

Обводы быстроходных катеров

Сергей Рюмин

история и перспективы

Более 130 лет прошло с того момента, когда возникла идея глиссирования. В 1872 г. в Великобритании пастор Ремус предложил Адмиралтейству концепцию плоскодонного скользящего корабля. Но любая идея требует для своего практического воплощения времени, и вот, спустя 13 лет, в 1885 г. во Франции появился первый опытный образец глиссера маркиза Д'Аламбера. Эту дату можно считать отправной точкой для рассмотрения истории развития скоростных судов с динамическими принципами поддержания (т. е. вес которых компенсируется не только архимедовой силой, но и динамическими силами, возникающими во время движения). Д'Аламбер продолжил свои исследования, и к началу XX в. инженерная мысль привела к появлению аэроглиссеров, затем катамаранов, рекордных реданных катеров. Был дан старт гонке за скоростью на воде. Уже в предвоенное время, в 30-е гг., пассажирские катера развивали 80 км/ч (катер «Экспресс», СССР). Что же происходило далее на протяжении 80 лет, если и сейчас скорость в 70–80 км/ч считается условным пределом для пассажирских нерекордных глиссирующих судов? Попробуем осмыслить результаты технического прогресса в этом направлении.

«Мореходность–ходкость»: поиск «золотой середины»

Большинство современных малых катеров двигаются со скоростями, со-

ответствующими переходному или глиссирующему режиму. Что такое «глиссирование»? Возьмем за основу определение из «Справочника по малотоннажному судостроению» под ред. Б. Мордвинова: «Физическая сущность режима глиссирования состоит в уменьшении сопротивления воды движению судна за счет всплытия его корпуса под действием гидродинамической подъемной силы, образующейся на днище от скоростного напора воды».

Если исходить из этого определения, идеально подходящими для скольжения являются обводы с развитами плоскими поверхностями, которые имеет классический «джонбот» (рис. 1). Лодка такого типа легко выходит на глиссирование и стабильно сохраняет этот режим движения на тихой воде. Однако в ее главном недостатке кроется причина дальнейших 80-летних исследований в области глиссирующих судов, отодвинувших на второй план проблему увеличения скорости хода. Недостаток этот – низкая мореходность, выраженная в возможной неустойчивости режима глиссирования, а также значительных перегрузках и сильнейших ударах в носовую часть при движении на волнении. При улучшении гидродинамического качества (отношение водоизмещения к силе сопротивления воды движению судна) неизбежно падает мореходность (рис. 2). Если же мы стремимся улучшить мореходность – снизить силу ударов за счет уменьшения площади или снижения эффективности



несущей поверхности – то это практически всегда приводит к ухудшению характеристик ходкости, т. е. к снижению скорости, затруднению выхода на режим глиссирования, а значит, требуется более мощный двигатель.

Таким образом, главным становится поиск «золотой середины» или компромисса между мореходностью и ходкостью, т. е. нахождения оптимальной формы глиссирующих обводов (рис. 3).

Время поиска новых форм обводов

Это и стало основной задачей проектировщиков катеров практически в течение всего XX в. Принятие решений происходило в основном методом «проб и ошибок», когда смелая мысль, например, идея «морского ножа» Питера Пейна, отработывалась в течение нескольких лет на реальных построенных образцах катеров. Ошибки иногда стоили жизни или в лучшем случае целого состояния изобретателей.

После успешного выхода в море судна Д'Аламбера практически сразу появились плоско-килеватые обводы, «закрученное» днище и, наконец, реданные катера (рис. 4). Последние стали настоящим прорывом, так как позволяли судам со сравнительно маломощными по сегодняшним меркам моторами достигать высоких скоростей и примерно на 40 лет прочно заняли лидирующие позиции.

Считается, что «закатом» эпохи реданных катеров стала Вторая мировая

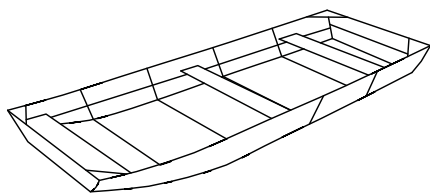


Рис.1. Лодка с обводами типа «джонбот»

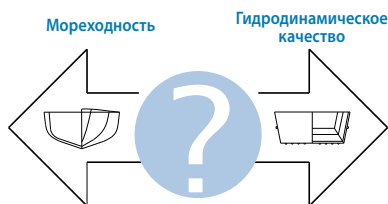


Рис.2. Поиск компромисса между ходкостью и мореходностью

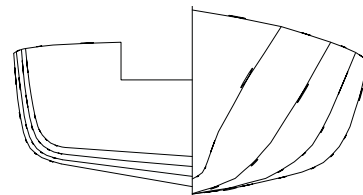


Рис.3. Обводы мореходной мотолодки «Белуха» (Д. Курбатов)

война, когда опыт их эксплуатации выявил недостатки, связанные с движением по взволнованному морю (во время войны часто приходилось выходить в море, несмотря на погодные условия). Наступило время поиска оптимальных форм корпуса для обеспечения приемлемой мореходности без значительного ухудшения характеристик ходкости. Рассмотрим самые известные ключевые шаги в развитии форм скоростных катеров.

Что же изменилось с 1979 г.? Какие новые формы обводов появились? Анализ публикаций*, в том числе зарубежных, не дал каких-либо ясных ответов. С одной стороны, исследования все-таки проводились, выдавались патенты на новые формы обводов, а с другой – большинство эксплуатирующихся и строящихся сегодня скоростных катеров имеют обводы типа «глубокое V». Усилия ученых и проектировщиков направлены в основном на совершенствование элементов признанных форм обводов и приспособление их к конкретным условиям эксплуатации. Наряду с этим, в последние 20 лет происходит настоящий «бум» скоростного судостроения и резкий скачок размерений скоростных судов. Если в 70-е и в начале 80-х гг. пассажирские и автомобильно-пассажирские паромы практически без исключений имели обводы для движения в водоизмещающем режиме, то теперь массово строятся скоростные глиссирующие и полуглиссирующие автомобильно-пассажирские паромы.

Однокорпусники – катамараны – тримараны: что лучше?

Более половины крупных скоростных судов сегодня – катамараны, однако классические глиссирующие однокорпусники не сдают позиций. Это объясняется прежде всего пониженной стоимостью таких судов, хотя в ряде случаев и по мореходности они оказываются лучше катамаранов и тримаранов. Важная характеристика пассажирского судна – его «работоспособность» («operability»), т. е. способность безопасно и комфортно перевозить пассажиров, определяе-

мая как отношение ходового времени ко времени вынужденного простоя. Сравнение по этому показателю трех эквивалентных по грузоподъемности и скорости судов – однокорпусного, катамарана и тримарана – показывает, что каждая из форм обводов имеет свои плюсы и минусы с точки зрения мореходности. Однокорпусное судно испытывает наибольшие перегрузки при ходе на волнении в диапазоне кормовых курсовых углов $30\text{--}70^\circ$, где тримараны и катамараны практически не снижают скорости хода (рис. 7). Последние при встречном и боковом волнении уже испытывают значительную бортовую качку, в то время как однокорпусное судно сохраняет режим умеренных перегрузок. Это происходит по причине избыточной поперечной остойчивости широких катамаранов и тримаранов.

Эксперты отмечают важный шаг в развитии многокорпусных судов – появление в 1984 г. «волнопронзающих» катамаранов, мост которых выполняется не плоским (при плоской форме моста он подвержен сильным ударам), а фактически третьим корпусом, висящим над поверхностью воды (рис. 6), что позволяет значительно снизить ударные перегрузки при ходе на волнении.

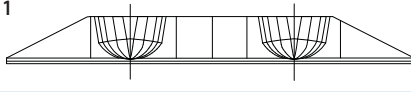

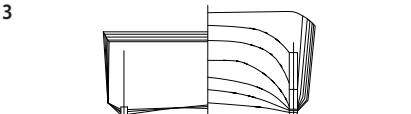
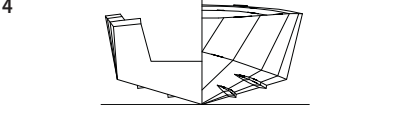
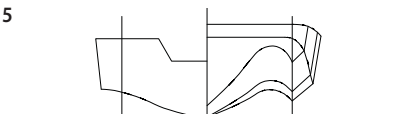

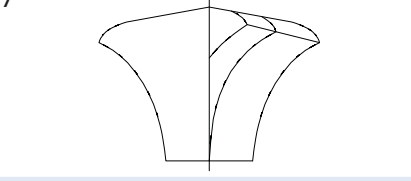
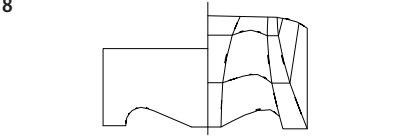
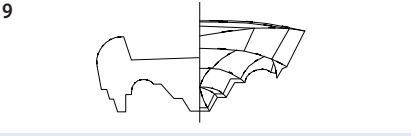
Тенденции и инновации

Вместе с ростом массовости в секторе скоростного судостроения стали появляться и новые технические решения, имеющие традиционные и для малотоннажных судов цели: облегчение выхода на расчетный режим движения и снижение перегрузок при ходе на волнении. Рассмотрим основные направления совершенствования морской техники.

Скоростной водоизмещающий режим. Хотя скоростные катера сегодня – в большинстве своем глиссеры, попробуем оценить возможность применения новых технических решений для повышения скорости за счет «отодвигания» границы перехода в режим чистого глиссирования.

Давно известно, что скорость судна можно повысить (или снизить сопротивление движению), увеличивая удлинение судна. Транспортные суда сегодня имеют отношение длины

Основные этапы появления новых форм обводов глиссирующих катеров XIX–XX вв.

1	
	Первый опыт Д'Аламбера, 1885. Применение эффекта глиссирования
2	
	Реданные катера (Генри Фобер), 1908. Существенное снижение сопротивления движению
3	
	Морские сани (Альберт Хикман), 1913. Пробраз глиссирующего катамарана
4	
	Обводы «глубокое V» (Раймонд Хант), 1949. Снижение ударных перегрузок на волнении
5	
	Кафедрал (Ричард Коул), 1960. Пробраз глиссирующего тримарана
6	
	Эйрслот (Ричард Коул), 1970. Увеличение килеватости поперечно-реданированного корпуса
7	
	Морской нож (Питер Пейн), 1971. Концепция «волнопронзающего» корпуса
8	
	Сани Фокса (Уффа Фокс), 1972. Использование достоинств удлиненных гидролыж
9	
	Обводы Блеггов (Рекс и Вуди Блегги), 1979. Исправление некоторых недостатков «Морского ножа»*

* В 1974 г. в «Кия» вышла в свет статья «Кафедралы. Эйрслоты. Тридины... Что еще?».

* Плюсы и минусы каждой из приведенных форм обводов были подробно рассмотрены в предыдущих номерах «Кия»



Рис. 4. Закрученное плоско-килеватое днище – 100 лет популярности («SDV-45», «Navatek Ltd»)



Рис. 5. Разновидность волнопронзающего корпуса «Ахе Вов» от «Damen Shipyards»



Рис. 6. «Волнопронзающий» катамаран «Joint Venture» (HSV-X1) U.S. Navy photo by Paul Farley.

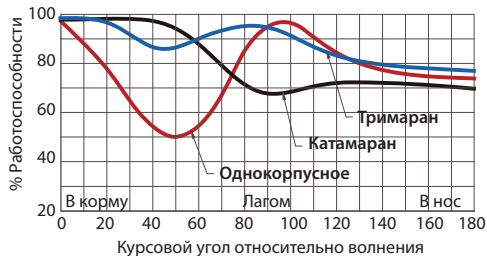


Рис. 7. Характеристика работоспособности скоростных судов разных типов



Рис. 8. Моторная яхта с аутригерами



Рис. 9. Скоростной паром со вспомогательными подводными крыльями

к ширине судна $L/B = 6-8$, скоростные боевые корабли – 8–11. Перспективным считается повышение значения удлинения до 15–20, однако при этом возникают проблемы с остойчивостью и продольной прочностью судна. Обеспечение прочности вызывает некоторое увеличение массы корпуса, что не так актуально для судов водоизмещающего режима, как для глиссеров. Проблему остойчивости предлагается решать применением аутригеров на скоростных катерах (рис. 8). Такие катера имеют высокую мореходность и приемлемый расход топлива при больших скоростях.

Минус аутригерной схемы – компоновочные проблемы: основной корпус недостаточно широк, мост между корпусами, по сравнению с классическими катамаранами и тримаранами, не так развит по длине судна, т. е. не хватает площади палубы. Недостаточно пока отработана форма обводов малых скоростных судов с аутригерами. Особого внимания требует форма поплавок, которые, с одной стороны, должны обеспечивать приемлемую остойчивость, а с другой – минимально влиять на курсовую устойчивость судна при кренах судна, так как на высоких скоростях резкий вход в воду поплавка одного борта может вызвать внезапное зарыскивание катера. Один из выходов – такое исполнение поплавок, когда на полном ходу они «зависают в воздухе» за ненадобностью, поскольку динамическая остойчивость глиссирующих судов выше, чем статическая (на стоянке).

Еще одним направлением совершенствования судов является создание их с малой площадью ватерлинии (СМПВ). Такие суда характеризуются высокой мореходностью, низким сопротивлением движению, большими площадями палуб для размещения пассажиров и оборудования. Однако сложность конструкции такого судна вызывает, как следствие, высокую их стоимость. Осложняется и эксплуатация СМПВ на акваториях с ограничением по осадке. Так, у СМПВ осадка может быть в 2–3 раза больше, чем у классического однокорпусника.

Достоинством катамаранов, по сравнению с однокорпусными и аутригерными судами, является возможность их аэродинамической разгрузки

на больших скоростях. Уже отмечалось, что подобный эффект наблюдается и на малых катерах, имеющих обводы типа «морские сани», «сани Фокса». К сожалению, математически он пока недостаточно исследован (применительно к малым судам), следует ожидать появления рекомендаций по выбору оптимальных соотношений главных размерений, выбору формы корпусов для максимальной реализации эффекта.

Продолжается поиск методов применения воздушной смазки и антифрикционных полимеров с целью снижения сопротивления трения, но пока существуют только экспериментальные суда с такими решениями.

Режим глиссирования. Практически все однокорпусные скоростные суда сегодня проектируются с плоско-килеватыми обводами, имеющими значительную, вплоть до 90° , килеватость в носу (см. рис. 4), и «закрученное» днище, практически плоское у транца. Носовая часть для снижения ударных нагрузок выполнена лекальной, гладкой, а в кормовой части появляются скула и развитые плоские поверхности. Сравнительно недавно фирма «Damen Shipyards» разработала разновидность «волнопронзающих» однокорпусников – судов с носовой частью «Ахе Вов» (рис. 5), которая, как заявлено, снижает перегрузки при ходе на волнении до 50% при незначительном снижении гидродинамического качества на скоростях более 35 уз. Очевидно, что при таком типе обводов удачно сочетается форма кормы, характерная для глиссирующих судов (так как для достижения высоких скоростей все равно приходится применять развитые плоские поверхности) и форма носа, присущая мореходным морским судам. Подобные нововведения – следствие широкого внедрения ЭВМ в проектные расчеты, что сделало возможной многопараметрическую оптимизацию обводов применительно к конкретным условиям эксплуатации катера.

Обводы типа «глубокое V» – самые распространенные сегодня (табл., 4). Около 50 лет прошло со времен первого упоминания об их применении, но до сих пор не было предложено ничего столь же революционного по своему влиянию на тенденции разви-

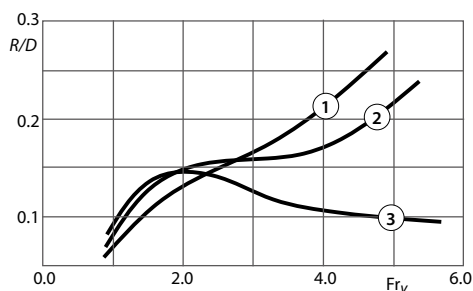


Рис.10. Кривые сопротивления глссера с обводами типа «моногедрон» (1), реданного глссера (2) и глссера с комбинированным поддержанием (3)

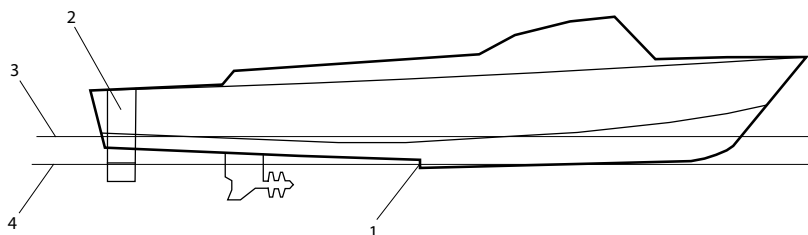


Рис.11. Схема комбинированного поддержания:

1 – носовой редан; 2 – кормовое подводное крыло; 3 – ватерлиния на стоянке; 4 – ходовая ватерлиния

тия скоростного флота. Однако катера с такой формой корпуса обладают относительно невысоким гидродинамическим качеством, правда, недостаток этот проявляется только на тихой воде. При ходе же на волнении они с меньшими перегрузками поддерживают высокую скорость (по сравнению с катерами с малой килеватостью).

Прочно заняли свою «нишу» поперечно-реданированные обводы, так как благодаря работам Клемента и Коула 60-х гг. XX в. они по-прежнему, как и сто лет назад, считаются перспективными. При сравнительно небольшой стоимости корпуса (сопоставимой с обычными плоско-килеватыми обводами), они дают преимущество в сопротивлении движению на больших скоростях. Сравнение кривых сопротивления реданного и безреданного глссеров показывает (рис. 10), что реданные катера имеют явно выраженный плоский участок на кривой сопротивления. Ведутся работы по облегчению выхода на редан, сохранению стабильного хода в широком диапазоне центровок и при ходе на волнении. Интересные результаты получены при использовании комбинации «носовой редан–кормовое крыло» (рис. 11), на графике участок кривой, где рост скорости практически не вызывает увеличения сопротивления, еще протяженнее, чем у реданных катеров (см. рис. 10).

Практически повсеместно применяются продольные реданы (табл., п.4), как в комбинации с поперечными, так и самостоятельно. Они позволяют улучшить остойчивость судна на ходу, демпфируют бортовую и килевую качки, снизить смоченную поверхность корпуса, а следовательно, и сопротивление движению судна, и все это ценой незначительного усложнения технологии постройки судна.

Механизация днища. Самые актив-

ные научные разработки в наши дни ведутся в направлении внедрения механизированных устройств, изменяющих характеристики глссирующего днища – управляемых интерцепторов, транцевых плит, вспомогательных крыльевых систем (рис. 9). Толчок этому дало бурное развитие систем автоматического управления. Согласно данным ЦКБ «Алмаз», интерцепторы позволяют снизить эксплуатационную мощность на величину до 25%. Кормовые транцевые плиты позволяют облегчить выход на расчетный режим движения, стабилизировать его, контролировать ходовой дифферент. Все перечисленное очень актуально не только для крупных судов, но и для небольших катеров, обычно работающих в широком диапазоне нагрузок и положений ЦТ.

Установка несущих подводных крыльев для восприятия полного веса катера применяется уже много лет. Внедряются «поддерживающие» крылья, которые работают зачастую совместно с поперечными реданами и эффективно воспринимают часть нагрузки при глссировании (рис. 11).

Интерцепторы и крыльевые системы успешно применяются для стабилизации судна и снижения ускорений, возникающих при ходе судна на волнении. Так, по разным данным, с помощью таких систем вертикальные перегрузки пассажирского судна можно снизить более чем на 40%; это немало, поскольку для такого типа судов комфорт пассажиров – главный фактор их конкурентоспособности.

Вплоть до последних лет применение систем механизации ограничивалось сложностью систем управления, поэтому такие системы ставились в основном на крупные суда. Теперь же тотальная минитюаризация электронных устройств привела к тому, что в смежной области – автомобилестро-

ении – практически все устройства от двигателя до тормозной системы, управляются электроникой. Ожидается широкое внедрение подобных устройств и на малых катерах. Как и в автомобиле, на них теперь установлены и источники электроэнергии, и гидравлические системы, т. е. все предпосылки к установке управляемых транцевых плит, крыльев и интерцепторов уже налицо, и действующие автоматические системы находят все большее распространение.

Выводы

Рассмотрев историю развития скоростного флота за последние 30 лет и проанализировав основные тенденции, можно сделать следующие выводы:

- научные разработки активнее всего ведутся в областях, связанных с интенсивно развивающимся флотом крупных скоростных судов. Большое количество технических решений, разработанных в этих направлениях, применимо и на малых катерах;
- обводы типа «глубокое V» и в ближайшие годы будут доминировать благодаря удачной совокупности эксплуатационных качеств, сочетаемых с простотой конструкции корпуса;
- возвращаются в эксплуатацию поперечно-реданированные обводы, незаслуженно обойденные вниманием катеростроителей в конце XX в.;
- имеет хорошие перспективы аутиригерная схема как удачный компромисс между однокорпусными и многокорпусными судами, их лучшими качествами;
- следует ожидать активного внедрения систем механизации на катерах как следствие широкого распространения компактных систем электронного управления.

В статье использованы фотографии и материалы конференций Fast-2001–FAST-2007, журнала «Кия» за 1964–2007 гг.