



ФГБОУ ВО "ТУМРФ имени адмирала С.О. Макарова"

И. С. Шапиро

САМЫЕ БЫСТРЫЕ КОРАБЛИ



СУДОСТРОЕНИЕ

Л.С. Шапиро

САМЫЕ БЫСТРЫЕ КОРАБЛИ

Издание второе, переработанное и дополненное

ФГБОУ ВО "ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова"



Ленинград
„Судостроение”
1989

ББК 68.66
Ш23
УДК 629.12.072

Рецензент канд. воен. наук В. П. Кузин

Научный редактор С. Б. Колызаев

Шапиро Л. С.

Ш23 Самые быстрые корабли.— 2-е изд., перераб. и доп.— Л.: Судостроение, 1989.— 128 с., ил.

ISBN 5-7355-0009-0

В популярной форме рассказывается о борьбе за повышение скорости кораблей со времен парусного флота до наших дней, наиболее значительных эпизодах в истории кораблестроения, позволяющих проследить эволюцию ходовых качеств кораблей в тесной взаимосвязи с другими тактико-техническими элементами. Показана роль отечественных ученых и инженеров в совершенствовании ходовых качеств кораблей.

Рассчитана на широкий круг читателей, интересующихся историей развития техники и кораблестроения.

Ш $\frac{3605030000-003}{048(01)-89}$ 66—88

ББК 68.66.

ISBN 5—7355—0009—0

© Издательство «Судостроение», 1989

ПРЕДИСЛОВИЕ

Моря и океаны занимают около 70 % поверхности земного шара. С древнейших времен море привлекало к себе внимание человека как идеальный путь. Развивалось мореплавание. Коммерческие суда нуждались в защите от врагов. Стали строить военные суда — корабли. Зарождалась история кораблестроения.

Первые корабли практически ничем не отличались от коммерческих судов, ведь основным оружием моряков той поры являлось личное оружие abordажного боя. Для размещения на борту воинов с боеприпасами не нужна была специальная архитектура корпуса. Даже метательные машины и таран, а позднее артиллерия, мало изменили внешний вид военных судов, так как средства нападения и защиты на первых артиллерийских кораблях были несложными.

По мере изменения тактики войны на море менялись не только боевые средства, но и мореходные качества кораблей. И уже к середине XIX в. корабли приобрели специфический внешний вид, который с некоторыми отклонениями сохранился до наших дней.

«Самые быстрые корабли» — так названа эта книга. На всех этапах развития кораблестроения наблюдалось стремление достичь возможно большей скорости кораблей. Но это стремление ограничивалось в основном возможностями двигателя. Са-

мые быстрые гребные корабли не могли развить более 6—7 уз¹. Парусные корабли были более быстrophодны, но и они показывали не более 12—13 уз. Только с появлением механического двигателя открылась перспектива резкого увеличения скорости кораблей.

Возможно у тех, кто связан со службой на флоте или с кораблестроением, возникнет вопрос: почему именно о скорости кораблей пойдет речь? Ведь наряду со скоростью боевые возможности корабля определяются рядом других качеств, среди которых вооружение, мореходность², непотопляемость, управляемость, автономность и т. п. Тактико-технические элементы корабля взаимосвязаны и взаимозависимы, а следовательно, не могут рассматриваться изолированно. Вот почему круг затронутых в книге вопросов будет намного шире, чем можно предположить по названию книги.

Действительно, можно создать быстrophодный, но слабо вооруженный корабль, или же построить быстrophодный и хорошо вооруженный корабль со столь незначительной дальностью плавания, что его

¹ Узел — единица скорости в навигации, 1 уз = 1 миля/ч. Морская миля равна 1852 м; 1/10 морской мили — кабельтов (применяется только в навигации).

² Мореходность — способность корабля безопасно плавать и сохранять возможность боевого использования всех видов оружия и технических средств в условиях интенсивного волнения моря и ветра.

просто невозможно будет использовать. Наконец, известны быстроходные, хорошо вооруженные корабли с большой дальностью плавания, которые, однако, не могли решать боевые задачи в штормовом море, так как их корпуса давали трещины, а случалось, и разламывались на две части.

Вот почему создание корабля основано на компромиссных решениях, когда улучшение одного качества может быть достигнуто лишь за счет некоторого ухудшения других. Ведь практически невозможно осуществить с желаемой полнотой совмещение в одном корабле всех средств нападения и защиты, обеспечив при этом высокую скорость, приемлемую дальность плавания, мореходность и другие качества.

И все-таки лейтмотив книги — история борьбы за скорость. Для любого морского транспортного средства скорость является первостепенным показателем. Но если для коммерческого судна скорость — это оборачиваемость, то для корабля важнейшее тактическое качество, в значительной степени определяющее его боевую ценность.

Понятие «самый быстрый корабль» относительно. Корабли разных классов в зависимости от их тактического назначения имеют далеко не одинаковую скорость полного хода. Поэтому существовали и продолжают существовать самые быстрые крейсера, эскадренные миноносцы, тральеры и корабли других классов. Автор не ставил перед собой задачу проследить за эволюцией скоростных качеств кораблей всех классов, да в этом и нет необходимости.

В книге рассказывается о том, как ученые и кораблестроители вносили свой вклад в улучшение ходовых качеств кораблей, как их труды воплощались в достижения, а порой оборачивались разочарованиями, как на ошибках предшественников учились потомки.

Здесь уместны слова А. М. Горького:

Прежде всего — и еще раз! — наша книга о достижениях науки и техники должна не только давать конечные результаты человеческой мысли и опыта, но и проводить читателя в самый процесс исследовательской работы, показывая постепенное преодоление трудностей и поиск верного метода. Науку и технику надо изображать не как склад готовых открытий и изобретений, а как арену борьбы, где конкретный живой человек преодолевает сопротивление материала и традиций¹.

Вопросы борьбы за скорость кораблей на протяжении многих лет систематически освещались на страницах отечественной и зарубежной печати. Первое издание настоящей книги, вышедшее в 1981 г., явилось попыткой изложить в общедоступной форме историю борьбы за скорость в надводном кораблестроении. При подготовке второго издания учтены пожелания читателей, уточнены отдельные события, использованы новые материалы, опубликованные в советской и зарубежной печати за последние годы, и фотографии из архива.

Автор надеется, что второе издание книги будет встречено читателями не менее благожелательно, чем первое, и не оставит их равнодушными.

¹ Горький М. О темах // Собр. соч.: В 30 т. М.: Гослитиздат. Т. 27. 1953. С. 108.

ОТ ПАРУСНЫХ К ПАРОВЫМ

На пределе возможностей

В XVIII в. за мировое господство на море вели борьбу в основном Англия и Франция. Доминирующее влияние Англии, возглавлявшей коалиции против Франции во время войн за испанские колонии и общеевропейской войны 1756—1766 гг., позволило ей приобрести ряд территорий в Европе, Азии и Америке. Тогда же выявились основы тактики войны на море — уничтожение кораблей противника и владение морем для обеспечения своих коммуникаций. Это потребовало усиления артиллерии и улучшения мореходных качеств кораблей, позволявших им плавать вдали от берегов в штормовых условиях. В результате главенствующее положение во флотах заняли многопушечные парусные корабли, водоизмещение которых достигало 2000 т.

По мере дальнейшего роста водоизмещения скоростные качества кораблей поддерживали увеличением парусной оснастки: мачты становились выше, росло их число, возрастала площадь парусов. Все сложнее было обеспечить остойчивость¹ кораблей из-за высоко расположенной парусной оснастки и многоярусной артиллерии. В трюм помещали огромное количество каменного балласта, масса которого порой дости-

гала 25—28 % водоизмещения. Попытки сэкономить на балласте нередко заканчивались катастрофой: море жестоко наказывало за пренебрежение остойчивостью, отправляя корабли на дно. В то же время «лечение» с помощью балласта не только снижало полезную нагрузку и запас плавучести¹, но и ухудшало ходовые качества кораблей, так как возрастала осадка, из-за чего увеличивалось сопротивление корпуса.

Кораблестроители-практики руководствовались собственным опытом и интуицией, которые нередко их подводили. Добавление балласта или сокращение парусного вооружения неизменно сопровождалось потерями скорости кораблей. Наконец пришло время, когда опыт и интуиция мастеров и умельцев должны были уступить место расчетным методам проектирования кораблей. Кораблестроение стало отраслью промышленности с определенными понятиями и терминами, многие из которых прошли проверку временем и сохранились до наших дней.

Еще в XVII в. появились первые серьезные сочинения по кораблестроению, из которых следует отметить труды англичан В. Рэля и А. Дина (у последнего учился строить корабли Петр I). Дин впервые

¹ Остойчивость — способность корабля, выведенного из положения равновесия воздействием внешних сил, вновь возвращаться в первоначальное положение после прекращения действия этих сил.

¹ Запас плавучести — весь непроливаемый объем корпуса корабля, расположенный выше ватерлинии. Характеризуется высотой непроливаемого надводного борта.

дал рекомендации по применению математических вычислений при постройке кораблей. Он строил корабли, которые могли находиться в море 6 мес, в то время как корабли, построенные мастерами-практиками, — не более 3—4 мес. Расчетным путем Дин определил положение грузовой ватерлинии корабля «Руперт», что позволило на стапеле до спуска его на воду прорезать в бортах пушечные порты¹. Будучи с 1684 г. сервайером (инспектором кораблестроения) английского флота, он распорядился при постройке кораблей взвешивать все грузы и детали корпуса, входящие в оснастку, снабжение и вооружение, т. е. ввел так называемый весовой контроль.

Со второй половины XVII в. во Франции стали уделять серьезное внимание разработке и внедрению научных начал в кораблестроение. К решению задач были привлечены известные физики и математики. В 1689 г. был издан королевский указ, по которому строителям кораблей присваивался титул «инженера-конструктора флота».

В XVIII в. научные труды все шире внедряются во французском кораблестроении. В 1746 г. член Парижской академии наук астроном П. Бувер опубликовал свой труд «Рассуждения о кораблях, их конструкции и маневрировании», а в 1749 г. в России было издано сочинение члена Петербургской академии наук Л. Эйлера «Наука морская или трактат о судостроении и управлении кораблями». Оба сочинения рассматривали вопросы плавучести и остойчивости, развивали основанное И. Ньютоном учение о сопротивлении жидкости применительно к кораблю и к действию ветра на паруса. Следует отметить, что в этих работах методы изучения вопросов и полученные результаты весьма близки, причем впервые широко использован

метод математического анализа для решения задач, касающихся мореходных качеств корабля. В 1752 г. член Парижской академии наук Ж. Д'Аламбер опубликовал «Очерки новой теории сопротивления жидкости». Так зарождалась теория корабля как самостоятельная наука. В 1765 г. в Париже был открыт специальный колледж для подготовки кораблестроителей.

Параллельно с разработкой научно-расчетных методов конструирования кораблей французские ученые опытным путем выясняли возможность увеличения их скорости. В 1775—1777 гг. Ж. Д'Аламбер, Ж. Кондорсе и Ш. Боссю провели первые опыты по определению сопротивления воды движению тел применительно к задачам судоходства.

В относительно короткий срок французское кораблестроение заняло ведущее положение. Французские корабли, экипажи которых уступали английским в опытности, были более совершенны по конструктивным и ходовым качествам. Англичане использовали захваченные ими французские корабли в качестве прототипов для усовершенствования собственных, а английские офицеры предпочитали командовать трофейными кораблями. Может ли быть более лестная оценка для кораблестроителя!

По-иному ту же задачу решали в Англии. Там больше полагались на сравнительные испытания уже построенных кораблей. В процессе таких испытаний оценивалась скорость, поворотливость, мореходные качества кораблей, после чего одному из них отдавалась пальма первенства. Так, при испытаниях судна «Транзит» Английское адмиралтейство обратило внимание на его отличные ходовые качества. Было решено устроить «Транзиту» сравнительные испытания с лучшим ходоком английского флота — военным шлюпом «Оспрей». «Транзит» обошел шлюп, и его формообразования были рекомендованы кораблестроителям как

¹ Пушечные порты — отверстия для орудий, прорезанные в бортах корабля.

образцовые. Подобный метод, когда более быстроходный корабль служит моделью для вновь создаваемого с другими тактико-техническими элементами, нередко приводил к тому, что преимущества прототипа утрачивались.

В конце XVIII в. значительных успехов достигло русское кораблестроение. Для теоретического обучения кораблестроителей 20 августа 1798 г. в Петербурге и Николаеве были учреждены специальные училища корабельной архитектуры: одно для Санкт-Петербургского, а другое для Черноморского адмиралтейств¹. Подобные учебные заведения были созданы в Англии только в 1811 г., в США — в 1845 г., а в Германии лишь в 1861 г.

Однако, несмотря на усилия ученых и кораблестроителей разных стран, самые быстроходные парусные корабли не показывали более 12—13 уз. Это был предел, который так и не был превзойден до последних дней парусного флота. В то же время овеянные романтикой коммерческие красавцы клиперы середины XIX в. развивали скорость до 20 уз.

Эпоха парусного флота еще далеко не закончилась, когда произошли события, которым корабли обязаны достижением больших скоростей...

Без парусов

В 1784 г. английский механик из Глазго Д. Уатт взял патент на универсальную паровую машину. История создания парового двигателя является классическим подтверждением мысли К. Маркса, писавшего:

Критическая история технологии вообще показала бы, как мало какое бы то ни было изобретение XVIII столетия принадлежит тому или иному отдельному лицу².

Задолго до рождения Уатта, в 1690 г. французский физик, изобре-

татель Д. Папен (1647—1712), возглавлявший кафедру Марбургского университета в Германии, оценив способность пара конденсироваться, изложил принцип действия пароатмосферной машины, работающей следующим образом.

На дно цилиндра нужно было залить немного воды, до поверхности которой опускался поршень. Под цилиндром поместить жаровню с горящим топливом. Вода закипала, образовавшийся пар поднимал поршень. Воздух из пространства над поршнем выталкивался через специальный клапан. В поднятом положении поршень нужно было закрепить стопором. После этого жаровню убрать, клапан удаления воздуха закрыть и стенки цилиндра охладить водой. Пар в цилиндре конденсировался, под поршнем создавалось разрежение, и если извлекался стопор, то под воздействием атмосферного давления поршень возвращался в первоначальное положение. Таким образом, полезная работа совершалась только в процессе движения поршня вниз.

Практическая ценность такого двигателя, совершавшего не более одного рабочего хода в минуту, была ничтожно мала, что понимал и сам Папен, построивший позже новую машину с отделенным от цилиндра паровым котлом. Она представляла собой паровой насос.

В 1707 г. жители немецкого г. Мюндена наблюдали с набережных р. Фульды за необычным судном без весел и парусов, гребные колеса которого вращала поднятая насосом и падающая с высоты на лопасти вода. Папен не только построил судно с механическим двигателем, но, решив оставить Германию и перебраться в Лондон, использовал его для этой цели, не оформив при этом разрешение на передвижение по р. Везер, в которую впадала р. Фульда. Этим воспользовались судовладельцы поселка Лох, расположенного в устье Везера, и в стремлении загубить возможного конкурента, разрушили судно.

В 1698 г. владелец шахты англичанин Т. Севери (1650—1715) взял патент на оригинальный пароатмосферный насос, предназначенный для откачки воды из шахт и рудников. Прошло немного времени, и

¹ ЦГА ВМФ, ф. 227, оп. 1, д. 66, л. 267.

² Маркс К. Капитал. В 3 т. М.: Политиздат, 1978. Т. I. С. 383.

соотечественник Т. Севери — кузнец Т. Ньюкомен (1663—1729), используя идеи Папена и Севери, в 1712 г. создал более совершенный двигатель. А в 1766 г. нашим соотечественником, талантливым изобретателем-самоучкой, горным мастером И. И. Ползуновым (1729—1766) была построена оригинальная паровая атмосферная машина, которая, в отличие от всех предшествующих, позволяла осуществлять вращательное движение исполнительного механизма.

Первым паровой двигатель для движения судна применил англичанин Д. Хулл, построивший в 1736 г. несколько парусных судов, на которых в качестве вспомогательного средства движения была применена машина Ньюкомена с канатной передачей на кормовое лопастное колесо. Но специфические недостатки паровой атмосферной машины давали о себе знать, и в конце концов двигатели пришлось демонтировать.

Жизнь между тем не стояла на месте. Первенство в темпах промышленного развития удерживала Англия, которая к концу XVIII в. создала крупную промышленность, быстро завоевавшую мировую монополию. «Социальный заказ» на эффективный двигатель становился все более актуальным. Такой двигатель и создал Д. Уатт.

Ремонтируя действующую модель паровой атмосферной машины Ньюкомена, Уатт пришел к выводу о необходимости равенства температур цилиндра и поступающего в него пара. В паровых атмосферных машинах Ньюкомена в цилиндр впрыскивалась вода для конденсации пара, в результате чего сам цилиндр охлаждался. Чтобы цилиндр был постоянно нагретым, Уатт заключил его в паровую рубашку, а конденсацию пара перенес в отдельный охлаждаемый проточной водой резервуар — конденсатор, сообщавшийся с цилиндром трубой. Уже первый построенный по такому принципу двигатель расходовал топлива на

1 л. с.¹ мощности почти в два раза меньше лучших машин Ньюкомена.

Но и эта машина продолжала оставаться двигателем насосного типа, так как ее поршень выполнял только один рабочий ход — вниз, а второй ход — вверх — был холостым, совершаемым под воздействием противовеса — балансира. Уатт понимал, что необходим двигатель, способный осуществлять непрерывное вращательное движение, и энергично работал в этом направлении. Его труды увенчались успехом. В 1784 г. была создана паровая машина двойного действия, в принципе отличавшаяся от паровой атмосферной. В ней пар в цилиндр подавался попеременно в пространство под поршнем, чтобы его поднять, и над поршнем, чтобы его опустить. Таким образом, в этой машине оба хода поршня стали рабочими. Изобретатель создал специальный механизм, позволяющий превращать вращательное движение поршня в непрерывное вращательное. Универсальный механический двигатель стал реальностью. Паровая машина быстро завоевала Англию, а затем и весь мир.

Такой двигатель, естественно, не мог не привлечь к себе внимания судостроителей. В 1787—1788 гг. американский часовщик Д. Фитч построил одно за другим три паровых судна. На последнем из них, «Эксперименте», паровая машина через сложную кинематическую передачу приводила в движение три расположенных в корме весла, которые наподобие лапы водоплавающей птицы обеспечивали упор и движение судна со скоростью около 8 уз. Но весла часто ломались, и «Эксперимент», как и его два предшественника, не получил признания.

В 1802 г. англичанин У. Саймингтон построил буксирный катер «Шарлотта Дандас» с машиной Уатта мощностью 10 л. с., вращавшей расположенное в корме гребное колесо. Испытания прошли успешно. За 6 ч

¹ В системе СИ 1 л. с. ≈ 736 Вт.



Буксирный катер «Шарлотта Дандас»

при сильном встречном ветре «Шарлотта Дандас» отбуксировала по каналу на 18 миль две баржи. Однако судно поставили на прикол, опасаясь, что волны от гребного колеса размоют берега канала.

Среди зрителей, наблюдавших испытания «Шарлотты Дандас», находился Р. Фултон (1765—1815), которого принято считать изобретателем первого парохода. Фултон родился в Америке в семье бедного ирландского эмигранта. Увлекавшийся живописью юноша отправился для учебы в Англию, где вскоре занялся судостроением, которому посвятил всю дальнейшую жизнь.

Не найдя в Англии финансовой поддержки, в 1796 г. Фултон переехал во Францию, и там в компании с американским посланником Р. Ливингстоном, взявшим на себя финансовую сторону дела, приступил к созданию парового судна. Изобретатель не ограничился идеей применения паровой машины. С целью обойтись двигателем минимальной мощности, он провел многочисленные опыты по определению оптимальной формы и размеров судна, а также взаимодействия корпуса с различными типами движителей. Таким образом, Фултон первым пытался комплексно решить задачу увязки корпуса, двигателя и движителя¹, получившую впоследствии полное признание в су-

достроении и кораблестроении. Не обошлось и без ошибок. Так, выбранная Фултоном плоскодонная подводная часть корпуса не являлась оптимальной в отношении ходкости. Применение в качестве движителя побортно расположенных гусеничных устройств с плечами, имитирующими большое число весел, не отличалось надежностью. Плечи мешали друг другу и часто ломались. Можно было получить тот же эффект, заменив множество плеч двумя-тремя, но... сегодня легко критиковать тех, кто почти 200 лет назад создавал первые пароходы, начиная практически с пустом месте.

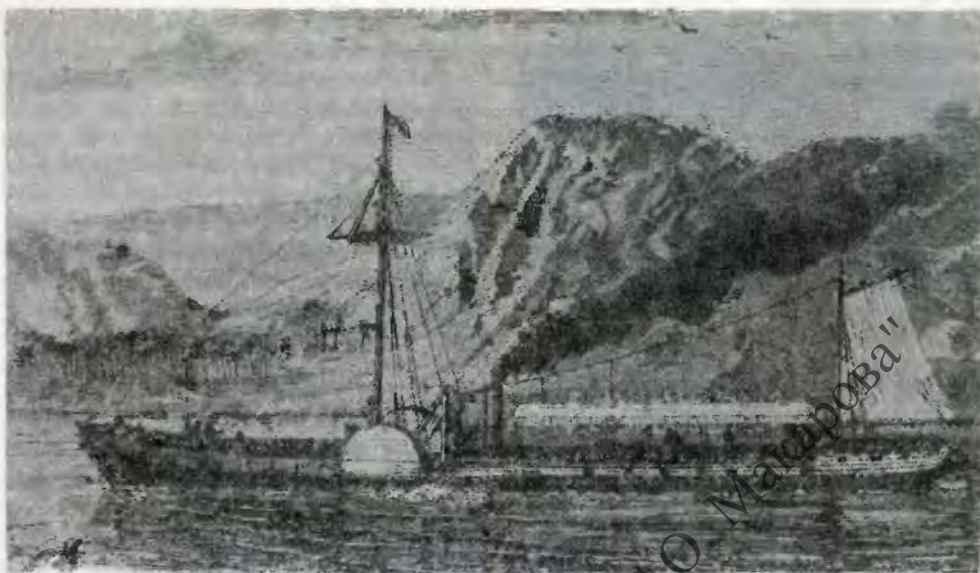
В 1803 г. судно испытали на р. Сене в присутствии огромного числа зрителей, среди которых находились многие ученые Парижа. Пароход шел против течения ровным, хотя и очень малым ходом — около 3 уз. Попытка предложить судно правительству Наполеона оказалась безуспешной. Раздосадованные компаньоны в 1806 г. направились на родину, чтобы строить там пароходы.

«Норз Ривер Стимбоут оф Клермон», известный в литературе под названием «Клермонт», водоизмещением 79 т с паровой машиной мощностью 20 л. с., вращавшей

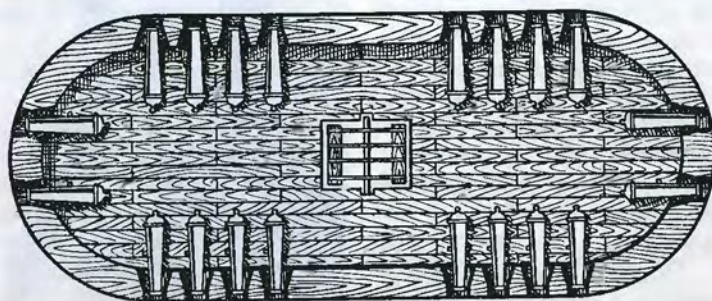
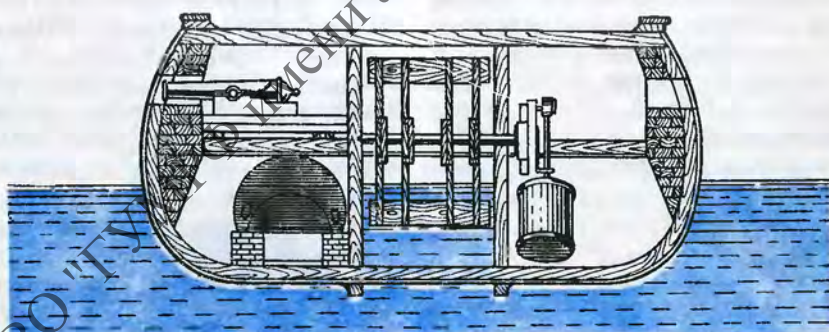


Р. Фултон

¹ Движитель — устройство для преобразования работы энергетической установки и механической энергии внешнего источника в полезную тягу, обеспечивающую движение корабля (судна).



«Клермонт»



Пароходофрегат «Демологос»

пятиметровые гребные колеса, был испытан в августе 1807 г. Многие из собравшихся на берегах зал. Гудзон не верили в успех. Но вот дрогнули и завертели колеса, «Клермонт» пошел. Началась коммерческая эксплуатация парохода. В первый рейс 4 сентября 1807 г. Фултон отправился без груза и без пассажиров: желающих испытать судьбу на борту огнедышащего судна не нашлось. Но на обратном пути объявился смельчак — фермер, купивший билет за шесть долларов. Это был первый пассажир в истории пароходства. Растроганный изобретатель предоставил ему пожизненное право бесплатного проезда на своих пароходах.

Почему именно Р. Фултона принято считать изобретателем первого парохода? Ведь мы знаем, что задолго до него имели место попытки использовать паровой двигатель на судах. Дело в том, что Фултон не просто применил паровую машину, но создал надежное паровое судно, пригодное для повседневной эксплуатации. Под руководством Фултона в Америке было построено несколько колесных пароходов. Правда, их скорость не превышала 7 уз, что объясняется сравнительно небольшой мощностью паровых машин, а также неоптимальными, с современных позиций, обводами корпуса.

Одним из последних проектов изобретателя был первый в истории паровой корабль — пароходофрегат «Демологос», после смерти Фултона переименованный в «Фултон-1».

Корабль водоизмещением около 2500 т имел два корпуса с продольным промежутком между ними, в котором размещалось гребное колесо, защищенное таким образом от боевых и навигационных повреждений. Машина располагалась в одном корпусе, а котел в другом. Корабль был вооружен 20 пушками. Кроме того, в трюме ниже ватерлинии в носу и в корме было размещено по одной пушке для стрельбы ядрами по подводной части неприятельских кораблей [37]. Батарейная палуба была защищена набором деревянных брусев толщиной около 1,5 м. На испытаниях, до которых Фултон не дожил, «Демологос» развил скорость 5 уз.

Первые паровые корабли

Пароходы получили признание в Европе. В 1812 г. в Англии была построена «Комета», а 3 ноября 1915 г. начал совершать регулярные рейсы между Петербургом и Кронштадтом первый русский «стимбот», как тогда на «аглицкий» манер называли пароходы.

В 1819 г. американский пароход «Саванна», имевший парусную оснастку, за 27 сут и 11 ч совершил переход из Америки в Англию, который иногда называют первым переходом парового судна через Атлантический океан. Но дело обстояло иначе. Почти весь переход «Саванна» совершила под парусами и лишь около 85 ч ходового времени шла с работающей машиной. К концу перехода у побережья Ирландии «Саванну» обнаружил и в течение дня преследовал парусный корабль таможенной службы. Как выяснилось позднее, преследование осуществлялось с целью... оказать помощь. Густые шлейфы дыма от идущего парохода таможенники приняли за пожар.

Первым пересек Атлантику без использования парусов в 1838 г. английский пароход «Сириус». В Нью-Йорке судну устроили торжественную встречу. Корабли в гавани отсалютовали из пушек. Вышли экстренные выпуски газет.

Однако до безоговорочного признания парового двигателя было далеко. Ведь парусные суда превосходили пароходы в скорости. Если «Сириус» пересек Атлантику за 18 сут и 10 ч, то еще в 1815 г. парусник «Галатhea» совершил такой же переход за 11 сут, а подавляющее большинство парусных судов покрывало это расстояние за 13—14 сут. Парусные суда имели преимущество не только в скорости, но и в дальности плавания, которая у них практически ограничивалась только запасами продовольствия и воды для пассажиров и экипажа. У паровых судов эти показатели были низкими

из-за большой массы и малой экономичности котломашинных установок (КМУ). Их удельная масса составляла около 800 кг/л. с., а удельный расход топлива около 6 кг/(л. с.·ч). Ведь КПД первых КМУ не превышал 1,5—2 %. В результате на судне водоизмещением 1500 т с запасом угля на 6 сут плавания и паровой машиной мощностью 450 л. с., обеспечивающей скорость 10 уз, суммарная масса топлива и энергетической установки составляла более 700 т!

Внедрению парового двигателя в кораблестроение помимо технической стороны дела препятствовали также традиции парусного флота, точнее, носители этих традиций. Существовали и объективные причины, например отсутствие опыта проектирования и постройки кораблей с механическими двигателями. Примером может служить пояснение, сделанное на чертеже той поры:

...Та часть судна, что предназначена для установки машины и машинной опоры (фундамента — Л. Ш.), едва ли может быть сделана более легкой, чем здесь изображено. При сооружении остальной части корпуса судна строитель должен приложить все свое профессиональное умение, чтобы не получилось в целом слишком большое водоизмещение, и, приняв во внимание, что вес машины и ее оснастка составляют примерно 16 тонн и что она расположена на $\frac{1}{3}$ длины киля, считая от носа, он будет в состоянии придать днищу такую форму, чтобы загруженное судно стояло на ровном киле. Два или три дюйма дифферента на корму могут оказаться даже полезными [10].

В качестве аргумента против паровых судов выдвигалась недостаточная надежность машин и гребных колес. Разумеется, колесный движитель имел ряд существенных недостатков. Во время бортовой качки лопасти колес частично или полностью выходили из воды, а затем снова зарывались в волны, что вызывало неравномерность в работе машины и создавало чрезмерные напряжения в ней и в гребных колесах вплоть до аварийных. Обрушиваясь на колеса, волны ломали лопасти. Попеременное оголение колес

значительно снижало скорость, мешало удерживать судно на курсе. В бою колеса легко поражались неприятелем. В попытке защитить колеса от повреждений их иногда располагали сзади корабля. Но такая конструкция имела существенный недостаток — вращающееся колесо создавало за кормой вихри и зону пониженного давления воды, в результате чего колесо толкало судно вперед, а оно стремилось сдвинуться назад из зоны повышенного давления перед носовой частью в зону пониженного давления в корму за колесом. Применение гребных колес усложняло конструирование корабля. Диаметр колес на крупных кораблях достигал 12—14 м, а масса 200 т. Колеса затрудняли расположение артиллерии, особенно на многопушечных кораблях. Из-за специфических недостатков гребных колес внедрение механического двигателя в военном флоте проходило медленнее, чем в коммерческом. Однако, как известно, прогрессивные нововведения можно затормозить, но остановить невозможно.

Иностранные источники утверждают, что в Европе первым кораблем с паровой машиной было заложено в Англии в 1821 г. авизо «Комета». Корабли этого типа служили для быстрой передачи донесений и в русском флоте именовались посыльными судами. Приоритет англичан выглядит спорным, так как еще в 1817 г. в Петербурге на Ижорских заводах был заложен и в 1818 г. построен первый русский военный пароход «Скорый» с паровой машиной мощностью 32 л. с., который с тем же основанием, что и «Комету», следует считать первым паровым кораблем, построенным в Европе.

В 1826 г. там же был построен 8-пушечный корабль «Ижора» с паровой машиной мощностью 100 л. с. В 1838 г. в состав Балтийского флота вошел первый боевой корабль, построенный в Петербурге Новым адмиралтейством, — 28-пушечный пароходофрегат «Богатырь» водоиз-



Модель пароходофрегата «Богатырь»

мещением 1342 т с полной 3-мачтовой парусной оснасткой и двумя паровыми машинами по 120 л. с. каждая, работавшими на общий гребной вал. При работе машин корабль развивал скорость 12 уз.

Наглядное представление о трудностях, связанных с применением на кораблях первых КМУ, могут дать составляющие нагрузки «Богатыря»: паровые машины — 135 т, котлы с запасом воды для них — 109 т, топливо — 350 т. Таким образом, на энергетическую установку с запасом топлива приходилось около 43 % водоизмещения корабля!

При безветрии паровые корабли выигрывали в ходкости и маневренности по сравнению с парусными, но при свежем ветре уступали им. Недолгая конкуренция ожидала паровой двигатель.

Гребной винт завоевывает позиции

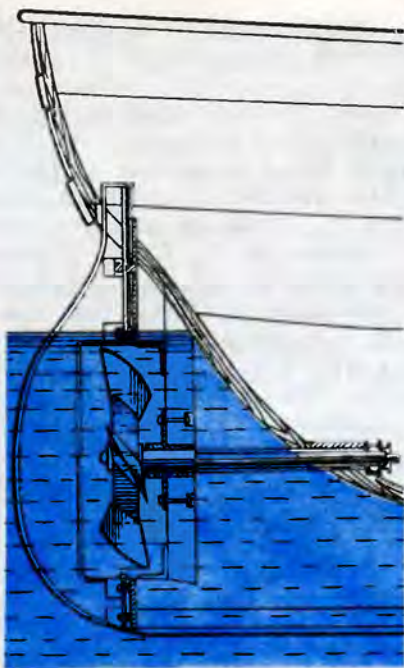
Если скорость первых пароходов не превышала 6—7 уз, то уже через 15—20 лет они могли развивать скорость порядка 12 уз. Тому, что парусный флот начал сдавать пози-

ции, способствовало и появление движителя принципиально нового типа.

Первые попытки применить гребной винт были сделаны в XVIII в. Однако, как утверждают историки, в новый движитель поверили лишь в 1836 г., когда им оснастил свой бот англичанин Ф. Смит. Изобретателю помог случай, рассказ о котором некоторые исследователи относят к области исторических анекдотов. Винт Смита с двумя витками спирали был изготовлен из дерева. Однажды при прохождении по каналу бот содрогнулся и... прибавил в скорости. Оказалось, что при ударе о затонувший предмет винт потерял половину спирали. В дальнейшем Смит изготавливал винты с одновитковой спиралью. Экзамен был выдержан, когда бот прошел около 400 миль со средней скоростью 8 уз. При этом часть рейса сопровождалась штормовыми условиями, с которыми колесному судну было бы трудно справиться.

Английское адмиралство, оценив винт Смита, в том же 1836 г. поручило изобретателю построить крупное винтовое судно. Так появился «Архимед» водоизмещением 237 т, который принято считать первым винтовым пароходом. На винт диаметром 2,1 м работали две паровые машины мощностью 45 л. с. каждая. На испытаниях «Архимед» развил скорость 9,8 уз. Оригинальным способом было решено сравнить эффективность колесного и винтового движителей. «Архимед» соединили тросами (корма к корме) с колесным пароходом «Уильям Гунстон». Машины заработали, и... «Уильям Гунстон» потащил за собой первенца винтового судостроения. Однако спешить с выводами было рано.

Значительным событием в истории развития корабельных движителей стало изобретение в 1836 г. шведом Д. Эриксоном гребного винта, в котором использовался принцип лопастных колес, расположенных друг за другом и вращавшихся в противо-



Кормовая оконечность пароходофрегата «Принстон»

положные стороны. В отличие от обычных гребных колес, ось вращения которых располагается поперек судна, колеса Эриксона имели ось вращения, проходящую вдоль корпуса судна, и создавали осевой поток отбрасываемых масс воды. В дальнейшем изобретатель упростил движитель, ограничившись одним колесом.

В 1839 г. Эриксон отправился в США и построил там пароходо-

фрегат «Принстон» водоизмещением 950 т с винтовым двигателем собственной конструкции, приводившимся во вращение от двух паровых машин суммарной мощностью 400 л. с. На испытаниях корабль развил 14 уз — скорость по тем временам небывалую. При перетягивании по описанному выше способу «Принстон» потянул за собой английский колесный пароход «Грейт Вестерн».

У гребного винта не было недостатка в противниках. Они не желали признать результатов, достигнутых «Принстоном», ссылаясь на различие в водоизмещении, обводах корпуса и мощности машин сравниваемых судов. Окончательно вопрос был решен, когда Английское адмиралтейство организовало сравнительные испытания двух специально построенных для этой цели в 1843 г. одинаковых пароходофрегатов водоизмещением 894 т с паровой машиной мощностью 200 л. с. — винтового «Раттлера» и колесного «Алекто».

Сначала оба корабля были испытаны под парусами и показали практически одинаковую скорость, что подтвердило подобие форм их корпусов. Затем фрегаты испытали перетягиванием. После того как машины развили полную мощность, «Раттлер» начал буксировать «Алекто» со скоростью более 2 уз. Этим испытания не ограничились. Скорости кораблей измерили на трех режимах и получили следующие результаты:



Испытания на перетягивание фрегатов «Раттлер» и «Алекто»



Схема создания упора при работе гребного винта
 T — окружная составляющая силы сопротивления вращению лопасти; Y — гидродинамическая сила; P — сила упора

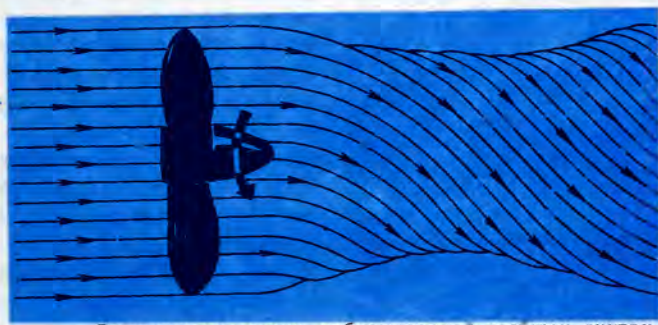
при работе только машин — 9,2 и 8,8 уз; машин и парусов — 11,9 и 11,2 уз; машин при движении кораблей против ветра — 7,5 и 7 уз. Скептики были посрамлены. «Выяснение отношений» между колесным и винтовым движителями закончилось

Гребной винт получил признание благодаря не только более высокому КПД, но и таким серьезным преимуществам перед гребными колесами, как простота конструкции и гораздо лучшие массогабаритные показатели. По мере совершенствования винт приобрел стабильную форму, с небольшими отклонениями сохранившуюся и поныне.

Гребной винт состоит из ступицы с расположенными на ней лопастями. Его работа основана на использовании гидродинамической силы, создаваемой разностью давлений на сторонах лопастей. Любое концентрическое сечение лопасти представляет собой элемент несущего крыла, поэтому при вращении винта на каждом элементе лопасти возникают такие же, как на крыле, силы. Поток, обтекающий выпуклую сторону лопасти (засасывающая сторона), слегка поджимается, вследствие чего его движение ускоряется. Поток, обтекающий плоскую (иногда слегка вогнутую) сторону лопасти (нагнетающая сторона), встречая на своем пути препятствие, слегка притормаживается и соответственно замедляет скорость. В соответствии с законом Бернулли на засасывающей стороне лопасти давление падает и возникает зона разрежения; на нагнетающей стороне давление возрастает и создается зона давления. Вследствие разности давлений образуется гидродинамическая сила. Теорией и экспериментально установлено, что основная часть гидродинамической силы (70—75 %) создается за счет разрежения на засасывающей стороне лопастей винта, а меньшая (30—25 %) — за счет давления на нагнетающей стороне лопастей. Проекция гидродинамической силы на плоскость вращения представляет собой сопротивление вращения лопастей T , а ее проекция на ось винта является его упором P , который воспринимается лопастями и через ступицу и гребной вал передается кораблю.

Поскольку лопасти имеют винтообразную поверхность, при вращении винта вода не только отбрасывается назад, но и закручивается в сторону вращения лопастей. Между тем движитель должен только отбрасывать воду, создавая реактивный импульс — силу тяги. На закручивание потока и преодоление сопротивления вращения винта в воде затрачивается значительная доля мощности двигателя. Поэтому КПД винта, равный отношению полезной мощности (затраченной на создание тяги винта) ко всей мощности (израсходованной на вращение винта), всегда будет меньше единицы.

Направление движения корабля



Закручивание струи, отбрасываемой гребным винтом

КПД гребных винтов колеблется от 0,5 до 0,7. Верхний предел считается очень высоким и достижим на малооборотных винтах большого диаметра. Значения КПД быстроходных винтов небольшого диаметра редко превышают 0,5—0,55. Но это в наши дни, когда существует методика проектирования гребных винтов. В рассматриваемый же период винты подбирались обычно по прототипу или опытным путем и имели намного меньший КПД.

Если на кораблях гребной винт сравнительно быстро получил признание, то в коммерческом флоте его распространение задержалось. Колесные пароходы зачастую не уступали в скорости винтовым, а построенная в Англии в 1866 г. по заказу турецкого султана Абдулла-Азиса, питавшего пристрастие к быстроходным судам, яхта «Махарусса» водоизмещением 3185 т с паровыми машинами суммарной мощностью 6400 л. с. и бортовыми колесами диаметром 8,5 м на тот период являлась самым быстроходным паровым судном и развивала на полном ходу 18,5 уз [9]. На трансатлантических линиях вплоть до 1875 г. продолжали плавать колесные лайнеры. Последним из них была «Скотиа» — обладательница «Голубой ленты Атлантики»¹ в 1862—1867 гг.

Последняя война парусных кораблей

Внимательно наблюдавшие за английскими экспериментами французские кораблестроители в 1842 г. спустили на воду первый винтовой корабль — aviso «Ле Корс», результаты испытаний которого оказались настолько обнадеживающими, что было немедленно начато переоборудование колесного пароходофрегата

«Помона» в винтовой. А в 1848 г. по проекту известного французского кораблестроителя Д. де Лома был заложен первый в мире парусно-винтовой 90-пушечный линейный корабль «Наполеон» водоизмещением 5047 т, гребной вал которого вращали две машины суммарной мощностью 900 л. с. На испытаниях «Наполеон» показал небывалую для столь крупных кораблей скорость — 13,5 уз. Не менее отличным ходоком оказался корабль и под парусами, что позволяло экономить запас угля, который принимался на борт из расчета 6 сут плавания с работающей машиной. Успех «Наполеона» стимулировал постройку крупных винтовых кораблей.

Энергичные действия Франции не оставили безразличным Английское адмиралтейство. Сразу же после триумфа «Наполеона» англичане начали строительство своего первого винтового 90-пушечного линейного корабля «Агамемнон» водоизмещением около 5000 т с КМУ мощностью 600 л. с. и полным парусным вооружением. Энергетическая установка, как и на «Наполеоне», предназначалась в качестве резервного средства движения со скоростью порядка 10 уз.

Вслед за Францией и Англией винтовой движитель получил признание во флотах других стран. Началось массовое переоборудование крупных парусных кораблей в парусно-винтовые. Корпус разрезали в средней части и делали вставку с энергетической установкой мощностью 400—800 л. с., в зависимости от водоизмещения корабля. Скорость таких кораблей не превышала 5—7 уз, а необходимость размещения установки и запаса топлива вынуждала сокращать запас провизии и питьевой воды почти на 50 % [27]. Однако даже столь внушительные потери считались тактически оправданными.

Благодаря гораздо меньшей массе и габаритам винта, по сравнению с гребными колесами, а также более

¹ «Голубая лента Атлантики» — приз, присуждаемый с 1840 г. пассажирскому судну, пересекающему Атлантический океан между портами Англии и США (расстояние около 3000 миль) в рекордное время.

компактной конструкции передачи вращения от машины к гребному валу появилась возможность размещать КМУ в подводной части корпуса — ниже ватерлинии, где она была защищена от ядер, падения рангоута и повреждений при столкновении с кораблями противника. Немаловажным было и то, что при заниженном размещении установки увеличивалась остойчивость и резко сокращалась масса балласта — постоянного спутника кораблей той поры.

В вопросе признания винтового движителя руководящие военно-морские круги России продолжали следовать принципу: внедрять нововведения только с оглядкой на Запад. Правда, в 1840 г. в Америке был заказан для русского флота 18-пушечный парусно-винтовой пароходо-фрегат «Камчатка» с машиной мощностью 600 л. с. Но исследованиями качества корабля и его тактических возможностей Морское министерство себя не обременяло.

Существенным тормозом в признании винтового движителя послужила трагическая судьба первого русского винтового корабля «Архимед», построенного в 1848 г. в Петербурге Охтинским адмиралтейством (ныне «Петрозавод») под руководством замечательного инженера-кораблестроителя И. А. Амосова (1800—1878). В штормовую погоду 6 октября 1850 г. «Архимед» разбился о камни у о. Борнхольм. Некоторые должностные лица Морского министерства — противники парового флота — поторопились истолковать катастрофу как результат ненадежности энергетической установки и винтового движителя в частности.

Только под влиянием угрозы войны с Англией и Францией Морское министерство в 1851—1852 гг. приступило к постройке двух 44-пушечных винтовых фрегатов «Полкан» и «Мария», а также приняло решение о переоборудовании трех парусных кораблей в винтовые, заказав в Анг-

лии паровые машины для них. К моменту разрыва дипломатических отношений с Англией удалось получить только одну из машин, а остальные были конфискованы англичанами.

Абсолютное большинство кораблей русского флота, в том числе и наиболее крупные из них, были чисто парусными. В состав Черноморского флота к началу войны с Турцией в 1853 г. входило семь пароходо-фрегатов и 24 небольших парохода, в то время как вступившие в войну на стороне Турции Англия и Франция располагали большим количеством паровых кораблей. Союзная эскадра включала свыше 40 кораблей, из которых более половины были оснащены паровыми машинами, в то время как русская Черноморская эскадра насчитывала 21 парусный корабль. В результате Черноморский флот, несмотря на прекрасно обученный рядовой и командный состав, блестяще проявивший себя в морских сражениях, в частности в Синопском бою, оказался недостаточно боеспособным в Крымской войне 1853—1856 гг.

Понадобились горькие уроки Крымской войны, чтобы русское Морское министерство оценило достоинства механического двигателя и гребного винта. Но время было упущено. Ведь до войны Россия, полагаясь на зарубежных поставщиков, не развивала собственную производственную базу, не могла строить паровые машины большой мощности, изготавливать нарезные орудия крупных калибров.

Стремясь наверстать упущенное, уже в ходе войны в 1853 г. Морское министерство выдало заказы на строительство винтовых кораблей зарубежным фирмам и обратилось к отечественным промышленникам с настоятельным призывом развивать базу кораблестроения. Одновременно началось строительство Обуховского сталелитейного и Кронштадтского машинного заводов. Фундаментально реконструировались Ижорские

заводы. В декабре 1854 г. в русском флоте вводится корпус инженеров-механиков.

Энергичные действия позволили к 1859 г. довести число винтовых кораблей в русском флоте до 130, однако качество кораблей оставляло желать лучшего. Это признавали и в Морском министерстве, что следует из отчета за 1856 г.

Только по заключении Парижского мира Морское министерство получило возможность распорядиться постройкой винтовых судов надлежащим образом, ибо до того времени политические обстоятельства вынуждали нас торопиться, а потому от винтовых судов, которые мы уже имеем и которые оканчиваются теперь постройкой, нельзя ожидать тех достоинств, какие должно иметь военное судно, прочно и неторопливо построенное. То же должно сказать и о механизмах на имеющихся у нас винтовых судах [25].

В создавшейся обстановке Морское министерство было вынуждено заказать несколько парусно-винтовых кораблей за границей. Наиболее удачным оказался построенный

в 1859 г. в США 70-пушечный пароход-фрегат «Генерал-адмирал» водоизмещением 5670 т. Корабль развивал скорость 12,5 уз при работающей машине и 11 уз под парусами.

В Крымскую войну моряки на практике проверили и сравнили боевую эффективность парусных и паровых кораблей, окончательно убедившись в преимуществе последних. Паровая машина на парусно-винтовых кораблях из вспомогательного двигателя превратилась в основной. Первой сделала выводы Франция, где в 1857 г. был издан закон, по которому все корабли, не имеющие паровых машин, исключались из списков флота [37].

Паровая машина и гребной винт открыли реальную возможность резко увеличить скорость кораблей. Но, как нередко случается в истории техники, на пути к новому качеству возникали серьезные препятствия. Одним из таких препятствий явилась проблема прочности кораблей.

Глава 2

КОРАБЛИ НАБИРАЮТ СКОРОСТЬ

Железо — союзник скорости

Усиление вооружения кораблей и оснащение их энергетическими установками вызывали неуклонный рост размеров и водоизмещения кораблей. В начале XIX в. основным типом корабельных орудий были гладкоствольные пушки, стрелявшие чугунными полыми ядрами. Стрельба ядрами была малоэффективна, так как они застревали в деревянных бортах кораблей, не причиняя им особого вреда. Повреждалось в основном парусное вооружение, после чего корабль брали на аборт. Боевая мощь кораблей определялась числом орудий, но из-за ограниченной длины корпуса,

обусловленной недостаточной прочностью дерева, орудия на многопушечных кораблях приходилось размещать в несколько ярусов (два, иногда три) и, кроме того, еще одну батарею располагали на верхней палубе.

Если в начале применения артиллерии водоизмещение кораблей в среднем не превышало 400 т, то за последующие 150 лет по мере усиления артиллерии оно постепенно возрастало и к середине XIX в. достигло 5000 т при длине корпуса около 65 и ширине около 18 м. Большие нагрузки на деревянный корпус снижали его прочность вплоть до аварийной. У крупных парусных кораблей деревянный набор корпуса

во время шторма, как было принято выражаться, «дышал». А ведь в составе нагрузки парусных кораблей на долю корпуса приходилось около 50 % водоизмещения и более. С появлением парусно-винтовых кораблей проблема усугубилась, так как при работе паровой машины из-за ее вибрации крепление элементов набора корпуса расшатывалось. В бою дерево зачастую было главным источником пожаров на кораблях. Возможности дерева как конструкционного материала были окончательно исчерпаны.

Долгое время считали, что строить суда из железа нельзя, поскольку железо тонет. При этом допускали ошибку, так как сравнивали удельную массу железа и воды, а не удельную массу воды и судна в целом с оборудованием и незаполненными объемами корпуса.

Француз М. Мерсенн первым (1644 г.) предложил строить суда из железа. Однако сформировать корпус из кованых плит с технологической точки зрения было невозможно. Идея была реализована много лет спустя, когда в 1784 г. английский металлург Г. Корт разработал способ изготовления железных листов прокаткой на вальцах. В 1787 г. соотечественник Корта Д. Уилкинсон построил железное судно водоизмещением 70 т, судьба которого осталась неизвестной. Зато известна судьба железной яхты, построенной в 1815 г. англичанином Иевонсом.

Событие получило широкую огласку. В любопытных, желающих убедиться в том, что железное судно может держаться на плаву, не было недостатка. Однако необычное судно привлекло не только любопытных. Однажды сухой док, в котором Иевонс хранил яхту, оказался затопленным, а само судно лежало на дне дока с пробитым корпусом. Как выяснилось позже, строители деревянных судов пытались в самом зародыше ликвидировать «конкурента». Иевонс не сдался и в 1818 г.

построил железный бот, который разделил судьбу яхты [7].

Но прогресс остановить невозможно, что неоднократно подтверждала и продолжает подтверждать история техники. В первой четверти XIX в. железное судостроение стало массовым. Строились железные суда различного водоизмещения, в том числе и большого. В 1832 г. появилось сочинение Лейярда о постройке судов из железа.

С настороженностью отнеслись к новому материалу в военно-морских ведомствах. В качестве основных аргументов против железа выдвигали то, что оно воздействует на стрелку компаса, корродирует в морской воде, обрастает морскими обитателями, и, в отличие от дерева, его нельзя обшивать медными листами (пришлось бы сверлить в корпусе отверстия для крепления обшивки). Высказывалось также опасение, что из-за малой толщины борта, по сравнению с толщиной борта деревянных кораблей, возрастет опасность поражения артиллерийским огнем.

Прежде чем перейти к строительству полностью железных кораблей, была применена так называемая композитная схема, при которой набор корпуса изготовлялся из железа, а обшивка — из дерева. Однако подобная конструкция была лишь частичным решением проблемы.

Раньше других к строительству железных кораблей приступила Англия, где в 1839 г. был спущен на воду железный пароходофрегат «Немезис» водоизмещением 660 т. В следующем году англичане построили из железа три небольшие канонерские лодки, а в 1845 г. — три железных колесных пароходофрегата водоизмещением 2000 т. Решительность Английского адмиралтейства объясняется интенсивным развитием в Англии середины XIX в. металлургической промышленности, а также постоянной нехваткой древесины, которую приходилось ввозить из Канады. Следом за Англией желез-

ные корабли начали строить в США, а в 60-х гг. железо получило окончательное признание в кораблестроении.

В 1862 г. в период гражданской войны в США произошел первый морской бой между бронированными кораблями южан «Меримак» и северян «Монитор», в течение которого броня обоих кораблей ни разу не была пробита. С той поры стало интенсивно развиваться броненосное кораблестроение. И вновь возникли проблемы...

Появление бронированных кораблей повлекло за собой совершенствование нарезной артиллерии и увеличение калибра орудий. Соперничество между артиллерией и броней было, по словам Ф. Энгельса,

...еще так далеко от завершения, что в настоящее время военный корабль сплошь и рядом оказывается уже не удовлетворяющим предъявляемым ему требованиям, становится устарелым еще раньше, чем его успели спустить на воду¹.

Резко возросло водоизмещение, достигая у отдельных броненосцев 9—10 тыс. т. Если за 350-летний период развития парусного флота (1488—1838 гг.) водоизмещение кораблей изменилось с 1,5 до 4,5 тыс. т, т. е. в три раза, то за последующие 20 лет оно увеличилось в два раза.

В 1860-х гг. французский артиллерист П. Мартен осуществил на практике предложение немецких инженеров братьев Сименс по промышленному получению мягкой листовой стали с более высокими характеристиками, чем у железа.

Применение листовой стали позволило примерно на 20 % облегчить корпуса кораблей без снижения их прочности. Однако высвободившийся резерв водоизмещения был быстро поглощен за счет непрекращающегося роста мощи артиллерии и толщины брони. Если калибр первых нарезных орудий не превышал 160 мм, то к 1865 г. он возрос до

270 мм, а в 1880 г. превысил 400 мм. Соответственно возросла и масса орудий — с 5—6 до 80—100 т. Увеличение калибра артиллерии сопровождалось возрастанием толщины брони, которая на некоторых броненосцах 1880-х гг. достигала 500—600 мм.

Росла мощь артиллерии, усиливалось бронирование, вследствие этого увеличивалось водоизмещение броненосцев, что отражалось на их скорости. Для примера сравним характеристики английских броненосцев «Уориор» и «Инфлексибл», построенных в 1860 и 1881 гг. соответственно.

	«Уориор»	«Инфлексибл»
Калибр орудия, мм	203	406
Длина орудия, мм	3005	8100
Масса, кг:		
орудия	4750	8000
заряда	6,5	181,5
снаряда	27	686
Толщина брони, мм	112	600
Водоизмещение, т	9360	11 880
Скорость полного хода, уз	14,3	14

Из приведенных данных видно, что за 20 лет, прошедших между постройкой кораблей, скорость «Инфлексибл» не только не возросла, но даже несколько снизилась. Это не исключение. Самые быстроходные броненосцы той поры не могли развить скорость более 15 уз, несмотря на то что за прошедшие годы был достигнут внушительный прогресс в совершенствовании корабельных КМУ, в результате которого улучшились их массогабаритные и экономические показатели.

Хотя броненосцы, участвовавшие в гражданской войне в США, не имели парусного вооружения, кораблестроители Старого Света не рисковали полностью отказаться от парусов и довериться механическому двигателю. В то же время на крупных броненосцах оказалось практически невозможным сохранить парусную оснастку, сопоставимую с применяемой на линейных парусных кораблях.

¹ Энгельс Ф. Анти-Дюринг. М.: Политиздат, 1977. С. 173.

Принятый в те времена критерий — удельная мощность парусного вооружения N_n — характеризовался отношением $S_n/D^{2/3}$, где S_n — площадь парусов, а D — водоизмещение корабля. У парусных линейных кораблей N_n составляла около 120, а у первых броненосцев не превышала 60—80. Так, у английского 80-пушечного линейного корабля «Вангард» водоизмещением 3760 т площадь парусов составляла 2630 м² и N_n была чуть меньше 120. Чтобы обеспечить соответствующее по мощности парусное вооружение на английском броненосце «Геркулес» водоизмещением 8800 т, площадь парусов должна была составлять почти 4670 м². Такую парусность невозможно было бы обеспечить ни при каком числе мачт, как бы тесно их не расставлять (разумеется, соблюдая условие, чтобы реи не заходили одна за другую). Высоту мачт также не представлялось возможным увеличить не только по конструктивным соображениям, но и вследствие того, что высоко расположенная парусная оснастка привела бы к чрезмерному снижению остойчивости. Вот почему на «Геркулесе» удалось разместить паруса площадью около 2700 м² [33].

Отказаться от парусов было очень заманчиво, поскольку даже в сокращенном варианте парусная оснастка затрудняла размещение и использование артиллерии. Кроме того, применение парусов в сочетании с паровой машиной увеличивало расход топлива из-за возрастания воздушного сопротивления корабля, особенно при плавании курсом против ветра. Но за паруса ратовали сторонники парусного флота, ставившие под сомнение надежность энергетических установок.

С учетом этих настроений Английское адмиралтейство приняло решение о строительстве броненосца «Кептен» с полным парусным вооружением и паровой машиной в качестве вспомогательного средства движения. Автор проекта капитан Кольз, убежденный «парусник», про-

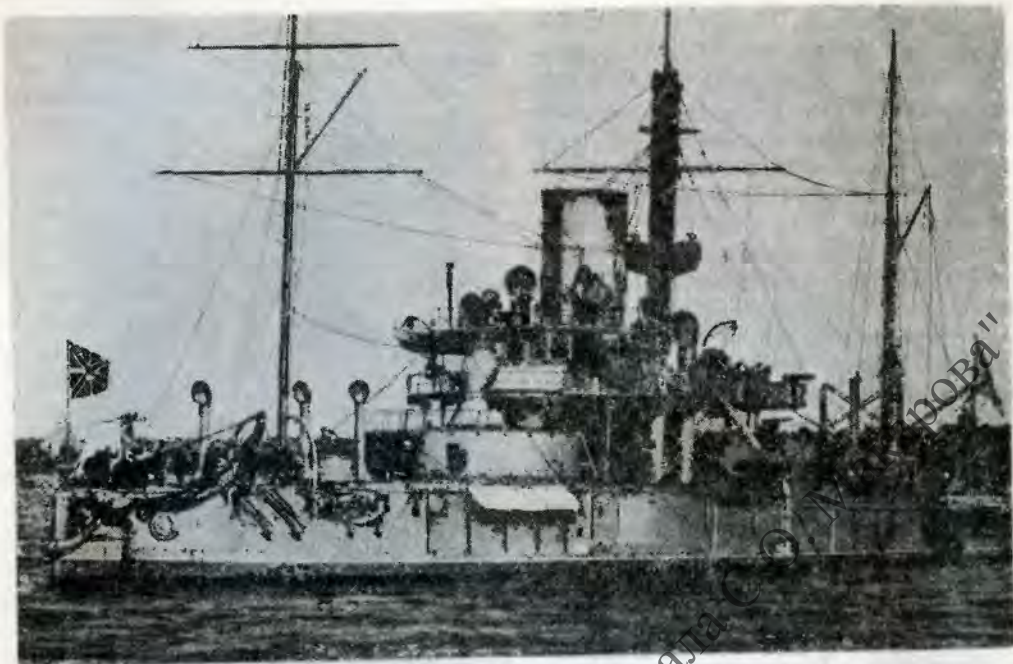


А. А. Попов

тивопоставлял «Кептен» ранее заложенному парусно-винтовому броненосцу «Монарх» с ограниченным парусным вооружением, который спроектировал известный кораблестроитель Э. Рид, занимавший должность главного корабельного инженера английского флота.

Развитая парусная оснастка, по замыслу Кольза, должна была обеспечить «Кептену» хорошие ходовые качества. Орудия размещались в тяжелых башнях. Чтобы устранить ванты, мешающие разворачивать орудия во время стрельбы, на корабле установили тяжелые трехногие мачты. Для снижения возможности поражения снарядами была принята очень маленькая высота надводного борта. В результате остойчивость броненосца чрезмерно снизилась, что в сочетании с малой высотой надводного борта сулило кораблю серьезные неприятности.

Указав на крупные недостатки броненосца Кольза, Рид категорически отказался утвердить проект. Однако лорды адмиралтейства пренебрегли мнением опытного кораблестроителя и, более того, через прессу



Броненосец «Петр Великий»

поддержали проект «Кептена», обвинив Рида в стремлении устранить конкурента.

В 1869 г. оба броненосца вступили в строй. В 1870 г. «Кептен», шедший под полными парусами, был опрокинут налетевшим пивалом и в считанные мгновения увлек на дно 532 моряка и находившегося на борту капитана Кольза. Суд, разбиравший обстоятельства катастрофы, вынес приговор, порицавший упрямство невежественных лордов, и в назидание потомкам постановил выгравировать приговор на бронзовой доске, которую и сегодня можно увидеть в соборе Св. Павла в Лондоне.

Победа «Кептена» вызвала резонанс в кораблестроительных кругах всего мира. В 1872 г. был спущен на воду спроектированный известным кораблестроителем и мореплавателем вице-адмиралом А. А. Поповым (1821—1898) первый русский безрангоутный броненосец «Петр Великий» водоизмещением 9700 т с двухвальной энергетической установкой

мощностью 8260 л. с. и скоростью полного хода 14 уз. Однако из-за задержки с установкой машин, заказанных в Англии, корабль вошел в строй только в 1877 г. Между тем ненуждавшиеся в иностранных поставщиках англичане оперативно построили и ввели в строй в 1873 г. спроектированный Ридом свой первый безрангоутный броненосец «Дивастейшн» водоизмещением 9387 т с двухвальной энергетической установкой.

Наличие двух независимых установок достаточно надежно резервировало средства движения кораблей. Кроме того, безрангоутные броненосцы позволили существенно сократить экипаж, так как отсутствие парусов и появление многочисленных вспомогательных механизмов значительно уменьшили занятость моряков. Так, если экипаж 120-пушечного парусного корабля водоизмещением 2500 т составлял 840 чел., то на «Петре Великом» с водоизмещением почти в четыре раза большим служило всего 440 чел.

Крейсер — корабль быстроходный

Параллельно с броненосным развивался крейсерский флот. Функции охраны морских торговых путей, захвата неприятельских коммерческих судов, разведки и транспортирования особо ценных грузов возлагались на фрегаты. Как класс кораблей фрегаты появились в начале XVII в. Это были мореходные парусные трехмачтовые быстроходные корабли, вооруженные вначале 20—30 пушками, а позднее, с приходом пара в кораблестроение, 60—70 пушками.

Как парусные, так и паровые фрегаты уступали в скорости коммерческим парусным судам, особенно клиперам, нередко показывавшим скорость порядка 20 уз, что было продемонстрировано в гражданской войне в США 1861—1865 гг.

Подавляющее большинство торговых парусных судов принадлежало северянам. Для борьбы с ними южане приобрели в Англии несколько артиллерийских быстроходных парусных кораблей с полной парусной оснасткой. Наибольшую известность получила «Алабама» водоиз-

мещением 1040 т, развивавшая 11,5 уз при работе машины и 10 уз под парусами. Преследуя суда противника и уклоняясь от встречи с его мощными кораблями, «Алабама» одновременно использовала машину и паруса, в результате чего ее скорость резко возрастала. В течение двух лет неуловимая «Алабама» нанесла огромный урон коммерческому флоту северян, захватив и уничтожив около 70 их судов.

Корабли с подобными функциями были названы крейсерами от голл. kruis — крест (аналогично: голл. — kruiser, нем. — Kreuzer, англ. — cruiser), т. е. корабли, способные пересекать курсы кораблей и судов противника, перехватывать их. Идею крейсера образно выразил известный русский кораблестроитель М. М. Окунев (1810—1873):

Корсер (так называли в ту пору крейсера в России. — П. Ш.) во флоте — то же, что партизан в армии: он должен быть силен, уверен, легок, как птица [27].

Убедившись в эффективности таких кораблей, северяне в 1864 г. построили несколько деревянных крейсеров типа «Вампона» со скоростью 17,5 уз. По тому времени это были самые быстроходные корабли. Однако масса их мощной энерге-



Крейсер «Вампона»



Крейсер «Инконстант»

тической установки составляла около 30 % водоизмещения, в связи с чем были снижены бортовой запас топлива, а следовательно, и дальность плавания — первостепенный тактический показатель крейсера.

Американские быстроходные крейсера не остались незамеченными в Европе. В противовес им по проекту Э. Рида Англия строит мощные железные парусно-винтовые крейсера. Для увеличения скорости и снижения сопротивления корабли ниже ватерлинии покрывали деревом и обшивали медными листами. Головной крейсер «Инконстант» водоизмещением 5780 т был спущен на воду в 1868 г. и показал на испытаниях при работе машины 16,5 уз. Однако после гибели «Кептена» в трюм корабля для увеличения остойчивости было принято около 300 т балласта и скорость снизилась до 15 уз.

В ходе германо-французской войны 1870 г. значение скорости для крейсеров оценила Франция. В течение войны лучший французский крейсер «Талисман» со скоростью 12,5 уз не смог перехватить ни одного из немецких коммерческих судов,

которые развивали скорость порядка 13—14 уз [7]. С учетом этого Франция в 1873 г. построила два железных крейсера водоизмещением 5500 т и скоростью 17 уз. Подводная часть кораблей была покрыта деревом и обшита медными листами.

В стремлении создать более быстроходные крейсера Англия, а следом за ней и другие страны начинают строить корабли меньшего водоизмещения, на которых многое приносится в жертву скорости. В частности, облегчают корпус, отказываются от бронирования, сокращают вооружение. Для решаемых крейсерами задач скорость 17—18 уз была недостаточна, но для ее увеличения пришлось бы оснастить корабли более мощными энергетическими установками. В то же время масса энергетической установки и запаса топлива на крейсерах той поры составляла 30 % и более от водоизмещения (табл. 1). Таким образом, увеличить их скорость можно было только за счет ухудшения боевых и мореходных качеств.

В ином направлении с учетом международной обстановки развивала крейсерский флот Россия, опущ-

Таблица 1. Основные тактико-технические данные крейсеров постройки 80-х гг. XIX в.

Название, принадлежность	Скорость, уз	Водоизмещение, т	Мощность энергетической установки, л. с.	Запас топлива, т	Масса энергетической установки, т	Дальность плавания экономическим ходом, мли
«Полифемус», Англия	18	2640	5500	200	500	1800
«Сфакс», Франция	17	4500	7500	545	970	6000
«Этна», Италия	18	3520	7700	500	850	6000
«Эсмеральда», Чили	18	3000	6000	400	650	5500
«Блिटц», Германия	17	1382	3300	160	376	3500
«Нозби», Япония	17	3651	6000	450	690	5500

щавшая необходимость в постоянном пребывании своих кораблей на океанских театрах. При этом они должны были даже в дальних плаваниях обходиться своими запасами без захода в иностранные порты, что в военное время вообще исключалось. В то же время на крейсере заманчиво было иметь мощную артиллерию и надежную броню при сравнительно большой скорости.

Идею такого мощного океанского корабля, названного полуброненосным крейсером, выдвинул уже известный нам вице-адмирал А. А. Попов, которого академик А. Н. Крылов назвал «истинным учителем флота». По его проекту в 1870 г. на верях Охтинского адмиралтейства в Балтийского завода были заложены два первых в мире полуброненосных крейсера с броневым поясом по ватерлинии: «Генерал-адмирал» водоизмещением 4604 т и скоростью 13,6 уз и «Александр Невский» (позднее переименованный в «Герцог Эдинбургский») водоизмещением 4510 т и скоростью 15,3 уз. Вслед за Россией к строительству подобных крейсеров приступили Англия, Франция и другие страны. Английское адмиралтейство вынуждено было признать, что «русским первым удалось осуществить идею крейсера с броневым поясом по ватерлинии» [6].

Механический двигатель, позволивший увеличить скорость кораблей, в то же время существенно усложнил процесс их проектирования. Во времена парусного флота не было особой необходимости в

предварительном расчете ходкости создаваемого корабля, которая в основном определялась площадью парусов, скоростью и направлением ветра, а также умением экипажа управлять парусами. С появлением механического двигателя положение изменилось. Теперь задача сводилась к получению заданной скорости при наименьшей мощности энергетической установки, поскольку речь шла уже не о стихийной энергии ветра. Ошибка при выборе установки дорого обходилась кораблю.

И в наши дни выбор оптимальной энергетической установки при проектировании корабля относится к числу наиболее трудных задач, а в те времена все обстояло намного сложнее.

Кораблестроители разводят руками

По мере увеличения скорости кораблей все чаще возникали загадочные ситуации, ставившие в тупик кораблестроителей и моряков. Иногда крупный корабль оказывался более быстроходным, чем корабль с меньшим водоизмещением, хотя энергетические установки обоих развивали одинаковую мощность. Имели место случаи, когда скорость, достигнув определенного предела, не возрастала, несмотря на дальнейшее увеличение мощности машин.

В 1878 г. вышел на испытания английский двухвинтовой крейсер с сокращенной парусной оснасткой «Ирис» водоизмещением 3750 т.

Вместо оговоренных контрактом 17,5 уз корабль даже при форсировании мощности машин сверх проекта до 7000 л. с. смог развить лишь 16,5 уз. Выяснением причин недобора скорости занялась специально созданная комиссия.

Проверка состояния машин и гребных винтов показала полную их исправность. Решено было уменьшить число лопастей винтов с четырех до двух. Результат выхода на мерную милю¹ ошеломил членов комиссии. С четырехлопастными винтами при мощности машин 5250 л. с. «Ирис» показывал 15,1 уз, а с двухлопастными при мощности 4370 л. с. развил 15,5 уз. Если при этом привести мощность к одинаковой скорости, получится, что экономия составила около 1000 л. с. Были изготовлены новые четырехлопастные винты, но с меньшей площадью лопастей, чем те, с которыми крейсер вышел на первые испытания. Перекрыв контрактную скорость, «Ирис» показал 18,6 уз и был разрекламирован как самый быстроходный крейсер в мире.

Описание экспериментов с «Ирисом» заняло всего несколько строк, проведение же их потребовало много времени и больших средств. При этом никто не мог гарантировать, что установленные на крейсере гребные винты являются оптимальными. Были и другие загадки. Так, на испытаниях в 1884 г. английский броненосец «Колингвуд» водоизмещением 9612 т при мощности машин 8100 л. с. развил скорость 16,6 уз, а при мощности 9560 л. с. — 16,8 уз. Увеличение мощности на 1460 л. с. дало повышение скорости лишь на 0,2 уз!

Все настоятельнее ощущалась необходимость уже на стадии проектирования корабля определять мощность, необходимую для получения заданной скорости, и лишь после

этого заказывать энергетическую установку.

Мощность энергетической установки определяется исходя из сопротивления воды движущемуся в ней кораблю, на преодоление которого она и затрачивается. О том, что такое сопротивление существует, было известно и судостроителям прошлых веков, которые сознавали, что не все формы судна имеют одинаковое сопротивление. Чтобы убедиться в этом, достаточно было с борта движущегося челна или лодки опустить в воду ладонь ребром по движению, а потом поперек движения и почувствовать, насколько изменилось сопротивление, хотя размер ладони остался неизменным.

С незапамятных времен человечество накапливало знания о свойствах воды и о поведении движущихся в ней тел. Понятие о телах, имеющих наименьшее сопротивление, передавалось от народов к народам, из поколения в поколение:

Рыбы способны к весьма быстрому бегу, и для этого природа, конечно, дала им наилучшее образование; то чем ближе корабль к образу дельфина, тем должен быть ходче; а если так, что в кораблях необходимо делать носовую часть полнее и короче кормовой, ставя мидель-шпангоут¹ даже на $\frac{1}{3}$ длины корабля от носа и делая кормовые ватерлинии гораздо острее носовых, как в хвосте у рыбы противу головы. Или: Образ клина самый удобный для раскалывания тел; и т. д. он лучше, чем он острее; то и для ходкости корабля надо все ватерлинии, носовые и кормовые, делать острее, сохраняя все-таки между ними вид дельфина. Но как острота клина увеличивается вместе с его длиной, то чем длиннее корабль, тем он будет ходче, при всех тех же прочих обстоятельствах... [8].

Судостроители прошлого понимали, что скорость судна можно увеличивать не только изменением его формообразования, но и за счет применения более эффективного движителя. Им было известно, что, уве-

¹ Мерная миля (в настоящее время мерная линия) — точно выверенное расстояние между двумя определенными точками для установления скорости кораблей (судов) на испытаниях.

¹ Мидель-шпангоут — шпангоут в сечении корпуса корабля поперечно-вертикальной плоскостью, проходящей посередине расчетной длины корабля или (в нашем случае) совпадающей с плоскостью шпангоута наибольшей полноты корпуса.

личивая количество и длину весел, а также площадь парусов, можно создать более быстроходные суда. Но при относительно небольших скоростях времен гребного и парусного флотов вопрос преодоления сопротивления воды движущемуся в ней судну не ставился так остро. Если отдельные ученые и пытались детально разобраться в этом вопросе, то в чисто познавательных целях.

Так продолжалось до тех пор, пока с применением паровой машины и железа не открылась реальная возможность резко увеличить скорость судов и кораблей. Сопротивление воды стало основным барьером на этом пути, а следовательно, возникла необходимость узнать его истинную величину.

Как и в других областях техники, исследователи сопротивления воды начинали не на пустом месте. Еще в конце XV в. великий творец эпохи Возрождения гениальный итальянский ученый Леонардо да Винчи (1452—1519) в своем сочинении «О движении и измерении воды» говорил о наличии сопротивления при движении тела в воде. Мысль Леонардо не стала достоянием современников, так как сочинение было опубликовано спустя почти 300 лет после смерти автора.

Принято считать, что впервые обосновал сопротивление движущихся в жидкости тел И. Ньютон (1642—1727), который в труде «Математические начала натуральной философии», изданном в 1686 г., высказал соображение о составляющих сопротивления. Он доказывал, что сопротивление жидкости движущемуся в ней телу должно быть пропорционально квадрату скорости движения и площади наибольшего поперечного сечения, перпендикулярного к направлению движения, и при этом оно зависит от обводов передней части движущегося тела.

Однако и гении не застрахованы от ошибок. Ньютон ошибался, упрощенно представляя механизм возникновения сопротивления «частью

от сцепления жидкости с телом, частью от трения друг о друга слоев жидкости и частью их плотности, происходящей от ударов частиц жидкости о переднюю поверхность тела». Единственной существенной частью сопротивления Ньютон называл сопротивление «от плотности», а две другие составные части считал пренебрежимо малыми, не имеющими практического значения. Таким образом, ученый пренебрег трением жидкости о тело. Но ведь на самом деле частицы жидкости не ударяются о поверхность тела, а обтекают его.

Несмотря на принципиальную ошибку, допущенную Ньютоном, его теория сопротивления жидкости явилась большим научным открытием и для своего времени была единственной, имевшей законченное математическое обоснование. Она сыграла очень большую роль, так как, во-первых, позволила понять, почему трудно увеличить скорость судна (сопротивление воды растет как квадрат скорости), а во-вторых, дала основание утверждать, что суда должны быть возможно более узкими, поскольку сопротивление прямо пропорционально площади наибольшего поперечного сечения корпуса.

Теория Ньютона просуществовала до 1776 г., когда был опубликован второй фундаментальный теоретический труд Л. Эйлера в области теории корабля «Полное умозрение строения и вождения кораблей, сочиненное в пользу учащихся навигации». В этом сочинении развиваются идеи, положенные Эйлером в основу его первого труда «Науки морской, или трактата о судостроении и управлении кораблями». В частности, рассматриваются вопросы сопротивления воды движению корабля, впервые приводятся некоторые соображения о влиянии формы носовой и кормовой оконечностей на сопротивление воды движению судна. На основе результатов немногочисленных опытов, развив и уточнив рациональные положения теории Нью-

тона, Эйлер предложил формулу для расчета сопротивления судов.

Трудами Эйлера более ста лет руководствовались судостроители и кораблестроители, развивавшие его учение. Среди них видное место принадлежит нашему соотечественнику известному «корабельному подмастерью» П. Я. Гамалее (1766—1817), издавшему в 1802 г. сочинение «Вышняя теория морского искусства», где с большой полнотой было изложено учение о теории корабля, включая и вопросы сопротивления воды.

После Ньютона в течение около 150 лет изучение законов сопротивления жидкости движению тел шло по двум отдельным направлениям — теоретическому и экспериментальному, развивавшимся параллельно.

Теоретики, к которым принадлежал Эйлер, исходили из логических сопоставлений и пытались обосновать свои выводы с помощью сложного математического аппарата. Но они не могли умозрительно представить себе физику явлений и при составлении исходных уравнений не учитывали некоторые обстоятельства, что искажало механизм сопротивления. Так, они пренебрегали вязкостью воды (трением) и рассматривали явления в так называемой идеальной жидкости, которой в природе практически не существует, хотя сам Эйлер в упомянутом «Полном умозрении» указывал на то, что трение должно играть заметную роль в сопротивлении воды, и советовал для выяснения вопроса провести опыты с моделями. В результате такого чисто теоретического рассуждения вопроса возникла особая наука — гидромеханика идеальной жидкости.

Однако решения, основанные на теории движения тел в идеальной жидкости, зачастую резко расходились с данными опытов и не удовлетворяли запросы практиков. Параллельно теоретическому возникло экспериментальное направление изучения движения тел в жидкости, спо-

собное разрешать инженерные задачи, на знамени которого можно было бы написать изречение Леонардо да Винчи: «Когда имеешь дело с водой, прежде всего посоветуйся с опытом, потом с разумом». Это направление развивалось совершенно независимо от гидромеханики идеальной жидкости, часто значительно ее опережая. Исследования в области изучения движения тел в жидкости были объединены в науку о сопротивлении воды движению тел и судов.

Со временем результаты экспериментов стали все чаще сопоставлять с теоретическими выводами. К середине текущего столетия наметилось плодотворное сближение обоих направлений. Большую роль в этом сыграли такие ученые, как О. Рейнольдс, Л. Прандтль, М. Карман, Г. Ламе в России — Н. Е. Жуковский (1847—1921), который постоянно подчеркивал, что «механика должна равноправно опираться на анализ и геометрию, заимствуя от них то, что наиболее подходит к существу задачи» [15].

Вода сопротивляется

По современным представлениям, при движении корабля на него действуют две равные и противоположно направленные горизонтальные силы. Одна из них, действующая в направлении движения, — тяга движителя, другая — сопротивление воды, которое возникает вследствие того, что корпус корабля испытывает ряд сопротивлений, получивших следующие названия и обозначения: сопротивление трения R_F ; сопротивление формы $R_{p.v.}$; волновое сопротивление R_w ; сопротивление выступающих частей $R_{вч.}$; воздушное сопротивление R_v . Таким образом, полное сопротивление R_T представляет собой сумму указанных составляющих: $R_T = R_F + R_{p.v.} + R_w + R_{вч.} + R_v$.

Каков физический смысл составляющих полного сопротивления?



Линейный корабль «Техас» на полном ходу

Сопротивление трения связано с вязкостью жидкости. Если поместить в воду гладкий лист фанеры или металла и буксировать его в вертикальном положении ребром вперед, то даже при полированной поверхности буксируемого листа динамометр покажет значительное усилие, которое с увеличением скорости буксировки будет возрастать приблизительно по квадратичному закону. Какие же силы препятствуют движению листа в воде?

Посмотрим с высоты птичьего полета на линейный корабль США «Техас» (1914). Впечатление такое, что в слое, непосредственно примыкающем к корпусу корабля, вода вскипает. С увеличением скорости интенсивность процесса возрастает. Почему?

Вследствие вязкости воды ее частицы, сцепившись с поверхностью корпуса корабля, прилипают к нему и движутся вместе с ним. Силы сцепления частиц воды друг с другом

меньше, чем с твердым телом, и второй слой воды, расположенный рядом с первым, будет несколько отставать от него по скорости, как бы цепляясь за него, но постепенно сползая. Каждый последующий слой будет двигаться по отношению к кораблю с несколько меньшей скоростью, чем предшествующий. Вскипаящая белой пеной вода у бортов «Техаса» является видимой частью пограничного слоя.

Основное представление о пограничном слое сформулировал великий русский ученый Д. И. Менделеев (1834—1907), постоянно интересовавшийся вопросами кораблестроения и многое сделавший в этой области. В 1880 г. Д. И. Менделеев в своей работе «О сопротивлении жидкости и воздухоплавании» отметил роль «прилипшего к твердому телу слоя жидкости, который движется вместе с телом и увлекает последнее». Почти одновременно с Менделеевым и независимо от него мысль о существовании и значимости пограничного слоя высказал Жуковский.

Первое теоретическое обоснование и анализ явлений, происходящих в пограничном слое, принадлежит выдающемуся немецкому ученому Л. Прандтлю (1875—1953), который объяснил и подтвердил опытами, что течение жидкости, обтекающей тело, можно разделить на две области: область относительно тонкого слоя вблизи тела (пограничный слой), где трение играет существенную роль, и область вне пограничного слоя, где трением можно пренебречь.

Первостепенная роль в развитии теории пограничного слоя принадлежит англичанину О. Рейнольдсу (1842—1912), объяснившему парадокс, многие годы сдерживавший развитие гидродинамики. Суть парадокса сводилась к следующему. Рейнольдс доказывал, что сопротивление жидкости, протекающей в трубе, прямо пропорционально скорости жидкости и обратно пропор-

ционально квадрату диаметра трубы, в то время как его оппоненты утверждали, что сопротивление жидкости прямо пропорционально квадрату скорости ее движения и обратно пропорционально диаметру трубы. Многократные опыты подтверждали оба вывода. За выявление истины взялся Рейнольдс.

В воду, протекавшую по стеклянной трубке, ученый ввел тонкую струйку красителя. В трубке как бы протянулась цветная нить в виде слоя, не смешивающегося с основным потоком воды. Такое движение воды Рейнольдс назвал ламинарным (от лат. *lamina* — пластинка). При увеличении скорости воды в трубке картина резко изменилась. Скачком замедлилось движение подкрашенного слоя. Быстрые беспорядочные завихрения перемешали краситель в воде. Ученый назвал такое движение воды турбулентным (от лат. *turbulentus* — быстрый, беспорядочный).

Итак, все стало на свои места. Различие в результатах опытов являлось следствием того, что одни исследователи экспериментировали при ламинарном течении жидкости, а другие при турбулентном.

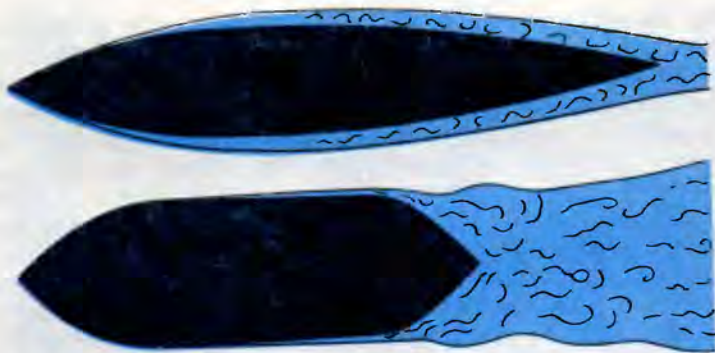
Рейнольдс вывел безразмерное соотношение, которое в его честь названо числом Рейнольдса. Физическая суть числа Рейнольдса заключается в том, что произведение скорости течения жидкости (или движения тела) на характерный размер тела, деленное на показатель вязкости жидкости, есть число постоянное. Турбулентность появляется тогда, когда силы инерции, определяемые скоростью жидкости, ее плотностью и характерным размером тела, превышают силу вязкости жидкости.

Число Рейнольдса имеет первостепенное значение для областей техники, связанных с движением жидкости или движением тел в ней. Оно позволяет достаточно точно определить коэффициент сопротивления трения, который необходим при расчете сопротивления трения. При турбулентном режиме коэффициент сопротивления трения гораздо выше, чем при ламинарном. А вследствие относительно большой длины и шеро-

ховатости корпуса пограничный слой даже при умеренных скоростях корабля почти всегда является турбулентным. Вот почему обшивку подводной части стремятся сделать более гладкой и систематически очищают в процессе эксплуатации. Это делается с одной целью — снизить турбулентность пограничного слоя. Ведь всякие неровности на подводной части корпуса, даже песчинки и грязь, являются источниками образования вихрей в пограничном слое, а следовательно, турбулизаторами.

Еще древние мореплаватели знали, что обрастание корпуса судна представителями морской флоры и фауны приводит к снижению скорости. Особенно «хорошо» обрастал дуб — наиболее распространенный материал времен деревянного судостроения. Для защиты кораблей и судов от обрастания применялись различные способы. Так, в XVI в. пробовали применить для обшивки подводной части корпуса свинец. Однако из-за низких механических свойств свинец не выдерживал волнения моря, и тяжелые листы обшивки обрывались. История донесла до нас сведения о покрытиях в виде медных гвоздей с огромными шляпками, защищавшими большую часть корпуса ниже ватерлинии от обрастания. В XVII—XIX вв. получила распространение уже упоминавшаяся обшивка подводной части корпуса тонкими медными листами. Из-за высокой цены на медь во Франции пытались заменить медные листы цинковыми. Но цинк в морской воде быстро разрушался и опыты были прекращены.

Итальянские судостроители пошли на смелый эксперимент: подводную часть корпуса судна «Буффало» облицевали тонкими стеклянными пластинами. При осмотре судна в доке после нескольких месяцев плаванья было установлено, что пластины совершенно не обрастают, однако... часть пластин отсутствовала, так как надежно укрепить их на об-



Обтекание корпусов кораблей с разными формообразованиями

шивке корпуса и защитить от механических повреждений было невозможно.

И в наши дни основным способом борьбы с обрастанием является очистка подводной части корпуса в доке и покрытие ее специальными составами, содержащими вещества, губительно действующие на морских обитателей.

Сопротивление формы зависит от конфигурации движущегося в жидкости тела. Как и сопротивление трения, оно обусловлено вязкостью жидкости.

Посмотрим сверху на корабли, один из которых — длинный и узкий, с плавными формообразованиями, а второй имеет полные формообразования и широкую корму. У первого корабля пограничный слой простирается вдоль бортов с плавным переходом в попутный поток, у второго как бы отрывается от корпуса, образуя широкой след. В зоне отрыва обтекающие корпус потоки резко срываются и превращаются в завихрения. Происходит так называемый отрыв пограничного слоя. Частицы воды, находящиеся в слоях, ближайших к поверхности корпуса корабля, движутся по отношению к нему с очень малой скоростью и, следовательно, приобретают небольшую кинетическую энергию. Двигаясь от носа к корме, где давление больше, чем в средней части, частицы, потеряв из-за вязкости воды часть своей кинетической энергии, не в состоянии преодолеть повышенное давление в кормовой оконечности корабля. Израсходовав всю энергию, частицы останавливаются, а затем под воздействием повышенного встречного давления начинают двигаться назад, навстречу потоку, отрывая пограничный слой от поверхности корпуса. За точкой, в которой происходит отрыв пограничного слоя, зарождаются и образуются вихри — добавочное

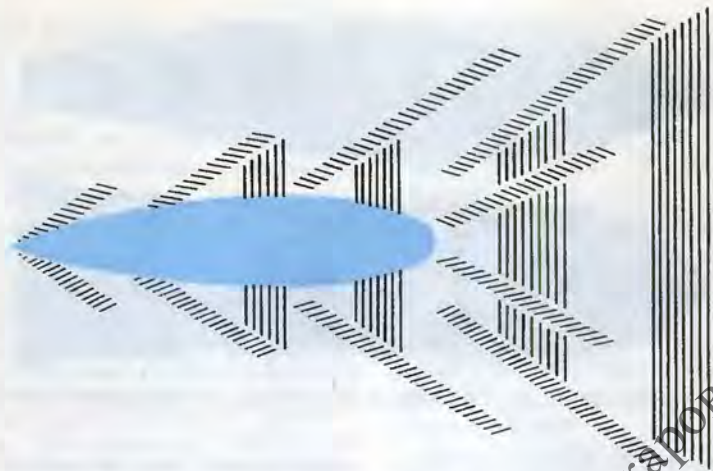
сопротивление. Этим объясняется интенсивный отрыв пограничного слоя у кораблей с тупой кормовой оконечностью и, наоборот, незначительный отрыв, а порой и полное его отсутствие, у кораблей с большим отношением длины корпуса к ширине и узкой кормой. У некоторых типов судов (особенно у барж) сопротивление формы может составлять около 50% от полного.

Волновое сопротивление вызвано тем, что вода, обладая массой, оказывает давление на каждую точку поверхности подводной части корпуса корабля.

Когда корабль стоит без движения, давление действует перпендикулярно или, как говорят, нормально к поверхности корпуса в каждой данной точке. Горизонтальные составляющие давлений взаимно уравниваются, а вертикальные в сумме создают архимедову силу поддержания, равную массе корабля.

Как только корабль начнет двигаться, частицы воды, выведенные из равновесия, начинают совершать колебания под воздействием силы тяжести, образуя систему волн. Носовая часть корабля, вклиниваясь в массу спокойной воды, оказывает на нее давление и вытесняет значительный объем. Поскольку геометрические размеры корпуса постоянны, корпус высвобождает точно такой объем, который мгновенно заполняется окружающей корабль водой. Процесс происходит настолько быстро, что масса воды приобретает ускорение и по инерции поднимается выше, а затем опускается ниже, чем требуется для равновесия. В носовой и кормовой частях корпуса давление повышается, в то время как в средней части понижается. Соответственно повышается и понижается уровень воды — образуются корабельные волны, которые, двигаясь со скоростью корабля, как бы сопровождают его.

Пока скорость корабля неизменна, волны движутся вместе с ним, не меняя ни величины,



Система волн, создаваемая движущимся кораблем

ни расположения. Если корабль идет малым ходом, хорошо заметны расходящиеся волны, представляющие собой короткие валы, приблизительно параллельные друг другу, которые зарождаются в носовой и кормовой частях корабля. С увеличением скорости корабль сопровождают поперечные волны, располагающиеся между расходящимися перпендикулярно к направлению курса, которые также зарождаются в носовой и кормовой частях корабля. На месте первой расходящейся волны в носовой части появляется бугор, который затем превращается в первую поперечную волну носовой системы волн. Эта волна начинается гребнем, а первая поперечная волна кормовой системы волн — впадиной. Длина гребня у каждой последующей поперечной волны обеих систем больше, чем у предыдущей, а высота меньше. При значительном развитии поперечных волн расходящиеся теряют рельефность, а у быстрходных кораблей вообще становятся малозаметными.

В результате возникновения волн распределение давления воды на корпус резко изменяется по сравнению с тем, каким оно было при неподвижном корабле. Горизонтальные составляющие давлений уже не уравновешивают друг друга, а их результирующая — волновое сопротивление — оказывается направленной навстречу движению корабля.

Волновое сопротивление является главным препятствием на пути повышения скорости водоизмещающих кораблей, так как по мере увеличения скорости оно интенсивно растет: если сопротивление трения увеличивается примерно пропорционально квадрату скорости, то волновое сопротивление возрастает примерно

пропорционально четвертой степени.

Подводные лодки находятся в более выгодном положении, так как из рассмотренного нами механизма волнового сопротивления видно, что неизменным его условием является расположение корпуса корабля на границе двух сред — воды и воздуха, поэтому у погруженной на достаточную глубину подводной лодки волновое сопротивление вообще отсутствует.

Сопротивление выступающих частей вызвано тем, что на подводной части корпуса корабля неизбежны конструктивные элементы, которые выступают за плавную форму очертания поверхности. Их называют выступающими частями. К выступающим частям относятся гребные валы с кронштейнами, рули, различные надделки корпуса и т. п. Известны двух- и трехвинтовые быстроходные корабли, у которых сопротивление выступающих частей составляло порядка 25—30 % полного сопротивления.

У. Фруд решает задачу

В январе 1858 г. мир был взбудоражен спуском на воду громадного по тем временам английского пассажирского парохода «Грейт Истерн» водо-

измещением 25 тыс. т, длиной 210 м, мощностью главных паровых машин около 8300 л. с., пассажировместностью до 4000 чел. Появление гиганта рассматривалось современниками как технологический взрыв XIX в. Судно имело колесные и винтовые движители, 6 мачт для парусов, двойные борты и днище, непроницаемые переборки, было оснащено электрическим телеграфом. Оно оказало влияние на развитие теории корабля.

Инициатор постройки гигантского судна и его конструктор — английский инженер И. Брунель (1806—1859), стремясь снизить в максимально возможной степени сопротивление корпуса судна, привлек к его проектированию английского ученого-кораблестроителя С. Россела (1803—1882). Еще в 1834 г. Россел проводил опыты в канале с моделями, пытаясь установить закономерность сопротивления воды движущемуся в ней судну. С той же целью в 1840 г. под его руководством была осуществлена опытная буксировка корабля. Обработав результаты опытов, ученый впервые установил, что сопротивление зависит от характера возникающих при движении корабля волн, а позже создал свою теорию сопротивления воды, которую опубликовал в 1869 г.

Россел предложил придать корпусу «Грейт Истерн» форму, разработанную на основании его теории. Брунель принял предложение, но обратил внимание на то, что ученый, говоря о наименьшем сопротивлении предлагаемой им формы корпуса, не может ответить на главный для конструктора вопрос: какой мощности энергетическая установка обеспечит заданную скорость судна. В связи с этим Брунель посоветовал одному из своих помощников по постройке «Грейт Истерн» серьезно заняться теорией сопротивления судов. Этим помощником был У. Фруд (1810—1879), ставший впоследствии основоположником научного метода определения сопротивления воды движению судна.

Занявшись изучением качки и сопротивления воды движению судна, Фруд начал экспериментировать с самоходными моделями судов в каналах и водоемах, и увлекся этим настолько, что в 1859 г. построил вблизи своего дома в Торквее бассейн. А постройка первого в мире опытового бассейна, как это ни парадоксально, оказалась связанной с известной катастрофой английского броненосца «Кептен». Читатель помнит, что Э. Рид категорически возражал против постройки корабля с недостаточной остойчивостью. За поддержкой своей позиции он обратился к Фруду, к тому времени признанному специалисту в теории корабля. В 1868 г. Рид убедил Фруда направить в Британское адмиралтейство меморандум с обоснованием необходимости постройки для нужд английского флота опытового бассейна, позволяющего на моделях изучать остойчивость и ходовые качества кораблей. В 1870 г. строительство бассейна было начато, а последовавшая вскоре гибель «Кептена» ускорила его окончание...

Занимаясь исследованиями сопротивления воды на моделях, Фруд исходил из ньютоновского закона механического подобия, которому подчиняется волновое сопротивление, поскольку оно, будучи связано с массой воды и гравитационными силами, не может быть выражено какой-либо аналитической функцией и вычислено. В то же время сопротивление трения, обусловленное вязкостью воды, хотя и не подчиняется закону механического подобия, но может быть выражено математической зависимостью.

Фруд исходил из того, что при сопоставлении корабля и его модели с точки зрения волновой динамики условия в двух геометрически подобных случаях будут одинаковы, если длины корабля L_k и его модели L_m находятся между собой в таком отношении, как длины образуемых ими волн. А следовательно, согласно закону механического подобия отно-

шение скоростей корабля v_k и его модели v_m можно выразить уравнением $v_k/\sqrt{gL_k} = v_m/\sqrt{gL_m}$, где g — ускорение свободного падения (в рассматриваемом случае величина неизменная): L — каждый линейный размер (например, длина, ширина, осадка) корабля и модели. Другими словами, скорости корабля и его модели пропорциональны квадратным корням из их линейных размеров.

Вскоре Фруд представился случай проверить свои выводы на практике. В 1869 г. Британская морская ассоциация решила провести испытания парового судна на режимах буксировки и движения с помощью машины, с измерением скорости судна и мощности энергетической установки для проверки совпадаемости результатов. Ученый предложил параллельно с испытаниями парохода провести опыты над его моделями.

Последние сомнения были устранены, и Фруд вынес на суд кораблестроителей закон подобия, который и в настоящее время используется при проектировании кораблей и судов. Закон гласит: *сопротивления формы двух геометрически подобных судов относятся между собой как кубы их линейных размеров, в то время как их скорости находятся в отношении корня квадратного из их измерений.*

В основу метода пересчета испытаний модели на корабль было положено разделение полного сопротивления модели и корабля на составляющие: сопротивление трения R_F и остаточное сопротивление R_R , в котором были объединены сопротивление формы и волновое сопротивление. Пересчет осуществлялся в такой последовательности. Из измеренного полного сопротивления модели вычиталось ее сопротивление трения, рассчитанное по формуле, предложенной Фрудом. Полученное таким образом остаточное сопротивление модели пересчитывалось по кубу масштаба модели на корабль, в результате чего определялось остаточное сопротивление корабля. Чтобы получить полное сопротивление корабля, нужно было к его остаточному сопротивлению прибавить вычисленное по формуле сопротивление трения.

В подтверждение своего метода Фруд в 1871 г. провел классический



Характер зависимости волнового сопротивления от скорости корабля

опыт сравнительных испытаний корвета «Грейхоунд» и его модели. Буксировка корвета осуществлялась крейсером. Расхождение сопротивлений корвета при пересчете с модели (около 30 % при 4 уз и около 10 % при 12,5 уз) Фруд объяснил влиянием неустраняемых явлений при проведении испытаний: действием воды и встречного потока воды, создаваемых буксировщиком, а главное, состоянием обшивки подводной части корпуса корвета, которая была намного более загрязненной, чем поверхность модели. Этим, в частности, объяснялось неодинаковое расхождение при 4 и 12,5 уз: ведь, как мы уже знаем, с увеличением скорости составляющая сопротивления трения в полном сопротивлении, по сравнению с составляющей волнового сопротивления, резко уменьшается.

Полученные Фрудом результаты были высоко оценены кораблестроителями. На дискуссии по испытаниям «Грейхоунда» Россел сказал: ...и если удастся каждую модель сравнивать с построенным и испытанным на мерной миле кораблем, то это сделает науку военного кораблестроения самой совершенной и абсолютной наукой, а также одним из самых удивительных и изящных из существующих искусств.

В честь ученого отношение $v/\sqrt{gL}$, являющееся одной из основных характеристик ходкости, назвали числом Фруда и обозначают Fr .

Что означают выпуклости и впадины на графике роста волнового сопротивления корабля? Ведь корабль набирает скорость довольно

плавно. Дело в том, что между скоростью корабля, его размерами и волновым сопротивлением существует зависимость. С увеличением скорости носовые и кормовые поперечные волны постепенно смещаются друг относительно друга, и когда гребень носовой волны накрывает гребень кормовой, высоты обеих волн складываются и волновое сопротивление резко возрастает. Когда же гребни носовых волн накладываются на впадины кормовых и волны практически исчезают, волновое сопротивление уменьшается. Выпуклые участки на кривой соответствуют неблагоприятным скоростям, а вогнутые — благоприятным. С учетом этого иногда целесообразно длину корабля увеличить на длину носовой полуволны, соответствующую благоприятной скорости, и тем самым снизить волновое сопротивление. Странная по форме кривая лишний раз подтверждает сложность явления волнового сопротивления.

Метод Фруда быстро получил признание в странах с развитым кораблестроением. Одними из первых его оценили русские ученые и кораблестроители. В 1880 г. Д. И. Менделеев писал:

Оказалось, что корабли строят и по сих пор ощупью, пользуясь многообразною практикою, а не расчетом, основанным на теории или опытах сопротивления [24].

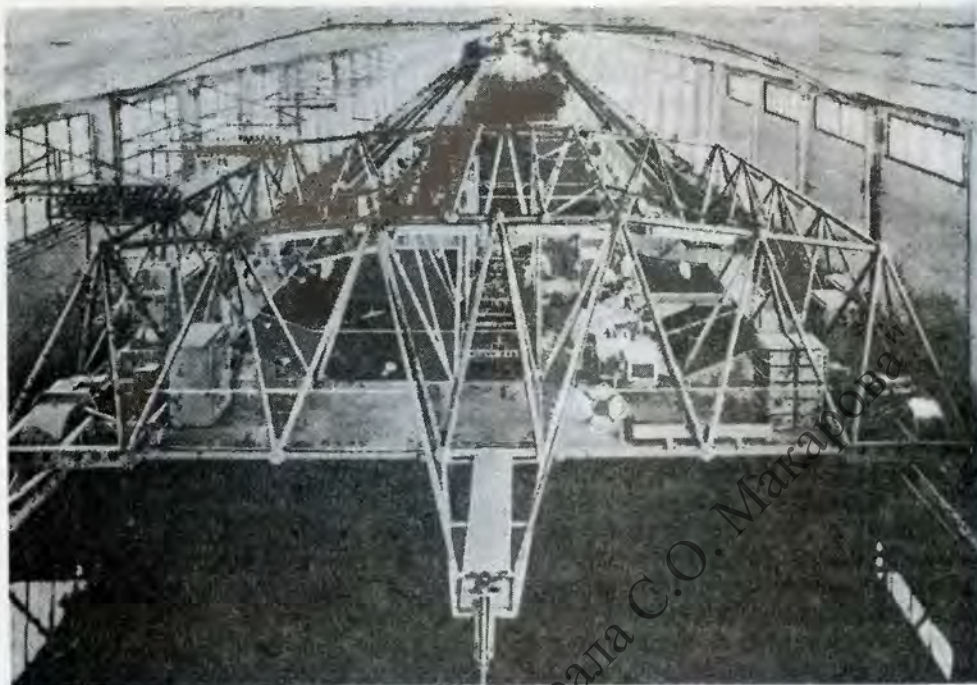
В 1882 г. русские кораблестроители подняли вопрос о необходимости параллельно с исследованиями кораблей по программе натурных испытаний проводить испытания моделей в опытовом бассейне. Однако Морское министерство в течение нескольких лет, используя различные предлоги, затягивало постройку бассейна. Неизвестно, когда бы вообще его построили, если бы не... английский броненосец, обогнавший в 1888 г. русский броненосец с находящимся на борту великим князем генерал-адмиралом Алексеем Александровичем. Разгневанный князь топал ногами и поносил моря-



А. Н. Крылов

ков, пока ему не доложили, что происшедшее закономерно, так как броненосцы отечественной постройки развивают не более 15—16 уз, в то время как английские — около 18 уз, и это в незначительной степени объясняется тем, что проектируются они с учетом испытаний моделей в опытовом бассейне. Обидный для престижа русского флота эпизод, обеспечивший «высокое» вмешательство, сдвинул дело с мертвой точки, и в 1894 г. в Петербурге начал функционировать русский опытовый бассейн.

Уже первые испытания в бассейне показали, как велико значение этой лаборатории кораблестроения. Первыми были испытаны модели ранее упомянутого полуброненосного крейсера «Герцог Эдинбургский». Испытания проводились с целью проверки возможности увеличить скорость полного хода корабля с 15,3 до 18 уз. Выяснилось, что для этого мощность машин крейсера нужно увеличить почти в три раза. Проектировщики были обескуражены, так как, по их расчетам, достаточно было увеличить мощность примерно на 40 %. В результате испытаний моделей намеченных к постройке броненосцев



Общий вид опытового бассейна

«Пересвет» и «Ослябя» удалось значительно уменьшить мощность машин по сравнению с проектом, разработанным до испытаний [12].

В январе 1900 г. руководство опытовым бассейном было поручено тогда еще молодому ученому А. Н. Крылову (1863—1945). В течение девяти лет Крылов блестяще руководил деятельностью опытового бассейна, что нашло непосредственное отра-

жение в высоком качестве кораблей, создаваемых в России в те годы.

Научная деятельность Крылова, которой он посвятил шестьдесят лет своей жизни, охватывала математику, астрономию, баллистику, теорию стрельбы, геодезию и другие отрасли науки и техники. Однако центральное место в исследованиях ученого занимали его работы по тео-

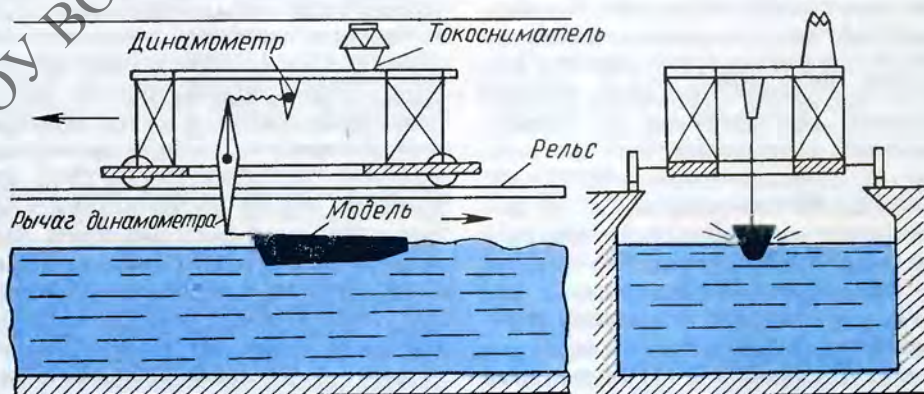


Схема буксировочной тележки

рии корабля, завоевавшие ему мировую известность. Кораблестроители справедливо считают Крылова отцом современного кораблестроения, преобразованию которого «из искусства в строгую науку» он посвятил всю жизнь.

Чаша современного опытового бассейна представляет собой канал длиной около 1000 м, шириной 16—18 м и глубиной до 12 м. Вдоль канала уложены рельсы, по которым наподобие мостового крана движется самоходная буксировочная тележка. На тележке размещены электродвигатель и измерительная аппаратура; там же находятся исследователи. В средней части пола тележки сделан вырез, над которым установлен динамометр с рычагом, спускающимся к воде. К концу рычага крепится буксирный тросик, соединенный с моделью, находящейся на воде под вырезом в полу тележки. Когда тележка, а за ней и модель движутся вдоль канала, динамометр показывает горизонтальную силу, с которой модель тянет рычаг назад. Это и есть полное сопротивление, которое встречает модель при буксировке.

Модель изготавливают в полном соответствии с теоретическим чертежом корабля. Она должна быть геометрически подобна натуре. Это значит, что все внешние линейные размеры модели и деталей, расположенных на корпусе по длине, ширине и высоте, должны быть меньше, чем у предполагаемого к постройке корабля, в одно и то же число раз, называемое линейным масштабом. Для определения сопротивления модели изготавливают без палуб, надстроек и мачт. Корпус модели выполняют из парафина с добавлением 4—6 % воска, а набор — из дерева. Парафин удобен тем, что очень легко обрабатывается и позволяет в процессе поиска оптимальных формообразований корпуса наплачивать и обструивать его поверхности.

Для определения сопротивления выступающих частей широко используется экспериментальный метод. На модели устанавливают изготовленные в том же линейном масштабе выступающие части, и результаты буксировочных испытаний модели с выступающими частями сравнивают с результатами испытаний модели гладкого корпуса.

Фруд создал метод, с помощью которого уже на стадии проектирования можно было с достаточной точностью и сравнительно просто определять сопротивление корабля, выбирать оптимальную форму и размеры его корпуса, чтобы обеспечить заданную скорость при наименьшей мощности энергетической установки. Борьба за скорость могла быть продолжена.

У. Фруд решил задачу, но не проблему

Трудами Фруда и его предшественников задача определения мощности энергетической установки на стадии проектирования корабля была в принципе решена. Это, разумеется, способствовало достижению более высоких скоростей в кораблестроении, но лишь способствовало.

Каждому ясно, что скорость корабля желательно иметь возможно большей, но при этом возникают препятствия, главным из которых является лишь частичное использование мощности машин. «расходуемой на преодоление кораблем сопротивления воды. Чем это вызвано?»

Чтобы корабль двигался с постоянной скоростью, необходима тяга движителя, равная величине преодолеваемого кораблем полного сопротивления и направленная в противоположную сторону. Работа, совершаемая силой тяги в единицу времени при движении корабля со скоростью v , равна мощности, затрачиваемой на преодоление сопротивления воды, которую называют буксировочной N_c (л. с.) и определяют по формуле $N_c = R_t v / 75$.

Зная N_c , можно определить валовую мощность, которую нужно подвести к движителю $N_w = N_c / \eta_D$, где η_D — пропульсивный коэффициент — важнейший показатель, характеризующий степень использования мощности энергетической установки для получения заданной скорости, т. е. показывающий, какая часть мощности расходуется на движение корабля. Остальная мощность теряется при ее передаче от двигателя и при преобразовании в упор, создаваемый движителем. Потери в основном определяются КПД движителя, его взаимодействием с корпусом корабля и в меньшей мере трением в подшипниках валопровода и передачи.

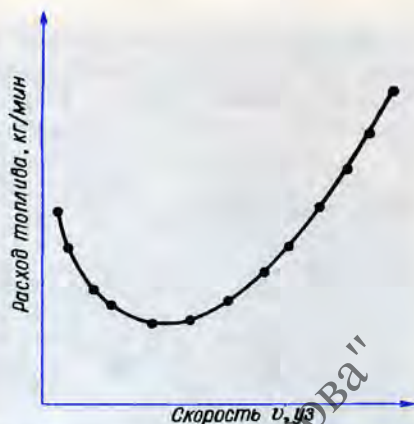
Следовательно, при увеличении пропульсивного коэффициента на корабле с заданным водоизмещением

можно снизить мощность энергетической установки, не уменьшая скорости, либо увеличить скорость при сохранении мощности установки.

Пропульсивный коэффициент колеблется в диапазоне 0,5—0,7, а это значит, что от 50 до 30 % мощности машин в создании силы тяги не участвуют и безвозвратно теряются. Естественно, что в рассматриваемый период времени (конец XIX в.), когда теория гребного винта находилась в зачаточном состоянии, пропульсивный коэффициент был значительно меньше.

Этим трудности достижения больших скоростей не ограничиваются. Из-за известного нам резкого возрастания сопротивления с увеличением скорости корабля мощность энергетической установки в грубом приближении изменяется пропорционально кубу скорости. Значит, если корабль, например, имеет скорость 12 уз при мощности энергетической установки 5000 л. с., то с увеличением скорости вдвое мощность установки должна быть увеличена в восемь раз. Следовательно, на том же корабле без изменения водоизмещения придется разместить установку мощностью 40 тыс. л. с. и соответственно возросший запас топлива, что просто нереально. Отсюда ясно, что увеличить скорость корабля не только в два раза, а даже на несколько узлов, на один только узел — задача чрезвычайно сложная.

И на этом не заканчивается перечень препятствий на пути увеличения скорости кораблей. Теоретически скорость корабля желательно иметь неограниченно большой. Аналогичное пожелание можно отнести и к дальности плавания. Однако, как и скорость, дальность плавания приходится ограничивать весьма жестким пределом. Оказывается, быстроходный корабль может в считанные часы израсходовать весь запас топлива и пройти при этом небольшое расстояние, по сравнению с тем, которое тот же корабль с тем



Характер зависимости расхода топлива от скорости корабля

же запасом топлива может пройти в течение нескольких суток.

Допустим, корабль без пополнения запаса топлива должен пройти полным 18-узловым ходом 1000 миль. При мощности энергетической установки 5500 л. с. и удельном расходе топлива 1,3 кг/(л. с.·ч) расход топлива за переход составит: $(1000 : 18) \times (1,3 \cdot 5500) = 397,2$ т. А теперь посмотрим, что произойдет, если тот же корабль совершит переход со скоростью 9 уз. Время перехода возрастет в два раза. Мощность установки изменится пропорционально кубу скорости и составит 694 л. с. При этом расход топлива за переход составит $(1000 : 9) \times (1,8^3 \cdot 694) = 138,6$ т. Таким образом, преодолев те же 1000 миль со скоростью, уменьшенной в два раза, тот же корабль израсходует почти в три раза меньше угля.

На графике представлен характер зависимости расхода топлива от скорости. Обращает на себя внимание, что на какой-то определенной скорости, гораздо меньше полной, расход топлива будет минимальным. Для разных кораблей эта наиболее экономичная скорость может существенно различаться, так как зависит от ряда конструктивных особенностей каждого конкретного корабля, в частности, таких, как водоизмещение, скорость полного хода, типы энергетической установки и движителя.

¹ Удельный расход топлива 1,8 кг/(л. с.·ч) принят сугубо ориентировочно исходя из того, что при снижении мощности установки удельный расход топлива возрастает.

На первый взгляд решение напрашивается само собой: плавать с той скоростью, при которой расход топлива будет минимальным. Однако, как показывает опыт войн на море, корабли плавают с самыми разными скоростями и лишь в течение очень короткого времени развивают полную и близкие к ней скорости. Но оперативно-тактическая обстановка в любой момент может измениться, кораблю потребуется развить полный ход, и такая возможность должна быть обеспечена. Этими соображениями и руководствуются на практике.

При проектировании корабля конкретного класса наряду со скоростью полного хода задается значи-

тельно меньшая скорость, при которой обеспечивается наибольшая дальность плавания корабля при определенной готовности оружия и технических средств, на что также требуется определенный расход энергии, а следовательно, и топлива. Для условного обозначения такого режима плавания существует понятие «экономический ход». Выход из положения далеко не лучший, но единственно возможный в условиях применения на кораблях энергетических установок на органическом топливе.

Через много лет энергия ядерного распада позволит иначе решить эту проблему. Но это будет через много лет.

Глава 3

ПРЕОДОЛЕНИЕ

ТРИДЦАТИУЗЛОВОГО БАРЬЕРА

Им необходима быстроходность

За 30 лет со времени появления броненосцев их скорость возросла с 11—12 до 16—18 уз. Много ли это? В свете известных трудностей, возникающих при увеличении скорости, ответ может быть только положительным. Ведь понадобилось в четыре-пять раз увеличить мощность энергетических установок огромных кораблей, причем в условиях, когда значительная доля выигрыша от сжигания массы и увеличения эко-
номичности установок в процессе их совершенствования «съедалась» непрерывающимся соревнованием между артиллерией и броней.

Как ни парадоксально, появление класса кораблей, который сыграл выдающуюся роль в борьбе за скорость, связано именно с усилением бронирования. Броня надежно укрывала личный состав и материальную

часть кораблей от артиллерийского огня. Ощущалась необходимость в эффективном средстве поражения броненосцев. И такое средство было найдено.

В 1865 г. русский изобретатель И. Ф. Александровский предложил Морскому министерству проект самодвижущейся мины, названной им «торпедо» (от итал. *torpedine* — электрический скат). Только через три года министерство снизошло до разрешения изобретателю изготовить мину... «за собственные деньги с последующим возмещением». А в 1866 г. владелец завода в Австрии англичанин Р. Уайтхед запатентовал самодвижущуюся мину, спроектированную лейтенантом австрийского флота М. Лупписом. Так был в очередной раз утрачен приоритет России.

Но дело не только в приоритете. Первая мина Уайтхеда имела скорость 6—7 уз, в то время как торпеда Александровского — около 10 уз.



Одна из первых русских миноносков

Зато Уайтхед сумел быстро организовать производство самодвижущихся мин. Морские державы, и в том числе Россия, приобретали мины Уайтхеда либо изготавливали их по закупленным у него лицензиям. Истинный же изобретатель был забыт. Только название, данное им самодвижущейся мине, сохранилось в памяти поколений.

Торпеда быстро совершенствуется и становится грозным оружием. Возрастает ее скорость и дальность действия. Если броненосец мог выдержать ряд попаданий снарядов, то от одной торпеды он погибал или, в лучшем случае, выходил из строя: ведь торпеда разрушала корабль в незащищенной броней части корпуса — ниже ватерлинии.

С учетом ограниченной дальности действия торпеду нужно было доставлять к позиции залпа. Для этой цели понадобились небольшие корабли — носители торпед, названные миноносками. При небольшом водоизмещении в сочетании с большой скоростью не могло быть и речи о бронировании и сколько-нибудь серьезном артиллерийском вооружении миноносков. Низкий силуэт и высокая скорость должны были стать основными средствами защиты этих небольших кораблей.

Первую миноноску «Рап» водоизмещением 1,5 т и скоростью полного хода около 13 уз в 1873 г. Англия построила по заказу Норвегии. Корабль был предназначен для нанесения удара по противнику миной, которую транспортировал на буксирном тросе, прикрепленном к дымовой трубе. Таким образом, миноноской «Рап» мог быть назван только условно.

Энергично строит миноноски Россия. В начале русско-турецкой войны 1877—1878 гг. вице-адмирал А. А. Попов разработал чертежи миноноски водоизмещением 23 т и скоростью 16 уз. В 1877—1878 гг. на базе проекта Попова было построено около 100 кораблей. Россия вышла на первое место в мире по строительству миноносного флота. Ее примеру последовали Англия, а затем Франция, Германия, Италия и другие страны.

Перед ведущими морскими державами, обладавшими большим числом броненосцев, возникла серьезная проблема. Ставилась под сомнение целесообразность постройки крупных дорогих кораблей, практически не защищенных от торпед. Наличие торпедного оружия должно было держать броненосцы в базах и не давать им возможности выйти



Миноносец «Взрыв»

в море. В этой связи высказывалось соображение, что вместо малого числа дорогих броненосцев, создающих лишь видимость морской мощи, целесообразно иметь большое число дешевых в постройке небольших кораблей различного назначения — торпедных, артиллерийских, параных, основной защитой которых должна была стать высокая скорость.

Преувеличение возможностей торпеды и недооценка артиллерийской мощи и мореходных качеств броненосцев нашли отражение в кораблестроительных программах морских держав. Взамен миноносок водоизмещением 20—30 т с одним торпедным аппаратом началось строительство более крупных и мореходных кораблей с усиленным торпедным вооружением, получивших название миноносцев.

В 1877 г. на заводе Берда в Петербурге (ныне завод входит в Ленинградское Адмиралтейское объединение) был построен первый в мире мореходный миноносец «Взрыв» водоизмещением 160 т и скоростью 12,5 уз. Как видим, за мореходность пришлось расплатиться ростом водоизмещения и снижением скорости,

что явилось следствием усиления корпусных конструкций корабля, увеличения мощности энергетической установки и бортового запаса топлива.

С учетом результатов испытаний «Взрыва» Морское министерство в 1880 г. заказало известному английскому кораблестроителю и предпринимателю Ярроу построить спроектированный в России мореходный миноносец «Батум» водоизмещением 48 т и скоростью полного хода 22 уз. Вооружение на корабль должно было быть установлено с приходом в Россию. Ярроу не только не выполнил условия контракта в отношении скорости корабля, но и попытался ввести в заблуждение приемочную комиссию, предъявив на мерной линии искусственно облегченный миноносец. Как мы узнаем позже, английские предприниматели в этом вопросе не делали исключений и для своего адмиралтейства. Пока же «Батум» был выведен на ходовые испытания с водоизмещением 33 т, вместо 48 т проектных. К примеру, вместо предусмотренных проектом 9 т угля на корабль погрузили лишь 1,5 т. После перехода миноносца в



Миноносец «Батум»

Россию, после установки вооружения и укомплектования штатными грузами и запасами «Батум» смог развить около 15 уз.

Однако мореходные качества миноносца оказались превосходными, что было продемонстрировано во время перехода из Англии в Черное море, прошедшего в тяжелых штормовых условиях. В Англии писали:

Не приходится сомневаться в том, что замечательные показатели этого судна явились побудительной причиной для нашего правительства, как и для многих других, приступить наконец к систематической постройке миноносцев первого класса (мореходных. — Л. Ш.).

Не успел еще «Батум» бросить якорь в Николаеве, а Ярроу уже начал получать заказы на мореходные миноносцы из ряда стран. Еще долго с той поры выражение «миноносец типа „Батум“» являлось в международной практике синонимом мореходного миноносца.

С возрастанием мощности КМУ возникала проблема их размещения на относительно небольших кораблях. Уже на «Батуме» цилиндры паровой машины мощностью 500 л. с. выступали над верхней палубой. Кроме того, к мореходному миноносцу предъявлялись повышенные требования в отношении надежности и живучести средств движения. С этой целью на «Батуме» преду-

сматривалась убирающаяся трехмачтовая парусная оснастка. Но это не являлось выходом из положения. Гораздо заманчивее было решать задачу по аналогии с безрангоутными броненосцами, путем отказа от парусов и применения двух автономных энергетических установок. Первыми эту идею реализовали в США, где в 1874 г. был построен миноносец «Интерпид» с двухвальной энергетической установкой. Несколько позже по этому пути пошли во флотах других стран. Так, в 1885 г. под двухвальную энергетическую установку был переоборудован русский миноносец «Котлин».

Надежды и разочарования

Однако хорошие мореходные качества и высокая надежность не могли заменить миноносцам большие скорости. Достигнутых 16—18 уз было явно недостаточно. Ведь тяжелые корабли, поражать которые были призваны миноносцы, могли развивать примерно такую же скорость. Задачу существенного увеличения скорости миноносцев можно было решать только на базе мощной, но в то же время легкой и малогабаритной энергетической установки.

Принципиально новое решение принял английский конструктор и

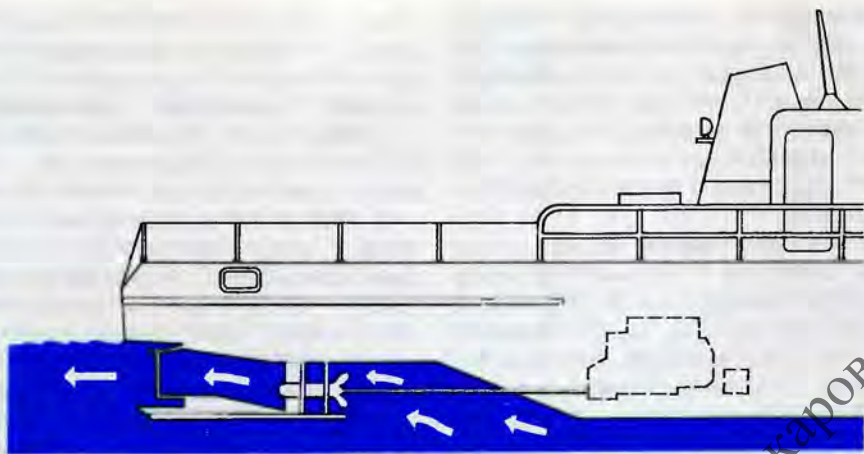


Схема водометного движителя на корабле

предприниматель, традиционный конкурент А. Ярроу, Торникрофт, применивший водометный движитель. В порядке эксперимента, Торникрофт в 1881 г. заложил одновременно две миноноски с одинаковыми формообразованиями водоизмещением 14,5 т, одну из которых оборудовал гребным винтом, а вторую водометным движителем.

Водомет, как гребное колесо и гребной винт, относится к реактивным движителям. Заборной воде, поступающей в приемную часть водомета, его рабочий орган (насос, винт) сообщает более высокую скорость, с которой вода в виде реактивной струи выбрасывается через сопло в корме, создавая упор,двигающий корабль.

Впервые идея водометного судна была выдвинута английскими изобретателями Тугудом и Хейесом, которые в 1661 г. предложили установить на судне мехи и посредством их, засасывая воду в носовой части судна, отводить ее в корме. Изобретение не было реализовано.

В 1722 г. англичанин Аллен предложил «употребить для движения судна воду, которая выбрасывалась бы с кормы с известной силой посредством механизма» [7]. Это была чистая идея, не подкрепленная теоретической и технической базой.

С появлением паровой машины водометный движитель еще больше завладел умами изобретателей. В 1787 г. американец Д. Рамси построил и испытал первое водометное судно. Поршневой насос с приводом от паровой машины засасывал воду в носовой части судна и отводил в кормовой. Результат оказался неутешительным: энергетическая установка имела ничтожно малый КПД, а судно смогло развить скорость менее 3 уз.

В конце 20-х гг. XIX в. проект водометного движителя разработал в ссылке известный русский моряк, декабрист М. А. Бестужев. Проект не сохранился, но спустя 30 лет автор, излагая его идею, писал:

«...Я придумал сделать в подводной части корабля... два цилиндрических отверстия, расположенных по направлению киля, в которых должны ходить два глухих поршня, всасывая и выпуская два столба воды попеременно; так что, когда один столб выходит из цилиндрического отверстия и, упираясь в воду, сообщает судну поступательное движение вперед...»¹

В 1838 г. русский академик Б. С. Якоби построил первый в мире электроход — катер с гребными колесами, которые вращал электродвигатель, питающийся от батареи

¹ Литературное наследство. Т. 60. Кн. 1. М.: АН СССР, 1956. С. 241—244.

гальванических элементов. Комиссия, руководившая проведением испытаний, отметив огромное значение изобретения, в то же время обратила внимание на весьма малую скорость электрохода — менее 1,5 уз. Идея изобретения была поставлена под угрозу.

На помощь Якоби пришли два члена комиссии — горный инженер генерал-лейтенант А. А. Саблуков и кораблестроитель штабс-капитан С. О. Бурачек, которые доказывали, что дело не в электродвижении, а в малой эффективности колесного движителя. На заседании комиссии Бурачек, поддержанный Саблуковым, предложил заменить гребные колеса водометным движителем, который он называл «сквозным водопотоком». Члены комиссии поддержали предложение, но оно так и не было реализовано.

С. О. Бурачек многие годы посвятил совершенствованию водометных движителей. В 1860 г. он опубликовал ряд формул для расчета водометных движителей, заложив тем самым теоретические основы их применения, а также разработав их различные конструкции. Понимая всю сложность вопроса, он предложил оснастить водометным движителем один из кораблей и испытать его по широкой программе. Однако Морское министерство ответило изобретателю в стиле, традиционном для чиновников царской России:

Если бы тут было что-нибудь полезное, давно бы в Англии это было испытано и введено; а как там ничего этого нет, стало быть все это вздор!

Чиновники министерства заблуждались. В 1839 г. эдинбургский механик Рутвен спроектировал, построил и установил на небольшой шлюпке водометную установку. В 1856 г. Рутвен вместе с инженером-кораблестроителем Сейделем применил водометный движитель на небольшом судне «Алерт».

Морское министерство спохватилось и поручило С. О. Бурачку спроектировать водометную уста-

новку для строящегося пароходо-фрегата «Генерал-адмирал». Впервые в истории был разработан водометный движитель применительно к конкретному боевому кораблю. Но проект был похоронен на полках канцелярии Морского министерства.

В 1866 г. на сравнительных испытаниях одинаковых по водоизмещению английских пароходов — винтового «Волонтер» и водометного «Наутилус», оборудованного движителем Рутвена, — последний развил скорость на 0,5 уз. большую. Движитель Рутвена начинают применять на паровых судах в Англии и других европейских странах. Заинтересовалось водометом и Английское адмиралтейство, заказав в 1867 г. первый в мире крупный водометный корабль — канонерскую лодку «Уотеруич» водоизмещением 1280 т с водометом Рутвена, в котором использовался центробежный насос с приводом от трех паровых машин. Но Адмиралтейство поторопилось. Результаты сравнительных испытаний «Уотеруича» и винтовой канонерской лодки «Вайпер» оказались не в пользу водометного корабля. Дело было даже не в том, что «Вайпер» развил большую скорость, чем «Уотеруич». Комиссия отметила низкую экономичность водометной установки и чрезмерную сложность ее в обслуживании.

Попытки применить водометный движитель на кораблях не были секретом для Торникрофта, однако он не придавал им серьезного значения, считая основной причиной неудач низкое качество проектирования и изготовления водометных движителей. В 1883 г. обе миноноски были построены и испытаны. Оптимизм конструктора уступил место разочарованию: скорость водометной миноноски оказалась на 30 % меньше, чем у винтовой, а экономичность энергетической установки намного меньшей [30].

Водометный движитель надолго выбыл из арсенала средств борьбы за скорость, но не навсегда.

*«...Их задача —
уничтожать миноносцы»*

Миноносцы совершенствовались и превращались во внушительную силу. На маневрах английского флота в 1885 г. выяснилось, что при атаке трех-четырех миноносцев даже броненосец со всей своей мощной артиллерией не может защититься от них. Сразу после маневров адмиралтейство приняло решение о постройке специальных противоминоносных кораблей, названных торпедными канонерскими лодками. Как видно из названия, это были торпедно-артиллерийские корабли. По замыслу они должны были при относительно небольшом водоизмещении (около 450 т) превосходить миноносцы в скорости, дальности плавания, мореходности и, разумеется, артиллерийском вооружении.

Несмотря на принятые конструкторами меры, водоизмещение канонерок достигало 550 т. Кроме того, сверхдопустимое облегчение корпусов кораблей привело к настолько

большим вибрациям, что на полном ходу невозможно было вести прицельный огонь и использовать навигационные инструменты. Ко всему прочему, канонерки оказались неважными ходаками. О каком подавлении миноносцев противника могла идти речь при скорости 18—19 уз.

На противоминоносные корабли, именуемые в России минными крейсерами, обратило внимание Морское министерство. В 1887 г. на Балтийском заводе в Петербурге был построен первый минный крейсер «Лейтенант Ильин» водоизмещением 714 т и скоростью около 20 уз. Корабль был вооружен пятью 47-мм и десятью 37-мм пушками, а также семью однотрубными торпедными аппаратами. Русские минные крейсера были эффективнее английских канонерок, но относительно большое водоизмещение и соответственно увеличенный силуэт при умеренной скорости затрудняли их использование в качестве противоминоносных кораблей, потребность в которых все возрастала.



Минный крейсер «Лейтенант Ильин»

Морские державы нарастающими темпами строили миноносцы. В составе их флотов и на стапелях к 1892 г. насчитывалось около 1200 кораблей этого класса. Совершенствовались тактико-технические элементы миноносцев, возрастала их скорость. Особенно большое значение скорости миноносцев придавали во Франции. В 1892 г. французский миноносец № 149 показал на испытаниях 24,6 уз, а построенные на год позже «Лансье» и «Шевалье» развили соответственно около 26 и 27 уз.

В 1892 г. к молодому контр-адмиралу Ф. Фишеру, получившему впоследствии негласный титул «обновителя английского флота», обратился Ярроу с предложением построить крупные миноносцы, которые, по его убеждению, затмят строившиеся во Франции быстроходные корабли этого класса. Одновременно с предложением промышленник представил проект такого сверхминоносца. Фишер поддержал инициативу и, когда Ярроу спросил его, как будут называться новые корабли, ответил: «Мы назовем их истребителями, так как их задача — уничтожать французские миноносцы» [32].

Но идея истребителя принадлежала не Фишеру. Еще до постройки ранее упомянутых английских торпедных канонерских лодок, предназначавшихся для борьбы с миноносцами противника, в 1885 г. по заказу Испании в Англии был заложен, а в 1887 г. вошел в строй «Деструктор» водоизмещением 386 т, скоростью 22,7 уз, вооруженный орудием, десятью скорострельными пушками и пятью однотрубными торпедными аппаратами. Резервным средством движения служила трехмачтовая парусная оснастка, которую можно было в течение 3 мин убрать в подпалубное пространство¹. Назначение корабля отражало его название, в переводе с

английского означавшее «Разрушитель»...

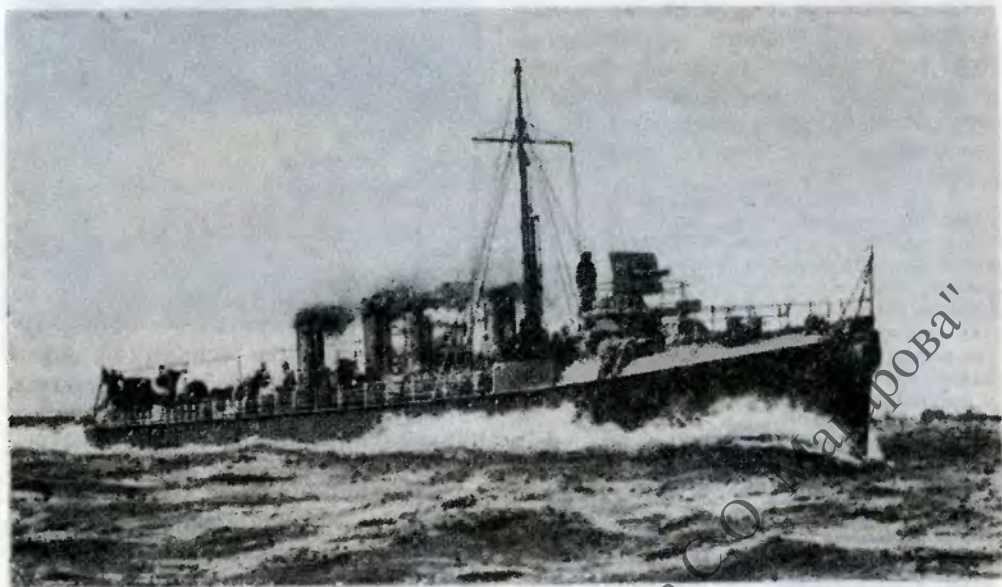
Английское адмиралтейство заказало сразу 42 истребителя, разместив заказ на 15 разных заводах, в расчете одновременно убить двух зайцев: улучшить качество кораблей в условиях конкуренции между фирмами и создать условия ряду заводов для приобретения опыта постройки кораблей нового класса.

Первыми в 1893 г. были построены истребители Ярроу «Хэвок» и «Хорнет» водоизмещением соответственно 240 и 223 т с двухвальными КМУ суммарной мощностью 4000 л. с. С целью снижения водоизмещения в установках реализовали прогрессивные нововведения. В частности, на «Хорнете» установили водотрубные котлы массой 43 т вместо огнетрубных массой 54 т, примененных на «Хэвоке». С учетом небольшого водоизмещения кораблей выигрыш в массе был довольно ощутимым. Для улучшения ходовых качеств корпуса истребителей были значительно удлинены. Отношение длины к ширине L/B у них составляло около 10, в то время как на миноносцах той поры оно не превышало 7—8. На испытаниях «Хэвок» показал 27,6 уз, а «Хорнет» 28,2 уз.

Основной конкурент Ярроу — Торникрофт — спроектировал истребитель водоизмещением 270 т, на котором также применил ряд новых технических решений. Так, помимо замены огнетрубных паровых котлов водотрубными, было повышено давление пара, что позволило применить паровые машины тройного расширения. В результате не только снизилась масса энергетической установки, но и увеличилась ее экономичность.

После фиаско с водометной миноноской неудачи продолжали преследовать Торникрофта. Его первый истребитель «Дэринг» не показал контрактных 27 уз. Даже при форсировании мощности машин сверх проекта «Дэринг» не смог развить более 24 уз. Кораблестроители впер-

¹ Морской сборник. 1886. № 11. С. 21; 1887. № 1. С. 26—28.



Истребитель «Хорнет»



Истребитель «Дэринг»

вые столкнулись с явлением, получившим название «проскальзывание винтов», а позднее «кавитация» (от лат. *cavitu* — пустота). До сих пор это явление до конца не изучено, что объясняется сложностью других связанных с ним явлений.

В сегодняшнем представлении механизм кавитации гребного винта выглядит следующим образом. Винт начинает кавитировать, когда по мере увеличения частоты его вращения скорость воды на засасывающей стороне лопасти (обращенной к носу корабля) настолько возрастает, что давление снижается до значения, при котором вода даже при обычной температуре вскипает и превращается в пар.

Пар, занимая определенный объем, вытесняет воду, и в ней образуются пузырьки, наполненные кроме паров воды воздухом и газами, выделившимися из воды. Каждый пузырек переносится потоком от места своего образования в область с меньшим разрежением. При этом пар в пузырьке мгновенно конденсируется, превращаясь в воду. Вода, как известно, занимает намного меньший объем, чем пар, а потому в пустоту, образующуюся в месте превращения пара в воду, со всех сторон устремляются окружающие пузырек частицы воды. Скорость частиц велика, так как конденсация пара происходит примерно за 1/500—1/1000 долю секунды, и они с огромной силой ударяют о поверхность лопасти.

Установлено, что при ударе жидкости о твердое тело ее частицы на миллионные доли секунды приобретают определенную структуру, как бы отвердевая. Местные давления «отвердевшей» жидкости достигают тысяч атмосфер. Повышение давления очень кратковременно, но в условиях кавитации бомбардировка частицами воды происходит непрерывно, и лопасть постепенно разрушается. Вначале появляются мелкие «оспинки», которые затем сливаются в язвы, и за определенное время работы, измеряемое иногда часами, винт приходит в негодность. Это первая стадия кавитации, в результате которой разрушается металл винта.

По мере дальнейшего увеличения частоты вращения винта площадь засасывающей стороны лопасти, охваченная кавитацией, расширяется, зона разрежения увеличивается, давление в ней падает, конденсация пара происходит за пределами лопасти. При этом кавитационная эрозия металла винта прекращается, но винт как бы теряет упор и проскальзывает в «воздушном мешке». Наступает вторая стадия кавитации, которая не разрушает винт, но резко снижает его КПД.

Вернемся однако к «Дэрингу», который безуспешно форсировал машины на мерной линии, пытаясь

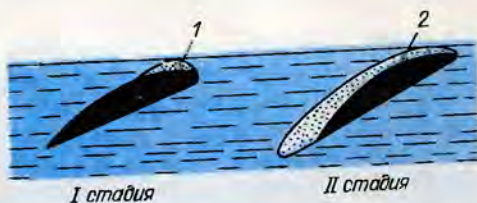


Схема кавитирующей лопасти гребного винта

1 — кавитационная полость на I стадии кавитации;
2 — кавитационная полость на II стадии кавитации

натянуть конкретную скорость. В конце концов испытания были прекращены. После бурных дебатов приемная комиссия приняла решение заменить гребные винты истребителя. Но на какие? Замену производили «на ощупь». Ведь теория кавитации в то время отсутствовала, а значит, отсутствовали и научно обоснованные рекомендации по устранению этого вредного явления. Корабль только успевали ставить в док и, заменив очередные винты, выводить на испытания. Пришлось сменить шесть пар винтов, прежде чем были получены оговоренные контрактом 27 уз. Площадь лопастей винтов, с которыми истребитель достиг контрактной скорости, была на 45 % больше, чем у винтов, с которыми он вышел на первые испытания.

Первые английские истребители, известные под названием «27-узловые», вошли в историю как корабли, у которых в жертву скорости были чрезмерно принесены другие важные качества. Корпуса настолько облегчили, что при скорости более 23 уз корабли сильно вибрировали. КМУ были форсированы до предела. На полном ходу их дымовых труб вырывались демаскирующие корабли в ночное время факелы, что указывало на неполное сгорание топлива в топках котлов и на догорание его в дымоходах. Потребовалось несколько лет, чтобы устранить этот недостаток.

Затесненность помещений и большая насыщенность оборудованием резко ухудшали обитаемость кораб-



Миноносец «Форбан»

лей и условий эксплуатации технических средств. Характерно, что за тяжелые условия службы экипажам первых английских истребителей выплачивалась денежная надбавка.

Энергичная деятельность англичан не осталась незамеченной во Франции, где вполне отдавали себе отчет, против кого нацелены английские истребители. Ответ последовал незамедлительно. Уже в августе 1896 г. мореходный французский миноносец «Форбан» покориł 30-узловый барьер, показав на испытаниях 31 уз.

Англичане, предводительствуемые адмиралом Фишером, не желали мириться с подобным положением. Их замыслам, произвольно способствовала Россия, заказав в Англии двухвинтовой истребитель «Сокол» водоизмещением 240 т со скоростью полного хода 30 уз, позднее переименованный в «Прыткий». В Англии стремились не столько ускорить выполнение русского заказа, сколько проверить на вновь создаваемом корабле технические решения, предназначавшиеся для новых истребителей, необходимость в которых на фоне «достоинств» 27-узловых у адмиралтейства не вызвала сомнений.

С целью получения большой скорости, оговоренной контрактом, при проектировании «Сокола», особое внимание было обращено на облег-

чение корабля. Корпус был изготовлен из никелевой стали повышенной прочности, а надстройки — из сплава алюминия. На испытаниях «Сокол» развил 30,3 уз.

Английскому адмиралтейству некогда было выслушивать комплименты по поводу быстроходного истребителя. С учетом опыта, полученного при создании «Сокола», оно в 1896 г. выдало заказ на крупные истребители, получившие название «30-узловые». Эти широко разрекламированные еще в период постройки корабли не добавили лавров английскому кораблестроению. Водоизмещение истребителей приходилось неоднократно увеличивать. Так, если у первых кораблей серии оно составляло 275—280 т, то у последующих достигало 330 и даже 375 т. Соответственно возрастала и мощность энергетических установок — с 5400 до 6500 л. с. Сами установки не отличались хорошими показателями. На последних истребителях серии их масса достигала 195 т, т. е. составляла более 50 % водоизмещения корабля.

Уже в ходе строительства первых 30-узловых истребителей английские кораблестроители поняли, что грубо ошиблись, и, не прекращая строительство, предприняли ряд конструктивных мер, главным образом в части облегчения кораблей. И вновь их поиску произвольно способствовал иностранный заказ.



Истребитель «Сокол»

Морское министерство Франции заказало Ярроу миноноску «Ла Фудр» водоизмещением 9,5 т со скоростью полного хода 20,5 уз. Получить на корабле столь малого водоизмещения указанную скорость было очень сложной задачей и вынудило проектировщиков пойти на кардинальное облегчение корабля. Корпус миноноски почти целиком изготовили из алюминиевого сплава. Из легких сплавов выполнили даже отдельные узлы энергетической установки.

Выигрыш в массе у «Ла Фудр», по сравнению с обычными миноносцами, составил более 50 %, и контрактная скорость была получена. Но какой ценой (в прямом смысле этого слова)? Стоимость миноноски возросла почти вдвое.

Однако не это было главным. Под воздействием забортной воды корпус корабля быстро разрушался. Была допущена грубая ошибка, против которой предостерегал талантливый русский инженер-кораблестроитель К. П. Боклевский (1862—1928). Рассматривая возможность увеличения скорости кораблей за счет облегчения металлоконструкций, Боклевский, проанализировав историю применения легких металлов и их сплавов в судостроении, реко-

мендовал применять на кораблях сплавы алюминия только для конструкций, не соприкасающихся с забортной водой, — переборок, мебели и т.п. По этому пути и пошло в дальнейшем кораблестроение.

Неудача с применением алюминиевых сплавов на «Ла Фудр» вынудила англичан пойти на облегчение 30-узловых истребителей за счет корпусных конструкций. Для сравнения можно привести французские истребители постройки тех лет, у которых масса корпуса была на 8—10 % больше, чем у 30-узловых. Толщина обшивки корпуса истребителей составляла всего 6 мм. По этому поводу один из критиков иронизировал в прессе:

...днем через обшивку борта можно было прекрасно различать предметы. Корпус корабля производил впечатление карсака, на который была хорошо натянута мокрая парусина [32].

Этим неприятности с 30-узловыми истребителями не ограничились. В ходе их постройки пришлось осуществлять кардинальные конструктивные мероприятия. Несколько раз переделывали кормовые оконечности кораблей, меняли паровые котлы, заменяли дымовые трубы и даже увеличивали их число. Мало того, с кораблей снимали часть штатных

грузов, снижали проектный запас топлива, а порой не устанавливали часть вооружения. И все для того, чтобы выжать лишний узел-другой, уложиться в контрактную скорость, а если очень повезет, то хоть на долю узла превзойти ее и получить премию за превышение.

Однако, несмотря на все ухищрения, истребители развивали 30 уз с огромным трудом. Некоторые корабли серии выходили на мерную линию по 60—70 раз! Недаром по поводу 30-узловых истребителей английские моряки иронизировали: «Приготовить пиво и графит», что следовало понимать так: приготовить пиво для кочегаров, которым предстоит энергично подавать уголь в топку котлов, и графит для того, чтобы, покрыв им подводную часть корпуса корабля, сделать ее более скользкой.

В. И. Афанасьев предостерегает

Начавшееся соревнование за скорость под девизом «любой ценой» сулило резкое увеличение числа таких «быстрых» кораблей, какими являлись английские 30-узловые истребители. В периодической печати тех лет то и дело сообщалось о том, что корабль (название), построенный такой-то фирмой, показал такую-то скорость. Щедро раздавались эпитеты: «самый быстрый», «лучший ходок», «чемпион» и т. п.

Это весние коснулось не только истребителей и не только английского кораблестроения. В погоне за рекламой и премиями предприниматели не гнушались никакими средствами. Корабли испытывали в «тепличных» условиях, с тщательно очищенными котлами, порой с неполным комплектом штатных грузов и запасов. Кроме того, уже на стадии проектирования с целью снижения водоизмещения в ущерб боеспособности кораблей занижали количество боезапаса и топлива. Так было, на-



В. И. Афанасьев

пример, с крейсерами, где в жертву скорости иногда приносилась дальность плавания — важнейший тактический показатель корабля любого класса, а крейсера особенно.

Более других злоупотребляли подобным «проектированием» страны — экспортеры кораблей: ведь продажная цена корабля в значительной степени определялась контрактной скоростью. Английские, американские, французские, итальянские и немецкие фирмы наживали прибыли, а флоты Греции, Норвегии, Китая, Аргентины и других стран пополнялись ущербными кораблями.

Одним из первых отметил в те годы нездоровую тенденцию увлечения высокими скоростями в ущерб другим первостепенным качествам кораблей талантливый инженер-механик русского флота В. И. Афанасьев (1843—1913). Он писал:

Скоростям, определенным при официальном испытании, мы не придаем особого практического значения, так как эти испытания всегда производятся при таких исключительных условиях, которые не могут иметь места в боевой службе судна, прежде всего потому, что при непрерывном нахождении под парами котлы не могут содержаться в такой чистоте, в какой они содержатся перед испытанием [2].

Свои выводы Афанасьев подтверждал примерами, из которых видно,

что скорость полного хода кораблей на испытаниях, как правило, превышает достигнутую в процессе повседневной службы минимум на 2—4 уз. В частности, Афанасьев указывал на эпизод с американским крейсером «Колумбия», который, получив приказ идти самым полным ходом через Атлантический океан, смог показать среднюю скорость 18,4 уз, в то время как на официальных испытаниях он был сдан флоту со скоростью 22,8 уз.

Афанасьев ввел понятие «боевая скорость судна», под которой подразумевается скорость, которую корабль может развить со всеми штатными грузами и запасами на борту в процессе обычной эксплуатации в реальных условиях боевой деятельности.

Вклад В. И. Афанасьева в кораблестроение трудно переоценить. Для своего времени это был исключительно смело мыслящий высокообразованный инженер. Исследуя в течение многих лет результаты ходовых испытаний кораблей, Афанасьев в 1889 г. впервые в практике мирового кораблестроения предложил метод, который долгие годы оставался практически единственным, позволяющим рассчитывать ходовые качества кораблей, не прибегая к испытаниям в опытовом бассейне.

Метод, получивший название «метода адмиралтейских коэффициентов», базируется на аналитической зависимости между водоизмещением, скоростью корабля и мощностью энергетической установки, необходимой для получения данной скорости. При наличии результатов испытаний модели или ходовых испытаний корабля метод позволяет вычислить соответствующий модели или кораблю адмиралтейский коэффициент и применить его для определения мощности энергетической установки проектируемого корабля в случае, если этот корабль подобен или геометрически близок к прототипу, для которого был вычислен коэффициент. Метод позволяет по формуле быстро производить приближенный расчет скорости при различном водоизмещении и изменении мощности энергетической установки проектируемого корабля.

А. Н. Крылов, высоко ценивший В. И. Афанасьева, говорил о формуле адмиралтейских коэффициентов:

Эта формула, замечательная по своей простоте и точности, вскоре вошла во всеобщее употребление, сводя вычисления, требующие затрат многих часов, к нескольким минутам [19].

В. И. Афанасьев провел тщательные исследования условий совместной работы винта с корпусом корабля, в результате которых предложил замечательную эмпирическую зависимость между скоростью корабля и числом оборотов винта.

Адмирал С. О. Макаров, оценивая вклад Афанасьева в разработку законов движения кораблей писал:

...по этой части никто не внес так много в науку, как В. И. Афанасьев, давший себе труд из того материала, который был у него в руках, сделать общие выводы [21].

Работы Афанасьева приобрели популярность не только в России, но и во многих других странах с развитым кораблестроением. Многочисленные выступления на страницах печати, жажда деятельности, направленной на совершенствование русского флота, снискали В. И. Афанасьеву глубокое уважение многочисленных учеников и единомышленников, что нашло отражение в строках некролога:

...Смерть Василия Ивановича похитила величайший ум и благороднейшее сердце. Прямодушный, смелый, точный, Василий Иванович был блестящим представителем корпуса морских инженеров, а его громадные познания по механической части поставили его в первые ряды ученых России и Европы¹.

Кризис паровой машины

Политическая обстановка последней четверти XIX в. — периода перерастания капитализма в империализм — характеризуется бурным развитием промышленности и процессом ее концентрации. Вместе с тем к концу века, по словам Ф. Энгельса,

...Англия быстро утрачивает свою промышленную монополию, Франция и Германия приближаются к промышленному уровню Англии, и Америка обещает изгнать

¹ Котлин, 1913, 8 окт.

их всех с мирового рынка как по части промышленных, так и по части сельскохозяйственных товаров¹.

Промышленный бум непосредственно отразился на кораблестроении. Вновь строящиеся корабли Франции, Германии и США по основным тактико-техническим показателям все чаще не уступали английским, а порой и превосходили их. «Владычица морей» не желала мириться с подобным положением и изыскивала любые возможности для усиления своего флота. В конце XIX в. английский парламент принял закон, согласно которому любое судно, рассчитанное на скорость свыше 17 уз, должно было проектироваться под надзором адмиралтейства. При этом за адмиралтейством оставалось право фрахта таких судов в случае войны. В свою очередь адмиралтейство оказывало компаниям, строящим быстроходные суда, финансовую помощь. Одним из первых получил субсидию роскошный трансатлантический лайнер «Оушеник» валовой вместимостью 17 тыс. рег. т и скоростью 20 уз. На судне были предусмотрены места для установки 150-мм орудий и хранения боезапаса.

В начале XX в. в Англии уже действовал преysкурant на мобилизуемые у судовладельцев во время войны суда. При скорости судна не менее 20 уз судовладельцу выплачивалось 25 шиллингов, а до 20 уз — 20 шиллингов за одну регистровую тонну.

В 1907 г. в Англии были спущены на воду два суперлайнера валовой вместимостью около 32 тыс. рег. т — «Мавритания» и «Лузитания». Адмиралтейство обязалось оплатить судостроительной компании стоимость постройки обоих лайнеров при ряде условий, среди которых были следующие: скорость полного хода 24,5 уз; резервирование мест для установки двенадцати 150-мм орудий; располо-

жение машинных отделений ниже ватерлинии и защита их со стороны бортов угольными бункерами. Кроме того, было поставлено условие, чтобы ни одна из командных должностей на лайнерах не была занята иностранцами и чтобы не менее $\frac{3}{4}$ экипажа составляли британские подданные. На судах должны были регулярно проводиться боевые учения.

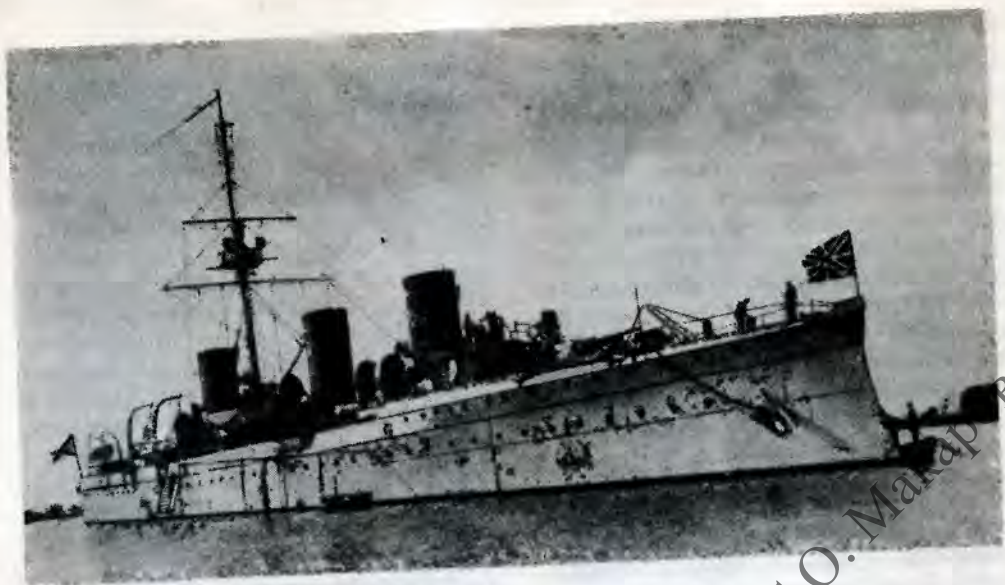
Заметным событием в кораблестроении конца XIX в. была закладка в 1899 г. в Германии крейсера 2-го ранга «Новик» водоизмещением 3027 т для России. Крейсер унаследовал имя винтового корвета, погибшего в 1863 г. у берегов Северной Америки в результате посадки на камни из-за тумана.

Любопытно происхождение названия «Новик» в русском флоте. Согласно словарю, слово «новик» означает все новое, свежее; в старину — новобранец, новичок. В XVI в. дворянин обыкновенно начинал службу с 15 лет, а до этого числился в недорослях. Попав на службу и будучи записан в служебный список, он становился «новиком».

Новик — синоним нового, прогрессивного, и русский крейсер в полной мере соответствовал своему названию. При относительно небольшом водоизмещении корабль имел на вооружении шесть 120-мм, шесть 47-мм, два 37-мм орудия и пять торпедных аппаратов. КМУ мощностью 17 тыс. л. с. позволяла на полном ходу развивать скорость около 26 уз. В то время ни один флот в мире не располагал более быстроходным крейсером.

Блестяще проявил себя «Новик» в русско-японской войне 1904—1905 гг. Крейсер систематически выходил в море и неоднократно участвовал в сражениях с вражескими кораблями. Почти ежедневные выходы «Новика» создали ему среди личного состава эскадры и гарнизона Порт-Артура ореол непобедимости, и имя крейсера произносилось как пример героизма, достойный подражания. Вот как описаны в японской официаль-

¹ Маркс К. и Энгельс Ф. Письма // Сб. избр. писем. 5-е изд. М.—Л.: Соцэкгиз, 1932. 133 с.



Крейсер 2-го ранга «Новик»

ной истории действия «Новика» в одном из сражений:

...Крейсер, по которому стрелял «Якумо», сражался, подходя к нам с разных сторон; один снаряд из 8-дюймового орудия попал в самую середину левого борта «Новика» и взорвался. Однако этот крейсер не растерялся и все еще шел вперед, поддерживая сильную стрельбу... [14].

Что может быть более объективным, чем положительная оценка противника!

Когда русская эскадра совершала переход из Порт-Артура во Владивосток и была атакована неприятелем в Желтом море, из всех кораблей эскадры лишь «Новик», используя преимущество в скорости, сумел прорваться сквозь строй вражеских кораблей в Тихий океан, незамеченным обойти Японские острова с востока и стать на рейд поста Корсаковского (южная оконечность о. Сахалин) для заправки углем. Пополнив запасы, «Новик» направился во Владивосток, но был встречен Японским крейсером «Цусима». Причинив «Цусиме» серьезные повреждения, «Новик» вынудил вражеский корабль выйти из боя. Но и русский крейсер получил несколько пробоин, причем одну ниже ватерлинии, а кроме того,

израсходовал почти весь запас топлива. Полузатопленный «Новик» вернулся на рейд поста Корсаковского для устранения повреждений и заправки топливом.

Ночью на помощь «Цусиме» подошел мощный японский крейсер «Титосэ». Было ясно, что японцы не выпустят поврежденный «Новик», и командир принял решение затопить крейсер в миле от берега с расчетом, что впоследствии можно будет поднять его и ввести в строй. Но моряки не предполагали, что по Портсмутскому договору южная часть Сахалина отойдет к Японии. После войны японцы подняли «Новик» и ввели в состав флота под названием «Сутзуя»...

Говоря о «Новике», мы перешагнули в XX в., а между тем накануне его произошли события, имеющие самое непосредственное отношение к эволюции ходовых качеств кораблей, несмотря на то, что конец XIX в. был отмечен совершенствованием корабельных энергетических установок, возможность дальнейшего увеличения скорости кораблей на базе паровой машины становилась все более проблематичной. Динамика улучшения основных характеристик ко-

рабельных КМУ видна из следующих показателей:

	1820 г.	1850 г.	1870 г.	1890 г.
Удельная масса, кг/л. с.	800	250—300	160—200	80—100
Удельный расход топлива, кг/(л.с·ч)	6	4,8—6	1,1—1,8	0,9—1,1
КПД энергетической установки, %	2—3	5—6	8—9	13—14
Максимальная агрегатная мощность паровой машины, л. с.	150	500	1000	17 500

Очевиден стремительный прогресс, но...

Английское адмиралтейство, упорно настаивавшее на создании самых быстроходных в мире кораблей, заказало несколько опытных истребителей с контрактной скоростью 32—33 уз. Первый из них, «Экспресс», водоизмещением 515 т с КМУ мощностью 9250 л. с. был построен в 1898 г. Даже при столь солидном водоизмещении на корабле с трудом удалось разместить машины трехкратного расширения, и они значительно выступали над верхней палубой, что придавало кораблю своеобразный силуэт. Но не в силуэте было дело. В течение трех лет около 40 раз выходил «Экспресс» на мерную линию, но так и не показал контрактную скорость. В конечном итоге корабль был принят адмиралтейством со скоростью 31 уз. Судьба остальных опытных истребителей оказалась не лучшей: ни один из них не смог развить более 30—31 уз.

Проблема касалась не только истребителей, но и тяжелых кораблей, для которых существовало неукосни-

тельное правило размещать машины только под броневой палубой, рас-

положенной примерно на уровне ватерлинии. Скорость поршня не более 3 м/с и необходимость в огромных цилиндрах ограничивали агрегатную мощность машин 17—18 тыс. л. с. Правда, в 1903 г. для немецкого лайнера «Кайзер Вильгельм II» водоизмещением 26,5 тыс. т были построены паровые машины четырехкратного расширения мощностью 22 тыс. л. с. каждая, длиной 22 м и высотой 12,8 м. Талант создателей уникального двигателя заслуживает восхищения, но это был двигатель не для корабля.

Проблему можно было решить путем привода каждого гребного вала несколькими паровыми машинами, что облегчало компоновку энергетической установки в отсеках корабля, но при этом ухудшались ее массовые и экономические показатели, как обычно бывает в энергетике при дроблении мощностей. Кроме того, разместить на небольших кораблях даже двухвальную КМУ с мощными паровыми машинами было далеко не просто, о чем свидетельствует опыт «Экспресса».



Истребитель «Экспресс»

Возможности паровой машины в кораблестроении были практически исчерпаны. Задачу дальнейшего уве-

личения скорости кораблей нужно было решать на базе двигателя другого типа.

Глава 4

КАЧЕСТВЕННЫЙ СКАЧОК

Рекорды и... катастрофы

Идея парового поршневого двигателя намного моложе, чем идея паровой турбины, чему свидетельствуют известные из элементарного курса физики золипил Герона Александрийского и машина Д. Бранка. На протяжении почти 2000 лет изобретатели пытались воплотить идею в механизм, пригодный для практического использования, но лишь в середине XIX в. отдельные попытки увенчались успехом. Однако из-за низкого качества изготовления в условиях кустарных производств и отсутствия серьезной теоретической базы первые паровые турбины не обладали надежностью. Кроме того, энтузиазм изобретателей не был подкреплен социальным стимулом: ведь паровые машины еще успешно справлялись с возложенными на них функциями во всех областях применения.

Шло время. Развивался монополистический капитализм, концентрировались производительные силы, доминирующее положение в промышленности заняла электроэнергетика. Из-за малой мощности и недостаточной быстроходности паровых машин снижался КПД электрогенераторов. Для электростанций нужны были мощные и более быстроходные двигатели.

Если паровая машина работает на принципе использования потенциальной энергии пара (его упругости), то турбина использует кинетическую энергию пара. При этом через прочную часть турбины можно пропустить во много раз больше пара,

чем через цилиндры паровой машины, что позволяет создать двигатель очень большой мощности.

В технически приемлемом виде паровая турбина была создана почти одновременно, но независимо, в Швеции и Англии. В 1883 г. на паровую турбину взял патент талантливый шведский инженер Г. Лаваль. Однако в конечном счете турбина Лавали не получила распространения. Ее автор, увлекающийся изобретатель, оказался совершенно неспособным администратором и финансистом. После реализации своих идей он быстро охладел к ним и принимался за очередные, которыми у него всегда была полна голова.

Совсем другим человеком был Ч. Парсонс — высокообразованный инженер, талантливый изобретатель и не менее талантливый предприниматель. Взяв в 1884 г. патент на турбину своей конструкции, Парсонс настойчиво совершенствует двигатель и доводит его до нужной кондиции. Уже в 1894 г. стационарные турбины Парсонса по экономичности не уступали паровым машинам.

В том же году Парсонс предложил Английскому адмиралтейству применить паровую турбину на корабле и высказал уверенность, что на турбинном истребителе можно достигнуть скорости 37 уз. Такой аванс не мог оставить равнодушными даже чопорных лордов адмиралтейства.

В 1897 г. на испытания было выведено опытное судно водоизмещением 44,5 т с котлотурбинной установкой (КТУ) мощностью 2000 л. с.,

Модель кормовой оконечности «Турбинии» после реконструкции

символически названное «Турбинией», сумевшее развить... 19,7 уз. Причину установили довольно быстро — кавитация, сопровождавшаяся резким падением КПД винта. По сравнению с «Дэрингом» кавитация винта «Турбинии» носила более интенсивный характер.

Ведь число оборотов турбины в несколько раз превышало число оборотов паровой машины, в то время как винт судна ничем не отличался от винтов, применяемых на кораблях с паровыми машинами.

При энергичном участии Парсонса была проведена серия экспериментов. Заимствуя опыт «Дэринга», начали заменять гребные винты. Опробовали девять различных винтов, но безуспешно, после чего Парсонс пошел на беспрецедентное решение: применить трехвальную энергетиче-

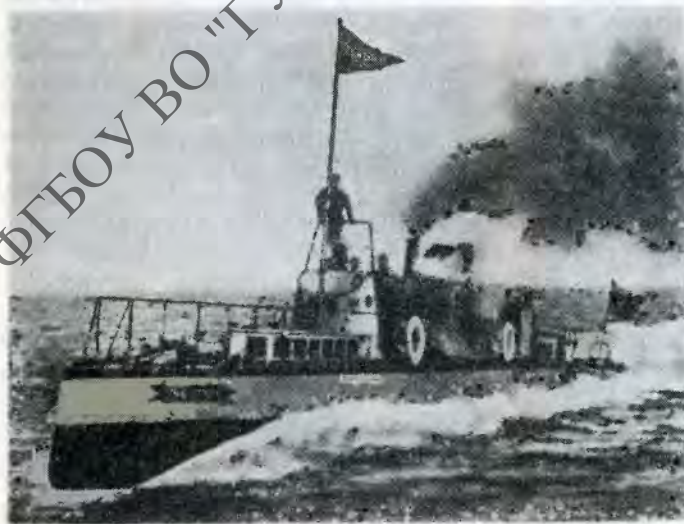
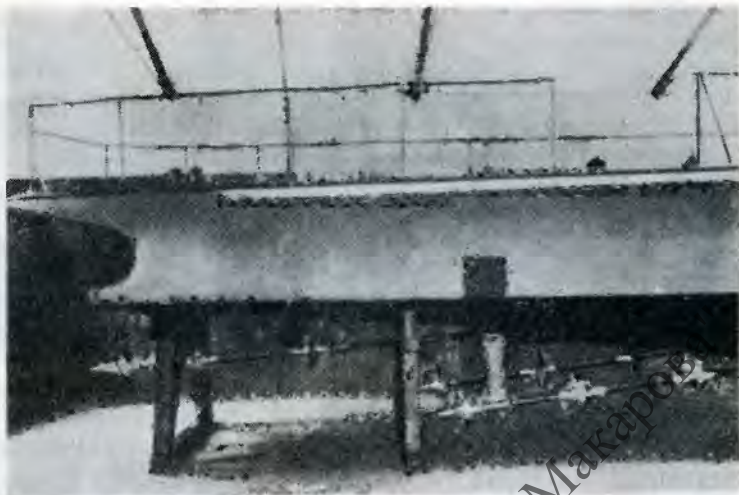
скую установку с приводом каждого вала от последовательно соединенных по пару турбин высокого, среднего и низкого давлений и расположить на каждом валу последовательно один за другим три гребных винта. При этом обороты валов были снижены примерно до 2000 об/мин.

Пришлось полностью заменить кормовую часть судна и кардинально реконструировать энергетическую установку. Однако потеря времени и средств была полностью компенсирована. На первом же выходе «Турбиния» развила 32 уз. Путем увеличения мощности установки до

2400 л. с. и отдельных конструктивных улучшений скорость судна была доведена до 34,5 уз.

В 1897 г. первое турбинное судно демонстрировалось на Парижской всемирной выставке. Под гром аплодисментов тысячной толпы оно промчалось по Сене. В том же году на торжественном смотре английского флота, устроен-

«Турбиния»





Истребитель «Вайпер»

ном по случаю 60-летия коронации королевы Виктории, «Турбиния» с Парсонсом в качестве машиниста, нарушив сценарий церемониала, пронеслась перед строем кораблей. На перехват нарушителя был послан сторожевой корабль, но безрезультатно.

Что позволило «Турбинии» развить высокую скорость? Ответ, очевидно, сможет дать читатель, который обратит внимание на то, что на судне водоизмещением 44,5 т удалось разместить энергетическую установку мощностью 2400 л. с. Это стало возможным только благодаря отличным массогабаритным показателям паротурбинной установки. Как следствие, резко возросла концентрация мощности на каждую тонну водоизмещения (в современной терминологии — энерговооруженность), равняющаяся частному от деления мощности энергетической установки (л. с.) на водоизмещение (т).

В то время как на самых быстрых миноносцах с паровыми машинами этот показатель не превышал 16—18 л. с./т, у «Турбинии» он составил около 54 л. с./т.

Парсонс торжествовал, а Английское адмиралтейство, стремясь не упустить из рук жар-птицу, заказало в 1898 г. разным фирмам два турбинных истребителя «Вайпер» и «Кобру» со скоростью полного хода 31,5 уз. В 1900 г. истребители были построены. Первый же выход на испытании «Вайпера» водоизмещени-

ем 370 т с четырехвальной турбинной установкой мощностью 11,5 тыс. л. с. оказался триумфальным. Истребитель развил 36,5 уз, превывсив на 5 уз контрактную скорость. «Кобра» водоизмещением 390 т с энергетической установкой такой же мощности показала 35,9 уз и сразу была куплена адмиралтейством [20].

Однако недолго раздавались аплодисменты в адрес чудо-кораблей. В августе 1901 г. во время учений «Вайпер» сел на камни, и его корпус подозрительно быстро разрушился в районе мидель-шпангоута. Прошло около месяца. Не успели утихнуть страсти и споры о причине гибели истребителя, как еще более тяжелая катастрофа постигла «Кобру»: корабль на полном ходу разорвался надвое и в считанные мгновения затонул вместе с 67 членами экипажа.

После гибели первых турбинных истребителей события развивались согласно афоризму: «от любви до ненависти — один шаг». Пророки-скептики, в которых не бывает недостатка при любом нововведении, обрушили свой гнев на адмиралтейство, обвиняя его в пренебрежении традиционной британской осторожностью. Заодно досталось и турбинам.

Проведенное позже расследование показало, что в стремлении обогнать друг друга и получить выгодный заказ на турбинные истребители конкурирующие фирмы чрезмерно облегчили корпуса кораблей в ущерб прочности. Налицо был не первый и

не последний в истории развития техники пример того, как идея, недостаточно подкрепленная конструктивными решениями, при первой же неудаче оказывалась дискредитированной.

Под напором критики Английское адмиралтейство в 1902 г. заказало большую серию истребителей с паровыми машинами мощностью 7000 л.с. В отличие от 30-узловых и первых турбинных истребителей к кораблям не предъявлялись требования большой скорости и малозаметных низких силуэтов. Истребители типа «Ривер» были мореходными кораблями с прочными корпусами, улучшенной обитаемостью и запасом топлива, позволяющими продолжить время находиться в море. Естественно, все это пришлось сделать за счет водоизмещения, которое у отдельных кораблей серии достигало 590 т, и снижения скорости полного хода до 25 уз.

Сделали выводы и по организации судачных испытаний. Корабли должны были предъявляться комиссии полностью укомплектованными штатными грузами и запасами. Таким образом, общественному мнению была «брошена кость», и страсти постепенно улеглись.

Между тем адмирал Фишер, ставший к этому времени первым лордом адмиралтейства (морским министром. — Л. Ш.), не успокоился и предпринял ряд энергичных мер по реабилитации турбинных кораблей. В качестве главного аргумента Фишер ссылаясь на то, что во Франции и Германии строят истребители со скоростью 30 уз и более. Позиция Фишера в значительной степени была подкреплена успешными испытаниями двух английских турбинных истребителей. Один из них, «Эден», вместо 26 уз по контракту показал скорость около 30 уз, а другой... но прежде чем рассказать об истребителе «Велокс», нужно сделать небольшое отступление.

Получив в свое распоряжение мощные энергетические установки,

кораблестроители относительно быстро добились увеличения скорости кораблей почти в два раза и продолжали развивать успех. В то же время достижения в дальности плавания кораблей были гораздо скромнее. Конечно, с повышением экономичности энергетических установок дальность плавания возрастала, однако не теми темпами, каких требовала тактика войны на море. Ведь морские сражения будущего виделись не вблизи берегов и баз снабжения, а в открытых морях и океанах, куда нужно было не только дойти, но выполнить задачу и вернуться затем к месту базирования.

Увеличить дальность плавания корабля в принципе можно двумя способами: погрузив на борт больше топлива или снизив его удельный расход. Первый путь наиболее прост и... неприемлем, так как не изменив водоизмещения корабля, дополнительный запас топлива можно разместить только за счет других статей нагрузки, а значит, за счет ослабления боевых средств, ухудшения мореходных или иных качеств.

Наиболее реальный, но сложный путь — снижение удельного расхода топлива. Снизить удельный расход можно за счет повышения удельной теплоты сгорания (калорийности) топлива или за счет увеличения экономичности энергетической установки. Повышение калорийности — задача проблематичная. В течение более полутора столетий все, что было достигнуто в этом направлении, это переход от дров с удельной теплотой сгорания около 2200 ккал/кг к углю с 6500 ккал/кг и, наконец, к мазуту с удельной теплотой сгорания около 10 500 ккал/кг¹. Что же касается увеличения экономичности установки, то паровая турбина на первых порах даже усугубляла проблему. Дело в том, что при скорости, значительно меньшей скорости полного хода, турбинный корабль уступал в экономичности аналогу с паровой машиной, а ведь именно в диапазоне небольших скоростей обеспечивается наибольшая дальность плавания корабля. Причина заключается в том, что с увеличением числа оборотов КПД турбины возрастает, а габариты и масса снижаются. В то же время гребной винт имеет наибольший КПД при довольно умеренном числе оборотов. Чтобы как-то примирить эти антагонистические требования, турбину приходилось выполнять малооборотной в ущерб ее КПД, компенсируя это увеличением КПД гребного винта. Естественно, что при снижении скорости корабля, когда падало число оборотов гребного вала,

¹ В системе СИ 1 ккал = 4,19 кДж.



Истребитель «Велокс»

пропорционально уменьшался и без того небольшой КПД турбины.

Специфику поршневого и турбинного паровых двигателей использовал Ч. Парсонс в комбинированной четырехвальной установке для английского истребителя «Велокс», построенного в 1903 г. На внутренние валы работали турбины высокого давления, а на наружные — турбины низкого давления и расположенные перед ними паровые машины. На малом ходу и реверсе использовались паровые машины, а при скорости более 13 уз паровые машины отключались и ход вплоть до полного обеспечения турбины. При контрактной скорости, как и у «Элена» 20 уз, «Велокс» развил на полном ходу 33,6 уз, оправдав тем самым свое название (англ. *velox* — быстрый). Но не скоростью был примечателен этот корабль, вошедший в историю как один из первых кораблей с комбинированными энергетическими установками. Один из первых, но не первый.

Первым на идею комбинированной корабельной установки обратил внимание в 1878 г. будущий адмирал русского флота С. О. Макаров (1848—1904), предложивший установить на минных катерах в качестве ускорителей для кратковременного увеличения скорости при выходе в атаку торпедные поршневые пневматические машинки. Спустя 10 лет Макаров выдвинул идею применения на кораблях с большой дальностью плавания вспомогательных паровых машин экономического хода, «приводящих в движение винты, разоб-

щенные от главных машин». Мысль сводилась к механическому комбинированию двух двигателей, каждый из которых мог раздельно работать на гребной вал. Идея Макарова была реализована на нескольких иностранных крейсерах, гребные валы которых соединялись с двумя отключаемыми паровыми машинами мощностью примерно 50 % от полной каждой [22].

В обосновании идеи корабельной комбинированной энергетической установки велика заслуга известного русского кораблестроителя Н. Е. Кутейникова (1854—1906), предложившего применять трехвальную установку с расположением на среднем валу паровой машины экономического хода. На полном ходу предусматривалась работа всех трех машин. В. И. Афанасьев писал:

Вопрос о среднем вспомогательном механизме, возбужденный Николаем Евлампиевичем Кутейниковым, настолько важен для военных судов, что он должен быть подвергнут всесторонней разработке [3].

Предложение Кутейникова было реализовано на построенном в 1897 г. крейсере «Россия».

С появлением паровой турбины интерес к комбинированным установкам вновь возрос. В 1904 г. Россия купила в Англии построенный в 1903 г. миноносец «Ласточка» (бывший «Каролина») водоизмещением 140 т с трехвальной комбинированной установкой. На бортовые валы с последовательно расположенными на каждом двумя винтами работали турбины, а на средний вал с одним винтом работала паровая



Крейсер «Россия»

машина, обеспечивавшая экономический ход и реверс. Несколько позже подобными комбинированными установками заинтересовались во Франции, где для сравнительных испытаний построили три однотипных истребителя водоизмещением 450 т, оснащенных различными энергетическими установками: «Карабинер» — котломашинной, «Шассер» — котлотурбинной и «Вольтижер» — комбинированной, состоящей из паровой машины и турбины. Расход угля на сравнительных испытаниях был следующим:

	14 уз	24 уз	Полный ход
«Карабинер»	32	200	303
«Шассер»	70	252	279
«Вольтижер»	45	207	264

Комбинированные установки были значительно сложнее обычных, что отражалось на их надежности и удобстве обслуживания. Этим, в частности, объясняется то, что на рассматриваемом этапе они не получили распространения.

В подготовке к мировой войне

Японо-китайская и испано-американская войны конца XIX в. и особенно русско-японская война 1904—1905 гг. показали, что скорость кораблей является одним из главных

тактических элементов, позволяющих выбрать наиболее выгодные условия боя — дистанцию, место и время, а также сосредоточить удар в желаемом направлении. Так, одной из главных причин поражения русского флота в Цусимском бою было превосходство японской эскадры в скорости: 14 уз против 9. Но не только в отношении скорости были сделаны выводы.

После русско-японской войны полностью прекратил свое существование таран. С увеличением дальности бойности орудий до двух миль, судьба менее мощного корабля могла быть решена в артиллерийском бою. Выяснилось, что необходимо оснащать корабли возможно большим числом орудий самого крупного калибра. В значительном усилении нуждалось бронирование тяжелых кораблей и их противоторпедная бортовая защита. Вскрылись крупные недостатки в вопросах непотопляемости кораблей...

Уже в конце 1904 г. Английское адмиралтейство создало авторитетную комиссию, которая с учетом опыта русско-японской войны разработала программу кораблестроения. Комиссия рекомендовала на всех без исключения вновь строящихся кораблях применять в качестве двигателей только КТУ.

В рекордно короткий срок в Англии был построен броненосец «Дредноут», название которого надолго стало нарицательным для кораблей подобного назначения, впоследствии переименованных в линейные корабли (линкоры). Создание «Дредноута» было окружено тайной. Корабль не был броненосцем в привычном для той поры понимании этого слова. Все прежние броненосцы, по сравнению с ним, безнадежно устарели. При водоизмещении 22,5 тыс. т «Дредноут» был вооружен десятью 305-мм орудиями главного калибра, а для отражения атак миноносцев — двадцатью 75-мм орудиями. Поясная броня толщиной 275 мм посередине и 100 мм в оконечностях защищала корабль по всей длине ватерлинии. Четырехвальная КТУ мощностью 23 тыс. л. с. позволяла развивать на полном ходу скорость 21 уз. Но тайное становится явным, и к 1910 г. на верфях мира было заложено около 70 линейных кораблей.

Комиссия рекомендовала к постройке также два типа истребителей: хорошо вооруженный мореходный для открытого моря и более крупный быстроходный с сильным артиллерийским вооружением — прообраз лидеров эскадренных миноносцев. Для истребителей первого типа водоизмещением около 850 т была предусмотрена скорость полного хода 33 уз. Но проектировщики плохо сбалансировали тактико-технические элементы корабля: при водоизмещении около 1000 т и относительно слабом вооружении истребитель имел недостаточную дальность плавания. Правда, благодаря КТУ мощностью 15 тыс. л. с., контрактная скорость была значительно превышена и составила 35—37 уз, но это не могло компенсировать столь серьезные недостатки.

Не обошлось гладко и с истребителями второго типа. Запланированная серия ограничилась головным кораблем. Несмотря на мощное артиллерийское вооружение (четыре

102-мм орудия), тактико-технические элементы «Свифта» не оправдывали его возросшего до 1875 т водоизмещения. Кроме того, контрактные 36 уз так и не были получены, несмотря на то что энергетическую установку форсировали на испытаниях сверх проектных 30 тыс. л. с. Попытки натянуть скорость методами, применявшимися во времена 30-узловых истребителей, решительно пресекло адмиралтейство. Корабль был сдан флоту со скоростью 35 уз.

Вслед за Англией паровая турбина получила признание во флотах других стран, хотя и небезоговорочно. Когда на французском миноносце № 243 водоизмещением 92 т паровую машину заменили турбиной той же мощности, корабль смог развить лишь 21 узел, в то время как до замены двигателя показывал 24 уз. Но кораблестроители не поддались гипнозу цифр и нашли подлинную причину неудачи — применение на корабле, спроектированном под паровую машину, турбинного двигателя. Естественно, что при этом конструкторам пришлось думать не столько об эффективных технических решениях, сколько о том, как осуществить замену. Все стало на свои места, когда был построен и испытан миноносец № 293 водоизмещением 94 т, специально спроектированный под турбинную установку. Корабль показал 27 уз, превысив контрактную скорость более чем на 2 уз [20].

С 1903 г. к строительству турбинных кораблей приступила Германия. С целью задержать распространение турбинных установок во флотах других стран немцы широко использовали дезинформацию. Немецкая пресса 1905—1906 гг. систематически помещала материалы, компрометирующие применение турбин в кораблестроении, не брезгуя при этом вымышленными данными, вроде того, что экономичность паротурбинных установок в 2—2,5 раза ниже, чем паромашинных. В то же время из 36 немецких истребителей, всту-

пивших в строй в 1904—1907 гг., половина была оснащена турбинными установками.

Выжидательную позицию в отношении турбинного двигателя заняло Морское министерство России. К 1907 г. в русском флоте числился лишь один турбинный корабль — ранее упомянутый миноносец английской постройки «Ласточка» с комбинированной турбомашинной установкой, переданный в 1905 г. в отряд кораблей Морского инженерного училища в Кронштадте.

Хотя США с 1907 г. приступили к строительству турбинных кораблей, признание в американском флоте этот тип двигателя получил далеко не сразу. Доказательством тому служит одновременное строительство паротурбинных линкоров и линкоров с паровыми машинами, крупнейший из которых «Оклахома» водоизмещением 35,7 тыс. л. с., построенный в 1916 г., стал последним в мире линкором с КМУ.

Распространение паровых турбин в кораблестроении сдерживалось их меньшей экономичностью в диапазоне небольших скоростей (из-за падения КПД турбин) по сравнению с паровыми машинами. Однако и этот «козырь» паровой машины в скором времени оказался битым. Решил задачу все тот же Ч. Парсонс, «помиривший» турбину с гребным винтом простым и эффективным способом. Парсонс отказался от турбин, непосредственно связанных с винтом через гребной вал, и применил зубчатую передачу (редуктор), с помощью которой число оборотов гребного вала снижалось до необходимого при сохранении высокого числа оборотов турбины. Правда, масса первых турбинных установок с редуктором примерно на 10 % превышала массу установок с прямоточными турбинами, но это превышение перекрывалось массой сэкономленного топлива.

В ходе русско-японской войны выявилась необходимость в кораблях, способных осуществлять даль-

ную разведку боем, наведение неприятеля на свои главные силы и в то же время вести самостоятельные действия против сильного противника. Такие задачи были по плечу хорошо вооруженным кораблям со скоростью, значительно большей, чем у броненосцев. Идею подобного корабля выразил все тот же адмирал Фишер:

Идеальный боевой корабль должен обладать самой крупнокалиберной главной артиллерией, самой мелкокалиберной средней артиллерией. Его оборонительные качества необходимо принести в жертву скорости хода, которая является его лучшей защитой.

Создать такой корабль было не просто. Речь могла идти лишь о сугубо компромиссных тактико-технических элементах, когда одни качества должны быть принесены в жертву ради других. Так появились линейные крейсера.

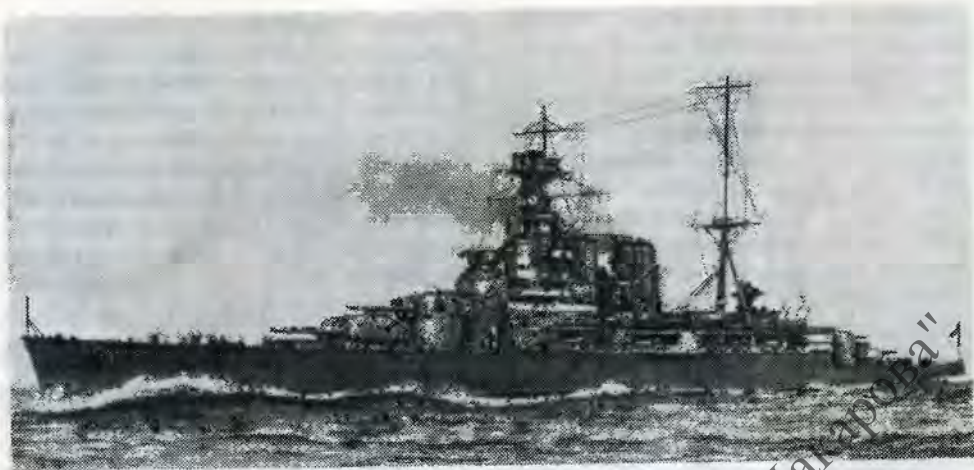
В 1906 г. Англия заложила три первых линейных крейсера водоизмещением 17 800 т и скоростью 26,5 уз, вооруженных восемью 305-мм орудиями главного калибра. В дальнейшем скорость английских линейных крейсеров была доведена до 30—32 уз, а калибр орудий увеличен до 380 мм.

Вслед за Англией к строительству линейных крейсеров приступили Германия и Япония. Однако ни по размерам, ни по вооружению, ни по скорости линейные крейсера этих стран не шли ни в какое сравнение с английскими.

В 1912 г. была заложена серия русских линейных крейсеров типа «Измаил» водоизмещением 32 500 т со скоростью 26,5 уз с девятью 356-мм орудиями главного калибра. Корабли не были достроены, и после первой мировой войны их корпуса были проданы на слом.

В США по кораблестроительной программе 1916 г. была намечена постройка шести линейных крейсеров, но затем часть кораблей была

¹ Развитие классов и типов кораблей в иностранных флотах // Сб. переводов. Л.: ВМА РККФ им. Ворошилова, 1938. 103 с.



Линейный крейсер «Худ»

перестроена в авианосцы, а строительство других прекращено.

Самым совершенным из всех построенных линейных крейсеров считался заложенный в 1916 г. и сданный флоту в 1920 г. английский «Худ» водоизмещением 46 200 т и скоростью 32 уз, вооруженный восемью 380-мм орудиями главного калибра. В течение многих лет «Худ» был национальной гордостью Англии, олицетворением ее морской мощи. В мае 1941 г. в бою с немецким линкором «Бисмарк» через 5 мин после начала артиллерийской дуэли на дистанции около 13 миль от попадания 380-мм снаряда в артпогреб «Худ» взорвался и затонул.

История линейных крейсеров лишний раз подтверждает то, что никакой даже первостепенный показатель, если он достигнут в явный ущерб другим, не гарантирует кораблю боевую эффективность. Идеальных боевых кораблей из линейных крейсеров не получилось. Адмирал Фишер не оказался пророком.

Борьба за скорость успешно продолжалась, но кораблестроение, как и всякая отрасль техники, развивалось потому, что занималось непрерывным поиском оптимальных решений, отвечающих требованиям момента. Если паровая машина в течение нескольких десятилетий моно-

польно применялась на кораблях, то паровой турбине столь спокойная жизнь не была уготована. В самом начале развития ей пришлось выдерживать упорную борьбу с двигателем, имевшим в принципе лишь одно преимущество, но какое!

Двигатель Р. Дизеля обнадеживает

Когда осенью 1910 г. Германию посетила специальная комиссия русского Морского министерства для ознакомления с вопросами кораблестроения, профессор Г. Юнкерс, видный авторитет в области двигателей внутреннего сгорания, торжественно сообщил, что немцы значительно опередили всех в вопросах применения двигателя Дизеля на флоте. По заявлению Г. Юнкерса, в полученной им телеграмме из Гамбурга сообщалось, что построенное там дизельное судно вышло на испытания и развило 7 уз. Каково же было удивление именитого ученого, когда ему сообщили, что на Амуре успешно плавает флотилия русских дизельных канонерских лодок, имеющих скорость полного хода 12 уз!

В 1796 г. в семье выдающегося ученого и известного деятеля Великой французской революции Л. Кар-

но родился сын, названный в честь знаменитого персидского поэта Саади. Но не поэзия стала призванием этого человека. С. Карно посвятил себя науке о теплоте как энергии, позже названной термодинамикой. В 1824 г. вышло в свет единственное, очень небольшое по объему сочинение С. Карно «Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу», которое обессмертило имя автора.

Тщательно исследовав круговой тепловой процесс (цикл), Карно сформулировал условия, работая в которых тепловой двигатель будет иметь наибольший КПД. Заметим, что в ту пору КПД самых совершенных КМУ не превышал 1,5—2 %. Карно критически отзывался о применении водяного пара в качестве рабочего тела:

Водяной пар может быть образован только в котле, в то время как атмосферный воздух можно нагревать непосредственным сгоранием, происходящим в нем. Этим была бы избегнута не только большая потеря в количестве тепла, но и в его термометрических градусах [17].

Только спустя 20 лет после смерти С. Карно, последовавшей в 1832 г., его сочинением заинтересовались ученые, а еще позже изобретатели. Успех сопутствовал некоторым из них, но полнее все идеи Карно воплотил в реальную конструкцию немецкий инженер Р. Дизель (1858—1913), который в 1892 г., предложил поршневой двигатель, принципиально отличный от всех предшествующих.

Двигатель, впоследствии названный в честь изобретателя дизелем, работал следующим образом: в цилиндр всасывался воздух, который подвергался там сильному сжатию и соответственно нагревался до высокой температуры. Затем в цилиндр подавалось в распыленном состоянии горючее, которое в среде раскаленного воздуха воспламенялось. Газы расширялись, а затем при обратном ходе поршня выталкивались из цилиндра наружу.

Даже первые далекие от совершенства дизели были в два-три раза экономичнее КМУ. На это сразу обратили внимание кораблестроители.

Ведь при прочих равных условиях дизельный корабль мог пройти в два с лишним раза большее расстояние, чем такой же корабль, оснащенный КМУ, или при одинаковой дальности плавания мог взять в два-три раза меньший запас топлива, сэкономив тем самым водоизмещение для других нужд.

В 1857 г. упоминавшийся ранее кораблестроитель К. П. Боклевский предложил применить дизели на кораблях. Примерно в то же время инженер Б. Г. Луцкий разработал проект замены КМУ миноносца дизельной установкой. Формально Морское министерство поддержало предложение и в 1901 г. даже заключило контракт на переоборудование миноносца «Видный» водоизмещением 350 т в дизельный. В результате замены предполагалось получить выигрыш в водоизмещении корабля около 56 т. Двигатели заказали в Германии, но в дальнейшем ими не занимались, и в 1905 г. контракт был расторгнут.

Судостроители России оказались оперативнее чиновников Морского министерства. В конце мая 1903 г. от причала Выборгской стороны в Петербурге отошло первое в мире дизельное судно — речной танкер «Вандал» водоизмещением 1150 т, построенный на Сормовском заводе в Нижнем Новгороде (ныне завод «Красное Сормово» им. А. А. Жданова) и переведенный в Петербург на завод «Л. Нобель» (ныне завод «Русский дизель») для установки трех дизелей мощностью 120 л. с. каждый. Из-за неревверсивности дизелей того времени для передачи мощности от двигателей к гребному валу на «Вандале» была применена электропередача.

Особый интерес к дизельным судам был проявлен в связи с русско-японской войной и печальной судьбой эскадры З. П. Рожественского. Вспомнили, что еще в 1895 г. В. И. Афанасьев писал:

Постройка судов, способных переходить одним непрерывным рейсом из Кронштадта во



Дизельная канонерская лодка «Шквал»

Владивосток, кругом мыса Доброй Надежды, представляет, можно сказать, нашу национальную задачу, так как иностранные государства, имеющие в разных пунктах угольные станции, не нуждаются в судах такого рода [3].

Вспомнили и о том, что с появлением идеи послать эскадру на Дальний Восток в Морское министерство поступило несколько проектов переоборудования в дизельные транспортов-угольщиков, которые могли бы сопровождать эскадру, снабжая корабли топливом. Однако чиновники министерства положили проекты под сукно, внося тем самым свою лепту в разгром эскадры, испытывавшей на переходе бесконечные затруднения со снабжением топливом.

В апреле 1905 г. председателю Морского технического комитета была представлена докладная записка лейтенанта Д. Д. Филиппова с предложением строить дизельные корабли. Записка сопровождалась проектом дизельной энергетической установки для уже заложенных броненосцев типа «Андрей Первозванный» водоизмещением 17,4 тыс. т. Масса энергетической установки должна была составить около 2750 т,

а запас топлива 1150 т, что приблизительно равнялось массе паросиловой установки и запаса топлива строящихся броненосцев. Морской технический комитет признал предложение Филиппова реальным и рекомендовал для начала построить опытное дизельное судно. Но Главное управление кораблестроения категорически отказало, сославшись на то, что реализация проекта потребует много времени и больших средств¹.

И все-таки Россия первой создала дизельные корабли. С заключением Портсмутского договора война с Японией закончилась, но обстановка на Дальнем Востоке продолжала оставаться напряженной. Охрана Приамурья не могла ограничиваться сухопутной обороной, и было принято решение заказать Балтийскому заводу в Петербурге флотилию из восьми однотипных канонерских лодок водоизмещением порядка 950 т и скоростью полного хода 11 уз и дальностью плавания не менее 1000 миль. Рассмотрев различные

¹ ЦГА ВМФ, ф. 427, д. 24, л. 42—44 и 59—60.

варианты, проектировщики пришли к выводу, что выполнить жесткие контрактные условия возможно, если применить дизельную энергетическую установку.

В 1910 г. все восемь канонерок были построены и вошли в состав Амурской флотилии. Заданные показатели были значительно превзойдены. При водоизмещении около 1000 т канонерки имели дальность плавания со скоростью 12 уз около 2000 миль и со скоростью 8 уз — около 3000 миль. Именно об этих первых в мире дизельных кораблях было сообщено профессору Юнкерсу при посещении Германии комиссией русского Морского министерства.

Кораблестроители России не отказались и от идеи применения дизельных установок на крупных кораблях. В 1908 г. Морское министерство под давлением общественного мнения и широкой дискуссии, развернувшейся на страницах печати, создало комиссию под председательством А. Н. Крылова по вопросу внедрения дизельных энергетических установок в военный флот. Комиссия рекомендовала принять дизели в качестве двигателей экономического хода на кораблях с паросиловыми установками и в составе всережимных дизельных установок.

Но рекомендации комиссии не были поддержаны Морским министерством. Единственное чего удалось добиться — это разрешения оснастить дизельными установками две канонерские лодки водоизмещением 623 т, которые были построены в 1912 г. в Петербурге Адмиралтейским судостроительным заводом. Корабли развивали на полном ходу 13 уз и успешно эксплуатировались на Каспии. В конце 1912 г. Обществом Николаевских заводов и верфей (ныне Черноморский судостроительный завод) был построен дизельный пограничный крейсер «Ястреб» водоизмещением 370 т.

В Морское министерство продолжали поступать проекты дизельных

кораблей, в том числе и от таких авторитетных инженеров и кораблестроителей, как П. Ф. Вешкурцев, А. И. Смирнов, П. Л. Белявин, но министерство оставалось безучастным. В 1910 г. один из ведущих русских кораблестроителей Н. Н. Кутейников представил инициативный проект дизельного броненосного крейсера водоизмещением 19 тыс. т, который даже не был рекомендован специалистам для рассмотрения. Об отношении Морского министерства к применению дизелей на флоте говорит и такой факт. Министерство торговли и промышленности, интересовавшееся возможностями применения дизельных установок на судах коммерческого флота, на первое совещание по этому вопросу пригласило представителя Морского министерства, но, как указано в протоколе совещания: «...он был приглашен, но в совещание не прибыл».

А на страницах русской печати публиковались и широко обсуждались проекты дизельных кораблей, что, конечно, привлекало внимание зарубежных кораблестроителей, причем не только в познавательных целях. В 1909 г. англичане на канонерской лодке «Раттлер» водоизмещением 715 т заменили паросиловую установку на дизельную такой же мощности, что позволило сократить запас топлива почти на 50 %. Там же в 1912—1915 гг. построено несколько истребителей с комбинированной паротурбинно-дизельной установкой. В 1912 г. в Италии был построен дизельный минный крейсер водоизмещением 650 т и начато строительство серии дизельных миноносцев водоизмещением 120 т. Накануне первой мировой войны опытные дизельные миноносцы строятся во Франции и Германии.

С учетом опыта развития кораблестроения сегодня нельзя утверждать, что дизельные энергетические установки целесообразно внедрять на кораблях всех классов. Но в то время они позволяли достичь многого, в чем мы еще убедимся.

Рекордный корабль — эсминец «Новик»

Дизельные энергетические установки уступали паросиловым прежде всего в агрегатной мощности двигателей, ограниченной 1700—1800 л. с., и в удельных массовых показателях — порядка 100 кг/л. с., что препятствовало их применению на быстходных кораблях.

В октябре 1913 г. у гранитных берегов Невы жители Петербурга любовались стоявшим на якоре кораблем. Это был эскадренный миноносец «Новик», пришедший на Невский рейд с ходовых испытаний, на которых корабль перекрыл все достигнутые к тому времени скорости, показав 37,3 уз.

Эсминец, унаследовавший имя крейсера «Новик», был спроектирован корабельным инженером К. Э. Теннисоном с учетом последних достижений кораблестроения и заложен в 1910 г. на верфи петербургского Путиловского завода (ныне «Кировский завод»).

Необходимость в кораблях, подобных «Новику», выявилась в ходе русско-японской войны, когда понадобилось усилить истребители, сделав их способными сопровождать эскадры, действовать в их составе и использовать в автономном пла-

вании. Возрастал калибр артиллерии и торпед, совершенствовались средства навигации и связи, улучшались мореходные качества. Соответственно увеличивалось водоизмещение кораблей, достигая 1000 т и более. Появляется тип корабля, названный эскадренным миноносцем. По основным тактико-техническим элементам «Новик» выгодно отличался от иностранных аналогов постройки тех лет (табл. 2).

В кораблестроении наступает пора энергичной борьбы за скорость, достигшая апогея в середине 30-х гг. Задача была не легкой. В рассматриваемый период масса энергетической установки и топлива составляла на эсминцах 45—55, а на крейсерах — 40—50 % водоизмещения.

Неправильно было бы полагать, что для тяжелых кораблей проблема скорости являлась второстепенной. Однако при максимально развитых средствах нападения и защиты получение даже относительно небольшой скорости на огромном корабле представляло весьма сложную задачу, несмотря на то, что существует обстоятельство, на первый взгляд весьма облегчающее ее решение.

Известно, что увеличение скорости в основном достигалось повышением энерговооруженности кораблей. Так, у кораблей разных классов, постро-



Эскадренный миноносец «Новик»

Таблица 2. Основные тактико-технические элементы эсминцев

Название, принадлежность	Год закладки	Водоизмещение, т	Скорость, уз	Вооружение	
				Артиллерия (число стволов $\times$ калибр), мм	Торпедные трубы, шт.
«Новик», Россия	1910	1400	37,3	4 $\times$ 102 4 пулемета	8
«Свифт», Англия	1907	1823	35,1	4 $\times$ 102	2
«Имнказе», Япония	1910	1168	31,5	2 $\times$ 102 5 пулеметов	4
«Айвин», США	1911	1100	30,7	4 $\times$ 102	8
«Биссон», Франция	1911	804	30,0	2 $\times$ 102 4 пулемета	4
«S-36», Германия	1913	790	34,7	3 $\times$ 88	6

енных в 1920-х гг., при скорости полного хода 31 уз энерговооруженность составляла:

	Водоизмещение, т	Энерговооруженность, л. с./т
Линейный крейсер	41 200	3,5
Крейсер	13 600	5,3
Эсминец	1480	18,2

В то же время существует закономерность, что с ростом водоизмещения при сохранении геометрических пропорций корабля сопротивление на 1 т водоизмещения снижается. Почему?

Если при сохранении геометрических пропорций длину, ширину и осадку корабля увеличить вдвое, то объем подводной части корпуса возрастет в 2^3 раза, а смоченная поверхность корпуса только в 2^2 раза. Следовательно, на каждую тонну водоизмещения поверхность трения будет вдвое меньше. Соответственно уменьшится сопротивление трения. А волновое сопротивление?

С увеличением размеров корабля волновое сопротивление возрастает своеобразно. Если размер корабля увеличить в n раз, то волновое сопротивление возрастет в n^3 раз, и скорость такого корабля v_1 будет равна $v\sqrt{n}$. Это значит, что при увеличении размеров корабля, имевше-

го скорость 20 уз, его волновое сопротивление возрастет в восемь раз, а скорость будет равна $v_1 = 20\sqrt{2} = 28,2$ уз.

Отсюда следует многообещающий на первый взгляд вывод: если на крупных кораблях обеспечить энерговооруженность, подобную той, которая характерна для эсминцев, то они будут намного быстрее легких кораблей. Однако тяжелые корабли имеют другие оперативно-тактические задачи и соответственно иные тактико-технические элементы. Мощная артиллерия с соответствующим боезапасом и развитое бронирование, поглощающие основную часть водоизмещения, — таков далеко не полный перечень неизменных атрибутов этих плавающих крепостей.

Посмотрим на составляющие, нагрузки тяжелых и легких кораблей, построенных в начале XX в. (табл. 3). За счет чего можно разместить на тяжелом корабле гораздо более мощную энергетическую установку, даже если она будет иметь удельную массу установки эсминца? Ведь с ростом водоизмещения корабля, как мы уже знаем, каждый узел будет приобретаться ценой огромного увеличе-

Таблица 3. Распределение нагрузки (в % от полного водоизмещения) на тяжелых и легких кораблях

Класс	Корпус	Бронирование	Вооружение	Энергетическая установка	Топливо
Линкоры	30—33	31—40	8—14	7—15	4—8
Эсминцы	27—35	—	3—4	36—42	14—22

ния мощности энергетической установки...

В 1952 г. новый трансатлантический лайнер США «Юнайтед Стейтс» в первом же рейсе превысил рекорд «Голубой ленты Атлантики» сразу на 5 уз, показав на переходе среднюю скорость 36,5 уз. Более 15 лет широко разрекламированный «Большой Ю» совершал рейсы между Европой и Америкой, и все эти годы судостроители разных стран продолжали недоумевать, за счет чего на судне валовой вместимостью 53 320 рег. т получена столь высокая скорость. Интерес подогревался рекламными и, как позже выяснилось, частично дезинформационными публикациями в прессе.

Официально мощность энергетической установки лайнера не сообщалась. Высказывались предположения, что она составляет примерно 150—160 тыс. л. с. Голый мощный установкой не было оснащено ни одно судно в мире. На моделях «Юнайтед Стейтс» специально искажали подводную часть корпуса либо вообще не показывали ее. Когда в одном из журналов появилась фотография подводной части, весь тираж журнала был конфискован. Как часто бывает в подобных ситуациях, отсутствие информации восполнялось домыслами и легендами.

Секреты «Большого Ю» стали достоянием общественности после того, как в 1968 г. лайнер, приносивший огромные убытки владельцам, был снят с линии и поставлен на прикол. Как выяснилось, судно строилось в обстановке строжайшей секретности, так как техническое задание на него, которым предусматривалась возможность переброски с большой скоростью 14 тыс. военнослужащих на расстояние 10 тыс. миль без заправки топливом в море, было согласовано с Пентагоном. Высокая скорость лайнера не являлась следствием каких-то принципиально новых технических решений. После многочисленных прогонов моделей в опытовом бассейне были вы-

браны оптимальные обводы и размеры судна. Широкое применение легких сплавов позволило только на корпусных конструкциях сэкономить около 10 тыс. т водоизмещения, за счет чего стало возможным оснастить лайнер КТУ мощностью 240 тыс. л. с.! Истинная скорость «Юнайтед Стейтс» составляла не 36,5 уз, с которыми он легко завоевал «Голубую ленту Атлантики», а 38,5 уз. Очередная сенсация уступила место фактам.

Но мы забежали вперед, а между тем империалистические противоречия в начале столетия привели к мировой войне. Для кораблей наступило время серьезных экзаменов. Кораблестроители передали эстафету морякам.

Война экзаменует

В декабре 1914 г. в бою у Фолклендских островов английские линейные крейсера «Инвенсibl» и «Инфлексибл» потопили немецкие бронированные крейсера «Шарнхорст» и «Гнейзенау». Фактор скорости сыграл важную роль в успехе английских кораблей, имевших скорость полного хода 26,5 уз, а при сверхпроектной нагрузке машины — 28,5 уз, в то время как крейсера противника могли развить максимальную скорость 24 уз. Англичане навязали немцам дистанцию и время боя, компенсируя относительно слабое бронирование своих линейных крейсеров преимуществом в скорости.

В течение всей войны давала себя знать недостаточная скорость итальянских эсминцев, значительно превосходивших австрийские эсминцы в вооружении, но существенно уступавших им в скорости.

Отличные ходовые качества русского «Новика» сыграли первостепенную роль в его боевых делах. Эсминец 17 августа 1915 г. вышел в дозор. В предутренней мгле сигнальщики обнаружили два больших ко-

рабля незнакомых силуэтов. Как выяснилось позже, это были новейшие немецкие эсминцы «V-99» и «V-100» водоизмещением 1350 т. Их силуэты еще не фигурировали в военных справочниках, в связи с чем сигнальщики «Новика» не смогли определить принадлежность кораблей. На условный сигнал эсминцы не ответили. «Новик» открыл огонь.

Третьим залпом был накрыт «V-99». На полубаке возник пожар, затем была сбита средняя дымовая труба, загорелась кормовая надстройка, и корабль сбавил ход. Артиллеристы «Новика» перенесли огонь на второй эсминец, пытавшийся прикрыть поврежденный «V-99» дымовой завесой. Вскоре и на «V-100» возник пожар. Вновь огонь был перенесен на «V-99», который, пытаясь скрыться от русского корабля, попал на минные заграждения и подорвался на них. В вахтенном журнале «Новика» появилась запись: «5 ч 38 мин. Первый миноносец погружается кормой...»

«Новик» участвовал во многих боях. В ноябре 1915 г. он потопил немецкий сторожевой корабль «Норбург». На минах, выставленных «Новиком», погибли немецкий крейсер «Бремен» и эсминец «V-91». В мае 1916 г. «Новик» совместно с эсминцами «Гром» и «Победитель» атаковал в Норчепингской бухте вражеский конвой. Впервые в истории применив залповую стрельбу торпедами по площадям, эсминцы потопили вспомогательный крейсер «Герман», два вооруженных траулера и два транспортных судна.

Для ликвидации «Новика» немцы создали специальную диверсионную группу, которой за успешное выполнение задания было установлено вознаграждение 50 тыс. руб. Вознаграждение так и не было получено. А «Новик» в октябре 1917 г. с успехом участвовал в Моонзундском сражении с германским флотом.

Забегая вперед отметим, что наряду с другими кораблями бывшего царского флота «Новик» прошел

капитальный ремонт и модернизацию, вступив в состав Балтийского флота под именем «Яков Свердлов». Корабль активно участвовал в советско-финляндской войне 1939—1940 гг., а с первых дней Великой Отечественной войны начал боевые действия против фашистского флота. Корабли Краснознаменного Балтийского флота 28 августа 1941 г. оставили г. Таллин и взяли курс на Кронштадт. Для «Якова Свердлова», шедшего в охранении, этот поход оказался последним. Вражеская мина прервала боевой путь героического эсминца.

В ходе первой мировой войны выяснилось, что скорость является одним из важнейших тактических элементов корабля. В отдельных боевых действиях большая скорость ядра боевых сил флота позволяла навязать свою волю противнику. В операции турецкого флота немецкий крейсер «Гебен», переименованный турками в «Султан Селим Явуз», благодаря значительному превосходству в скорости над кораблями русского флота (28 уз против 16), оперировал на всем пространстве Черного моря, не опасаясь противника и в то же время вынуждая русский Черноморский флот держать свои силы сосредоточенными для отражения возможных атак.

В ходе войны с английскими и итальянскими крейсерами и эсминцами с целью увеличения скорости зачастую снимали «лишние» грузы, несмотря на снижение боевых качеств и ухудшение обитаемости кораблей.

Особое внимание было обращено на своевременную очистку подводной части корпуса кораблей. Ведь уже давно было обращено внимание, что с течением времени корабли теряют скорость. Потеря бывала весьма ощутимой. Так, русский броненосец «Николай I» в 1892—1893 гг. вместо показанных на сдаточных испытаниях 15 уз мог развить не более 8 уз. Обращение корпусов сопровождается не только потерей скорости, но и перерасходом топлива. Ведь для

того, чтобы при увеличенном сопротивлении получить проектную скорость, нужен больший упор гребного винта, который может быть получен лишь за счет увеличения числа его оборотов. Например, крейсер США «Чарльстон» через месяц после очистки корпуса в доке при скорости 8,7 уз и числе оборотов винтов 341 об/мин сжигал в сутки 33,1 т угля, а уже через 5 мес скорость упала до 6,8 уз, число оборотов винтов возросло до 349 об/мин и расход угля составил 35,3 т.

В 1917 г. английский крейсер «Бристоль» с проектной скоростью 25 уз из-за обрастания корпуса безнадежно отстал и прекратил погоню за менее быстроходным отрядом австро-венгерских кораблей в Адриатическом море. После этого эпизода было принято решение очищать подводные части английских и итальянских кораблей, действовавших в Адриатическом море, не реже одного раза в 6 мес, в то время как раньше эту операцию выполняли не чаще чем раз в два-три года.

Атакуют торпедные катера

В самом конце первой мировой войны с австрийского линкора «Сент Истван» заметили два мчавшихся навстречу крохотных катера, носовая часть которых была поднята над водой. На линкоре оценили обстановку лишь тогда, когда на расстоянии нескольких кабельтовых катера резко отвернули, выпустив торпеды. Но было уже поздно. Мощный взрыв потряс воздух, и новейший линкор водоизмещением 22 тыс. т в считанные мгновения скрылся под водой.

До сих пор говорилось о водоизмещающих кораблях, которые, как на стоянке, так и на ходу, удерживаются у поверхности воды силой поддержания. Как мы уже знаем, полное сопротивление таких кораблей при увеличении скорости в грубом приближении возрастает по закону кубической зависимости.

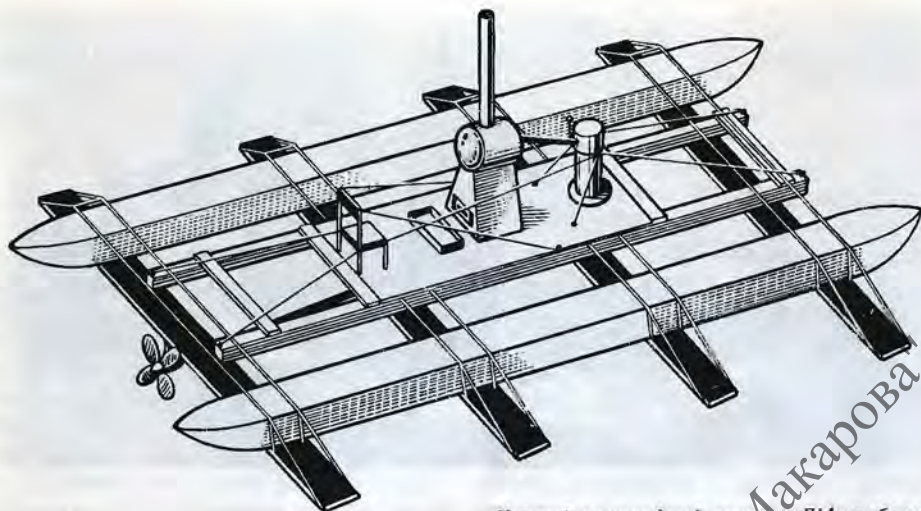
Первым попытался отступить от указанного принципа английский па-

стор Ч. Рамус, предложивший в 1870 г. проект миноносного корабля водоизмещением около 2500 т, скользящего по поверхности воды. Предложение произвело впечатление, и адмиралтейство поручило У. Фруду срочно испытать модель необычного корабля в бассейне. Результаты испытаний не порадовали пастора. Фруд дал заключение, что хотя скольжение по воде в принципе возможно, корабль Рамуса затонет под тяжестью одной только мощной энергетической установки, без которой он не сможет развить скорость, необходимую для выхода на режим скольжения.

Но священнослужитель отличался упорством. Вскоре он предложил другой вариант скользящего судна водоизмещением 200 т, и вновь проект был забракован из-за отсутствия подходящих мощных и в тоже время легких двигателей. Рамус умер, не воплотив в жизнь своей идеи.

Прошло 13 лет, и один из пионеров авиации во Франции инженер Ш. Д'Аламбер, обратившись к идее Рамуса, построил судно необычной конструкции, основу которого составляли четыре бочки, соединенные общей рамой. Под бочками поперек судна наклонно к поверхности воды располагались одна за другой четыре доски, на которые судно должно было опираться при движении. Необычное сооружение соединили тросом с упряжкой лошадей и провели буксировку. Опыт оказался удачным, судно всплывало и скользило по воде.

В 1897 г. Д'Аламбер испытал первое самоходное скользящее судно, которое состояло из двух байдарок, соединенных четырьмя поперечными рамами. Под днищем байдарок были укреплены одна за другой четыре пары досок, угол наклона которых к поверхности воды можно было регулировать. На помосте размещались котел и паровая машина, двигателем служил гребной винт. Результат превзошел все ожидания: судно скользило по воде со ско-



Первый самоходный глйссер Д'Аламбера

ростью около 20 уз. Развивая успех, Д'Аламбер в 1905 г. построил скользящее судно с бензиновым мотором. Суда нового типа получили название «глйссеры» (от фр. glisser — скользить).

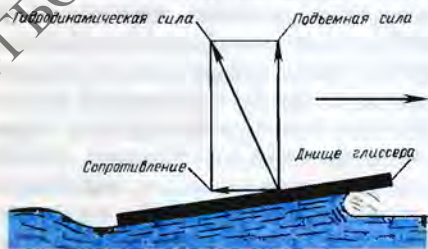
Принцип глйссирования основан на том, что частицы жидкости обладают инерцией, и если умело ее использовать, можно значительно снизить сопротивление движущегося судна. Вспомним, как рикошетирует плоский камешек, брошенный под малым углом к поверхности воды. Сила, не дающая камешку сразу утонуть, есть не что иное, как реакция воды, возникающая благодаря инерции ее частиц и не позволяющая им мгновенно раступиться перед камешком. Аналогичное явление возникает при движении глйссера с плоским днищем на большой скорости. На днище создается сила, которая поднимает корпус из воды, в результате чего резко снижается сопротивление. Чем выше скорость, тем больше корпус будет всплывать.

Пока глйссер стоит на месте или движется с очень малой скоростью, он удерживается у поверхности воды только силой поддержания. С увеличением скорости наступает момент, когда начинает сказываться инерция

частиц воды, и на днище кроме силы поддержания начинает действовать гидродинамическая сила. Эту силу, направленную под углом к днищу, близким к прямому, можно разложить на две составляющие: одну — действующую вертикально вверх, и другую — направленную горизонтально в сторону, обратную движению судна. Первая составляющая носит название гидродинамической подъемной силы; вместе с силой поддержания они равны массе судна и удерживают его у поверхности воды. Другая составляющая представляет собой сопротивление.

С увеличением скорости глйссера гидродинамическая сила возрастает, а вместе с ней возрастают ее составляющие. Так как гидродинамическая подъемная сила и сила поддержания, удерживающие судно у поверхности воды, всегда должны быть равны массе судна, то сила поддержания по мере роста гидродинамической подъемной силы уменьшается. Когда скорость станет значительной, сила поддержания будет очень малой по сравнению с гидродинамической подъемной силой. Одновременно с уменьшением силы поддержания уменьшается объемное водоизмещение, и судно всплывает. Глйссирование начинается тогда, когда главной силой, удерживающей судно в поверхности воды, становится гидродинамическая подъемная сила, а сила поддержания начинает играть вспомогательную роль. Отсутствие (точнее, малая величина) волнового сопротивления у как бы поднятого над водой глйссера позволяет достичь на нем значительно большей скорости, чем на обычном водоизмещающем судне такого же водоизмещения.

Столь эффективный способ движения по воде не мог оставить кораблестроителей равнодушными. Небольшой быстрый корабль, сравнительно дешевый корабль, которому



Гидродинамическая сила при глйссировании и ее составляющие



Итальянский торпедный катер периода первой мировой войны

благодаря малой осадке не страшны торпеды и мины, заманчиво было использовать в качестве торпедоносителя. Ведь даже небольшие миноносцы легко обнаруживались неприятелем на значительном расстоянии от объекта атаки и представляли хорошую мишень для артиллерии. Именно это имел в виду адмирал С. О. Макаров, когда незадолго до русско-японской войны писал: «Душная защита миноноски от снарядов есть ее малая величина. Теперь миноноски так выросли в размерах, что это качество в значительной мере утратилось» [23]. Отчасти этим объясняется успешное использование русскими моряками при обороне Порт-Артура корабельных катеров в качестве торпедных. Так, катер с броненосца «Победа» потопил японский миноносец.

Правда, высокая скорость глиссеров достигается при относительно большой затрате мощности и, что очень важно, с увеличением водоизмещения глиссера возрастает скорость, при которой начинается глиссирование. Например, если при водоизмещении 27 т глиссирование начинается примерно с 32 уз, то при водоизмещении 1000 т для выхода на режим глиссирования необходимо развить 58 уз. Такая специфика требует применения мощных и в то

же время компактных двигателей. Вот почему глиссеры получили распространение с появлением бензиновых моторов, имеющих отличные массогабаритные показатели. Однако относительно небольшая агрегатная мощность бензиновых двигателей вынуждала ограничивать водоизмещение глиссеров, которое до сих пор не превышает 250 т.

В связи с ограниченным водоизмещением дальность плавания глиссеров относительно невелика. Кроме того, их мореходность ограничена волнением моря 3—4 балла. Это объясняется тем, что сила поддержания глиссера на большой скорости становится столь малой, что уже при сравнительно небольшом волнении моря глиссер отрывается от воды, а затем, падая, испытывает большие ударные нагрузки на корпус.

Но, несмотря на указанные специфические недостатки, торпедные катера были созданы, и в ходе первой мировой войны получили заслуженное признание. За годы войны их было построено около 300 единиц. Только Италия, имевшая к концу 1916 г. 46 торпедных катеров, за два последующих года построила еще 153 единицы. Наиболее быстроходные из них развивали скорость около 40 уз.

В поисках выхода

С окончанием мировой войны начался очередной пересмотр тактико-технических элементов кораблей. Возросли требования в части усиления вооружения, мореходности, живучести, дальности плавания и скорости. В связи с увеличением дистанции боя и применения авиации на тяжелых кораблях нужно было усиливать бронирование.

Корабли становились все сложнее. Безвозвратно ушли в прошлое времена, когда их проектировал изобретатель-одиночка или, в лучшем случае, небольшая группа энтузиастов. В странах с развитым кораблестроением создаются конструкторские кораблестроительные бюро, в штат которых входят специалисты разного профиля. Но в каждом коллективе, тем более творческом, должен быть лидер — человек, умеющий мобилизовать других, заразить их своей одержимостью, не боящийся принять решение и взять на себя всю полноту ответственности. Таким человеком становится главный конструктор.

Правильно выбрать и сбалансировать средства нападения и защиты, обеспечив в пределах заданного водоизмещения достаточную скорость, дальность плавания, автономность и другие тактико-технические элементы, — все это требует высокой квалификации, опыта и таланта участников проектирования корабля, а главного конструктора особенно. Он должен быть инженером в полном смысле этого слова, так как корабль — сооружение, подверженное воздействию сложной системы сил и нагрузок. При этом главный конструктор должен всегда представлять корабль в целом, так как все предложения конструкторов по во-

оружению, корпусу, энергетическим установкам и другим специалистов часто являются несовместимыми. Именно он — главный конструктор — должен, всесторонне рассмотрев и изучив эти предложения, принять окончательное решение, чтобы тактико-технические элементы создаваемого корабля соответствовали заданию и достигнутому уровню кораблестроения. При этом главный конструктор должен обладать воображением и чувством научной перспективы, так как корабль строится довольно долго, а его боевое применение может потребоваться через неопределенное количество лет и к тому времени он может оказаться устаревшим. Поэтому в проект с самого начала должны быть заложены решения, на несколько лет опережающие уровень техники, достигнутый к началу проектирования. Но мы отвлеклись...

После войны, пытаясь затормозить усиление морских вооружений, Англия, США, Франция, Италия и Япония в 1922 г. заключили в Вашингтоне договор, который ограничивал водоизмещение и калибр орудий вновь строящихся тяжелых кораблей. Договором устанавливалось новое понятие — «стандартное водоизмещение», т. е. водоизмещение полностью оборудованного корабля, но без запаса топлива и воды для котлов.

Дальнейшее развитие событий показало, что Вашингтонский договор не столько ограничил морские вооружения, сколько нарушил естественный ход развития тяжелых кораблей, в первую очередь крейсеров, для которых устанавливались предельное стандартное водоизмещение 10 тыс. т при главном калибре артиллерии не более 203 мм. В результате договора появились так на-

зываемые вашингтонские крейсеры, которые по тактико-техническим элементам не соответствовали своему назначению. В отведенном лимите водоизмещения практически невозможно было сбалансировать достаточно мощное вооружение и бронирование в сочетании с достаточной скоростью и приемлемой дальностью плавания. Например, французские крейсеры вообще не имели бортовой брони, за что получили в морских сферах прозвище «картонных».

В послевоенном кораблестроении поиск способов увеличения скорости кораблей продолжался все в тех же традиционных направлениях. Значительное облегчение кораблей было достигнуто за счет совершенствования конструкции набора корпуса и, особенно, начавшей широко применяться с конца 20-х гг. электросварки. Раньше других электросварку применили кораблестроители Германии, скованные Версальским договором по водоизмещению кораблей и энергично искавшие выход из этого положения. При постройке немецкого крейсера «Эмден» водоизмещением 6000 т применение электросварки позволило сэкономить в массе примерно 270 т. На эсминцах выигрыш составлял около 10 % от водоизмещения.

Решая задачу облегчения кораблей, конструкторы обратились к алюминию и его сплавам. На американском крейсере водоизмещением 10 тыс. т только замена железной каютной мебели на алюминиевую дала выигрыш в массе около 50 т, а замена тяжелого сурикового покрытия корпуса алюминиевой краской — еще 70 т [37]. Использование легких сплавов в конструкции корпуса и при изготовлении внутрикорабельного оборудования немецкого эсминца водоизмещением 900 т позволило сэкономить в массе почти 50 т.

Не прекращался поиск возможностей снижения сопротивления кораблей. Возможно, читатель обратил внимание на то, что зависимость

мощности энергетической установки от скорости корабля кубическая, и что эта закономерность сугубо приближенная. Ранее упомянутый линкор США «Техас» при мощности установки 18 870 л. с. развивал скорость 19,1 уз, а при мощности 28 370 л. с. — 21 уз. При 19,1 уз мощность установки в зависимости от скорости возрастала с показателем 3,28, при 21 уз — с показателем 4,27, следовательно, для увеличения скорости на 2 уз затрачивался 51 % мощности. Эсминец США «Кассин» при 370 л. с. развивал 12 уз, а при 15 310 л. с. — 30,1 уз. Таким образом, увеличение скорости в 2,5 раза достигалось при увеличении мощности в 41 раз, т. е. показатель составлял 4,05. В то же время на некоторых кораблях этот показатель снижался до 2.

Подобная нестабильность не только указывала на сложную природу процесса сопротивления, но и говорила кораблестроителям о существовании скрытых резервов увеличения скорости кораблей за счет оптимальных формообразований и размеров корпуса. Н. Е. Жуковский еще в 1897 г. писал:

...1) Всякое очертание подводной части судна строго соответствует некоторой соответствующей для него наивыгоднейшей скорости движения;

2) уклонение от этого очертания при данной скорости и, наоборот, уклонение от наивыгоднейшей скорости при данном обводе неизбежно влекут за собой быстрое возрастание сопротивления и бесполезно затрачиваемой работы [15].

Снижение сопротивления трения было маловероятно, здесь все резервы практически исчерпали. И в наше время сопротивление трения поддерживается на приемлемом уровне в основном за счет периодической очистки подводной части корпуса корабля в доке. Но вот проблема снижения волнового сопротивления с ростом быстроходности кораблей становилась все более актуальной. Ведь уже при числах Фруда порядка 0,3 и выше волновое сопротивление начинает превышать сопротивление

Таблица 4. Соотношение R_F и R_R на полном ходу корабля

Класс	Число Фруда	Сопротивление, % от полного	
		трения	остаточное
Эсминец	0,54	38	62
Крейсер	0,44	41	59
Линейный крейсер	0,36	45	55
Линейный корабль	0,25	61	39
Грузовое судно	0,18	78	22

трения и продолжает быстро нарастать (табл. 4).

Известно, что длина корабля серьезно влияет на его ходовые качества. По образному выражению англичан «длина обеспечивает скорость». Увеличение скорости кораблей сопровождалось увеличением отношения длины корпуса к ширине L/B . Ведь величина волн, а следовательно, и количество энергии, расходуемой на их создание, в основном зависят от полноты обводов корпуса и скорости корабля. Увеличение отношения L/B дает особенно ощутимый эффект для быстроходных кораблей. В качестве иллюстрации рассмотрим три варианта корабля одинакового водоизмещения (10 тыс. т) с разным отношением длины корпуса к ширине.

Длина, м	179	194	214
Ширина, м	19	18,3	17,4
Отношение длины к ширине	9,4	10,6	12,3
Осадка, м	6,3	6,1	5,8
Объем подводной части корпуса, м ³	9746	9746	9746
Смоченная поверхность корпуса, м ²	3589	3742	3925

По сравнению с кораблем 1 длина корабля 2 возросла примерно на 20 %, а площадь смоченной поверхности корпуса на 9,4 %. Следовательно, затрата мощности на преодоление сопротивления трения также возросла на 9,4 %. Но эффект от увеличения длины корабля с избытком перекрывает эту потерю. По мере увеличения скорости выигрыш будет все более ощутимым и составит для корабля 3: при 30 уз — 18,8 %; 35 уз — 32,4 %; 40 уз — 28,5 %; 45 уз — 21,5 %; 50 уз — 22,1 %.

Особенно заметен выигрыш при возрастании скорости от 35 до 40 уз. При 40 уз затрата мощности для корабля 1 составляет 226 тыс. л. с., а для корабля 3 — 161 тыс. л. с. Если быть последовательным, целесообразно и дальше увеличивать длину корабля, например до 250 м. В таком варианте затрата мощности для получения скорости 50 уз составила бы 258 тыс. л. с. Однако очередное но...

С увеличением отношения L/B уменьшается остойчивость, ухудшается поворотливость корабля, возникает проблема продольной прочности и вибрации корпуса, который приходится подкреплять и усиливать, а следовательно, и утяжелять. Именно этим объясняется тот факт, что у быстроходных кораблей масса корпуса занимает в составе водоизмещения долю значительно большую, чем у кораблей с умеренной скоростью.

Существенные трудности возникают при размещении в узком корпусе вооружения и технических средств. В рассматриваемых вариантах при длине корпуса 250 м ширина составила бы 16,1 м. В столь узком корпусе очень сложно разместить вооружение, не говоря уже об энер-

1	2	3
179	194	214
19	18,3	17,4
9,4	10,6	12,3
6,3	6,1	5,8
9746	9746	9746
3589	3742	3925

гетической установке мощностью 258 л. с.

В увеличении отношения L/B скрывается еще один «подводный камень». При $L/B > 8 \div 10$ смачиваемая поверхность корпуса увеличивается настолько, что на экономическом ходу сопротивление трения может возрасти до такого значения, при котором полное сопротивление корабля не только не снизится, но и увеличится, а следовательно, уменьшится его дальность плавания.

В поисках способов снизить волновое сопротивление кораблестроители обратились к наделкам каплевидной формы в носовой части корабля, так называемым бульбовым оконечностям. Такая наделка, если ее правильно выбрать, снижает волновое сопротивление за счет того, что создаваемая ею система волн накладывается на волновую систему всего корабля, снижая высоту волн. При этом «волновой барьер» не преодолевается, а лишь отодвигается в область более высоких скоростей корабля.

Еще во времена галерного флота корабли древних греков и финикийцев имели выступающий вперед таран, обшитый металлом. В то время это было грозное оружие. Когда на смену гребным кораблям пришли высокособорные многопушечные парусные корабли, таран потерял эффективность и был забыт до той поры, когда парусный флот уступил место паровому. С середины и до конца XIX в. превосходство брони над возможностями артиллерии привело к тому, что даже крупные корабли строили с тараном.

Может возникнуть вопрос: при чем здесь бульбовые оконечности? А дело в том, что при испытаниях в опытовом бассейне моделей кораблей с носовой оконечностью, заканчивающейся тараном, было замечено, что этот элемент корпуса снижает волновое сопротивление. С. О. Макаров, будучи командиром вспомогательного крейсера «Великий князь Константин», в период переоборудования корабля под носитель минных катеров предложил с целью снижения сопротивления установить наделку на штевни. В результате скорость возросла на один узел.

На кораблях США еще до первой мировой войны начали применять наделки различной формы. В Германии на двух крейсерах построенных в 20-х гг., также были применены бульбовые оконечности. В литературе по кораблестроению 30-х гг. все реже публиковались



Бульбовая оконечность

результаты исследований в этой области, а в США и Германии работы, касающиеся бульбовых оконечностей, были засекречены. Последующий опыт кораблестроения подтвердил эффективность бульбовых оконечностей, и сегодня их продолжают использовать на судах и кораблях.

До сих пор практически не говорилось о воздушном сопротивлении, которое также присутствует, поскольку водоизмещающий надводный корабль движется на границе двух сред — воды и воздуха. Это «упущение» не случайно. Скорость кораблей прошлого была настолько мала, что воздушное сопротивление практически не оказывало на нее влияния. Ведь плотность воды превышает плотность воздуха примерно в 800 раз, следовательно, при движении тела в воде его сопротивление примерно во столько же раз больше, чем при движении в воздухе.

Воздух, как и вода, оказывает сопротивление движению корабля. Существует воздушное сопротивление трения. За кормой в надводной части корпуса, за надстройками верхней палубы образуются воздушные вихри и возникает воздушное сопротивление формы. Правда, корабли не испытывают воздушного волнового сопротивления, поскольку их размеры по сравнению с высотой атмосферы ничтожно малы и, если

можно так сказать, на ее поверхности волны не создаются. Поскольку вязкость воздуха мала, сопротивление трения играет незначительную роль, а основную часть воздушного сопротивления корабля составляет сопротивление формы.

С резким увеличением скорости воздушное сопротивление наиболее быстроходных кораблей достигало 4—5 % от полного, а у корабля с развитыми надстройками — и того больше. Это уже ощутимо. Для снижения воздушного сопротивления модели кораблей начинают продувать в аэродинамических трубах. «Зализывают» выступающие и плохо обтекаемые конструкции, уменьшают размеры надстроек, мачт и других устройств на верхней палубе.

В улучшении ходовых качеств кораблей первостепенную роль играли движители, теория которых начала быстро развиваться. Уже накануне первой мировой войны к проектированию и выбору гребных винтов начали подходить научно обоснованно. Толчком к совершенствованию теории гребного винта послужило развитие самолетостроения и связанные с ним исследования в области аэродинамики крыла.

Велик вклад в решение практических вопросов совершенствования гребных винтов наших соотечественников. В 1909 г. С. К. Джевецкий предложил рассматривать лопасть винта как крыло самолета. Предложение Джевецкого было развито в 1910—1912 гг. в работах Д. П. Рузского, Г. Х. Сабинина и Б. Н. Юрьева. В 1912—1918 гг. Н. Е. Жуковский разработал свою знаменитую вихревую теорию гребного винта, не малую роль в появлении которой сыграл другой видный русский ученый С. А. Чаплыгин. Ученники и последователи Н. Е. Жуковского, Н. Н. Поляков, а также В. П. Ветчинкин, В. М. Лаврентьев, В. Л. Поздунин, А. М. Басин, Ф. А. Брикс и Э. Э. Памель внесли значительный вклад в развитие теории винта и разработали методы его расчета.

В обход Версальского договора

Несмотря на достижения в облегчении кораблей, снижении сопротивления корпусов и увеличении эффективности гребных винтов, основные надежды в борьбе за скорость кораблестроители связывали с энергетическими установками. Ряд усовершенствований позволил значительно улучшить удельные массовые и экономические показатели корабельных паросиловых установок и довести их единичную мощность до 80 тыс. л. с. Но эти достижения не снимали с повестки дня вопрос относительно невысокой экономичности установок.

Задачу увеличения экономичности паросиловых установок в Англии пытались решить путем резкого повышения параметров пара. На кораблях английского флота рассматриваемой поры применялся пар давлением 21 кгс/см^2 ¹, перегретый до 315°C . В 20-х гг. по решению Английского адмиралтейства эсминец «Ахерон» был переоборудован под энергетическую установку, работающую на паре давлением 35 кгс/см^2 , перегретом до 400°C . Результат превзошел все ожидания. Удельный расход топлива снизился более чем на 20 %. Но энергетическая установка «Ахерона» так и осталась единственной в английском флоте. Недостаточная надежность и чрезмерная сложность в эксплуатации делали ее непригодной для оснащения боевых кораблей.

В ином направлении решали задачу кораблестроители Германии, чему во многом способствовала послевоенная политическая обстановка. Потерпев поражение, Германия по Версальскому договору была ограничена в производстве вооружений, особенно авиационных и морских. При составлении договора учитывалось, что Англия еще в XIX в., по существу, питалась исключительно привозными продуктами. Каждый день в ее порты

¹ В системе СИ $1 \text{ кгс/см}^2 = 98 \text{ кПа}$.

необходимо было доставлять около 120 тыс. т жизненно необходимых грузов, в связи с чем ежедневно в страну приходило около 20 судов, и столько же покидало английские порты. Таким образом, в Мировом океане постоянно плавали многие сотни английских судов, для охраны которых недостаточно было даже самого мощного по тем временам английского флота. Вот почему, первое, что поторопились сделать страны-победители при составлении Версальского договора, это включить в него запрещение Германии иметь подводные лодки и ограничить стандартное водоизмещение немецких надводных кораблей следующими предельными величинами: линкоры — 10 000 т; легкие крейсера — 6000 т; эсминцы — 800 т; миноносцы — 200 т.

Побежденная Германия жаждала реванша, в осуществлении которого не последняя роль отводилась флоту, и энергично искала способы обойти рамки Версальского договора. Немцы понимали, что в отведенных договором жестких лимитах водоизмещения невозможно создать достаточно боеспособные эсминцы и миноносцы, а в отношении крупных кораблей...

Накануне первой мировой войны Германия добилась существенных успехов в судовом дизелестроении. После появления русских дизельных канонерских лодок фирме «МАН» был выдан заказ на корабельные дизели огромной по тому времени мощности — 12 тыс. л. с. Первый двигатель построили и испытали, после чего в 1915 г. был заказан, а на следующий год построен и испытан еще более мощный дизель, который после поражения Германии в войне союзники уничтожили. Но сохранилась проектная и технологическая документация, а также кадры специалистов в области дизелестроения.

В 1926 г. на страницах немецкой прессы промелькнули лаконичные заметки о закладке первых послевоен-

ных немецких крейсеров, с акцентом на то, что водоизмещение кораблей находится в пределах, разрешенных Версальским договором. Первым был заложен крейсер «Кенигсберг», следом за ним еще два однотипных крейсера стандартным водоизмещением 6000 т. В 1928 г. было сообщено о закладке броненосца «Дойчланд» стандартным водоизмещением 10 тыс. т и крейсеров типа «Лейпциг» стандартным водоизмещением 6000 т. На всех кораблях были установлены дизели.

На крейсерах типа «Кенигсберг» с двухвальной энергетической установкой на каждый из валов могла работать либо КТУ мощностью 30 тыс. л. с., либо дизель мощностью 1000 л. с. С помощью дизелей корабль мог пройти со скоростью 10 уз около 18 тыс. миль. При скорости более 10 уз дизели отключались, а ход корабля вплоть до полного — 32 уз — обеспечивался КТУ. Существенным недостатком такой комбинированной установки являлось то, что при скоростях свыше 10 уз дизельная часть в движении корабля не участвовала, являясь для него балластом.

Этот недостаток был устранен на крейсерах типа «Лейпциг» с трехвальной установкой, на бортовые валы которой работали КТУ мощностью 30 тыс. л. с. каждая, а на средний вал четыре дизеля суммарной мощностью 12 тыс. л. с., с помощью которых корабль мог развивать скорость до 18 уз. При этом бортовые валы отключались от турбин. С запасом дизельного топлива 300 т дальность плавания при работе дизельной установки составляла 3500 миль. Скорость 18 уз могла обеспечиваться и КТУ с отключенным средним гребным валом. При этом с учетом запаса мазута 1150 т дальность плавания составляла 2000 миль. Таким образом, при последовательном использовании дизельной и паротурбинной установок дальность плавания крейсера со скоростью 18 уз составляла 5500 миль. Скорость более 18 уз вплоть до полной — 32 уз —



Крейсер «Лейпциг»

обеспечивалась при совместной работе всех трех гребных валов.

Броненосец «Дойчланд», позднее переименованный в «Лютцев», — первый из трех немецких так называемых «карманных линкоров». Корабль строился долго — пять лет. Однако когда он вступил в строй, союзники поняли, как ловко немцы использовали юридическую лазейку в Версальском договоре. Составители договора, рассчитывая лишить Германию возможности строить корабли более сильные, чем тяжелые крейсеры, ограничили стандартное водоизмещение самых крупных немецких

кораблей 10 тыс. т. Проигравшая войну Германия не участвовала в Вашингтонском договоре, по которому максимальный калибр орудий крейсеров был ограничен 203 мм. «Дойчланд» превосходил по калибру артиллерии крейсера, а по скорости — линейные корабли союзников, отличаясь при этом огромной дальностью плавания — около 20 тыс. миль. Таким образом, немецкий броненосец по мощи артиллерии превосходил те корабли, которые могли его догнать, а скорость полного хода — около 27 уз — позволяла ему уйти от линкоров противника.



Броненосец «Дойчланд»

Таблица 5. Составляющие нагрузки броненосца «Дойчланд» и крейсера «Кент»

Характеристики	Полное водоизмещение	Корпус	Вооружение	Бронирование	Энергетическая установка	Топливо	Вода для паровых котлов	Снабжение и оборудование
„Дойчланд“								
Масса, т	13 700	3700	1700	2700	1630	3500	40	430
% к полному водоизмещению	100	27	12,4	19,7	11,9	25,5	0,3	3,2
„Кент“								
Масса, т	14 000	4400	1000	2000	2330	3460	380	430
% к полному водоизмещению	100	31,4	7,1	14,3	16,7	24,7	2,7	3,1

При одинаковом стандартном водоизмещении с «вашингтонскими» крейсерами «Дойчланд» уступал им в скорости 4—5 уз, но из своих шести 280-мм и восьми 150-мм орудий мог обрушить в минуту более 7 т металла — вдвое больше, чем любой крейсер. Кроме того, «Дойчланд» имел несравнимо более мощное бронирование. Создать подобный корабль при относительно небольшом водоизмещении позволили прогрессивные технические решения и в первую очередь применение дизельной энергетической установки. В небольшой степени решению задачи способствовало широкое использование электросварки и легких сплавов, в результате чего корпус броненосца был примерно на 700 т легче, чем у «вашингтонских» крейсеров. В этом свете представляет интерес сравнение составляющих нагрузки «Дойчланда» и английского крейсера типа «Кент» (табл. 5).

Но применение дизельной установки обуславливало специфические недостатки «карманных линкоров». Вибрация затрудняла прицельную стрельбу. Из-за чрезмерной шумности у вахтенных машинных отделений из ушей текла кровь, а в кают-компаниях офицеры были вынуждены переписываться с помощью специально запасенных дощечек.

Почему мы остановились на кораблях, не отличавшихся скоростными качествами? Немецкие «карманные линкоры» явились примером разумного компромисса, когда при ограниченном водоизмещении удалось

создать корабли, скорость которых хотя и была относительно невысокой, но отвечала назначению корабля, тем самым подтверждая ранее высказанную мысль, что скорость для корабля не самоцель, а один из показателей, комплекс которых обеспечивает выполнение поставленных перед ним задач. Как тут не вспомнить настойчивые предложения русских кораблестроителей начала XX века, намного превосхитившие идею немецких крупных дизельных кораблей.

«Карманные линкоры» были первыми и последними тяжелыми дизельными кораблями. Несмотря на отличные экономические показатели дизельных установок, ограниченная агрегатная мощность и большая удельная масса двигателей не оставляли надежд на применение их в составе энергетических установок крупных относительно быстроходных кораблей. Они применялись и применяются на кораблях, для которых скорость не является определяющим показателем. Свое же настоящее призвание дизельные установки нашли в подводном кораблестроении, где монополюльно применялись вплоть до появления атомных энергетических установок. Однако мы забежали вперед.

Лидеры — этап в борьбе за скорость

Особенно высокие требования в отношении скорости предъявлялись к лидерам эскадренных миноносцев.

Именно лидерам суждено было достичь скоростей, которые по сей день не превзойдены водоизмещающими надводными кораблями.

Быстрое развитие эскадренных миноносцев привело к появлению в составе флотов кораблей, призванных их подавлять и выводить в атаку свои эсминцы, — лидеров эскадренных миноносцев. Для этой цели нужны были корабли, превосходящие эсминцы в скорости, с усиленным артиллерийским вооружением. Создавалось положение, аналогичное периоду конца XIX в., когда для борьбы с миноносцами были созданы истребители. Следует отметить, что не во всех странах название «лидер» получило признание. Иногда их именовали эсминцами, суперэсминцами или контрминоносцами. Прообразом лидера принято считать известный нам английский «Свифт». К началу первой мировой войны было построено около 20 подобных кораблей, тактико-технические элементы некоторых из них приведены в табл. 6.

Уже в ходе первой мировой войны немцы переориентировались на строительство крупных эсминцев с усиленным артиллерийским вооружением. В ответ Англия в 1915—1918 гг. построила несколько серий лидеров водоизмещением 1650—2080 т и скоростью 34—37 уз. Реакция последовала незамедлительно. В 1916 г. Германия приступила к строительству серии эсминцев водоизмещением 2440 т и скоростью полного хода 34 уз, вооруженных четырьмя 150-мм орудиями. С той поры в мире ни один эсминец или лидер

не располагал орудиями столь крупного калибра.

Но при проектировании немецких суперэсминцев были допущены серьезные ошибки в конструкции энергетической установки и в определении запаса топлива. В результате расход топлива значительно превысил проектный, что в сочетании с недостаточным его запасом привело к тому, что дальность плавания кораблей оказалась почти в два раза меньшей, чем у английских лидеров. Грубая ошибка кораблестроителей не имела для Германии существенных последствий, так как до окончания войны было построено лишь два корабля, которые не успели принять участия в военных действиях и по Версальскому договору были переданы Франции и Италии. Мы коснулись судьбы этих заурядных ходяков только потому, что Франция, начавшая строить лидеры лишь после войны, воспользовалась трофейным эсминцем как прототипом. А французские лидеры...

Выводы из войны в разных странах были сделаны неодинаковые. Так, Английское адмиралтейство, располагавшее большим количеством легких крейсеров, сочло целесообразным возложить на них задачу подавления эсминцев противника. В связи с этим на английских лидерах послевоенной постройки предпочтение отдавалось вооружению, а скорость оставалась практически на уровне 36—37 уз. Построив в 1930 г. первый послевоенный лидер «Кондринтон», показавший на испытаниях 40 уз, Англия прекратила строи-

Таблица 6. Основные тактико-технические элементы лидеров

Название корабля, принадлежность	Год постройки	Водоизмещение, т	Скорость полного хода, уз	Вооружение	
				Артиллерия (число стволов × калибр), мм	Торпедные трубы, шт.
«Брячислав», Россия (достроен не был)	1913 (заложен)	1350	35	4 × 102	9
«Лайтфут», Англия	1915	1610	34	4 × 102	2
«Карло Мирабелло», Италия	1914	1790	34	8 × 102	4
«Альмиранте Линч», Чили	1912	1850	31	6 × 102	4



Лидер эскадренных миноносцев «Кассар»

тельство быстроходных лидеров. Свое решение адмиралтейство обосновало опытом войны, в ходе которой выяснилось, что в условиях военного времени нагрузка кораблей (а следовательно, и водоизмещение) неизбежно возрастает, а мощность и экономичность энергетических установок снижается из-за ухудшения эксплуатации в условиях напряженной боевой деятельности. В результате скорость, которую лидеры могли развить в ходе войны, была намного меньше показанной на статических испытаниях. Вслед за Англией подобный подход к скорости лидеров наметился во флотах США и Японии.

Иную позицию в этом вопросе заняли Франция и Италия, которые при создании лидеров ставили на первое место скорость. Одной из основных причин этого являлось традиционное соперничество Франции и Италии в Средиземном море. Рассматривая скорость лидера как первостепенный тактический показатель, в одинаковой степени необходимый ему при участии в бою совместно с другими кораблями и при автономном использовании, руководство флотов этих стран исходило из возможности лидера, обладающего преимуществом в 3—4 уз, изменить всю картину операции. К тому же при встрече с более сильным противником

он может уклониться от сближения и выбрать выгодную позицию, а более слабого противника догнать и вынудить действовать на приемлемой дистанции.

Быстрое усиление итальянского флота, в частности его легких сил, вынуждало к действию французский морской генеральный штаб. Стесненная экономически после мировой войны Франция решала задачу по принципу «большое количество менее мощных единиц». На конструктивной базе немецкого трофейного суперэсминца была построена серия первых французских лидеров типа «Ягуар» водоизмещением 2700 т, с относительно умеренной скоростью полного хода 36 уз, а переданные флоту в 1930—1933 гг. лидеры водоизмещением около 3000 т могли развить 43 уз и более. Один из них, «Кассар», показал на испытаниях при форсировке машин 45,7 уз. Это были не только отличные ходоки, но и грозные бойцы, вооруженные каждый пятью 138-мм орудиями главного калибра. Не менее удачной оказалась следующая серия французских лидеров типа «Ла Фантаск». При огороженных в контракте 38 уз и мощности машин 74 тыс. л. с. корабли, форсируя энергетическую установку до 120 тыс. л. с, развивали скорость порядка 45—46 уз.



Лидер эскадренных миноносцев «Лука Тариго»

Италия, ревниво следившая за систематически появлявшимися на Средиземном море все новыми и новыми французскими лидерами, не оставалась в роли пассивного созерцателя. В отличие от французских, итальянские кораблестроители имели предвоенный опыт постройки лидеров. Однако первые послевоенные итальянские лидеры создавались как экспериментальные. Серия из трех единиц типа «Леоне» водоизмещением 2800 т имела небольшую скорость полного хода 34 уз. Зато 12 лидеров следующей серии постройки 1930—1933 гг. типа «Лука Тариго» водоизмещением 2040 т показали на испытаниях 44—45 уз.

Высокие скорости французских и итальянских лидеров обеспечивались не только успехами кораблестроения и судового машиностроения в этих странах. Отдавая должное создателям быстроходных кораблей, нужно ясно представлять насколько их задача облегчалась в связи со значительно меньшими требованиями к мореходности и дальности плавания лидеров, предназначенных оперировать в районе Средиземноморья. Так, если лидеры Англии и США имели дальность плавания порядка 4—4,5 тыс. миль, то дальность плавания французских лидеров ограничивалась 2,5—3 тыс. миль, а у итальянских была и того меньше.

В значительной степени высокие рекламные скорости французских и итальянских лидеров являлись след-

ствием искусственного снижения водоизмещения кораблей при проведении испытаний и сверхпроектной нагрузки энергетических установок со всеми вытекающими последствиями в отношении их ресурса и надежности.

Советские корабли на уровне задач

После Великой Октябрьской социалистической революции набирало темпы кораблестроение молодой республики Советов. В 20-х гг. было начато проектирование первых советских кораблей разных классов, при активном участии ученых и кораблестроителей А. Н. Крылова, Н. Е. Кочина, Ю. А. Шиманского, П. Ф. Папковича и других¹.

5 ноября 1932 г. накануне 15-й годовщины Великой Октябрьской революции был заложен головной корабль серии первых советских лидеров — «Ленинград», вступивший в состав ВМФ в 1936 г. Лидеры были оснащены энергетическими установками отечественного производства, которые по всем показателям не уступали лучшим зарубежным образцам. Корабли имели мощное артиллерийское и торпедное вооружение. Установленные на них новые 130-мм орудия по боевым качествам превосходили аналогичные иностран-

¹ Ильичев А. Т. Из истории советского кораблестроения // Мор. сб. 1967. № 3. С. 18.



ные артсистемы. Скорость полного хода — около 42 уз — советские лидеры развивали устойчиво, без сверхпроектной форсировки энергетических установок.

В конце 1940 г. семья советских лидеров пополнилась построенным в Италии и вооруженным в СССР лидером «Ташкент». Корабль вошел в состав Черноморского флота и сразу привлек внимание моряков и жителей портовых городов. Благородные обводы, мощное вооружение и даже... окраска — не обычная серо-стальная, называемая на флоте «шаровой», а голубая, цвета морской воды. Внешнему виду корабля соответствовали его высокие тактико-технические элементы. Мощные

130-мм орудия в башнях были новинкой для лидеров. Батарея зенитных орудий, торпедные аппараты и скорость... «Ташкент» развивал 44,3 уз.

Немногим больше года довелось самому быстроходному советскому лидеру участвовать в Великой Отечественной войне, но за этот короткий срок корабль успел занять особое место в истории отечественного флота. По неполным данным, «Ташкент» отконвоировал без потерь 17 транспортов, перевез из Севастополя около 20 тыс. военнослужащих и эвакуированных жителей, доставил в осажденный город более 2,5 тыс. т боеприпасов. Корабль провел около 100 стрельб главным калибром, уни-



Лидер эскадренных миноносцев «Ташкент»

чтожил торпедный катер, сбил и повредил 13 вражеских самолетов. Орудия «Ташкента» громили фашистов под Одессой, поддерживали защитников Севастополя. За быстрой ходом лидером охотилась практически вся немецкая авиация Черноморского побережья. «Внимание! „Голубой крейсер“ идет в Севастополь», — передавали вражеские самолеты-разведчики, и на перехват «Ташкента» устремлялись десятки «юнкеров», торпедоносцев, торпедных катеров. На полном ходу, маневрируя и ведя огонь, лидер вновь и вновь прорывался в осажденный город и уходил из него. «Ташкент» был последним надводным кораблем, поддерживавшим связь осажденного Севастополя с Большой землей.

В последний раз 27 июня 1942 г. лидер вырвался из Севастополя. На переходе «Ташкент» подвергся ожесточенной четырехчасовой атаке фашистских самолетов. Израненный корабль ошвартовался в Новороссийске, выполнив поставленную задачу. На следующий день корабль посетил командующий Северо-Кавказским фронтом Маршал Советского Союза С. М. Буденный. Поблагодарив экипаж за службу, Буденный сказал, что представляет «Ташкент» к гвардейскому званию и весь личный состав корабля к правительственным наградам. Однако стать гвардейским лидеру не довелось. В полдень 2 июля к Новороссийску прорвалось около 30 «юнкеров». От прямых попаданий бомб «Ташкент» затонул прямо у причала. «„Голубой крейсер“ был одной из главных целей налета», — сообщили на допросе летчики самолета, сбитого нашими истребителями. В открытом море «Ташкент» остался непобежденным...

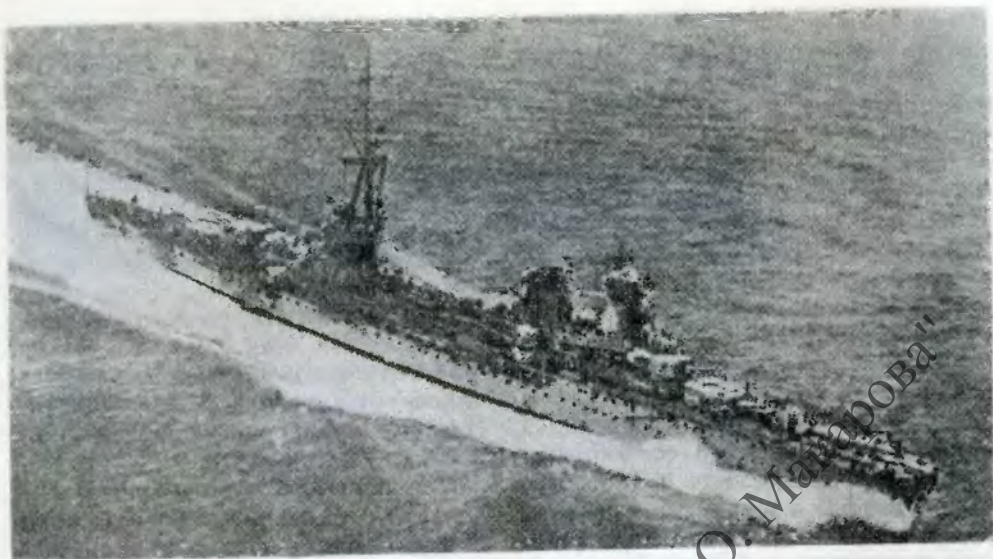
Скоростные качества советских, французских и итальянских лидеров были предельными даже для кораблей этого класса, на которых практически все было подчинено получению максимально возможной скорости. Не только дальнейшее уве-

личение скорости, но даже удержание ее на достигнутом уровне становилось все более проблематичным. Ведь постоянно усиливалось вооружение, добавлялись технические средства, повышались требования к мореходности и дальности плавания кораблей. Все это отнимало значительную часть водоизмещения, и оно постоянно возрастало. Если водоизмещение первых лидеров не превышало 1500—1800 т, то к концу 30-х гг. у некоторых кораблей этого класса оно достигало уже 3300 т. Но для размещения значительно более мощных энергетических установок даже такого водоизмещения не хватало. Медленно, но неуклонно лидеры по водоизмещению приближались к легким крейсерам.

Раньше других отказалась от строительства лидеров Италия, заложив в 1939 г. сразу 12 безбронных легких крейсеров типа «Аттилио Реголо» водоизмещением 3750 т, вооруженных восемью 132-мм, шестью 65-мм орудиями, 14 пулеметами и двумя четырехтрубными торпедными аппаратами. При проектных 39 уз корабли, форсируя энергетическую установку, развивали около 41 уз.

Борьба за скорость в послевоенном кораблестроении не обошла стороной и крейсера. Тактико-технические элементы первых итальянских крейсеров послевоенной постройки были ориентированы на подавление французских лидеров. Итальянские крейсера «вашигтонского» типа считались самыми быстходными и показывали 38—39 уз. Правда, по боевым качествам, особенно в отношении бронирования, они уступали зарубежным прототипам. Поэтому, пользуясь преимуществом в скорости, итальянские крейсера должны были только успевать уходить от противника и искать встречи с легкими кораблями.

В конце 20-х и начале 30-х гг. в Италии были заложены легкие крейсера водоизмещением 5—8 тыс. т и скоростью, приближающейся к



Легкий крейсер «Муцио Аттендоло»



Легкий крейсер «Эмиль Бертен»



Краснознаменный крейсер «Киров»

скорости эсминцев и лидеров. Построенный в 1934 г. «Муцио Аттендоло» водоизмещением около 8000 т развил 39,4 уз, а «Альберико ди Барбиано» водоизмещением 5600 т показал на испытаниях 42 уз вместо 37 уз, оговоренных в контракте.

Франция не оставалась безучастной. Построенный там в 1934 г. легкий крейсер «Эмиль Бертен» водоизмещением 5900 т вместо предусмотренных контрактом 34 уз развил скорость 38,8 уз.

Заметным событием послевоенного кораблестроения явилась закладка 22 октября 1935 г. крейсера «Киров» — головного корабля серии первых крейсеров советской постройки. Для своего времени крейсера типа «Киров» были замечательными кораблями. Практически по всем основным тактико-техническим элементам они не уступали зарубежным аналогам, а кое в чем превосходили их (табл. 7). Артиллерия главного калибра «Кирова» была самой круп-

ной в мире среди кораблей этого класса.

В октябре 1938 г. «Киров» вступил в строй, и в течение многих лет, являясь флагманом Краснознаменного Балтийского флота, с честью нес военно-морской флаг, который в феврале 1943 г. за боевую деятельность корабля в Великой Отечественной войне был украшен орденом Красного Знамени. Отслужив долгую службу Краснознаменный крейсер «Киров» в 1978 г. был выведен из состава ВМФ. В память о главном корабле носовые башни главного калибра, гребные винты и якоря «Кирова» установлены в качестве элементов исторического мемориала на Приморской набережной в Ленинграде.

Продолжали совершенствоваться в послевоенные годы и торпедные катера. На начальной стадии их развития теоретические основы глиссирования еще не были достаточно разработаны. В конце 20-х гг. строи-

Таблица 7. Основные тактико-технические элементы крейсеров постройки 1935—1938 гг.

Название, принадлежность	Водоизмещение, т	Скорость полного хода, уз	Толщина брони, мм	Вооружение	
				Артиллерия (число стволов × калибр), мм	Торпедные трубы, шт.
«Киров» ¹ , СССР	7700	35	50—70	9×180 6×100 6×45	6
«Леандер», Англия	11 700	32,5	50—75	8×152 8×102	8
«Бруклин», США	11 580	32,5	75—100	21 пулемет 15×152 8×127 4×40	—
«Ла Галисоньер», Франция	9300	32,5	75—120	9×152 8×90	6
«Джузеппе Гарибальди», Италия	9600	35	38—120	8 пулеметов 10×152 8×100 8×37	6
«Могами», Япония	11 200	33	50	15×152 8×127	12
«Нюрнберг», Германия	9200	32	75—100	6 пулеметов 9×152 8×88 12 пулеметов	12

¹ Во время модернизации в 1943 г. на крейсере были установлены еще два 100-мм универсальных орудия; 45-мм орудия заменили десятью 37-мм автоматами.

тельство торпедных катеров было поставлено на научную основу, в создание которой внесли большой вклад наши ученые Г. Е. Павленко, Л. Н. Сретенский, Н. Е. Кочин, М. А. Лаврентьев. А в 30-х гг. советский ученый Л. И. Седов и немецкий ученый в области гидродинамики Г. Вагнер разработали фундаментальную теорию глиссирования [29].

В конце 20-х гг. был создан первый советский торпедный катер, символически названный «Первенцем». В дореволюционном русском флоте торпедных катеров не было. «Первенец» проектировал коллектив авиаторов, возглавляемый будущим академиком А. Н. Туполевым (1888—1972). Это был реданный катер водоизмещением 11 т, вооруженный одной торпедой и пулеметом. В 1927 г. «Первенец», оснащенный двумя бензиновыми моторами каждый мощностью 600 л. с., на испытаниях развил на спокойной воде около 60 уз — скорость по тем временам поразительную даже для глиссера.

Но при отличных ходовых качествах «Первенец» не обладал достаточной мореходностью. Этот недостаток был устранен на серийном торпедном катере «ГАНТ-4», испытанном в 1928 г. При водоизмещении 13 т и двух двигателях мощностью 650 л. с. каждый катер мог развить скорость до 50 уз. Вооружение составляли два торпедных аппарата.

С 1935 г. в состав флота начали поступать торпедные катера типа «ГАНТ-5» (в обиходе «Г-5») водоизмещением 14,5 т, ставшие основным типом катера в советском ВМФ. Катер оснащался двумя отечествен-



Торпедные катера «ГАНТ-5» в походе

ными моторами типа ГАМ-34 мощностью 850 л. с., разработанными на базе авиационного двигателя АМ-34 конструкции будущего академика А. А. Микулина. Катер был вооружен двумя торпедами и спаренной пулеметной установкой. На испытаниях головной катер развил 58 уз и показал хорошие мореходные качества. По основным тактико-техническим элементам «ГАНТ-5» не уступал зарубежным торпедным катерам. В предвоенные годы катера этого типа составляли основу легких сил советского флота. Их строительство продолжалось до 1944 г.

С 1940 г. в советский ВМФ начали поступать большие торпедные катера типа Д-3 водоизмещением 32 т с тремя двигателями суммарной мощностью 3750 л. с., обеспечивавшими скорость полного хода 48 уз, вооруженные аналогично «ГАНТ-5» [31].

Началась вторая мировая война. В очередной раз кораблям предстояло экзаменоваться не на полигонах и мерных линиях, а в боях и походах.

Глава 6

ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА

Лидеры уходят в историю

Война показала, что скоростные возможности кораблей в основном

удовлетворяли моряков. В то же время недостаточная скорость не раз служила причиной провала операций, а порой и гибели кораблей. Не-

которые широко разрекламированные скороходы на деле оказались заурядными ходаками. При планировании операций штабы и командиры кораблей ориентировались на записи в тактических формулярах, а в них фигурировали скорости, показанные на сдаточных испытаниях, которые нередко проводились в тепличных условиях, при искусственном облегчении кораблей и сверхпроектной форсировке энергетических установок. Так, крейсера США типа «Атланта» во время войны не могли развить более 32 уз, в то время как на сдаточных испытаниях показывали скорость порядка 40 уз.

Опыт войны диктовал жесткие условия. Резко возросли требования к дальности плавания, автономности и мореходности кораблей. Необходимо было кардинальное усиление как средств нападения, так и средств защиты от авиации и подводных лодок. В конце войны США применили атомное оружие, и возникла необходимость в защите кораблей от его воздействия. На повестке дня стоял вопрос о ракетном вооружении кораблей. Требовала решения проблема обеспечения взрывостойкости вооружения и технических средств.

Реализация нововведений отнимала значительную долю водоизмещения. Так, на эсминцах, построенных в конце войны, по сравнению с эсминцами предвоенной постройки, масса вооружения и технических средств возросла примерно в три раза. Водоизмещение же увеличилось лишь на 30—40 %. Чем можно было перекрыть такое несоответствие? В основном за счет снижения массы энергетической установки путем уменьшения ее мощности, а значит, и скорости полного хода корабля.

В конструкторских бюро и каюткомпаниях кораблей старожилы вспоминали о ходаках 30-х гг., скорость которых зачастую превышала 40 уз. Но при этом не всегда упоминали, что энергетические установки прославленных скороходов водо-

измещением 2,5—3 тыс. т могли развить 100 тыс. л. с. и более.

Сразу после войны в США началась разработка проекта переоборудования в экспериментальный заложенного в период войны серийного эсминца водоизмещением 2320 т со скоростью полного хода 35 уз. Конtrakтом предусматривалось увеличить дальность плавания 20-узловым экономическим ходом на 25 % и скорость полного хода до 40 уз. Корабль назвали «Тиммерман». Как заявляло Управление кораблестроения ВМС США, по основным тактико-техническим элементам «Тиммерман» на 15 лет опередит эсминцы периода второй мировой войны.

Жесткие условия контракта потребовали принципиально нового подхода к проектированию корабля. Так, чтобы без увеличения водоизмещения эсминца разместить на нем вместо КТУ мощностью 60 тыс. л. с. установку мощностью 100 тыс. л. с., обеспечивающую 40-узловый ход, были повышены параметры пара, применены высокооборотные механизмы, снижены запасы прочности узлов и деталей. Если масса КТУ эсминца до модернизации составляла 939 т, то на «Тиммермане» она не должна была превышать 836 т. И это при мощности, возросшей на 40 %!

Облегчению подверглась не только энергетическая установка. Так, рулевое устройство «Тиммермана» было почти в три раза легче стандартного рулевого устройства эсминца до модернизации.

Ввод корабля в строй планировался на 1949 г. Однако систематически возникали непредвиденные задержки и неполадки, из-за которых «Тиммерман» вступил в строй только в 1952 г. Опыт его проектирования и постройки использовался при осуществлении послевоенной кораблестроительной программы США.

На «Тиммермане» были продемонстрированы возможности снижения массы и увеличения экономичности корабельных КТУ, но достигнутое



Экспериментальный эскадренный миноносец «Тиммерман»

практически являлось пределом для установок данного типа. Разумеется, что-то можно было еще улучшить, но при этом неизбежно в чем-то серьезно потерять. Недаром в «Размышлениях о движущей силе огня» С. Карно предупреждал:

Нельзя надеяться хотя бы когда-либо практически использовать всю движущую силу топлива. Попытки, сделанные для приближения к этому результату, будут скорее вредными, чем полезными, если они заставят забыть важные обстоятельства. Экономия топлива — это лишь одно из условий, которые должны выполнять тепловые машины; при многих обстоятельствах оно второстепенно, оно часто должно уступать первенство надежности, прочности и долговечности машины малому занимаемому месту, дешевизне ее установки и т. д. [17].

Задуматься было над чем.

В 1953—1954 гг. США с учетом опыта «Тиммермана» построили несколько лидеров типа «Митчер» водоизмещением 4730 т. Корабли с трудом могли развить скорость 35 уз, и с 1955 г. они фигурировали в классификации ВМС США как фрегаты — многоцелевые эскортные корабли, основным назначением которых яв-

лялось обеспечение противовоздушной и противолодочной обороны ударных авианосцев и выполнение функции флагманских кораблей сил охранения авианосных ударных или отдельных поисковых ударных групп. Как видим, название «фрегат» не отражало аналогии с известными нам фрегатами XIX в., на смену которым пришли быстроходные крейсера.

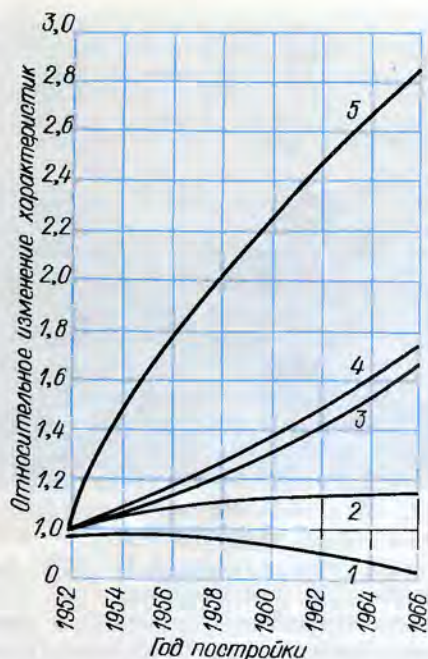
Не последнюю роль в переклассификации кораблей типа «Митчер» сыграло и то, что в ходе второй мировой войны лидерам практически не приходилось решать главную задачу — выводить эсминцы в атаку. Лидеры эскадренных миноносцев больше не строились. Была перевернута очередная страница истории кораблестроения.

Третья жизнь комбинированных установок

Жесткими условиями, продиктованными опытом второй мировой войны, вызвавшими резкое увеличе-



Лидер эскадренных миноносцев «Митчер»



Изменение средних значений отдельных характеристик противолодочных кораблей

1 — скорость полного хода; 2 — мощность энергетических установок; 3 — водоизмещение; 4 — дальность плавания экономическим ходом; 5 — мощность корабельных электростанций

ние водоизмещения кораблей, трудности не ограничивались. Война изменила принятые пределы скорости экономического хода с 14—15 уз до 18—20 уз, что соответственно влекло за собой увеличение расхода топлива на милю пройденного пути. Из-за непрекращающегося насыщения кораблей более совершенными техническими средствами интенсивно возрастал расход электроэнергии, а в конечном счете опять-таки топлива. Запас топлива на кораблях занимал все большую долю водоизмещения. Увеличения массы под оружие, технические средства и запас топлива ограничивало долю водоизмещения под энергетическую установку.

На графике представлена динамика изменения средних значений некоторых характеристик зарубежных противолодочных кораблей постройки 1952—1966 гг. Резко возросло

водоизмещение, дальность плавания, мощность КТУ и корабельных электростанций, скорость же неуклонно снижалась. Удержать ее даже на уровне 30 уз, особенно на легких кораблях, становилось все более проблематично. Вспомним энерговооруженность — критерий, к которому мы обращались, анализируя успехи «Турбинии». Если у эсминца «Новик» этот показатель составлял 30 л. с./т, а у лучших ходовых предвоенной поры достигал 38—40 л. с./т, то у самых быстрых кораблей послевоенной постройки энерговооруженность не превышала 18—20 л. с./т. Даже на разрекламированном «Тиммермане», удельная масса КТУ которого составляла 8,4 кг/л. с., энерговооруженность составляла лишь 28 л. с./т.

По мнению американских специалистов, увеличение скорости легких кораблей с 35 до 50 уз без ущерба для их боевых качеств возможно было лишь при энергетических установках с удельной массой порядка 3,5—4 кг/л. с. Но где было взять такие установки? Нужны были новые эффективные технические решения.

Такое решение было найдено, а вернее, заимствовано старое, но в ином качестве. Кораблестроители в очередной раз обратились к комбинированным энергетическим установкам. Из статистики следовало, что в боевой и повседневной обстановке с целью экономии топлива корабли более 80 % ходового времени плавают со средними и малыми скоростями, для достижения которых расходуется примерно половина и менее одной трети полной мощности энергетической установки. Получалось, что около 80 % ходового времени корабли «возят» огромную массу, заключенную в неиспользуемой мощности установки. А если применить для длительного хода экономичные двигатели с большим ресурсом, а для полного хода мощные двигатели, облегченные за счет снижения срока службы? В рассматриваемый период такой двигатель не

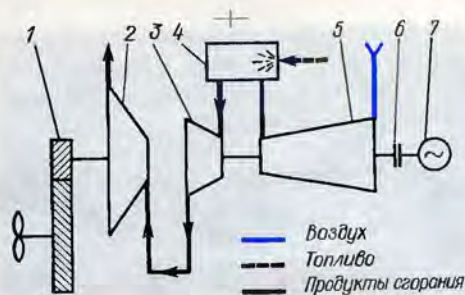


Схема корабельной газотурбинной установки открытого цикла

1 — редуктор; 2 — газовая турбина низкого давления; 3 — газовая турбина высокого давления; 4 — камера сгорания; 5 — компрессор; 6 — разобщительная муфта; 7 — пусковой электродвигатель

только был создан, но и широко применялся в авиации. Речь идет о газовой турбине. Кроме небольшой удельной массы газотурбинная установка (ГТУ) выгодно отличалась от паросиловой компактностью, вызванной отсутствием таких сложных устройств, как паровые котлы и конденсаторы с их многочисленными вспомогательными механизмами, теплообменными аппаратами и системами.

Предложение использовать продукты сгорания топлива для работы турбины выдвигалось еще до того, как паровая турбина нашла практическое применение. Одним из энтузиастов внедрения газотурбинных двигателей в кораблестроение был инженер-механик русского флота П. Д. Кузьминский (1840—1900), построивший в 1894 г. ГТУ для катера, по тем временам имевшую неслыханно малую удельную массу — около 10 кг/л. с. Испытания катера не были завершены в связи со смертью изобретателя.

Корабельный газотурбинный двигатель открытого цикла состоит из двух газовых турбин, механически не связанных между собой, одна из которых — высокого давления — вращает компрессор, а вторая — низкого давления — работает на гребной винт. Компрессор принимает воздух из окружающей среды, сжимает его и подает в камеру сгорания, в которой осуществляется сжигание топлива в сжатом воздухе и смешение продуктов горения с воздухом для получения газа с необходимой температурой.

Запуск установки производится электродвигателем, который вращает компрессор до тех пор, пока из камеры сгорания не начнет поступать в турбину достаточное количество нагретого до нужной температуры газа, после чего электродвигатель отключается.

Заманчивая простота! Но С. Карно в своем труде предупреждал, что употребление атмосферного воздуха для развития движущей силы теплоты представит большие трудности. На протяжении истории развития ГТУ в трудностях не было недостатка, как и в скептиках, причем весьма авторитетных. Когда в 1902 г. Ч. Парсонса спросили, не следует ли «парсонизировать» газовую турбину, он ответил: «Я думаю, что газовую турбину никогда создать не удастся. Об этом не может быть двух мнений» [13]. Авторитетный турбинист не стал пророком, но чтобы убедиться в этом потребовалось около 50 лет. Лишь в 40-е гг. благодаря достижениям в области теории турбин и компрессоров, а также успехам в металлургии жаропрочных сплавов (ведь КПД газовой турбины находится в прямой зависимости от температуры поступающего в нее газа) были созданы пригодные для практического использования газотурбинные двигатели.

Однако если в самолетостроении газовая турбина довольно быстро получила признание, то в кораблестроении она проникла намного медленнее. Ограниченный ресурс, относительно небольшая агрегатная мощность, резкое снижение КПД на частичных нагрузках и некоторые другие специфические особенности тормозили внедрение ГТУ на флоте.

В 1946—1947 гг. прошел модернизацию английский трехвинтовой катер береговой обороны «MGB 2009» водоизмещением около 100 т и скоростью 30 уз. Один из трех бензиновых моторов мощностью 1250 л. с. был заменен газотурбинным двигателем мощностью 2500 л. с. с удельной массой 1,16 кг/л. с. После модернизации катер развил 34 уз...



Катер «MGB 2009»

С 1953 г. в Англии началось серийное строительство крупных кораблей, оснащенных комбинированными парогазотурбинными установками. У крейсеров УРО типа «Каунти» водоизмещением 6200 т на каждый из двух гребных валов в качестве установки экономического хода (маршевая часть) работала паросиловая установка мощностью 15 тыс. л. с., а на скорости свыше 25 уз дополнительно подключались

два газотурбинных двигателя мощностью по 7,5 тыс. л. с. (форсажная часть). На полном ходу корабль развивал 32,5 уз. Масса энергетической установки и запаса топлива, по сравнению с аналогичными кораблями, оснащенными паросиловой установкой, снизилась на 23 %, в то время как дальность плавания возросла на 25 %.

Вслед за Англией корабли с комбинированными установками полу-



Крейсер УРО «Каунти»

Таблица 8. Основные тактико-технические данные зарубежных кораблей с комбинированными энергетическими установками

Класс, название, принадлежность, год постройки головного корабля серии	Количество единиц в серии	Водоизмещение, т	Мощность $\times$ число двигателей ($\frac{\text{маршевых}}{\text{форсажных}}$) МВт ¹	Скорость полного (крейсерского) хода, уз	Дальность плавания крейсерским ходом, миль
Эскадренный миноносец «Жорж Леги», Франция, 1979	6	4170	$3,7 \times 2$ $18,4 \times 2$	30 (18)	9500
Эскадренный миноносец «Шефилд», Англия, 1975	15	4000	$3,1 \times 2$ $20,7 \times 2$	30 (18)	4500
Эскадренный миноносец «Ирокез», Канада, 1978	4	4700	$2,7 \times 2$ $18,4 \times 2$	29 (20)	4500
Фрегат «F122», ФРГ, 1981	12	3800	$3,3 \times 2$ $18,4 \times 2$	30 (18)	4000
Фрегат «Кортенаер», Нидерланды, 1978	12	3630	$3,1 \times 2$ $18,4 \times 2$	30 (20)	5000
Фрегат «Лупо», Италия, 1977	14	2523	$2,9 \times 2$ $20,7 \times 2$	35 (16)	4400
Фрегат «Виллинген», Бельгия, 1977	14	2280	$2,1 \times 2$ $20,7 \times 1$	28 (18)	4500

¹ Здесь и далее все размерности приводятся в Международной системе единиц СИ.

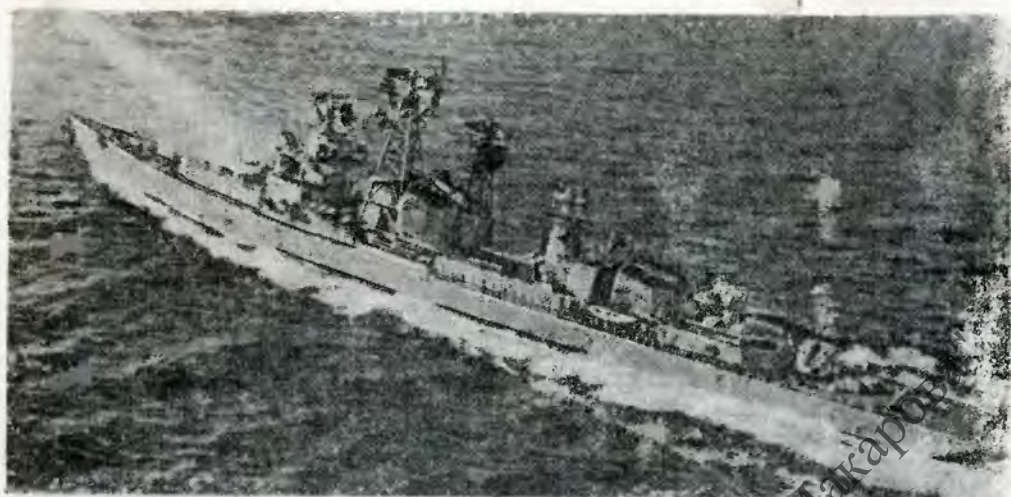
чили признание на флотах ФРГ, Италии и других стран. В качестве маршевых частей на первых порах применялись котлотурбинные и дизельные установки, а позднее только дизельные, что за рубежом в первую очередь объясняют стабильным ростом цен на топливо (табл. 8) [35].

В комбинированной установке маршевые и форсажные части могут работать раздельно или совместно. В первом случае маршевая часть на полном ходу отключается, что снижает эффективность энергетического комплекса. Этот недостаток устраняется в установках, где маршевая и форсажные части работают совместно на общий гребной вал. Но это достигается существенным усложнением конструкции передачи мощности, так как двигатели разного типа имеют неодинаковые внешние характеристики (зависимость вращающего момента от частоты вращения двигателя).

Опыт эксплуатации газотурбинных двигателей в составе комбинированных установок подтвердил их достаточную надежность. В то же время, за сравнительно короткий срок в результате бурного прогресса в газотурбостроении существенно

улучшились основные характеристики конвертированных газотурбинных двигателей (авиационных двигателей, отработанных и приспособленных к использованию в корабельных условиях). Удельный расход топлива был снижен в 1,5—2 раза, удельная масса в 3—4 раза, моторесурс доведен до 3000 ч и более, агрегатная мощность двигателей возросла почти в 10 раз [1]. На повестку дня стал вопрос оснащения кораблей всережимными ГТУ, что позволяло устранить такие серьезные недостатки комбинированных установок, как сложность конструкции передачи от двигателей на гребной вал, неодинаковые требования к условиям размещения на корабле разнотипных энергетических установок, необходимость в разных топливах и т. п.

В порядке отступления отметим, что советским ученым и инженерам принадлежит ведущая роль во внедрении на корабли ГТУ. Пионером этого направления корабельной энергетики по праву считается ныне покойный капитан 1-го ранга, доктор технических наук, профессор Г. И. Зотиков, который еще в 30-х гг. разработал теоретические основы и конструктивные принципы корабель-



Советский газотурбинный большой противолодочный корабль

ных ГТУ и настойчиво добивался их реализации. Значителен вклад в решение этой сложной проблемы лауреата Ленинской премии С. Д. Колосова [18].

В 60-х гг. в Англии был переоборудован под ГТУ фрегат «Эксмут». Его энергетическая установка состояла из двух маршевых и одного форсажного газотурбинных двигателей. Испытания «Эксмута» оценили положительно и в конце 60-х гг. в Англии было принято решение: вновь создаваемые легкие корабли оснащать только ГТУ.

Но энергетическая установка «Эксмута» сохраняла недостаток, свойственный комбинированным установкам с разделным использованием

маршевой и форсажной частей, когда на большой скорости маршевая часть отключается и является для корабля как бы балластом. В этой связи в США были развернуты работы по созданию всережимной установки с газотурбинными двигателями одинаковой мощности могут использоваться при раздельной и совместной работе во всем диапазоне скоростей корабля. Первым зарубежным газотурбинным кораблем стал эскадренный миноносец США «Раймонд А. Спрюенс», сданный флоту в 1975 г.

В настоящее время газотурбинные корабли получили полное признание в зарубежных флотах, подтверждением чему может служить то, что из построенных в 1975—1985 гг. около



Эскадренный миноносец типа «Раймонд А. Спруенс»

Таблица 9. Основные тактико-технические данные зарубежных газотурбинных кораблей

Класс, название, принадлежность, год постройки головного корабля серии	Количество единиц в серии	Водоизмещение, т	Мощность $\times$ число двигателей, МВт	Скорость полного крейсерского хода, уз	Дальность плавания крейсерским ходом, мили
Противолодочный авианосец «Инвенсилл», Англия, 1980	3	19 500	$20,7 \times 4$	30 (18)	5000
Противолодочный авианосец «Принц Астурийский», Испания, 1986	2	15 150	$17,1 \times 2$	26 (20)	6500
Противолодочный крейсер «Джузеппе Гарибальди», Италия, 1985	1	13 500	$14,7 \times 4$	30 (20)	7000
Крейсер УРО «Тикондерога», США, 1983	26	9600	$14,7 \times 4$	30 (20)	6000
Эскадренный миноносец «Раймонд А. Спрюэнс», США, 1975	31	7810	$14,7 \times 4$	33 (20)	6000
Эскадренный миноносец «Кидд», США, 1981	4	8300	$14,7 \times 4$	32 (20)	6000
Фрегат УРО «Оливер Х. Перри», США, 1979	50	3663	$16,2 \times 2$	30 (20)	4500

270 кораблей водоизмещением более 1000 т с энергетическими установками на органическом топливе 56 % являются газотурбинными, 34 % оснащено дизельными и комбинированными дизель-газотурбинными установками и лишь 10 % паросиловыми (табл. 9) [38].

По мнению зарубежных специалистов, возможности совершенствования корабельных ГТУ далеко не исчерпаны. В этой связи представляют интерес ведущиеся в США работы по утилизации теплоты отработавших газов в так называемом теплоутилизационном контуре (ТУК), чему способствуют присущие газотурбинным двигателям относительно большой расход и высокая температура отработавших газов, которые можно использовать в качестве теплоносителя котла, генерирующего пар для турбины.

Применение ТУК позволяет существенно увеличить КПД установки, в том числе и на частичных нагрузках. В настоящее время в США начато строительство большой серии эсминцев УРО типа «Арли Бёрк» водоизмещением 8400 т, двухвальная энергетическая установка которого состоит из четырех газотурбинных двигателей с ТУК мощностью 14,7 МВт каждый. Предполагается, что применение ТУК позволит сни-

зить удельный расход топлива во всем диапазоне скоростей корабля примерно на 25 % [36].

До настоящего времени мощность газотурбинных двигателей, применяемых на зарубежных кораблях,

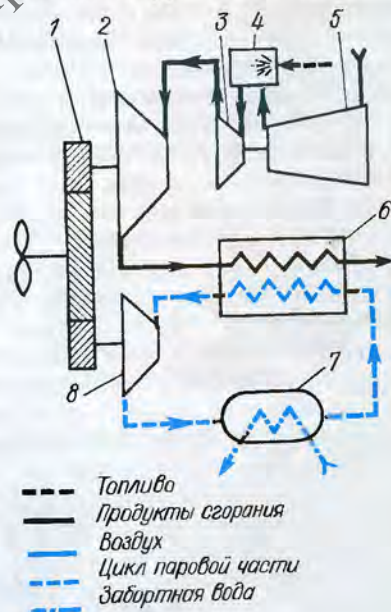


Схема корабельной газотурбинной установки с ТУК

1 — суммирующий редуктор; 2 — газовая турбина высокого давления; 3 — газовая турбина низкого давления; 4 — камера сгорания; 5 — компрессор; 6 — утилизационный паровой котел; 7 — конденсатор пароводяного цикла; 8 — паровая турбина

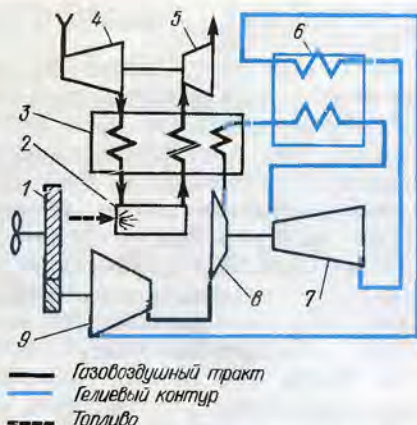


Схема корабельной газотурбинной установки замкнутого цикла

1 — редуктор; 2 — камера сгорания; 3 — подогреватель газа; 4 — воздушный компрессор; 5 — газовая турбина; 6 — регенератор; 7 — гелиевый компрессор; 8 — гелиевая турбина высокого давления; 9 — гелиевая турбина низкого давления

не превышает 21 МВт. С целью создания более мощных корабельных ГТУ в США развернуты работы по проектированию двигателей замкнутого цикла, состоящих из открытого и замкнутого контуров с использованием в последнем в качестве теплоносителя гелия.

Коэффициент теплоотдачи от гелия к стенке выше, чем у воздуха, что позволяет за счет уменьшения теплопередающих поверхностей уменьшить массу и габариты включенных в замкнутый контур теплообменных аппаратов. Установка открытого контура обеспечивает работу только подогревателя газа, а установка замкнутого контура работает на гребной вал. Замкнутый контур позволяет существенно повысить давление в нем, вследствие чего резко уменьшается удельный объем гелия и соответственно могут быть уменьшены размеры, а следовательно, и масса компрессоров турбин, регенераторов и другого оборудования, связанного с газовым трактом. Кроме того, что очень важно, мощность газотурбинного двигателя замкнутого цикла, по сравнению с двигателем открытого цикла, может быть значительно увеличена, так как в двигателе с открытым циклом элементы газозвудушного тракта, выполненные в приемлемых для корабельных условий габаритах, ограничивают пропуск воздуха в требуемом для получения большой мощности количестве, так как при снижении давления объем воздуха возрастает.

В США считают, что, несмотря на значительное усложнение, ГТУ

замкнутого цикла найдут применение на быстроходных кораблях водоизмещением 3500—4000 т. Выполненная там проектная проработка эсминца водоизмещением 3560 т, с запасом топлива 550 т показала, что на нем может быть размещена двухвальная установка замкнутого цикла суммарной мощностью 120 МВт, с удельной массой 5,1 кг/кВт, позволяющая обеспечить скорость полного хода около 50 уз и дальность плавания со скоростью 20 уз — 3000 миль [36].

На энергии ядерного распада

По мере развития ядерной физики все отчетливее вырисовывалась перспектива создания атомных энергетических установок (АЭУ). Первый практический шаг в этом направлении сделал Советский Союз, где в 1954 г. была запущена атомная электростанция. В 1959 г. вступило в строй первое в мире атомное судно — ледокол «Ленин». Заступают на арктическую вахту новые мощные советские атомные ледоколы.

В ином направлении развивали ядерную энергетику США, сосредоточившие огромные материальные средства и научные силы на создании атомных кораблей. В 1955 г. покинула верфь первая атомная подводная лодка США «Наутилус», командир которой передал открытым текстом: «Идем на атомной энергии» [34].

Из принципиальной схемы АЭУ видно, что основным ее отличием от КТУ является замена парового котла реактором, в котором осуществляется регулируемая цепная реакция деления атомов ядерного топлива с выделением тепла, используемого для получения пара в парогенераторе. Принципиальное преимущество АЭУ заключается в огромной концентрации ядерной энергии в веществе по сравнению с концентрацией химической энер-

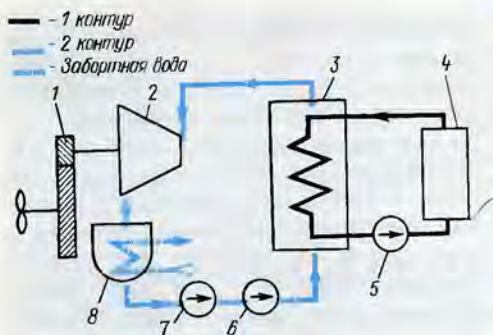


Схема корабельной атомной энергетической установки

1 — редуктор; 2 — турбина; 3 — парогенератор; 4 — реактор водоводяного типа; 5 — циркуляционный насос первого контура; 6 — питательный насос второго контура; 7 — конденсатный насос второго контура; 8 — главный конденсатор

гни в органическом топливе. Так, если при сгорании 1 кг мазута выделяется около 42 МДж теплоты, то при делении такого же количества ядерного топлива ^{235}U тепла выделяется примерно в два миллиона раз больше.

Особенно большие возможности ядерная энергетика открыла перед подводными лодками, позволив решить две наиболее актуальные для них проблемы: существенное увеличение скорости под водой и дальность плавания без всплытия. Ведь даже самые совершенные дизель-электрические подводные лодки, способные развить под водой скорость порядка 20—25 уз, могут ее поддерживать лишь в течение 1—1,5 ч, после чего вынуждены всплывать и

в течение 6—8 ч заряжать аккумуляторные батареи.

АЭУ позволила подводной лодке не только сравняться в скорости с надводным кораблем, но и превзойти его. Ведь в погруженном состоянии подводная лодка не испытывает волнового сопротивления, на преодоление которого быстроходный надводный корабль затрачивает большую часть мощности энергетической установки. Для работы АЭУ не требуется атмосферный воздух, поэтому она стала тем единственным двигателем для надводного и подводного хода, о создании которого мечтали изобретатели многих поколений.

Надводному кораблю АЭУ давала ряд серьезных преимуществ, особенно в отношении автономности и практически неограниченной дальности плавания с большой скоростью. Ведь для него понятие «экономический ход» теряет свой обычный смысл, в связи с тем, что весь запас ядерного горючего размещен в активной зоне реактора. Таким образом, расход топлива не влияет на водоизмещение корабля, и он может пройти сотни тысяч миль без дозаправки топливом.

В 1958 г. в США заложили первый надводный атомный корабль — крейсер УРО «Лонг Бич». К 1987 г. там было построено 13 надводных атомных кораблей разных классов. Тактико-технические данные некоторых из них приведены в табл. 10 [38]. Обращает на себя внимание довольно умеренная скорость кораблей, как



Атомный крейсер УРО «Лонг Бич»

Таблица 10. Основные тактико-технические данные надводных атомных кораблей США

Класс, название	Год постройки	Полное водоизмещение, т	Мощность энергетической установки × число валов, МВт	Скорость полного хода, уз	Дальность плавания, тыс. миль
Крейсер УРО «Лонг Бич»	1961	17 525	29,4 × 2	≈ 30	360
Ударный авианосец «Энтерпрайз»	1961	90 970	51,5 × 4	≈ 35	400
Крейсер УРО «Бейнбридж»	1962	8592	22,1 × 2	30	450
Ударный авианосец «Дуайт Д. Эйзенхауэр»	1977	90 944	47,8 × 4	Более 30	1500
Крейсер УРО «Тракстан»	1967	9127	22,1 × 2	≈ 30	400
Крейсер УРО «Калифорния»	1974	10 450	22,1 × 2	≈ 30	—
Крейсер УРО «Вирджиния»	1976	9473	36,8 × 2	Более 30	—

правило, меньшая, чем у аналогов с энергетическими установками на органическом топливе. Основная причина — большая удельная масса АЭУ. Так, удельная масса установки «Бейнбриджа» мощностью 44,2 МВт составляет около 37 кг/кВт, в то время как удельная масса КТУ подобной мощности крейсеров УРО США не превышает 9 кг/кВт, а с учетом бортового запаса топлива (около 500 т) — не более 16 кг/кВт.

Основной причиной утяжеления АЭУ является биологическая защита, в состав которой входят сталь, свинец, бетон и другие материалы. Кроме того, сказывается необходимость иметь на атомном корабле для

аварийных нужд на случай выхода из строя атомных реакторов энергетическую установку обычного типа с запасом органического топлива.

Какова цена достоинств атомных кораблей видно из сопоставления аналогично вооруженных крейсеров УРО США атомного «Бейнбриджа» и котлотурбинного «Леги» водоизмещением 7000 т, мощностью 62,6 МВт. Скорость полного хода «Леги» составляет 34 уз, в то время как у «Бейнбриджа» с его менее мощной установкой и значительно большим водоизмещением она равна 30 уз.

По сообщениям американской прессы, за годы применения АЭУ в кораблестроении удалось снизить



Краснознаменный атомный ракетный крейсер «Киров»

удельную массу установок авианосцев примерно на 30 %, крейсеров на 20 % при одновременном увеличении ресурса активных зон реакторов с 3—4 до 10—13 лет. Специалисты США считают, что для широкого применения АЭУ на надводных кораблях необходимо довести их удельную массу до 20—21 кг/кВт.

За рубежом отсутствует единое мнение о целесообразности постройки атомных надводных кораблей. В последние годы к их созданию приступила Франция, планирующая постройку двух атомных авианосцев водоизмещением около 36 тыс. т с АЭУ мощностью 60,2 МВт. Ввод в строй головного корабля «Ришелье» намечен в 1995 г.¹

В условиях наращивания США строительства атомного флота Советский Союз был вынужден создать атомные корабли разных классов. Один из советских атомных ракетных крейсеров унаследовал славное имя краснознаменного крейсера «Киров».

Уходя от волнового сопротивления

Уже в 50-х гг. нашего века не было двух мнений о том, что на базе традиционных технических решений существенно увеличить скорость надводных кораблей невозможно. Волновое сопротивление надежно охраняло диапазон больших скоростей от посягательств кораблестроителей.

С волновым сопротивлением можно бороться двумя основными способами: изменив формообразование и размеры корпуса корабля либо подняв корабль над водой. В первом случае происходит искусственная деформация волн и может быть получен определенный выигрыш в скорости корабля. Пример такого подхода — стремление к увеличению отношения длины корпуса к ширине



Эпюра распределения давления и разрежения на подводном крыле

и применение бульбовых оконечностей. Но эти мероприятия не позволяют кардинально увеличить скорость корабля. А вот второй способ...

Первыми судами, частично поднятыми над водой, были глиссеры. До настоящего времени глиссирующие боевые катера разных типов находят применение в военных флотах. Самые быстроходные из них способны развить скорость около 50 уз.

Почти 100 лет назад, задолго до появления первых глиссеров, французский инженер Ж. Эйфель, проводя опыты с буксировкой пластин, расположенных в воде вертикально под углом к направлению потока, обратил внимание на то, что сила, создаваемая разрежением на задней стороне пластины, в два-три раза превышает силу, создаваемую давлением на передней ее стороне. Следовательно, если пластину погрузить в поток воды под малым углом к горизонту, разница между давлением и разрежением будет создавать силу, поднимающую пластину.

Пластину можно выполнить в виде крыла, у которого верхняя и нижняя линии профиля имеют разную кривизну, причем верхняя линия длиннее нижней. В этом случае при движении крыла жидкость будет обтекать его верхнюю часть с большей скоростью, чем нижнюю, и над крылом возникнет зона разрежения. Вследствие разности давлений в потоке по обе стороны крыла появится подъемная сила, величина которой будет зависеть от скорости движения, плотности жидкости, размеров крыла и его расположения относительно потока.

Если на крыльях укрепить судно, то при достаточно большой скорости движения подъемная сила крыльев сможет уравновесить массу судна, и оно поднимется над поверхностью воды. При этом резко снизится сопротивление, так как в воде будут находиться только крылья, поддерживающие их стойки и движитель.

Принцип действия крыльевой системы судна и самолета аналогичен, с той разницей, что свое положение по высоте судно может

¹ Судостроение за рубежом. 1987. № 1. С. 38.

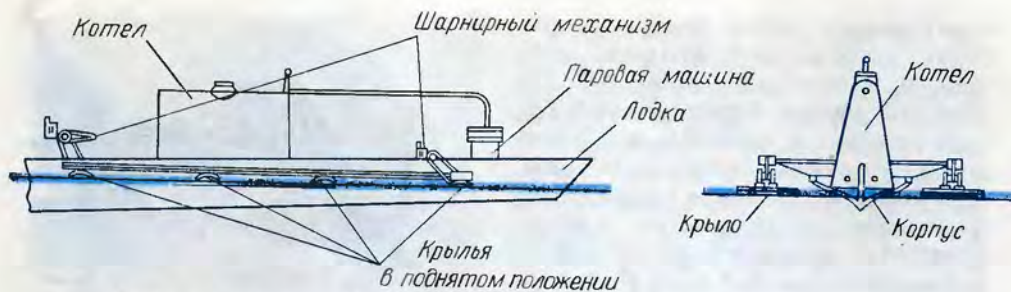


Схема первого самоходного судна на подводных крыльях

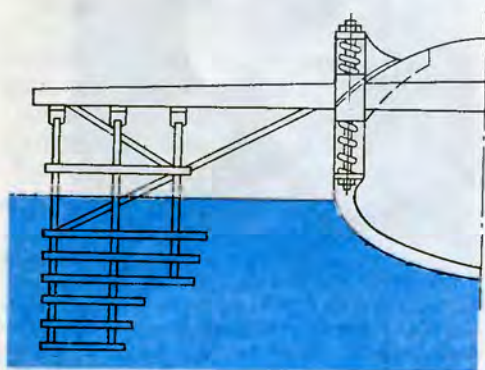


Схема подводных крыльев конструкции Э. Форланини

изменять лишь весьма ограниченно, так как крылья должны все время оставаться погруженными в воду. Однако вода примерно в 800 раз плотнее воздуха, площади подводных крыльев может быть уменьшена во столько же раз по сравнению с площадью крыльев самолета аналогичной массы. Это случай, ко-

гда высокая плотность воды — благоприятный фактор.

Идею судна на подводных крыльях (СПК) первым воплотил в жизнь пионер глассеростроения Ш. Д'Аламбер, который в 1891 г. получил во Франции патент, а в 1897 г. построил катер на подводных крыльях, гребной винт которого вращал небольшой паровой двигатель. Испытания разочаровали изобретателя: корпус катера лишь частично поднимался над водой и краткое время находился в таком промежуточном положении, после чего крылья теряли подъемную силу и катер стремительно «проваливался» в воду.

Первое СПК, успешно прошедшее испытания, было спроектировано и построено в 1905 г. одним из пионеров авиации итальянцем Э. Форланини. Крыльевая система судна



Судно Форланини на ходу

представляла собой несколько по-
бортно укрепленных больших пла-
стин и напоминала этажерки. По
мере увеличения скорости подъемная
сила крыльев возрастала, и верхние
полки «этажерок» выходили из воды.
При этом уменьшалась площадь по-
груженных в воду пластин, а подь-
емная сила крыльевой системы оста-
валась неизменной. Судно Форлани-
ни развивало огромную по тем вре-
менам скорость — около 38 уз, но и
оно было склонно к проваливанию.

В начале развития СПК применя-
лись различные схемы крыльевых си-
стем, но наибольший успех сопут-
ствовал конструкторам, которые ис-
пользовали наиболее простые устрой-
ства типа «этажерок» Форланини.
В 1907 г. патент Форланини приоб-
рел известный американский кон-
структор, один из изобретателей те-
лефона А. Белл, который совмест-
но с К. Болдуином построил и испы-
тал серию СПК. Наиболее удачное
из них «ND-4» водоизмещением око-
ло 5 т установило в сентябре 1918 г.
мировой рекорд скорости на воде —
71 уз. Глиссерам трудно было тягаться
с рекордсменом. Ведь у них подь-
емная сила возникает только в ре-
зультате увеличения давления на
днище, в то время как у СПК лишь
25—30 % подъемной силы создается
вследствие увеличения давления
на крылья снизу, а 75—70 % — в ре-
зультате разрежения над крылом.
Поэтому СПК затрачивает на созда-
ние подъемной силы гораздо мень-
шую мощность, чем глиссер того же
водоизмещения.

Несмотря на то что в первой чет-
верти XX в. было построено несколь-
ко СПК, они не получили распро-
странения из-за ничтожно малой
грузоподъемности, невысокой море-
ходности и недостаточной надеж-
ности. Особенно сдерживали развитие
судов этого типа «белые пятна» в их
теории и состоянии двигателестро-
ения. Пробелы в теории были суще-
ственно заполнены в 30-х гг. фунда-
ментальными исследованиями совет-
ских ученых М. В. Келдыша,



Характер распределения мощности при
движении судна на подводных крыльях

М. А. Лаврентьева, Н. Б. Кочина
и немецких Г. Шертеля, С. Титьенса
и Сакенберга [4]. Тормозом продол-
жало оставаться отсутствие мощных
и в то же время легких двигателей.

Мощность энергетической установки СПК
расходуется весьма специфически. В состоя-
нии покоя масса судна уравнивается
статической силой поддержания воды. С на-
чалом движения, когда скорость мала, судно
идет в водоизмещающем режиме. По мере
возрастания скорости крылья развивают
все большую подъемную силу и корпус по-
степенно выходит из воды. При этом рост кри-
вой замедляется. Сначала приближается к
поверхности воды носовое крыло, судно приоб-
ретает дифферент на корму и движется в
режиме глиссирования. Дифферент возра-
стает. При этом увеличивается угол атаки
крыльев, а с ним и их подъемная сила.
Быстро нарастает подъемная сила кормо-
вого крыла, и корпус поднимается над водой.
Теперь масса судна уравнивается гидро-
динамической подъемной силой, возникающей
на крыльях, а статическая сила поддержа-
ния очень мала, так как крылья вытесняют
ничтожно малый, по сравнению с корпусом
водоизмещающего судна, объем воды. В этот
момент кривая достигает максимума, а за-
тем несколько спускается. С выходом всего
корпуса из воды потребляемая мощность
начинает возрастать, но продолжает быть на-
много меньше той, которая необходима водо-
измещающему судну аналогичного водоиз-
мещения, чтобы развить такую скорость.
Разница может достигать 40 % и более.

Первые пригодные для широкой
эксплуатации СПК были созда-
ны коллективом, возглавляемым
Р. Е. Алексеевым (1916—1980).
Вот почему во всем мире за СПК
закрепилось название «русских».

Осенью военного 1941 г. студент
Горьковского политехнического ин-
ститута Ростислав Алексеев защи-



Р. Е. Алексеев

шал дипломный проект на тему «Морской теплоход на подводных крыльях». Государственная экзаменационная комиссия признала работу соответствующей уровню кандидатской диссертации. Но шла война. Молодой инженер работал на заводе и не прекращал, хотя и урывками, заниматься теорией проектирования СПК.

В 1943 г. на заводе «Красное Сормово» им. А. А. Жданова в г. Горьком был построен первый катер на подводных крыльях. В 1949 г. там же был разработан проект теплохода на подводных крыльях, а с 1957 г. начата серийная постройка СПК. В 1962 г. главный конструктор Р. Е. Алексеев стал доктором технических наук. Вклад молодого ученого был высоко оценен: ему и группе конструкторов, среди которых были Б. А. Зобнин, А. И. Маскалик, И. М. Шапкин и другие, была присуждена Ленинская премия [16].

Использованием скоростных возможностей СПК в военных целях раньше других заинтересовалось руководство гитлеровского флота.

В июне 1940 г. в Германии под руководством Сакенберга была начата постройка катера на подводных крыльях «FR-6» водоизмещением 17 т, развившего на испытаниях скорость 47,5 уз. В ходе второй мировой войны немцы построили несколько кораблей на подводных крыльях (КПК) разного назначения, самым крупным из которых был десантный танконосец «VS-8» водоизмещением 80 т, показавший на испытаниях скорость 37 уз. Однако из-за низких мореходных качеств и неустойчивости хода ни один из этих кораблей не был запущен в серию [4].

В послевоенные годы значительное внимание уделялось боевым катерам разных типов. Подводные крылья открывали для них реальную возможность существенного увеличения скорости. Появившиеся к этому времени мощные газотурбинные двигатели с высокими массогабаритными показателями, а также успехи в металлургии легких сплавов создали техническую базу для развития КПК. В 60-х гг. в США и Канаде были построены экспериментальные и опытные КПК, на которых исследовались не только конструктивные решения, но и оперативно-тактические возможности. А с 70-х гг. боевые катера на подводных крыльях уже строятся серийно (табл. 11).

Обращает на себя внимание сравнительно небольшое водоизмещение КПК. При этом неизбежно напрашивается вопрос — почему бы не использовать столь эффективное средство преодоления скоростного барьера на более крупных кораблях? И... очередное но.

На относительно крупных кораблях преимущества применения подводных крыльев утрачиваются. Дело в том, что для сохранения равновесия между подъемной силой крыльев и массой корабля при увеличении его линейных размеров, площадь крыльев нужно увеличивать в непропорционально большой степени, что значительно снижает полезную



Экспериментальный корабль США на подводных крыльях «Плейнайдс»



Опытный корабль Канады на подводных крыльях «Бра Д'Ор»

Таблица 11 Основные тактико-технические данные зарубежных кораблей на подводных крыльях

Класс, название принадлежность, год постройки головного корабля серии	Водоиз- мещение, т	Мощность энергетиче- ской установ- ки для дви- жения на крыльях, МВт	Тип двигателя	Скорость, уз		Дальность плавания крейсерским ходом, мили
				полная	крейсер- ская	
Ракетный катер, «Пе- гас», США, 1975	240	13,3	Водомет- ный	50	40	700
Ракетный катер «Спарвьеро», Италия, 1974	62,5	3,3	»	50	40	400
Ракетный катер «М-161», Израиль, 1982	100	2,9	Суперкави- тирующий ВРШ ¹	52	42	1150
Артиллерийский катер «Флэгстафф», США, 1968	68,5	3,3	»	50	42	580

¹ ВРШ — винт регулируемого шага.

нагрузку корабля. А ведь даже на сравнительно небольших кораблях водоизмещением 150—200 т масса крыльевой системы составляет около 15 % водоизмещения.

Не меньшую, если не большую проблему для КПК большого водоизмещения составляет размещение на нем энергетической установки достаточной мощности. По мнению зарубежных специалистов, для вывода на крылья эскадренного миноносца водоизмещением 3000 т корабль пришлось бы оснастить энергетической установкой мощностью около 165 тыс. кВт. Разместить столь мощную установку на корабле подобного водоизмещения — задача чрезвычайно сложная, если вообще выполнимая. Кроме того, нужен резерв водоизмещения для соответствующего запаса топлива и крыльевой системы, площадь которой на рассматриваемом корабле составит около 800 м². Что же останется для вооружения и других статей нагрузки?

Выигрыш от применения подводных крыльев наиболее ощутим на небольших кораблях. Так, если обычный корабль водоизмещением 1 т для обеспечения скорости 50 уз нужно оснастить энергетической установкой мощностью около 3000 кВт, то аналогичному КПК для достижения такой скорости достаточно установка мощностью примерно 900 кВт [11].

Несмотря на успехи в совершенствовании КПК и СПК относительно небольшого водоизмещения и здесь существуют проблемы, одной из которых является преодоление кавитационного барьера. При скорости порядка 50 уз и выше создаются условия, когда на гребных винтах и подводных крыльях невозможно избежать кавитации. Об осложнениях, связанных с кавитацией гребных винтов, мы уже знаем. Не менее опасна она и для подводных крыльев.

Давление на засасывающей (верхней) поверхности крыла становится ниже давления насыщенных паров воды. Вода вскипает, и металл крыла разрушается под действием

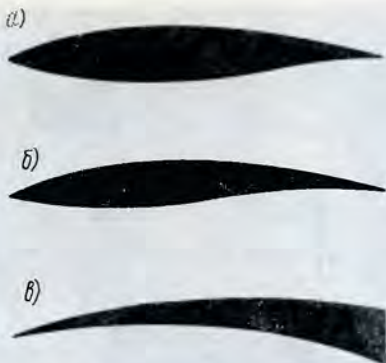


В. Л. Позднюкин

ранее рассмотренных причин. Эрозия поверхности крыла приводит к снижению его подъемной силы. На второй стадии кавитации каверны захватывают всю засасывающую поверхность, в результате чего при увеличении скорости корабля движение на засасывающей поверхности крыла больше не изменится. При этом рост подъемной силы происходит только за счет увеличения давления на нагнетающей (нижней) поверхности крыла, а значит, с увеличением скорости корабля рост подъемной силы будет очень небольшим. Казалось бы, неразрешимая проблема!

И в очередной раз человек оказался способным преодолеть то, что представлялось непреодолимым. Академик В. Л. Позднюкин (1883—1948) в начале 40-х гг. предложил парадоксальное на первый взгляд решение: бороться с кавитацией путем ее интенсификации. Открытое Позднюкиным явление назвали «суперкавитацией».

Для металла гребного винта страшна первая стадия кавитации, а для КПК винта — вторая. В. Л. Позднюкин предложил для быстроходных кораблей применять винты, специально приспособленные для работы в условиях сильно развитой кавитации, названные суперкавитирующими. Внешним отличием таких винтов является клиновидный профиль сечения лопасти с острой входящей кромкой, вогнутой нагнет-



Профили сечения лопастей гребного винта: а — некавитирующего ($v=40$ уз); б — кавитирующего ($v=40 \div 60$ уз); в — суперкавитирующего ($v=60$ уз)

тающей стороной и смещенной к выходящей кромке максимальной толщиной профиля лопасти.

Суперкавитирующие гребные винты менее эффективны, чем обычные некавитирующие, но на быстроходных кораблях со скоростью от 40 до 80 уз они позволяют иметь КПД на 15—20 % выше, чем у кавитирующих винтов [11]. Правда, суперкавитирующим винтом свойствен недостаток, характерный для конструкций, рассчитанных на заданную скорость движения, при отклонении от расчетного режима их эффективность резко снижается. Но

несмотря на это высокий КПД суперкавитирующих винтов в диапазоне больших скоростей делает их до сих пор практически незаменимыми для быстроходных кораблей. Кроме того, частота вращения суперкавитирующих винтов может достигать 3000 об/мин, что позволяет применять прямодействующие (безредукторные) двигатели, облегчающие и упрощающие энергетическую установку.

Аналогичным образом решается проблема кавитации и для подводных крыльев. Применяя специальный суперкавитирующий профиль крыла, позволяющий ускорить появление кавитации и снижающий давление на засасывающей его стороне, которая покрывается паровой или воздушной каверной. В этом случае подъемная сила создается только за счет нагнетающей стороны крыла.

Одной из основных проблем для КПК и СПК является обеспечение устойчивости хода, особенно в штормовых условиях. Хотя подводное крыло работает по тем же законам, что и воздушное, оно имеет специфические особенности.

Крыло движется на некоторой глубине и, казалось бы, находится в однородной среде. Но его заглубление относительно невелико, и атмосферный воздух стремится прорваться к засасывающей (верхней) поверхности кры-



Проектное изображение корабля на подводных крыльях США водоизмещением 1200 т

ла, где давление на 20—40 % ниже давления при отсутствии движения. С увеличением скорости подъемная сила возрастает, и крыло приближается к поверхности воды, облегчая возможность воздуху прорваться к засасывающей поверхности. Когда это случается (подсосы через кронштейн крыльев, при плавании на волнении, когда крылья оказываются у «подшвы» волны и т. п.), воздух проникает в область разрежения, и оно исчезает. Крыло полностью выходит из воды, превращаясь в глиссирующую пластину. Но у такой пластины, как мы уже знаем, подъемная сила намного меньше, чем у подводного крыла, и корабль «проваливается». Затем по мере увеличения скорости крыло снова начинает всплывать и цикл повторяется. Такого явления удается частично избежать, если придать крылу особую форму, при которой оно пересекает поверхность воды. Тогда с увеличением подъемной силы в воде будет оставаться все меньшая площадь крыльев.

Поиски оптимальных технических решений в области совершенствования КПК еще далеки от завершения. Одной из первостепенных задач за рубежом считают создание КПК большого водоизмещения. Наиболее интенсивные работы в этом направлении проводятся в США, где предполагают в отдаленном будущем создать крупный мореходный КПК водоизмещением 1200 т и скоростью 45—50 уз.

С опорой на воздух

В 1959 г. пересекло Ла-Манш первое английское судно на воздушной подушке (СВП) конструктора К. Кокерелла «Ховеркрафт». Англичане широко разрекламировали Кокерелла как создателя нового типа судов с колоссальными скоростными возможностями...

Идею «воздушной подушки» впервые выдвинул в 1716 г. шведский философ и изобретатель Е. Сведенберг, дав описание судна, похожего на приподнятую над водой лодку. Сквозь расположенные по бортам щели предполагалось поднимать и опускать пару похожих на весла совков, которые при ударах о воду должны были загонять сжатый воздух под днище и тем самым припод-

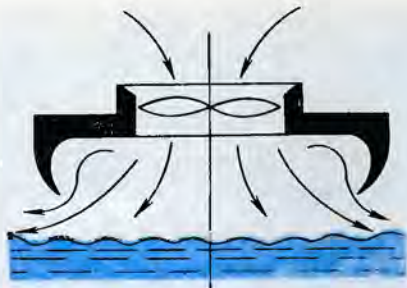


Схема судна на воздушной подушке камерного типа

нимать лодку над поверхностью воды. Но изобретатель вскоре убедился, что мускульной силы человека будет недостаточно для реализации его идеи.

Спустя почти 150 лет 12 сентября 1853 г. на имя главного управляющего путями сообщения и публичными зданиями России графа П. А. Клейнмихеля был подан рапорт архитектором Архангельской губернской дорожной комиссии коллежским асессором Ивановым с предложением проекта «трехкильного духоплава» — судна, которое с помощью воздушной на нем машины вгнетанием воздуха под его днище может плыть с значительной быстротой против ветра и стремя воды.

Из эскиза, приложенного к рапорту, следовало, что под днищем судна располагались 24 пирамидально усеченные воронки, направленные расширяющейся частью к корме. Воздух к воронкам предполагалось нагнетать вручную мехами. Изобретатель пояснял:

От напряжения воздуха в пространстве, заключающемся в воронках под днищем, от давления воды, прикасающейся к напряженному сему воздуху, и наконец, от стремления воздуха к освобождению сквозь отверстия в киях с упором в открытую воду произойдет желаемое движение судна¹.

Ответ на рапорт не поступил, что было вполне закономерно для ученика Аракчеева, который, будучи призванным руководить путями сообщения России, никогда не видел железной дороги, и, по словам со-

¹ Симаков Е. В. Воздушные вездеходы. М.: ДОСААФ, 1967. С. 5.

временников, демонстрируя пренебрежение к ней, ездил из Петербурга в Царское Село только в коляске¹.

Принцип движения СВП заключается в том, что под его днище нагнетается воздух, образующий «подушку», приподнимающую и удерживающую судно над водой. Поступательное движение обеспечивает движитель. Для создания воздушной подушки применяются различные схемы, в которых используются общие конструктивные элементы, поэтому ограничимся рассмотрением наиболее простой схемы так называемого камерного типа.

С увеличением высоты подъема судна над водой возрастает зазор между поверхностью воды и днищем, через который воздух из подушки будет уходить, и давление в ней будет падать. На определенной высоте зазор станет несколько большим, что для компенсации утечки воздуха производительность вентилятора станет недостаточной. Подъемная сила исчезнет, и судно опустится на воду. Для уменьшения этой нежелательной потери воздуха по бортам судна устанавливаются пластины или кили (скеги), которые при парении судна погружены в воду. По мере увеличения скорости сопротивление скегов возрастает, но оно все же несравнимо меньше, чем сопротивление СПК.

В конце 20-х и начале 30-х гг. исследованиями и конструированием СВП занимались лишь немногие энтузиасты. Существенный вклад в разработку теоретических основ воздушной подушки внес выдающийся русский ученый К. Э. Циолковский (1857—1935).

Попытки реализовать заманчивую идею в военных целях предпринимались в конце XIX и начале XX вв. в ряде стран. В 1897 г. французский инженер К. Адер предложил использовать в военных целях построенный им катер на воздушной подушке «Авион-3». В 1916 г. австрийский инженер Д. Томахул спроектировал и построил торпедный катер на воздушной подушке, развивавший около 40 уз, но в связи с тем, что после первой мировой войны австро-венгерская монархия распалась, работы в этой области были прекращены.

Первые советские СВП появились в 30-х гг., и главная заслуга в этом принадлежит специалисту в области



В. И. Левков

аэродинамики В. И. Левкову (1895—1954).

В 1927 г., будучи доцентом новочеркасского Донского политехнического института, В. И. Левков начал опыты с моделями аппаратов на воздушной подушке. В 1938 г. профессор Левков, к тому времени директор Новочеркасского авиационного института, разработал методику расчета аппаратов на воздушной подушке, а в 1934 г. продемонстрировал модель СВП специально назначенной комиссии, в состав которой входили: командующий ВВС РККА Я. И. Алкснис, специалист по аэродинамике Б. Н. Юрьев, авиаконструктор А. Н. Туполев. Испытания прошли успешно и комиссия рекомендовала приступить к постройке опытного образца, получившего литерно-цифровое обозначение «Л-1». В декабре того же года было создано Особое конструкторское бюро (ОКБ) по проектированию судов на воздушной подушке, которое возглавил В. И. Левков.

Испытания «Л-1» массой 1,5 т начались летом 1935 г. и прошли успешно. Таким образом, разрезка приоритет английского «Ховеркрафта» запоздал почти на четверть столетия. Оправданием мо-

¹ Советская Россия. 1986. 31 дек.



Катер на воздушной подушке «Л-5»

жет служить, что успешные работы В. И. Левкова не были известны на Западе, но истина должна быть восстановлена.

На конструктивной базе «Л-1» ОКБ создало несколько катеров на воздушной подушке — летающих «Л», как их называли сотрудники Левкова. В 1936 г. на испытания вышел новый катер «Л-5» массой 8,6 т, который на испытаниях в 1937 г. развил скорость 73 уз! Было создано еще несколько СВП массой до 15 т, а в проектах уже фигурировали 30-тонные аппараты. Война прервала работы [26].

В послевоенные годы В. И. Левков продолжал проектировать СВП, но отсутствие легких, надежных и мощных двигателей тормозило дело. А в 1954 г. замечательного ученого и инженера настигла преждевременная смерть.



Опытный десантный катер на воздушной подушке «SKMR-1»

В предвоенные годы к СВП проявляли интерес и за рубежом. Особенно известен в этой области американский конструктор Д. Уорнер. Свой первый катер Уорнер испытал в 1929 г., но проектные данные не были подтверждены. На следующий год Уорнер построил новый катер, который потерпел аварию во время гонок.

По конструктивному принципу СВП делятся на два основных типа: амфибийные и скеговидные. Амфибийные при движении корпус полностью поднят над водой, поэтому они могут выходить на сушу и передвигаться над ней, преодолевая препятствия, высота которых не превышает высоту ограждения воздушной подушки. В качестве движителей на амфибийных судах применяют воздушные винты, в связи с чем размеры судов довольно ограничены. Так, если на судне массой 30—40 т и скоростью 60—70 уз поступательные движения обеспечивают два винта диаметром около 3 м каждый, то на английском амфибийном десантном корабле «SR № 4» массой 168 т с такой же скоростью пришлось применить четыре винта диаметром 5,8 м каждый. За рубежом считают, что при массе судна 1000 т для получения указанной скорости понадобится 12 винтов диаметром 10,7 м каждый, которые практически невозможно разместить на судне. В этой связи там предполагают, что в ближайшей перспективе масса амфибийных кораблей на воздушной подушке (КВП) не превысит 500—800 т.

Несмотря на ограниченную массу, а следовательно, и полезную нагрузку, в 60-х гг. было развернуто строительство амфибийных КВП. История их развития имеет много общего с историей развития КПК.

В 1963 г. прошел испытания первый английский КВП амфибийного типа «SR № 3» массой 37,5 т, который на тихой воде с полезной нагрузкой 15 т показал скорость около



Советский корабль на воздушной подушке

90 уз, а при волнении моря 3 балла — порядка 60 уз. В США первый КВП, также амфибийного типа, опытный десантный катер «SKMR-1» массой 20,4 т показал скорость около 75 уз. В настоящее время КВП получили признание во флотах ряда стран, в том числе и Советского Союза.

Но поскольку амфибийные корабли ограничены в массе, большие надежды за рубежом, и особенно в США, связывают с КВП скегового типа. Такие корабли имеют удлиненный корпус с параллельными плоскими жесткими скегами, пересекающими поверхность воды, в связи с чем могут передвигаться только над поверхностью воды при постоянно находящихся в воде скегах. Контакт с водой позволяет применять на скеговых кораблях суперкавитирующие гребные винты и водометы. Да, именно водометный движитель открыл большие возможности для судов и кораблей этого типа. В очередной раз подтвердилась бытующая среди конструкторов и изобретателей поговорка: «Новое — это хорошо забытое старое».

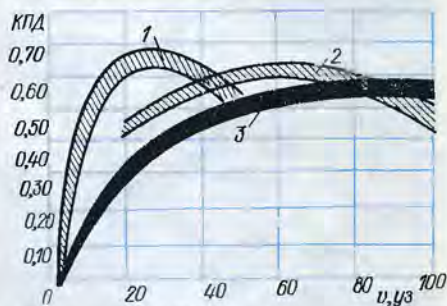
Вспомним, как в 1883 г. английский конструктор Торникрофт потерпел фиаско, применив водометный движитель на миноноске. С той поры еще несколько попыток применить водомет на кораблях закончилось неудачей. Но прогресс в науке и технике не обошел стороной и водометный движитель. В развитии его теории велика роль Н. Е. Жуковского, который в 1882—1908 гг. впервые научно обосновал тесную связь и

взаимодействие между корпусом судна и водометным движителем. Ученый доказал несостоятельность утверждений о специфически низком КПД движителя этого типа. Теория Жуковского получила дальнейшее развитие в трудах советских ученых А. М. Басина, И. М. Коновалова, С. В. Куликова и некоторых зарубежных исследователей.

В течение ряда предвоенных и послевоенных лет в разных странах появлялись небольшие водометные суда различного назначения. Однако главными их достоинствами были высокая маневренность и возможность использования на мелководье, а не быстродходность, но иначе и быть не могло, и вот почему.

Идеальный КПД водометного движителя $\eta_i = 2 / [1 + (v_{\text{вых}}/v)^2]$, где $v_{\text{вых}}$ — скорость реактивной струи на выходе из отливного патрубка; v — скорость судна. Из формулы видно, что $v_{\text{вых}}$ возрастает с уменьшением скорости струи, а следовательно, и с увеличением количества прокачиваемой воды, что влечет за собой увеличение сечения площади водоводов. С увеличением производительности насоса и площади сечения водоводов резко возрастают расход топлива и масса движительного комплекса, а значит, и водоизмещение судна. В этом основная причина того, что в прошлом конструкторы водометных кораблей терпели неудачу. Кроме того, громоздкие и тяжелые поршневые насосы той поры имели низкий КПД и весьма ограниченную производительность. За водометным движителем упрочилась репутация малоэффективного, с КПД, не превышающим 25—30 %. О какой конкуренции с гребным винтом, имеющим КПД 50—70 %, могла идти речь!

Вернемся к формуле, а вернее, к другому входящему в нее показателю — v . Именно



Зависимость КПД корабельных движителей от скорости корабля
1 — некавитирующий винт; 2 — суперкавитирующий винт; 3 — водометный движитель

Таблица 12. Основные тактико-технические данные зарубежных кораблей на воздушной подушке серийной постройки

Класс, тип, принадлежность, год постройки головного корабля серии	Масса полная (полезная) ¹ , т	Мощность энергетической установки, МВт	Тип движителя	Скорость, уз		Дальность плавания крейсерским ходом, мили
				полная	крейсерская	
Патрульный катер, «SR № 6», Англия, 1967	15,9 4,3	0,66	Воздушный ВРШ	54	35	230
Патрульный катер, «ВН. 7», Англия, 1972	50,6 14	3,1	Воздушный винт	65	48	430
Десантный катер, «LCAC», США, 1984	149,5 54,4	13	Воздушный ВРШ	50	35	300
Многоцелевой катер, «VT. 2», Англия, 1976	100 24	6,6	Вентиляторный	60	41	760

в нем содержится ответ на вопрос, чего можно ожидать от водометного движителя. Оказывается, на очень быстроходных кораблях и судах водометный движитель по эффективности может не только сравниться с гребным винтом, но и превзойти его. Однако речь идет о скоростях, которые еще сравнительно недавно казались фантастическими — 80 уз и более. При скорости порядка 100 уз и выше с водометным движителем по эффективности не может конкурировать ни один из известных сегодня корабельных движителей. Заметим, что аналогичная картина имела место в авиации. Пока скорость самолетов не превышала 600—700 км/ч, в качестве энергетической установки на них применялись бензиновые моторы с воздушными винтами, а с дальнейшим возрастанием скорости на смену пришел реактивный двигатель.

Водомет открывает возможность создания КВП скегового типа с массой намного большей, чем у амфибийных. Ведь водометный движитель кроме указанного преимущества имеет перед гребным винтом и такое, как передача очень большой мощности, недоступной винту из-за чрезмерного возрастания его массы и габаритов.

Немаловажное значение приобретает и то, что на скеговых КВП массой 10 тыс. т и более можно обойтись гораздо меньшей энерговооруженностью по сравнению с таковой кораблей амфибийного типа. Если у первых она не превышает 30—37 кВт/т, то у вторых достигает 66—74 кВт/т¹.

Значительный интерес, проявляемый в США, к крупным КВП объясняется возможностью их использования в качестве авианосцев, чему благоприятствуют интенсивные потоки воздуха во время хода, используя которые для взлета и посадки самолетов можно обойтись сравнительно небольшой полетной палубой.

С целью исследования технических возможностей создания крупных КВП со скоростью 80 уз и более в конце 70-х гг. в США были построены и испытаны два катера на воздушной подушке скегового типа — «SES-100A» массой 130 т и «SES-100B» массой 94 т с разными движительными комплексами. Первый из них с двумя водометными движителями с приводом от двух газовых турбин суммарной мощностью 8,8 МВт развил скорость около 80 уз, а второй с ГТУ мощностью 9,9 МВт, работающей на два титановых суперкавитирующих полупогружных ВРШ, показал 92 уз¹. В настоящее время в США развернуто серийное строительство тральщиков — минных охотников на воздушной подушке скегового типа MSH «Кардинал» с водометным движителем [38].

В будущем США планируют постройку крупных скеговых КВП мас-

¹ Зарубежное военное обозрение. 1982. № 1. С. 75—79.

¹ Военные знания. 1985. № 12. С. 29.

сой около 2000 т, а в более отдаленной перспективе фигурируют корабли с массой 6—10 тыс. т. По оценке американских специалистов, для корабля массой 10 тыс. т мощность двигателей должна составить около 60 МВт, в связи с чем изучается возможность использования на крупных скеговых кораблях АЭУ.

Но это перспективы. А пока в зарубежных флотах строятся КВП с относительно небольшой массой (табл. 12). Все еще требуют решения такие вопросы, как увеличение дальности плавания, повышение мореходности и пожаробезопасности. Недостаточная дальность плавания связана с малой полезной нагрузкой кораблей, которая, согласно зарубежным данным, не превышает 35—40 % их массы, что, в свою очередь, ограничивает запас топлива. Повышенная пожароопасность объясняется вдвое более низкой температурой плавления алюминия по сравнению со сталью (в среднем 650 °С против 1500 °С). В этой связи широкое использование на КПК сплавов алюминия требует специальных противопожарных мероприятий [28]. Основная сложность в решении проблемы мореходности КВП связана с тем, что их корпус очень восприимчив к динамическим нагрузкам. При ударе волн о днище не только уменьшается скорость, но даже может быть разрушен корпус, как это случилось, в частности, на английском судне «SR № 4», получившем пробоину площадью более 2 м². Так что в проблемах недостатка нет.

Корабль или самолет?

Несмотря на огромные скорости, достигнутые КПК и КВП, у них наметился грозный конкурент — экраноплан. В истории развития техники — это один из примеров того, как идея может возникнуть «попутно», в процессе решения совершенно другой проблемы.

В начале XX в., на заре развития авиации, самолетостроители и летчики столкнулись с загадочным явлением. Вопреки законам аэродинамики, при движении самолета у самой земли в период взлета и посадки возникала подъемная сила, значительно большая, чем при полете на высоте. Двигаясь в непосредственной близости от земли, самолет вдруг обретал дополнительную силу, внезапно устремлялся вверх или упорно скользил над землей «не желая» приземляться.

Это явление представляло не только познавательный интерес. Иногда дело кончалось катастрофой, как это случилось, например, с тяжелым самолетом «Тэрэнт» Трипплейн», потерпевшим аварию на взлете. Спустя некоторое время легкий английский самолет «Суоллоу», обладавший неплохими летными качествами, в конце посадки «отказался» приземляться. Если обычно летчик, выдерживал самолет в 2—3 м от земли, постепенно замедлял движение до скорости, при которой подъемная сила крыльев становилась меньше массы самолета, но еще позволяла ему плавно спланировать на посадочную полосу, то «Суоллоу» продолжал планировать почти до полной потери скорости. При этом подъемная сила почти мгновенно снижалась до нуля и самолет резко падал на землю. «Лечение» самолетов типа «Суоллоу» оказалось довольно простым: применили посадочные щитки, позволяющие пилоту в нужный момент ухудшить аэродинамику крыла и тем самым вынудить машину снижаться.

В конце 20-х и начале 30-х гг. механизм загадочного явления в основном был выяснен, и оно получило название «эффект влияния экрана». Большой вклад в решение вопросов околоэкранной аэродинамики внесли советские исследователи. Одним из первых был Б. Н. Юрьев, который в 1923 г. опубликовал работу «Влияние земли на аэродинамические свойства крыла». Позднее в этом направ-

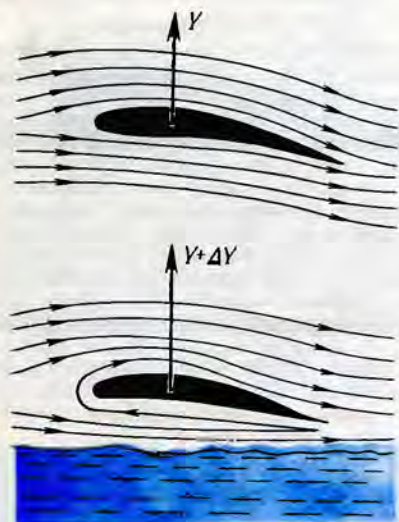


Схема обтекания крыла
воздухом вблизи экрана и вне его

лении работали В. В. Голубев, Я. М. Серебрянский, Н. А. Черномашинцев, Б. А. Ушаков, С. Н. Насилов, Ш. А. Биячуев, Б. Т. Горощенко, А. И. Смирнов, Г. И. Костычев. За рубежом разработкой этого вопроса занимались А. Бети, Л. Прандтль, Е. Пистолези и др. [29].

Дело не ограничивалось теорией. В 1932 г. немецкие конструкторы организовали экспериментальные полеты тяжелого гидросамолета типа «Дорнье» над Северным морем на высоте около 10 м. Было установлено, что удельный расход топлива значительно сократился по сравнению с полетом вне влияния экрана.

Одним из пионеров экранопланостроения явился крупный советский авиационный инженер и изобретатель, военный летчик П. И. Гроховский, разработавший в середине 30-х гг. проект экраноплана-амфибии. Свои расчеты Гроховский проверял на моделях. К сожалению, текущая работа в области авиационной и парашютной техники не оставляли Гроховскому времени для окончания работы по созданию первого отечественного экраноплана [5].

Движущееся над экраном крыло как бы подминает под себя встречный поток воздуха, и под крылом образуется область повышенного давления. В результате на крыле возникает дополнительная подъемная сила ΔY , величина которой зависит от расстояния между крылом и экраном. В том случае, когда это расстояние равно половине хорды крыла, прирост подъемной силы составляет всего 2–3 %. Но стоит крылу приблизиться к экрану уже на одну четверть длины хорды крыла, как прирост составит около 10 %.

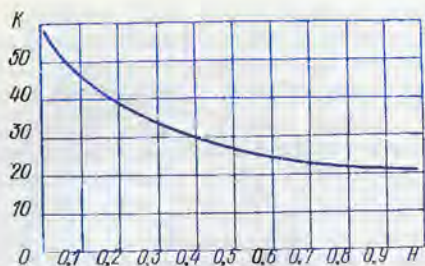
Подобное увеличение подъемной силы само по себе не представляется особенно впечатляющим. Но близость экрана одновременно с образованием воздушной подушки под крылом изменяет картину обтекания крыла воздушным потоком. При этом также происходит некоторое увеличение подъемной силы и, что весьма важно, значительно снижается лобовое сопротивление. Вредное для самолетов явление ученым и конструкторам разных стран уже более полувека пытаются использовать для транспортного средства, названного экранопланом.

На первый взгляд экраноплан мало чем отличается от судна на воздушной подушке. Но это впечатление обманчиво.

У судна воздушная подушка является статической и поддерживается нагнетанием воздуха под днище, а подушка экраноплана имеет динамический характер, так как является следствием перераспределения давления, характеризующегося его повышением на нижней поверхности крыла за счет скоростного напора встречного потока и разрежения воздуха над верхней. В результате происходит увеличение подъемной силы крыла и уменьшается его сопротивление. Это позволяет получать скорость экраноплана более 100 уз при сравнительно небольших затратах мощности энергетической установки. В этом принципиальном отличии заложено основное преимущество экраноплана. Здесь уместно провести аналогию между вертолетом и самолетом: если первый держится в воздухе благодаря тяге винта, которая должна быть равна массе вертолета или превышать ее, то самолет удерживает в воздухе подъемная сила крыльев, а двигатель лишь обеспечивает поступательное движение. Отсюда разная затрата мощности, а следовательно, и разные скоростные возможности.

Для любого транспортного средства снижение сопротивления является первостепенным фактором, определяющим в конечном счете скоростные и грузоподъемные характеристики. Не составляет исключения и экраноплан.

Одной из основных характеристик аппаратов, движущихся в воздушной среде, является так называемое аэродинамическое



Влияние высоты полета при движении крыла вблизи экрана на величину аэродинамического качества

качество K , представляющее собой отношение подъемной силы к силе лобового сопротивления, на преодоление которого и затрачивается работа двигателя. Это своего рода КПД аэродинамической формы аппарата. При сравнении летательных аппаратов одинаковой массы с разными значениями K предпочтение должно быть отдано тому, у которого этот показатель выше, так как при прочих равных условиях такой аппарат позволит обеспечить заданную скорость и грузоподъемность при менее мощной энергетической установке.

Об аэродинамическом качестве экраноплана дает представление график, выражающий зависимость этой характеристики от движения вблизи экрана. Из графика видно, что при очень малой высоте полета H , составляющей меньше 0,1 длины хорды крыла, влияние экрана становится настолько значительным, что аэродинамическое качество возрастает до 40—50. Отметим, что у самолетов K не превышает 16—18, а у вертолетов 4.

И вновь о проблемах

Чтобы при пилотировании экраноплана обезопасить его от соприкосновения с волнами, необходимо обеспечить достаточно большую высоту полета, но в то же время сохранить влияние экрана. Однако эффективная высота полета зависит от размера крыла — его хорды и размаха. Следовательно, целесообразно строить экранопланы возможно больших размеров. Это желательно еще и потому, что с увеличением полетной массы полезная нагрузка экраноплана возрастает. В то же время возможность увеличения размеров экраноплана далеко не беспредельна. При увеличении хорды крыла сверх 30—100 м наблюдается уже не рост, а снижение массовой отдачи вследствие прогрессирующего возрастания массы корпуса, крыльев и других конструкций.

За рубежом существует мнение, что оптимальным являются аппараты с хордой несущего крыла 30—40 м. За чем же дело стало?

На экраноплане очень сложно разместить энергетическую установку,

так как речь идет о мощностях порядка сотен мегаватт.

Потребность в столь гигантских мощностях вызвана тем, что, как и КПК, экраноплан прежде чем начать околоэкранный полет, должен развить достаточную стартовую скорость и преодолеть «горб» сопротивления. Только тогда, когда подъемная сила несущего крыла будет равна массе аппарата и его корпус оторвется от воды, сопротивление существенно уменьшится. Скорость отрыва весьма велика, она может достигать 80 уз и более. По этой причине на стартовом режиме затрачивается в два—четыре раза большая мощность, чем на околоэкранный полет. В качестве примера можно привести экраноплан США «Колумбия», проектом которого предусматривалась затрата на стартовом режиме 2/3 всей мощности энергетической установки.

Задачу размещения мощной энергетической установки можно решать несколькими способами.

Один из них — комбинированная установка, состоящая из стартовой и полетной частей. Однако и в таком варианте разместить на экраноплане энергетическую установку очень сложно. Сотни мегаватт в принципе можно получить от нескольких газотурбинных двигателей, но многоагрегатные установки чрезвычайно усложняют управление аппаратом. Из истории авиации известно, что попытки в 30-х гг. оснастить немецкие тяжелые гидросамолеты типа «Дорнье» восемью и даже 12 двигателями оказались неудачными, и строительство этих самолетов было прекращено.

С учетом проблем, возникающих при размещении на экраноплане мощной энергетической установки, важнейшим его элементом является стартовое устройство, позволяющее снизить мощность установки, необходимую для развития достаточной стартовой скорости и преодоления «горба» сопротивления.

Одна из зарубежных конструкций стартовых устройств представляет собой специально установленные крылья и предкрылки, которые в момент старта ставятся в положение, обеспечивающее отбрасывание винтами воздушной струи под основное несущее крыло. В результате скоростной напор струи в полужамкнутом объеме под несущим крылом преобразуется в статическое давление воздушной подушки. Таким образом, даже при отсутствии поступательного движения на крыле развивается довольно значительная подъемная сила, разгружающая экраноплан.

В 1935 г. финский инженер Т. Карио построил экраноплан-аэросани,

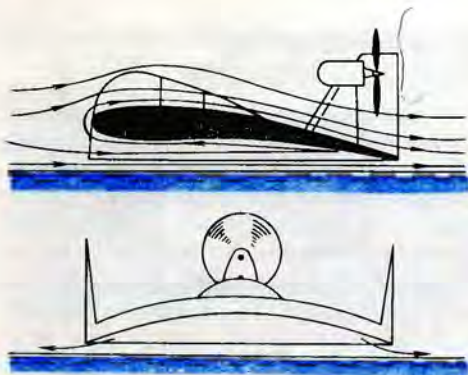


Схема экраноплана-аэросаней
Т. Каарио



Проектное изображение десантно-
го экраноплана типа RAM-2

который начинал разгон на лыжах, а затем, когда подъемная сила несущего крыла становилась достаточно большой, отрывался от поверхности и скользил над снежным покровом, используя эффект экрана. Впоследствии Каарио построил еще несколько подобных аппаратов. Последний, наиболее совершенный образец был создан конструктором в 1964 г.

Еще в предвоенные годы к идее экраноплана было привлечено внимание военных ведомств ряда стран. Накануне войны шведский конструктор И. Троенг построил и испытал ряд самоходных моделей экранопланов, на базе которых был спроектирован торпедный катер.

Работы в этой области были расширены после второй мировой войны.



Проектное изображение противолодочного экраноплана типа RAM-1

Более 20 лет занимается проектированием экранопланов упоминавшийся американский конструктор СВП Д. Уорнер. Однако задуманные им аппараты так и не вышли из проектной стадии. Если в 30-х гг. экранопланами занимались лишь отдельные изобретатели-энтузиасты, то в 50—60-х гг. к их созданию подключились научно-исследовательские и проектные организации ряда зарубежных стран, причем отнюдь не в мирных целях. Размаху работ способствовало совершенствование взлетно-посадочных характеристик самолетов, в процессе которого было изучено влияние близости экрана на аэродинамику крыла.

В США по заказу ВМС фирма «Рисерч Аффайлйтс» разработала проекты экранопланов: противолодочного «RAM-1» массой 27 т и скоростью около 100 уз и десантно-транспортного «RAM-2» массой 5 т и скоростью около 250 уз. Проявляют интерес к экранопланам и во флотах Англии, Франции и ФРГ. Существенных успехов в этой области достиг работающий в США известный немецкий авиаконструктор А. Липпиш. В конце 60-х и начале 70-х гг. он построил два небольших экраноплана, которые на испытаниях показали хорошие ходовые и мореходные качества. В 1976 г. Липпиш разработал проект военного патрульно-транспортного шестимест-

ного экраноплана «Х-114», в настоящее время построенного и входящего в состав ВМС ФРГ. При массе 1350 кг и мощности двигателя 148 кВт экраноплан развивает скорость 108 уз, а дальность его действия составляет около 1300 миль¹.

Несмотря на некоторые достижения в зарубежном экранопланостроении, оно все еще не вышло из экспериментальной стадии и находится примерно на том же уровне, как и авиация в начальный период своего развития. Среди ряда сложных проблем, сдерживающих развитие экранопланов, к особенно актуальным за рубежом относят их устойчивость при изменении скорости и высоты полета. Пока в мире построено около 20 небольших опытных экранопланов различного типа, но лишь вышеупомянутый «Х-114» используется на практике, да и то в миниатюрном масштабе. Однако иностранные специалисты не исключают возможности появления в составе флотов еще в XX в. крупных боевых аппаратов².

Экранопланы во многом напоминают авиационные конструкции. До сих пор не существует единого мнения, правомерно ли их причислять к категории судов и кораблей. Гидродинамика и аэродинамика лишь на первый взгляд кажутся разными отраслями науки. На самом деле это два направления одной науки — динамики потока. Не случайно на заре развития воздухоплавания самолетостроители использовали не только терминологию, но и технические решения кораблестроения, достигающего к тому времени значительных успехов. Сегодня наблюдается обратный процесс: в стремлении достичь высоких скоростей кораблестроители все чаще заимствуют технические решения, применяемые в авиации, и небезуспешно.

Водоизмещающие корабли будущего

При всех достоинствах и перспективности кораблей с динамическими принципами поддержания водоизмещающие корабли в силу известных нам преимуществ в обозримом будущем, по-видимому, не сдадут главенствующих позиций, которые они занимают в военных флотах.

Поиск наиболее эффективных формообразований привел кораблестроителей к катамаранам, а точнее каттумарам, что в переводе с языка тамилы, населяющих побережье Южной Индии и о-ва Шри-Ланка, означает спаренные деревья. Подобные суда с древнейших времен были известны как хорошие ходоки. В прошлом они представляли собой лодку, соединенную с бревном-противовесом, или конструкцию из двух и более скрепленных между собой лодок. В наше время катамаранами обычно называют суда, состоящие из двух корпусов, соединенных между собой жесткой конструкцией — мостом, или такие, у которых носовая часть выполнена однокорпусной, а ближе к корме корпус раздваивается.

Остойчивость катамаранов обеспечивается за счет большого расстояния между корпусами, что позволяет резко уменьшить ширину корпусов до минимальной, лимитируемой плавучестью. Так, у парусных катамаранов отношение длины корпуса к ширине составляет 15–22 — значение, практически недостижимое для кораблей и судов обычных типов. Правда, стремление сузить каждый корпус приводит к резкому увеличению осадки, с ростом которой возрастает смоченная поверхность корпуса, а значит, и сопротивление трения, зато существенно снижается волновое сопротивление. Это именно те условия, которые предпочтительны для быстрого хода корабля.

Однако и здесь существуют свои проблемы.

Как мы уже знаем, при увеличении отношения длины корпуса к ширине возрастает

¹ Journal of Hydronautics. 1980. Т. 14. № 3. Р. 69–73.

² Зарубежное военное обозрение. 1985. № 4. С. 67.

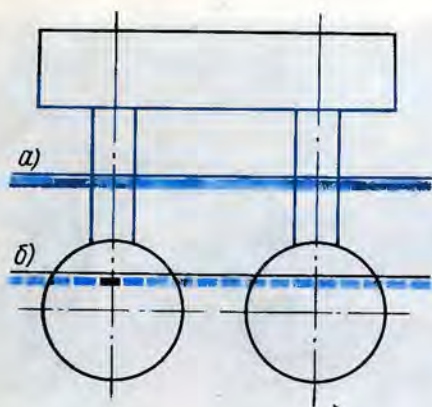


Схема полупогружного катамарана: а — ватерлиния в режиме «Стоп»; б — ватерлиния на ходу

масса корпуса. Кроме того, при чрезмерно большой осадке волнообразование катамарана становится сопоставимым с аналогичным по водоизмещению однокорпусным кораблем, а может и превысить его. В попытке устранить этот специфический недостаток кораблестроители обратились к полупогружной схеме. Такой корабль состоит из двух частей — подводной и надводной, соединенных между собой вертикальными стойками. Подводная часть, представляющая собой два торпедообразных корпуса, обеспечивает кораблю плавучесть. Надводная часть, находящаяся на некотором возвышении от поверхности воды, представляет собой несущую платформу ватерлинии резко сокращается, в связи с чем такие корабли иногда называют кораблями с малой площадью ватерлинии. В результате снижается сопротивление воды движению корабля за счет практически полного исключения волнового сопротивления.

Кроме того, по сравнению с обычным кораблем у полупогружного улучшаются мореходные качества. Ведь обычный водоизмещающий корабль испытывает на волнении значительную качку, а при большой скорости ударяется носовой частью днища о воду, сильно заливаясь. В результате приходится снижать скорость. У полупогружного корабля мореходные качества улучшаются за счет уменьшения площади и продольного момента инерции действующей ватерлинии при сохранении массы и водоизмещения корабля.

Достоинства полупогружных катамаранов, по мнению зарубежных специалистов, не ограничиваются хорошими ходовыми и мореходными качествами. Первостепенным достоинством таких кораблей является не лимитируемая требованиями гидродинамики форма надводного корпуса. Согласно проектным проработкам, его длина будет составлять примерно $\frac{2}{3} - \frac{3}{4}$ от длины однокорпусного корабля аналогичного водоизмещения, а ширина корпуса по палубе в два раза больше. С учетом этого преимущества в США с 60-х гг. ведутся работы по созданию полупогружных катамаранов типа SWATH (Small Waterplane Area Twin Hull) водоизмещением порядка 10—15 тыс. т, с расчетом их использования в качестве авианесущих кораблей с просторной верхней палубой, и что очень важно, большой ее устойчивостью под воздействием качки — одной из основных причин аварий



Экспериментальный полупогружной катамаран «Каймалино»



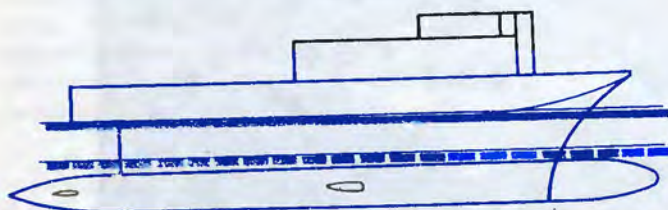
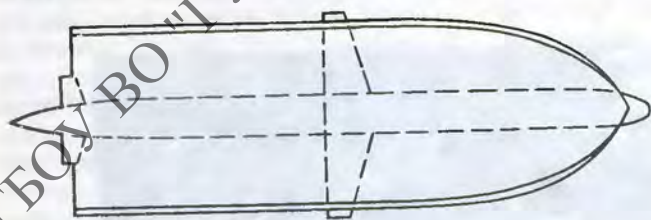
Проектное изображение авианосца типа SWATH

самолетов при посадке на полетную палубу обычных авианосцев. Для отработки проблемных вопросов и конструктивных решений на кораблях такого типа в 1973 г. был построен экспериментальный полупогружной катамаран «Каималино» водоизмещением 224 т с ГТУ мощностью 3,3 МВт и скоростью полного хода 25 уз.

По опубликованным сведениям, в США проведены проектные прора-

ботки кораблей типа SWATH разных классов. Модельные испытания показали, что может быть достигнут значительный выигрыш в мощности энергетической установки по сравнению с аналогичными по водоизмещению обычными кораблями тех же классов.

Определенные надежды в ВМС США связывают и с так называемым кораблем-гибридом типа HYSWAS (Hydrofoil Small Waterplane Area



Проектное изображение полупогружного корабля типа HYSWAS:
а — ватерлиния в режиме «Стоп»; б — ватерлиния на ходу



Проектное изображение полупогружного корабля типа HYSWAS

Ship), корпус которого состоит из верхней, обычной, и нижней, сигарообразной, частей, по аналогии с корпусом катамарана типа SWATH, соединенных относительно тонкой продольной стойкой. Но есть и существенное отличие: на нижнем корпусе расположены подводные крылья. В водоизмещающем режиме движения плавучесть корабля обеспечивается в основном за счет подводного корпуса, стойки и небольшого участка днища надводного корпуса. При увеличении скорости подводные крылья помогают разгрузить надводный корпус и поднять его над поверхностью воды. В воде остается только несущий подводный корпус. При этом, как и на корабле типа SWATH, резко сокращается площадь действующей ватерлинии, улучшаются ходовые и мореходные качества. Проектные проработки и испытания моделей показали, что подобный корабль обладает рядом серьезных достоинств, среди которых — возможность достижения скорости порядка 50 уз при волнении моря 5–6 баллов и значительная полезная нагрузка благодаря конфигурации надводного корпуса, удобной для размещения вооружения и технических средств.

Однако к сообщениям зарубежной прессы следует относиться критически. Не вызывает сомнения, что создание полупогружных кораблей требует решения целого ряда про-

блем технического характера. Не малую сложность составит разработка технологии строительства крупного корпуса с малой массой, что вызовет необходимость использования легких сплавов в огромных масштабах. Погруженный нижний корпус существенно увеличит смоченную поверхность, в результате чего значительно возрастет сопротивление трения, что отрицательно скажется на дальности плавания корабля экономическим ходом. Можно предполагать, что по мере расходования топлива, воды и других переменных грузов полупогружной корабль потребует баллаستировки и дифферентовки по аналогии с подводной лодкой. Немалую сложность представит и автоматическая система управления движением полупогружного корабля, особенно в варианте HYSWAS с учетом его подверженности килевой качке. Придется учитывать, что из-за чрезмерно большой осадки полупогружные корабли будут невозможно использовать в мелководных акваториях и каналах, а для их базирования понадобятся специальные средства и приспособления¹.

В свете указанных трудностей не следует однако забывать, что еще в 1940 г. в Германии была предпринята попытка построить полупогружной корабль, которому был присвоен шифр «VS-5». В качестве нижнего корпуса была использована малая подводная лодка длиной около 30 м. Энергетическая установка состояла из четырех дизелей суммарной мощностью 6000 кВт, работающих на общий гребной вал. Испытания закончились неудачей и немцы к идее полупогружного корабля больше не возвращались².

Конечно, возможности техники и технологии за прошедшие с той поры годы несоизмеримо возросли, но не беспредельно. Подтверждение

¹ Hoveing and Hydrofoil. 1978. Т. 17. № 7. Р. 19–22.

² Судостроение за рубежом. 1986. № 7. С. 56.

тому — многолетний опыт кораблестроителей США, результаты которого пока не вышли за стадию проектных проработок.

Рассказ подходит к концу. Если бы лет 50 назад кто-нибудь предсказал скорость самолета порядка 3000 км/ч, его сочли бы фантазером. В наши дни на фоне скоростей, достигнутых в авиации, скорость даже самых быстроходных кораблей выглядит весьма скромно. Но мы знаем, с какими трудностями и проблемами сталкивались и продолжают сталкиваться кораблестроители, что-

бы достичь даже этих «скромных» скоростей.

Борьба за скорость кораблей продолжается. Еще далеко не исчерпаны возможности повышения скорости. В перспективе могут появиться совершенно новые технические решения, которые обеспечат новый скачок в области ходовых качеств кораблей. Не исключено, что такие корабли будут иметь облик, значительно отличающийся от привычных классических форм. Какой? Только время сможет ответить на этот вопрос.

ФГБОУ ВО "ТУМРФ имени адмирала С.О. Макарова"

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров Г. Н., Питомец Ю. А., Полежаев Л. И. Состояние и перспективы развития энергетических установок надводных кораблей//Судостроение за рубежом. 1977. № 5. С. 3—27.
2. Афанасьев В. И. Боевые скорости военных судов//Мор. сб. 1896. № 5. С. 103—125.
3. Он же. Практические законы движения судов. Вып. 2. СПб, 1895. С. 133—288.
4. Белагин Н. И. Летящие корабли. М.: ДОСААФ, 1983. 111 с.
5. Он же. Экранопланы. Л.: Судостроение, 1963. 175 с.
6. Беляев. Очерк военного судостроения в России. СПб, 1885. 48 с.
7. Боголюбов Н. История корабля: В 2 т. М., 1880. Т. 2.
8. Бурачек С. Наука и искусство корабельного зодчества//Мор. сб. 1872. № 7. С. 109—163.
9. Буслей К. Новейшие торговые и военные суда. СПб, 1890. 50 с.
10. Генриот Э. Краткая иллюстрированная история судостроения. Л.: Судостроение, 1974. 191 с.
11. Гилмер Т. К. Проектирование современного корабля. Л.: Судостроение, 1984. 376 с.
12. Гирс И. В. Первый русский опытовый бассейн. Л.: Судостроение, 1968. 183 с.
13. Гумилевский Л. Творцы паровых турбин. М.—Л.: ОНИТИ, 1936. 263 с.
14. Данилов Л. Дизель-моторы и их применение как судовых двигателей//Мор. сб. 1915. № 6. С. 1—49.
15. Жуковский Н. Е. Документы научной и общественной деятельности. М.: Оборонгиз, 1954. 154 с.
16. Ильин В. А. Адмирал скоростного флота. М.: Политиздат, 1983. 93 с.
17. Карно С. Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу//Второе начало термодинамики. М.—Л.: ГТТИ, 1934. С. 15—70.
18. Корабельная энергетика за годы советской власти/И. Д. Дорофеев, П. Е. Букин, Н. А. Клименко, А. А. Рихтер//Мор. сб. 1966. № 7. С. 76—83.
19. Крылов А. Н. Воспоминания и очерки. М.: АН СССР, 1956. 883 с.
20. Лобач-Жученко Б. М. Морские паровые турбины. СПб: Изд-во Риккера, 1907. 166 с.
21. Макаров С. О. Вопросы морской тактики и подготовка офицеров. М.: Военмориздат, 1943. 264 с.
22. Он же. Документы: В 2 т. М.: Военмориздат, 1953. Т. 1—2.
23. Он же. Рассуждения по вопросам морской тактики. СПб, 1897. 299 с.
24. Менделеев Д. И. Сопротивлении жидкости и воздухоплавание. СПб, 1880. 80 с.
25. Мордовин П. Русское военное судостроение в течение последних 25 лет (1855—1880). СПб: Мор. м-во, 1881. 262 с.
26. Мохов Ю. М., Черненко Г. Т., Богачев К. Д. Первые суда на воздушной подушке/Катера и яхты. 1974. № 2. С. 20—25.
27. Окунов М. М. Опыт сочинения чертежей военным судам. СПб, 1836. 368 с.
28. Применение алюминиевых сплавов в зарубежном кораблестроении и вопросы их противопожарной безопасности/Ю. С. Золотаревский и др./Судостроение за рубежом. 1985. № 11. С. 33—44.
29. Смирнов Г. В. Рожденные вихрем. М.: Знание, 1982. 191 с.
30. Соловьев В. И., Чумак Д. А. Корабельные двигатели. М.: Воениздат, 1948. 391 с.
31. Сорокин А. И., Краснов В. Н. Корабли проходят испытания. Л.: Судостроение, 1985. 231 с.
32. Травиничев А. Миноносцы. Развитие и боевая деятельность: Сб. пер. М.—Л.: Военмориздат НКВМФ, 1940. 223 с.
33. Уайт У. Г. Руководство по теории кораблестроения для офицеров королевского флота, шкиперов коммерческого флота, кораблестроителей, судовладельцев и моряков-любителей. СПб: Мор. м-во, 1881. 876 с.
34. Шапиро Л. С. Атомные надводные корабли ВМС США//Мор. сб. 1966. № 12. С. 79—83.
35. Он же. Комбинированные энергетические установки в зарубежных ВМФ//Мор. сб. 1968. № 8. С. 78—86.
36. Он же. Развитие газотурбинных кораблей//Мор. сб. 1987. № 3. С. 64—67.
37. Шершов А. П. История военного кораблестроения. М.—Л.: Госвоенмориздат, 1940. 360 с.
38. Jane F. Fighting ships. London, 1910—1986.

«Авион-3» 110
 «Агамемнон» 16
 «Айвин» 69
 «Алабама» 23
 «Александр Невский» 25
 «Алект» 14
 «Алерт» 44
 «Альберго ди Барбиано» 84
 «Альмиранте Линч» 83
 «Андрей Первозванный» 66
 «Арли Берк» 98
 «Архимед» 13, 17
 «Атланта» 91
 «Аттилио Реголо» 87
 «Ахерон» 79
 «Батум» 41, 42
 «Бейнбридж» 101
 «Бисмарк» 64
 «Бисбон» 69
 «Блитц» 25
 «Богатырь» 12, 13
 «Бра Д'Ор» 106
 «Бремен» 71
 «Бристоль» 72
 «Бруклин» 89
 «Брячислав» 83
 «Буффало» 30
 «ВН-7» 113
 «Вайпер» 44, 58
 «Вампона» 23
 «Вангард» 21
 «Ванда» 65
 «Великий князь Константин» 78
 «Велокс» 59, 60
 «Взрыв» 41
 «Видный» 65
 «Виллинген» 96
 «Вирджиния» 101
 «Волонтер» 44
 «Вольтижер» 61
 «V-99» 71
 «V-100» 71
 «V-191» 71
 «VS-5» 121
 «VS-8» 105
 «VT-2» 113
 «Галатей» 11
 «ГАНТ-4» 90

«ГАНТ-5» 90
 «Гебен» 71
 «Генерал-адмирал» 18, 25, 44
 «Герман» 71
 «Геркулес» 21
 «Герцог Эдинбургский» 25, 35
 «Гнейзенау» 70
 «Грейт Вестерн» 14
 «Грейт Истерн» 33
 «Грейхоунд» 34
 «Гром» 71
 «Д-3» 90
 «Демологос» 11
 «Деструктор» 46
 «Джузеппе Гарибальди» 89, 98
 «Дивастейла» 22
 «Дойчланд» 80, 81
 «Дредноут» 62
 «Дуайт Д. Эйзенхауэр» 101
 «Дэринг» 46, 48, 57
 «Жорж Леги» 96
 «Ижора» 12
 «Измаил» 63
 «Имиказе» 69
 «Инвинсибл» 70, 98
 «Инконстант» 24
 «Интерпид» 42
 «Инфлексибл» 20, 70
 «Ирис» 25, 26
 «Ирокез» 96
 «Каималино» 120
 «Кайзер Вильгельм II» 55
 «Калифорния» 101
 «Камчатка» 17
 «Карабинер» 61
 «Карло Мирабелло» 83
 «Каролина» 60
 «Кассар» 84
 «Кассин» 76
 «Каунти» 95
 «Кенигсберг» 80
 «Кент» 82
 «Кептен» 21, 22, 24
 «Кидд» 98
 «Киров» 88, 89, 102
 «Клермонт» 9, 11
 «Кобра» 58
 «Колингвуд» 26

«Колумбия» 52, 116
 «Комета» 14, 112
 «Кондринтон» 83
 «Кортенаер» 96
 «Котлин» 42
 «Ла Далисоньер» 89
 «Ла Фантаск» 84
 «Ла Фудр» 50
 «Лайтфут» 83
 «Лансье» 46
 «Ласточка» 60, 63
 «Ле Корс» 16
 «Леандер» 89
 «Леги» 101
 «Лейпциг» 80
 «Лейтенант Ильин» 45
 «Ленин» 99
 «Ленинград» 85
 «Леоне» 85
 «Лонг Бич» 100
 «Лузитания» 53
 «Лука Тарго» 85
 «L.C.A.C.» 113
 «Лупо» 96
 «Лютцев» 81
 «Л-1» 110, 111
 «Л-5» 111
 «Мавритания» 53
 «Мария» 17
 «Махарусса» 16
 «Меримак» 20
 «Митчер» 92
 «Могами» 89
 «Монарх» 21
 «Монитор» 20
 «Муцио Аттендоло» 88, 89
 «MGB 2009» 92
 «MSH «Кардинал» 113
 «М-161» 106
 «Наполеон» 16
 «Наутилус» 99
 «Немезис» 19
 «Николай I» 71
 «Новик» 53, 54, 68, 69, 70, 71, 93
 «Норбург» 71
 «Нозби» 25
 «Нюрнберг» 89
 «ND-4» 104

«Оклахома» 63
 «Оливер Х. Перри» 98
 «Ослябя» 36
 «Оспрей» 6
 «Оушенник» 53
 «Пегас» 106
 «Первенец» 90
 «Пересвет» 36
 «Петр Великий» 22
 «Плейнвью» 106
 «Победа» 74
 «Победитель» 71
 «Полифемус» 25
 «Полкан» 17
 «Помона» 16
 «Принстон» 14
 «Принц Астурийский» 98
 «Прыткий» 49
 «Раймонд А. Спрюенс» 97, 98
 «Рап» 40
 «Раттлер» 14, 67
 «Ривер» 59
 «Ришелье» 102
 «Россия» 60
 «Руперт» 6
 «RAM-1» 117
 «RAM-2» 117
 «Саванна» 11
 «Свифт» 62, 69, 83
 «Сент Истван» 72
 «Сириус» 11
 «Скорый» 12

«Скотиа» 16
 «Сокол» 49
 «Спарвьеро» 106
 «Султан Селим Явуз» 71
 «Сутзуя» 54
 «SES-100A» 113
 «Сфакс» 25
 «S-36» 69
 «SES-100A» 113
 «SES-100B» 113
 «SKMR-1» 112
 «SR № 3» 111
 «SR № 4» 111, 114
 «SR № 6» 113
 «Талисман» 24
 «Ташкент» 86, 87
 «Техас» 29, 76
 «Тикондерога» 98
 «Тиммерман» 91, 92, 93
 «Титос» 54
 «Тракстан» 101
 «Транзит» 6
 «Турбиния» 57, 58, 93
 «ТМ-4» 104
 «Уильям Гунстон» 13
 «Уориор» 20
 «Уотеруич» 44
 «Флэгстафф» 106
 «Форбан» 49
 «Фултон-1» 11
 «F-122» 96
 «FR-6» 105

«Ховеркрафт» 109, 110
 «Хорнет» 46
 «Худ» 64
 «Хэвок» 46
 «X-114» 118
 «Цусима» 54
 «Чарльстон» 72
 «Шарлотта Данлас» 8, 9
 «Шарнхорст» 70
 «Шассер» 61
 «Шевалье» 46
 «Шефилд» 96
 «Шквал» 66
 «Эден» 59, 60
 «Эксмут» 97
 «Эксперимент» 8
 «Экспресс» 55
 «Эмден» 76
 «Эмиль Бертен» 88, 89
 «Энтерпрайз» 101
 «Эсмеральда» 25
 «Этна» 28
 «Юнайтед Стейтс» 70
 «Ягуар» 84
 «Яков Свердлов» 71
 «Якумо» 54
 «Ястреб» 67
 № 149 46
 № 243 62
 № 293 62

ФГБОУ ВО "ТУМРФ имени адмирала С.О. Макарова"

- Абдула Азис 16
Адер К. 110
Александровский И. Ф. 39
Алексеев Р. Е. 104, 105
Алкнис Я. И. 110
Аллен 43
Амосов И. А. 17
Аракчеев А. А. 109
Афанасьев В. И. 51, 52, 60, 65
Басин А. М. 79, 112
Бел А. 104
Белявин П. Л. 67
Бестужев М. А. 43
Бетц А. 115
Биячуев Ш. А. 115
Боклевский К. П. 50, 65
Болдуин К. 104
Боссю Ш. 6
Бранка Д. 56
Брикс Ф. А. 79
Брунель И.
Бугер П. 6
Бурачек С. О. 44
Вагнер Г. 90
Ветчинкин В. П. 79
Вешкурцев П. Ф. 67
Гамалей П. Я. 28
Герон Александровский 56
Голубев В. В. 115
Горощенко Б. Т. 115
Горький А. М. 4
Гроховский П. И. 115
Д'Аламбер Ж. 6
Д'Аламбер Ш. 72, 73, 103
Джевецкий С. К. 79
Дизель Р. 64, 65
Дид А. 5, 6
Дюпон де Лом 16
Жуковский Н. Е. 28, 76, 79, 112
Зобнин Б. А. 105
Зотиков Г. И. 96
Иванов 109
Иевонс 19
Каарио Т. 116, 117
Карман М. 28
Карно Л. 64
Карно С. 65, 92
Келдыш М. В. 104
Клейнмихель П. А. 109
Кокерелл К. 109
Кондорсе Ж. 6
Колосов С. Д. 98
Кольз 21, 22
Коновалов И. М. 112
Корт Г. 19
Костычев Г. И. 115
Кочин Н. Е. 85, 90, 104
Крылов А. Н. 25, 36, 37, 52, 67, 85
Кузьминский П. Д. 94
Куликов С. В. 112
Кутейников Н. Е. 60
Кутейников Н. Н. 67
Лаваль Г. 56
Лаврентьев В. М. 79
Лаврентьев М. А. 90, 104
Ламб Г. 28
Левков В. И. 110, 111
Лейярд 19
Леонардо да Винчи 27, 28
Липиш А. 117
Луппис М. 39
Луцкий Б. Г. 65
Макаров С. О. 52, 60, 74, 78
Маркс К. 7
Мартен П. 20
Маскалик А. И. 105
Менделеев Д. И. 29, 35
Мерсен М. 19
Микулин А. А. 90
Насилов С. Н. 115
Ньюкомен Т. 8
Ньютон И. 6, 27
Окунев М. М. 23
Павленко Г. Е. 90
Папен Д. 7
Папкович П. Ф. 85
Папмель Э. Э. 79
Парсонс Ч. 56, 57, 58, 60, 63, 94
Пистолези Е. 115
Поздунин В. Л. 79, 107
Ползунов И. И. 8
Поляков Н. Н. 79
Попов А. А. 22, 25, 40
Прандтль Л. 28, 29, 115
Рамси Д. 43
Рамус Ч. 72
Рейнольдс О. 28, 29, 30
Рэлей В. 5
Рид Э. 21, 23
Рождественский З. П. 65
Россел С. 33, 34
Рузский Д. П. 79
Рутвен 44
Сабинин Г. Х. 79
Саблуков А. 44
Саймингтон Ч. 8
Сакенберг 104
Сведенберг Е. 109
Северн Т. 7, 8
Седов Л. И. 90
Сейдель 44
Серебрянский Я. М. 115
Сименс 20
Смирнов А. И. 67, 115
Смит Ф. 13
Сретинский Л. Н. 90
Теннисон К. Э. 68
Титънс О. 104
Томамхул Д. 110
Торникфорт 43, 44, 46, 112
Троенг И. 117
Тугуд 43
Туполев А. Н. 90, 110
Уайтхед Р. 39, 40
Уатт Д. 7, 8
Уилкинсон Д. 19
Уорнер Д. 111, 117
Ушаков Б. А. 115
Филиппов Д. Д. 66
Фитч Д. 8
Фишер Ф. 46, 49, 59, 63, 64
Форланини Э. 103, 104
Фруд У. 33, 34, 37, 72
Фултон Р. 9, 11
Хейес 43
Хулл Д. 8
Циолковский К. Э. 110
Чаплыгин С. А. 79
Черномашинцев Н. А. 115
Шапкин И. М. 105
Шертель Г. 104
Шиманский Ю. А. 85
Эйлер Л. 6, 27, 28
Эйфель А. 102
Энгельс Ф. 20, 52
Эриксон Д. 13, 14
Юнкерс Г. 64, 67
Юрьев Б. Н. 79, 110, 114
Якоби Б. С. 43, 44
Ярроу А. 41, 42, 43, 46, 50

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. От парусных к паровым	5
На пределе возможностей	5
Без парусов	7
Первые паровые корабли	11
Гребной винт завоевывает позиции	13
Последняя война парусных кораблей	16
Глава 2. Корабли набирают скорость	18
Железо — союзник скорости	18
Крейсер — корабль быстроходный	23
Кораблестроители разводят руками	25
Вода сопротивляется	28
У. Фруд решает задачу	32
У. Фруд решил задачу, но не проблему	37
Глава 3. Преодоление тридцатизлового барьера	39
Им необходима быстроходность	39
Надежды и разочарования	42
«...Их задача — уничтожить миноносцы»	45
В. И. Афанасьев предостерегает	51
Кризис паровой машины	52
Глава 4. Качественный скачок	56
Рекорды и ... катастрофы	56
В подготовке к мировой войне	61
Двигатель Р. Дизеля оснащает	64
Рекордный корабль — эсминец «Новик»	68
Война экзаменует	70
Атакуют торпедные катера	72
Глава 5. Между мировыми войнами	75
В поисках выхода	75
В обход Версальского договора	79
Лидеры — этап в борьбе за скорость	82
Советские корабли на уровне задач	85
Глава 6. Вчера, сегодня, завтра	90
Лидеры уходят в историю	90
Третья жизнь комбинированных установок	92
На энергии ядерного распада	99
Уходя от волнового сопротивления	102
С опорой на воздух	109
Корабль или самолет?	114
Водоизмещающие корабли будущего	118
Список литературы	123
Указатель кораблей и судов	124
Указатель имен	126

Научно-популярное издание

Лев Семенович Шапиро

САМЫЕ БЫСТРЫЕ КОРАБЛИ

Заведующий редакцией *Ю. И. Смирнов*

Редактор *Л. А. Алиева*

Оформление художника *Ю. Б. Осенчакова*

Художественный редактор *Э. А. Бубович*

Технический редактор *Р. К. Чистякова*

Корректор *С. Н. Миковская*

ИБ № 1341

Сдано в набор 17.12.87. Подписано в печать 03.10.88. М — 27795. Формат 70×100¹/₁₆. Бумага тип. № 1. Гарнитура литературная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 10,4. Усл. кр.-отт. 20,15. Уч.-изд. л. 11,2. Изд. № 4205—86. Тираж 100 000 экз. Заказ 820. Цена 50 коп.

Издательство «Судостроение», 191065, Ленинград, ул. Гоголя, 8

Ленинградская типография № 2 головное предприятие ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 198052, г. Ленинград, Л-52, Измайловский проспект, 29.

24
50 коп.



ФГБОУ ВО "ТУМРФ имени адмирала С.О. Макарова"