

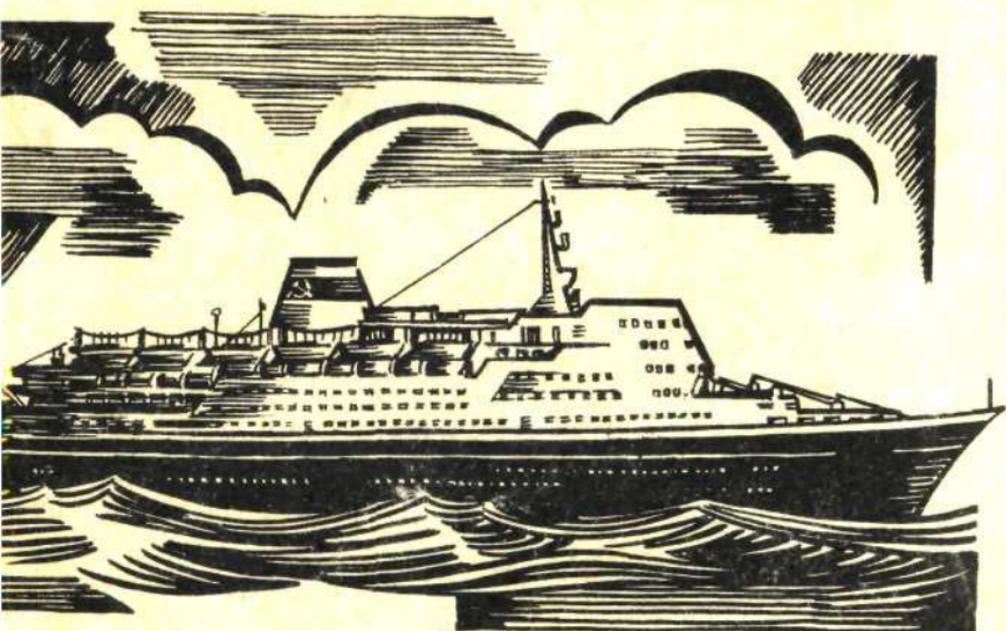
АКАДЕМИЯ НАУК
СССР

НАУЧНО
ПОПУЛЯРНАЯ
СЕРИЯ



А. Г. СЫРМАЙ

КОРАБЛЬ



АКАДЕМИЯ НАУК СССР
НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ

А. Г. СЫРМАЙ

КОРАБЛЬ

Его прошлое, настоящее и будущее

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

МОСКВА 1967

Книга А. Г. Сырмая адресована широкому читателю. Автор рассматривает корабль не только как современное транспортное сооружение, но и как предмет материальной культуры прошлого. Такой подход к теме обусловил выбор освещаемого автором круга вопросов.

Он рассказывает о происхождении термина «корабль» в русском языке, излагает элементарные сведения о мореходных качествах корабля. Значительное место уделяет истории кораблестроения и мореплавания, зарождение которых относится к временам, отдаленным от нашей эпохи многими тысячелетиями. Книга знакомит с типами гребных и парусных судов древности и средневековья, развитием парового и дизельного флота, а также технических устройств, обеспечивающих возможности движения судна.

Читатель найдет в книге сведения об эстетике корабля, любопытные примеры из практики мореплавания и судостроения различных эпох, иллюстрирующие значение того или иного свойства корабля для безопасности его плавания и правильной эксплуатации.

Описание устройства нескольких типов морских транспортных судов поможет читателю составить необходимое представление о современных достижениях в кораблестроении. Книга заканчивается изложением некоторых общих проблем, связанных с дальнейшей судьбой морского транспортного флота.

Ответственный редактор Академик Т. С. ХАЧАТУРОВ

3 — 18 — 5

14 — 67

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ОТКУДА ПРОИЗОШЛО СЛОВО «КОРАБЛЬ».....	7
КАК УСТРОЕН КОРАБЛЬ	8
ЭЛЕМЕНТЫ НАУКИ О КОРАБЛЕ.....	10
Плавучесть	10
Остойчивость	11
Живучесть судна	14
Ходкость.....	16
Качка.....	19
Прочность.....	21
Вибрация	22
МОРЕХОДСТВО И СУДА ДРЕВНЕГО МИРА.....	24
ДАЛЬНЕЙШЕЕ РАЗВИТИЕ ГРЕБНОГО И ПАРУСНОГО ФЛОТА.....	33
ПАРОВОЕ СУДОХОДСТВО.....	42
РАЗВИТИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДВИЖЕНИЯ СУДНА.....	47
Двигатель.....	47
Судовые движители	51
Руль и рулевое устройство.....	56
СОВРЕМЕННЫЕ ТОРГОВЫЕ КОРАБЛИ.....	57
Пассажирские суда.....	57
Танкеры	62
Суда для грузов, перевозимых навалом	67
Суда для тарных и штучных грузов	68
ЭСТЕТИКА КОРАБЛЯ	72
НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ БУДУЩЕГО.....	77
Новые виды энергии	77
Суда на подводных крыльях.....	79
Суда на воздушной подушке	83
Подводные транспортные суда.....	86
Автоматизация процессов управления.....	88
Новые материалы.....	90

ВВЕДЕНИЕ

Трудно представить себе современный мир без морского флота, без кораблей. Днем и ночью, в любую погоду во всех направлениях бороздят океаны и моря тысячи судов, выполняя важную роль в экономической жизни государств. Перевозимые ими грузы жизненно необходимы. Это нефть и нефтепродукты, руда, уголь и другие виды материального сырья, лесоматериалы, металл и машины, зерно, сахар, фрукты, овощи и другие продукты питания и т. д. Прекращение доставки их или несвоевременная доставка может оказать катастрофическое влияние на жизнь ряда стран.

Вот почему ни состояние моря, ни погода не могут ни на один день остановить этот огромный транспортный конвейер, раскинувший свои ответвления по земному шару.

Современный корабль является сложным транспортным сооружением. Его проектирование, постройка и эксплуатация основаны на использовании широкого круга научных данных. Законы гидродинамики, например, находят применение при проектировании формы корпуса и гребных винтов. Аэродинамика помогает найти наилучшую форму надводной части корабля. Законы механики подсказывают, как спроектировать судно, чтобы его качка была умеренной. Наука о законах резонансных колебаний твердых тел и систем помогает предотвратить вредное и неприятное явление вибрации, теория упругости, статика сооружений и другие являются базой строительной механики корабля, на основе которой рассчитывают его прочность. На судах устанавливают всевозможные механизмы, приборы, автоматические устройства. При постройке судна применяют разнообразные материалы. Поэтому в судостроении используются новейшие достижения и таких наук, как термодинамика, электроника, материаловедение и т. д. Астрономия непосредственно используется для целей навигации. Наконец экономические расчеты позволяют найти наиболее благоприятное соотношение всех элементов корабля, чтобы при наименьших затратах можно было перевозить на нем наибольшее количество груза. Трудно перечислить все отрасли современных знаний, используемых прямо или косвенно в судостроении.

В течение многих веков конструкция корабля видоизменялась и приспособлялась к условиям его эксплуатации. Так, стремление снизить сопротивление воды движению корабля и тем самым увеличить его скорость вызвало необходимость усовершенствования формы подводной части корпуса, в результате чего она приобрела благоприятную обтекаемость.

В настоящее время существует множество типов и разновидностей судов: танкеры, рудовозы, нефтерудовозы, рефрижераторы, лесовозы, пассажирские суда, буксиры, баржи, цементовозы, сахаровозы, суда для перевозки древесной пульпы и т. д. Это только основные типы транспортных судов. Кроме того, есть рыбопромысловые суда, дноуглубительные снаряды, кабелеукладчики, ледоколы, научно-исследовательские суда и многие другие разновидности кораблей, не считая военных.

Совершенно очевидно, что изложить все вопросы, связанные с постройкой корабля, и дать описание всех типов судов в книге небольшого объема невозможно. Автор ограничил свои задачи изложением наиболее общих и наиболее доступных для широкого читателя проблем, главным образом относящихся к сфере морского транспортного судоходства. Тем из читателей, кто заинтересуется темой более глубоко, можно рекомендовать обратиться к специальной литературе. Однако при этом необходимо помнить о том, что охватить весь комплекс вопросов, связанных с изучением корабля, чрезвычайно трудно. Поэтому углубление знаний следует специализировать по каким-либо конкретным направлениям, общая характеристика которых составляет предмет настоящей книги.

* * *

Морской транспорт перевозит сейчас около 1,5 млрд. *t* грузов в год. К 2000 г. это число увеличится предположительно в 1,5 раза и достигнет 2,2 — 2,3 млрд. *t*. А 150 лет назад морской транспорт перевозил за год всего лишь около 20 млн. *t*.

Эти данные недостаточно полно определяют работу морского флота. Мало знать, сколько перевезено груза, нужно знать еще, как велика дальность перевозок. Транспортная продукция, измеряемая произведением веса перевозимого груза на дальность его перевозки, выражается тонномилиями. Данные за 1960 г. показывают, что из общего объема транспортной продукции 5,9 триллиона тонномиль около 3,2 триллиона тонномиль, т. е. более половины, приходится на долю морского транспортного флота. Такое соотношение сохраняется в течение долгого времени, и в недалеком будущем оно не может

существенно измениться. Это объясняется как особенностями региональных связей, осуществляемых морским транспортным флотом, так и его технико-экономическими преимуществами в сравнении с другими видами транспорта.

Наибольшее значение в транспортной работе морского флота имеют межконтинентальные перевозки, которые не только растут в абсолютном выражении, но и существенно видоизменяются под влиянием крупных политических перемен, характерных для нашего времени. Если грузооборот капиталистических стран Европы в межконтинентальном обмене с 1937 по 1960 г. вырос всего в 1,8 раза, то для стран Латинской Америки увеличение составляет 2,8 раза, Азии — 3,1, Африки — 2,3 раза. Процесс увеличения грузооборота для этих стран пока что идет за счет более интенсивного вывоза сырьевых запасов. По-видимому, в дальнейшем по мере укрепления их хозяйственной независимости значительно возрастет и прибытие грузов, особенно если учесть успешно развивающееся укрепление дружественных связей с высокоразвитыми в промышленном отношении странами социалистической системы. Все это говорит в пользу весьма благоприятных перспектив для развития морского транспортного флота и дальнейшего укрепления его значения в системе мирового хозяйства.

Для развития морского транспортного флота большое значение имеет наблюдающаяся неравномерность в распределении источников сырья и пунктов его потребления. Например, добыча и потребление нефти в основных районах мира распределяются в следующем соотношении (в процентах от мирового уровня, не считая СССР и Румынии):

	Добыча	Потребление
Центральная и Южная Америка	20	3,6
Страны Ближнего и Среднего Востока	46	10
Африка	4,8	2,5
Западная Европа	1,5	35
Северная Америка	22	35

С течением времени разрыв между добычей и потреблением нефти в разных районах мира может несколько сократиться, однако объем перевозок ее морским транспортным флотом не уменьшится, так как общий объем добычи будет возрастать. По экспертным оценкам, добыча нефти к 1970 г. возрастет примерно до 1,5 млрд. *т*, а перевозки ее морским флотом — до 0,85 млрд. *т*, т. е. вдвое по сравнению с современным уровнем.

Важным объектом морских перевозок за последние годы стала руда. В 1961 г. перевезено около 100 млн. *т* рудных грузов по сравнению с 25 млн. *т* в 1950 г. Растет и дальность их перевозок. К 1970 г. предполагается рост перевозок рудных грузов морскими путями по сравнению с существующим в 1,6 — 1,7 раза по тоннам и почти в 2 раза по тонномилям.

Исследование аналогичных данных по другим видам грузов (зерновые, лесоматериалы и т. д.) также показывает перспективы роста их перевозок по морским путям.

Необходимо учитывать еще важную сторону влияния морского транспортного флота на современную жизнь. В настоящее время основная часть флота капиталистических стран принадлежит США, Англии и нескольким другим высокоразвитым в промышленном отношении странам. Большинство развивающихся стран, недавно освободившихся от колониального гнета, не имеет собственного флота. Капиталистические страны, владеющие флотом, зачастую пользуются им не только как одним из средств экономического ограбления (развивающиеся страны ежегодно выплачивают капиталистическим судовладельческим монополиям фрахт за перевозку своих грузов около 2 млрд. долларов в год), но и для политического давления.

В хозяйственной жизни социалистических стран и, в частности, в СССР морской транспортный флот играет огромную роль. Особенно быстро он развивался после победы Великой Октябрьской социалистической революции. До революции основными предметами вывоза из страны были хлебные грузы. В 1913 г. общий объем перевозок составлял 15,1 млн. *т*. В настоящее время морской транспортный флот перевозит 83,6 млн. *т* (1962 г.) грузов, в том числе таких, как уголь, лес, руда, машины и станки, нефть и нефтепродукты. Грузооборот отечественного морского транспортного флота в настоящее время (в тонномилях) возрос в 11 раз по сравнению с 1913 г. Важные задачи выполняет наш флот во внешнеторговых перевозках. За последние 10 лет объем внешней торговли вырос в 2,7 раза. Значительно увеличился тоннаж морского транспортного флота.

Одним из существенных технико-экономических преимуществ морского транспортного флота является его сравнительно небольшая удельная мощность. Так, если для морского транспортного флота

удельная мощность находится в пределах 0,2 — 0,8 л. с. на 1 т грузоподъемности, то для железнодорожного транспорта она равна 1,4, а для автомобильного — 20 л. с. на 1 т грузоподъемности. Техничко-экономические преимущества морского транспортного флота наиболее ярко проявляются в том, что себестоимость перевозок грузов морскими судами более чем в 1,5 раза ниже, чем на железнодорожном транспорте. На морском транспортном флоте более высокая производительность труда. На современном танкере грузоподъемностью 50 — 60 тыс. т, что по грузоподъемности равно 10 — 15 большегрузным железнодорожным составам, штат команды 40 — 45 человек. Автоматизация и механизация управления судном и судовыми процессами позволят сократить численность экипажа в дальнейшем еще по крайней мере в 2 — 3 раза.

Однако прежде чем достигнуть столь большой производительности и низкой себестоимости перевозок, морской транспортный флот прошел долгий путь совершенствования и сконденсировал в себе все достижения человеческого гения.

Мы знаем, что применявшийся длительное время в качестве движущей силы судна малопродуктивный труд гребцов благодаря постепенному усовершенствованию парусного флота был заменен использованием энергии ветра. Затем появились суда с механическими силовыми установками. Суда становились все более мореходными по мере улучшения их конструкции; наряду с совершенствованием методов кораблевождения это позволяло им плавать в морях и океанах вдали от берегов, но более коротким путям.

Если подсчитать возможности выполнения современного объема грузооборота морского транспорта средствами и способами гребного флота, то выяснится, что для этого потребовалось бы свыше 3 млн. судов, а для обслуживания их — около 900 млн. моряков.

В действующем сейчас составе морского транспортного флота занято примерно 850 тыс. человек, или в тысячу с лишним раз меньше.

Очевидно, что научно-технический прогресс в области кораблестроения, как составная часть общего процесса развития производительных сил, способствовал подъему экономического состояния человечества.

ОТКУДА ПРОИЗОШЛО СЛОВО «КОРАБЛЬ»

Язык, которым мы пользуемся, общаясь между собой, живет, изменяется; в процессе его развития одни слова вытесняются и заменяются другими. Это справедливо как для общелитературного языка, так и для специальной технической терминологии, в частности той, которая применяется кораблестроителями и мореходами.

Вопрос о происхождении кораблестроительных и морских терминов является весьма интересным и подлинно научным. Видный советский судостроитель И. К. Сморгонский более пяти лет посвятил его изучению. Не довольствуясь словарями, он изучал первоисточники, хранящиеся в государственных архивах. В 1936 г. издана его книга «Кораблестроительные и некоторые иные морские термины нерусского происхождения» (М. — Л., Изд-во АН СССР) с предисловием и под редакцией академика А. Н. Крылова. Обилие использованных автором исторических данных, выдержек из подлинных редких сочинений и архивных документов делают эту книгу полезной для всех, кто интересуется происхождением бытующих в русском языке кораблестроительных терминов.

Слово *корабль* впервые упоминается в древнейших русских летописях. Так, в Лаврентьевской летописи сказано: «В лето 6374 (866) иде Асколд и Дир на Греки... внутрь суду [Залив Золотой Рог. — Прим. автора] вшедше, много убийство крестьяном створиша; и в двою сот *корабль* Царьград оступиша...» И далее: «В лето 6415 (907) иде Олег на Греки. Игоря остави в Киеве... и с сими со всеми поиде Олег на конех и на *ко-раблех* и бе числом *кораблей* 2000...»

В то же время употреблялись и другие названия — *скедиш*, *лодьи*, *съсуды*, *ушкуи*, *кербаты*, *струги* и т. д. Так летопись сообщает, что «в лето 6449 (941) иде Игорь на Греки, яко послаше Болгаре весть ко царю, яко идуць Русь на Царьград *скедиш* 10 тысящ... Русь же възра-тишася к дъружине своей к вечеру и на ночь влезоша в *лодью* и отбегоша». В Троицкой летописи записано: «Про-идоша Волгой из Новгорода из Великого 150 *ушкуев*, Ноу-городци разбойници ушкуйници избиша Татар множество, Бессермен и Ормен в Новгороде Нижнем, жен и детей, товар их пограбиша, а *съсуды* их, *кербаты* и *лодьи* и *учаны* и *пабусы* и *струги*, то все посекоша».

Однако все эти термины, как и более поздние, не удержались в русском языке. В настоящее время сохранились лишь *судно* как обобщающее понятие для плавающего сооружения и *корабль*.

Определить источник происхождения слова *корабль* трудно. Дело в том, что в сравнительно давние времена у разных народов употреблялись созвучные слова для определения корабля. Так, в греческом языке употреблялось слово *χαραζογ*, в латинском *carabus*, в итальянском *caravella*, в испанском *carabela* и т. д. Однако созвучие характерно и для многих других слов, возникших в далекой древности и характеризующих сходные социально-экономические функции. Академик Н. Я. Марр в качестве примера указывал на то, что романско-латинское слово *ka-bal* (французское *cheval*), обозначающее лошадь, соответствует греческому и латинскому *ka-mel* и семитическим *ga-mal* (еврейский) и *ga-ml* (арабский), обозначающим верблюда. В основе однозвучия этих слов на разных языках лежит, таким образом, сходство объектов, к которым они относятся.

Следует отметить, что ни в одном из языков, кроме славянских, слово *корабль* не сохранилось, а для обозначения однородных понятий употребляются выражения *vessel* и *ship* (английский), *Schiff* (немецкий), *navire* (французский) и т. д. Кроме того, в очень древних славянских литературных памятниках слова *корабль*, *коробища*, *korab* (чешский) употребляются для перевода греческого слова *πλοτον*, латинских *liburnus*, *trieris* и т. д.

КАК УСТРОЕН КОРАБЛЬ

Изучением устройств корабля в широком смысле этого слова занимается целый ряд смежных наук, например такие, как корабельная архитектура, строительная механика корабля, основы проектирования судов и др. В зависимости от конкретных задач та или иная наука изучает либо конструкцию корпуса, либо планировку внутренних помещений, либо оборудование судна спасательными, якорными, швартовыми устройствами, трубопроводами и т. д., необходимыми для нормальной эксплуатации судна. Исходя из того, что эта книга не рассчитана на специалистов, мы ограничим описание устройства корабля лишь тем минимумом, который потребуется для подхода к дальнейшему изложению темы. Впоследствии мы еще будем возвращаться к вопросу о конструктивных особенностях корабля, когда непосредственно перейдем к более подробному рассмотрению его истории, современного состояния и перспектив развития. В этом разделе речь пойдет о самых общих чертах его устройства. Здесь же будут приведены и некоторые специальные термины.

Несмотря на долгий период развития корабля, насчитывающий по крайней мере 8 тыс. лет, а возможно, и больше, схема его устройства сохранилась в общих чертах до настоящего времени.

Главный элемент корабля — его *корпус*. Он состоит из наружной *обшивки*, которая образует *днище* и *борта*. Сверху корпус закрыт *палубой*. На очень больших грузовых, а также на пассажирских судах может быть несколько палуб. Над верхней непрерывной (главной) палубой, которая простирается от борта до борта и от носа до кормы судна, устраивают помещения разного назначения. Если они занимают весь промежуток от одного до другого борта, то их называют *надстройками*, если же ими занята сравнительно небольшая часть ширины судна, то они называются *рубками*. Выше главной палубы на некоторых типах судов имеются более короткие палубы. Например, на пассажирских судах — шлюпочная, на которой сосредоточены спасательные устройства, прогулочная и т. д. Еще выше расположены палубы, на которых находятся служебные помещения, радиорубка, центральный пост управления судном и др.

Обшивка судна состоит из листовой стали толщиной 12 — 20 мм, в отдельных случаях до 45 — 50 мм. Однако толщина обшивки составляет всего лишь одну или две десятитысячных доли длины судна, достигающей у наибольших судов 200 — 250 м и более. При таком соотношении размеров корпус судна, представляющий собой по существу резервуар, не мог бы сохранить свою форму, если бы сравнительно тонкая обшивка не опиралась на внутренний каркас — *набор* судна. Набор состоит из поперечных конструкций, наподобие ребер грудной клетки, называемых *шпангоутами*, и из продольных балок, называемых *стрингерами*. Поперечные балки, опирающиеся на шпангоуты и поддерживающие палубу, называются *бимсами*. В ряде мест (трюмы, машинное отделение и т. д.) в палубах делают вырезы и люки. Для обеспечения прочности, нарушенной в местах вырезов, а также для ограждения люков вокруг них устраивают специальные высокие рамы из стальных листов и угольников, называемые *комингсами*. На современных судах комингсы грузовых люков имеют специальные стальные крышки, которые закрывают и открывают при помощи механизмов.

Под палубой помимо бимсов имеются продольные балки, которые называют *карлингсами*. Дно большинства современных судов устраивается двойным, над наружной днищевой обшивкой, на расстоянии примерно 0,8 — 1,3 м от нее, размещается внутренний настил. Устройство двойного дна вызвано в основном соображениями безопасности судна. Однако междудонное пространство используется и для размещения в нем запасов жидкого топлива, пресной воды, а также водяного балласта, принимаемого для того, чтобы выровнять судно или глубже погрузить его, когда оно вынуждено идти в рейс без груза или с недостаточным его количеством. Внутри корпус судна разделен поперечными переборками на несколько отсеков. Крайний носовой отсек называется *форпиком*, а кормовой — *ахтерпиком*. Переборки придают корпусу поперечную прочность и обеспечивают непотопляемость судна. Их расставляют на таком расстоянии одна от другой, чтобы при затоплении одного (любого) отсека в случае аварийного повреждения судно осталось на плаву. Наконец нельзя не учитывать, что качка при волнении может вызвать смещение груза. Поперечные переборки, разделяющие соседние трюмы, предотвращают такую возможность.

Таково в самых общих чертах описание внутреннего устройства корпуса судна.

Если говорить о других основных, жизненно важных элементах корабля, то необходимо упомянуть *двигатель*, *движитель* и *руль*. Содержание термина «двигатель» не требует, по-видимому, особого пояснения. В наше время это — паровая машина, паровая турбина или двигатель внутреннего сгорания, в прошлом — ветер или мускульная сила гребцов. Движителем называют устройство, которое непосредственно преобразует механическую энергию двигателя в энергию движения судна. По этому

признаку к движителям относят весло, парус, гребные колеса или гребной винт. Были попытки применять для движения судна некоторые другие разновидности движителей, но они широкого распространения не получили. Руль как средство для управления ходом судна также претерпел большие изменения за время существования судостроения и судоходства, о которых мы расскажем в отдельной главе.

Описание всего многообразия элементов, узлов и конструкций, составляющих корабль, даже одно только их перечисление, заняло бы много места. Такая задача выходит за рамки этой книги. Поэтому на первых порах мы ограничимся изложенным, полагая, что для более полного знакомства интересующиеся обратятся к специальной литературе.

ЭЛЕМЕНТЫ НАУКИ О КОРАБЛЕ

Известный римский философ Луций Анней Сенека почти 2 тыс. лет назад сформулировал основные требования, которым должно отвечать хорошее судно: «Корабль хорошим считается, когда он устойчив и крепок, быстроходен, уступчив ветру, послушен рулю». Если говорить только об основных требованиях, то к этим словам мало что можно добавить и в настоящее время.

Но одно дело сформулировать требования, а другое — знать способы их выполнения.

Современное судно — настолько сложное сооружение, что нет буквально ни одной отрасли технических наук, которая в той или иной степени не была бы использована при постройке и проектировании корабля. Мы не будем рассматривать вопрос в столь широком плане, а ограничимся лишь некоторыми специфическими разделами науки, имеющими отношение к судну как сооружению плавающему.

История развития корабля и практика кораблестроения насчитывают много тысяч лет, но кораблестроительная наука возникла по существу не более 200 — 250 лет назад. Исключение составляют некоторые законы плавучести, сформулированные Архимедом. Но эти законы долгое время не находили практического применения.

В течение длительного периода истории основные практические правила судостроения вырабатывались интуитивно, на основе использования опыта многих предшествующих поколений. Форма корабля и элементы его конструкции видоизменялись медленно. Очевидно, боязнь отойти от канонизованных форм объясняет характерную для многих веков традиционность конструкций как судна в целом, так и отдельных его деталей. Ниже, когда мы будем вкратце рассматривать историю развития корабля, это обстоятельство проявится достаточно наглядно.

В 1745 г. в Париже вышло сочинение «Theorie du Navire» П. Бугера, а в 1749 г. Академия наук в Петербурге издала двухтомный труд «Scientia Navalis» («Корабельная наука»), написанный за несколько лет перед тем Леонардом Эйлером. Эти два труда, во многом сходные, содержали изложение вопросов плавучести и остойчивости корабля, сопротивления воды его движению и др. и по существу явились основой для ряда последующих научных исследований. Так, английский ученый и кораблестроитель Е. Рид, основоположник научной теории остойчивости судов, в 1870 г. разработал систему расчетов при проектировании морских судов, основываясь на исследованиях Л. Эйлера.

Нельзя не отметить историю развития науки о ходкости корабля, начатую первоначально в трудах И. Ньютона и продолженную англичанином В. Фрудом.

Из многих имен, сделавших существенный вклад в корабельную науку, следует упомянуть С. О. Макарова и А. Н. Крылова — двух выдающихся русских ученых. Особенно велико значение научного наследия А. Н. Крылова, автора ряда капитальных трудов по теории корабля, давшего глубокое обоснование основных принципов обеспечения непотопляемости судов, основоположника теории качки, теории вибрации и т. д. Велики заслуги в области развития кораблестроения русских ученых И. Г. Бубнова, К. П. Боклевского, Ю. А. Шиманского, П. Ф. Папковича, В. Л. Поздюнина и др. Немало ученых кораблестроителей работали и за рубежом. Их совокупными усилиями кораблестроение из чисто практического предмета, каким оно было на протяжении многих столетий, превратилось в строгую научную дисциплину. Рассмотрим сущность некоторых понятий, характеризующих важнейшие мореходные качества корабля.

Плавучесть

Основные законы плавучести сформулированы великим физиком и математиком древности Архимедом примерно за 200 лет до н. э. Хорошо известен исторический анекдот о том, что Архимед открыл свой закон, сидя в ванне. Насколько бессодержательна эта выдумка, упоминаемая историком древности Плутархом, можно судить по тому, что сочинение Архимеда состоит из двух книг и содержит почти все вопросы, всесторонне рассматривающие предмет и относящиеся к плавучести судна и основам его остойчивости. В него входит также ряд постулатов и предположений.

Для нас представляет интерес определение Архимеда, гласящее, что «если более легкое, чем жидкость, тело будет в нее помещено, то погрузится настолько, что объем жидкости, равный объему погруженной части, весит столько же, как и все тело». Практически это означает, что тело (корабль)

будет погружаться в жидкость до тех пор, пока его вес не уравнивается с весом вытесненной им жидкости.

Поэтому часто вес судна называют *водоизмещением*. Величина его зависит не только от размеров судна, но и от состояния его загрузки. Водоизмещение порожнего судна соответствует его весу, когда на нем нет ни пассажиров, ни груза, ни запасов топлива. Если судно загружено в соответствии с его *нормой* (грузоподъемностью), то в этом случае имеется *полное* водоизмещение. Часть плавающего судна, находящаяся под водой, называется соответственно подводной, а над водой — надводной. Граница между ними на корпусе отмечается *ватерлинией*.

Зная вес судна и закон образования формы корпуса, можно определить осадку (глубину погружения судна в воду), при которой его вес уравнивается с весом вытесненной (измещенной) воды. Между водоизмещением судна и основными его размерами (или, как говорят специалисты, размерениями) существует зависимость:

$$D = LBT\delta\gamma,$$

где D — водоизмещение судна, m ;

L , B и T — соответственно длина, ширина и осадка, m ; δ — коэффициент полноты водоизмещения; γ — удельный вес воды.

Из-за наличия всяких минеральных примесей удельный вес морской воды на 2 — 3,5% больше, чем пресной. Для большого современного транспортного судна эта поправка составляет 400 — 1000 tn , что весьма существенно.

Что же такое δ ? Представим себе, что мы точно определили объем погруженной в воду части судна или, что то же самое, объем вытесненной им воды. Существует много способов, позволяющих достаточно точно определить этот объем. Обозначим его буквой V . Тогда δ есть отношение объема подводной части судна к объему параллелепипеда со сторонами, равными длине, ширине и осадке судна. Объем параллелепипеда всегда больше объема подводной части судна, поэтому δ всегда меньше единицы. У очень быстроходных пассажирских судов, имеющих, как говорят, острую форму подводной части корпуса, $\delta = 0,6$ (примерно), у современных грузовых судов $\delta = 0,7$ — $0,8$, у тихоходных судов его величина может быть еще больше. Зная вес судна, его размеры и закономерность изменения δ в зависимости от глубины погружения, можно легко предугадать, какова будет его осадка. Сейчас на каждом судне имеются таблицы и графики, по которым легко определить осадку судна для любого случая его загрузки.

Со времени открытия Архимедом закона плавучести и до практического его применения прошло около 1900 лет. Лишь в 1666 г. английский судостроитель Антони Дин, к несказанному удивлению всех знатоков, определил осадку судна и прорезал пушечные порты (амбразуры в бортах для пушек) до того, как оно было спущено на воду. До него пушечные порты прорезались лишь после спуска судна на воду. Так медленно пробивала себе путь наука в кораблестроительную практику.

Остойчивость

На первый взгляд может показаться, что слово *стойчивость* есть искажение общеизвестного слова *устойчивость*. Неопытные корректоры иногда «поправляют» автора, заменяя букву *о* на *у*. Однако это не так. Свойство плавающих тел, называемое *стойчивостью*, имеет свои специфические особенности и является как бы частным случаем более общего свойства материальных систем, характеризуемого как их *устойчивость*. Вспомним, что мы считаем материальную систему (тело) находящейся в состоянии *устойчивого равновесия*, если она стремится возвратиться в исходное положение при достаточно малом отклонении от него. Это определение несколько отличается от бытующего представления об *устойчивости* как свойстве тел. В обиходе мы качество *устойчивости* обычно рассматриваем более узко и придаем его сооружениям и предметам (телам), которые трудно наклонить или опрокинуть.

Для того чтобы разобраться, в чем заключается особенность *стойчивости*, рассмотрим на схеме условия поворота тел.

Стойчивость тела обуславливается соотношением удерживающего и опрокидывающего моментов. Мы знаем, что удерживающий момент равен произведению силы тяжести тела G на ее плечо, равное кратчайшему расстоянию от точки поворота тела до направления действия силы. Очевидно, что таким кратчайшим расстоянием будет перпендикуляр, опущенный из точки поворота на направление действия силы тяжести. Если это плечо обозначим буквой h , а радиус поворота (расстояние между точкой поворота и центром тяжести тела) буквой r , то $h = r \sin a$, где a угол между направлением действия силы

тяжести и линией, соединяющей точку поворота и центр тяжести тела.

Вращая тело вокруг принятой точки поворота, обнаружим, что для первого случая (см. рис. а), при котором центр тяжести тела находится выше центра поворота, максимальная величина удерживающего момента $M_{уд}$ соответствует начальному положению (угол поворота $\theta = 0$). Зависимость между величинами $M_{уд}$ и θ для этого случая графически показана на рис. б. По мере увеличения угла поворота удерживающий момент уменьшается. Когда угол поворота θ увеличится настолько, что направление силы тяжести совпадет с центром поворота, удерживающий момент становится равным нулю и наступает положение неустойчивого равновесия. При дальнейшем наклонении $M_{уд} = -G r \sin \theta$, т. е. приобретает отрицательное значение и превращается в опрокидывающий $M_{Опр}$.

Рассмотрим теперь другой случай (рис. е), когда центр поворота находится выше центра тяжести тела. Здесь для начального положения $M_{уд} = 0$, так как направление силы тяжести проходит через центр поворота и плечо силы тяжести h равно нулю. По мере увеличения угла поворота θ удерживающий момент увеличивается и при $\theta = 90^\circ$ достигает максимального значения. При дальнейшем увеличении угла поворота от 90 до 180° значение удерживающего момента будет уменьшаться. Когда угол поворота достигнет 180° и направление силы тяжести G снова совпадет с центром поворота, тогда $M_{уд} = 0$. Продолжение поворота тела, как и в первом случае, придаст Удерживающему моменту отрицательное значение ($M_{уд} = -G r \sin \theta$, т. е. он станет опрокидывающим. Графически это изменение показано на рис. 2.

Примерно аналогичным образом изменяется удерживающий (восстанавливающий) момент при наклонении плавающих тел (рис. д). Как видим, и в этом случае имеется предельный угол наклона θ_2 , при котором $M_{Восст}$ становится равным нулю, т. е. наступает состояние неустойчивого равновесия. Однако в пределах от 0° до θ_1 восстанавливающий момент увеличивается. Вот это свойство увеличения восстанавливающего момента при начальном наклонении судна и принято называть *стойкостью*. Следует заметить, что для судна характерные углы наклона, соответствующие максимальному и нулевому значению $M_{Восст}$, не 90 и 180° , как в приведенном примере, а меньше — примерно $35-40^\circ$ (8,) и $65-70^\circ$ (8,,).

Способ вычисления величины восстанавливающего момента в зависимости от наклона судна был впервые разработан и предложен английским инженером Е. Ридом. Однако признанию этого способа и правоты Рида предшествовало трагическое событие.

В 1870 г. в Англии по проекту капитана Кольза был построен военный корабль «Кэптен». Имея в виду тактические преимущества низкобортных военных кораблей в то время, Кольз спроектировал этот корабль без учета зависимости восстанавливающего момента от угла наклона. Между тем у низкобортных судов уже при сравнительно небольшом крене палуба начинает погружаться в воду и стойкость резко ухудшается. Особенно опасное положение может создаться под действием динамической нагрузки — порыва ветра (шквал) и т. и. Рид, будучи главным кораблестроителем английского флота, отказался утверждать чертежи этого совершенно несообразного судна. Несмотря на его протест, лорды английского Адмиралтейства приказали строить корабль по проекту капитана Кольза. На деле получилось, как предвидел Рид: 7 сентября 1870 г. внезапно налетевший шквал опрокинул корабль «Кэптен», шедший в составе эскадры, между тем как остальные суда несколько не пострадали. Гибель корабля была настолько стремительной, что из 550 человек команды 533 человека, в том числе и автор проекта капитан Кольз, погибли. Построенный тогда же по проекту Рида корабль «Монарх» безболезненно перенес этот шквал. В назидание потомкам английский суд по этому поводу вынес приговор, порицающий «невежественное упрямство» лордов Адмиралтейства. Этот приговор выгравирован крупными буквами на специальной бронзовой доске, которая вделана в стену собора св. Павла в Лондоне.

Угол крена судна зависит от того, мгновенно или постоянно с постепенным нарастанием действует опрокидывающий момент. Рид исследовал условия внезапного (динамического) наклона судна и предложил способ оценки возможного при этом крена. Сущность этого способа заключается в том, что при динамической нагрузке равновесие наступает не при равенстве кренящего и восстанавливающего моментов, а при равенстве выполненной ими работы. На диаграмме Рида (рис. д) величины моментов определяются, размером ординат, а работа — величиной площади. В случае статической нагрузки равновесие наступит при угле наклона θ_c , а динамической (шквал и т. п.) — θ_d , т. е. когда заштрихованные площади уравниваются.

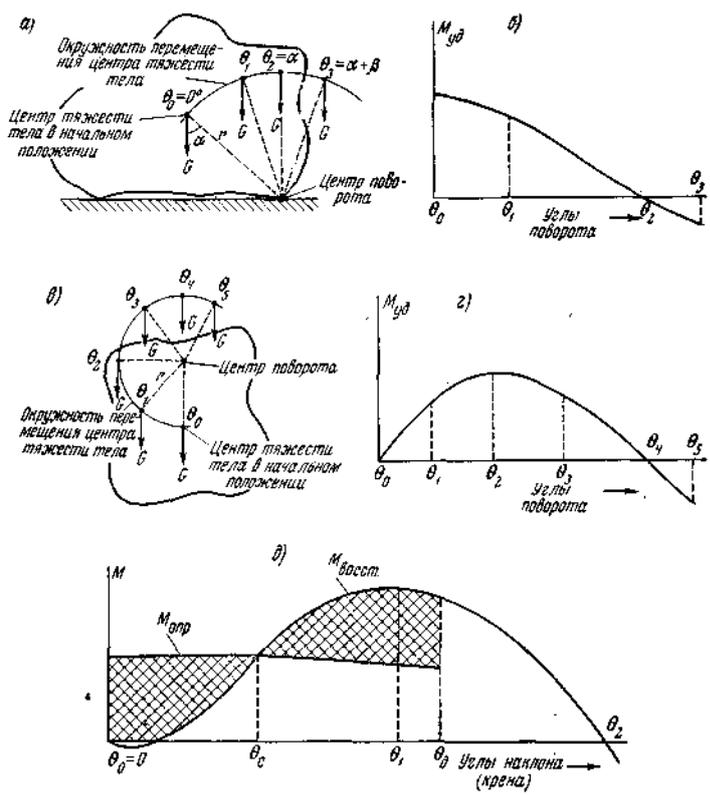


ГРАФИК СИЛ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ УСТОЙЧИВОСТЬ И ОСТОЙЧИВОСТЬ СИСТЕМ

Наилучшее представление об остойчивости судна дают диаграммы статической и динамической остойчивости, построенные по способу Рида.

В ряде случаев для оценки остойчивости можно воспользоваться значением так называемой начальной *мета-центрической высоты*. В зависимости от того, идет ли речь о поперечных или продольных наклонениях судна, различают поперечную *h* и продольную *H* метацентрическую высоту. Нет никакой возможности, да и, пожалуй, необходимости углубляться в выводы формул, применяемых для определения этих величин. Поэтому ограничимся лишь анализом влияния величин, входящих в эти формулы.

Поперечная начальная метацентрическая высота, характеризующая восстанавливающую способность судна при поперечных наклонениях, определяется по приближенной формуле

$$h = (0,008 + 0,0745 \alpha^2) \frac{B^2}{\delta T} - a.$$

В этой формуле большинство обозначений нам известно. Необходимо дополнительно пояснить лишь значение двух величин — *a* и *a*. Коэффициент *a* есть отношение площади воображаемой плоскости, разделяющей подводную и надводную части судна, к площади прямоугольника со сторонами *L* и *B* (длина и ширина судна). Иначе *a* называют коэффициентом полноты (площади) ватерлинии. Величина *a* есть расстояние между центрами тяжести судна и воображаемого объема воды, вытесненной его подводной частью. Поперечная начальная метацентрическая высота тем больше, чем больше *a* и *B* и чем меньше *b*, *T* и *a*. Уменьшить *a* можно, например, понизив центр тяжести судна.

Чем больше *h*, тем больше величина восстанавливающего момента, тем сильнее судно будет сопротивляться наклоняющей его силе (ветер, набегающие волны, перемещение грузов по ширине судна и т. д.). Однако нужно помнить, что чрезмерно большая остойчивость вредна, как и чрезмерно малая. Судно, обладающее такой остойчивостью, испытывает стремительную качку, доходящую до 10 — 15 колебаний в минуту, а это вредно как для экипажа, так и для механизмов. Малая остойчивость способствует более плавной качке. Однако при затоплении одного или нескольких отсеков метацентрическая высота уменьшается и, если она была в начале мала, может достигнуть величины, создающей угрожающее положение для судна.

Встречаются суда, у которых начальная метацентрическая высота при нулевом наклонении имеет отрицательное значение. Это не опасно, если у таких судов при небольшом крене (4 — 5°)

метацентрическая высота становится положительной. Такие суда отличаются от нормальных тем, что они всегда ходят с небольшим креном.

У подводных лодок в погруженном состоянии $h = -a$. Отрицательное значение необходимо для обеспечения их остойчивости. Центр тяжести подводной лодки несколько ниже центра тяжести воображаемого объема измещенной (вытесненной) ею воды.

Продольную метацентрическую высоту можно определить по приближенной формуле

$$H = (0,008 + 0,077\alpha^3) \frac{L^3}{8T} - a.$$

Так как L (длина судна) в 6 — 8 раз больше B (его ширины), то значение H бывает весьма велико. Поэтому обычно нормируют лишь минимальные значения h . Его величина редко превышает 1,5 м. Желательно также, чтобы h не было меньше 0,5 — 0,6 м.

Имея некоторое представление о плавучести и остойчивости судна, можно рассмотреть еще одно его важное свойство, характеризующее понятие «живучесть».

Живучесть судна

Наш выдающийся ученый А. Н. Крылов характеризует живучесть судна требованием, чтобы при возможно больших повреждениях (пробоинах) оно не потонуло, не имело опасного крена и не опрокинулось.

В процессе плавания судно всегда может попасть в тяжелые условия. Опасное состояние может возникнуть даже при неожиданном перемещении грузов, находящихся внутри трюмов (такой случай, например, произошел с советским теплоходом «Умань», везшим руду). Все же в подавляющем большинстве случаев опасность для судна представляет нарушение водонепроницаемости его обшивки.

Свойство живучести судна было хорошо знакомо людям еще в древности. В древних исторических сочинениях упоминается, что, когда римский император Нерон решил погубить свою мать Агриппину, препятствовавшую его сумасбродным затеям, он приказал построить специальное судно. Это судно было великолепно украшено затейливой резьбой на мифологические темы, борта его были обставлены статуэтками, отделаны слоновой костью и полудрагоценными камнями, голова руля окована золотом, на носу установлена золотая статуя морского бога, вальки весел окованы серебром, на палубе установлен шатер из дорогих тканей, гребцы одеты в фантастические наряды и т. д. Секрет заключался в том, что в подводной части корпуса было устроено отверстие, при открытии которого судно должно было быстро наполниться водой и затонуть. Приглашенная Нероном на праздник, обычно подозрительная и недоверчивая, Агриппина была восхищена роскошью отделки и согласилась на путешествие на этом судне. Как и предполагалось, в пути отверстие в днище открыли, и судно затонуло, но Агриппина случайно спаслась.

Это одна из древнейших иллюстраций значения водонепроницаемости корпуса для живучести судна. Приведем более близкий и более трагический пример, когда нарушение основных принципов обеспечения живучести судна привело к последствиям, потрясшим весь мир. Речь пойдет о нашумевшем в свое время случае трагической гибели гигантского трансатлантического пассажирского судна «Титаник».

15 апреля 1912 г. только что построенный и великолепно отделанный пассажирский трансатлантический лайнер «Титаник» отправился в первый рейс, имея на борту свыше 2 тыс. человек пассажиров и команды. Судно было застраховано на огромную сумму в 1 млн. фунтов стерлингов. Его водоизмещение 52 тыс. т, длина 260 м, мощность силовой установки 55 тыс. л. с.

Судно шло с непревзойденной в то время скоростью 22,5 узла (около 40 км/час). Было около 12 час ночи. Поэтому весь корабль был ярко освещен, в салонах играла музыка, и большая часть пассажиров беспечно и весело проводила время в обстановке роскоши и комфорта, умело разрекламированной судоходной компанией, владевшей судном. Между тем корабль находился в опасной зоне океана, в районе Гренландии, где рождаются айсберги, громадные плавающие льдины-горы. О их гигантской величине можно судить по одному из них, который имел размеры 80 X 48 км. Вес среднего айсберга составляет 30 млн. т, а вес наибольшего из описанных в литературе достигал 1500 млн. т. Скорость их движения колеблется в пределах 15 — 70 км/сутки. В настоящее время за движением айсбергов наблюдает международный ледовый патруль, имеющий в своем распоряжении самолеты. На судах имеются радиолокаторы. В то время всех этих средств не было, и капитан судна, проходя опасный район, обязан был предпринять меры предосторожности. Однако как будет показано ниже, дело даже не

в этом, а в ошибках, допущенных при проектировании и постройке судна, на обеспечение безопасности плавания которого было обращено значительно меньше внимания, чем на отделку его помещений.

Итак, шедшее полным ходом судно около 12 час ночи столкнулось с айсбергом и получило пробоину от форпика до носового котельного отделения.

Дальнейшие обстоятельства гибели судна переданы одним из спасшихся на шлюпке пассажиров. «Было около 1 часа пополудни. Ночь была звездная, совершенно ясная, но безлунная. Море было спокойное, как пруд, и шлюпку слегка покачивало на зыби. Ночь выдалась прекрасная, но холодная. Издали «Титаник», выделяясь на ясном звездном небе, казался громадным, все иллюминаторы и окна в салонах блестели ярким светом, нельзя было и подумать, что было что-то неладное с таким левиафаном, если бы не было заметного наклона на нос, где вода доходила до нижнего ряда иллюминаторов. Около 2 часов мы заметили, что наклон на нос быстро увеличивался и мостик целиком погрузился под воду. Пароход медленно поднимался кормой вертикально вверх, причем внезапно свет в салонах исчез, затем на несколько мгновений опять блеснул, после чего исчез совсем. В то же самое время послышался грохот, который можно было бы слышать за мили, — это котлы и механизмы сорвались со своих мест; это был самый роковой звук, когда-либо слышимый среди океана. Но это еще не был конец. К нашему удивлению, корабль остался стоящим вертикально в течение продолжительного времени, которое я оцениваю в пять минут; во всяком случае, наверное, в течение нескольких минут «Титаник», подобно башне высотой около 150 футов, стоял вертикально над уровнем моря, выделяясь черным на ясном небе. Затем, погружаясь наискось, он медленно исчез под воду. Тогда мы услышали самый страшный вопль, который когда-либо достигал уха человека, — это были крики сотен наших соотечественников, боровшихся со смертью в ледяной воде и призывавших на помощь, которую мы не могли оказать, ибо наша шлюпка была уже загружена полностью».

Анализируя обстоятельства гибели «Титаника» и указывая, что пробоина, полученная судном в результате столкновения с айсбергом, была сравнительно невелика, А. Н. Крылов писал, что если бы палубы, находящиеся в носовой части судна, были водонепроницаемы, т. е. если бы люки, сделанные в них, герметически закрывались и если бы поперечные переборки были доведены до верхней палубы, — судно не только не погибло бы, но даже могло бы дойти до места назначения, а пассажиры не внали бы о происшедшей аварии. Вследствие преступной небрежности проектировщиков и строителей на судне не было и достаточного количества спасательных шлюпок.

Такие случаи гибели судов из-за пренебрежения правилами обеспечения их живучести, к сожалению, в истории судоходства не редкость. Так, четыре года спустя примерно в аналогичных обстоятельствах погиб другой трансатлантический корабль «Лузитания». По этой же причине погибли броненосцы «Бородино», «Суворов» и др.

Почему же гибнут суда и как нужно обеспечить их безопасность и спасение в случае аварии? Над решением этого вопроса упорно и плодотворно работали русские ученые адмирал С. О. Макаров и академик А. Н. Крылов.

Непотопляемость корабля обеспечивается запасом его плавучести. У каждого судна даже при самой полной загрузке осадка значительно меньше высоты его борта. Часть борта, находящаяся выше ватерлинии, называется надводным бортом. Подпалубный объем корабля выше ватерлинии и является запасом плавучести. Подсчитаем, чему он, например, равен. В качестве примера возьмем рудовоз, имеющий грузоподъемность около 25 тыс. т. Полное водоизмещение подобного судна 36 тыс. т, высота борта 13,8 л, осадка 10,4 ж, надводный борт 3,4 м. При длине судна 183 м и ширине 23,3 м запас плавучести составит (примерно) $183 \times 23,3 \times 0,75 \times 3,4 \times 1,025 = 1000$ т, или свыше 30% полного водоизмещения. Как видно, он достаточно велик, особенно если учесть, что судно разделено поперечными переборками на несколько водонепроницаемых отсеков.

Пробоина обычно никогда не бывает настолько большой, чтобы вода заполнила весь внутренний объем судна. Надо иметь в виду, что при хорошей герметизации люков, вентиляторов и пр. в подпалубном пространстве образуется воздушная подушка, которая препятствует заполнению внутритрюмного объема забортной водой. Если переборки доведены до верхней палубы и водонепроницаемы, т. е. если вода из затопленного отсека не попадет в соседние с ним, то запас плавучести будет всегда достаточным, и судно не потонет. Пример «Титаника» тем и характерен, что не все его переборки были водонепроницаемы до верхней палубы. Поэтому вода, заполнив носовые отсеки, постепенно начала переливаться в соседние, наклон судна на нос, (или, как говорят, дифферент) стал увеличиваться. Это в свою очередь вызвало новый приток забортной воды, и так продолжалось, пока вся носовая часть судна не оказалась погруженной в воду. Однако и тогда судно еще некоторое время находилось на плаву, т. е. не потеряло всей плавучести. Основной причиной его гибели явилось, следовательно, опасное наклонение.

Вот тут мы и подходим к главной формулировке живучести, данной А. Н. Крыловым: вероятность спасения корабля больше, если он будет погружаться, не опрокидываясь. Поэтому при проектировании судна обращают самое тщательное внимание на правильную расстановку переборок и обеспечение их водонепроницаемости по высоте, вплоть до верхней водонепроницаемой палубы, на выравнивание судна в случае аварийного повреждения.

При затоплении одного или нескольких отсеков по ряду причин уменьшается остойчивость судна, для его опрокидывания потребуется уже значительно меньший момент. Это еще раз говорит в пользу необходимости его выравнивания. Выровнять судно можно, если заполнить водой неповрежденные отсеки. При этом осадка его несколько увеличится, однако в ряде случаев это может быть менее опасно, чем увеличивающийся крен или дифферент, зачастую неминуемо ведущий к опрокидыванию и гибели судна.

Примеров, подтверждающих это, можно привести, к сожалению, много. Назовем один — гибель английского военного корабля «Ройал Джордж». Это судно, находясь на портсмутском рейде, было слегка наклонено для небольшого ремонта. При этом пушечные порты одного из бортов настолько близко опустились к воде, что она понемногу заплескивала в них и накапливалась на палубе, постепенно увеличивая крен. Утром, при подъеме флага команда, разбегаясь к своим местам, побежала по палубе, Прилегающей к погруженному борту. Крен еще больше увеличился, открытые порты погрузились в воду, и корабль настолько быстро опрокинулся и затонул, что погибло около тысячи человек команды. Между тем в этом случае количество воды, поступившее в корпус, было вначале незначительно, а плавучесть ничем не была нарушена до того, как крен судна достиг опасной величины.

Ходкость

Для того чтобы двигаться, корабль должен расходовать энергию, будь то мускульная сила гребцов, давление ветра на паруса или тепловая энергия, преобразуемая машинами в энергию движения.

Как принято говорить, вода сопротивляется движению судна. Как измерить это сопротивление, от чего оно зависит, как рассчитать необходимую мощность механизмов или, наоборот, как определить возможную скорость хода судна, если известна мощность его механизмов? Вот вопросы, с которыми часто приходится встречаться при проектировании и эксплуатации судов.

Наиболее обоснованный ответ на эти вопросы дал английский ученый В. Фруд. Представим себе, что буксир тянет судно, а где-нибудь в средней части буксирного троса установлен силомер. Такие силомеры называют динамометрами. Они показывают величину приложенной силы в килограммах или тоннах. Чем быстрее происходит буксировка или чем буксируемое судно больше, тем большую силу покажет динамометр. Эта буксировочная сила (или тяга) характеризует сопротивление воды движению судна.

В. Фруд предложил определять ее как сумму двух составляющих:

- а) силы, затрачиваемой на преодоление трения подводной части корпуса о воду;
- б) так называемого волнового сопротивления. Сопротивление трения можно определить сравнительно просто. В. Фруд для этой цели предложил формулу

$$R_{\text{тр}} = fSv^{1,925},$$

где f — коэффициент трения, величина которого зависит от гладкости поверхности трения;

S — поверхность трения корпуса судна о воду, или, как ее иначе называют, смоченная поверхность;

v — скорость движения судна относительно воды.

К результатам, полученным по этой формуле, обычно вводят поправку в виде коэффициента 1,1 на выступающие части, на вихреобразования в пограничном слое воды и т. д. Для приближенных подсчетов можно воспользоваться формулой

$$R_{\text{тр}} = 0,088v^2 \sqrt{LD},$$

где L и D — длина и водоизмещение судна, v — скорость хода в узлах.

Значительно сложнее обстоит дело с определением волнового сопротивления. Прежде всего не следует думать, что это сопротивление вызывается набегающими волнами и что при тихой погоде, когда нет волн, нет и волнового сопротивления. Судно, двигаясь в воде, само создает волны, на образование которых, как будет показано ниже, затрачивается большое количество энергии.

При движении судна возникают две системы волн: носовая, гребень первой волны которой зарождается у носа судна, и кормовая, гребень первой волны которой зарождается у кормы. Величина

этих волн, а следовательно, и количество энергии, расходуемой на их создание, тем больше, чем больше скорость хода судна. Если сопротивление трения было пропорционально $v^{1,825}$, то волновое сопротивление пропорционально v^4 . Это означает, что при увеличении скорости хода в 2 раза сопротивление трения увеличится примерно в 3,5 раза, а волновое сопротивление в 16 раз. Отсюда видно, какое большое значение имеет волновое сопротивление при сравнительно больших скоростях хода современных судов.

Необходимо отметить, что между скоростью хода, размерами судна и величиной волнового сопротивления имеется определенная зависимость. Так, если на длине судна укладывается нечетное число носовых полуволн и подошва волн носовой системы совпадает с подошвой волн кормовой системы, то обе системы будут взаимно интерферировать, усиливаясь, и сопротивление воды движению судна возрастет. Если же на длине судна укладывается четное число полуволн, то при интерференции обе системы взаимно погасятся (подошва волн одной системы совпадает с гребнем волн второй), а сопротивление уменьшится. Поэтому иногда выгодно длину судна увеличить на соответствующую скорости хода длину носовой полуволны и таким образом уменьшить требуемую мощность силовой установки.

Величину волнового сопротивления обычно определяют, пользуясь данными модельных испытаний. Для этого изготовляют небольшую модель судна и в специальном канале (бассейне) ее буксируют, измеряя, какое при этом она испытывает сопротивление. Затем расчетом находят сопротивление трения и вычитают его из полного сопротивления, испытываемого моделью судна. Полученная разность есть остаточное сопротивление, большая часть которого и представляет собой волновое сопротивление.

В. Фруд доказал, что эта часть сопротивления подчиняется закону подобия, т.е. по сопротивлению модели можно определить сопротивление судна, для которого она была построена. Этот пересчет можно сделать по следующей формуле, основанной на законе подобия:

$$R_{o.c} = R_{o.m} \left(\frac{L_c}{L_m} \right)^3,$$

где $R_{o.c}$ и $R_{o.m}$ — соответственно остаточное сопротивление судна и его модели, а L_c и L_m соответственно их длины. Для того чтобы получить полное сопротивление судна, необходимо к $R_{o.c}$ добавить сопротивление трения, вычисленное, например, по указанной выше формуле.

Необходимость расчленения сопротивления вызвана тем, что сопротивление трения подчиняется закону подобия лишь для тел, плавающих в так называемой идеальной жидкости. Напомним, что идеальной называется жидкость, которая не оказывает никакого сопротивления растягивающим и сдвигающим усилиям и совершенно несжимаема. В природе идеальные жидкости не встречаются. Реальные жидкости, с которыми мы имеем дело, не отвечают этим условиям, обладая вязкостью. Вследствие этого при перемещении слоев жидкости друг по другу возникает сила внутреннего трения, не поддающаяся пересчету по закону механического подобия. Именно поэтому, имея в виду, что вода также не идеальная жидкость, нельзя пользоваться законом механического подобия для пересчета сопротивления трения модели в сопротивление трения соответствующего ей судна. Эти основные положения, выработанные В. Фрудом около 100 лет назад, в основном сохранили свое значение и в наше время.

Помимо модельных испытаний, волновое сопротивление воды движению судна может быть определено по разного рода вспомогательным таблицам, графикам и приближенным формулам. Вот, к примеру, одна из таких формул, предложенная Д. Тейлором (приводится в несколько преобразованном виде):

$$R_w = 0,5 \frac{\delta D v^4}{L^2}.$$

Все обозначения нам уже известны. Как видно, уменьшению волнового сопротивления способствуют:

- а) увеличение длины судна L при заданном водоизмещении D ;
- б) уменьшение коэффициента полноты водоизмещения δ ; поэтому у быстроходных судов, например пассажирских, яхт и т. п., он обычно меньше, чем у сравнительно тихоходных грузовых судов.

Естественно, очень большое значение имеет величина скорости хода, поскольку она в формуле представлена в четвертой степени. Попробуем, пользуясь этими формулами, подсчитать мощность силовой установки судна, имеющего водоизмещение $D = 33600 \text{ т}$, длину $L = 183 \text{ м}$, коэффициент полноты водоизмещения $\delta = 0,8$ и скорость хода $v = 14$ узлов.

Полное сопротивление судна

$$R_c = 0,088 \times 14^2 \sqrt{183 \times 33\,600} + \\ + 0,5 \frac{0,8 \times 33\,600 \times 14^4}{183^2} = 58\,000 \text{ кг.}$$

В общем случае мощность судовых двигателей может быть определена по формуле

$$N = \frac{Pv}{75\eta},$$

в которой P — тяговое усилие, кг; v — скорость хода судна, м/сек; η — коэффициент, учитывающий потери в передачах от двигателей к гребному винту. Для того чтобы узлы перевести в м/сек, достаточно умножить их на 0,515. Тогда, принимая $P = R_c$, получим

$$N_e = \frac{R_c v 0,515}{75\eta}$$

или (при $\eta = 0,65$)

$$N_e = \frac{58\,000 \times 14 \times 0,515}{75 \times 0,65} \approx 8550 \text{ л. с.}$$

Действительная мощность этого судна 8300 л. с. Следовательно, ошибка составляет около 3% — величину крайне незначительную для случая пользования столь приближенными формулами.

Рассмотрим еще один интересный вопрос, связанный с волновым сопротивлением. Примерно 125 лет назад, когда в Англии применяли конную тягу для буксировки небольших барж на каналах, как-то обратили внимание на то, что одна из лошадей всегда проходит свою дистанцию быстрее других и в то же время остается совершенно бодрой, между тем как остальные лошади приходят все в мыле.

Видный английский судостроитель Скот Россель, заинтересовавшись этим фактом, ставшим ему известным, начал наблюдать за процессом тяги. Оказалось, что лошадь, начиная движение ускоренным ходом, затем его сбавляла. При этом образовывалась так называемая переносная волна, которая, интерферируя с системой волн, образуемых при движении баржи, способствовала уменьшению сопротивления, и судно остальной путь совершало при слабо натянутой бечевае.

В практике кораблестроения и судоходства бывают и такие случаи, когда непродуманный подход к определению размеров судна может вызвать резкое увеличение потребной мощности.

Мы уже рассказывали о возможности увеличения волнового сопротивления при неблагоприятном соотношении скорости хода, длины судна и длины полуволны новой системы волн. Рассмотрим случай, показывающий влияние глубины воды. Об этом рассказывает А. Н. Крылов в своих воспоминаниях.

В 1915 г. в Черном море на так называемой Лукулльской мерной миле работала комиссия, производившая приемку миноносцев типа «Быстрый». По условиям договора и по проектным данным этот корабль должен был развить скорость хода 30 узлов (около 56 км/час) при мощности 20 тыс. л. с. Несмотря на все усилия команды, достичь этой скорости никак не удавалось. При форсировании силовой установки мощность ее вместо 20 тыс. л. с. достигла 30 тыс. л. с, механизмы и котлы работали с громадным напряжением, в состоянии, близком к аварии, так как с минуту на минуту мог произойти пережог и массовый разрыв котельных трубок, а скорость хода никак не превышала 29 узлов. Пришлось испытания прервать. Когда их вновь провели, но в другом месте, у мыса Сарыч, тот же миноносец при мощности несколько большей 20 тыс. л. с. свободно достиг скорости 30 узлов.

Оказалось, что причина снижения скорости зависела от глубины воды, которая на Лукулльской мерной миле была около 25 ж, а у мыса Сарыч свыше 210 м. Все дело в том, что существует критическая скорость

$$v = \sqrt{gh},$$

где $g = 9,81 \text{ м/сек}^2$ — ускорение силы тяжести;

h — глубина воды, м.

При этой скорости образуется так называемая спутная волна, перемещающаяся со скоростью хода судна. На ее образование и поддержание бесполезно затрачивается огромная мощность. В данном случае она превышала 10 тыс. л. с, или одну треть мощности, развиваемой силовой установкой. Нетрудно подсчитать, что критическая скорость хода для этих условий

$$v = \sqrt{9,81 \times 25} = 15,7 \text{ м/сек},$$

или примерно 30 узлов.

Для того чтобы вывести судно из критического режима движения, необходимо было увеличить скорость хода на 5 — 6 узлов, следовательно, довести ее примерно до 36 узлов. Мощность силовой установки должна была при этом составить 33 тыс. л. с. или на 10 — 13 тыс. л. с. больше, чем при ходе

судна на большой глубине.

При нормальной эксплуатации морских судов подобные явления сравнительно редки, а вот речным судам приходится с ними считаться. Русские ученые инженер В. Н. Карапетов и член-корреспондент АН СССР В. В. Звонков исследовали условия плавания на мелководье и дали к формулам для определения сопротивления воды движению судна поправочные коэффициенты, учитывающие влияние ограниченных глубин.

Упомянем еще один случай, когда глубина воды способствует уменьшению волнового сопротивления.

По данным эксплуатации и результатам исследований было установлено, что законы сопротивления воды для подводных лодок иные, чем для надводных судов. После многократных испытаний выяснилось, что по мере увеличения глубины погружения подводных лодок сопротивление воды их движению уменьшается за счет снижения волнового сопротивления. При глубине погружения около 100 м волновое сопротивление практически исчезает, и подводная лодка преодолевает лишь сопротивление трения. Правда, у подводных кораблей оно больше, чем у надводных, так как увеличивается их смоченная поверхность, однако выигрыш значительно существеннее проигрыша, поскольку сопротивление трения пропорционально квадрату, а волновое — четвертой степени скорости хода.

Мы потому уделили такое большое внимание волновому сопротивлению, что на пути увеличения скоростей движения на водном транспорте оно становится наиболее трудно преодолимой преградой, так как сильно возрастает вместе со скоростью и составляет большую часть общего сопротивления воды движению судна. Это видно из следующей примерной таблицы, составленной для сухогрузного судна грузоподъемностью 10 тыс. т.

Скорость хода		Мощность на преодоление сопротивления, тыс. л. с.	
узлы	км/час	трения	волнового
15	28 (1)	3,0 (1)	2,9 (1)
30	56 (2)	33,2 (11)	120,0 (41)
50	92,5 (3,3)	280,0 (93)	1060,0 (353)

Цифры в скобках указывают, во сколько раз соответственно увеличиваются скорость хода, сопротивление трения и волновое сопротивление.

В заключение раздела приведем формулу для приближенного определения мощности силовой установки:

$$N_e = \frac{D^2 v^3}{C_e},$$

где N_e — мощность, л. с.; D — водоизмещение, то; C_e — поправочный (так называемый «адмиралтейский») коэффициент. Для определения его составлены специальные графики. Однако если имеется примерно аналогичное судно, отличающееся лишь водоизмещением и скоростью хода, то по его данным N_e , D , v можно определить C_e , а затем, используя полученное значение, найти требуемую мощность. Такой способ называется способом использования прототипа, а судно, данные которого используют, — прототипом.

Качка

Обычно различают три вида качки судна: вертикальную, т. е. попеременное движение его вверх и вниз, бортовую и продольную, или, как часто говорят, килевую качку. В действительности раздельная качка того или иного вида не бывает. Хаотический характер волн, несовпадение курса судна с направлением кажущегося их перемещения и другие факторы обуславливают в большинстве случаев неизбежность совокупного проявления всех видов качки. Относительно неподвижной системы координат судно совершает сложные колебания, дать точное математическое описание которых весьма трудно, даже, пожалуй, невозможно. Тем не менее при известных допущениях возможно предопределить характер качки и предотвратить ее опасные состояния.

С этой целью рассматривают отдельно условия и обстоятельства свободных и вынужденных колебаний судна. Свободные колебания возникают в результате единичного наклона судна. Они

происходят до тех пор, пока восстанавливающий момент не станет равным кренящему (при статическом характере нагрузки) или пока не уравниется их работа (при динамическом характере нагрузки). Если сила, вызвавшая наклонение судна, исчезнет, то по закону остойчивости судно будет стремиться вернуться в вертикальное положение. Однако, достигнув вертикального положения, оно не остановится, а по инерции, подобно маятнику, наклонится в противоположную сторону. Если бы судно не испытывало воздействия сил сопротивления воды и воздуха, то оно бесконечно долго совершало бы эти колебательные движения. В действительности же с каждым размахом амплитуда колебаний уменьшается, и по истечении некоторого времени они затухнут. Наиболее интенсивно затухание происходит в продольном и вертикальном направлениях.

Характеристикой свободных колебаний является продолжительность одного полного размаха. Период колебаний не зависит от амплитуды. Приближенно можно считать, что период свободных колебаний судна в вертикальном и продольном направлениях равен (в сек)

$$t_{\text{кол}} \cong 2 \sqrt{T},$$

где T — осадка судна, м. Если считать, что осадка морского корабля колеблется в пределах 8 — 15 м, то период его свободных колебаний в вертикальном и продольном направлениях будет примерно 6 — 8 сек.

Период свободных колебаний при бортовой качке

$$t_{\text{кол. б}} \cong 0,8 \frac{B}{\sqrt{h}},$$

где B — ширина судна;

h — поперечная метацентрическая высота, м.

Судно шириной 20 м с метацентрической высотой 1,2 м имеет период свободных колебаний в поперечном направлении 14,5 сек. Такая частота колебаний приемлема по условиям воздействия на человеческий организм и механизмы судна.

Заметим, что чем больше h (т. е. иначе остойчивость судна), тем меньше $T_{\text{кол. б}}$, но при этом усиливается стремительность качки. Поэтому чрезмерная остойчивость нежелательна.

Свободные колебания судна не представляют самостоятельного интереса, поскольку, как отмечено выше, характер качки судна на море определяется одновременным и совокупным проявлением свободных и вынужденных колебаний, возникающих при волнении. К сожалению, мы не имеем возможности здесь достаточно подробно рассмотреть сложные вопросы теории волнообразованиями связанных с этим явлением вынужденных колебаний. Скажем только, что в идеальных условиях плавания, если бы волны имели одинаковый период, свободные колебания судна в течение какого-то, сравнительно короткого времени из-за сопротивления воды и воздуха свелись бы к нулю и период качки судна стал бы равен периоду волн. В действительности в силу ряда причин периоды чередующихся волн различны и свободные колебания судна не погашаются.

Безопасность судна больше всего зависит от условий бортовой качки. Амплитуда вынужденных колебаний при бортовой качке определяется величиной отношения периода собственных колебаний судна $t_{\text{кол. б}}$ к периоду волны τ , Максимальных размеров она достигает при

$$\frac{t_{\text{кол. б}}}{\tau} = 1,$$

Согласно расчетам, ее величина в этом случае (который называют резонансным) достигла бы бесконечно большого значения, если бы сопротивление воды было равно нулю. На практике этого не происходит, так как сопротивление воды (и воздуха) не равно нулю, а отношение $t_{\text{кол. б}}/\tau$ — почти всегда меньше единицы. Чтобы еще больше уменьшить его величину и сделать качку менее стремительной, учитывая, что периоды морских волн τ колеблются в пределах 5 — 7 сек и только в океанах достигают 10 — 13 сек, суда проектируют, по возможности, с расчетом длительности их свободных колебаний больше 14 — 15 сек.

В обычных условиях морского плавания средний период полного колебания судна (при сложении свободных и вынужденных колебаний) примерно равен периоду свободных колебаний, но характер качки неправильный — периоды и амплитуды то несколько увеличиваются, то снижаются. Это еще более усиливает значение правильного выбора остойчивости судна как для обеспечения его безопасности, так и для уменьшения качки.

В ряде случаев для ослабления качки судов, особенно пассажирских, принимают дополнительные меры. Наиболее распространены следующие три способа.

Первый способ заключается в том, что в месте, где борт судна переходит в днище (скула, имеющая закругленную форму), вдоль судна приваривают так называемые боковые кили. При качке они создают

значительное дополнительное сопротивление, препятствуя накрениению судна. Но вместе с тем они увеличивают общее сопротивление воды движению судна, являясь источником дополнительных завихрений, а кроме того, подвержены повреждениям. Поэтому их иногда заменяют разного рода подвижными пластинами, которые в обычных условиях убираются внутрь корпуса судна и выдвигаются наружу лишь по мере надобности.

Второй способ состоит в использовании дополнительного выравнивающего момента. Для этой цели на обоих бортах судна устраивают цистерны, которые попеременно заполняют водой. При крене судна на правый борт заполняют цистерны левого борта, и наоборот.

Третий способ основан на использовании принципа волчка, называемого в технике гироскопом. При вращении ось волчка стремится занять строго вертикальное положение, и для того, чтобы вывести его из вертикального положения, необходимо приложить определенное усилие. Величина такого усилия оказывается тем большей, чем больше масса волчка и скорость его вращения. Гироскопические успокоители качки корабля, имеющие крупные размеры и сложную конструкцию, устанавливаются в средней части судна.

Ни одним из перечисленных способов нельзя полностью погасить качку судна. Все они в той или иной мере лишь ослабляют ее. Но если судно правильно спроектировано и загружено, не имеет аварийных повреждений, то сама по себе качка, как правило, не может вызвать угрожающего состояния.

Прочность

Прочность судна — одно из его важнейших мореходных качеств. Наши далекие предки-мореходы избегали путей в открытых морях и старались плавать главным образом поблизости от берегов, рассчитывая при шторме укрыться в бухте или заливе. Современные суда прокладывают путь по кратчайшему расстоянию. Прочность их, естественно, должна быть рассчитана на любые, самые тяжелые условия плавания.

В зависимости от характера действующих сил (давление воды, вес механизмов и грузов и т. п.) различают местную, поперечную и общую, или продольную, прочность. Для нас наибольший интерес представляет последняя. Поэтому остановимся на ней несколько подробнее.

Если отвлечься от деталей и рассмотреть общую схему устройства корпуса судна, то его можно сравнить с длинной полой коробчатой балкой или с громадной трубой, внутри которой через определенные промежутки установлены диафрагмы — поперечные переборки. Теоретические основы расчета прочности корпуса судна и его элементов чрезвычайно сложны. Это целая отрасль науки, именуемая строительной механикой корабля. Сложность расчетов вызывается, в частности, тем, что корпус судна должен быть как можно более легким, так как лишний вес уменьшает его полезную грузоподъемность. Отдельные элементы конструкции проектировщики выбирают с учетом наилучшего использования свойств прочности используемых материалов. Изложим общую схему расчета, рассматривая судно как балку переменного сечения.

Обычно прочность балок рассчитывают на изгиб, исходя из того, что они лежат на опорах и должны выдержать определенную сосредоточенную или сплошную нагрузку. Аналогично поступают и при расчете прочности судов. Опорой для судна является вода, в которой оно плавает. При отсутствии волн, или, как говорят, «на тихой воде», условия изгиба наиболее благоприятные. Нагрузка, состоящая из веса самого судна, его механизмов и оборудования, из веса груза, запасов топлива и т. п., примерно уравнивается силами реакции опоры (поддерживающими силами воды). Судно при этом как бы находится в ложе, точно соответствующем форме подводной части его корпуса. Изгиб его, вызываемый неравномерностью распределения сил нагрузки, например веса главного двигателя и т. д., и поддерживающих сил, на «тихой воде» сравнительно невелик. У речных судов, имеющих более слабую конструкцию корпуса, он несколько больше.

Прочность корпуса морских судов должна быть рассчитана на самые тяжелые условия. Для балки такие условия наступают тогда, когда расстояние между опорами равно ее длине. Прочность судна рассчитывают исходя из предположения, что судно находится на двух опорах, которыми являются гребни волн, а расстояние между этим гребнями равно длине судна. Очевидно, в этом случае середина судна будет прогибаться вниз, верхние части корпуса (палуба, карлингсы, верхняя часть обшивки бортов и т. д.) будут сжиматься, а нижние (днище, днищевые стрингера, настил двойного дна, нижняя часть обшивки бортов и т. д.) — растягиваться.

Может случиться и так, что судно средней частью окажется на гребне волны, а нос и корма

провиснут. В этом случае части корпуса, которые раньше растягивались, будут сжиматься, и наоборот.

Таким образом, при расчете корпуса судна на прочность учитывают переменное растяжение и сжатие элементов конструкции. Зная условия нагрузки и характер распределения реакции опор (поддерживающих сил), можно определить величину изгибающего момента, а зная закон распределения элементов конструкции по высоте, можно рассчитать, какие в них возникают напряжения. Если напряжение в элементах конструкции примерно равно или несколько меньше допустимого, то прочность судна считается достаточной. Кроме того, рассчитывается величина стрелы прогиба корпуса, т. е. насколько средняя часть судна при изгибе будет ниже или выше концевых.

Рассмотренная схема расчета весьма приближенна. В действительности расчеты значительно сложнее, приходится принимать во внимание динамический характер нагрузки, влияние качки и другие обстоятельства.

Большое влияние на прочность судна оказывают длина и высота борта. При одинаковом водоизмещении уменьшение длины судна или увеличение высоты борта позволяют уменьшить напряжение от общего изгиба судна.

При расчете прочности судна принимают во внимание также наиболее неблагоприятное распределение груза. Тем не менее неправильная загрузка судна в сочетании с другими неблагоприятными условиями может явиться причиной аварии или даже гибели судна. Поэтому равномерное распределение груза по длине судна — важное условие обеспечения его безопасного плавания.

Вибрация

Явление вибрации очень наглядно показано И. Ильфом и Е. Петровым при описании их путешествия на «Нормандии». «Все задрожало на корме, где мы помещались. Дрожали палубы, стены, иллюминаторы, шезлонги, стаканы над умывальником, сам умывальник. Вибрация парохода была столь сильной, что начали издавать звуки даже такие предметы, от которых никак этого нельзя было ожидать. Впервые в жизни мы слышали, как звучит полотенце, мыло, ковер на полу, бумага на столе, занавески, воротничок, брошенный на кровать. Звучало и гремело все, что находилось в каюте. Достаточно было пассажиру на минуту задуматься и ослабить мускулы лица, как у него начинали стучать зубы. Всю ночь казалось, что кто-то ломится в двери, стучит в окна, тяжело хохочет. Мы насчитали сотни различных звуков, которые издавала наша каюта».

«Нормандия» делала десятый рейс между Европой и Америкой. После одиннадцатого рейса она должна была пойти в док для устранения вибрации. Это был первоклассный пассажирский лайнер, который проектировали и строили лучшие специалисты. Им, как видно, не удалось избежать этой крупной ошибки.

В чем же дело? Чем объясняется вибрация и какими мерами она может быть предотвращена?

Это явление свойственно стальным судам. Длина современного корабля больше его ширины примерно в 6 — 7 раз и в 12 — 14 раз больше высоты борта. Как упругое тело корабль имеет определенную частоту собственных свободных поперечных колебаний. Если на судне имеются недостаточно уравновешенные механизмы, число оборотов которых совпадает с периодом свободных поперечных колебаний корпуса или, как говорят, с периодом возмущающих сил, то возникает вибрация всего корпуса судна. Иногда сильная вибрация, возникающая при определенных оборотах главного двигателя, исчезает, стоит лишь несколько увеличить или уменьшить их число. Устранить вибрацию можно еще изменением периода собственных поперечных колебаний корпуса путем подкрепления его конструкции, а также заменой механизма, являющегося причиной возмущающих колебаний.

В последнее время явление заметной вибрации судов можно наблюдать сравнительно редко. Успехи новой науки о вибрации корабля, основоположником которой является А. Н. Крылов, позволяют не только определять способ ее устранения после постройки судна, но и предотвратить ее возникновение еще при проектировании корабля.

* * *

Мы рассмотрели основные свойства корабля, определяющие его мореходные качества. Естественно, некоторые явления были представлены в немного упрощенном виде, что, однако, не искажает общую

картину современного состояния теории и практики кораблестроения. Конечно, следует помнить о том, что каждый из разделов науки о корабле основан на глубоких теоретических исследованиях и постоянно совершенствуется.

Определяя размеры корабля и деталей, из которых он состоит, конструкторам приходится учитывать и увязывать взаимно противоречащие требования. Так, для уменьшения сопротивления воды движению судна желательно, чтобы оно было длиннее и уже, но это ухудшает условия его остойчивости и прочности. Соображения безопасности требуют, казалось бы, возможно большей остойчивости, но тогда возникнет нежелательное усиление качки. Чтобы обеспечить лучшую непотопляемость, корпус должен быть разделен переборками на возможно большее число отсеков, но слишком короткие отсеки затрудняют эксплуатацию судна. Чем больше толщина обшивки и деталей набора корпуса, тем судно прочнее и надежнее, однако от этого уменьшается его полезная грузоподъемность и т. д. Подобные противоречия разрешаются путем нахождения оптимальных решений, удовлетворяющих в известной мере различным качествам корабля.

МОРЕХОДСТВО И СУДА ДРЕВНЕГО МИРА

Историки и археологи неоднократно возвращались к вопросу о времени и месте зарождения судоходства и корабля. Однако ответ на него может быть дан только приблизительный, ибо история развития судоходства уходит своими корнями в столь давние времена, что о них не сохранились достоверные письменные источники. Записи устных легенд и былин, обломки барельефов с изображением лодок и судов, отдельные предметы судового оборудования, находимые при археологических раскопках, — вот все, на чем могут основываться исследователи этого вопроса, обращаясь к древнейшим временам. Однако несовершенство сохранившихся изображений, полное пренебрежение их авторов свойственными нам понятиями пропорций и масштабности дают возможность составить лишь приблизительную характеристику древнейшего судоходства. Что же касается конструктивных особенностей древних судов, то о них можно судить лишь в общих чертах.

Тем не менее с большой степенью достоверности можно полагать, что зарождение судоходства и судостроения относится к самым первым шагам истории человечества. На обширных пространствах земли, покрытых непроходимыми лесами и зарослями, при полном и буквальном бездорожье, реки и озера представляли собой прекрасную для того времени сеть естественных, самой природой устроенных путей сообщения. Не было недостатка и в средствах сообщения. Для этого вполне было пригодно поваленное бурей дерево. Еще более удобно, если в стволе этого дерева имелось дупло. Отсюда еще один шаг до того, чтобы такую внутреннюю выемку выжечь или выдолбить, благо в распоряжении первобытного изобретателя уже появилось первое орудие — каменный топор. Так, очевидно, появился прообраз современного судна — несовершенный первобытный челнок.

В одном из специальных журналов был опубликован любопытный рисунок, созданный воображением художника. По водной глади реки медленно по течению воды плывет упавший с дерева лист, на котором сидит гусеница. На берегу, припав к воде, не отрываясь, смотрит на этот листок первобытный человек. В этой сцене художник хотел показать вдохновенный, творческий порыв, мгновение познания одного из законов природы. Именно так можно представить себе теряющийся в туманной дали тысячелетий момент зарождения в сознании первобытного человека возможности использования водного пути как средства сообщения.

Прошло еще много веков, пока человек научился соединять несколько бревен вместе. Так появился плот, на котором можно более безопасно и удобно перевозить людей и грузы. Защищенный по краям двумя-тремя рядами вертикально уложенных бревен, напоминающих борта будущих судов, он стал еще безопаснее. Постепенно, шаг за шагом из цепи мучительных поисков и случайных счастливых находок рождался неуклюжий, неповоротливый, непрочный корабль — прообраз и дальний предок современных могучих кораблей.

Однако не будем слишком долго задерживаться в области догадок и предположений. Перейдем к временам, сведения о которых сохранили исторические памятники.

Эти памятники дают основание считать, что судоходство и судостроение зародилось и развивалось одновременно в нескольких районах земли. Одним из наиболее вероятных мест являются страны, прилегающие к бассейну Средиземного моря.

Не все в сохранившихся описаниях и изображениях заслуживает доверия. Некоторые из них в подлинном смысле этого слова производят впечатления баснословных. Однако во всех содержится известная доля истины, и они, хотя, может быть, несколько в искаженном виде и со смещением во времени, отражают начало сложного процесса развития и совершенствования судоходства и конструкции кораблей.

Трудно ответить, в какой из стран Средиземноморья раньше всего возникло судостроение и судоходство как сознательная область творческой деятельности человека и какие суда появились раньше — парусные или гребные. Очевидно, это происходило одновременно в нескольких странах, и гребные суда, вооруженные вспомогательным парусом, существуют с древнейших времен.

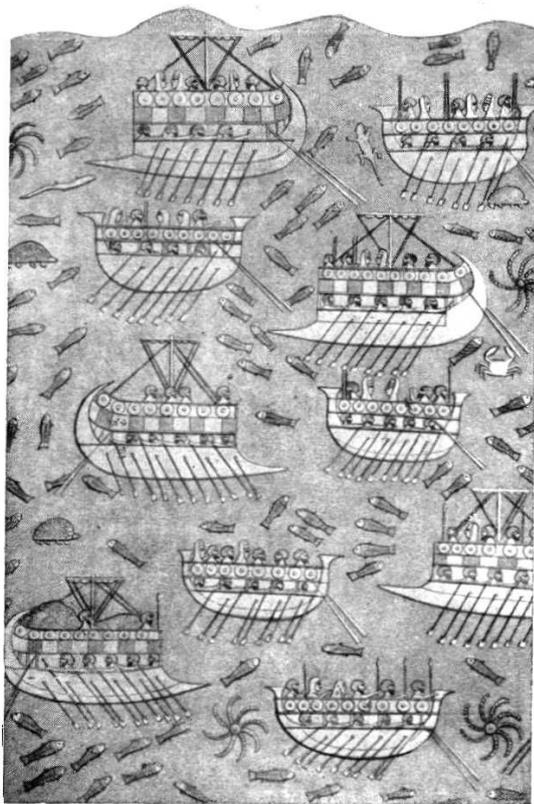
Историю развития гребных судов можно проследить на протяжении нескольких тысячелетий, начиная с 2 — 3 тыс. до н. э. и кончая началом XVIII в., когда они были полностью вытеснены парусными судами, достигшими к этому времени высокой степени совершенства. Хотя в течение этого длительного периода гребные суда видоизменялись и конструкция их совершенствовалась, по общему мнению специалистов — археологов и историков, различия между древнейшими гребными судами и более поздними весьма незначительны.

Известный французский археолог Г. Жаль, много занимавшийся вопросами истории судостроения, дает следующее примерное описание гребного судна, относящегося к XV в. до н. э. Судно это

сравнительно длинное, борт его незначительно возвышается над ватерлинией, незначительна и его осадка. Исходя из необходимости разместить достаточное число гребцов, можно предположить, что длина его была 30 — 36 м, из которых около 21 м составляет средняя часть, где размещались гребцы. При длине весел около 4,5 м, из которых 1,5 м приходится на длину валька, и ширине среднего прохода между рядами гребцов 1,2 м — ширина судна должна была быть 4,5 — 4,8 м. Осадка подобного судна была 1,5 — 1,8 л. При этих размерах водоизмещение его составляло не более 140 — 150 т. Экипаж состоял примерно из 140 человек, в том числе 44 человека — гребцы. Это количество гребцов ориентировочно соответствует мощности 15 л. с. Судя по изображению подобного гребного судна, сохранившемуся на одном финишском памятнике, на нем имелись мачта и парус.

Изложение истории древнейшего кораблестроения принято начинать с Финикии. Финикия — это небольшая древняя страна, располагавшаяся на береговой полосе современных Сирии и Ливана, возникшая в XV — XIV вв. до н. э.

Древний историк Геродот утверждает, что финикийцы вначале жили на берегах Индийского океана, однако из-за частых землетрясений вынуждены были переселиться сначала на низменные, болотистые берега Евфрата, а потом на берег Средиземного моря, где и основали город Сидон (город рыбаков). Колонизовав затем часть восточного побережья этого моря, они быстро заняли ведущее положение в хозяйственной и культурной жизни народов средиземноморского бассейна.



ФИНИКИЙСКИЕ ВОЕННЫЕ И ТОРГОВЫЕ КОРАБЛИ. АССИРИЙСКИЙ РЕЛЬЕФ ИЗ ДВОРЦА СИНАХХЕРИБА В НИНЕВИИ VIII — VII ВВ. ДО Н. Э.

Длина побережья, занятого финикийцами, не превышала 200 км. Усеянное множеством заливов, бухт и небольших островков, это побережье обеспечило благоприятные условия для развития судоходства. Богатые отличным судостроительным лесом Ливанские горы служили источником поставок основного материала для судостроения.

Имеются данные, что уже в то время финикийцы владели секретом выделки стали и сохраняли его в тайне. Древнегреческий историк и географ Страбон сообщает следующий интересный случай: преследуемый римлянами финикийский корабль, нагруженный сталью, был потоплен хозяином, чтобы груз не достался римлянам; правительство возместило судовладельцу понесенные убытки.

Финикийцы отличались большой активностью в колонизации и торговле как сухопутной, так и преимущественно морской. Проникнув морем за Гибралтарский пролив, а сухими путями до Бухары и Малого Тибета, они во многих местах оставили следы своей предприимчивости.

Колонизаторская деятельность финикийцев продолжалась вплоть до VI в. до н. э. Не ограничиваясь

бассейном Средиземного моря, они проникли в районы Черного, а через Красное море в Индию.

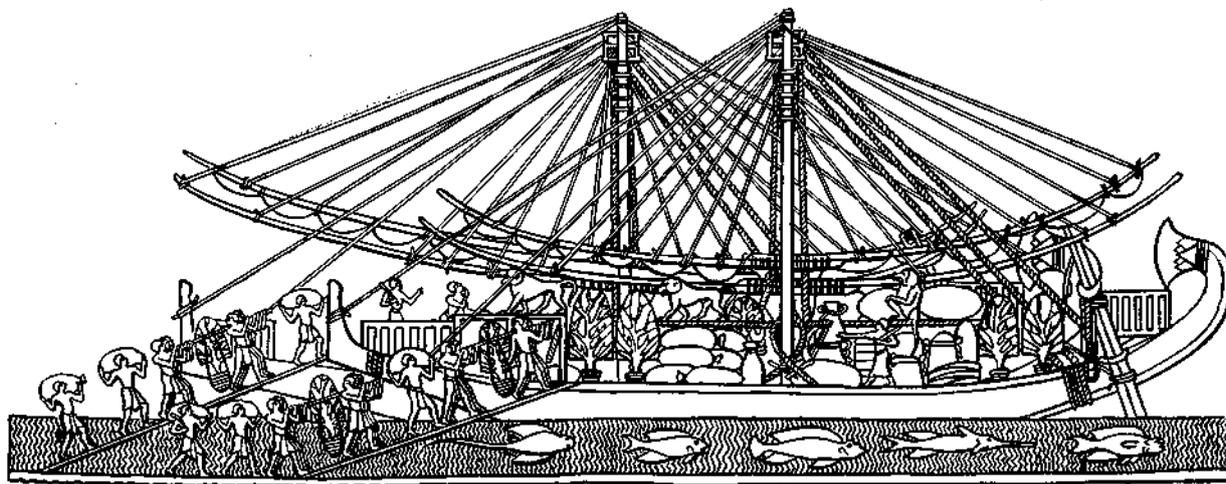
Корабли, строившиеся для плавания по Красному морю, назывались «библскими» (Библ — город в Финикии). Можно полагать, что название одного из распространенных типов гребных судов — галера — также финикийского происхождения. Широко применялись в судостроении средиземноморских стран ливанские кедры, поставлявшиеся финикийцами. Эти обстоятельства являются косвенным признанием больших успехов финикийских кораблестроителей.

Одной из важнейших колоний Финикии на Средиземном море был Карфаген, впоследствии приобретший политическую, экономическую и административную самостоятельность и просуществовавший с IX в. до 146 г. до н. э., когда он был разрушен римлянами. Торговля карфагенян охватывала все Средиземное море; они имели торговую полицию, таможни и военный флот для охраны купеческих судов. Основание военного флота карфагенян относится к IX в. до н. э. В составе их военного флота имелись суда с пятью рядами весел (кенкеремы).

Около Туниса (вблизи б. Карфагена) было найдено затонувшее судно, на котором сохранился документ об условиях его найма. В этом документе сказано, что шкипер клянется... «Зевсом и всеми богами Олимпа хранить условия договора свято, нерушимо и добавочного груза не принимать». Академик А. Н. Крылов по этому поводу замечает, что, по-видимому, уже тогда практики-мореплаватели понимали значение надводного борта, обеспечивающего живучесть судна.

Другой средиземноморской страной с древнейшими судостроительными традициями являлся Египет. Искусство судоходства и в особенности речного судостроения было развито у египтян не меньше, чем у других древних народов. Мы не можем сказать, было ли оно заимствовано египтянами у других средиземноморских стран. Однако можно предположить, что речное судостроение возникло в Египте раньше морского. Возможно, что только типы морских египетских судов были заимствованы у Финикии.

По свидетельству Геродота, каста речных и морских матросов в Египте насчитывала до 700 тыс. человек, имела свои отдельные жилища и свои обычаи; многие из членов этой касты жили на судах. Особые лодки строили египтяне для различных празднеств, которые совершались на воде. Богатые египтяне содержали специальные суда для катанья по Нилу; на судах совершались различные религиозные процессии.



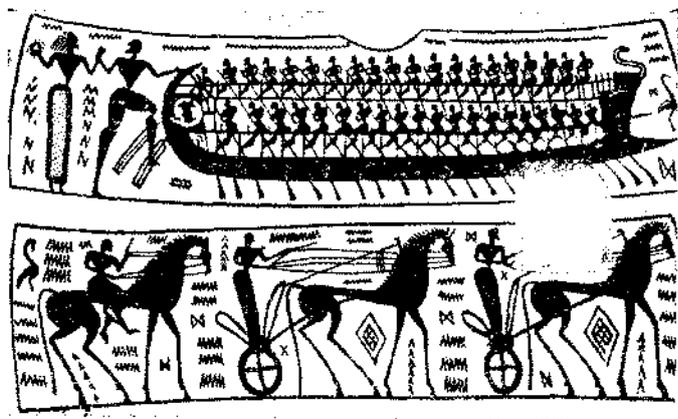
ЕГИПЕТСКИЕ КОРАБЛИ XVIII ДИНАСТИИ. РЕЛЬЕФ ИЗ ХРАМА ХАТШЕСПУТ В ДЕР-ЭЛЬ-БАХРИ

В гробницах, относящихся к середине III тыс. до н. э., найдены изображения судов, прибывавших из Верхнего Египта с зерном, скотом и т. д. К этому времени египтяне умели уже изготавливать из меди орудия для обработки дерева. Ко времени IV династии относятся сведения о привозе морем в Египет финикийского леса. В одной из сохранившихся летописей упоминается о том, что при первом царе IV династии поступило 40 судов с кедрами, из которых строили суда длиной до 50 ж. Во время VI династии обычны были плавания египтян в Финикию и южную часть Красного моря. В надписях

сохранились также сведения о передвижении морем вооруженных сил.

На стр. 49 воспроизведен рисунок с барельефа из храма Хатшепсут в Дер-эль-Бахри, относящегося к XVIII династии, с изображением египетских кораблей. Сохранившиеся отрывочные письменные источники времени египетского фараона Тутмоса III свидетельствуют об оживленных морских связях между Египтом и другими средиземноморскими странами. Располагая искусными кораблестроителями, египтяне строили мореходные и хорошие по тому времени торговые и военные суда. Геродот оставил любопытное описание способа постройки судов египтянами. По его словам, египтяне из акаций выдвигали брусья длиной до 0,5 м, из которых собирали шпангоуты; затем шпангоуты связывали продольными планками. Изготовленный таким образом набор обшивали папирусом. Такие суда имели паруса из папируса и ходили даже в море, однако не теряли из виду берега.

На одном из памятников в Ком-эль-Амаре было найдено изображение грузового судна. Его внешний вид свидетельствует, что оно имело деревянный набор, обшитый досками, несколько выпуклые борта. Положение изображенных людей говорит о наличии палубы, на которой от кормы до мачты устроена рубка (каюта), заканчивающаяся с обоих концов навесами. Полотнища паруса расположены горизонтально. Мачта составлена из двух деревьев, согнутых и скрепленных в вершине; двумя своими концами она упирается в палубу и удерживается натянутыми к корме и носу канатами. По числу весел можно предположить, что длина судна равнялась 40 — 50 л.



ИЗОБРАЖЕНИЕ КОРАБЛЯ НА ГРЕЧЕСКОМ ГЛИНЯНОМ СОСУДЕ IX — VIII ВВ. ДО Н. Э.

Археолог Г. Жаль пришел к выводу, что древние галеры, существовавшие за 15 веков до н. э., почти не отличались от галер римского флота, которые строили спустя 1500 — 1600 лет.

Сохранилось любопытное описание гигантского корабля, построенного по распоряжению Птолемея Филопатора. Он имел длину 92,5 ж и ширину 31 м. Так как глубины Нила во многих местах были невелики, а корабль предназначался преимущественно для речного плавания, дно его было плоское и осадка небольшая. Высота судна около 21 м. Нос и корма расписаны затейливыми изображениями множества неведомых животных. Внутри корабля имелось много отделений для сна, столовая и другие необходимые помещения. Корабль был роскошно отделан: двери изготовлены из дерева ценных пород и инкрустированы слоновой костью, колонны из кипрского дерева украшены капителями, также изготовленными из слоновой кости, архитравы [Архитрав — нижняя часть продольной балки, опирающейся на колонны] сделаны из массивного золота. Было устроено особое отделение, предназначенное для праздников. Залы украшены мраморными бюстами царей. Мачта имела высоту около 40 м, парус был шит из особой тонкой ткани, а снасти окрашены пурпуровой краской. Нос этого корабля имел семь таранов. Длина весел верхнего ряда доходила до 15 м. По преданию, на корабле размещалось около 4 тыс. гребцов и, кроме того, 2850 воинов. Даже если описание этого корабля вымышленное, то и в этом случае оно представляет интерес, так как дает возможность судить о замыслах, которые в своей основе все же должны были исходить из существовавшей в то время техники и технологии кораблестроения.

Существенный вклад в развитие кораблестроения сделали греки, хотя можно предположить, что они, развивая собственное кораблестроение, использовали опыт египтян и финикийцев. Первоначально греки начали судостроение с челноков, затем перешли к постройке лодок, составляя набор из тонких гнутых стволов деревьев, связанных ивовыми ветвями, и обшивая снаружи кожей. Мифическая лодка Харона, по словам Вергилия, была построена подобным образом.

В XVI — XII вв. до н. э. греческие лодки увеличиваются в размерах и постепенно превращаются в

палубные корабли. Начинается активная торговля греков с народами, населяющими Черное и Средиземное море, и колонизация отдельных, еще не занятых другими странами экономически выгодных районов.

В литературно-исторических памятниках древнего времени имеются описания, характеризующие развитие греческого мореходства и кораблестроения. К числу таких памятников, описывающих события конца II — начала I тыс. до н. э., относятся бессмертные произведения Гомера — «Илиада» и «Одиссея». По некоторым данным, в Троянской войне между ахейцами (греками) и троянцами (жителями города Трои в Малой Азии) с греческой стороны участвовал громадный флот из 1186 кораблей, на которых было перевезено на азиатский берег 100 тыс. воинов [Троя находилась на месте современного турецкого местечка Гиссарлык] (время Троянской войны датируется 1193 — 1184 гг. до н. э.) Какие это были корабли? Если

предположить, что все они имели примерно одинаковые размеры, то на каждом из них находилось по 80 — 85 человек. Возможно, что некоторые из этих судов имели и большую вместимость, о чем можно судить по следующим строкам из «Илиады»:

С ними пошло пятьдесят кораблей мореходных и в каждом Храбрых бойцов молодых беотийских сто двадцать сидело.

Однако суда были, по-видимому, небольших размеров, так как, прибыв к Трою, ахейцы вытащили их на берег. Из поэмы видно, что они не обладали достаточной мореходностью. В качестве основного средства передвижения кораблей служили весла, хотя в удобных случаях при попутном ветре греки пользовались парусами. В «Илиаде» упоминается, как однажды троянцы увидели, что все корабли греков спущены на воду и, распустив паруса, с воинами уходят от троянского берега.

Представляет интерес описание постройки плота (судна) Одиссеем («Одиссея», песнь пятая) для возвращения домой. Это поэтическое описание включает в себе как бы подробную «технологическую инструкцию».

Двадцать он бревен срубил, их очистил, их острою медью
Выскоблил гладко, потом уравнил, по снуру обтесавши.
Начал буравить он брусья и, все пробуравив, сплотил их,
Длинными болтами шшив и большими просунув шипами;
Дно ж на плоту он такое широкое сделал, какое
Муж, в корабельном искусстве опытный, строит на прочном
Судне...

Хотя в этом отрывке говорится о постройке плота, но подразумевалось, очевидно, палубное судно, так как плотными брусьями крепкие ребра связав, напоследок в гладкую палубу сбил он дубовые толстые доски.

Позаботился Одиссей и об оснащении судна.
Мачту поставил, на ней утвердил поперечную райну,
Сделал кормило, дабы управлять поворотами судна,
Плот окружил для защиты от моря плетнем из раkitных
Сучьев, на дно же различного грузу для тяжести бросил.
.....И, устроивши парус (к нему же

Все, чтоб его развивать и свивать, прикрепивши веревки),
Он рычагами могучими сдвинул свой плот на священное море.

Описывая в «Илиаде» путешествие Одиссея в Хрису, Гомер следующим образом изображает причаливание корабля:

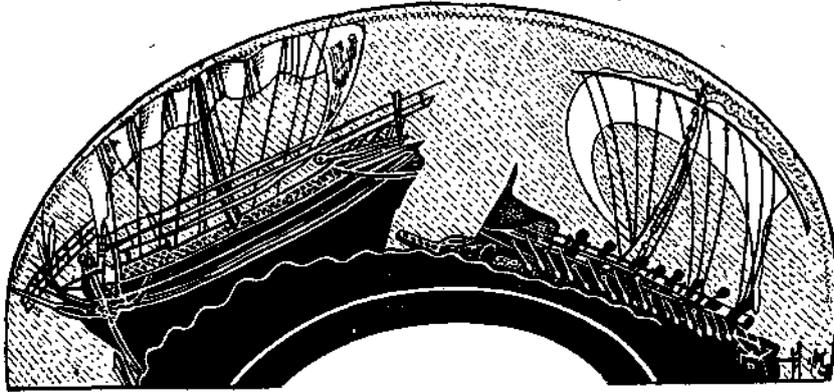
В гавань глубокую Хрисы войдя, спустили ахейцы
В миг паруса и, свернув их, в черный корабль уложили.
Мачту к гнезду притянули, поспешно спустив на канатах,
Сели за весла и к пристани судно свое подогнали.
Выбросив якорный камень, причальный канат укрепили,
Вышли на берег крутой, многшумным кипящий прибором.

В IX в. до н. э., а может быть, несколько раньше, в Греции наряду с большими парусными грузовыми кораблями появились позаимствованные у финикийцев длинные, узкие, низкобортные военные корабли, имевшие по 26 гребцов с каждой стороны. Острый таран на носу судна был предназначен для повреждения судов противника. Такие корабли изображены на больших вазах, найденных в Афинах и относящихся к VIII в. до н. э.

В VIII — VI вв. до н. э. происходит процесс дальнейшего усовершенствования греческих кораблей. Появляются так называемые *пентеконтеры* — длинные суда, построенные с учетом последних

достижений финикийцев. На этих судах 50 гребцов размещаются в один или два ряда. Эти более быстроходные суда использовались как военные. Что касается торговых судов, то они были характерны округлой формой корпуса, носа и кормы и имели вместительные трюмы.

В конце VIII в. до н. э. в Коринфе, по свидетельству Фукидида, появились первые *триэры*, т. е. суда с тремя рядами гребцов. В их экипаже насчитывалось 200 гребцов. Однако более широкое распространение триэры получили лишь в V в. до н. э. В 485 — 480 гг. до н. э. афиняне построили 150 триэр. Увеличение размеров судов продолжалось и в III в. до н. э. Основным типом военных судов становятся *пентеры* и *гептеры*, имевшие уже по 5 и 7 рядов гребцов.



ТРИЭРА, ПРЕСЛЕДУЮЩАЯ ТОРГОВОЕ СУДНО. ИЗОБРАЖЕНИЕ НА СОСУДЕ ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ VI В. ДО Н. Э.

Древнегреческий историк Диодор Сицилийский (80 — 29 гг. до н. э.) упоминает о громадном корабле длиной около 130 м, построенном для египетского фараона Сезостриса. До нас дошло подробное описание другого крупного корабля, принадлежавшего Гиерону Сиракузскому. Судя по этому описанию, на его постройку было израсходовано столько лесоматериалов, что их хватило бы на 50 галер. Строил корабль коринфский мастер, а спуск на воду осуществлялся под наблюдением Архимеда. На корабле были парадные помещения для пиршеств, отделения для бань, библиотека, академический зал и даже пруды, наполненные рыбой, конюшни и храм Венеры. Пол и стены храма были выложены агатом и другими полудрагоценными камнями. Стены главных помещений обиты дорогими тканями и местами украшены инкрустацией и фресками, изображавшими эпизоды из Илиады. Потолки и окна отделаны украшениями из слоновой кости. На верхних этажах судна помещались гимнастические залы. Корабль имел 20 рядов весел [Количество рядов весел вызывает существенные сомнения]. Для защиты от неприятеля на судне устроили башни. В двух из них на носу и двух на корме установили военные машины (очевидно, катапульты). По указанию Архимеда для корабля была построена метательная машина, бросавшая камни весом в 300 фунтов или копья длиной до 5 — 6 м на расстояние целой стадии (около 1 км).

Это описание нельзя рассматривать как абсолютно достоверное. Как и в отношении описания корабля Птоломея Филопатора, здесь допустима возможность преувеличения. Однако оно интересно тем, что характеризует, если не осуществленный проект, то по крайней мере замысел, также в какой-то степени основанный на реальных предпосылках.

Сохранившиеся письменные документы свидетельствуют о том, что в III тыс. до н. э. существовало кораблестроение в Двуречье — в государстве Шумере [Двуречье — территория между реками Тигром и Евфратом]. Судостроение развивалось и в Вавилоне. Выгодное положение Вавилона способствовало торговле. На берегу Евфрата при царице Семирамиде (Шаммурамат) были устроены великолепные набережные и склады для товаров. По водным путям, связывавшим Вавилон с Персидским заливом, поступали товары из Индии, Аравии и других близлежащих стран. Страбон и Диодор Сицилийский сообщают, что Семирамида поощряла судостроение. Вавилонские корабли посещали берега Индии, Аравии, Африки и, по-видимому, доходили даже до о. Цейлона.

Геродот, характеризуя суда, ходившие по Евфрату, писал, что их строят в Армении.

Подводную часть и шпангоуты набирают из вербы и обтягивают потом кожами, служащими обшивкой. Днище покрывают соломой. Такие суда имеют форму круглую, в виде щита, без всякого различия между носом и кормой. Их нагружают товарами, и для движения они используют течение реки.

В II — I вв. до н. э. на средиземноморскую арену выходит Римская империя. Древние римляне имели

флот для связей с восточными колониями, британскими островами, Индией и Китаем.

На территории нашей страны в бассейне р. Камы археологи находят предметы материальной культуры, относящиеся к I тыс. до н. э., доставлявшиеся по сибирским и уральским рекам с Алтая.

Славянские племена, еще до начала н. э. жившие по берегам Дуная, Днестра и Буга, также использовали реки для судоходства.

Имеются данные о существовании кораблестроения в Китае в ранний период. Так, оно значительно развивается в 480 — 220 гг. до н. э. (время Чжанго). Сохранилась деревянная модель 16-весельной лодки из погребения, относящегося ко времени династии Хань. Эта модель была найдена в г. Чанша провинции Хунань. Имеются предположения, что уже тогда в Китае был известен примитивный компас.

Китайским мореходам, по-видимому, были известны морские пути Восточно-Китайского и Желтого морей, морские пути в Корею, Японию, Индокитай. Их суда плавали на Филиппинские острова, к берегам Цейлона и в отдаленные страны Аравийского моря.

В Индии задолго до н. э. также было известно искусство мореплавания и существовали искусные мореплаватели. В начале I тыс. н. э. Индия торговала с Месопотамией. Однако морской опыт Китая и Индии еще недостаточно изучен.

Из перечисленных фактов можно сделать вывод, что судостроение и судоходство, возникшие в древнем мире из потребности в торговых связях, развивались в разных странах почти одновременно.

Уже в сравнительно древние времена различали короткие и длинные суда. Различие это сохранялось и впоследствии, пока существовал гребной флот, т. е. примерно до конца XVIII в. н. э.

Длинные суда различались по числу рядов весел.

Короткие суда использовали в качестве торговых, а также для перевозки войск и военных запасов. Торговые суда, принадлежавшие частным судовладельцам, имели небольшую скорость хода и в основном ходили под парусами, часто не имея весел. Численность команды на этих судах была поэтому сравнительно невелика. Транспортные суда, обязанные следовать за военными, были длиннее и кроме парусов имели весла. Наконец военные суда (длинные), снабженные веслами и парусами, имели сравнительно большую скорость хода и были более прочными.

Суда с одним рядом весел назывались *униремами*. Первоначально они не имели палуб и использовались лишь для прибрежного плавания.

По Гомеру, греческие суда при осаде Трои были беспалубные униремы, имевшие только платформы на носу, на которых стояли воины с луками. Суда эти при необходимости быстрых маневров управлялись веслами. Помимо луков, Гомер в Илиаде упоминает о копьях длиной в 22 локтя (около 10 м) с бронзовыми наконечниками. Суда вооружали ими для защиты в случае нападения неприятеля.

Изображение древней униремы, снабженной подобного рода копьем, обнаружено в 1837 г. на древней вазе, найденной при раскопках в Агригенте. Судя по длине корпуса, тарану и копью можно считать, что судно являлось военным. Корпус его отличался красивой формой, удачными пропорциями и изящной отделкой. Наличие 12 весел с каждой стороны позволяет предполагать, что длина его составляла 18 — 21 м.

Г. Жаль упоминает, что на той же вазе имеются униремы с 28 и 30 веслами, так что длина унирем у древних греков доходила, по-видимому, до 37 — 44 м.

Суда, имевшие два ряда весел, расположенных один над другим, назывались *биремами*. На древних памятниках, за исключением египетских, встречаются изображения таких судов.

Так, несколько бирем изображены на этрусских вазах. На одной из этих ваз, хранящейся в Британском музее, изображена бирема пиратов, идущая под парусами и веслами, расположенными в шахматном порядке. В верхнем ряду двенадцать весел, в нижнем — шесть. Это свидетельствует о том, что корпус биремы имел узкую, заостренную корму. Верхний ряд гребцов помещался на открытой палубе и был защищен от волн и неприятеля высоким бортом.

Гребные суда с тремя рядами гребцов назывались *триремами*. На триремах весла располагались в шахматном порядке. В остальном они весьма похожи на биремы. Нижний ряд весел на биремах был расположен очень близко от воды. Несомненно, что и на триремах нижний ряд весел должен был располагаться также низко. Во время волнения нижние ряды весел не могли действовать, их вдвигали внутрь судов, а отверстия, из которых они обычно выступали, закрывали кожей, чтобы вода не заплескивалась внутрь корпуса.

В 1852 г. в афинском акрополе был найден мраморный осколок памятника с изображением триремы. На этом осколке траниты, гребцы верхнего ряда, изображены сидящими голыми под тентом, спиной к носу; весла их опираются на верхнюю окраину борта. Весла гребцов среднего ряда — зигитов расположены очень близко от первых. Небольшое расстояние между веслами дает основание предполагать, что зигиты также сидят на скамьях, находящихся на верхней палубе, но расположенных

несколько ниже скамей транитов. Весла гребцов третьего ряда — таламитов расположены под палубой, так близко от воды, что в сильное волнение должны были убираться внутрь триремы.

У Цицерона встречается упоминание *квадриремы* (четыре ряда гребцов).

Ряд исследователей высказывает сомнение в возможности постройки судов более чем на 3 ряда гребцов. Однако в письменных свидетельствах упоминаются суда даже с 40 рядами весел, хотя конструкция таких судов не ясна.

В таблице приведены основные данные некоторых типов древних гребных судов.

Показатели	Галера египетская (унирема)	Трирема	Квадрирема	Кенкерема
Длина без тарана, м . . .	36,6	45,5	48,2	51-, 5
Длина тарана, м.....	8	3,05	3,7	4,6
Ширина при ватерлинии, м	—	4,25	4,8	5,5
Ширина наибольшая, м	4,8	5,5	6,7	8,0
Осадка, м.....	5 — 6	8,5	3,05	3,5
Высота борта, м.....	—	3,4	4,0	4,6
Водоизмещение, т	—	232	365	534
Число гребцов, чел. . .	40 — 44	174	240	310
Численность экипажа, чел.	80 — 100	225	300	375
Условная мощность, л. с.	15	24	32	42

А вот характеристика весел, которыми эти суда приводились в действие:

Тип судна	Длина весла,	
	забортная	общая
Кенкерема	4,0	6,0
Квадрирема	3,4	6,0
Трирема: верхний ряд весел	2,75	4,2
средний » »	2,1	3,2
нижний » »	1,5	2,3
Египетская галера	3,05	4,6

Короткие парусные суда, как правило, имели меньшую скорость хода, чем длинные, но при попутном ветре обгоняли гребные.

Большое влияние на развитие судостроения оказало овладение технологией производства железа. С начала I тыс. до н. э. железо в качестве инструмента и крепежного материала вытесняет бронзу, так как оно более доступно и распространено, хотя по качеству вначале уступало бронзе.

Древние мореплаватели не умели маневрировать судами подобно тому, как это делали моряки, ходившие на парусных судах в более позднее время. Писатель и ученый Плиний Старший указывает, что переход из Мессины в Александрию совершался купеческими кораблями в 6 дней. От Гибралтарского пролива до Остии — в 7 дней, а до берегов Африки — в 2 дня. Ксенофонт, древнегреческий историк, упоминает, что переход из Византии до Гераклеи (около 120 миль) на триреме можно было совершить на веслах в один день. По этим указаниям можно судить, что скорость древних судов была от 4,5 и не более 7,5 узла (8,3 — 13,8 км/час).

В отдаленной древности суда, по-видимому, строили без палуб, для прибрежного плавания они не были нужны. Необходимость устройства палуб для защиты судового экипажа и груза от непогоды возникла позднее, когда увеличились размеры судов и дальность переходов. Очевидно, вначале строили полупалубы в носу и корме судна, лишь потом палубу начали настилать по всей его длине. В средней части палубы судна вдоль скамей гребцов устраивали возвышение шириной 1 — 1,2 м. По обе его стороны, вдоль бимсов, размещали скамьи для гребцов. На торговых судах в палубе прорубали грузовые люки.

Древние мореплаватели не имели понятия о якорях, подобных нашим. Геродот, описывая плавание судов по Нилу, сообщает, что египтяне для уменьшения скорости хода судна по течению употребляли камень, привязанный на веревке к корме судна. Он же служил для удержания судна на месте, т. е. выполнял роль якоря. Тяжесть камней Геродот определяет в два таланта (около 46 кг). Не был также

известен руль. Вместо него использовались специальные кормовые весла с более широкими лопастями.

О первых морских путешествиях финикийцев, карфагенян, греков и египтян мы уже упоминали. Первоначально их целью была колонизация берегов Средиземного, Эгейского и Черного морей. Поход аргонавтов в Колхиду на корабле Арго приписывается и грекам и финикийцам.

До наших дней дошло описание большой морской экспедиции карфагенского мореплавателя Ганнона. Предполагается, что событие это относится к 525 — 530 гг. до н. э. Флот Ганнона состоял из 60 галер, на каждой из них было по 50 весел. Всего на судах находилось около 30 тыс. переселенцев, которые должны были образовать на обследованных берегах Западной Африки новые колонии. Выйдя из Средиземного моря через Гибралтарский пролив, флот Ганнона направился вдоль западного берега Африки и дошел, по-видимому, до Гвинейского залива, организовав по пути несколько колоний. Оттуда он вернулся обратно в Карфаген. Это был первый выход морского флота за пределы Средиземного моря.

Дальние морские путешествия в бассейне Средиземного моря неоднократно совершались и задолго до Ганнона. В VII в. до н. э. финикийцы по поручению египетского царя Нехо I в течение трех лет совершили путешествие через Красное море вокруг Африки и вернулись обратно через Гибралтарский пролив, а между 550 и 500 гг. до н. э. финикийский путешественник мореход Гамилько достиг берегов современной Англии.

В рассматриваемый период истории человечества эти первые дальние морские путешествия сыграли огромную роль в экономическом и культурном развитии стран Средиземноморского бассейна. В частности, по признанию историков, судоходство наряду с другими факторами способствовало раннему политическому объединению Египта. Потребность в дальних переходах предъявляла повышенные требования к прочности, надежности и ходкости судов, а улучшение их мореходных качеств в свою очередь позволяло удлинять маршруты путешествий.

Так во взаимодействии развивалось древнее судостроение и судоходство.

Развитие мореплавания сдерживалось рядом причин. Крайне примитивными были средства и способы навигации. Компас еще не был изобретен, а навигация как наука об определении местонахождения судна по звездам лишь зарождалась. Глубину моря измеряли шестом, а пройденное расстояние продолжительностью перехода. Из-за отсутствия навигационных приборов мореплаватели ориентировались по береговым приметам. Направление к берегу иногда определяли по полету птиц, которых выпускали с судов.

О путешествиях в бассейне Средиземного моря сохранилось и изучено много документов.

В последние годы стали шире известны древние путешествия китайских, индусских и других мореплавателей. Имеются прямые и косвенные данные о дальних морских путешествиях и в других районах земного шара. Так нельзя не упомянуть о раннем периоде мореплавания в бассейне Тихого океана. Речь идет о миграции населения и своего рода транспортных связях между Полинезией и Южной Америкой. На простых пирогах и плотках жители этого района совершали морские переходы дальностью 2 — 2,5 тыс. миль.

Рассмотрение древнего периода в развитии мореплавания и кораблестроения, конец которого весьма условно совпадает с началом нового летосчисления, закончим словами Ф. Энгельса, в которых сжато и исчерпывающе дана характеристика этого процесса:

«Мореходными судами Финикии и Карфагена, Греции и Рима были плоскодонные барки, не способные плавать в штормовую погоду; морские просторы во время шквала были для них губительны; они медленно плыли вдоль берегов, а в ночное время бросали якоря в какой-либо небольшой бухте или заливе. Для таких судов пересечь море из Греции в Италию или из Африки в Сицилию было опасным предприятием. Эти суда не могли выдерживать напор парусов, обычных для наших современных военных кораблей, и были снабжены лишь парусами небольших размеров; полагаясь на весла, они могли лишь медленно передвигаться по волнам» [К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. 14, стр. 380].

Эти слова говорят также о мужестве древних мореходов, пускавшихся в неизведанное морское пространство.

ДАЛЬНЕЙШЕЕ РАЗВИТИЕ ГРЕБНОГО И ПАРУСНОГО ФЛОТА

Трудно провести какую-либо четкую временную границу в сложном и постепенном процессе развития судоходства и кораблестроения. Борьба за сферы влияния и овладение экономически и политически важными в то время морскими путями то ускоряла, то замедляла развитие морского судоходства в странах Западной Европы и в бассейне Средиземного моря. Существовали и развивались морские связи между Китаем, Японией, Кореей и Индией, между Индией, Малой Азией и северо-восточной Африкой. Проложенные еще до нашей эры морские пути в Южном, Восточно-Китайском и Желтом морях, в Аравийском море, в Бенгальском и Персидском заливах, в Каспийском и Черном морях сохранились и развивались. К сожалению, почти не сохранились исторические документы и памятники, которые бы сколько-нибудь достоверно могли характеризовать регулярность морской торговли в этих направлениях, конструкцию и размеры использовавшихся судов.

Римские суда с начала нового летосчисления и до падения Рима мало отличались от судов конца древнейшего периода. По-прежнему длинные суда предназначались для военных целей, а короткие — для торговли и обслуживания военного флота. Конструкция и мореходные качества их совершенствовались медленно. Различные названия судов в основном определялись внешними особенностями, которые, в свою очередь, видоизменялись с целью усиления средств нападения на неприятельские суда и защиты своих войск и гребцов от неприятельских стрел, копий, снарядов метательных машин.

Одним из переходных типов от древних высоких, неуклюжих судов к средневековым галерам являются римские *либуры*. Суда эти были легкие, быстроходные, поворотливые и имели невысокий надводный борт. Либуры строили с двумя и тремя рядами весел, однако по расположению рядов весел они отличались от судов древнего периода. Тип средневековой галеры, очевидно, сложился путем постепенного видоизменения либурн.

С падением Римской империи ключевые позиции в средиземноморском судоходстве перешли к Византийской империи, которая сохраняла здесь свое господствующее влияние вплоть до XIII столетия. Это влияние препятствовало участию западноевропейских судов в морской торговле этого важного экономического района, что задерживало развитие морского флота европейских стран после падения Рима.

Последовавшие позднее перевозки больших количеств войск и снаряжения в связи с крестовыми походами способствовали качественному и количественному развитию морского флота ряда европейских стран.

Еще до падения Римской империи, примерно в III в. н. э., на арену морского судоходства выходят норманны (северные люди). Под этим обобщающим названием обычно имеют в виду группу народов северных стран, живших на теперешней территории Дании, Швеции и Норвегии. Норманны известны своими смелыми морскими путешествиями, а также грабительскими захватническими походами, особенно распространившимися в IX — XI вв. Достаточно сказать, что уже примерно за 500 лет до Колумба, корабли норманнов из Норвегии шли в Шотландию, Ирландию и даже северную Америку (Лабрадор и Новая Англия), из Дании — в Англию, Италию (Пиза) и Францию (Нант, Бордо, Марсель). Можно представить себе удаль и отвагу этих мореходов, на утлых суденышках плававших в Бискайском заливе и далее на юг через Гибралтар в Средиземном море.

Широко известны также походы норманнов «из варяг в греки».

Постройка судов у северных народов не ограничивалась небольшими лодками; норманны строили прочные, мореходные и своеобразно красивые большие суда. Сохранилось описание «Большого дракона», построенного корабельным мастером Торбергом. Это судно имело по 34 весла с каждого борта. На закругленном носу выделялась голова дракона, а корма заканчивалась хвостом. Судя по числу весел, размеры судна были близки к размерам средневековых галер (длина около 40 м).

Вильгельм Завоеватель, намереваясь покорить Англию, частично построил, а частично собрал 3 тыс. судов и посадил на них 60 тыс. войска. Подвиги этой экспедиции изображены на ковре 65 м длиной и 450 мм шириной, хранящемся в соборной церкви в Байе. На фоне белого холста разноцветными нитками из шерсти вышито 57 отдельных сцен. Форма кораблей очень красива и даже изящна, правильно уложенные доски обшивки образуют плотную выпуклую поверхность, как бы подчеркивающую крепкую конструкцию корабля. Вооружение его рассчитано на плавание по бурным северным морям.

Военные суда норманнов имели на корме надстройки с бойницами и платформами, на которых во время сражений помещались стрелки из лука и пращники.

Якоря у норманнов не отличались от якорей у других народов. На Байесском ковре видны железные

якоря без штоков, на других рисунках встречаются якоря и со штоками [Шток — деталь якоря, помогающая зарыванию его в грунт]. Помещали якоря обыкновенно на носу, на палубе, иногда подвешивали снаружи корабля. Для прохода канатов в палубе и борту устраивали отверстия — клюзы. На больших кораблях было по два якоря и даже более, а на малых, которые можно было легко вытаскивать на берег, — по одному.



СУДНО НОРМАННОВ

Норманны хорошо знали направление ветров и их силу в различные времена года в местах, наиболее часто посещаемых ими. Они также изучали силу и направление течений, величину и направление волн, время и высоту приливов и положение звезд, так как, удаляясь от берегов, не имели других ориентиров. В походах они проявляли осторожность и предусмотрительность. Даже направление полета птиц принимали во внимание. Так, некоторые из судовладельцев при переходах к Исландии и Шотландии брали с собой ворон и, выпуская их в пути, следовали за их полетом.

На развалинах Римской империи образовался ряд мелких государств, соперничавших в развитии торговых связей с другими средиземноморскими странами. Одним из таких государств была Венецианская республика, занявшая видное место в морском судоходстве раннего средневековья.

Возникшая в V в. н. э. она в IX — X вв. становится основным торговым центром Западной Европы в торговле со средиземноморскими странами. Ее могущество как судоходной державы особенно усилилось в результате участия ее флота в транспортных операциях, связанных с крестовыми походами. Как известно, во время II крестового похода (1147 — 1149 гг.) один из его участников — король Конрад III переправлял свои войска из Константинополя в Акру морским путем. Еще большую роль сыграл морской флот в III крестовом походе (1189 — 1192 гг.), во время которого король Ричард Львиное Сердце перевез свое войско со снаряжением из Англии в Акру на морских судах через Гибралтарский пролив, а Филипп II Август также морским путем отправился в Акру из Генуи. Наконец IV крестовый поход (1204 г.) из Венеции в Константинополь по существу был умело направлен венецианцами в целях ослабления могущества Византийской империи и осуществления выгодной для Венеции идеи свободы морских путей и морской торговли.

Крестовые походы сыграли немалую роль в развитии морского судоходства Венецианской республики. Обслуживая своим флотом походы крестоносцев, она в то же время поддерживала оживленные торговые отношения с их противниками.

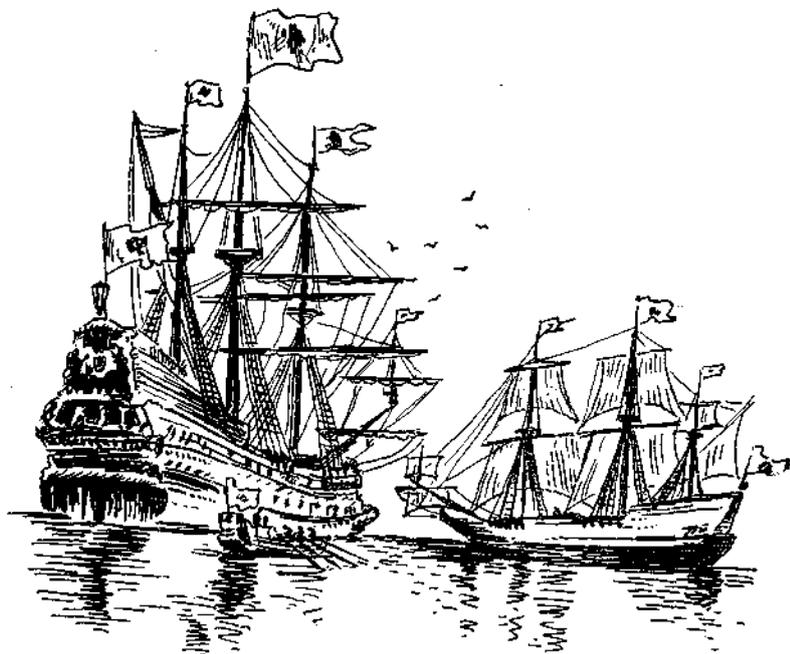
В IX — X вв. начал развиваться морской флот Генуэзской республики, достигший наибольшего расцвета в XII — XIV вв. Это развитие обусловили те же факторы, которые способствовали росту флота Венецианской республики. Однако соревнование, начавшееся на почве единства интересов, направленных к захвату монополии в средиземноморской торговле и ослаблению ключевых позиций Византийской империи, вскоре переросло во взаимные распри. После IV крестового похода, когда

господствующее положение на торговых путях перешло от Византии и стран восточного Средиземноморья к западноевропейским странам, между Генуэзской и Венецианской республиками возникла ожесточенная борьба, закончившаяся в конце XIV в. (1380 г.) победой последней. Венеция полностью захватила морские торговые пути, связывающие Западную Европу с Алжиром, Египтом, Малой Азией. Более того, Венеция вытеснила Генуэзскую республику из ее колоний на Черном море (Крым, Азов) и монополизировала торговые отношения с Ганзейским союзом.

Морской флот Венеции насчитывал 300 крупных и 3 тыс. мелких торговых судов с экипажем 25 тыс. человек. Для охраны торговых судов Венеция содержала 45 военных галер с экипажем 11 тыс. человек, что соответствует средней численности 200 — 300 человек на одной галере.

На развитие судоходства и кораблестроения в этот период существенное влияние оказали некоторые до полнительные обстоятельства технического характера. Примерно в XII — XIII вв. в Европе был изобретен морской компас и, очевидно, в XIV в. был предложен кормовой руль. Первоначальный образец компаса представлял собой сосуд с водой, в которой плавала пробка с магнитной стрелкой. Несколько позже, в начале XIV в., итальянец Флавио Джулио усовершенствовал компас, снабдив его картушкой, разделенной на 16 частей (румбов), по 4 на каждую часть света [Картушка — диск из немагнитного материала с делениями, показывающими направления сторон света]. Это не хитрое приспособление в сочетании с накопленными фактами, нашедшими отражение в уточнении и улучшении географических карт, способствовало значительному развитию мореплавания и кораблестроения. Увеличению размеров судов помогло также изобретение пороха и применение пушек. Размеры военных кораблей стали измерять количеством установленных на них пушек. Хотя гребные суда еще долго (примерно до конца XVIII в.) использовались в качестве военных, в это время быстро растет численность парусного флота,

Примерно тогда же возник новый тип короткого парусного судна — *нефа*. Существуют различные толкования этого слова, скорее всего, оно французского происхождения. Появление нефов послужило началом перехода в средние века от парусно-весельных к парусным судам. Характеристика нефов XIII в. может быть представлена следующими данными: длина с надстройками — около 40 м, полная высота от киля до верхней палубы надстроек — примерно 12 м, ширина — 12,5 м, осадка — 3,7 м и водоизмещение — около 500 т.



СУДА ФЛОТА ГАНЗЫ (КОНЕЦ XIV В.)

В кормовой части нефа по обеим сторонам имелись отверстия для коротких с широкими лопастями весел, которыми судно управлялось. На нефах устанавливали две мачты одnodеревки; переднюю — посередине судна (высота ее равнялась примерно длине киля), а заднюю — на кормовой оконечности киля. На вершинах мачт оборудовали коробки или беседки для наблюдений за морем. Каждую мачту оснащали треугольным (латинским) рейковым парусом. Длина реи передней мачты равнялась длине киля, на задней она была короче.

Нефы были, по-видимому, вместительными судами. Имеются свидетельства, что на нефе, перевозившем короля Людовика IX, помещалось 800 человек, в том числе 600 человек составляли войска с оружием и боевыми запасами, рыцари из аристократических фамилий и свита короля. Если учесть, что плавание нефа без захода в порты продолжалось 10 недель и что нужно было на судне иметь достаточный запас провизии, следует признать, что судно это было достаточно велико и вместительно.

Что касается длинных гребных судов этого периода, то они, сохраняя особенности первоначальной конструкции, постепенно увеличивались в размерах. Однако вместе с этим возрастали трудности, связанные с необходимостью увеличения движущей силы. Весла достигали громадной длины. Гребные суда этого периода назывались *дромонами*, *панфилами*, *галерами*, *галеасами* и т. д.

Дромоны — переходный тип от либурнов — быстроходные и поворотливые суда с двумя рядами весел. Они имели вспомогательное парусное вооружение. Судя по сохранившимся изображениям, у них был высокий надводный борт, защищавший гребцов и войско, и боевые башни на носу и корме, подобные башням на более древних судах. Расстояние между скамьями (банками) гребцов было 1 — 1,2 м, пространство, занимаемое веслами, составляло около 30 м. Общая длина дромона достигала 40 — 41 м и более.

Дальнейшее развитие гребных судов выразилось в совершенствовании *галер*. Из военных гребных судов галера самое совершенное. Подвергаясь различным изменениям и улучшениям в течение веков, она служила в качестве главного типа боевого судна. Еще во второй половине XVIII столетия галеры использовались в военных флотах.

У галер один ряд весел, настолько длинных, что на каждое сажали по 3, 4, 5 и даже 7 человек. Вальки весел наполняли свинцом и к ним приделывали деревянные скобы по числу гребцов. Длина весел доходила до 12 — 15 м, из них. 3 — 4 м находилось над палубой, а 9 — 11 м выступало за борт; для установки уключин вдоль бортов были устроены наружные выступы.

Скамьи для гребцов шириной 0,3 — 0,45 м размещались под некоторым углом к килю. Ноги гребцов опирались на брусья, которые возвышались над палубой примерно на 0,3 м. У бортов судна, между скамьями, устраивали рундуки шириной 0,6 м, на которых команда спала и отдыхала в свободное время. Над палубой натягивали тент для защиты от солнца.

Иногда строили галеры для торговых перевозок. Купеческие галеры XV в. отличались от военных тем, что на них весла размещались между носовой частью судна и средней мачтой, их было 17 на одном борту и на каждом весле сидело 4 гребца. Остальная часть судна предназначалась для груза. Такие галеры имели три мачты: на двух задних были латинские, а на передней — четырехугольный парус.

Мальтийские галеры, использовавшиеся в Греции и Турции, имели длину свыше 50 м, ширину около 11 м; рангоут их состоял из трех мачт с латинскими парусами [Рангоут — деревянные брусья или металлические трубы, составляющие остов парусного вооружения (мачты, реи и т. д.)]. Весел было 49, каждое длиной 13,5 м. Их экипаж насчитывал 540 человек.

Возвращаясь к характеристике венецианского флота, следует упомянуть о том, что в начале XVI в. в Венеции инженер Пишерони Мирандола предложил построить галеру-бирему громадных размеров: длина 49 м, ширина 7,6 м, высота борта до верхней палубы около 14 м. Экипаж ее должен был насчитывать около 400 человек; длина весел 14,5 и 19 м. Этот проект, по-видимому, не был осуществлен.

Современник Мирандолы ученый Витторе Фаусто предложил построить галеру-кенкерему. Галера Фаусто должна была иметь 200 весел; длина ее составляла 73 м, ширина около 10 м и осадка 3,8 м. На каждом борту было установлено по 20 скамей. Общая длина пространства, занятого скамьями, равнялась 30 м. Судно это, возможно, было построено, однако судьба его неизвестна.

Галеасы очень похожи на галеры, но примерно в 1,3 раза длиннее, шире и выше. Весла на галеасах длиннее галерных и дальше отстоят одно от другого. Каждое весло приводилось в движение 6 — 8 гребцами. Длина галеасов доходила до 81 м. На них устанавливали три мачты с парусным вооружением, а для управления в ходу — два больших рулевых весла по бокам кормовой части.

Венецианские галеасы длиной 46 м и шириной 9,1 м (не считая возвышений на носу и корме) имели три мачты с парусами, а численность экипажа — до 1300 человек. Весла служили вспомогательным средством движения и употреблялись лишь при слабом ветре. Для лучшего размещения весел борта наклонялись наружу.

Преобладающее положение Венеции в морском судоходстве продолжалось недолго. Во второй половине XV в. произошло два важных события. В 1453 г. Константинополь был захвачен турками, а в 1497 — 1498 гг. Васко да Гама вслед за португальцем Бартоломео Диасом открыл морской путь в Индию вокруг Африки. В связи с этим основные морские торговые пути с востока переместились на запад. Это обстоятельство, а также выход на арену морской торговли Португалии и Испании привели к

упадку и быстрому вытеснению Венецианской республики из морской торговли. К этому же времени, по-видимому, относится расцвет организованного в XIV в. торгового и политического союза северогерманских городов, известного под названием Ганзейского союза.

Несмотря на сравнительно недолгий срок могущества этих двух стран в области морского судоходства, ими был сделан немалый вклад в развитие мореплавания и кораблестроения.

Помимо путешествия Васко да Гама, выдающееся значение имели открытия Христофора Колумба (1492 г.), П. Кабрала (1500 г.), путешествия Америго Веспуччи (1498 — 1502 гг.), Магеллана (1511 — 1529 гг.) и т. д.

Открытие и освоение новых стран и континентов требовало усовершенствования морских транспортных средств, и кораблестроение приспособлялось к этой генеральной задаче. Суда теперь, не особенно увеличиваясь в размерах, становились более быстроходными и надежными.

Во внешнем виде нефов XVI столетия можно обнаружить существенные изменения. Взамен одинаково закругленных носа и кормы появляется плоская кормовая оконечность в надводной части. Борта прежних нефов были прямые, без уклона, так что все палубы имели одинаковую ширину. Характерна форма поперечного сечения корпуса судов XVI в. У них палуба почти в 2 раза уже наибольшей ширины судна. Борта его, начиная от ватерлинии, круто загибались внутрь. Такая необычная форма бортов вызвана желанием затруднить действия противника в абордажном сражении. Суда этой эпохи длинные, узкие и высокие. Длина и высота их определялись необходимостью разместить возможно больше гребцов, а малая ширина стремлением увеличить ходкость, так как, применяя человеческую силу в качестве двигателя, надо было очень экономно ее использовать. Мореходные качества этих судов позволяли им выходить из портов преимущественно в летнее время, удар волны или небольшое отклонение от направления ветра грозили им опрокидыванием.

Следует отметить, что примерно с этого же времени руль полностью вытесняет рулевые весла на всех морских гребных и парусных судах.

Рассмотрим некоторые характерные особенности судов этого периода.

Каравеллы — известны в истории судоходства как первые суда, на которых мореплаватели переплыли океан. Христофор Колумб, собираясь в экспедицию, выбрал каравеллу как прочное, ходкое и вместительное судно.

До XV столетия каравеллами часто называли маленькие беспалубные суда. Ко времени Колумба каравеллы стали прочными, мореходными однопалубными судами; португальцы использовали их для морских переходов. Суда эти были невелики (20 — 30 м), но имели четыре мачты. На передней был установлен четырехугольный парус, поверх его — второй, прямоугольный парус — марсель; три остальные мачты имели латинское парусное вооружение. С таким вооружением каравеллы могли ходить при всех ветрах и легко менять курс не хуже гребных судов. Судя по описаниям сохранившихся документов XV столетия, каравеллы предназначались для дальних плаваний, хотя обладали не очень большой грузоподъемностью. Скорость хода их доходила до 14 — 15 узлов (28 км/час). В XVII в. каравеллы вышли из употребления.

Другим характерным типом была *каракка* — парусное судно, пользовавшееся большой известностью с XIV до XVI столетия. Полагают, что ее конструкция принадлежит португальцам, хотя суда этого типа строили в XIV в. также в Венеции и использовали в качестве транспортных. К началу XVI в. была создана разновидность каракки — *шаранта*. Она вмещала до 1200 человек экипажа и 200 орудий, а также запас провизии на 9 месяцев. Судно имело отличные ходовые качества и могло обгонять даже легкие пиратские суда.

В конце XVI и в начале XVII вв. строили каракки еще больших размеров; так, в Португалии их водоизмещение достигало 2 тыс. т и даже более, а осадка не меньше 5,5 м. На них было четыре палубы, высота подпалубного пространства превышала человеческий рост. Использовали их главным образом в качестве торговых судов. На них могло поместиться от 600 до 1300 человек.

Одна из каракк, построенная в 1592г., имела водоизмещение 1600 т и полезную грузоподъемность 900 т. На этом судне размещались 600 — 700 пассажиров. Длина ее была 50 м, ширина 14,3 м, высота грот-мачты 37 м.

Дальнейшее совершенствование судов привело к созданию так называемых *галеонов*. Это название, происходящее от галеры, получили суда более длинные, чем нефы, и отличавшиеся лучшими ходовыми качествами, особенно при боковых ветрах. Большие галеоны строили с тремя палубами, в конце XVI в. встречались галеоны, имеющие даже семь палуб. Такие суда получили наибольшее распространение в испанском флоте. Один из испанских галеонов водоизмещением 1600 т имел длину 54 м, ширину 14,5 м и осадку около 10 м. Высокий надводный борт завершался большим завалом внутрь, как у нефов, что резко снижало остойчивость. Судну угрожала опасность опрокидывания при отклонении от фордевинда

или даже при сильном ударе волны [Фордевинд — направление движения судна, совпадающее с направлением ветра]. Несмотря на плохую мореходность и возможность эксплуатации лишь в летние месяцы и при попутном ветре португальские галеоны бороздили воды Атлантического океана и регулярно плавали в Индию,

Великие географические открытия и связанное с ними расширение внешнего рынка послужили существенной побудительной причиной развития кораблестроения и мореходства в новых странах. В борьбу за овладение морскими путями вступает Англия, Франция, а затем и Голландия. Морская торговля становится важным фактором развития экономики.

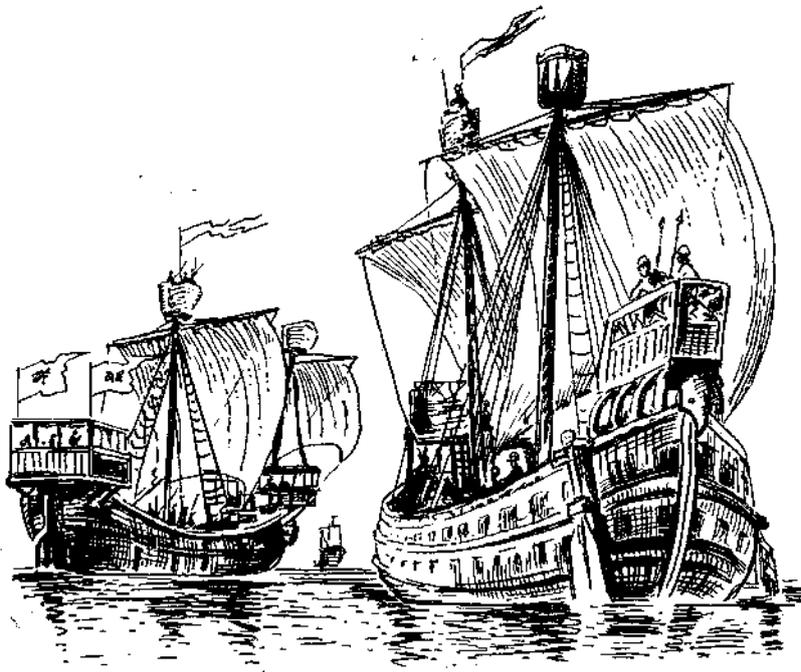
Дату возникновения английского флота можно отнести ко времени Альфреда Великого (II половина IX в.), сыгравшего важную роль в освобождении страны от датского господства. В это время в состав английского флота входили галеры на 40 — 60 весел.

Начиная с XIII в. Англия постепенно занимает видное место в морской торговле, однако в это время пользуется еще арендованными судами. Победе Англии в соперничестве на море способствовала борьба между Испанией и Португалией, закончившаяся поражением последней. Кроме того, англичане рано осознали преимущество протекционизма и в достижении цели не брезговали любыми средствами вплоть до использования пиратского флота.

В 1369 г. в Англии был издан первый навигационный акт, предписывающий английским купцам перевозить свои грузы лишь на английских судах, а разгром испанской «непобедимой армады» (1588 г.), состоявшей из 130 боевых и 30 вспомогательных судов с 30-тысячным войском, был совершен при участии пиратских кораблей и под руководством одного из наиболее известных пиратов XVI в. — Дрейка. Гибель испанской армады и последующее потопление испанского флота в гавани Кадикса (1596 г.) привели к окончательному падению могущества Испании. Это обстоятельство наряду с зарождением в XVI в. капиталистических отношений в Западной Европе обусловили быстрый рост английского флота.

В начале XVII в. видное место в морской торговле занимает Голландия.

Происходит дальнейшее увеличение размеров судов, рождается наука навигация в современном ее понятии, с использованием астрономии для определения точного местоположения корабля, уточняются сведения о регулярных направлениях воздушных потоков (пассаты, муссоны и т. д.) и морских течений.



ФРЕГАТ (КОНЕЦ XVII В.)

В это время постепенно исчезают характерные для средневековых судов высокие надстройки на носу и корме. Совершенствуются конструкция и маневренные свойства судов, их парусное вооружение, искусство кораблевождения, и парусные суда приобретают способность ходить против ветра в любом нужном направлении. Развитие парусного флота достигает высокого уровня, и гребные суда становятся совершенно ненужными. Наступает безраздельное господство парусных судов на морских и океанских

просторах.

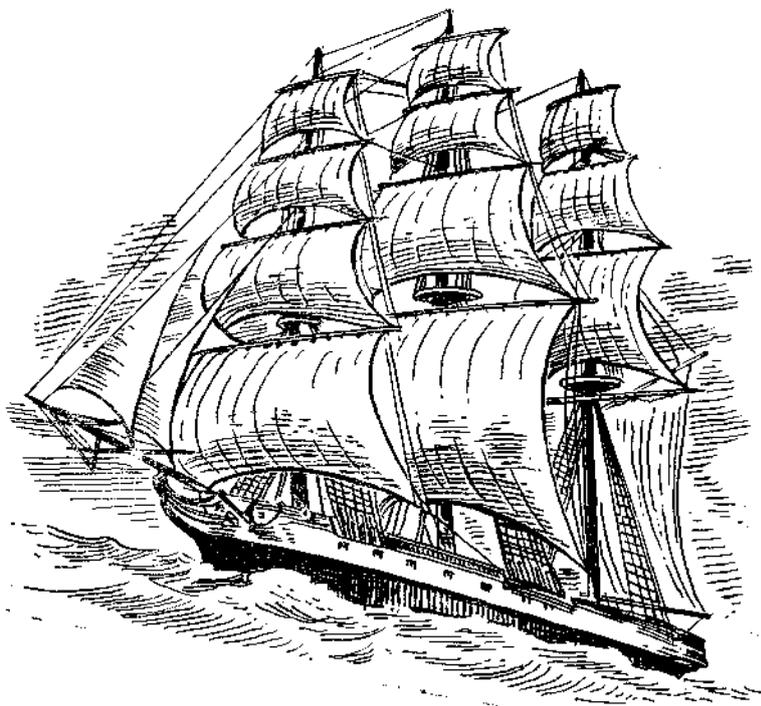
К началу XIX в. тоннаж парусного флота достиг небывалой величины — 4 млн. т.

Появляются новые типы судов и соответственно новые названия. С конца XVI в. в обиход входит *фрегат*. Первоначально фрегатами называли любые суда, отличающиеся хорошими мореходными качествами. Один из первых торговых фрегатов «Констант Варвик» (1646 г.) имел водоизмещение 315 то и длину около 30 м. Затем размеры судов этого типа постепенно увеличиваются. Возникают новые типы судов, такие как *бриг*, *бригантина*, *ихуна*, *клипер*, *барк*, *баркентина* и т. д. В большинстве случаев разница определялась особенностями парусного вооружения. Имеет значение количество парусов, различные комбинации парусного вооружения (прямые и косые паруса, гафельное или рейковое вооружение и т. д.).

Некоторые данные об основных размерах наиболее характерных парусных судов последнего периода их существования приведены в таблице.

Тип судна	Количество мачт	Основные размеры, м			Водоизмещение, т	Площадь парусного вооружения, м ²
		длина	Ширина	осадка при полной загрузке		
Фрегат . .	5	120,0	16,4	7,6	10 700	4660
Фрегат . .	4	80,0	12,3	6,0	4 250	2000
Барк . . .	5	110,0	15,0	6,7	7 600	3830
Барк . . .	4	96,0	14,0	7,0	6 200	2200
Баркентина	—	40,6	8,3	3,2	660	689
Шхуна . .	6	112,0	15,2	8,3	10 000	3800

Из таблицы видно, что за сравнительно короткий срок размеры судов и их парусного вооружения резко возросли. В частности, этому способствовало и то, что корпуса больших парусных судов начали строить из железа.



ТРЕХМАЧТОВЫЙ ПАРУСНЫЙ ФРЕГАТ (КОНЕЦ XVIII В.)

Крупным шагом вперед в создании совершенного типа парусного судна была постройка так называемых *клиперов*. Эти суда имели водоизмещение до 3 тыс. то и длину 60 м. Они отличались выдающейся ходкостью. Особенно славились так называемые «чайные» клиперы. Существовал обычай: клипер, который первым придет из Китая в порт назначения (обычно Лондон) с грузом чая нового Урожая, получает большую премию. Поэтому экипажи клиперов по пути устраивали настоящую гонку,

в которой наилучшим образом проявлялись качества судна и искусство капитана и команды. Во время знаменитой гонки «чайных» клиперов в 1886 г. лучшие из участвовавших судов за 99 — 101 день прошли расстояние 14 тыс. морских миль. Это соответствует средней скорости хода 6 узлов, однако на отдельных переходах скорость достигала 17,5 — 18,5 узлов («Джеймс Бейнс», «Лайтнинг» и др.).

Так же, как в зарубежных странах, но с некоторыми характерными особенностями развивались судоходство и кораблестроение на Руси.

Многие годы существовало ходячее мнение, что в древней Руси и позднее в России не существовало развитого судоходства и судостроения и что наше отечественное кораблестроение в основном было заимствовано из более развитых, в судоходном и кораблестроительном отношении, стран, в частности, если говорить о древних временах, у варягов. Трудными наших видных историографов А. В. Висковатого, Ф. Ф. Веселаго, В. В. Мавродина, С. И. Елагина и других эта версия отвергнута и доказано, что на Руси с самых древнейших времен кораблестроение и мореходство искони существовали и носили самобытный характер. Это не мешало русским судостроителям умело использовать и развивать достижения современной им техники.

Одно из первых упоминаний о походах русских мореходов относится к VI в. нашего времени, когда славяне из северо-западной части Черного моря достигли Эгейского моря и заходили в порт Таранто (Италия) и в 626 г. морем ходили в Византию. Не менее известны морские походы Аскольда и Дира и Олега из устья Днепра в Константинополь (860, 907, 941 и 945 гг.) и из устья Волги в Иран (880, 909, 910, 913 и 914 гг.). Следует упомянуть слова английского морского историка Джэна, который в XIX в. писал, что за столетие до того, как английский король Альфред (849 — 900 гг.) построил первые британские корабли, русские сражались в отчаянных морских боях, и 1000 лет тому назад были отважными моряками.

В XII — XIII вв. русские мореплаватели на севере — новгородцы — плавали в Балтийском и Белом морях и Ледовитом океане. В это время устанавливаются торговые пути по Балтийскому морю до о. Готланд и в Данию, и лишь впоследствии, когда шведы, захватив Неву, Орешек и Ладожское озеро, оттеснили русских мореплавателей от Балтийского моря, эти связи были нарушены вплоть до времени Петра I, восстановившего исходное положение.

Рожденная и распространенная в северных областях России былина о Садко хорошо отражает мореходную деятельность русских в это время. Из других былин известно, что славяне-русы проникали до «теплого» (Черного) моря, куда возили «латырь-камень». Все знают о путешествии Афанасия Никитина (1466 — 1472 гг.) через Каспийское, Аравийское и Черное моря.

Нормальное и естественное развитие русского судоходства прервалось нашествием татар и смутным временем, последовавшим после смерти Ивана Грозного. В это время строительство кораблей продолжалось только на Севере страны, где появляются так называемые *кочи* — однопалубные парусно-гребные суда длиной около 20 м, вмещавшие до 30 человек команды и 30 т груза.

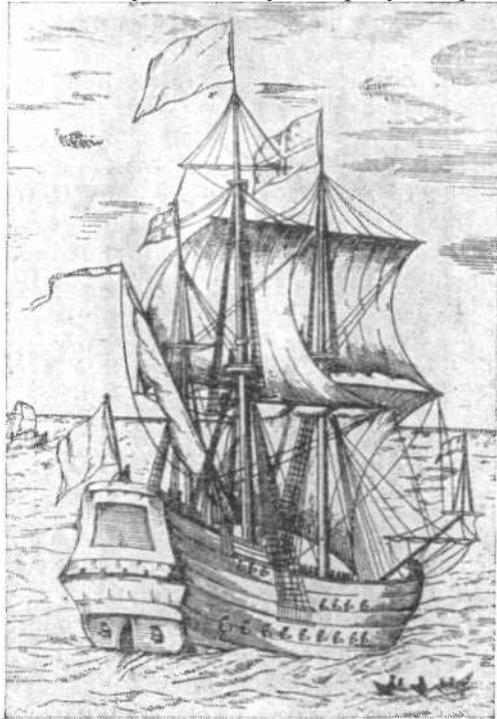
В XVI — XVII вв. длительные переходы совершали донские и запорожские казаки на парусно-весельных чайках. Эти суда вмещали 50 — 60 человек и имели 20 — 30 весел.

Для русского мореплавания допетровской Руси характерны следующие типы судов: *скедиш* — небольшие легкие лодки, *ладьи* — долбленные однодеревки на 60 — 40 человек (еще в XV в. находились деревья, из которых выдалбливали лодку вместимостью на 8 — 10 лошадей и 8 — 10 людей), *ладьи заморские* — более крупные и мореходные суда, *набойни*, *струги*, *челны* и т. д. Палубные суда с укрытием для гребцов появились, по-видимому, в начале XII в. Сохранилось описание древних каспийских судов, которые по форме были похожи на рыб с острыми носом и кормой и широкой серединой. Эти суда имели прямоугольные паруса, шесть гребных весел и два рулевых. На них помещалось до 30 человек, и плавание совершалось с ориентировкой по звездам.

Большое развитие русское кораблестроение получило при Петре I. За короткий срок было ликвидировано искусственно навязанное Руси отставание. Конечно, и до Петра I в России строили суда, пригодные для морских переходов. Иначе не было бы возможности для великих географических открытий, которые сделали русские мореплаватели XVII в. Назовем только важнейшие экспедиции того времени. Илья Перфирьев в 1633 — 1635 гг. совершил путешествие по р. Лене до ее устья и далее Северным Ледовитым океаном до устья р. Яны; Михаил Стадухин в 1644 г. из устья Индигирки прошел до устья Колымы; Василий Поярков весной 1646 гг. из устья р. Амура проплыл в Охотское море; Семен Иванович Дежнев в 1648 г. еще до Беринга прошел из устья р. Колымы через пролив между Азией и Северной Америкой. К этому списку можно добавить имена Ерофея Хабарова, Тимофея Булдакова и многих других неутомимых исследователей северо-восточного побережья Азии.

При Петре I русское судостроение совершило большой качественный и количественный скачок. Еще к началу XVIII в. почти вся внешняя торговля России с Западом находилась в руках иностранцев, так

как Россия не имела своих крупных морских судов. В течение последующих 20 лет положение коренным образом изменилось. В первой четверти XVIII в. было построено около тысячи разных судов, в том числе 50 крупных военных кораблей, около 800 крупных гребных галер и т. д. Все суда по техническим и тактическим данным были вполне современными и явились основой дальнейшего, более нормального хода развития отечественного судостроения и мореплавания. К. Маркс, оценивая значение деятельности Петра I Для русского государства, писал, что никогда ни одна великая нация не находилась в таком удалении от всех морей, в каком пребывало вначале государство Петра I. Великая нация, отмечал он, не могла оставаться оторванной от морского побережья. Россия не могла оставить в руках шведов устье Невы, которое являлось единственным выходом для сбыта продукции. При Петре I Россия, по словам Маркса, из полуазиатского континентального государства стала превращаться в наиболее могущественную морскую державу на Балтике.



РУССКОЕ ПАРУСНОЕ СУДНО КОНЦА XVII В

Забегая вперед, можно отметить, что, хотя в последующие годы, вплоть до Великой Октябрьской социалистической революции, в русском судостроении и судоходстве наблюдались спады (например, ко времени крымской кампании), все же со времени Петра I Россия уверенно заняла место в ряду морских держав мира, а после революции и в особенности после второй мировой войны вышла на одно из первых мест [В связи с невозможностью дать здесь детальную характеристику развития русского мореплавания и судоходства с древнейших времен автор рекомендует интересующимся обратиться к книге П. А. Рябчикова «Морские суда» (М., изд-во «Морской транспорт», 1959)].

ПАРОВОЕ СУДОХОДСТВО

Характеризуя период в развитии капитализма, по времени совпадающий с началом парового судоходства, Маркс писал в первом томе «Капитала»:

«Не говоря уже о полном перевороте в парусном судостроении, связь и транспорт были постепенно приспособлены к способу производства крупной промышленности посредством системы речных пароходов, железных дорог, океанских пароходов и телеграфов» [К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. 23, стр. 395, 396].

Несмотря на достигнутые к началу XVIII в. значительные усовершенствования в судовых конструкциях и технике управления парусными судами, общее состояние морского флота не соответствовало начавшемуся в XVII — XVIII вв. бурному развитию промышленности и экономики.

По выражению Маркса, средства транспорта скоро превратились в невыносимые пути для крупной промышленности. Скорость хода парусных судов, достигавшая 6 — 8 узлов и несколько более, при неблагоприятных обстоятельствах резко снижалась. Управление сложным парусным вооружением требовало большой численности экипажа. Если принять производительность труда моряка на гребном судне за 1, то на парусных судах она увеличилась почти в 8 раз, однако по сравнению с самоходными судами с механическим двигателем она примерно в 12 — 15 раз ниже.

Для парусных судов характерны также сравнительно большие сроки доставки грузов. Между тем бурный рост промышленности требовал сокращения времени обращения товаров, а «главным средством для сокращения времени обращения является совершенствование путей сообщения» [К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. 25, ч. I, стр. 81].

Таким образом, условия появления и развития парового судоходства были подготовлены ходом всемирного исторического процесса.

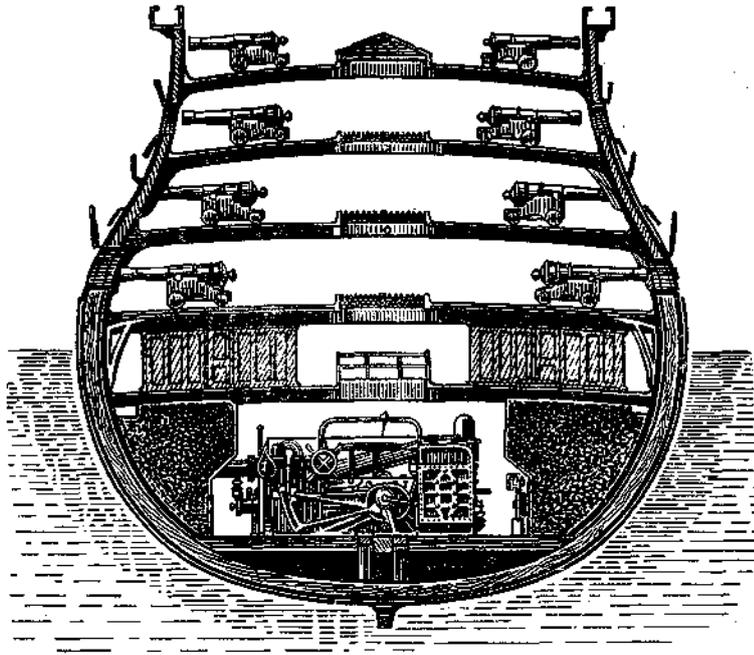
Одно из первых судов с паровым двигателем было построено в 1778 г. в г. Лионе Жуфруа д'Аббанном. Так как паровая машина Уатта появилась только в 1782 г., то Жуфруа использовал атмосферную паровую машину типа Ньюкомена, но несколько видоизменил ее, введя два наклонно расположенных цилиндра.

Длина судна была несколько более 20 м. Двигалось оно при помощи бортовых гребных колес. Практического значения это судно не имело и дату его постройки не принято считать началом парового судоходства.

Известный русский изобретатель Иван Петрович Кулибин в 1782 г. построил самоходное судно грузоподъемностью 65 т, используя для его движения силу речного течения. На этом судне бортовые гребные колеса, приводимые в действие течением воды, вращали вал, на который наматывалась проложенная по дну реки цепь, укрепленная к завозимому заранее якорю. Такие суда с конским приводом применялись ранее на русских реках. В 1804 г. И. П. Кулибин построил и успешно испытал еще одно такое же судно грузоподъемностью 136 т. Суда эти распространения не получили, а судно, подаренное изобретателем родному городу — Нижнему Новгороду, было разобрано на дрова. В 1798 г. Кулибин один из первых выдвинул идею использования паровых машин для движения судов.

В 1787 г. англичане П. Миллер и У. Саймингтон построили небольшой колесный пароход. Это судно также не оказало практического влияния на развитие парового судоходства.

Наибольшие заслуги в развитии парового судоходства принадлежат Р. Фультону. Дату постройки им парохода «Клермонт» — 1806 г. — считают началом парового судоходства (до «Клермонта» Фультон в 1803 г. неудачно построил судно, у которого вследствие ошибки в конструкции корпуса машина продавила дно). На этом пароходе длиной около 30 м и шириной около 10 м была уста новлена паровая машина мощностью 18 л. с, приводившая в действие бортовые гребные колеса диаметром 4,5 м. Скорость хода была около 5 узлов. Судно совершало регулярные рейсы менаду Нью-Йорком и Олбэни по р. Гудзон. Корпус его был деревянный, так как железо для постройки судов начали применять лишь спустя несколько лет.



ПОПЕРЕЧНОЕ СЕЧЕНИЕ ОДНОГО ИЗ ПЕРВЫХ АНГЛИЙСКИХ ПАРОХОДОВ С ГРЕБНЫМ ВИНТОМ

Фультону удалось в ряде стран, в том числе и в России, получить привилегию на постройку паровых судов.

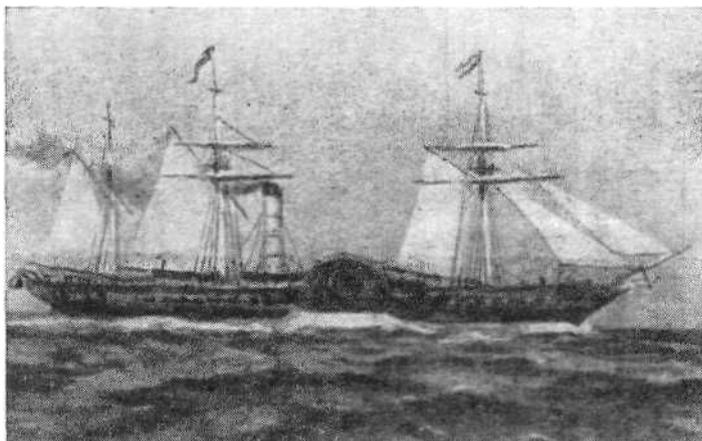
Первый русский пароход «Елизавета» был построен на петербургском заводе Берда в 1815 г. Для постройки его использовали корпус деревянной баржи длиной 18,3 м и шириной 4,5 м. На судне установили паровой котел с дровяным отоплением и паровую машину мощностью около 16 л. с. Скорость хода судна была 9 км/час (около 5 узлов), и ходило оно между Петербургом и Кронштадтом. В 1816 г. был спущен на воду пароход Пожевского завода, это судно не эксплуатировалось и было впоследствии разобрано.

В 1818 г. на Ижорском заводе был построен еще один пароход «Скорый» длиной около 24 ж с паровой машиной мощностью 32 л. с.

В 1818 г. в США построили пароход «Саванна», по внешнему виду напоминающий парусное 3-мачтовое судно; длина его 39,9 м, ширина 7,6 м, осадка 2,5 м. Это был первый пароход, совершивший трансатлантический переход. Его предполагали продать России, однако сделка не состоялась.

Первый английский морской пароход «Роб-Рой» построен в 1821 г. Он предназначался для рейсов между Дувром и Кале. Судно имело размеры: длина 43 м, ширина 10,8 м, осадка около 5 м, водоизмещение 420 т. Скорость хода достигала 10 узлов (около 19 км/час).

Первые суда с применением железа начали строить еще в конце XVIII в. (около 1787 г.). Это были баржи смешанной конструкции, часть деталей корпуса изготовляли из железа, остальные — из дерева. В связи с установкой паровых машин потребовался более прочный, железный корпус. Первое полностью железное судно (пароход «Аарон Мэмби») построено в 1822 г.



ПАРОХОД «БРИТАНИЯ» (1840 г.)

Таковы первые шаги зарождения парового флота. По сравнению с гребными и парусными судами, которые очень мало изменялись в течение многих веков и даже тысячелетий, паровой флот быстро рос и по количеству, и по размерам.

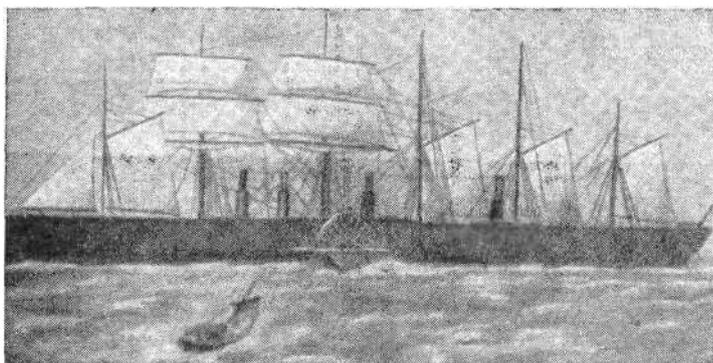
С началом парового судоходства особенно бурно развивается пассажирский флот. Одно за другим в море выходят все более быстроходные, вместительные и комфортабельные пассажирские суда. В 1858 г. был спущен на воду гигантский пассажирский корабль «Грейт Истерн», строительство которого начато в 1853 г. по проекту И. Брунеля. Судно это в известной мере превосходило корабли будущего.

Для того чтобы оценить по достоинству творческую смелость и находчивость его творцов, надо вспомнить, что к началу его постройки прошло всего лишь 47 лет с момента зарождения парового флота, 31 год со времени постройки первого в мире судна с железным корпусом и, наконец, всего лишь 15 лет после установки на морском судне гребного винта. По сравнению с предшествующим процессом развития кораблестроения, обнимающим отрезок времени, измеряемый тысячелетиями, постройка «Грейт Истерн» отразила в себе крупные успехи развития науки и техники начала и середины XIX столетия.

Судно имело необычные по тем временам размеры: длина 208 м, ширина 25,3 м, высота борта 18,3 м, осадка 9,2 м, водоизмещение 28,5 тыс. т. Мощность его главных машин равнялась 8,4 тыс. л. с, скорость хода 14 узлов, вес корпуса около 8 тыс. т. Оно могло перевозить 4 тыс. пассажиров и 6 тыс. т груза. Так как коэффициент полезного действия силовой установки был очень мал, судно расходовало в сутки до 500 т угля, что соответствовало удельному расходу около 3 кг/эл.л.с.-ч (современные суда расходуют примерно 0,18 — 0,22 кг/эл.л.с.-ч, т. е. в 14 — 17 раз меньше). Общий запас топлива достигал 12 тыс. т. Размеры «Грейт Истерн» в 5 — 6 раз превосходили размеры наиболее крупных судов того времени. В течение примерно 50 последующих лет оно оставалось самым крупным судном в мире.

Корпус его был изготовлен из листового железа толщиной 13 — 19 мм. На судне были установлены: парусное вооружение, бортовые гребные колеса и гребной винт. Гребные колеса имели диаметр около 17 м, что равно примерно высоте современного 5-этажного дома. Они приводились в действие отдельной паровой машиной. Каждое колесо весило 185 т. Гребной винт диаметром 7,3 м весил 36 т и приводился в действие паровой машиной мощностью около 4 тыс. л. с. Парусное вооружение состояло из 6 мачт высотой до 60 м; общая площадь парусов была свыше 5,5 тыс. м². Пар вырабатывали 10 паровых котлов. Общая длина машинно-котельного отделения составляла 105 м.

При достройке судна был осуществлен ряд совершенно новых по тому времени технических идей. Так, очень удачно выбрана конструкция корпуса. Учитывая свойства материала (железо) и размеры судна, проектировщики впервые применили продольную систему набора, которая впоследствии получила признание и широкое применение, в особенности при постройке крупных танкеров. Впервые была использована паровая машина для привода руля, машинный телеграф для передачи команд с мостика в машинное отделение и т. д. Отопление помещений было печное, а освещение газовое. В то время системы центрального водяного или парового отопления не применялись. Электрические сигнальные огни были установлены на мачтах несколько позднее.



ПАРОХОД «ГРЕЙТ ИСТЕРН» (1858 Г.)

Судно предназначалось для рейсов в Индию. Судовладельцы полагали, что большая грузоподъемность судна позволит эффективно организовать его эксплуатацию, и рассчитывали получить в короткий срок прибыль, возмещающую издержки на постройку. В действительности положение сложилось иначе. При проектировании были допущены неизбежные ошибки в определении мощности и скорости хода судна, стоимости его постройки и т. д.

Первый же опыт эксплуатации показал, насколько размеры судна не соответствуют экономическим условиям эксплуатации. Продолжительность погрузки, особенно угля, при несовершенстве грузовых устройств превышала длительность полного рейса. Много времени отнимало устранение всякого рода поломок. Расход топлива превысил почти в 2 раза проектные предположения, так как до того не было опыта проектирования и эксплуатации паровых машин столь большой мощности.

Грузоподъемность и пассажироместимость судна использовались совершенно недостаточно. Ни в одном рейсе судно не имело полной загрузки. В результате эксплуатация судна принесла большие убытки, и судовладельцам пришлось отказаться от использования его по прямому назначению. Впоследствии «Грэйт Истерн» использовали для укладки трансатлантического кабеля, в качестве угольного склада, плавучей гостиницы и т. д. В 1889 г. пароход продали на слом.

Такова судьба этого замечательного, но во всех отношениях несовременного грузо-пассажирского судна.

Можно было бы привести много других интересных фактов из истории развития пассажирского флота в последующий период. Так в течение долгого времени длилась борьба за звание самого большого, самого быстроходного пассажирского судна в мире. В этой борьбе с попеременным успехом участвовали английские, немецкие и французские судоходные компании. Были построены и успешно эксплуатировались такие выдающиеся суда как «Лузитания», «Мавритания», «Левиафан», «Куин Мери», «Нормандия» и т. д. Однако описание всех этих судов и их истории увело бы нас в сторону от основной цели.

Неудача с постройкой и эксплуатацией «Грейт Истерн» не повлияла на рост парового флота, постепенно вытесняющего парусные суда. Общая численность, грузоподъемность пароходов, их размеры продолжали расти. Однако грузовые суда еще долго строили весьма умеренных размеров. Так перед первой мировой войной грузовое судно грузоподъемностью 3 тыс. *t* считалось большим. По данным за 1909 г. средний тоннаж одного судна (включая и пассажирские), из имевшихся в наличии, был не более 3 тыс. *t*, а средний тоннаж построенных в 1909 г. судов и того менее — 1250 *t*.

Зато быстро росли размеры и скорость хода пассажирских паровых судов. Это видно из следующих данных:

Наименование судна	Год постройки	Длина, <i>m</i>	Водоизмещение, <i>t</i>	Мощность силовой установки, л. с.	Скорость хода, узлы
«Британия»	1840	63	1200	740	8,5
«Россия».....	1867	109	3000	3100	14,4
«Париж»	1888	160	13 000	20 600	21,8
«Океании».....	1899	209	28 500	27 000	20,7
«Лузитания»	1907	232	44 000	30 800	25,5
«Олимпик»	1910	262	45 000	30 000	21,0
«Бремен»	1929	285	50 000	114000	32,4
«Куин Мери»	1936	314	77 000	200 000	28,5

«Франс».....	1962	315	58 000	160 000	31,0
--------------	------	-----	--------	---------	------

Разрыв между размерами и скоростью пассажирских и грузовых судов, однако, оказался временным. Дальнейшее развитие мировой экономики вызвало появление крупных и быстроходных грузовых судов.

Россия, начав с постройки весьма скромной «Елизаветы» мощностью 16 л. с, спустя сто лет, в 1916 г., имела в своем составе около 1100 транспортных самоходных судов, не считая военного флота, общей мощностью около 650 тыс. л. с. и тоннажем около 1,2 млн. т. В их числе были такие первоклассные для того времени суда, как, например, «Смоленск», «Москва», «Одесса» и др. с силовыми установками мощностью 16 — 17 тыс. л. с, поднимавшие 5 — 6 тыс. т груза и ходившие со скоростью до 20 узлов (около 37 км /час).

После второй мировой войны произошли качественные изменения в составе парового флота. Морской пассажирский флот в результате конкуренции воздушного транспорта замедляет темпы развития, но увеличиваются численность и тоннаж грузовых судов. В наше время не редкость сухогрузные суда грузоподъемностью 10 — 15 тыс. т, танкеры 50 — 80 тыс. т (в последние годы строят танкеры грузоподъемностью 150 — 200 тыс. т) и рудовозы 50 — 80 тыс. т. Скорость этих судов колеблется от 14 до 19 узлов, мощность двигателей от 15 до 30 тыс. л. с.

На этом мы закончим краткий обзор процесса развития кораблестроения и изменения конструкции корабля. Наша цель состояла в том, чтобы изложить сведения, достаточные для общей оценки этого процесса.

РАЗВИТИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДВИЖЕНИЯ СУДНА

Судно, как всякое другое транспортное средство выполняет две основные функции — размещение и надежное хранение груза или людей и безопасная транспортировка их от места отправления к месту назначения.

Для знакомства с процессом развития судна как транспортного сооружения интересно проследить ход развития технических устройств, обеспечивающих его движение.

К ним относятся двигатель, движитель, рулевое и навигационное устройства.

Усовершенствование в ходе развития кораблестроения этих устройств наряду с другими элементами корабля нередко во многом определяло не только конструкцию судна, но и возможности мореплавания.

Двигатель

В наиболее древние времена роль судового двигателя выполняли не механизмы, а течение воды, ветер или мускульная сила гребцов. Прежде всего люди использовали естественное течение рек, а затем морские и океанские течения. Тур Хейердал своей экспедицией на «Кон Тики», доказал, что, пользуясь силой экваториального течения, можно из Южной Америки (Перу) достичь Полинезийских островов даже на примитивном бальзовом плоту, который вполне соответствовал конструкции древнего перуанского плота. Путь длиной 4300 миль (8 тыс. км) плот с отважной командой прошел за 85 дней (средняя скорость 2 узла).

Полинезийцы и в наше время, используя благоприятное направление морских течений и ветров, на примитивных рыбацких пирогах совершают огромные переходы, протяженностью до 2500 миль.

Однако такой способ передвижения судов связан с большими ограничениями в выборе направления и дальности перевозки грузов. На смену ему пришло применение мускульной силы человека. Вероятно, вначале она использовалась для отталкивания палкой или шестом. В дальнейшем, по мере совершенствования средств гребли, мускульная сила гребцов на долгое время стала основным видом двигателя на судах. По мере увеличения размеров судов и необходимой движущей силы увеличивалось число гребцов.

Постепенно видоизменялись и совершенствовались устройство и конструкция судов. Однако жизнь и условия работы гребцов почти все время существования гребного флота оставались чрезвычайно тяжелыми. Их наказывали за малейшие провинности очень строго; полунагие, при непогоде они не имели надежного укрытия, а отдыхали здесь же, на скамьях и палубе, дрожа от холода под проливным дождем. Парусиновые навесы над гребцами натягивали только в тихую погоду во время продолжительных остановок.

Экипаж древних судов состоял из гребцов и матросов. Гребцы работали веслами, а матросы управляли парусами и выполняли другие судовые работы; гребли они только при крайней необходимости. Все гребцы одновременно гребли только тогда, когда была необходима большая скорость хода, например, во время сражений или при срочных переходах. Обыкновенно же они разбивались на две и даже на три группы; иногда гребли две группы, а третья отдыхала, иногда две группы отдыхали, а третья гребла и т. д.

Прошло 1,5 — 2 тыс. лет. Морские просторы в средние века по-прежнему бороздят парусные и гребные суда. Изменились ли условия жизни и работы гребцов? Если и изменились, то только в худшую сторону.

Любопытный исторический и человеческий документ оставил нам моряк и писатель Пантеро-Пантера. В своих заметках о плавании в Средиземном море он пишет, что гребная команда состоит из трех разрядов людей: каторжники, невольники и добровольцы.

Каторжники, на продолжительное время приговоренные по суду к галерной службе за какое-нибудь преступление, постоянно прикованы за одну ногу к подножке и никогда не спускаются на берег. Их обязанности заключаются в гребле, шитье парусов, тентов, одежды и вообще исполнении всего, что прикажут. Им бреют голову, усы и бороду. Ежедневная их пища состоит из сухарей и воды. На стоянках дают суп ежедневно; на человека полагается три унции фиг (или бобов), сваренных с четвертью унции масла [Унция — мера веса, равная приблизительно 30 г]. В море суп дают через день, чтобы не отягощать пищей людей, выполняющих тяжелую работу. Говядину дают четыре раза в год по

праздникам.

Невольников набирают из турок, мавров и негров, купленных или взятых в плен; из них лучшие гребцы мавры, захваченные с бригантин, гальотов, галер и других судов, потому что они уже привыкли к тяжелой работе. Но они грубы, способны к измене и нередко устраивают заговоры против капитана. Невольникам также бреют голову, оставляя, однако, клок на темени. Кормят их одинаково с каторжниками и также держат прикованными.

Добровольцы состоят или из освобожденных каторжников, или из искателей приключений. Это преимущественно испанцы и итальянцы. Добровольцы получают жалованье. Их также бреют, оставляя для отличия усы. На ночь их приковывают, а днем они свободно ходят по галере с колодкой на ноге. У весел они сидят вместе с прочими; иногда вместе с невольниками их отвозят на берег для доставки припасов, но они всегда ходят под конвоем. Добровольцы считались лучшими гребцами, поэтому командиры галер всегда старались иметь их на своем судне.

Гребля дело трудное, от равномерного движения весел зависит скорость хода галеры. Поэтому на судах имелись музыканты, задающие ритм работы игрой на музыкальных инструментах. Хорошая музыка считалась щегольством.

Комит, начальник гребной команды, зорко следит за ритмом гребли и при малейшей заминке жестоко обращается с несчастными невольниками; он всегда стоит в кормовой части судна около капитана. Два его помощника стоят один на середине, а другой на носу судна. Вооруженные плетью, они бьют по обнаженным спинам невольников, не переставая вглядываться в малейшие движения комита.

Тяжелая работа галерников-невольников продолжается 10, 12 и даже 20 час. без отдыха. В таких случаях комиты или кто-либо из матросов суют несчастным гребцам в рот по куску хлеба, намоченного в вине, чтобы предотвратить расстройство ритма гребли, неизбежное при утомлении и голоде. Если же кто-либо из галерников падает от потери сил, тогда его бьют плетью до тех пор, пока он не потеряет все признаки жизни. Затем труп выкидывают в море.

Некто Жан Мартель, приговоренный в 1701 г. к каторжным работам, рисует не менее неприглядную картину. Двадцать шесть взмахов в минуту (6 миль в час) — вот ритм работы, а весло длиной около 15 м. Правда, на каждом весле 5 — 6 человек, но из них в обычных условиях гребут лишь двое, а остальные отдыхают.

Только с развитием техники вождения судов под парусами гребные суда постепенно сошли с арены, и изнурительный нечеловеческий труд гребцов исчез, оставив на память и в назидание потомкам воспоминания очевидцев. Длительное существование малопроизводительных гребных судов можно объяснить только тем, что примерно до первой половины XVII в. парусные суда могли двигаться только по направлению ветра.

Построенный в 1637 г. трехпалубный английский корабль «Хозяин морей» был одним из первых судов с парусным вооружением, обладавших необходимыми мореходными качествами и способных плавать и при боковом ветре. Получив большую свободу маневрирования, парусные суда постепенно вытеснили гребные, однако время их безраздельного господства было недолговечно. Человеческая мысль, неудовлетворенная необходимостью пассивного подчинения силам природы, упорно искала новые пути, и парусные корабли силой исторического развития были уже обречены на уничтожение.

Все, что касается конструкции паруса и процесса его совершенствования, мы рассмотрим несколько позже, при изложении истории развития движителя, а здесь заметим лишь, что применение паруса не единственный способ использования силы воздушных течений.

Подобно постоянству морских и океанических течений, в атмосфере наблюдаются некоторые закономерности движения воздушных масс. Наши предки, находясь в большей, чем мы, зависимости от сил природы, были наблюдательны и постепенно накопили большой опыт в географии и использовании воздушных и водных течений мирового океана.

Например, пассатные воздушные течения известны европейцам со времени первой экспедиции Колумба. Они обладают почти постоянной силой и не зависят от времени года, скорость их — 5 — 6 м/сек (около 22 км/час, или 12 узлов). В северном полушарии эти течения направлены с северо-востока на юго-запад, в южном — с юго-востока на северо-запад. Пассаты увлекают за собой водные массы, создавая водные пассатные течения. Эти водные течения, в свою очередь, вызывают экваториальное водное противотечение, балансирующее перемещение водных масс в пассатных

Течениях. Площадь океанов, охватываемая воздушными и водными пассатными течениями, довольно значительна, и, пользуясь ими, можно совершить кругосветное путешествие, вначале идя на запад и возвращаясь затем с востока.

Несколько иной характер носят муссонные воздушные (и водные) течения. Направление их имеет сезонный характер. Особенно характерны муссонные течения в районе Индийского океана.

Имеются и другие местные и сезонные воздушные и водные течения, пользуясь которыми, можно было, плывя по ветру (фордевинд), уходить на далекие расстояния. Поэтому во времена расцвета парусного судоходства было широко распространено выражение «торговые» ветры, т. е. ветры, благоприятствующие торговому судоходству.

Паровая машина. Развитие производительных сил привело к промышленной революции XVII — XVIII вв., вызвав переворот и в области судоходства. Важными этапами этого процесса являются изобретения парового котла и поршневой паровой машины.

О возможности использования пара в качестве источника энергии впервые упоминал Д. делла Порто еще в 1550 г. Спустя 65 лет, в 1615 г., французский ученый Соломон де Ко в трактате «Причины движущих сил» указал, что сила пара «может двигать повозки на суше и корабли на море».

Практически пригодный паровой котел для производства энергетического пара появился лишь в конце XVII в. В 1680 г. французский ученый и изобретатель Дэни Папэн усовершенствовал примитивный паровой котел, снабдив его предохранительным клапаном.

В 1690 г. Дэни Папэн предложил использовать паровую поршневую машину для привода судовых гребных колес, но его попытки не увенчались успехом.

Впервые пар был использован с энергетической целью Г. Севери, который в 1698 г. изготовил камерный насос. Следующим этапом было изобретение Ньюкоменом в 1705 г. атмосферной паровой машины, являющейся уже двигателем для привода насоса.

Следует отметить попытку английского изобретателя Джонатана Халлза построить в 1736 г. судно с кормовым гребным колесом, приводимым в действие от паровой машины Ньюкомена при помощи ременной передачи. Практического значения его попытка не имела.

В связи с важностью технической задачи изобретения механического двигателя Парижская Академия наук еще в 1753 г. объявила конкурс и установила награду тому, кто предложит такой двигатель.

Первая паровая машина универсального типа создана в 1769 г. в России талантливым изобретателем Н. И. Ползуновым. Но идея Ползунова не получила распространения.

В 1784 г. Уатт завершил работу по созданию конструкции первой паровой машины двойного действия. Эта паровая машина благодаря использованию конденсатора и эксцентрикового привода парораспределения отличалась от всех предшествовавших машин экономичностью и надежностью.

Поршневая машина Уатта в течение последующих нескольких десятилетий неоднократно совершенствовалась, но и в усовершенствованном виде она оставалась громоздким тяжелым двигателем с балансирами и маховиком, занимала много места и была мало пригодна к установке на суда. Только появление безбалансирных поршневых паровых машин создало условия для относительно быстрого развития парового флота.

Первые паровые установки были весьма несовершенны, коэффициент полезного действия их по отношению к теплотворной способности топлива был очень мал, а расход топлива непомерно велик. Поэтому внимание изобретателей и конструкторов сосредоточилось на их дальнейшем совершенствовании с целью повышения экономичности. Были изобретены и построены паровые машины двух-, а затем трехкратного расширения.

Для повышения экономичности паросиловой установки большое значение имело усовершенствование паровых котлов. Вначале появились огнетрубные (газотрубные) котлы с одной, а затем несколькими жаровыми трубами. Следующим этапом было изобретение более совершенных и экономичных водотрубных котлов.

К 1900 г. установленная мощность паровых машин составила 120 млн. л. с, из которых более половины приходилось на долю водного транспорта.

Изобретение паровой поршневой машины повело к вытеснению парусного флота и дальнейшему развитию судоходства. Так, если в 1822 г. общая вместимость мирового морского флота составляла 6,5 млн. *регистра* t [1 *регистра* t равна 2,83 m^3], причем все суда были парусные или несамоходные, то в 1914 г. общий тоннаж флота увеличился до 49,1 млн. *рег. т*, или почти в 7,5 раза, причем тоннаж парусных и несамоходных судов за это время уменьшился до 3,7 млн. *рег. т*, т. е. почти в 2 раза.

Рост размеров судов вызвал потребность в более мощных и эффективных силовых установках. Такие установки появились с изобретением паровой турбины и двигателя внутреннего сгорания.

Паровые турбины. В 1894 г. было построено первое в мире турбинное судно «Турбиния» с паровой турбиной Парсонса мощностью 2100 л. с. Длина судна была 30,5 м, водоизмещение 445 т. Предполагалось, что скорость хода судна будет 34 узла, в действительности же оно развило лишь скорость 18 узлов. После переделки гребного винта по причинам, о которых мы скажем несколько позже, в 1897 г. проектная скорость хода была достигнута. По ряду причин паровые турбины в своем

развитии обогнали двигатели дизеля. В таблице дана краткая характеристика паротурбинных судов ранней постройки.

Название судов	Год постройки	Скорость хода, узлы	Водоизмещение, т	Мощность, Л. С.
«Турбиния»	1894	34,0	445	2100
«Випер»	1900	36,9	370	11500
«Кинг Эдвард»	1901	20,5	650	3500
«Куин Александра» . . .	1903	21,4	750	4400
«Виктория»	1904	19,8	13 000	15 000
«Кармания»	1906	20,5	19 800	20 000
«Лузитания».....	1907	25,0	43 000	70 000

За каких-нибудь 12 — 13 лет мощность установок увеличилась в 35 раз, а водоизмещение судов почти в 100 раз. Это стало возможно только благодаря паровым турбинам. Вплоть до конца первой половины XX столетия паровые турбины в основном ставили на очень крупные пассажирские и военные суда, и только после второй мировой войны в связи со строительством крупных танкеров и быстроходных грузовых судов область их применения расширилась.

Паровая турбина по сравнению с паровой поршневой машиной имеет ряд преимуществ. Она легче, занимает меньше места и дает экономию топлива почти в 2 раза. Важное преимущество паровых турбин — отсутствие тяжелых деталей кривошипно-шатунного механизма, движение которых связано с огромными инерционными усилиями. Однако главное их преимущество — мощности порядка 10 тыс. л. с. и более. Поэтому в течение 30 — 40 лет, пока шло развитие двигателей внутреннего сгорания, паровые поршневые машины и паровые турбины делили сферу применения таким образом, что первые использовались на судах, где требовалась мощность не более 4 — 5 тыс. л. с., а вторые — на более крупных судах.

В настоящее время паровые поршневые машины почти полностью вытеснены. Значительно сократилась область применения паровых турбин, их применяют лишь на судах, где потребная мощность установки не меньше 25 — 30 тыс. л. с. Наиболее распространенным типом судовой силовой установки в настоящее время стал двигатель внутреннего сгорания (ДВС).

Двигатели внутреннего сгорания. Первый газовый ДВС был предложен в 1860 г. Э. Ленуаром. Однако он имел очень малый коэффициент полезного действия. В 1867 г. Н. Отто и Э. Ланген. усовершенствовав этот двигатель, сумели повысить коэффициент его полезного действия до 14%. В 1879 — 1884 гг. русский морской инженер И. С. Костович построил двигатель внутреннего сгорания мощностью 80 л. с. Прототип двигателя внутреннего сгорания был построен в 1885 г. другим русским инженером Б. Г. Луцким. В этом же году был построен и двигатель Даймлера. Однако началом судового дизелестроения обычно считают 1893 г., когда Р. Дизель опубликовал идею двигателя, работающего по циклу высокого сжатия с подводом тепла при постоянном давлении.

В 1894 г. на заводе Крупна и в 1897 г. в России на петербургском механическом заводе Л. Нобеля были построены первые двигатели этого типа. Характерно, что уже тогда расход топлива дизелями составил 250 г на 1 э. л. с.-ч или около 2500 ккал. Между тем поршневая паровая машина расходовала примерно 4400 ккал на 1 э. л. с.-ч.

Двигатель внутреннего сгорания можно сравнить с конструкцией паровой поршневой машины. В паровой машине поршень, кривошипно-шатунный механизм и коленчатый вал приводятся в движение действием пара, попеременно поступающего в полости цилиндра по обе стороны поршня из парового котла, в топках которого сжигается топливо. В двигателе внутреннего сгорания промежуточный агент в виде пара отсутствует, и специально приготовленное топливо сжигается непосредственно в полости цилиндра. При сгорании образуются газы, которые выполняют функцию пара, двигая поршень и связанный с ним кривошипно-шатунный механизм. Но, например, в трехцилиндровой поршневой паровой машине пар только частично расширяется в первом цилиндре (высокого давления), затем дополнительно расширяется во втором цилиндре (среднего давления) и, наконец, в последнем цилиндре (низкого давления), Откуда поступает в конденсатор. Цилиндры паровой поршневой машины трехкратного расширения соединены как бы последовательно. В двигателе внутреннего сгорания все цилиндры работают не последовательно, как в паровой машине, а по одинаковому циклу. Такой двигатель может состоять из 6 — 9 — 12 совершенно одинаковых цилиндров.

В сравнении с другими типами силовых установок двигатель внутреннего сгорания исключительно экономичен. Он расходует примерно 145 г жидкого топлива на 1 л. с.-ч. Это всего лишь 1450 ккал, т. е.

примерно в 10 раз меньше, чем расходовала поршневая паровая машина в начальные годы своего развития, и примерно в 1,5 раза меньше, чем современная паровая турбина. Большим преимуществом тихоходных ДВС является также то, что они работают при 90 — 125 об/мин. Благодаря этому энергия вращения поступает на гребные винты непосредственно, без промежуточных передач. Между тем в паротурбинной установке между паровой турбиной и гребным валом устанавливают громоздкий и сложный в изготовлении зубчатый редуктор. По условиям экономики минимально допустимый режим работы паровой турбины 2500 — 2800 об/мин. Следовательно, редуктор должен уменьшить число оборотов более чем в 20 раз. Другим преимуществом некоторых типов ДВС является реверсивность (возможность изменения направления вращения вала), тогда как турбина неререверсивна. Для того чтобы дать турбоходу задний ход, необходимо иметь отдельную турбину заднего хода.

Наряду с преимуществами ДВС имеет и некоторые существенные недостатки. Он громоздок, тяжел; использование кривошипно-шатунного механизма в сочетании с прямолинейно-возвратным движением массивных поршней и шатунов связано с большими инерционными нагрузками. Современный ДВС мощностью 20 тыс. л. с. весит около 700 — 800 т. Длина его около 25 м, а высота почти 17 м.

В настоящее время уже существуют ДВС мощностью до 30 тыс. л. с. в одном агрегате. Очевидно эта мощность не предел и может в дальнейшем увеличиться до 35 — 40 тыс. л. с. Что касается экономичности ДВС, то, по мнению большинства специалистов, рассчитывать на дальнейшее значительное снижение расхода топлива в этих машинах не следует.

Газовая турбина. Вспомним, как устроена паровая турбина. Представим себе вал (или барабан), на который через определенные промежутки насажены диски постепенно увеличивающегося диаметра. По окружности этих дисков укреплены лопатки, имеющие определенный профиль поперечного сечения и установленные под определенным углом к оси вала. Это ротор турбины. Он помещается внутри корпуса. Концы вала лежат на подшипниках, также встроенных в корпус турбины. Между дисками ротора установлены диафрагмы, в них имеются каналы (сопла), по которым пар поступает на лопатки ротора. В сравнении с ДВС конструкция весьма простая и надежная. Считается, что паровая турбина может 10 — 15 лет работать практически безостановочно. Недостатком турбины является необходимость приготовления пара в отдельных агрегатах-парогенераторах, что связано с потерями мощности.

А что если принцип непосредственного сжигания топлива, используемый в силовом агрегате ДВС, совместить с конструкцией паровой турбины. Так мы приходим к идее конструкции газовой турбины. Впервые она возникла в конце прошлого столетия у русского инженера П. Д. Кузьминского. Однако он вскоре умер и работа над его машиной прекратилась. После него работы в этой области вели И. О. Маковский, А. Стодола и др. В настоящее время существуют и успешно работают достаточно экономичные стационарные газотурбинные установки. Что касается судовых, то пока они распространения не получили и вот почему. Расчеты показывают, что газовая турбина может быть достаточно экономична лишь при условии, что газы, поступающие из камеры сгорания на лопатки турбины, будут иметь температуру примерно 1000°. Однако при столь высокой температуре лопатки очень быстро разрушаются и приходится турбину заменять. Это не выгодно. Для того чтобы избежать этого, температуру газов нужно снижать до 600 — 650°. Тогда газовая турбина расходует топлива, хотя и меньше, чем паровая, однако значительно больше, чем ДВС. По совокупности факторов газовая турбина пока что не может конкурировать с ДВС. Поэтому идут поиски таких материалов для лопаток газовой турбины, которые могли бы долговременно работать при высокой температуре.

Газотурбинная установка работает по следующей принципиальной схеме. Газовая турбина, компрессор и генератор тока (или редуктор, передающий мощность на гребной вал) находятся на одном валу. Сжатый воздух из компрессора под давлением поступает в камеру сгорания турбины. По пути он проходит через регенератор, где нагревается отработанными газами, отходящими из газовой турбины. В камеру сгорания одновременно со сжатым воздухом подается жидкое топливо. Здесь смесь воздуха и топлива сгорает, и горячий газ высокого давления поступает на лопатки газовой турбины, приводя во вращение ее ротор. Часть мощности газовой турбины расходуется на вращение компрессора — это как бы внутренняя потеря. Однако общая мощность турбины значительно больше, чем нужно для привода компрессора. Избыточная мощность и есть полезная мощность установки. По теоретическим расчетам получается, что можно создать газовую турбину мощностью до 100 тыс. л. с. в одном агрегате.

Судовые движители

Весло. Тот, кто представляет себе весло по аналогии с веслами современных гребных судов,

допускает существенную ошибку. Как ни малы были старинные гребные суда — а среди них встречались и большие, — для того чтобы привести их в движение и придать им скорость хода 5 — 6 узлов, надо было затратить немало усилий. Поэтому весло гребного судна имело значительные размеры.

Весла во все эпохи делали из одного дерева. Заготовки для весел не выпиливали, а раскалывали вдоль так, чтобы не нарушать строй волокон. Материалом служили твердые породы дерева (бук и др.). Погружавшаяся в воду часть весла (лопасть) имела плоскую форму лопатки, более или менее широкой к внешнему концу; иногда она заканчивалась острием, похожим на острие копья. На древних судах лопасти весел были короче, чем на средневековых. Часть, оставшаяся внутри судна, имела вид продолговатого цилиндра (валек).

Типичное весло имело длину около 15 м и соответственную толщину. Около 12 м составляла длина забортной части. На каждом весле крупных гребных судов работало 5 — 7 гребцов. Для этого на вальке были укреплены специальные скобы, за которые гребцы брались руками.

В средние века галеры различались по числу скамей и гребцов на каждой скамье (банке). Так, были галеры с 20 — 40 банками на одном борту. В XIV в. строили суда с 27 банками. Галеры непобедимой армады (1588 г.) имели до 306 гребцов. На галерах средней величины (25 банок) на весле работало по 4 — 6 гребцов. Венецианские судовладельцы считали более удобными малые галеры, имевшие 100 гребцов, сидевших по двое на весле.

Скорость галер под веслами доходила до 6 — 7 узлов в час.

Парус. В древности употребляли только один парус. Мифология приписывает изобретение паруса Дедалу, якобы употребившему его в первый раз при бегстве с Икаром с острова Крита, благодаря чему им удалось избежать преследования флота Миноса. Имеются и другие легенды об изобретении паруса. Все это подтверждает предположение, что использование парусов началось в самой далекой древности. В мифе о плавании Геркулеса упоминается, что он изготовил парус, растянув львиную кожу. Имеются и другие упоминания о том, что кожи животных употреблялись для изготовления парусов, например во время походов Цезаря в Галлию и т. д. По свидетельству Геродота, египтяне шили паруса из папируса; китайцы и некоторые островитяне Великого океана вязали их из тонких бамбуковых дранц наподобие деревянных оконных штор. Наилучший материал для парусов — холст (парусина). Как свидетельствуют древнейшие исторические памятники, уже на египетских судах паруса шили из холста.

Форма и размеры парусов были различны и зависели от высоты мачт и величины судна. Греки, египтяне, финикийцы, ассирийцы употребляли четырехугольные паруса; римляне пользовались парусами в виде прямоугольного треугольника.

В средние века получили распространение треугольные паруса. Наряду с ними на нефях, а иногда и на галерах применялись четырехугольные. Общим правилом было вооружать короткие суда четырехугольными парусами, а длинные — треугольными.

На большей части изображений на рисунках древних авторов, на медалях и, наконец, на Байесском ковре суда норманнов изображались с одним четырехугольным парусом, привязанным к рее. Однако имеются свидетельства о том, что в их флоте были суда и с несколькими парусами.

Особенного расцвета достигло парусное вооружение в XVI — XVIII вв., когда парусное судоходство получило наибольшее развитие.

В таблице приведены данные, характеризующие размеры транспортных парусных судов и их вооружения.

Тип судна	Количество мачт	Длина судна, м	Водоизмещение, т	Площадь парусов, м ²
Фрегат . . .	5	120	10 700	4670
Барк	5	110	7 600	3890
Шхуна . . .	6	112	10 000	3800

Были, естественно, и меньшие суда (бриги, бригантины, баркентины и т. д.). В среднем на 1 т водоизмещения приходилось 0,5 — 0,4 ж² площади парусного вооружения. У более быстроходных судов относительная парусность доходила до 1 л⁸ на 1 и водоизмещения.

Парусное вооружение состояло из огромного числа отдельных частей и соответствующих снастей. Каждая снасть имела собственное название, которое выбиралось не произвольно, а соответствовало определенной классификации в зависимости от того, на какой мачте и в каком ярусе парусного вооружения находилась снасть. Нелегко было управляться со всем этим сложным оснащением, особенно при маневрировании, когда периодически приходится менять курс судна и соответственно расположение и сочетание отдельных полотнищ парусов.

Совершенствование парусных судов происходило вплоть до середины XIX в. Наивысшим

достижением этого процесса в области торгового мореходства являются клипера, о которых говорилось выше.

Для характеристики скоростей хода этих судов приведем некоторые наиболее известные примеры. Так, например, известный клипер «Джеймс Бейнс», длина которого достигала 81 м, в 1856 г. за сутки совершил рекордный переход 420 миль, что соответствует средней скорости хода 17,5 узлов. Другой клипер «Лайтнинг» в 1857 г. за 23 час 20 мин прошел 430 миль, имея, следовательно, скорость 18,4 узла.

Необходимо, однако, отметить, что эти рекордные цифры скорости хода соответствуют исключительно благоприятным путевым условиям (скорость и направление ветра). При неблагоприятных обстоятельствах скорость хода парусных судов снижалась до минимума, а при штиле они вообще становились беспомощны и менее надежны, чем гребные. Поэтому рейсовая скорость хода даже лучших парусных судов практически была значительно ниже.

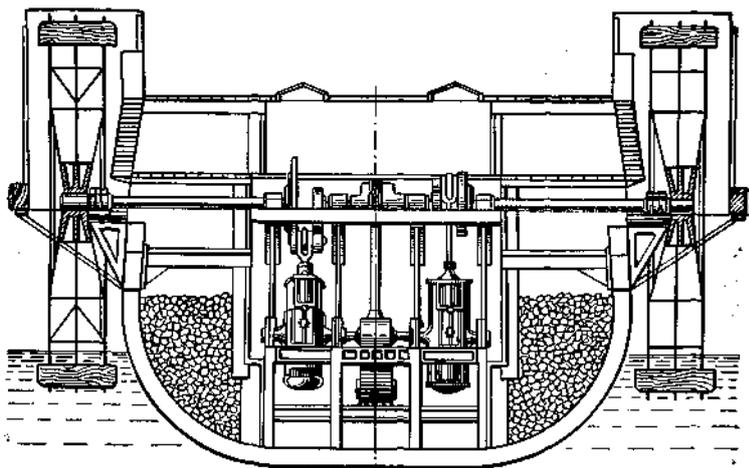
Название судна	Год установления ре-корда	Регистровая вместимость, <i>t</i>	Пройденное расстояние, МИЛИ	Время, сутки	Скорость, узлы
«Фермопилы»	1868	-	12 600	60	8,75
	1870	948	6500	28	9,65
«Лайтнинг».....	1853	2090	12 600	63	8,35
«Ариель»	1867	852	13160	80	6,9
«Мори Уайтридж» . .	1855	978	3400	14,4	9,8
«Джеймс Бейнс» . . .	1854	2275	3300	12,25	11,2
«Фдашгаг Клауд» . .	1851	1793	14000	89	6,55
«Комэт».....	1854	1836	14000	76	7,55
«Сэр Ланцелот» . . .	1869	886	13 400	89	6,3
«Год Фиш».....	1855	1036	6000	32,25	6,7

Для оценки ее реальной величины можно воспользоваться данными о знаменитой гонке чайных клиперов, происходившей в 1866 г. Средняя скорость их хода составляла около 6 узлов (5,83), максимальная, по-видимому, не превышала 14 узлов («Ариель»). На уменьшение рейсовой скорости, естественно, влияет удлинение пути в связи с необходимостью выполнения различных маневров. Приведенная таблица содержит данные о рекордных переходах ряда наиболее известных парусных судов.

Изобретение паровой поршневой машины нанесло окончательный удар парусному судоходству. Одновременно с поиском механических источников движения начались поиски новых типов движителей.

Гребное колесо. На этом типе движителя нет особой необходимости останавливаться. На рисунке показано гребное колесо парохода «Грэйт Истерн», на котором, кроме того, был еще и гребной винт. Неудобства использования гребных колес на морских судах заключаются в том, что при бортовой качке создаются условия весьма неравномерной работы машины. При очень больших размерах колеса далеко выступают за борт судна, создавая дополнительную парусность. Колеса с неповоротными плицами имеют очень низкий коэффициент полезного действия, а конструкция колеса с поворотными плицами очень сложна и подвержена поломкам. Для морских судов гребные колеса оказались совершенно непригодными, поэтому от них пришлось быстро отказаться.

Несколько дольше гребные колеса применялись на речных судах, однако и там они вытесняются гребными винтами.



ГРЕБНЫЕ КОЛЕСА И ПАРОВАЯ МАШИНА ПАРХОДА «ГРЕЙТ ИСТЕРН»

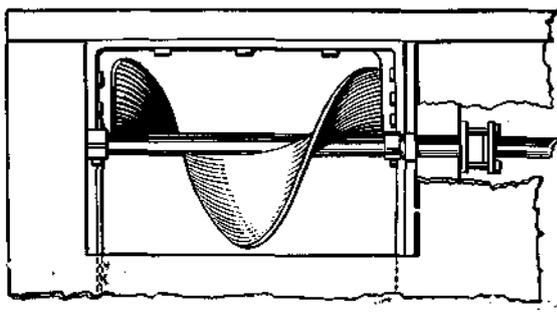
Гребной винт. Первоначальная конструкция гребного винта существенно отличается от современной. Она целиком соответствовала конструкции винта, предложенного Архимедом и использованного им для подъема воды. Винты подобного вида и сейчас употребляются в так называемых шнеках для вертикального транспорта сыпучих материалов. Однако первые же опыты его применения показали, что у него очень мал коэффициент полезного действия из-за большой поверхности трения.

В 1829 г. в гавани Триеста испытывали судно с гребным винтом чешского изобретателя И. Рессела. Его конструкция была использована в 1838 г. при постройке парохода «Архимед». Таким образом, практическое применение гребного винта всего лишь на 30 лет отстало от постройки первого парохода «Клермонт».

Видоизменяя форму лопастей, диаметр, шаг и прочие элементы гребного винта, конструкторы и ученые добивались наибольшего коэффициента полезного действия.

На стр. 109 показан внешний вид гребного винта современного крупного судна. Проектирование гребного винта, несмотря на его видимую простоту, дело сложное. На один гребной винт приходится мощность от 3 до 50 тыс. л. с. Причем потери ее, естественно, должны быть наименьшими.

Как и все прочие виды движителей, исключая парус, гребной винт является движителем реактивного типа. Отбрасывая при вращении поток воды, гребной винт сообщает судну такое же количество движения, какое было сообщено воде. Чем больше масса отбрасываемой воды, тем большую скорость при данной мощности будет иметь судно. Этим объясняется стремление судостроителей использовать гребные винты возможно большего диаметра. На речных судах, имеющих малую осадку, приходится вынужденно применять гребные винты малого диаметра. Коэффициент их полезного действия поэтому значительно меньше, чем на морских. Однако чрезмерное увеличение диаметра может привести к обратному результату. Часть мощности машины, расходуемая на преодоление сопротивления воды движению самого винта, тратится бесполезно, т. е. уходит на потери. Увеличивая размеры винта, мы тем самым увеличиваем и эти потери. Наступает момент, когда выигрыш поглощается потерями и дальнейшее увеличение диаметра гребного винта становится вредным.



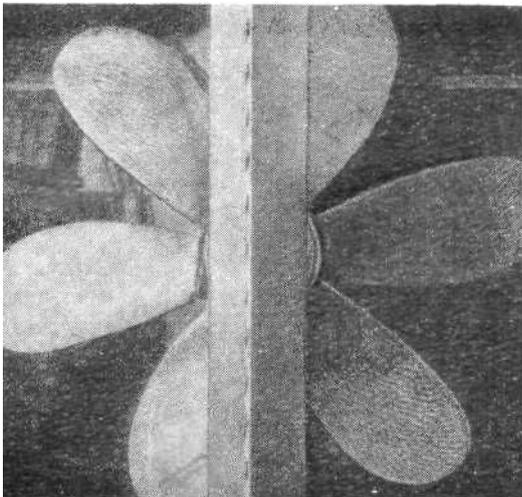
ПЕРВЫЙ ГРЕБНОЙ ВИНТ

Необходимо рассказать еще об одном характерном явлении — *кавитации*. Впервые с ним столкнулись при испытании первого в мире судна с паротурбинной установкой — «Турбинии». Вместо ожидавшихся 34 узлов судно на испытании развило скорость хода всего лишь 18. Изобретатель турбины английский инженер Парсонс установил, что причиной этого является кавитация. Это явление обусловлено тем, что при вращении лопасти гребного винта на передней ее поверхности, обращенной в сторону судна, создается зона повышенного давления, на задней, обращенной в сторону от судна, — зона разрежения. При известном соотношении геометрических размеров винта, числа его оборотов и передаваемой мощности, зона разрежения увеличивается, давление падает, вода как бы вскипает, образуя у задней поверхности воздушный «мешок» в непрерывном потоке жидкости. Коэффициент полезного действия гребного винта, работающего в таком «мешке», падает и при известных условиях может стать равным нулю.

Это обстоятельство приходится учитывать при проектировании гребных винтов, особенно когда на гребной винт передается очень большая мощность, а размеры его нельзя увеличить. Поэтому, если раньше на суда ставили трех- или четырехлопастные винты, то сейчас на крупных судах лучшие результаты получаются при пяти или даже шести лопастях.

Важным параметром гребного винта является его *шаг*, т. е. расстояние, на которое передвигается винт при одном полном обороте. Зная шаг винта и число его оборотов, можно подсчитать скорость хода судна. Например, шаг винта теплохода «Лениногорск» 4384 мм, число оборотов в минуту — 125. Следовательно, ожидаемая скорость хода составит

$$4,384 \times 125 \times 60 = 33 \text{ км/час (17,7 узла)}.$$



СОВРЕМЕННЫЙ ГРЕБНОЙ ВИНТ КРУПНОГО МОРСКОГО СУДНА

Действительная проектная скорость хода 17,1 узла, или на 3,5% меньше. Здесь мы сталкиваемся с явлением, которое называется *скольжением* гребного винта, вследствие чего действительный шаг его меньше геометрического значения. Скольжение, а следовательно, и потеря скорости хода увеличатся еще больше, если гребной винт работает в условиях, отличающихся от проектных, — при меньшей скорости хода или осадке судна. Такие случаи в практике весьма часты. Например, танкеры идут в обратный рейс лишь с балластом, вес которого составляет около 30% полезной грузоподъемности; иногда и сухогрузные суда не имеют на обратном пути полной загрузки. В связи с этим на судах стали устанавливать гребные винты, у которых лопасти могут поворачиваться, — так называемые винты регулируемого шага. Они позволяют, не изменяя числа оборотов гребного вала, путем регулирования угла поворота лопасти не только уменьшать или увеличивать скорость хода, но и переходить с переднего хода на задний. Поворот лопастей здесь осуществляется при помощи специальных механических или гидравлических приводов.

Имеются и некоторые другие типы движителей, например водометные, которые сообщают судну движение за счет импульса выбрасываемой водометной установкой воды, ротативные и др. Эти виды движителей имеют частное назначение. В настоящее время на морском, да и, пожалуй, на речном транспорте винт стал основным видом движителя, и, по-видимому, в ближайшем будущем он не будет заменен каким-либо другим.

Руль и рулевое устройство

Древние мореплаватели не имели понятия о рулях. Вместо них они употребляли короткие весла с широкими лопастями, привешенные до бокам кормы снаружи судна. Рулевые весла имели различный вид. Некоторые походили на лопату, другие имели удлиненную лопасть.

Число рулевых весел было различно: одно, два, а иногда и четыре, помещавшиеся попарно на носу и корме. Носовые весла употреблялись в случае необходимости скорейшего поворота судна.

У норманнов руль представлял собой короткое с широкой лопастью весло, прикреплявшееся на корме. Как и на древних судах южных народов, этим рулем управляли при помощи рукоятки, прикрепленной к головке.

Руль, напоминающий современный, впервые появился в начале XIV в. Он состоял из лопасти, или пера, соединенной с древком, на который одевали рукоятку — румпель, расположенный перпендикулярно древку на высоте верхней палубы. Руль прикрепляли к судну специальными обоймицами из металла или кожи. Верхний конец древка, головку руля, также прикрепляли обоймицей к вертикальной стойке, укрепленной в борту судна. На случай, если бы обоймицы оторвались, лопасть руля крепили к борту веревками.

Первоначально руль поворачивали непосредственно за румпель. Впоследствии было изобретено штурвальное колесо, на барабан которого наматывались тросы, прикрепленные к румпелю. Благодаря использованию зубчатой передачи облегчались усилия по перекладке руля. Значительно позже для привода руля была использована небольшая вспомогательная паровая машина, а роль штурвала свелась к изменению направления вращения ее коленчатого вала.

Руль современного корабля весит несколько тонн, но легко и быстро переключается с борта на борт при минимальных усилиях управляющего им человека. Сложная система гидравлических приводов или электрической коммутации управляет движениями руля. Огромное, в человеческий рост штурвальное колесо, когда-то бывшее одним из основных символов мужественной профессии моряка, исчезло из рулевой рубки и заменено кнопочным управлением и приборами — указателями положения руля. При длительных переходах, когда судно идет заданным курсом, им управляет авторулевой — сложный прибор, чутко улавливающий и корректирующий направление. Обычно при ручном управлении судно заметно отклоняется в ту или иную сторону от заданного курса, что снижает его среднюю скорость и вызывает непроизводительные потери мощности. Авторулевой значительно более точно справляется с задачей. Развитие вычислительной техники приведет в будущем к машинному управлению судном по заданной программе.

СОВРЕМЕННЫЕ ТОРГОВЫЕ КОРАБЛИ

Рост объема перевозок грузов по морю и увеличение численности морских транспортных судов привели к специализации флота по выполняемым функциям. В конце прошлого столетия основным типом морского судна было универсальное грузо-пассажирское. В настоящее время специальные суда строят для перевозки сахара, цемента, бумажной пульпы (взвесь размельченного древесного волокна в воде) и т. д. Конечно, таких узко специализированных судов сравнительно мало. Основу торгового флота составляют другие типы — танкеры, углерудовозы, рефрижераторы, лесовозы и суда для перевозки различных тарных грузов в упаковке или контейнерах. Последние наиболее распространены. По данным статистики, в общем составе торгового флота удельный вес судов для перевозки тарных грузов — около 60%, а танкеров — немного выше 30%. Таким образом, на долю остальных типов судов приходится примерно 10%. Правда, за последние годы строят очень

много рудовозов, и удельный вес их в будущем значительно увеличится. В связи с ростом автомобильного туризма получают распространение суда для перевозки автомобилей с пассажирами. Пассажирские суда занимают в торговом флоте особое место.

Пассажирские суда

Есть основания полагать, что пассажирское судно наиболее древнее. Функции перевозки людей оно выполняло издавна, хотя и с меньшим комфортом, чем современное.

Слишком велики были во все времена ненадежность судов и риск длительных морских путешествий, связанный с большими лишениями. При крайне низкой производительности труда, морское путешествие на парусных и гребных судах стоило дорого. Поэтому пассажирами были, главным образом, военные, вельможи и разного рода администраторы, купцы, сопровождавшие товар, ученые, путешествовавшие с научной целью, и т. п.

Упомянем еще об одном виде пассажирских перевозок, относящемся к средневековью. Речь пойдет о паломниках, путешествовавших к «святым местам», в Палестину. В свое время католическая церковь усиленно поощряла этот вид паломничества. В одном из документов, относящихся к средневековому судоходству, в Марсельских статутах, есть статья закона, по которому частным судовладельцам разрешалось принимать на свои суда до 1 тыс. паломников. По уставу, на таких больших судах должно быть до 100 — 150 человек экипажа. В этом же уставе определены порядок размещения пассажиров и плата за переезд. Спали они обыкновенно на койках из четырехугольного куска парусины размером 1600X 460 мм, подвешенных за углы под палубой. На каждой койке размещались два человека так, что голова одного располагалась рядом с ногами другого. В условиях такой скученности ни на какие удобства не приходилось рассчитывать. Но фанатическая вера заставляла многих бросать свой дом и, несмотря на неудобства и лишения, пускаться в рискованную поездку.

Как писалось в одной старинной книге, «старый и малый, купец, рыцарь и монах, мужчины и женщины шли наперебой и наполняли суда, отправлявшиеся в Палестину». Средневековый писатель Жофруа де Виль Гардуень, рассказывая об осаде Константинополя, описывает, как туда вместе с посольством прибыло пять нефов, полных пилигримов и рыцарей; всего их прибыло 7 тыс. человек. На каждом сравнительно небольшом судне длиной 50 — 60 м находилось почти по 1400 человек с багажом, оружием и т. п.

Заметное развитие пассажирские перевозки и, следовательно, пассажирские суда получили с начала парового судоходства. С одним из наиболее интересных представителей пассажирского флота XIX в. судном «Грейт Истерн» мы уже знакомы.

Заметим, что чисто пассажирских судов тогда не строили. Очень долгие годы применяли грузо-пассажирские суда, в равной степени предназначенные для перевозки грузов и пассажиров. Затем условия развития экономики потребовали постройки чисто грузовых судов, имеющих сравнительно небольшую скорость хода, и более быстроходных пассажирских. Тем не менее и сейчас иногда строят грузовые суда, на которых имеются пассажирские каюты (однако не более чем на 12 пассажиров), а на пассажирских судах всегда есть помещение для небольшого количества грузов.

Посмотрим, как устроено современное крупное пассажирское судно. В качестве примера возьмем советский пассажирский теплоход «Иван Франко», построенный в 1964 г. Это судно не претендует на

то, чтобы считаться самым большим или самым быстроходным в мире. В составе советского морского флота имеются более крупные и более быстроходные суда. Однако скорость хода и размеры — это такие показатели, которые нельзя считать сейчас самыми важными. Требования к пассажирским судам существенно изменились. Раньше характерным признаком выдающегося пассажирского судна считалась скорость его хода. В связи с развитием современного воздушного сообщения исчезли стимулы для увеличения быстроты передвижения морских пассажирских судов, так как это связано с большим увеличением мощности силовой установки и удорожанием содержания судна. Редко оправдывается и увеличение его размеров, а также пассажировместимости. В этом случае трудно достаточно эффективно использовать судно, особенно на тех линиях, где пассажирские перевозки носят сезонный характер, например на курортных линиях, и т. д.

Поэтому в последние годы начал вырабатываться особый тип пассажирского судна, хорошо приспособленного для туристских целей. Такое судно имеет скорость хода около 40 км/час, что удешевляет стоимость поездки на нем, и умеренную пассажировместимость. По этим признакам и по ряду других мы и выбрали теплоход «Иван Франко», который можно рассматривать как вполне совершенное современное пассажирское судно. Познакомимся с его устройством.

Трап, спущенный с судна на причал, приводит посетителей на прогулочную палубу. Выше нее — палуба салонов, шлюпочная палуба, тентовая палуба, палуба командного мостика и на самом верху — пеленгаторный мостик. Ниже прогулочной палубы находятся: верхняя палуба, 2, 3, 4 и 5-я палубы. Таким образом, не считая пеленгаторного мостика, на судне десять палуб. Для сообщения между ними устроено несколько пассажирских и грузовых лифтов. Так, два пассажирских лифта, соединяют третью палубу с палубой мостика. Грузовой лифт, поднимающий 3 т, соединяет машинное отделение со шлюпочной палубой. Эти лифты имеют 6 — 8 промежуточных остановок. Имеется ряд лифтов для подъема провизии и т. д.

На одном из лифтов поднимаемся на самую верхнюю палубу — палубу командного мостика. На ней расположена рулевая рубка, в которой находится пост управления главными механизмами судна и рулевым приводом, главный компас и другие приборы, необходимые для определения местонахождения судна и т. д. Непосредственно за рулевой рубкой помещается штурманская рубка, где сосредоточены карты, навигационные пособия и приборы. На карте района следования судна вахтенный штурман периодически отмечает местонахождение судна и прокладывает путь его движения. В трудно проходимых и мало известных местах (шхеры, каналы) путь указывает местный лоцман, хорошо знающий район. Поэтому здесь же находится каюта лоцмана. Несколько далее за штурманской рубкой находится судовая радиорубка, а непосредственно за ней — огромная веранда-бар с двухстворчатými окнами почти от пола и до потолка, рассчитанная на 133 пассажира. Двери из легкого сплава и цветных стекол ведут из закрытого помещения на открытую веранду, на которой расставлены шезлонги, кресла и диваны. Деревянные раздвижные двери отделяют помещение веранды от бара на 27 мест.

На нижележащей, тентовой палубе расположены каюты командного состава судна, салон и кают-компания.

Еще ниже на шлюпочной палубе размещены шлюпки, плоты и другие спасательные средства. Специальные устройства обеспечивают быстрый и безотказный спуск их на воду при необходимости. Но будем надеяться, что такая необходимость не возникнет и все эти средства главным образом будут выполнять декоративные функции, придавая судну своеобразный колорит. На этой же палубе расположены несколько улучшенных одно- и двухместных кают (двухместная каюта улучшенного типа состоит из кабинета и спальни), центральный судовой телефонный узел и танцевальная площадка.

Ниже — палуба салонов. В носовой ее части от борта до борта разместился музыкальный салон, рассчитанный на 187 пассажиров, с эстрадой для музыкантов и концертным роялем. Здесь устраивают вечера танцев, концерты. В центре салона, несколько асимметрично, выделяется танцевальная площадка, выложенная узорчатым паркетом. От вестибюля, ведущего в музыкальный салон, идет коридор, по одну сторону которого находится кафе-кондитерская, а по другую — кафе-закусочная, вмещающие по 53 человека. От коридора они отделены декоративными стенками.

Дальше по коридору — средний вестибюль палубы салонов. На этой же палубе расположены: помещение для игр и бар на 27 человек. Рядом с баром — курительный салон на 23 человека. К нему примыкает помещение для настольных игр на 17 человек.

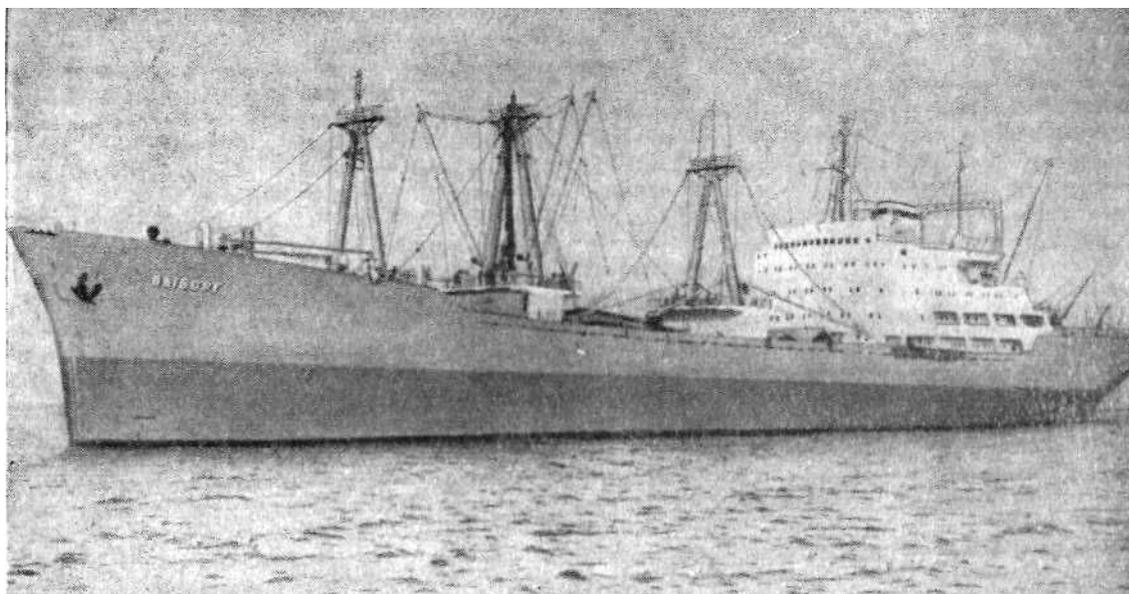
По другую сторону шахты машинного отделения находится кинозал на 120 мест и библиотека-читальня на 38 человек. В кормовой части салонной палубы расположены мужская и женская парикмахерская и, наконец, открытая площадка с плавательным бассейном для взрослых, глубина воды в котором достигает 2,5 м. В вечернее время бассейн освещается из-под воды прожекторами. Над бассейном устроено специальное раздвижное перекрытие, поэтому им можно пользоваться даже в

холодное время года, так как температура воды поддерживается на уровне $+20^{\circ}$.

С палубы салонов спустимся по лестнице на прогулочную палубу, с которой мы начали знакомство с судном. Вдоль бортов по обе стороны помещений, находящихся на прогулочной палубе, а также на палубе салонов, имеются большие проходы, частично закрытые от ветра. Эти свободные площади палуб предназначены для прогулок. Здесь установлены диваны, кресла, шезлонги. На прогулочной палубе в основном расположены одно- и двухместные пассажирские каюты, в кормовой ее части — каюты «матери и ребенка», детская комната и бассейн для детей.

На палубах, лежащих ниже прогулочной (внутри корпуса судна), расположены каюты пассажиров и команды. Под прогулочной палубой, примерно в средней части судна, размещен главный ресторан. Обширное почти квадратное помещение ресторана заняло площадь 544 м^2 . Здесь с удобствами может разместиться 376 пассажиров, т. е. 50% общего числа пассажиров, находящихся на судне.

Пассажирские каюты оборудованы современной, простой по форме, но удобной мебелью, разнообразно окрашены. На 750 пассажиров имеется 305 кают, преимущественно двухместных. 220 человек экипажа размещаются в 106 каютах, также с достаточными удобствами. Во всех жилых помещениях постоянно поддерживаются наиболее благоприятные температура и влажность воздуха. Для этого судно оборудовано системой кондиционирования, которая по специальным каналам-воздуховодам нагнетает воздух для вентиляции помещений, предварительно подогретый или охлажденный, увлажненный или подсушенный.



СОВРЕМЕННЫЙ СОВЕТСКИЙ СУХОГРУЗНЫЙ ТЕПЛОХОД

При постройке этого судна дерево и ткани, используемые обычно для отделки помещений, были заменены более прочными, легкими, дешевыми и красивыми пластифицированными материалами. Они использованы и взамен обычных изоляционных материалов. Для декоративной обивки мебели взята негорючая синтетическая ткань. Помимо красоты, дешевизны и долговечности, применение синтетических материалов благоприятно и в противопожарном отношении, так как дерево и обычные ткани на судне представляют опасный, быстро воспламеняющийся материал.

Противопожарной защите судна уделено большое внимание. С этой целью оно разделено на отсеки главными огнезащитными переборками, двери в которых оборудованы устройствами для автоматического дистанционного закрытия.

Судно имеет хорошие мореходные качества. В целях непотопляемости оно разделено на 12 отсеков поперечными переборками, которые доведены до верхней палубы, а переборка, отделяющая форпик судна — даже до прогулочной палубы. Почти на протяжении всей длины корпуса устроено двойное дно. Согласно расчетам, непотопляемость судна обеспечивается при затоплении любых двух смежных отсеков корпуса, а возможный крен может быть устранен путем заполнения водой соответствующей цистерны. Важный показатель мореходности, период бортовой качки теплохода, составляет не менее 16 сек, что отвечает требованиям остойчивости.

Помимо 750 пассажиров (на коротких переходах пассажировместимость судна 1250 человек) судно может принять 1,5 тыс. т груза. При необходимости один из трюмов, расположенных в носовой части,

может быть использован под гараж для 23 автомашин. Погрузка автомашин производится через специальные отверстия (порты), имеющиеся в бортах судна. В плавании эти отверстия надежно закрываются. При погрузке из корпуса через открытое в борту отверстие выдвигается специальная балка, и на причал опускается грузовая платформа, на которую устанавливают автомашину. Затем платформу поднимают вверх и балка вместе с ней вдвигается на лифт, который опускает автомашину в трюм.

Главная силовая установка судна состоит из двух двухтактных дизелей мощностью по 10,5 тыс. л. с. Каждый из них приводит в действие латунный гребной винт диаметром 5,16 м и весом 15,4 т. Скорость хода судна 20,3 узла (около 38 км/час).

На судне имеется своя электростанция, состоящая из пяти дизель-генераторов, общей мощностью около 4 тыс. квт. Опреснительная установка дает 60 т пресной воды в сутки. Необходимый для вспомогательных нужд пар вырабатывают три котла общей паропроизводительностью около 7,5 т/час (количество, достаточное для работы паровой машины мощностью около 2 тыс. л. с.).

Три водяных насоса общей производительностью 300 м³/час предназначены для пожаротушения. В машинном и котельных отделениях, где приходится иметь дело с жидким топливом и маслами, установлена пенная противопожарная система. За 7 — 8 мин она может покрыть главное машинное отделение слоем пены толщиной 350 мм. Грузовые трюмы, багажное и некоторые другие помещения оборудованы особой системой пожаротушения, в которой для гашения огня используются углекислота и пар. Имеется также специальная дымоизвещательная станция. Если в воздухе помещений содержание дыма превысит 2%, то немедленно в рулевой рубке начинает действовать световая и звуковая сигнализация.

Судно обеспечено специальной холодильной установкой для понижения температуры в провизионных кладовых.

Продуманы и вопросы организации ремонтных работ. Для этого на судне имеется небольшая, но хорошо оборудованная мастерская и даже мостовой подъемный кран, поднимающий детали весом до 5 т.

Наибольшая длина судна — 176 м, ширина 23,6 м, высота до палубы командного мостика 35 м, полый вес (водоизмещение) около 19 тыс. т, осадка 8 м. Запас топлива достаточен для рейса на 8 тыс. миль (примерно 15 тыс. км).

Все эти цифры, сопоставленные с приведенным выше описанием внутреннего устройства, рисуют образ современного пассажирского судна. Это великолепный корабль, хотя есть и другие значительно большие и быстроходные суда.

Самым крупным в мире является построенное в 1940 г. английское пассажирское судно «Куин Мери». Длина его — 314 м, ширина 36 м, высота борта (только до верхней палубы) около 21 м. Паровая турбинная силовая установка имеет мощность 200 тыс. л. с. Помещения рассчитаны на 2300 пассажиров и 1200 человек экипажа. На судне 14 палуб, 35 салонов и других общих помещений, 35 лифтов. Его общий вес без груза, пассажиров и запаса топлива 50 тыс. т. Однако построенное почти 30 лет назад, оно во многих чертах устарело, хотя и продолжает нести свою службу.

Самым быстроходным пассажирским судном больших размеров является американское судно — турбоход «Юнайтед Стейтс» длиной 302 м. Вместимость его 2000 пассажиров и около 1100 человек экипажа. Это судно строилось в 1952 г., и оно более совершенно. Поэтому при меньшей мощности двигателей (160 тыс. л. с.) скорость его хода больше, чем у «Куин Мери».

По-видимому, наиболее интересным из современных пассажирских гигантов является французский трансатлантик «Франс», построенный в 1962 г. с целью заменить другое не менее замечательное французское судно «Нормандия», построенное незадолго до войны и вышедшее во время войны из строя.

Нет возможности, да и, пожалуй, необходимости, описывать это судно так же подробно, как теплоход «Иван Франко». Несмотря на различия в размерах и оборудовании, принципиальные черты планировки судов в общем имеют много сходного. Это определяется единством назначения и особенностями устройства морских судов вообще и пассажирских в частности.

Турбоход «Франс» рассчитан на перевозку 2044 пассажиров. Эксплуатационная скорость хода его 31 узел (около 57 км/час). «Франс» — четырехвинтовое судно, общая мощность силовой установки 160 тыс. л. с. На испытании судно показало максимальную скорость хода 34 узла, однако при этом наблюдалась заметная вибрация корпуса; поэтому его эксплуатационная скорость несколько меньше. Восемь паровых котлов и четыре главных паровых турбины размещены в восьми отсеках машинного отделения.



СОВРЕМЕННЫЙ ПАССАЖИРСКИЙ ТУРБОХОД «ФРАНС»

На судне широко использованы системы автоматического и дистанционного управления балластной системой, сгоранием топлива в котлах, заслонками в дымовых трубах и т. д. Так как паровые турбины вращаются во много раз быстрее, чем гребной винт, то между ними ставят передаточные механизмы. На «Нормандии» была устроена электрическая передача, состоявшая из турбогенераторов, вырабатывающих электроэнергию, и электромоторов, вращающих гребные винты. На турбоходе «Франс» применена механическая передача с зубчатыми редукторами, снижающими число оборотов с 2878 (главные турбины) до 156 (гребной винт).

Стоимость постройки судна около 27 млн. руб. Приведем некоторые основные данные: максимальная длина 315 м, ширина 34 м, высота до палубы командного мостика около 34 м, осадка 10,5 м, полное водоизмещение 58 тыс. т. Корпус судна разделен поперечными переборками на 15 водонепроницаемых и 8 пожарозащитных отсеков. На судне 11 палуб. Имеется театральное помещение. При постройке широко использовались сплавы легких металлов. В специальном трюме, можно разместить 100 легковых автомобилей.

На судне только два пассажирских класса — первый и туристский. В первом классе имеются каюты «гранд-люкс», состоящие из трех помещений, а в туристском — 65 четырехместных кают с двухъярусными койками. Столовая для пассажиров первого класса имеет 410 мест, для пассажиров туристского класса столовая двухъярусная на 840 мест. В кинозале 155 мест на балконе (для пассажиров первого класса) и 479 мест в партере для туристов. Имеются и другие помещения общего пользования — музыкальные салоны, холлы и т. д.: 17 салонов и других помещений общего пользования для пассажиров первого класса расположены в основном над верандой, а 12 салонов туристского класса — на прогулочной палубе. Двухэтажное помещение кинотеатра занимает часть обеих палуб. На судне отдельные плавательные бассейны, столовые и т. д. для пассажиров первого и туристского классов.

Турбоход «Франс» оборудован средствами противопожарной защиты, спасательными устройствами, системой кондиционирования воздуха, холодильной установкой и т. д. Каждый из имеющихся четырех двигателей — гребных винтов приводится в действие своей турбиной через зубчатый редуктор. Мощность судовой электростанции около 8 тыс. *квт*. Высокая производительность опреснительной установки (1400 т пресной воды в сутки) объясняется большой потребностью котельного хозяйства в пресной воде.

Как мы уже указывали выше, расположение помещений и внутреннее устройство других пассажирских судов в основных чертах совпадают с приведенными описаниями устройства теплоходов «Иван Франко» и «Франс».

Дальнейшее увеличение пассажировместимости и скорости полета трансатлантических самолетов, снижение стоимости билетов, увеличение надежности и тому подобные факторы еще больше отвлекут пассажиров с морского флота на воздушный транспорт. Как ни комфортабельны и удобны современные пассажирские суда, однако дальнейший рост их количества и размеров представляется маловероятным. Основным типом пассажирского морского судна в ближайшие годы, по-видимому, будет судно чисто туристского типа, сочетающее сравнительную дешевизну проезда с максимально возможными удобствами. Теплоход «Иван Франко» подходит к этому типу судна.

Танкеры

К этому классу относятся суда, перевозящие жидкие грузы наливом. До недавнего времени это была нефть и нефтепродукты. В последние годы появились новые грузы — сжиженные газы, кислоты и даже взвесь древесного волокна в воде (пульпа). Все же основными, наиболее типичными судами этого класса остаются танкеры для перевозки нефти и нефтепродуктов, конструкция которых отражает особенности судов, приспособленных для перевозки жидких грузов.

Впервые в мире транспортировка нефти по морю осуществлена в 1861 г. на пароходе «Елизабет Уатт». Однако в этом случае нефть перевозили в бочках, и конструкция судна никаких специфических особенностей не имела. Первое судно для перевозки нефти наливом было переоборудовано из сухогрузного в 1878 г. в России, на Каспийском море. Это был пароход «Зороастр» грузоподъемностью 250 *т*. Спустя 29 лет на Каспии эксплуатировалось уже 137 танкеров. Успешный опыт эксплуатации каспийских танкеров послужил поводом к постройке для эксплуатации в открытых морях первых танкеров «Свет» (1885 г.) для Русского общества пароходства и торговли и «Глюкауф» (1886 г.). Последний танкер длиной около 90 *м* имел грузоподъемность 2,5 тыс. *т* и скорость хода 9 узлов.

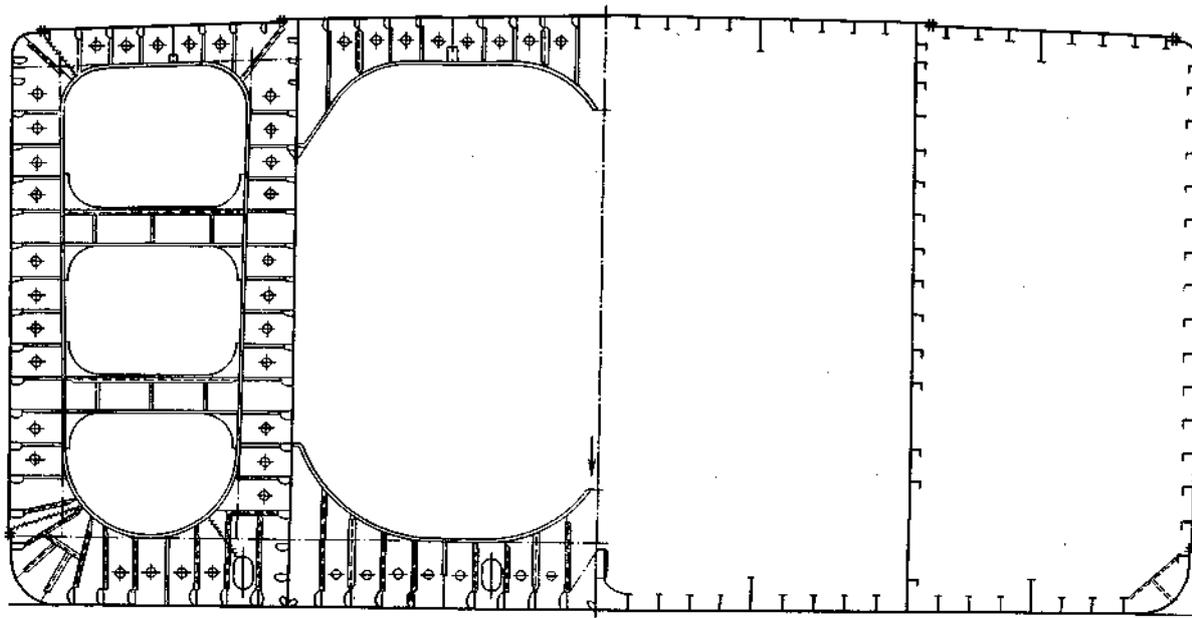
К 1900 г. во всем мире в эксплуатации находилось 193 морских танкера общей грузоподъемностью около 0,5 млн. *т*, в 1920 г. — 780 танкеров и 4,2 млн. *т*, в 1934 г. — 1480 и 11 млн. *т* и в настоящее время (1965 г.) 4553 и 74,5 млн. *т*. Таким образом, за 65 лет тоннаж танкерного флота вырос примерно в 150 раз. Интересно отметить, как росли размеры танкеров. Средняя грузоподъемность в 1900 г. — 2,5 тыс. *т*, в 1920 г. — 5,4 тыс. *т*, в 1934 г. — 7,4 тыс. *т*, а сейчас — 16,5 тыс. *т*. В ближайшие годы общий тоннаж и средняя грузоподъемность будут расти, так как строятся главным образом очень крупные танкеры грузоподъемностью свыше 30 тыс. *т*, а наибольшая грузоподъемность одного из строящихся танкеров превышает 200 тыс. *т*. Построены и эксплуатируются несколько танкеров грузоподъемностью свыше 100 тыс. *т*, в том числе один танкер «Токио-мару» грузоподъемностью около 150 тыс. *т*.

Стремительный рост грузоподъемности танкеров объясняется экономическими соображениями. Например, при увеличении грузоподъемности от 10 до 100 тыс. *т*, т. е. в 10 раз, мощность силовой установки увеличивается примерно в 3,7 раза, а вес судна в 4,4 раза. Численность экипажа примерно одинакова. Мощность характеризует не только начальную стоимость судна, но и расходы на топливо, составляющие существенную долю эксплуатационных издержек. Таким образом, рост грузоподъемности дает явную экономию.

Однако этого еще недостаточно. Необходимо, чтобы был соответствующий устойчивый грузопоток, обеспечивающий нормальную эксплуатацию судна большей грузоподъемности. Существующие сейчас объемы производства, потребления и перевозок нефти и нефтепродуктов различными странами вполне достаточны для использования крупных танкеров и имеют тенденцию дальнейшего развития. Накопленный опыт судостроения позволил освоить постройку крупных судов, оснащенных современными механизмами и оборудованием.

На примере советского танкера «София» рассмотрим особенности устройства этого типа судов. «София» — вполне современное по размерам и конструкции судно, построенное с учетом достижений техники мирового танкеростроения. Это судно может принять 45 тыс. *т* груза, а его полное водоизмещение 62 тыс. *т*. Паротурбинная установка мощностью 19 тыс. *л. с.* сообщает судну скорость 17 узлов (31,5 *км/час*). Наибольшая длина судна — 230,5 *м*, ширина 31 *м*, высота борта 15,4 *м* и осадка 11,5 *м*.

Если посмотреть сбоку на силуэт судна, то видно, что линия борта к носу несколько повышается. Немного впереди средней части и на корме имеются надстройки, от средней надстройки на нос и корму над палубой ведут переходные мостики. Для танкера характерна сравнительно небольшая высота надводного борта, у «Софии» она всего лишь 3,9 *м*. В океане этот надводный борт не защищает палубу от накатов волн. Для перехода людей с кормы в среднюю рубку и на носовую часть судна и устроен переходный мостик. С этой же целью устроено повышение линии борта к носу. Это частично предохраняет палубу от наката встречных волн. Впрочем, на некоторых танкерах переходные мостики не устраивают, не делают и средней надстройки. Почему и как этого удалось избежать, мы скажем несколько позже.



ПОПЕРЕЧНОЕ СЕЧЕНИЕ ЦЕЛЬНОСВАРНОГО ТАНКЕРА «СОФИЯ»

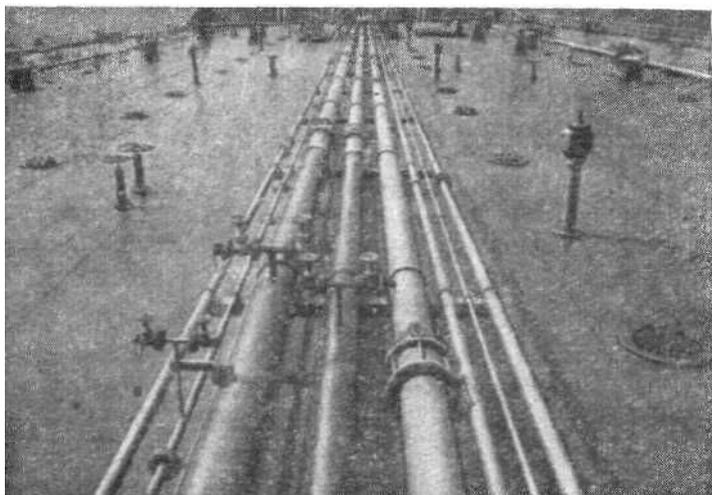
Ознакомление с устройством и особенностями судна начнем с палубы. Она почти не застроена. По бортам ее ограждают стальными прутьями на стойках. Это так называемое леерное ограждение. Оно удобно тем, что не препятствует нахвату волн на палубу и не задерживает сток воды за борт. Для команды такие периодические нахваты воды не страшны, так как в ходу она пользуется переходным мостиком.

Кое-где на палубе возвышаются невысокие цилиндрические горловины. В верхней их части устроены люки, через которые можно попасть внутрь корпуса. Посередине палубы от кормовой надстройки к носу тянутся четыре ряда труб диаметром 350 мм. В центре судна от них ответвляются еще четыре ряда труб, расположенных поперек палубы. Это так называемый напорный трубопровод, через который судовые насосы перекачивают нефтепродукты в береговые резервуары. Этот же трубопровод используется для налива груза в танкер. Заполнение танков (отсеки в корпусе судна) возможно двумя способами: через насосное отделение судна и непосредственно в танки.

Прежде чем рассмотреть устройство средней и кормовой рубки, ознакомимся с устройством корпуса судна. В носовой части поперечная переборка, как и на других типах судов, отделяет отсек, называемый форпиком. Здесь выделено помещение, в котором уложена якорная цепь. Его называют — *цепным ящиком*. Остальная часть форпика используется в качестве цистерны для водяного балласта.

За форпиком находится так называемый *диптанк*. Обычно в него набирают топливо или водяной балласт, но при необходимости в нем можно перевозить жидкие грузы.

Между диптанком и грузовыми танками расположен очень узкий, обычно ничем не заполняемый отсек — *коффердам*. Он является принадлежностью исключительно танкеров. Основное назначение его — создать разрыв между грузовыми танками, заполненными огнеопасным грузом, и остальной частью судна. Второй коффердам имеется в кормовой части судна — там, где заканчиваются грузовые танки, и отделяет от них отсек, в котором установлены насосы, выкачивающие груз на берег. Корпус судна между носовым и кормовым коффердами разделен продольными и поперечными переборками на 26 танков, в которых перевозится жидкий груз наливом. Расстояние между поперечными переборками и их количество устанавливаются правилами постройки танкеров.



ПАЛУБА СОВРЕМЕННОГО ТАНКЕРА

Продольные переборки играют двоякую роль: во-первых, они усиливают общую прочность судна, во-вторых, при крене препятствуют переливанию груза в сторону наклона, что могло бы создать дополнительный кренящий момент и вызвать потерю устойчивости.

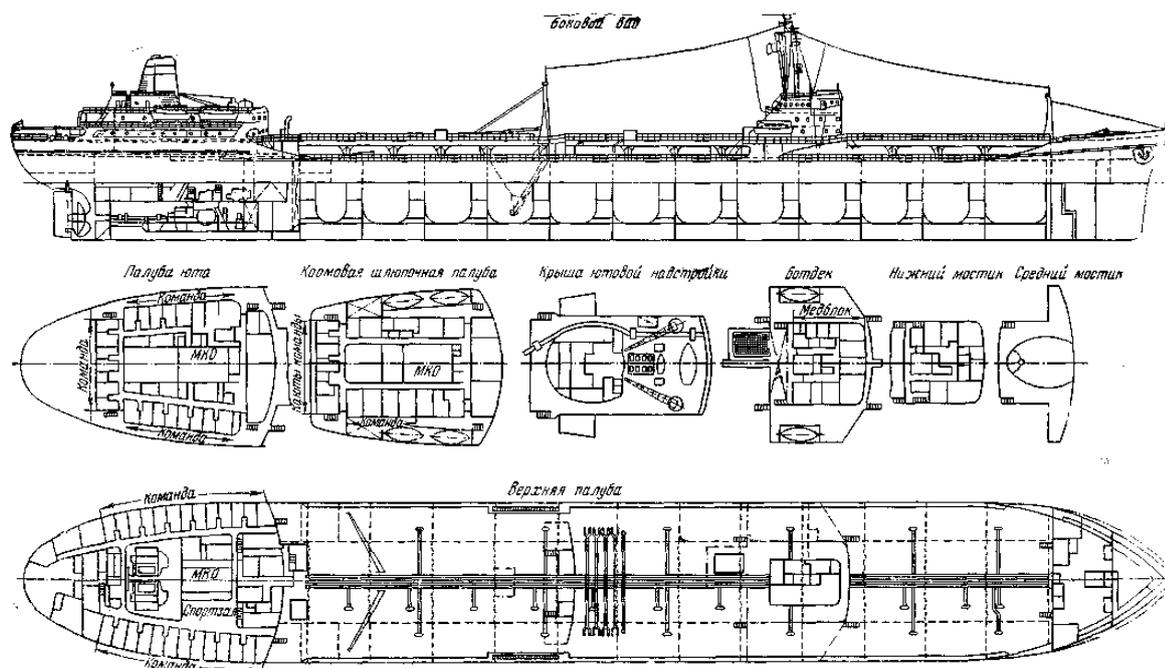
Высота грузового танка равна высоте борта судна — 15,4 м, ширина (поперек судна) 16,2 м и длина 12,5 м. Таковы средние танки. Их на судне 12. Имеется еще 14 бортовых танков, по 7 с каждого борта. По высоте они такие же, как и средние, длина их в 2 раза больше, а ширина примерно 7,5 м.

Через каждые 3125 мм по длине судна устроена мощная поперечная рамная конструкция, играющая важную роль в поперечной прочности судна. В средних танках такая конструкция имеет вид поперечных балок высотой 1,8 м у днища и 1,25 м у палубы, при длине пролета 16,2 м. Боковые (продольные) переборки, отделяющие центральные танки от бортовых, гладкие, из листового металла толщиной 12 — 16 мм. Двойное дно у танкеров только в районе машинного отделения. Наличие большого числа отсеков, заполненных жидким грузом, само по себе создает хорошие условия обеспечения непотопляемости.

Днищевая обшивка корпуса — из листовой стали толщиной 22 — 24 мм. По днищу и под палубой вдоль судна между мощными поперечными балками идут продольные балки высотой 425 мм. Они также играют двоякую роль: во-первых, укрепляют общую продольную прочность судна, во-вторых — обшивку в промежутке между рамными балками. В средней части судна, вдоль него, проходят две мощные балки — одна у днища, высотой 3200 мм, из листовой стали толщиной 22 мм и вторая под палубой, высотой 2500 мм, из листовой стали толщиной 12 мм. Эти балки опираются на поперечные переборки. Такая система набора корпуса называется *продольной*. В носовом и кормовом концах среднего танка поперечные переборки гофрированные (гофры у них прямоугольные).

По днищу танков вдоль судна для погрузки и выгрузки жидкого груза проложены трубы диаметром 350 мм, соединяющие танк с грузовыми насосами. Другие трубы диаметром 150 мм, так называемые зачистные, служат для удаления остатков груза, который не удастся откачать при помощи главной грузовой магистрали. На некоторых новейших танкерах применена безтрубная грузовая (зачистная) система. Она устраняет необходимость прокладывать по днищу танкера трубопроводы, как у танкера «София». Нефть самотеком переливается из танка в танк и только из последнего кормового танка откачивается грузовым насосом. В этом случае в переборках, разъединяющих соседние танки, устанавливаются задвижки, открываемые по мере надобности с палубы. Эта система удобна, если судно постоянно загружается одним родом груза.

Так устроены средние танки. Бортовые отличаются от них тем, что поперечные крепления имеют здесь вид полной рамки, т. е. проходят не только вдоль днища и палубы, но и по продольной переборке и по борту. Кроме того, вдоль продольной переборки и борта судна также приварены балки, но высота их несколько меньше. Обшивка бортов судна изготовлена из листовой стали 20 — 26 мм.



ВНУТРЕННЕЕ УСТРОЙСТВО И ПАЛУБЫ ТАНКЕРА «СОФИЯ»

Приемники грузовой магистрали устроены не в каждом танке, а только в четырех средних (3, 6, 9 и 12-м, считая от носового). На переборках, соединяющих эти танки с остальными средними и бортовыми танками, установлены перепускные клинкеты (задвижки), которые открывают и закрывают с палубы.

Танки оборудованы специальным устройством для механизированной мойки их горячей водой, что приходится делать, например, при замене сорта груза. Большую опасность представляют газы нефтепродуктов, скапливающиеся в незаполненных жидким грузом объемах танков и в насосном отделении. Для вентиляции этих помещений имеются специальные устройства.

Влажность воздуха внутри танков при ходе с балластом не должна превышать 50%, иначе металл корпуса будет разрушаться от коррозии. Для предупреждения этого на судне работает специальная воздухоосушительная установка, и по системе трубопроводов подсушенный воздух подается в танки.

На танкере имеется пять противопожарных систем: водяная, паровая, пенная, система орошения палуб и химическая.

Наиболее эффективна система пенотушения. На судне установлены две станции пенотушения, соединенные трубопроводом с танками, бункерными цистернами, диптанком, коффердамами и насосными отделениями. Слой пены, покрывая поверхность горячей нефти, закрывает доступ кислороду.

За кормовым коффердамом расположено главное насосное отделение, в котором установлены четыре грузовых насоса общей производительностью 3 тыс. $m^3/час$, каждый из них приводится в действие паровой турбиной мощностью 500 л. с. при 1500 об/мин. К насосам подведены трубы, идущие по дну танков и проложенные на палубе. Мощность насосов позволяет 46 тыс. t жидкого груза принять на судно или откачать на берег менее чем за сутки.

В кормовой части находится также машинное отделение. Гребной винт диаметром 6,8 л, весом 33,4 t приводит в действие паровая турбина максимальной мощностью около 20 тыс. л. с. Так как гребной винт должен делать примерно 110 — 113 об/мин, а число оборотов турбины значительно больше, между нею и гребным валом встроена зубчатая редукторная передача. Паросиловая установка танкера потребляет около 40 t пара в час. Два паровых котла, установленные на судне, оборудованы автоматическим управлением сгорания топлива, подачи питательной воды и перегрева пара. Имеется испарительная установка производительностью 43 t пресной воды в сутки. Электроэнергию вырабатывают два паротурбогенератора мощностью по 750 $квт$ и дизель-генератор мощностью 270 $квт$. Здесь же установлены четыре турбины, приводящие в действие грузовые насосы, о которых мы говорили выше.

Для проведения ремонтных работ на судне имеется специально оборудованная мастерская.

За машинным отделением расположен последний кормовой отсек — *ахтерник*, который, как и форпик, используют для приема балластной воды.

Так устроена внутренность корпуса. Наверху, в трехэтажной кормовой надстройке, размещенной над

машинным отделением, сделаны помещения для команды: отдельная каюта для каждого члена экипажа, спортзал, салоны, столовая на 56 мест. Все каюты оборудованы системой кондиционирования воздуха с индивидуальной регулировкой температуры и влажности. На судне имеется также плавательный бассейн.

Средняя надстройка — четырехэтажная. Первый этаж ее занят техническими помещениями, второй — каютами командного состава и салоном штурманов, третий — каютами капитана и его помощников, радиорубкой, четвертый — рулевой и штурманской рубкой. На судне установлено новейшее радионавигационное оборудование, телевизионная установка, фототелеграф, позволяющий принимать факсимильные изображения синоптических карт, различных документов и т. п.

Рассматривая танкеры, нельзя не сказать о японском танкере «Ниссо-мару» грузоподъемностью 130 тыс. *т*, водоизмещением 163 тыс. *т*. До 1966 г. он был одним из самых крупных грузовых судов в мире (5 сентября 1966 г. спущен на воду танкер водоизмещением 209 тыс. *т*. — «Идэмицу-мару».) Наибольшая длина его — 291 *м*, ширина 43 *м*, высота борта 22,2 *м*, осадка с грузом 16,5 *м*, высота надводного борта 5,7 *м*. Вес этого гиганта при полной загрузке более чем в 3 раза превосходит водоизмещение самых крупных пассажирских судов в мире. Главная паровая турбина мощностью 25,5 — 28 тыс. *л. с.* обеспечивает ему скорость хода 16 — 17 узлов (32 *км/час*). Для постройки корпуса использована листовая сталь толщиной до 44 *мм*. Диаметр гребного винта около 7,5 *м*. Потребность в электроэнергии обеспечивается двумя турбогенераторами мощностью около 1,5 тыс. *квт*.

У «Ниссо-мару» не один ряд центральных танков, как у танкера «София», а два. Высота его надводного борта 5,7 *м*, т. е. почти на 2 *м* больше, чем у танкера «София». Благодаря этому палуба менее подвержена нахату волн, и переходный мостик устроен лишь в кормовой части судна. В связи с этим следует сказать, что сейчас наблюдается тенденция дальнейшего увеличения высоты надводного борта танкеров. Так у танкера «Бийо-мару», дедвейтом 75 тыс. *т*, высота надводного борта 1 *м* [Дедвейт — это суммарный вес груза и запасов. Чем короче рейс, тем меньше вес запасов и белыде грузоподъемность судна]. За счет этого уменьшается общий вес судна при неизменном отношении длины к ширине и более рационально используется металл корпуса. Конечно, увеличивать высоту борта можно лишь в известных пределах, не ухудшая других мореходных качеств судна. При большой высоте надводного борта, естественно, отпадает надобность в переходных мостиках.

Последнее время даже на очень крупных танкерах не строят средней надстройки. В таком случае кормовая надстройка имеет высоту 5 — 6 ярусов и на последнем, самом высоком, устраивают рулевую рубку и другие штурманские помещения. На носу судна устанавливают телевизионную приемную камеру, передающую в рулевую рубку изображение поверхности моря, непосредственно прилегающей к носовой оконечности судна.

По-видимому, в ближайшие годы вряд ли будут строить танкеры дедвейтом более 300 тыс. *т*. Однако некоторое время назад обсуждались проекты строительства сверхгигантского танкера дедвейтом 500 тыс. *т*. Длину его намечали 460 *м*, ширину 65,5 *м*, высоту борта 30,5 *м*, осадку 25,3 *м*, водоизмещение 600 тыс. *т*. Предполагалось, что при скорости хода 24 узла (около 45 *км/час*) стоимость доставки груза в нем будет почти в 4 раза дешевле, чем в танкере дедвейтом 15 тыс. *т*, и в 2 раза дешевле, чем в танкере дедвейтом 100 тыс. *т*. Одно такое судно в течение года способно перевезти 6 млн. *т* нефти на расстояние 6 тыс. миль.

Вероятность постройки подобного судна неясна. Имеется много обстоятельств, препятствующих осуществлению этого проекта. Непросто его загрузить и выгрузить. Для этого нужны огромные береговые резервуары, которые большую часть времени не будут использованы. Имеются и технические трудности, в частности прокат и сварка листов очень большой толщины (для танкера дедвейтом 130 тыс. *т* использована листовая сталь толщиной свыше 40 *мм*).

Хотя нефть и нефтепродукты являются основными видами жидких грузов, следует упомянуть о существовании танкеров другого назначения.

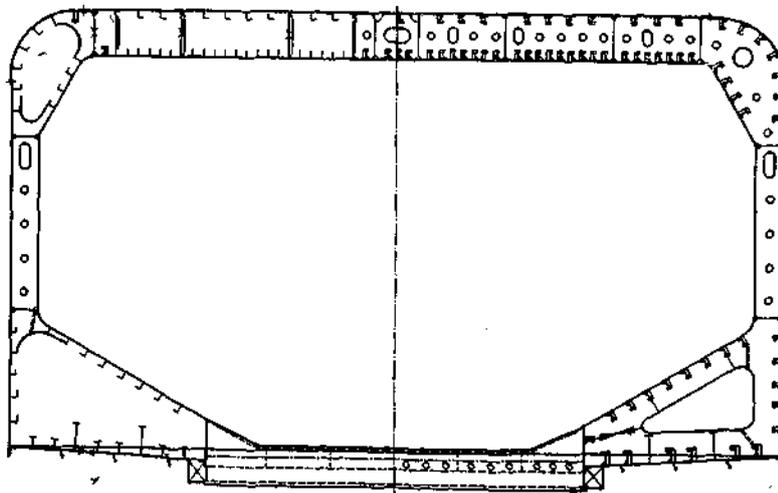
В качестве примера можно назвать танкер для перевозки сжиженного аммиака. Внутри его корпуса встроены четыре прямоугольные теплоизолированные цистерны, вмещающие по 2 тыс. *т* сжиженного аммиака с температурой — 33°, свободное пространство между цистернами заполняют инертным газом.

На другом типе судна перевозят расплавленную жидкую серу при температуре +135°. Цистерны, в которые ее загружают, изолируют стекловолокном. Чтобы она в пути не остыла, ее подогревают. Таким же способом перевозят асфальт.

Суда для грузов, перевозимых навалом

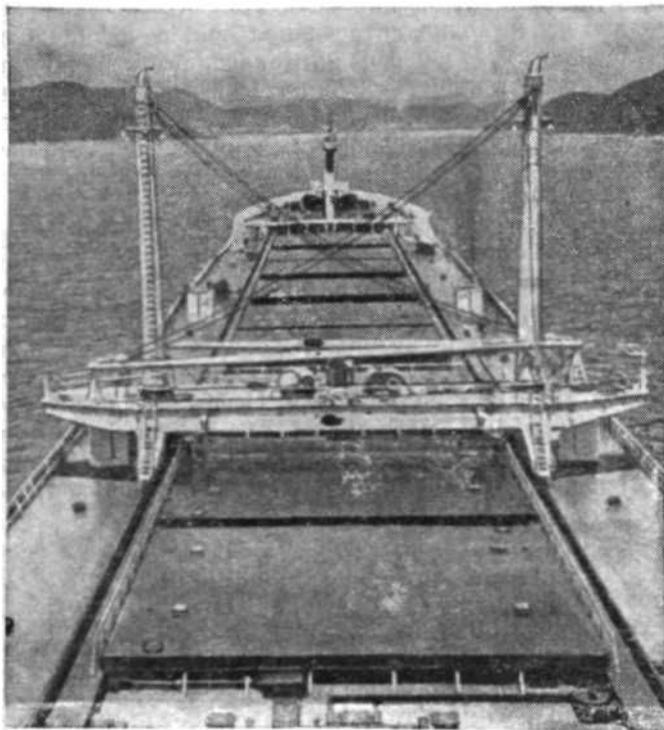
В связи с ростом производства стали и увеличением объема перевозки руды возник и получил распространение новый тип судна — рудовоз. С целью удешевления стоимости перевозки руды проектировщики-судостроители увеличивают грузоподъемность подобных судов. В процессе постройки имеются суда этого типа дедвейтом около 70 тыс. *t*. Современный рудовоз дедвейтом 50 тыс. *t* имеет длину 230 м, ширину 30,2 м, высоту борта 17,3 ж, осадку около 11 м. Паротурбинная установка мощностью 18,5 тыс. л. с. обеспечивает скорость хода в эксплуатации 16 узлов (около 30 км/час), которая при необходимости может быть увеличена до 18 узлов. Водоизмещение судна с полным количеством груза достигает почти 63 тыс. то. Если посмотреть на чертеж такого судна, то можно увидеть, что вся средняя его часть от переборки форпика до машинного отделения, расположенного, как на танкерах, в корме, разделена на семь трюмов. Поперечные переборки между трюмами гофрированные. Система набора продольная, т. е. примерно такая же, как на танкерах. Существенным отличием от конструкции корпуса танкеров является наличие двойного дна по всей длине судна, грузовых люков для погрузки и разгрузки и отсутствие продольных переборок.

Грузовые люки рудовозов в связи с необходимостью использования перегрузочных механизмов очень большие: ширина их около 15 м, длина 11,4 м. На семь трюмов имеется 10 люков, которые занимают большую часть площади палубы. Для подъема и установки люковых крышек служат специальные подъемные краны.



ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРЕЗ КОРПУСА РУДОВОЗА

Внутри трюма борта обшиты листовой сталью так, что набор судна закрыт. Под палубой между люком и бортом вдоль всей длины трюмов устроены цистерны, которые, как и пространство между внутренней и наружной обшивками бортов, используют для водяного балласта. Поскольку руда тяжелый груз и центр тяжести груженого рудовоза располагается низко, метацентрическая высота и остойчивость судна чрезмерно возрастают. Бортовая качка его будет порывистой с малым периодом колебаний, если не устранить влияние этих факторов. Заполнение подпалубных цистерн водяным балластом дает возможность несколько повысить центр тяжести судна и ослабить действие качки.



ПАЛУБА РУДОВОЗА С УСТРОЙСТВОМ ДЛЯ ОТКРЫТИЯ ЛЮКОВЫХ КРЫШЕК

Все жилые и служебные помещения на рудовозах устраивают, как правило, в кормовой надстройке, над машинным отделением, высотой в 5 — 6 ярусов.

С целью ускорения разгрузки иногда строят саморазгружающиеся рудовозы. У них двойное дно имеет большой уклон от борта к середине, рассчитанный на то, чтобы руда под тяжестью своего веса скользила вниз. В средней части судна устроен колодец, в котором находится ленточный, шнековый или скребковый транспортер, подающий руду в корму, где она ссыпается на поперечный транспортер и выносится за борт. Производительность при разгрузке саморазгружающихся судов очень велика — до 4 тыс. *т/час*, даже очень крупное судно можно разгрузить за 10 — 12 *час*.

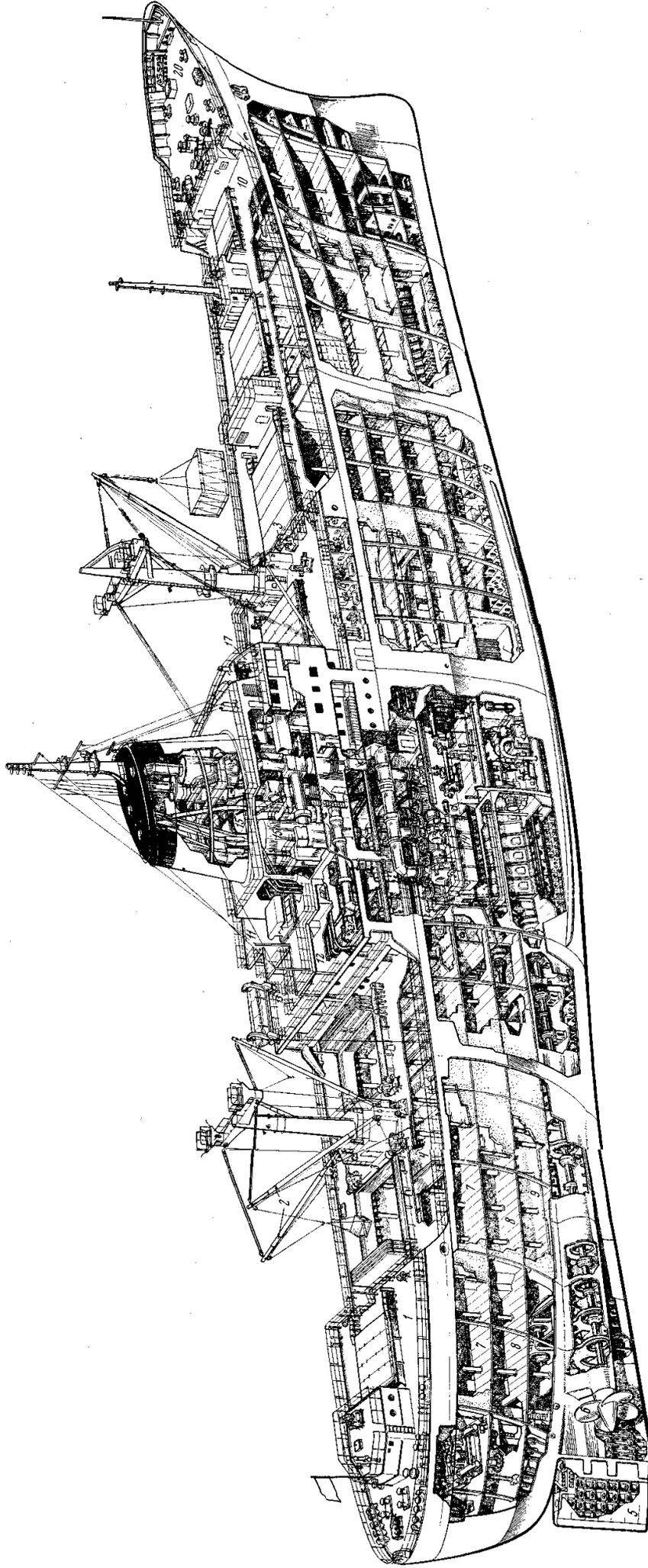
Для некоторых морских грузовых линий, на которых в одном направлении транспортируют нефть, а в обратном — руду, строят комбинированные суда — нефтерудовозы. В средней части такого судна, по его длине, выгораживают трюмы для руды, над которыми делают обычные люки и люковые крышки, а оставшиеся по бортам и у днища объемы используют под жидкий груз. Нефть и руда являются тяжелыми грузами, поэтому в корпусе судна можно выделить изолированные емкости для размещения обоих видов груза с учетом полного использования грузоподъемности судна.

В эксплуатации нефтерудовозы насчитываются единицами, но они имеют весьма крупные размеры. Одно из вновь строящихся таких судов будет иметь грузоподъемность около 150 тыс. *т*.

Менее удачным комбинированным типом является универсальное судно для перевозки разнородных грузов — тарных, зерна, руды и т. д. Оно не может быть достаточно эффективным, так как руду выгодно возить на судах большой грузоподъемности, а другие грузы — на судах средних размеров.

Суда для тарных и штучных грузов

Суда этого типа строят грузоподъемностью не более 10 — 12 тыс. *те*. Погрузка тарных и штучных грузов, в сравнении с наливными и навалочными, производится медленно. Крупное судно дольше простаивает в порту под грузовыми операциями. Кроме того, необходимо накопить в порту отправки достаточное количество груза, следующего в один порт. За время погрузки и разгрузки, а также накопления груз исключается из оборота, что связано с экономическими потерями, которые существенно уменьшают выигрш от увеличения грузоподъемности.



А. Г. Суржков

ВНУТРЕННЕЕ УСТРОЙСТВО СОВРЕМЕННОГО СУХОГРУЗНОГО СУДНА

1 — палуба кормовойстройки, 2 — грузовые стрелы, 3 — грузовые лебедки, 4 — твиндек, 5 — руль, 6 — гребной винт, 7 — вторая палуба, 8 — третья палуба, 9 — нижний трюм, 10 — верхняя палуба, 11 — командный мостик, 12 — шлюпочная палуба, 13 — плавательный бассейн, 14 — главный двигатель, 15 — паровые котлы, 16 — центральный пульт машинного отделения, 17 — рулевая рубка, 18 — жилые помещения, 19 — междудонный набор, 20 — палуба полубака

Вообще необходимо иметь в виду, что, если имеется какой-либо фактор (например, грузоподъемность), увеличение которого связано с увеличением одной группы издержек и уменьшением другой, то всегда можно найти определенное (оптимальное) значение этого фактора, соответствующее минимуму совокупных издержек. В данном случае при увеличении грузоподъемности снижаются издержки, связанные с содержанием команды, расходом топлива и т. д., но увеличиваются издержки, связанные с «омертвлением» груза за время его нахождения в пути, во время погрузочно-разгрузочных операций, накопления в порту отгрузки и т. д. При изменении экономических условий величина оптимального значения грузоподъемности может измениться.

В настоящее время оптимальными и наиболее распространенными судами для перевозки штучных грузов являются, как уже указывалось, суда дедвейтом 10 — 12 тыс. *t*.

Величина дедвейта судов мало влияет на их конструкцию и устройство и отражается главным образом на их размерах. Для судов дедвейтом 10 — 12 тыс. *t* наиболее экономична скорость хода 15 — 16 узлов. Суды, имеющие меньший дедвейт, обычно строят в расчете на скорость хода 12 — 14 узлов. Увеличение скорости связано с большими дополнительными издержками, так как может быть достигнуто только увеличением мощности силовой установки, что в свою очередь удорожает стоимость судна и увеличивает расходы на топливо. Поэтому увеличение скорости хода сверх 16 узлов может быть оправдано только в том случае, если судно будет перевозить ценные грузы, нуждающиеся в быстрой доставке и реализации, в частности скоропортящиеся грузы — фрукты, мясо, рыбу и т. п. Во всем мире есть несколько десятков грузовых судов этого типа, имеющих скорость хода 20 узлов и более (до 26 узлов). Однако удельный вес их в общем составе мирового флота совершенно ничтожный.

Знакомство с судном начнем, как и раньше, с корпуса. В качестве примера возьмем советский теплоход «Космонавт». Основные размеры его: длина наибольшая 160,3 *m*, ширина 21,2 *m*, высота борта до верхней палубы 12,7 *m*, осадка наибольшая 9,7 *m*, дедвейт при этой осадке 14150 *t*. Скорость хода достигает 19 узлов (35 *км/час*). Судно имеет две палубы. Пространство между верхней и нижней палубами высотой 3 — 3,5 *m* называется *твиндек*. Его используют для размещения груза. Под нижней палубой находятся трюмы. Высота их от настила двойного дна до палубы твиндека около 7 *m*. Корпус судна по длине разделен на восемь отсеков: форпик и ахтерпик, пять трюмных и машинный. Раньше на таких судах машинное отделение располагалось посередине длины судна. Это было невыгодно, так как самое удобное для размещения груза помещение в центральной части судна использовалось не эффективно. Поэтому и последнее время начали строить суда, у которых машинное отделение находится в самой корме, за ним расположен лишь ахтерпик. На теплоходе «Космонавт» машинное отделение значительно сдвинуто к корме судна, однако отделено от ахтерпика небольшим грузовым трюмом (№ 5). Поперечные гофрированные переборки обеспечивают непотопляемость судна при затоплении одного, любого отсека. Для грузового судна это вполне достаточно.

По всей длине судна имеется двойное дно. Междудонное пространство используется для топлива и балластной воды. В трюмах поверх стального настила укладывают деревянный настил из толстых досок. Конструкция палуб и бортов поперечная, т. е. основные элементы крепления располагаются поперек судна. Двойное дно имеет продольную систему набора, такую же, как у танкеров. В палубах для погрузки и выгрузки груза устроены люки: один ряд люков расположен в средней части судна. Для компенсации ослабления палубы в месте люковых отверстий, а также по ряду других причин они обнесены возвышающимся над палубой ограждением из листовой стали — *комингсом*. Когда судно находится в плавании, люки закрывают сверху, специальными крышками, открывающимися и закрывающимися с помощью механического устройства. Закрытый комингс люка похож на стоящий на налу-бе ящик. Палуба вдоль борта имеет ограждение из листовой стали, которое представляет собой как бы продолжение обшивки борта и поэтому называется *фальшбортом*. Между фальшбортом и комингсами люков образуется проход вдоль судна.

С целью облегчения загрузки (или выгрузки) судна размеры люков конструируют с таким расчетом, чтобы подъемный кран мог опускать груз вертикально и не было необходимости в дополнительном горизонтальном перемещении груза из *просвета* люка в подпалубное пространство. Однако при увеличении люкового пролета увеличиваются размеры и вес закрытия (прочность его рассчитывают не только на собственный вес, но и на дополнительную нагрузку из расчета 2 — 2,5 *t* на *жс*), что нежелательно. Поэтому крышки люков стали устраивать в два и даже три параллельных ряда. Такая конструкция обеспечивает необходимое раскрытие люковых отверстий при минимальных весе и размерах крышек.

Погрузка и выгрузка судна обычно производится береговыми перегрузочными механизмами, однако на тот случай, если судно попадает в необорудованный порт, имеются собственные грузовые средства — паровые или электрические лебедки и стрелы. Стрела представляет собой металлическую трубу,

одним концом упирающуюся в нижнюю часть мачты. Верхний конец стрелы при помощи системы блоков и тросов подвешен к верхней части мачты. В этом верхнем конце стрелы укреплен блок, через который проходит трос, один конец которого заканчивается крюком для подвески груза, а второй навивается на барабан грузовой лебедки. Стрелу можно поворачивать так, чтобы грузовой крюк попеременно нависал то над просветом люка, то над причалом.

Часто ставят рядом две стрелы, одна постоянно находится над люком, а вторая над причалом. Крюк, к которому подвешивают груз, соединен с тросами обеих стрел. Простота устройства грузовых стрел способствовала тому, что до последнего времени они были, если не единственным, то основным перегрузочным средством для штучных грузов. В последние годы на судах начали устанавливать более совершенные и производительные грузовые краны, и только для тяжеловесных грузов (от 5 до 150 *t*) по-прежнему используют грузовую стрелу с лебедкой. Паровой привод к лебедке сейчас, как правило, заменен электрическим. Так как в большинстве случаев суда совершают рейсы между хорошо обрудованными портами и их грузоподъемные механизмы применяют нерегулярно, число грузовых стрел и кранов на них значительно уменьшилось. На «Космонавте» установлено шесть кранов грузоподъемностью по 5 *t* и две грузовые стрелы, рассчитанные на подъем груза весом до 60 *t*. Вылет кранов за борт судна 16,5 *m*.

В машинном отделении установлен двигатель внутреннего сгорания мощностью 12,6 тыс. л. с, четыре дизель-генератора общей мощностью 1140 *квт*, два паровых котла, компрессоры, сепараторы для очистки топлива и масла, пожарные, санитарные, балластные и другие насосы и оборудование.

Над машинным отделением расположена 5-ярусная надстройка, в которой находятся все жилые, служебные и вспомогательные помещения. Компоновка помещений мало отличается от рассмотренной у танкера «София», разница лишь в отдельных деталях планировки. Поэтому нет необходимости подробно останавливаться на ее описании.

Как на всех современных судах, здесь устроена система кондиционирования воздуха, создающая наилучшие бытовые условия команде независимо от того, плавает ли судно в Арктике или в тропиках.

При постройке этого судна широко использовали новые синтетические материалы взамен дерева и обычных тканей.

На судне имеются необходимые спасательные средства, водяная, паровая и уголекислотная системы пожаротушения, звуковая и световая системы пожарной сигнализации. Для обеспечения сохранности перевозимого груза и, в частности, защиты его от порчи вследствие повышенной влажности воздуха установлены 12 вентиляторов, обеспечивающих 10-кратный обмен воздуха в трюмах.

Машинное отделение оборудовано контрольно-сигнальной системой, следящей за температурой охлаждающей воды, смазочного масла и т. д.

Средства связи, электрорадионавигации и управления судном состоят из магнитных компасов, гирокомпаса, авторулевого, радиолокационной станции, радиопеленгатора, радиостанции и другого необходимого оборудования и приборов.

Разновидностью рассматриваемого типа являются суда для перевозки скоропортящихся грузов — рефрижераторы. Основные их конструктивные отличия — в большем числе палуб, в наличии мощной холодильной установки и в соответствующей теплоизоляции помещений. В остальном эти суда мало чем отличаются от описанных выше судов для перевозки штучных грузов.

В последнее время получили распространение перевозки грузов морем в крупногабаритных контейнерах, вмещающих до 20 *t* груза каждый. Применение контейнеров ускоряет погрузку. Для того, например, чтобы загрузить судно грузоподъемностью 10 тыс. *t* обычными штучными грузами нужно поднять не менее 8 тыс. мест. Это же количество груза разместится в 500 контейнерах. Как показывают расчеты, использование контейнеров приводит к резкому увеличению провозной способности судна и удешевляет себестоимость перевозок. Однако грузить крупные контейнеры можно только мощными кранами, которые имеются в хорошо оборудованных портах.

Для перегрузки таких контейнеров в небольших портах суда оборудуют специальными кранами наподобие мостового, опирающимися на ноги катков, которые перемещаются по рельсам, уложенным на палубе. Этот кран имеет выдвижную консоль, нависающую над причалом. В походном положении она вкатывается внутрь судна. Передвигаясь вдоль судна, кран устанавливается над люком, поднимает груз и по мосту и консоли выносит его за борт, где опускает на причал.

Есть много других типов грузовых и вспомогательных судов, имеющих свои характерные особенности. Рассмотренные выше типы являются основными. Знакомство с ними дает достаточное представление об общих принципах устройства морских судов.

ЭСТЕТИКА КОРАБЛЯ

Свойство красоты присуще не только явлениям природы или произведениям искусства. Законы эстетики распространяются и на продукты труда. Это было понятно людям еще в древности. Археологи нередко находят, например, каменные топоры, украшенные затейливым орнаментом или изображениями зверей.

Но если красота явлений природы или произведений искусства достаточно полно определяется законченностью формы и гармонией красок, то произведения техники должны удовлетворять дополнительным важным требованиям. Понятие эстетики в этом случае включает также потребительскую и технологическую целесообразность конструкции изделия. Исключительно большое влияние на форму изделия оказывают качество, фактура и свойства применяемых материалов. Меняются тактические задачи и условия использования (эксплуатации) изделия, меняются качество и свойства материалов — возникают новые формы, которые, существенно отличаясь от старых, кажутся нам красивыми.

Однако часто появление новых форм не умаляет красоту старых. В самом деле, красив ли корабль древних викингов или старинный парусник, даже если на нем не алые, а выбеленные солнцем паруса? Безусловно, эти суда красивы. Тем не менее было бы совершенно немыслимо и нецелесообразно облекать в старую форму современные корабли.

В этом странном противоречии заключается смысл эстетической оценки произведений человеческого труда, выступающего иногда в виде вневременного комплекса образов. Это в равной степени относится и к архитектуре вообще и к архитектуре корабля в частности.

Для примера рассмотрим следующие три элемента корабля — конструкцию корпуса, внешний вид и внутреннее оборудование (интерьер).

В течение многих тысячелетий основным материалом корпуса судна было дерево. Его употребляли и для соединения деталей (крепёж). Было даже время, в частности у северных народов, когда для вязки конструкций корпуса употребляли лыко (отсюда «не лыком шит» характеризует улучшенное качество конструкции корабля). Позже крепёжные детали начали изготавливать из железа. Однако и после этого еще многие сотни лет строили деревянные суда.

Пока размеры судов были невелики, важнейшие детали корпуса изготавливали из цельных кусков дерева. По мере увеличения размеров судов пришлось перейти к составным конструкциям деталей набора. Это привело к тому, что размеры этих деталей увеличились и элементы набора стали массивными. Как мы уже знаем, в средние века суда строили с большим завалом бортов внутрь, так что верхняя палуба была почти в 2 раза уже ширины судна у ватерлинии. И вот конструкция набора корпуса первых металлических судов воспроизводилась почти в точном соответствии с конструкцией этих деревянных судов. Металлическим балкам продольного и поперечного набора вначале придавалась форма деревянных. Даже на таком сравнительно совершенном судне, как «Грейт Истерн», поперечное сечение корпуса во многом сохраняло особенности деревянных судов. Постепенно, под влиянием свойств железа (а затем стали) и изменяющейся технологии постройки, конструкция набора и поперечного сечения судна стала все меньше походить на свой деревянный прототип. Сравнительно недавно, в 30 — 40-х годах нашего столетия еще можно было наблюдать это любопытное взаимодействие прошлого и настоящего в технологии постройки и конструкции корпуса судна. В данном случае имеется в виду применение электросварки при постройке корпусов судов. По своей конструкции детали этих корпусов во многом воспроизводились по форме деталей набора клепаных судов. Затем конструкцию их упростили, рационализировали, и, наконец, она приобрела характерный для нашего времени вид, строгий и лаконичный.

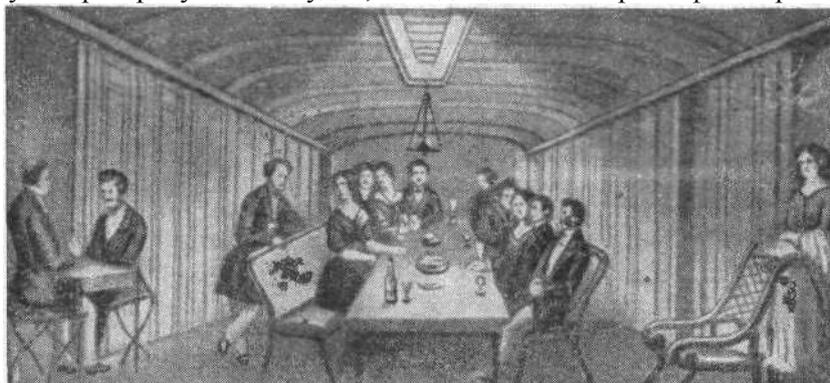
Не менее характерно влияние времени, требований эксплуатации, качества материалов и других факторов на внешний вид корабля. Внешний облик парохода «Аргентина», построенного в 1873 г., т. е. спустя почти 65 лет после начала парового судоходства, сочетает в себе элементы парусного судна и парохода. Однако, утратив особую элегантность, присущую парусникам, паровое судно не обрело еще отработанного временем изящества формы, которое свойственно современным судам.

Остановимся на характеристике особенностей, придающих судну красивый внешний вид.

Египтяне и греки часто красили свои суда в яркие цвета — желтый, зеленый, красный, черный. На борта наносили продольные цветные полосы с изображением орнамента. Геродот отмечает, что древние корабли красили в пурпурный цвет; Плиний прибавляет к этому черный и красный цвета.

Каюты и рубки часто украшали пилястрами или колоннами. Иногда помещениям придавали форму храма, сужающегося кверху. Капители колонн украшали карнизами. Окна кают также раскрашивали.

Наиболее красочно отделывали ритуальные суда. Корма одного из таких судов была украшена живописью и скульптурным изображением головы барана. Подобные же изображения встречаются на носу и корме ритуальных судов, находящихся на барельефах Карнакского храма.



КАЮТ-КОМПАНИЯ НА СТАРИННОМ ПАРОХОДЕ

На носовой части судов выделялся акростоль — резное и живописное украшение в виде раковины, щита, шлема, иногда скульптуры головы, украшенной шлемом и т. п. Внизу акростоля прикрепляли дощечку с наименованием судна, по сторонам форштевня рисовали глаза, а еще ниже, над тараном, помещали статую или скульптуру женской фигуры. По преданию, корабль, на котором бежала из Египта Дана, был украшен головой Минервы. Такой же головой был украшен корабль, на котором Овидия везли в ссылку. Финикийцы на судах изображали богов. Иногда вместо человеческой головы на носу или корме помещали скульптурные изображения голов животных — льва, тигра, орла и т. д. или мифологических существ устрашающего вида. Особенно любили такие украшения китайцы и японцы.

Обычай украшать суда скульптурными изображениями сохранился и в средние века.

Большую роль во внешнем виде древних и средневековых судов играли паруса. Помните?.. «Не знаю сколько пройдет лет, — только в Каперне расцветет одна сказка, памятная надолго. Ты будешь большой, Ассоль. Однажды утром в морской дали под солнцем сверкнет алый парус».

Сияющая громада алых парусов белого корабля двинется, рассекая волны, прямо к тебе. Тихо будет плыть этот чудесный корабль, без криков и выстрелов; на берегу много соберется народу, удивляясь и ахая; и ты будешь стоять там. Корабль подойдет величественно к самому берегу под звуки прекрасной музыки; нарядная, в коврах, в золоте и цветах, поплывет от него быстрая лодка».

Так рассказывал мудрый поэт и бродяга Эгль маленькой Ассоль в романтической сказке-повести А. Грина «Алые паруса». Знакомясь с историей развития парусного флота, невольно усомнишься, так ли уж сказочно это описание, каким оно кажется на первый взгляд.

Разноцветные паруса употребляли в древности египтяне, греки и римляне. Атений свидетельствует, что корабль афинского полководца Алкивиада имел парус багряного цвета. По Плутарху, такого же цвета парус был на корабле Клеопатры во время ее бегства из-под Акцииума. Апулей рассказывает о надписях на парусах, пророческих изречениях и молитвах с пожеланиями счастливого плавания. На парусах кораблей Трояна золотыми буквами было написано имя императора и его титул. В древности встречались паруса с разными надписями, живописными изображениями битвы богов и портретами великих людей. Вергилий вспоминает о парусах потешных судов, раскрашенных яркими разноцветными красками, по преимуществу пурпуром, или сшитых из безукоризненной белизны полотна и украшенных разнообразными изображениями и именами судовладельцев. Он упоминает и о веслах, украшенных инкрустацией из перламутра и драгоценных металлов. У норманнов паруса были холщевые или из кожи морских животных, но на судах, принадлежавших знатным людям и богатым пиратам, их вышивали золотом, расписывали разноцветными узорами из ярких красок, красили в пурпурный или голубой цвет. На парусах рисовали гербы знатных особ, изображения львов. По преданию, Гаральд, король норвежский, подарил королю Ательстану корабль с пурпуровыми парусами.

В средние века также иногда шили паруса пурпурного цвета с золотом. В 1520 г. на корабле Генриха VIII паруса, вымпелы и флаги шили из золототканого полотна. На парусах владетельных особ и богатых людей помещали изображения их гербов, разных аллегорий, символических знаков, мифологических существ — тритонов, наяд, сирен и т. п. На парусах купеческих судов писали молитвы или таинственные слова для защиты корабля от опасностей и злого духа. На судах купцов и рыбаков флаги и вымпелы изготовляли из шелковых тканей ярких цветов четырехугольной или треугольной формы. Своеобразный шик заключался в том, чтобы концы флагов и вымпелов средневековых галер тащились

за кораблем по воде.

Внешний вид современных морских судов, естественно, ничего общего не имеет с обликом древних или средневековых кораблей. Заметные конструктивные изменения произошли за последние 30 — 40 лет.

Для внешнего вида грузовых судов постройки 30 — 40-х годов XX в. характерны: частокол грузовых стрел на палубе, узкая высокая дымовая труба в средней части судна и расположенные здесь же надстройки жилых помещений. На крупных пассажирских судах над палубой возвышались три и даже четыре дымовые трубы.

Современные грузовые и пассажирские суда, несмотря на существенные различия их внешнего вида, обусловленные транспортной специализацией, имеют некоторые общие черты. Так, хорошо заметна динамичная, как бы устремленная вперед, форма корпуса, отсутствие каких-либо ненужных украшений или усложнений, затрудняющих технологию постройки. Своеобразная изысканность их форм достигается при строгом соблюдении технологичности конструкции и полном обеспечении требований мореходности и эксплуатации, а не в ущерб им, как это было прежде.

У грузовых судов всех типов наблюдается смещение надстроек и машинного отделения в корму. Это обстоятельство, вызванное желанием освободить для грузовых помещений среднюю, наиболее вместительную часть корпуса, придало судну профиль, существенно отличающий его от судов первой половины XX в. Дальнейшее изменение его произошло в связи с заменой грузовых стрел кранами. У новейших судов улучшена обтекаемость надстроек, что обусловлено не только требованиями эстетики, но и учетом реальных потерь мощности на преодоление сопротивления воздуха.

Все современные суда имеют сравнительно низкие мачты и дымовые трубы. Благодаря этому профиль их кажется более удлиненным, и это также улучшает внешний вид.



РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ УКРАШЕНИЙ НОСОВОЙ ЧАСТИ ДРЕВНИХ СУДОВ

Таковы некоторые характерные особенности внешнего вида современных морских судов, которые в сочетании с продуманными контрастами окраски создают впечатление красоты и изящества.

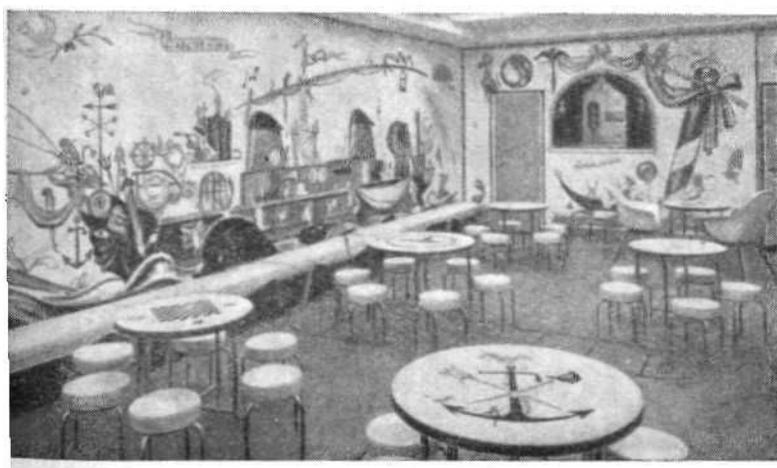
О внутренней отделке помещений лучше всего можно судить, рассматривая интерьер пассажирского судна, наиболее доступного для посетителей. Надо сказать, что в настоящее время существенной разницы в отделке пассажирских и грузовых судов нет. Особенности внутреннего оборудования и отделки пассажирских судов достаточно характерны почти для всех современных морских судов.

Об удобствах и изяществе отделки внутренних помещений на древних и средневековых судах говорить не приходится. Исключение составляли лишь помещения на специальных судах, строившихся для очень богатых и знатных путешественников. Что касается команды и рядовых путешественников — пилигримов и т. п., то им скорее можно посочувствовать, чем позавидовать их удобствам. Даже в более поздние времена, когда развивалось паровое судоходство и круг путешественников заметно расширился, помещения для пассажиров оставляли желать больших удобств.

В конце прошлого и начале текущего столетия характер отделки пассажирских помещений приобрел черты показного великолепия. Двухсветные помещения салонов были перегружены разными позолоченными украшениями, драпировками из тяжелых материй и т. п., предметами роскоши. В тон этой дорогостоящей и трудной в изготовлении пышной отделке помещений подбирали мебель, люстры и т. п. Все это создавало иллюзию стиля, характерного для береговых дворцовых зданий, подавляющего своим великолепием, но мало пригодного для жилья и лишнего какого-либо уюта. Такая отделка и меблировка стоили чрезвычайно дорого. Трудно и неудобно было поддерживать чистоту в помещениях. Каюты для команды являли собой резкий контраст показному великолепию пассажирских салонов. Как правило, это были душные, многоместные кубрики с жесткими рундуками-кроватями. Также резко отличались по отделке и удобствам пассажирские помещения различных классов.



РЕСТОРАН ТЕПЛОХОДА «ИВАН ФРАНКО»



ОДИН ИЗ САЛОНОВ ТУРБОХОДА «ФРАНС»

В настоящее время большое влияние на характер отделки интерьера оказывает использование пластических материалов и сплавов легких металлов. Синтетические ткани, пластики и другие искусственные материалы, светлые тона окраски, простая и удобная мебель — таков современный стиль отделки пассажирских и служебных помещений на современном корабле.

Рисунки, на которых показаны салон и ресторан современных пассажирских судов, дают наглядное представление об особенностях внутренней отделки судового интерьера — изящной и простой, гигиеничной и легкой в изготовлении.

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ БУДУЩЕГО

Мы ознакомились с основами теории и устройства кораблей, проследили в основных чертах пути их развития, рассмотрели характерные и наиболее интересные типы современных судов. А теперь попытаемся заглянуть в будущее.

Всякая попытка оценить будущее требует воображения. Но поскольку зародыши будущего находятся в современности и как бы вырастают из нее, наша задача облегчается.

Знаменитый фантаст XIX в. Жюль Верн создал много произведений, которые еще не так давно казались невероятными. Некоторые его идеи претерпели удивительную судьбу. Казавшиеся современникам фантастическими они были затем признаны устаревшими и только в самые последние годы возродились вновь, уже в новом качестве. Вспомните, что знаменитый «Наутилус» передвигался, получая электроэнергию от батарей. Для того времени это была фантастика. Затем наступила эра получения энергии по схеме: химическое сжигание топлива → механическая энергия — у электрическая энергия. Развитие техники в эти годы приводит к распространению мощных электростанций, турбин, дизелей, и сам принцип движения такого громадного судна, как «Наутилус», от батарей стал казаться устаревшим и наивным. Начавшиеся недавно работы по созданию топливных элементов вновь обещают возможность широкого и эффективного использования электрохимических принципов получения электрической энергии.

Чем объясняется жизненность идей, воплощенных великим фантастом в его неумирающих произведениях? Биографы неоднократно отмечали его исключительную осведомленность в вопросах науки и техники. Большинство его замыслов, положенных в основу произведений, возникли не как плод отвлеченного воображения художника. Их истоки коренятся в научных и технических открытиях своего времени.

Наука и техника наших дней дают обильный материал для попытки осветить будущее. В связи с этим, оценивая перспективы развития корабля, остановимся на следующих вопросах: новые виды энергии и их применение на кораблях, новые принципы движения, автоматизация процессов управления, новые материалы при постройке судов.

Новые виды энергии

Можно говорить о двух новых видах энергии, применение которых весьма перспективно для морского транспортного флота.

Это — атомная энергия (непосредственно преобразуемая в электрическую или через промежуточные преобразователи в виде паровой или газовой турбины) и электрохимическая энергия топливных элементов.

Как известно, уже несколько лет успешно плавает в северных морях советский атомоход «Ленин». Испытывается в эксплуатации и американское атомное судно «Саванна». Однако первые атомоходы не относятся к типам экономичных транспортных судов.

Энергия, получаемая на этих судах, сравнительно дорога. Последние годы во многих странах упорно работают над созданием экономичной атомной судовой установки, рассчитанной на то, чтобы стоимость перевозки груза на судах с ядерным топливом была не дороже, а дешевле, чем на судах с обычными силовыми установками.

Недавно были опубликованы данные о новом проекте компактного водо-водяного реактора. Парогенератор размещен внутри его корпуса. Вес биологической защиты атомной установки удалось снизить почти в 4 раза по сравнению с предыдущими вариантами, т. е. на 1265 т. Общее снижение ее веса составило около 1800 т.

Таким образом, атомная судовая силовая установка с водо-водяным реактором будет весить немного больше, чем обычная паротурбинная установка, работающая на жидком топливе. Если же принять во внимание вес запаса жидкого топлива, без которого судно не может пойти в рейс, то тогда атомная силовая установка с реактором нового типа будет легче. Хотя стоимость постройки атомохода на 30% выше стоимости обычного судна, это удорожание компенсируется увеличением его провозной способности (на 5 — 6%) и снижением издержек на топливо (примерно в 2 раза).

Получение любого вида энергии, будь то из жидкого топлива или из продуктов ядерной реакции,

связано с потерями. В паровой поршневой установке, например, тепло уносится отходящими газами, теряется с отработанным паром; несгоревшие частицы топлива содержит дым и т. д.

На 1 л. с.-ч в ней расходуется 0,6 кг угля теплотворной способностью 7400 ккал. Теплосодержание 1 л. с. равно 632 ккал. Тогда тепловой коэффициент полезного действия будет равен

$$632/7400 \times 0,6 = 0,142.$$

Значит, 85,8% топлива в этой машине растрчивается и только 14,2% используется целесообразно.

Прогресс техники привел к созданию машин и установок, в которых полезное свойство топлива используется более полно. Так, современная паротурбинная установка имеет к. п. д. 0,29, а двигатель внутреннего сгорания 0,41. По сравнению с поршневой паровой машиной сделан крупный шаг вперед. Однако исследования показывают, что дальнейшее повышение к. п. д. этих машин идет буквально десятными долями процента. Некоторые ученые, основываясь на теоретических расчетах, считают, что к. п. д. современного двигателя внутреннего сгорания достиг своего предела.

Таким образом, при использовании твердого или жидкого топлива 60 — 70% составляют неминуемые потери.

Ученые заинтересовались возможностью получения электроэнергии из ископаемого топлива при помощи топливных электрических элементов (ТЭЭ). По данным академика Н. Н. Семенова, к. п. д. использования топлива в таком элементе теоретически равен 1,0 (100%), а практически, по-видимому, может быть доведен до 0,7 (70%). Это означает не только более эффективное использование топлива. Появляется возможность уменьшить запас топлива, перевозимого судном, в 1,5 — 2 раза и за счет этого увеличить полезную грузоподъемность. Для топливных элементов могут быть использованы самые плохие, самые дешевые сорта топлива. Как видно, проблема эта весьма и весьма многообещающая.

Как же работает этот элемент?

При сгорании в котле или в двигателе топливо, химически соединяясь с кислородом воздуха, выделяет тепловую и лучистую энергию. В дальнейшем тепловая энергия преобразуется в механическую. В топливном элементе между топливом и кислородом происходит электрохимическая реакция. При этом в основном выделяется энергия в виде постоянного электрического тока. Что же касается тепла, то оно выделяется в значительно меньшем количестве, а работа некоторых элементов сопровождается даже поглощением тепла. Поэтому источники электрохимической реакции иногда называют холодным горючим.

В настоящее время исследуется много различных схем топливных электрических элементов (ТЭЭ). Теоретическая сторона этих исследований достаточно сложна и мы не имеем возможности рассматривать ее более или менее подробно. Для примера, несколько поясняющего сущность вопроса, приведем схему устройства водородно-кислородного ТЭЭ. Как видно из рисунка, с одной стороны в камеру ТЭЭ поступает водород, а с другой — воздух. Камеры, содержащие водород и кислород, разделяет перегородка, состоящая из анода (со стороны камеры, содержащей водород), ионопроводящей перегородки и катода. При соприкосновении с анодом атомы водорода теряют электроны, которые по внешней цепи перетекают на катод. Ионы водорода (т. е. атомы водорода, лишенные электронов) проникают через перегородку к катоду. Здесь они в присутствии кислорода воздуха соединяются с притекающими по внешней цепи электронами. В результате реакции водорода с кислородом на катоде образуется вода. Поток электронов во внешней цепи и есть электрическая энергия, совершающая полезную работу.

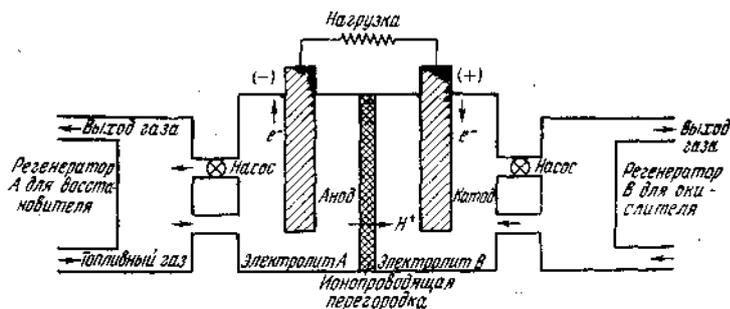


СХЕМА УСТРОЙСТВА ТОПЛИВНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА

Простота этой (и других подобных) схемы ТЭЭ обманчива. На пути от схемы до создания

работающего элемента встречается много трудных проблем, решение которых требует изобретательности, настойчивости, времени и средств.

Топливные элементы просты в эксплуатации (движущиеся части в них почти отсутствуют), по сравнению с существующими типами тепловых двигателей могут иметь более высокий к. п. д., малый вес (около 1 кг/л. с). При работе их практически отсутствуют тепловыделение, дым и шум, сопровождающие обычную реакцию горения. Отходы реакции — двуокись углерода, вода и т. п. — совершенно безвредны.

Данные о работах, ведущихся в этом направлении, пока что публикуются редко и дают лишь общее представление о принципах работы подобной установки.

В настоящее время изготавливаются топливные элементы мощностью до 10 *квт*, к. п. д. которых при модельных испытаниях достиг большой величины. В частности, созданы и успешно применяются разного рода переносные топливные электрогенераторы. Можно также упомянуть о проведенных некоторое время назад испытаниях трактора, приводимого в действие от топливного электрогенератора мощностью 15 *квт*; к. п. д. этой опытной установки достиг 60%.

До осуществления этой идеи в судовых силовых установках пока еще далеко. Имеется много проблем, связанных с разработкой конструкции, обеспечением требуемой долговечности и надежности ТЭЭ, наконец, с обеспечением желательных экономических показателей их работы. Однако можно надеяться на успешное преодоление имеющихся трудностей и рассматривать ТЭЭ как перспективный тип судовой силовой установки.

Во всем мире наблюдается сейчас тенденция ускорения движения транспортных средств. Водный транспорт значительно отстает от других видов транспорта в росте скорости хода. За последние 50 лет скорость на воздушном транспорте увеличилась более чем в 10 — 20 раз, приблизившись к 2000 *км/час*, на автомобильном транспорте — в 4 раза, на железнодорожном — в 2 — 3 раза. В то же время на водном транспорте скорость хода судов увеличилась лишь на 20 — 30% и не превышает 30 — 35 *км/час* у грузовых судов и 55 — 60 *км/час* у морских пассажирских лайнеров.

Сравнительно малая скорость хода морских судов привела к тому, что значительная часть пассажиров предпочитает пользоваться воздушным транспортом. В связи с этим задача дальнейшего повышения скорости хода морских судов приобрела актуальное значение.

Недавно проведенные исследования условий ее увеличения показали, что для движения судна, например грузоподъемностью 10 тыс. *т*, со скоростью порядка 30 узлов необходима мощность двигателей 100 тыс. *л. с*. Между тем при скорости такого же судна 15 узлов достаточна мощность около 7 тыс. *л. с*, т. е. почти в 15 раз меньше. Крупные транспортные суда, рассчитанные на скорость хода 30 — 50 узлов, экономически нецелесообразны и технически трудно осуществимы.

Скорость хода, узлы	Мощность, тыс. <i>л. с</i> .		
	полная	на преодоление сопротивления трения	на преодоление волнового сопротивления
15	7,0	4,5	2,5
30	100,0	40,0 (рост в 8,9 раза)	60,0 (рост в 24 раза)

Если проанализировать затраты этой мощности, то мы увидим следующую картину (см. таблицу выше).

Данные таблицы показывают, что с ростом скорости хода особенно резко увеличивается волновое сопротивление.

В связи с этим внимание исследователей и проектировщиков привлекли новые принципы движения судов, при которых рост скорости хода не вызывает столь значительного увеличения необходимой мощности силовой установки.

В этом отношении наибольший интерес представляют суда, движущиеся над и под водой. К судам, движущимся над водой, относятся суда на подводных крыльях и суда на воздушной подушке.

Суда на подводных крыльях

Первые суда этого типа были предложены еще в конце прошлого столетия. По ряду причин, таких, как отсутствие мощных легких двигателей, прочных легких материалов для изготовления корпуса и т.

п., они не нашли практического применения. Сущность идеи движения их сходна с принципом полета самолетов. При горизонтальном движении самолета набегающий поток воздуха создает под крыльями повышенное давление, а над ними разрежение. Величина давления под крыльями и разрежения над ними зависит от угла их установки относительно направления потока воздуха и от формы их поперечного сечения. Совокупное действие сил давления и разрежения на крыльях создает подъемную силу, заставляющую самолет взлетать в воздух и летать на определенной высоте.

Этот же принцип используется и для движения судов на подводных крыльях, только они находятся не в воздушной, а в водной среде, и подъемная сила создается взаимодействием крыльев и набегающего потока воды. Крылья устанавливаются под корпусом с таким расчетом, чтобы при известной скорости хода, когда подъемная сила достигает величины, равной весу судна, корпус судна поднимался над уровнем воды, а крылья были погружены в воду.

Таким образом, сопротивление движению судна складывается из сопротивления воздуха движению корпуса и сопротивления воды движению крыльев.

Процесс выхода на крылья можно характеризовать данными таблицы.

Рост скорости хода, узлы	Сопротивление, кг				
	корпуса	крыльев	воздуха	прочее	полное
5	500	150		80	730
10	1150	350	50	300	1850
15	1150	550	50	250	2000
20	370	900	50	430	1750
25	0	900	80	520	1500

По приведенным данным, выход корпуса судна из воды начался примерно при скорости хода 12 — 13 узлов. В связи с этим, несмотря на рост скорости хода, сопротивление воды движению корпуса судна некоторое время остается на одном уровне, а затем уменьшается до нуля. При скорости 25 узлов общее сопротивление даже на 25% меньше, чем при скорости 12,5 — 15 узлов. Только при скорости порядка 45 узлов сопротивление воздуха и воды станет примерно равным сопротивлению воды при скорости 12,5 — 15 узлов.

Благодаря крыльям приращение скорости хода до 30 узлов (около 55 км/час) может быть достигнуто без увеличения мощности двигателей. Выигрыш скорости сопровождается некоторыми потерями. В данном случае они заключаются в том, что стоимость судна на подводных крыльях повышается в пересчете на одно пассажирское место в 3 — 4 раза. Однако в целом, с учетом ускорения доставки примерно в 3 раза, стоимость перевозки одного пассажира увеличивается всего лишь на 10 — 15% по сравнению с обычным судном.

В нашей стране в последние годы построено много таких судов: «Ракета», «Метеор», «Спутник», «Мир», «Комета» «Стрела» и др. Самый большой из них — «Спутник» предназначен для движения по магистральным рекам. Он вмещает 300 пассажиров. Его водоизмещение 110 т, мощность силовой установки 4 тыс. л. с, скорость хода 70 — 80 км/час. Пассажиры размещаются в трех комфортабельных салонах, оборудованных креслами самолетного типа. При постройке корпуса использованы сплавы легких металлов, павинол и т. п. материалы. Двигатели управляются из рулевой рубки.

Для морского плавания строят суда типа «Комета», на 130 — 150 и «Вихрь» на 260 — 300 пассажиров. Они имеют некоторые конструктивные особенности, обусловленные необходимостью плавания на море при волнении силой до 5 — 6 баллов. При ходе на крыльях должна быть обеспечена остойчивость судна, и прочность его также должна значительно превосходить прочность речных судов на подводных крыльях.

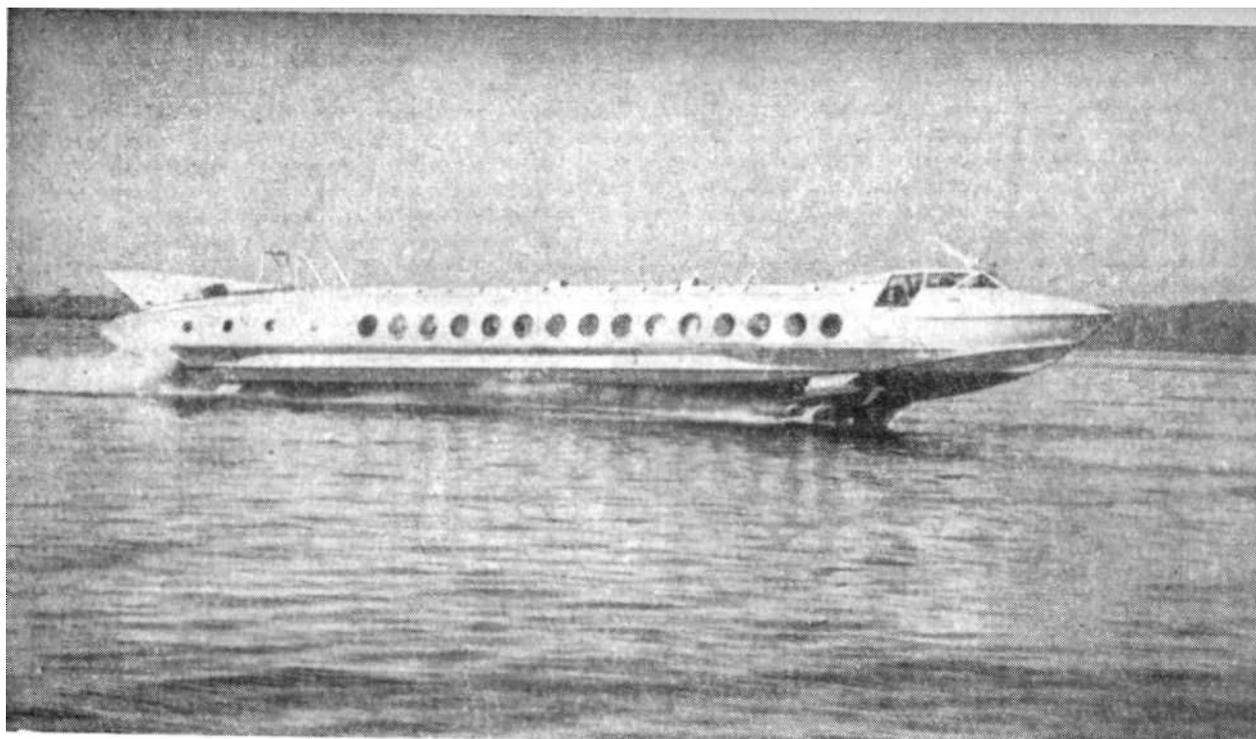
Расчет показывает, что если при шестибалльном волнении подъемная сила носовых крыльев резко уменьшится и судно корпусом ударится о воду, то в носовой части судна возникнут большие и опасные перегрузки. Для того чтобы их избежать, корпус морских судов на подводных крыльях должен возвышаться над уровнем воды при движении на крыльях не менее чем на 2 м; с этой целью крылья опускают в воду по возможности глубже, так как тогда более устойчивым будет гидродинамический режим, обуславливающий создание подъемной силы.

Проектирование и постройка судов на подводных крыльях ведутся и во многих зарубежных странах.

В 1962 г. швейцарская фирма «Супрамар» построила судно водоизмещением 120 т, длиной 36 м; мощность его силовых установок 8500 л. с., скорость хода 98 км/час. В настоящее время эта же фирма проектирует судно водоизмещением 250 т. Мощность силовой установки его должна быть 85 тыс. л. с, а скорость хода 130 км/час.

Норвежское классификационное общество «Веритас» дает следующие величины предельной высоты волны, при которых разрешает эксплуатацию судов на подводных крыльях.

Длина судна, м	Высота волны (м) при скорости хода	
	55 — 65 км/час	70 км/час
5	0,75	0,25
20	2,000	1,25
30	3,0	2,20



СОВЕТСКИЙ РЕЧНОЙ КОРАБЛЬ НА ПОДВОДНЫХ КРЫЛЬЯХ «СПУТНИК»

Американская фирма «Грумман» предложила проект судна водоизмещением 300 т, длиной 62 м, со скоростью хода около 80 км/час. В другом варианте этого проекта скорость хода может быть увеличена до 130 км/час. Силовая установка должна состоять из двух дизелей по 900 л. с., предназначенных для использования при движении на корпусе, и двух газовых турбин по 18 тыс. л. с. — при движении на крыльях.

Существенный недостаток морских судов на подводных крыльях — большая осадка их при погружении корпуса в воду (в водоизмещающем состоянии), например при подходе к причалам. Этот недостаток устранен на построенном в США судне с выдвигаемыми крыльями. В качестве силовой установки на нем используются две газовые турбины мощностью по 4 тыс. э. л. с. каждая. Длина судна 35 м. Габаритная осадка при выдвинутых крыльях 5,2 м, а на ходу 2 м. Переднее крыло укреплено на одной, а заднее на двух стойках. При подходе к причалу стойки убираются в корпус, и осадка судна значительно уменьшается.

В США разработан ряд проектов судов на перевозку 300 — 600 человек при скорости хода 100 — 180 км/час. Один из проектов рассчитан на использование атомной энергетической установки.

Интересна серия проектов немецкого ученого Венделя (ФРГ). Наиболее характерной особенностью предложенной им конструкции крыльев является уменьшение качки судна на волнении. Один из проектов Венделя предусматривает постройку судна водоизмещением 1100 т, длиной около 93 м. Пассажировместимость его при дневных переходах 800 и при ночных 500 человек. Скорость хода около 110 км/час при мощности силовой установки 55 тыс. л. с.

Как правило, все суда на подводных крыльях оборудуют сидячими местами, и они не имеют таких удобств, какими располагают обычные пассажирские суда. Это объясняется необходимостью

уменьшить их вес, так как на создание подъемной силы расходуется большая часть мощности силовой установки. Однако имеется проектное предположение о возможных размерах такого судна с солярием, спортивными площадками, плавательными бассейнами, кинозалом и т. п. Длина этого гиганта должна быть 180 м, водоизмещение 30 тыс. т, потребная мощность силовой установки 500 тыс. л. с, скорость хода около 100 км/час. Поскольку вряд ли удастся сделать убирающимися его крылья, осадка будет примерно 25 м.

Насколько вероятна возможность постройки крупных морских судов на подводных крыльях? Посмотрим, что получится, если поставить перед собой задачу сделать крылья к пассажирскому судну таких размеров, как французский трансатлантический лайнер «Франс» (водоизмещение 58 тыс. т, скорость хода 57,0 км/час и мощность силовой установки 160 тыс. л. с). Для того чтобы это судно вышло на крылья, оно должно иметь минимальную критическую скорость хода

$$v_{кр} = 7,82 \sqrt[6]{\frac{D}{\gamma}} = 7,82 \sqrt[6]{\frac{58000}{1,025}} = 41,7 \text{ м/сек} = \\ = 150 \text{ км/час (81 узел)},$$

где D — водоизмещение (или полный вес судна), т; γ — удельный вес морской воды.

Как видим, минимально допустимая скорость хода этого судна при движении на крыльях должна быть увеличена примерно в 2,6 раза.

Определим потребную мощность силовой установки:

$$N_e = \frac{1,2 \cdot D \cdot v_{кр}}{75 \cdot k \cdot \eta} = \frac{1,2 \times 5 \times 10^7 \times 41,7}{75 \times 6 \times 0,6} = 9,25 \text{ млн. л. с.},$$

где D — вес судна, кг; $v_{кр}$ — скорость, м/сек; k — так называемый коэффициент гидродинамического качества, зависящий от скорости хода судна.

В общем виде $k = D/R$, где R — полное сопротивление судна. В нашем случае, принимаем $k = 6$; это означает, что на каждые 6 кг веса судна приходится 1 кг полного сопротивления воды и воздуха его движению. Коэффициент k уменьшается с увеличением скорости движения и увеличивается с увеличением водоизмещения судна. Для турбохода «Франс», находящегося в водоизмещающем состоянии, $k = 100$.

Как видно из расчета, требуется совершенно фантастическая мощность силовой установки для рассматриваемого гипотетического крылохода. Оставим пока в стороне вопросы технической осуществимости такой установки, возможности передать эту мощность на гребные винты (так как для использования воздушных винтов или турбореактивного двигателя скорость 150 км/час слишком мала). Попробуем подсчитать сколько потребуется топлива для подобной установки. На 1000 л. с. необходимо 4,5 т жидкого топлива в сутки. Расстояние между Нью-Йорком и Лондоном 6100 км судно пройдет за 1,7 суток. Следовательно, на переход потребуется $9,25 \times 10^3 \times 4,5 \times 1,7 = 7 \times 10^4$ т, или 70 тыс. т жидкого топлива, т. е. на 20 тыс. т больше, чем полное водоизмещение судна. Турбоход «Франс» за такой же переход израсходует около 5 тыс. т топлива.

Можно поставить вопрос о применении атомной энергетической установки. Тогда вес необходимого топлива значительно уменьшится, однако вес подобной установки вряд ли может быть меньше 10 кг на 1 л. с. (вес силовой установки атомохода «Саванна» 3700 т при мощности 20 тыс. л. с, т. е. 185 кг на 1 л. с). Однако и в этом случае вес силовой установки нашего фантастического крылохода будет около 92 тыс. т, что также значительно превышает полное водоизмещение судна.

Попробуем взять судно водоизмещением 5 тыс. т., т. е. в 10 раз меньше. Критическая скорость хода его будет 120 км/час (65 узлов), а требуемая мощность 770 тыс. л. с. В течение одного ходового часа силовая установка этого судна израсходует жидкого топлива

$$4,5 \times 770 / 24 = 145 \text{ т.}$$

На переход 1000 км потребуется 1200 т жидкого топлива. Силовая установка в лучшем случае будет весить 200 — 250 т, корпус около 800 т. Итого 2200 т. Как будто соотношение весов складывается лучшим образом. Однако здесь мы встречаемся с другой проблемой, о которой мы в первом случае не упомянули, так как и без этого абсурдность задачи была видна. Речь пойдет о весе крыльев. Между весом судна и весом его крыльев имеется определенная зависимость. Не разбирая ее по существу, скажем только, что при водоизмещении судна 5 тыс. т (как принято нами выше) вес крыльев должен составлять 70% полного водоизмещения, или 3,5 тыс. т. В итоге получается 5,5 тыс. т, т. е. на 500 т больше полного водоизмещения. Очевидно, и с этим вариантом ничего не получается.

Имеется ряд других причин нереальности рассмотренных вариантов. Однако, на наш взгляд, приведенные примеры достаточно убедительны и не требуют дополнительных разъяснений.

Таким образом, мы приходим к выводу, что проекты судов на подводных крыльях сравнительно

большого водоизмещения неосуществимы. Исходя из реальных предпосылок, можно предполагать, что максимальное водоизмещение этих судов вряд ли превысит 1,5 — 2 тыс. *т*.

Выгоды, связанные с применением подводных крыльев, наиболее ощутимы для сравнительно небольших судов. Так, при скорости хода 50 узлов силовая установка обычного судна водоизмещением 50 *т* была бы 7,5 тыс. *л. с*, а для крылатого такого же водоизмещения — 3,4 тыс. *л. с*. По мере увеличения водоизмещения эта разница уменьшается, и, наконец, обычное судно становится более экономичным, чем судно на подводных крыльях, имеющее ту же скорость хода. В процессе развития конструкции (улучшение формы крыльев, облегчение веса и т. п.) водоизмещение оптимального варианта судна на подводных крыльях может несколько увеличиться, однако нет никаких оснований рассчитывать, что оно сравняется с водоизмещением современных морских транспортных судов.

Очевидно, основным назначением этих судов останется перевозка пассажиров на сравнительно короткие расстояния и, может быть, в отдельных случаях — небольшого количества ценных или срочных грузов, если другие средства (например, воздушный транспорт) почему-либо не смогут быть использованы.

Увеличение скорости хода судов сопровождается резким ростом транспортных издержек. Так, при увеличении скорости с 15 до 50 узлов (в 3,3 раза) издержки на содержание судна возрастают более чем в 13 раз. Компенсацией увеличивающихся издержек может послужить лишь экономическая целесообразность ускорения доставки грузов, т. е. экономия, получаемая от сокращения времени оборачиваемости средств, вложенных в грузы. Расчеты показывают, что расходы на увеличение скорости хода до 75 — 90 *км/час* экономически оправданы, если судно будет перевозить грузы очень высокой ценности (16 — 20 тыс. руб за 1 *т*). Таких грузов очень мало и, очевидно, проще их доставлять самолетами. Что касается прочих грузов, то их выгоднее перевозить на обычных судах, имеющих скорость хода 15 — 20 узлов (28 — 37 *км/час*). Исключение составят некоторые скоропортящиеся грузы, например Фрукты, быстрая доставка которых позволит отказаться от применяемых обычно специальных холодильных установок, теплоизолированных помещений и т. п. Поэтому использование судов на подводных крыльях для перевозки грузов, а также пассажиров на большие расстояния мало вероятно. Эффективный предел расстояния ограничен 5 — 6 *час* хода. Для более длительных переходов потребуются всякие дополнительные помещения и оборудование, утяжеляющие и удорожающие судно, что в конечном счете сделает эксплуатацию его экономически невыгодной.

Суда на воздушной подушке

Поиски путей эффективного увеличения скорости движения судов уже давно привели ученых к идее использования судов на воздушной подушке. По сравнению с судами на подводных крыльях суда на воздушной подушке имеют важные преимущества; они в равной степени могут работать как летом, так и зимой, для них не имеет значения глубина воды. По предварительным данным можно предположить, что эти суда имеют большие перспективы применения и развития.

Уже упоминавшийся нами известный английский ученый В. Фруд еще в 1875 г. высказал мысль о том, что можно уменьшить сопротивление воды движению судна, если вокруг подводной части его корпуса создать воздушную прослойку. Опыты в этой области проводил видный шведский изобретатель и инженер Г. Лаваль.

Наш выдающийся ученый К. Э. Циолковский в 1927 г. высказал идею движения бесколесных железнодорожных поездов на воздушной подушке. Большого успеха добился профессор Новочеркасского политехнического института В. И. Левков, построивший в 1934 — 1935 гг. морские катера на воздушной подушке, показавшие при испытании отличные результаты и по скорости хода превосходившие все до того времени поставленные рекорды.

Однако широкие работы по созданию судов на воздушной подушке были начаты только после второй мировой войны.

Принцип движения этих судов заключается в том, что под днище судна нагнетается воздух. Производительность воздуходувок рассчитана так, чтобы поступление воздуха компенсировало возможную его утечку из-под днища. Образующийся слой воздуха приподнимает судно над уровнем воды, и оно может даже «висеть» на месте. Для него не имеет значения глубина воды, оно проходит по мелководью, над порогами, над болотом, выходит из воды на сушу.

Для образования воздушной подушки между днищем и опорной поверхностью (вода или суша) используется несколько способов. Наиболее распространено нагнетание воздуха под днище через

кольцевые сопла, расположенные по периметру днища судна. Область повышенного давления (воздушная подушка) как бы ограждена воздушной завесой.

Рассмотрим некоторые характерные образцы судов на воздушной подушке.

В 1953 г. инженером К. Коккерилем было построено небольшое экспериментальное судно «SR № 1», имеющее следующие данные: длина 9,15 м, ширина 7,3 м, высота 3,26 м, высота подъема над водой 0,2 — 0,3 м, мощность 435 л. с, полный вес (водоизмещение) 4 т, расчетная скорость 26 узлов (46 км/час).

Дальнейшим развитием «SR № 1» было создание модели «SR № 2» со следующими техническими данными: длина 18,4 м, ширина 9 м, общий вес 27 т, высота парения над водой 0,3 — 0,5 м (в случае необходимости может быть увеличена до 0,8 м), общая мощность двигателей 3260 л. с, пассажироместимость 60 — 70 человек (равнозначны 8 т груза), эксплуатационная скорость хода 75 узлов (140 км/час), скорость хода в водоизмещающем состоянии 19 км/час. Запас топлива около 3900 л позволяет совершать рейсы протяженностью 370 км. Судно имеет грузовую палубу, на которой можно поместить два больших пассажирских автомобиля.

Воздушная подушка создается двумя вертикальными осевыми вентиляторами, а горизонтальное движение обеспечивается работой двух воздушных винтов регулируемого шага, установленных на поворотных колонках. Силовая установка состоит из четырех газовых турбин мощностью по 815 л. с. Управление судном осуществляется путем поворота колонок, несущих воздушные винты, на угол до 30°.

Фирма «Саундерс-Ро» разрабатывает проект судна «SR № 4», которое должно перевозить через Ла-Манш 600 пассажиров или 350 пассажиров и 26 автомашин.

Скорость его хода будет 90 узлов (167 км/час). Полный вес 170 т.

Другая английская фирма «Виккерс — Армстронг» также разработала несколько конструкций судов на воздушной подушке. Первый опытный образец был продемонстрирован фирмой в 1960 г. В настоящее время построен другой — типа «VA-3» для перевозки 24 пассажиров в устьях рек и прибрежных водах. Как показали испытания, судно может проходить над песчаными отмелями и заболоченными участками. Оно имеет следующие данные: наибольшая длина 16,7 м, ширина 6,6 м, высота 5,4 м, полный вес 12,7 т, эксплуатационная скорость хода 60 узлов (110 км/час), максимальная высота подъема над твердой поверхностью 2,4 м. Развивая большую скорость, судно может ходить при волне высотой до 1 м.

Корпус построен из алюминиевого антикоррозийного сплава. Система образования воздушной подушки сопловая. Воздух для воздушной подушки подается двумя центральными четырехлопастными вентиляторами с приводом от газовых турбин через зубчатые передачи. Четыре газовые турбины мощностью по 425 л. с. предназначены для привода вентиляторов и двух винтов горизонтального движения.

Судно управляется четырьмя вертикальными воздушными рулями, расположенными в кормовой и носовой частях.

Пассажирское помещение оборудовано креслами авиационного типа; стены и потолок покрыты звуковой изоляцией, а окна снабжены двойными стеклами.

В конце 1962 г. в Ленинграде было построено и испытано судно «Нева», предназначенное для перевозки 38 пассажиров при скорости 50 км/час. Основные его данные: длина наибольшая 17,3 м, ширина 6,6 м, вес 12,5 т. Площадь воздушной подушки около 90 м². Корпус сварен из алюминиевого сплава.

На судне установлено два авиационных двигателя по 215 л. с, приводящие в действие вентиляторы, и один авиационный двигатель мощностью 285 л. с, приводящий в действие кормовой воздушный винт диаметром 2,48 м. Рулевое устройство состоит из двух вертикальных воздушных и двух откидных водяных рулей. При ходе на волне высотой 0,5 — 0,6 м заметной качки и ударов корпуса об воду не наблюдалось.

Отпали существовавшие раньше опасения в отношении плохой управляемости и устойчивости судна на курсе. Данные испытаний «Невы», последующие испытания аналогичного экспериментального судна, построенного заводом «Красное Сормово», а также технико-экономические расчеты показывают большую перспективность судов на воздушной подушке для разных целей.

В Англии ведутся исследования и создаются проекты судов большой грузоподъемности и пассажироместимости, вплоть до трансатлантических на 800 — 1000 пассажиров. Эти изыскания пока еще не вышли за пределы предварительных поисков и эскизных решений. Аналогичные работы в других странах Европы также не продвинулись дальше создания небольших опытных образцов. В США основные изыскания направлены на создание военных объектов. Здесь разрабатывается проект опытного судна «Колумбия» катамаранного типа. Оно имеет два корпуса из алюминиевого сплава,

соединенные платформой.



СУДНО НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ

На платформе над центром тяжести судна расположена кабина из стеклопластика для грузов или пассажиров, в которой могут разместиться четыре стандартных контейнера весом по 10 *t* или 120 пассажиров. Для производства грузовых операций судно может выходить на берег, что устраняет необходимость в строительстве причала.

Воздушная подушка образуется через сопла, расположенные вдоль бортов по днищу каждого корпуса, от двух горизонтальных вентиляторов (один в нос от надстройки, а другой в корму). Вентиляторы приводятся в действие двумя газовыми турбинами мощностью по 2270 э. л. с. Горизонтальное перемещение осуществляется двумя воздушными винтами регулируемого шага с приводом от газовых турбин. В бортовых соплах имеются поворотные направляющие лопатки, позволяющие создавать дополнительное тяговое усилие во время хода судна, а также маневрировать на малых скоростях. Для управления судном при движении на больших скоростях используется вертикальный воздушный руль. При скорости хода 102 узла (188 км/час) и высоте воздушной подушки 1,2 м эксплуатационная мощность силовой установки 9350 э. л. с, а при высоте подушки 0,31 м — всего лишь 3700 э. л. с.

Оценивая перспективы возможного развития судов на воздушной подушке, английский конструктор К. Коккериль высказал мнение, что нет серьезных технических препятствий для создания океанских судов на воздушной подушке весом 5 — 10 тыс. *t*, передвигающихся со скоростью до 140 узлов (260 км/час).

Имеется проект трансатлантического гиганта на воздушной подушке. Вес его 40 тыс. *t*, диаметр 100 м, а скорость хода 100 узлов (185 км/час). На этом судне разместится с удобствами 1000 пассажиров. Высота подъема днища судна над водой должна быть, по-видимому, не менее 3 — 3,5 м, имея в виду, что средняя высота волн в Атлантическом океане 2,4 м. На случай встречи с более крупными волнами следует, очевидно, предусмотреть возможность увеличения высоты подъема за счет либо резервной мощности, либо уменьшения скорости хода.

Это гипотетическое судно в некотором отношении можно сравнить с турбоэлектроходом «Франс». Хотя его вместимость в 2 раза меньше, но зато скорость хода, а следовательно, и оборачиваемость у него больше. Попробуем оценить осуществимость этого проекта. В таблице приведены данные о мощности некоторых типов судов на воздушной подушке.

Тип	Вес, <i>t</i>	Мощность, л. с.			Высота подъема, <i>m</i>	Скорость, узлы
		подъема	движения	полная*		
SR № 1	4			435 (109)	0,3	25
SR № 2	27	—	—	3260 (121)	0,5	75
SR № 4	170	—	—	13 600 (80)	2,5	90
VA=3	12,7	—	—	1700 (134)	2,4	60
«Нева» . .	12,5	430 (34,4)	285 (22,8)	715 (57,2)	0,6	30
«Сормович»	1,28	—	—	1 800 (82)	0,3	75
Паром для Ла-Манша (проект)	400	—	—	30 000 (75)	1,2	90
«Конвайр», США	1800	2	—	150 000 (84)	4,0	100

* В скобках указана удельная мощность (л. с.) на 1 *t* веса судна.

Если руководствоваться этими данными, то для нашего гипотетического судна потребовалась бы мощность порядка $40\,000 \times 80 = 3,2$ млн. л. с. Как видно, по сравнению с турбоходом «Франс», величина значительная, однако существенно меньшая, чем для судна на подводных крыльях.

По-видимому, удельная мощность может быть снижена. Теоретически мощность «висения» не может быть меньше 5 л. с. на 1 *t* веса. В настоящее время у реальных судов мощность «висения» составляет около 40 л. с. на 1 *t* веса при высоте подъема около 0,6 л. По мере увеличения высоты подъема удельная мощность увеличивается; при высоте 2,5 м она увеличится по крайней мере в 2 раза и достигнет 80 л. с. на 1 *t* веса, тем более что у нашего гипотетического судна очень большая удельная нагрузка — 5100 кг/м².

Предположим, что за счет улучшения соплового устройства и других факторов удастся уменьшить удельную мощность в 2 раза, т. е. до 40 л. с. на 1 *t* веса. Мощность движения примем 100 л. с. на 1 м² поперечного сечения судна. В этом случае мощность силовой установки будет $40\,000 \times 40 + 1000 \times 100 = 1,7$ млн. л. с, или 42,5 л. с. на 1 *t* веса судна. По сравнению с обычными современными атомоходами — это большое снижение удельной мощности, тем не менее мощность силовой установки и в этом случае очень велика. Даже атомная установка будет весить, вероятно, не меньше 25 — 30 тыс. *t*. Вес корпуса составит около 5 — 6 тыс. *t*.

Исходя из этих данных, можно предположить, что в будущем такое судно осуществимо, хотя при современном уровне техники построить его невозможно. Экономическая эффективность его была бы ниже, чем паротурбохода типа «Франс» (при росте скорости хода примерно в 3 раза мощность силовой установки увеличивается более чем в 11 раз; кроме того пассажировместимость его в 2 раза меньше). Конечно, вряд ли подобное судно можно будет использовать для перевозки пассажиров или грузов на расстояние больше 1000 — 1500 км.

Сейчас пока трудно рассчитывать на то, что вес судов на воздушной подушке в ближайшем будущем превысит 2 — 2,5 тыс. *t*. Гораздо более эффективны будут небольшие суда для перевозки пассажиров в местном сообщении, особенно вдоль неглубоких рек, морского побережья, поперек проливов и т. п.

Таким образом, ни суда на подводных крыльях, ни суда на воздушной подушке не могут конкурировать

с обычными современными морскими транспортными судами.

Для того чтобы закончить рассмотрение вопросов о новых принципах движения, познакомимся еще с одним вариантом грузового судна, интерес к которому возник в самое последнее время. Речь пойдет о подводных транспортных судах.

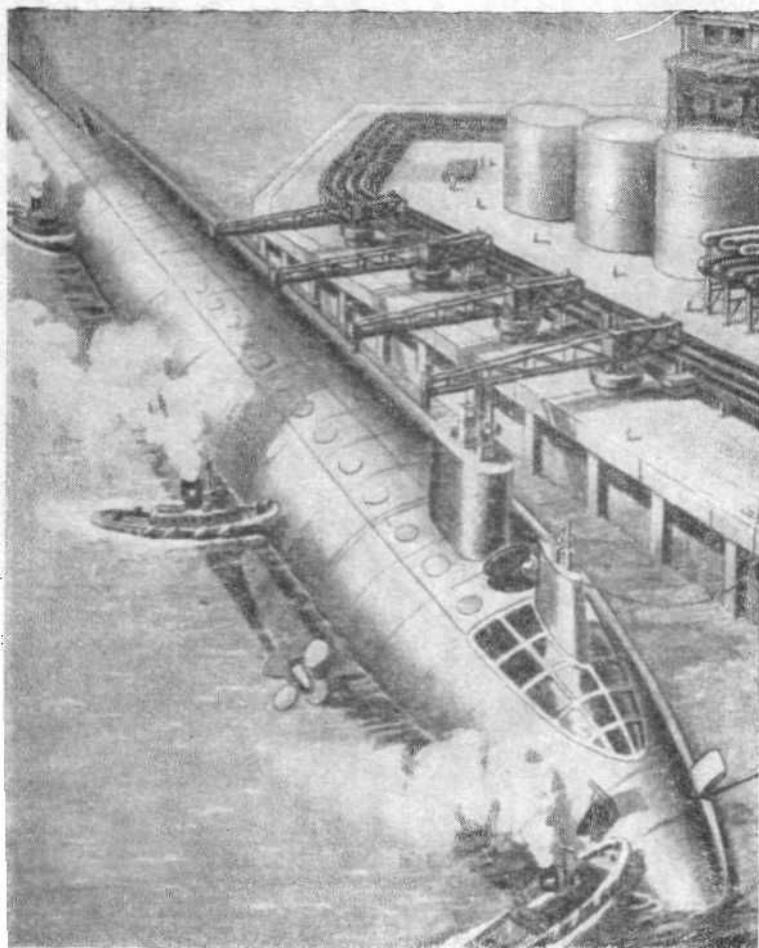
Подводные транспортные суда

В последнее время в ряде стран (Англия, США, Япония) уделяется большое внимание созданию конструкций подводных грузовых судов с атомными силовыми установками.

Технические возможности осуществления подобных проектов не вызывают сомнений, но экономическая целесообразность их использования пока еще не выяснена. По-видимому, экономические преимущества судов этого типа могут выявиться в условиях подледного плавания, что позволит открыть новые направления перевозки грузов и создаст предпосылки для освоения новых экономических районов. Их эксплуатация не зависит от состояния моря и погоды.

Мы уже говорили выше, что сопротивление, которое испытывают надводные суда при движении, складывается из сопротивления трения воды о поверхность обшивки судна, сопротивления формы подводной части корпуса судна и волнового сопротивления. На преодоление последнего, как нам известно, расходуется наибольшее количество энергии.

При ходе судов под водой волновое сопротивление значительно уменьшается, а при достаточном погружении вообще исчезает. Однако соответствующий положительный эффект имеет место только при определенном соотношении размеров, скорости хода и глубины погружения судна. Исследованиями установлено, что для подводного танкера водоизмещением 80 тыс. *т* при скорости хода 25 узлов и более глубина погружения, соответствующая минимуму сопротивления, должна быть около 80 — 110 м. Очевидно, эксплуатация подводных судов на такой большой глубине вызовет необходимость некоторого увеличения толщины обшивки и набора корпуса.



ПРОЕКТ ПОДВОДНОГО ГРУЗОВОГО СУДНА

В подводных судах можно перевозить все грузы, которые перевозят в надводных судах, однако наиболее целесообразно их использовать для жидких и навалочных грузов.

Несмотря на уменьшение сопротивления воды движению судна подводные суда не дают выигрыша в стоимости перевозок. Мощность их силовой установки значительно больше, чем у обычного судна такой же грузоподъемности. При некоторых условиях их эксплуатация все же может быть эффективной, например при перевозке грузов в условиях длительного ледостава, когда другие суда использовать невозможно. Однако эффективность таких судов следует оценивать не только по результатам снижения себестоимости перевозок, но и по другим факторам. Следует также учитывать конструктивные

трудности при проектировании подводных судов, к числу которых в первую очередь относится необходимость герметизации люковых закрытий больших размеров, размещения погрузочно-разгрузочных средств и организации перегрузки.

Современное состояние техники позволяет преодолеть эти трудности. Если же учесть все обстоятельства, связанные с проектированием, строительством и эксплуатацией подводных транспортных судов, то следует признать, что рассматриваемая проблема весьма важна и многообещающая.

Автоматизация процессов управления

Не следует думать, что элементы автоматизации возникли только в век кибернетики, свидетелями расцвета которой мы являемся. Можно назвать огромное число операций в текстильном производстве, в химической промышленности, да и во многих других областях производства, где автоматика успешно применяется уже десятилетия. Большинство видов производства без элементов автоматики просто не могло бы существовать. Если в паровой машине Ньюкомена парораспределение регулировалось еще вручную, то величайшим изобретением Уатта был эксцентриковый привод золотника, автоматически отсекавший подачу пара в нужный момент. Примеров постепенного введения автоматики в производство можно найти множество.

В наше время проблема автоматики предстает в новом свете, потому что она решается на принципиально новой технической основе.

Применительно к судну процесс автоматизации выглядит в следующей последовательности:

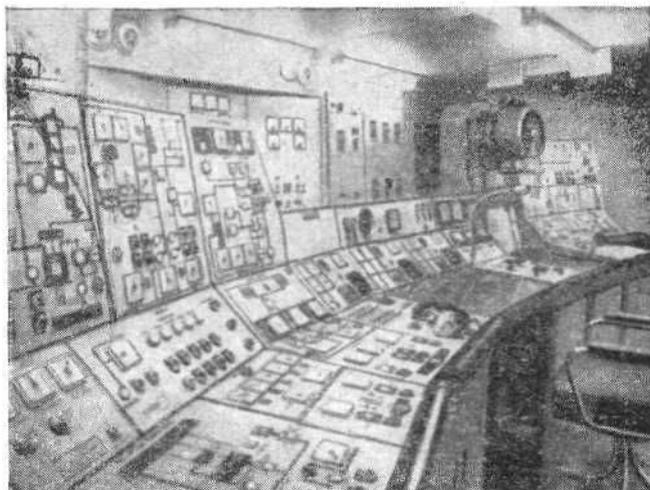
I этап — автоматизация и дистанционное управление работой судовой силовой установки и другими рабочими процессами с сокращением численности машинной команды.

II этап — полная автоматизация управления движением корабля при контроле и под наблюдением минимума штата команды.

III этап — полная автоматизация судовых процессов, управление движением судна без команды с береговых контрольно-диспетчерских пунктов.

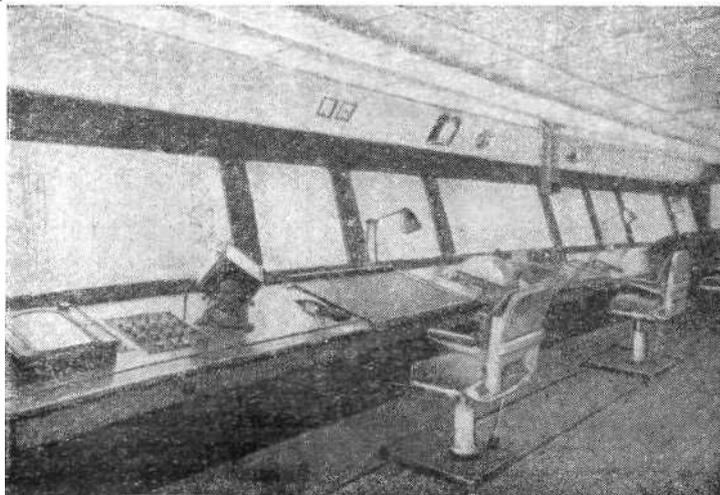
В настоящее время можно говорить как о реальном факте об успешном решении проблем I этапа.

Уже эксплуатируется ряд судов, на которых большинство функций управления и контроля за работой механизмов, систем и устройств осуществляются дистанционно, с центрального пульта. Но мы начнем не с описания особенностей и устройств подобных судов, а рассмотрим проблему в обратном порядке, с III этапа. Для обеспечения нормального функционирования обычного судна требуется обеспечить необходимые условия жизни для экипажа. Даже самое маленькое из них представляет собой в известном смысле плавающий жилой дом или плавающую гостиницу. Нужно оборудовать на судне жилые и общественные помещения, нужно их отопить и осветить, а в известных случаях и охладить, необходим водопровод и канализация и т. д. и т. п. Уже сейчас даже грузовые суда оборудуют одноместными каютами, теле- и киноустановками, лазаретами, установками для кондиционирования воздуха, плавательными бассейнами и гаражами для велосипедов; не исключено, что в дальнейшем потребуются и гаражи для малолитражных автомашин. Трудно перечислить все необходимое оборудование, бесперебойная работа которого требует ухода.



ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ПУЛЬТ АВТОМАТИЧЕСКОГО И ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ СУДОВОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ

Теперь представьте себе корабль без команды. Его устройство будет значительно проще. Фактически у него останутся две функции: 1) движение вперед и сохранение необходимого курса и 2) изменение направления в необходимых случаях. Кроме того, при проектировании значительно упрощаются условия обеспечения безопасности судна, потому что снимается моральная ответственность за жизнь находящихся на судне людей. Ведь именно это обстоятельство во многом определяет требования безопасности, выполнение которых связано с большими затратами и существенно усложняет устройство корабля.



РУЛЕВАЯ РУБКА СОВРЕМЕННОГО СУДНА С АВТОМАТИЧЕСКИМ И ДИСТАНЦИОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ СУДОВОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ

Следовательно, имеются явные экономические предпосылки полной автоматизации управления судном, В данном случае речь идет лишь о грузовых судах. Каким условиям должны они удовлетворять?

На первое место следует поставить требование надежности работы механизмов и устройств. Современное состояние технологии машиностроения и техника эксплуатации машин и оборудования гарантируют его выполнение.

Условия, обеспечивающие проведение стояночных операций в портах, мы рассматривать не будем, так как для различных работ здесь можно привлекать береговые бригады. Остается управление режимом работы главного двигателя и процессом движения.

В рейсе при нормальных условиях двигатель судна должен развивать постоянную мощность. Число его оборотов и расход топлива и смазки будут, очевидно, постоянными. Какие внешние факторы могут повлиять на режим работы двигателя? По-видимому, температура наружного воздуха и забортной воды, используемой для прямого или промежуточного охлаждения температурно-напряженных узлов. Изменение температуры можно компенсировать путем увеличения или уменьшения

производительности насосов. Можно также нормализовать температуру забортной воды дополнительным охлаждением или подогревом ее. Производительность насосов или режим нормализации забортной воды можно согласовать с изменением температуры наружного воздуха; можно, наоборот, нормализовать температуру воздуха в машинном отделении, используя автоматическую систему кондиционирования. Все необходимые для работы двигателя механизмы — топливные и масляные насосы, сепараторы топлива, компрессоры, насосы циркуляции охлаждающей воды и т. д. — могут приводиться в действие от главного двигателя. Таким образом значительно упростится и количественно уменьшится оборудование машинного отделения.

На судах с паротурбинными установками задача обеспечения надежности работы главного двигателя сводится к регулированию режима сгорания топлива, что зависит от температуры наружного воздуха и забортной воды, используемой для охлаждения главного конденсатора. Мы несколько упростили задачу, однако в принципе она уже решается и решена на многих судах именно так.

На ряде эксплуатируемых судов функции машинной команды уже сейчас ограничены тем, что по приборам, установленным в центральном пункте управления, она осуществляет контроль за работой механизмов и проводит ремонтно-наладочные работы. Пуск и остановка двигателя, а также изменение подачи топлива производятся с командного мостика. Достиженные успехи в автоматизации процессов управления позволяют уменьшить численность машинных команд на судах в 2 — 4 раза и отказаться от круглосуточной вахты.

Новые материалы

В течение нескольких тысячелетий основным материалом из которого строили суда, было дерево. Только в 1822 г., спустя 15 лет после постройки первого парового судна «Клермонт», был спущен на воду пароход «Аарон Мэмби» с железным корпусом. Прошло не более 100 лет, и почти все суда стали строить из стали. Первое время наиболее распространена была углеродистая сталь. С конца прошлого — начала текущего столетия ее постепенно заменила более прочная низколегированная сталь, в первую очередь — на военных судах. Желание облегчить судно, увеличить его полезную грузоподъемность побуждало кораблестроителей к использованию высокопрочных легированных сталей.

Сейчас у стали, как основного материала для корпуса, есть мощные соперники. Одним из перспективных материалов являются легкие сплавы алюминия. Этот металл легче стали, его не нужно красить, он не подвержен коррозии.

Наиболее существенный недостаток алюминиевых сплавов — высокая стоимость, в значительной степени сдерживающая более широкое их распространение. Дальнейшее увеличение объема производства алюминия будет способствовать его удешевлению и дальнейшему распространению в судостроении. Но и при более высокой стоимости этого металла применение его оправдывается многими полезными свойствами. В настоящее время алюминиевые сплавы часто применяют для изготовления надстроек пассажирских судов. К сожалению, одновременное применение алюминиевых сплавов со сталью усложняет постройку судов. Пока же успешно эксплуатируется несколько сравнительно небольших судов, построенных целиком из алюминиевых сплавов.

Другим перспективным материалом являются пластмассы. Из них изготавливают переборки, они заменили дерево в качестве настила палуб и при изготовлении мебели, окон и т. д. Полиэфирный стеклопластик, полиэтилен, винил и другие материалы используют при изготовлении судовых трубопроводов. Судовые канаты изготавливают из нейлона и капрона. Все более широко при отделке судов применяют синтетические ткани, синтетические краски, более надежные, долговечные и дешевые.

Новые материалы изменяют конструкцию набора и формы корпуса так же, как в свое время к этому привела замена дерева сталью. Какая это будет форма, какие конструкции, мы угадывать не будем. Придет время и даст ответ на этот вопрос. Ясно одно, что это будут лучшие, более совершенные конструкции и форма корабля.

* * *

Мы познакомились с устройством, историей развития, современным состоянием и отчасти с будущим корабля. Заканчивая повествование о нем, можно сделать вывод, что история развития корабля и история развития материальной культуры человечества неразрывны. По мере того, как развивались

производительные силы и уровень техники, как росла потребность в транспортных средствах, совершенствовалась и конструкция кораблей.

Этот процесс не остановится и в дальнейшем. Неизвестные ранее типы транспортных судов — подводные, на подводных крыльях, на воздушной подушке являются ныне удачным дополнением к традиционным водоизмещающим судам, которые еще долго будут перевозить основную массу грузов, не требующих сверхсрочной доставки. Будут расти размеры судов, но наряду с очень крупными судами будут выполнять свои скромные задачи и более мелкие. Будет расти скорость хода. Считается, что развитие техники позволит увеличивать скорость хода судов без увеличения издержек доставки грузов примерно на 1,5 — 2 узла за 10 лет.

Появятся новые типы силовых установок. Как жидкое топливо в наше время вытеснило дрова и уголь, так в ближайшие 10 — 15 лет атомная энергия начнет вытеснять жидкое топливо. Затем появятся суда, на которых атомная энергия будет непосредственно преобразовываться в электрическую.

Будут уходить в море корабли без экипажа, управляемые береговой командой и электронными машинами. Появятся суда, корпуса и оборудование которых в основном будут строить из алюминиевых сплавов и пластмасс.

Анатолий Германович Сырмай

КОРАБЛЬ

Его прошлое, настоящее и будущее

Утверждено к печати Редакцией научно-популярной литературы Академии наук СССР

Редактор *В. И. Алексеев*

Художник *И. П. Борисов*

Технический редактор *В. Г. Лаут*

Сдано в набор 3/Х1966 г. Подписано к печати 9/III 1967 г.

Формат 84x1087зг Бумага типографская № 11 Усл. печ. л. 9,45+0,42 вкг

Уч.-изд л. 9,4. Тираж 25000. Т-0Ш5 Тип. зак. 1507

Цена 31 к.

Издательство «Наука». Москва, К-62, Подсосенский пер., 21

2-я типография изд-ва «Наука». Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

КОП.



ИЗДАТЕЛЬСТВО
«НАУКА»