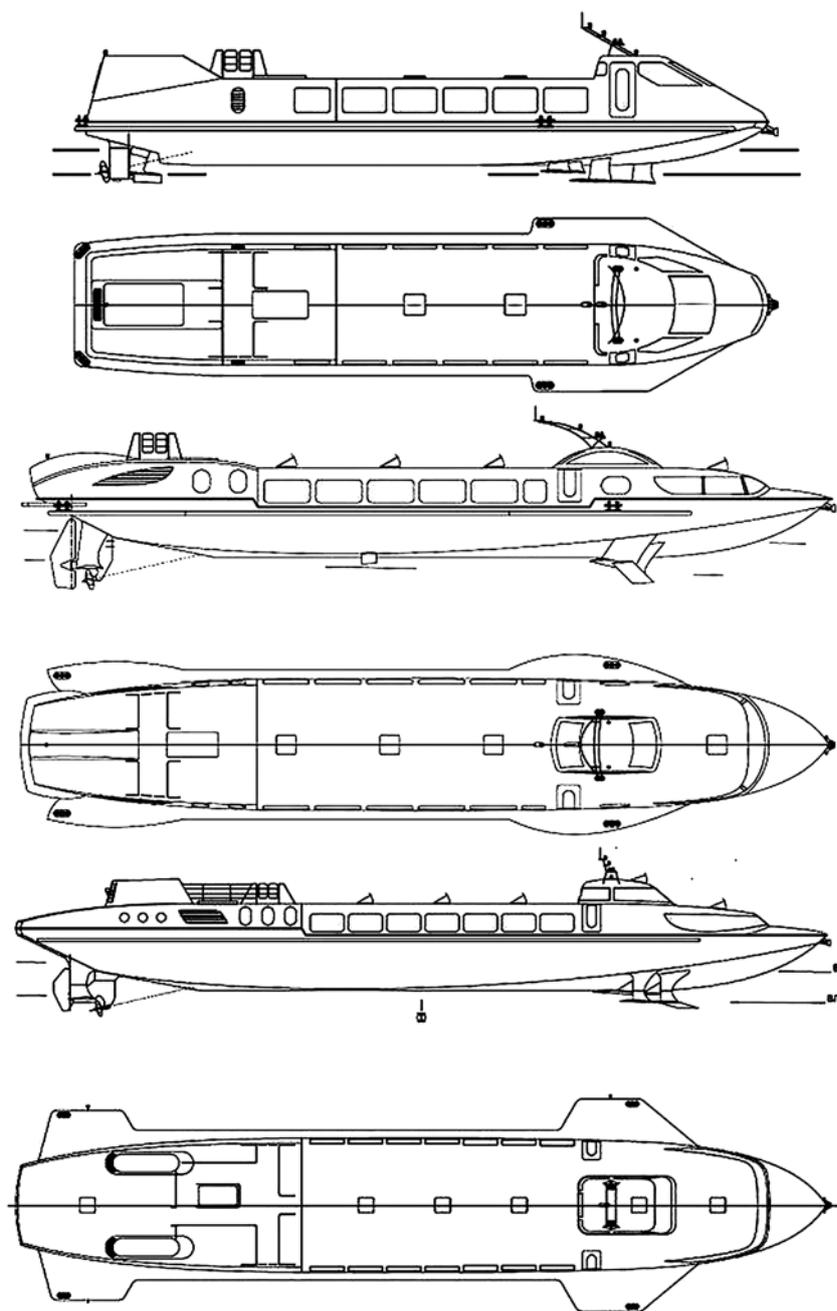


Рис. 6. Варианты внешнего проектного вида СПК нового поколения для рек Сибири и Дальнего Востока

ния параметров, разработчик может изменять элементы проектируемого судна (рис. 4–5) [4, 5].

Представляется целесообразным при создании типового ряда СПК нового поколения использовать подходы, много лет применяемые в авиации. Они заключаются в том, чтобы в максимально возможной степени использовать отечественный опыт и достижения в области проектирования и постройки СПК, сохранив их архитектурно-компоновочную, аэро-гидродинамическую и прочностную схемы. Ряд конструк-

ций корпусов и крыльевых устройств отечественных СПК в процессе длительной эксплуатации подтвердили свои высокие характеристики прочности и долговечности. Таким образом, имеется достаточно большой объем проектных и конструктивно-технологических решений, который может быть воспроизведен в элементах СПК нового поколения.

Следует отметить, что достижение необходимых характеристик весовой эффективности СПК для Сибири и Дальнего Востока затруднительно без широкого применения в

конструкции судна современных композиционных материалов, включая изготовление из них крупных элементов корпуса. Современное развитие отечественной науки и производства позволяет изготовить необходимые элементы верхней части корпуса СПК на базе технологий вакуумной инфузии и других передовых технологий с обеспечением требуемых весовых и прочностных параметров.

Созданные с использованием данных принципов корпуса с крыльевыми устройствами необходимо насытить новым совершенным оборудованием, включая главные двигатели, имеющим существенно меньшую массу, чем его аналоги прошлого века. Это оборудование, безусловно, будет иметь существенно более высокие эксплуатационные качества, включая экологические кондиции (рис. 6).

Образовавшаяся экономия массы отдельных статей нагрузки СПК частично может быть использована для повышения его полезной нагрузки и улучшения других эксплуатационных характеристик, включая повышение дальности действия, а оставшаяся часть экономии полной массы судна обеспечит скоростному судну повышенные характеристики экономичности и долговечности.

Приведенные выше соображения показывают принципиальную возможность создания на базе отработанных архитектурно-компоновочных, аэро-гидродинамических, прочностных, а также других конструктивных и технологических решений семейства СПК нового поколения пассажироместимостью 60—140 чел. с крупными элементами из композиционных материалов, оснащенных современными двигателями и другим оборудованием. Эти суда

по своим эксплуатационным и экономическим характеристикам окажутся вне конкуренции на внутренних водных путях Сибири и Дальнего Востока и сумеют обеспечить в этом регионе скоростные пассажирские перевозки на долгие годы.

#### Литература

1. Виниченко В. А. Уроки использования речного транспорта в решении крупных проблем хозяйственного освоения Сибири // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2007. № 1.
2. Зачесов В. П. Проблемы водного транспорта Сибири // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2012. № 1.
3. Рагулин И. А. Речной транспорт Сибири в переходный период // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2012. № 2.
4. Пашин В. М. Оптимизация судов. Л.: Судостроение, 1983.
5. Францев М. Э. Использование параметрических методов на ранних этапах разработки проекта судна из композитных материалов // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2014. № 1.

## ПРИМЕНЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МНОГОКОРПУСНЫХ СУДОВ, КОРАБЛЕЙ И КАТЕРОВ<sup>1</sup>

В. А. Дубровский, докт. техн. наук,  
e-mail: multi-hulls@yandex.ru

УДК 629.5.022.2/3

Расширение практического применения судов, состоящих из двух одинаковых корпусов обычных обводов, издавна называющихся катамаранами, в коммерческом и техническом флоте началось после второй мировой войны. В то же время приступили к строительству полупогружных платформ (объектов с малой площадью ватерлинии) для исследований и добычи полезных ископаемых в морях и океанах.

В последней четверти прошлого века появились объекты, состоя-

щие из центрального (основного) корпуса и одного—двух малых бортовых корпусов, «аутригеров», называемые за рубежом «проа» (один аутригер) и «тримаранами» (два аутригера). Тогда же началось и практическое применение двухкорпусных объектов с малой площадью ватерлинии.

Последней вехой в расширении использования многокорпусных плавсредств стало их внедрение в военные флоты. Сначала в КНР появились «рассекающие волны» ка-

тамараны в качестве ракетных катеров, затем в США были построены быстроходный корвет-катамаран, а также головной (в запланированной серии) корабль с аутригерами.

Существующий сегодня достаточно обширный натурный, экспериментальный и методический опыт позволяет показать возможные направления дальнейшего совершенствования многокорпусных объектов самого разного назначения для расширения их эффективного применения.

**Основные итоги практического применения.** За более чем полвека было построено множество многокорпусных объектов (судов, катеров, кораблей и плавучих буровых платформ) различного назначения [1—3]:

- тысячи малотоннажных судов и катеров (туристских, прогулочных, спортивных, спасательных, рыболовных и т. д.);

- сотни скоростных пассажирских и автомобильно-пассажирских паромов (сегодня около 70% скоростных пассажирских и автомобильно-пассажирских паромов — катамараны);

- сотни буровых и вспомогательных платформ с малой площадью ватерлинии;

- десятки судов с малой площадью ватерлинии (СМПП) как исследу-



Рис. 1. Автомобильно-пассажирский «рассекающий волны» катамаран австралийской постройки

<sup>1</sup>По материалам доклада автора на международной конференции, состоявшейся в рамках выставки «Нева-2013», 24—27 сентября 2013 г., Санкт-Петербург.