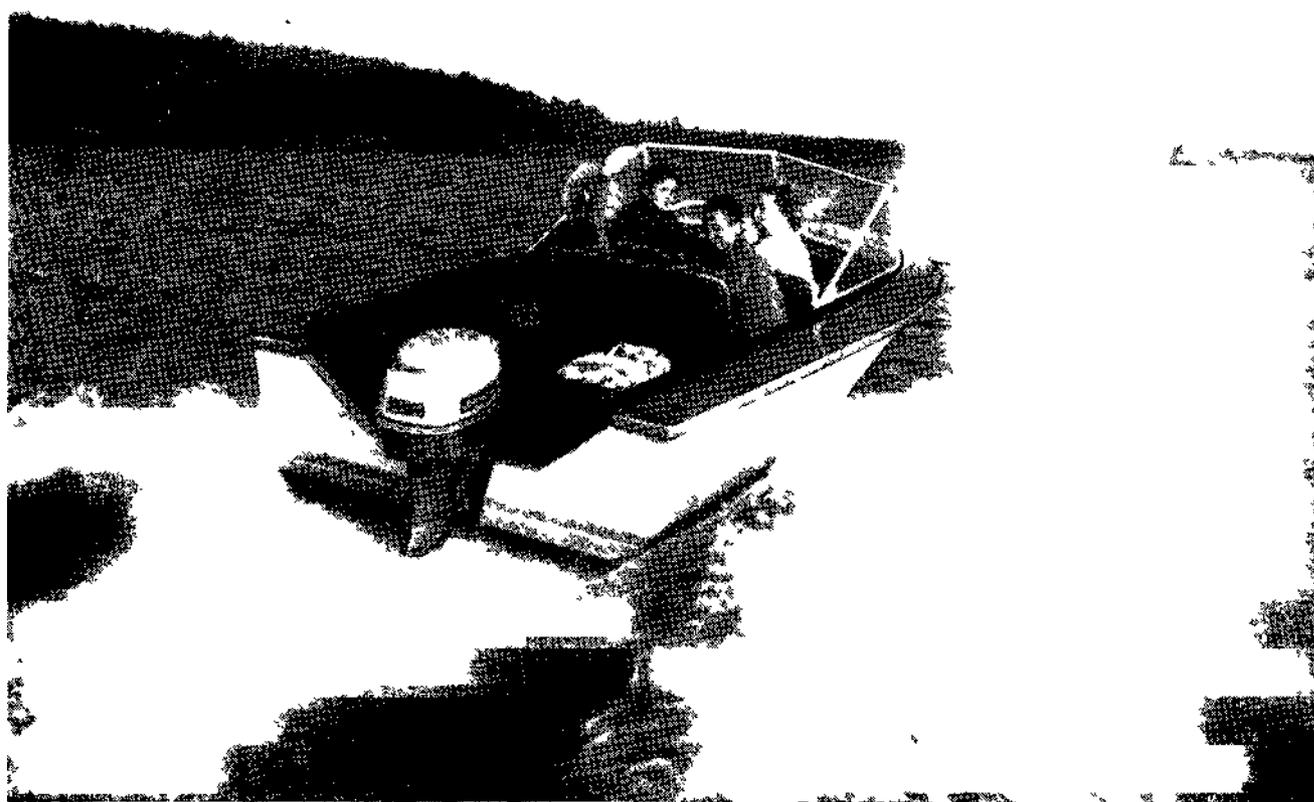


## **РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ**



## **ВЫБОР ТИПА СУДНА И ЕГО ПОСТРОЙКА**



ГЛАВА

# 1

## ВЫБОР ПРОЕКТА СУДНА

В этой книге вы найдете 15 проектов малых судов для прогулок и туризма. Любое из них, если вы обладаете достаточными навыками в работе с деревом, можно построить самостоятельно на домашней судовой верфи. Тем, кто берется за это дело впервые, не советуем приниматься сразу за постройку такого комфортабельного катера, как, например, «Кальмар» или «Суперкосатка». Не имея необходимого опыта, тем более не следует вносить существенных изменений в публикуемые чертежи. Удлинив, скажем, на метр корпус, вы будете потом мучиться с обшивкой из фанеры, которая никак не захочет подтянуться к шпангоутам, а на испытаниях катер вдруг не достигнет желаемой скорости. Может случиться, что, просто допустив какую-либо неточность, вы вообще не сможете закончить строительство, затратив уже большую сумму на приобретение материалов и двигателя.

Начинать лучше с самого простого, например с лодки «Скиф» или «Акула». Таким образом, во-первых, вы познакомитесь с приемами работ по сборке корпуса, во-вторых, научитесь, глядя на чертежи, представлять, как та или иная деталь выглядит в натуре, наконец, в-третьих, у вас будет возможность получить начальную практику плавания на воде и решить проблему стоянки будущего, более крупного судна.

В этой главе авторы хотели бы помочь начинающим судостроителям-любителям в грамотном выборе проекта, познакомить их с возможными вариантами использования доступных материалов и двигателей.

### § 1

#### НАЗНАЧЕНИЕ И УСЛОВИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СУДОВ

Судостроителю-любителю важно знать, для какой цели будет предназначаться лодка или катер и в каких условиях они будут эксплуатироваться. Представьте себе, что вы живете на берегу реки или большого озера и предполагаете использовать лодку для рыбной ловли и прогулок. Совершенно ясно, что в этом случае не нужны каюта и спальные места. Не требуется и особых мореходных качеств, а значит, и высокого надводного борта, и большой ширины лодки: при ухудшении погоды всегда можно подойти к берегу или отказаться от выхода. Для этих условий более всего подходят гребные лодки «Скиф» и «Утка-2» (см. стр. 126). А любителям скорости можно порекомендовать моторные лодки «Акула», «Кайман», «Суперальга» (см. стр. 142). Каждая из этих лодок может быть оснащена тентом, мягкими сиденьями, запираемыми рундучками и массой других полез-

ных приспособлений. В таком виде эти лодки пригодны не только для прогулок, но и для многодневных походов, особенно если взять с собой палатку. Однако во всех случаях нужно помнить, что встреча с большой волной на обширных открытых пространствах воды на этих судах крайне нежелательна.

Примерно для тех же условий пригодна и моторная лодка «Саламандра» (см. стр. 163). Хотя благодаря более высокому надводному борту и палубе это судно способно справляться с волной высотой до 0,75 м, но чтобы удары о днище были не слишком сильными, придется снижать скорость. «Саламандра» с ее небольшой каютой безусловно удобна для двух- и трехдневных выходов и для более продолжительных туристских плаваний. Благодаря каюте, все снабжение можно хранить в лодке и, следовательно, на подготовку к выходу затрачивать минимальное время, в походе оставлять лодку даже на неохраняемой стоянке, заперев каюту на замок.

Для прибрежного плавания в морских условиях и в крупных водохранилищах предназначены более мореходные суда: моторные лодки «Косатка», «Белуха» и «Суперкосатка», катера «Тюлень» и «Кальмар». Эти суда отличаются высокой остойчивостью и большим запасом плавучести. Обводы днища позволяют обеим «Косаткам» глиссировать с высокой скоростью на волне без значительных перегрузок, а другим перечисленным судам — выходить на открытую воду при волне до 3 баллов (средняя высота волны — 1,25 м).

Для рыбной ловли особенно удобны моторные лодки «Белуха» и «Суперкосатка». Обе лодки имеют достаточно просторный кокпит, а рубка может служить неприхотливому рыбаку убежищем от непогоды. При ходе против волны рубка надежно защищает от брызг и в то же время благодаря своим малым размерам не затрудняет управление судном в свежий ветер.

«Суперкосатка», развивающая, в зависимости от мощности двигателя, скорость 30—45 км/час, незаменима в тех случаях, когда рыбаку нужно пройти до места промысла большое расстояние (например, в Ленинграде многие ходят по Неве за 70 км — до Ладожского озера). Сравнительно тихоходная «Белуха» (15—25 км/час) на такой путь потратит вдвое больше времени, но зато ее мотор расходует гораздо меньше топлива, а это значит, что на ней можно уходить далеко от населенных мест, не рискуя остаться с порожними баками.

Каютные катера «Тюлень» и «Кальмар» в одинаковой степени пригодны и для дальних путешествий, и для туризма выходного дня. На них можно плавать и по рекам, и вдоль морского побережья. Насколько позволяют раз-

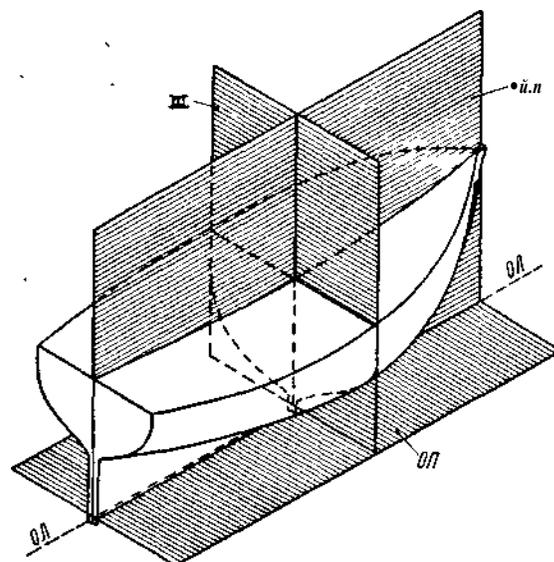


Рис. 1. Положение основных плоскостей теоретического чертежа.

меры, их можно оборудовать всем необходимым для длительного пребывания экипажа.

Строитель должен принимать во внимание и такие стороны вопроса, как затраты средств и времени на ежегодный ремонт судна и на оборудование мест стоянки и зимнего хранения. Поддержание в годном для плавания состоянии большого каютного катера с мощным стационарным двигателем — задача не легкая. Именно такие катера нередко можно видеть на берегу в самый разгар навигации: их владельцам не хватает погожих дней весны для отделки судна. Небольшие, легкие моторные лодки оказываются в меньшей зависимости от места стоянки. Их можно хранить на берегу или на воде — всюду, где есть глубина хотя бы в 20 см.

## § 2

### ФОРМА КОРПУСА И ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЧЕРТЕЖ

О пригодности будущего судна для тех или иных условий плавания, о его мореходных и ходовых качествах прежде всего можно судить по форме его корпуса или, как чаще говорят судостроители и моряки, — по его обводам.

Полное представление о форме корпуса судна дает теоретический чертеж, характеризующий геометрические обводы судна и изображающий его проекции в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. По теоретическому чертежу конструктор рассчитывает мореходные качества; кроме того, теоретический чертеж необходим ему для проектирования внутренних помещений и конструкции корпуса, определения вместимости судна и т. п. Другими

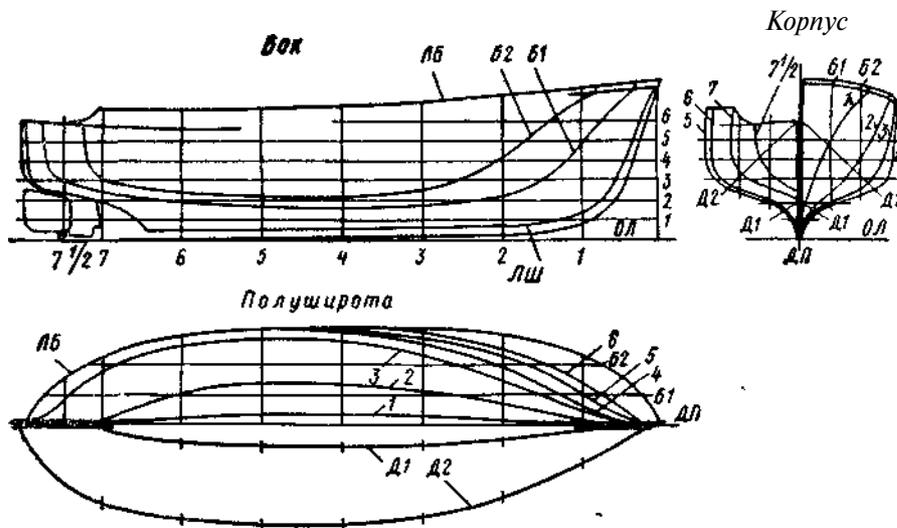


Рис. 2. Теоретический чертеж большого (мореходного) катера.  
ЛБ — линия борта; Б1, Б2 — батоксы, Д1, Д2 — рыбины, ЛШ — линия шпунта.

словами, теоретический чертеж — это основа проекта любого судна, малого или большого.

Основные плоскости и линии теоретического чертежа. В большинстве случаев корпус судна имеет сложную форму; кривизна наружной поверхности изменяется и по длине, и по ширине, и по высоте. Поэтому на плоском листе чертежа форму корпуса можно изобразить только в виде линий пересечения его наружной поверхности с секущими плоскостями. Положение этих секущих плоскостей выбирается не произвольно, а в соответствии с установившимися в судостроении правилами. Три из этих плоскостей — диаметральной, основная и плоскость мидель-шпангоута — являются базовыми плоскостями для построения теоретического чертежа и последующего выполнения всех расчетов (рис. 1).

**Диаметральная плоскость (ДП)** — вертикальная продольная плоскость симметрии, разделяющая судно на правую и левую половины. Пересечение диаметральной плоскости с наружными поверхностями корпуса дает на боковой проекции линии киля, форштевня, ахтерштевня и палубы.

**Основная плоскость (ОП)** — горизонтальная плоскость, касательная к линии киля (самой нижней кромки обшивки на деревянном судне) в его нижней точке; линия (прямая) пересечения основной плоскости с ДП называется **основной линией (ОЛ)**.

У катеров, глассеров и других судов, не имеющих горизонтального участка киля, основную плоскость обычно располагают ниже киля.

**Плоскость мидель-шпангоута (миделя)** — вертикальная поперечная плоскость, проходящая посередине длины судна, обычно через

наиболее полное поперечное сечение. Эту плоскость обозначают значком *ж*.

Проекция и построение теоретического чертежа. Очертания любого объемного тела могут быть заданы его проекциями в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. Такие проекции применительно к корпусу судна принято называть **теоретическим чертежом**. Боковая проекция, или «Бок», образуется в результате сечения корпуса судна плоскостями, параллельными ДП. Показанные на ней линии сечения называются **батоксами**. Аналогичным образом получают две другие проекции: «Полуширота» и «Корпус».

Первая образуется сечением корпуса плоскостями, параллельными ОП, — **ватерлиниями**, вторая — сечением корпуса плоскостями, параллельными миделю, — **шпангоутами**.

На рис. 2 приведен теоретический чертеж большого катера (длина 9,75 м, ширина 2,9 м, осадка 0,92 м, водоизмещение 5,6 т). Нетрудно заметить, что линии теоретического чертежа (батоксы, ватерлинии, шпангоуты) на двух проекциях изображаются в виде прямых и только на одной — в истинном виде, чаще всего в виде кривой линии.

Прямые линии на каждой проекции образуют так называемую **сетку** теоретического чертежа (соответствующие линии сетки должны быть строго перпендикулярны или параллельны). Для удобства выполнения расчетов и контроля плавности обводов все одноименные секущие плоскости, а следовательно и соответствующие линии сетки, располагают на равных расстояниях одна от другой.

Кроме этих линий на теоретическом чертеже проводятся:

а) линия пересечения палубы с бортом, или линия борта (ЛБ), остающаяся кривой на всех трех проекциях;

б) линии киля и штевней;

в) для деревянного судна — линия шпунта, т. е. линия примыкания обшивки к килю и штевням;

г) для остроскулых судов — линия скулы или скул, продольных уступов и т. п.;

д) обводы руля, дейдвуда и плавников;

е) линия фальшборта и палубы в ДП;

ж) обвод транца и, в случае необходимости, его развертка.

Для согласования обводов корпуса, в местах наибольшей кривизны наружной обшивки, де-

лаются дополнительные сечения диагональными плоскостями (наклонными к ДП), примерно перпендикулярными к обводам шпангоутов в характерных точках. Линии пересечения диагональных плоскостей с поверхностью корпуса называются *диагоналями или рыбинами* и обозначаются *Д1* и *Д2*. На проекции «Бок» диагонали не проводятся; их строят на проекции «Полуширота». При этом плоскости диагоналей условно поворачивают до горизонтального положения и точки пересечения их со шпангоутами откладывают вниз от линии ДП (см. рис. 2).

Так как корпус судна симметричен относительно ДП, на теоретическом чертеже принято изображать лишь одну его половину — один борт. На проекции «Корпус» справа от линии ДП вычерчивают носовые шпангоуты, слева — кормовые. Вместо проекции «Ширина» строят проекцию «Полуширота», на которой изображают обводы ватерлиний и палубы левого борта и диагонали — правого борта.

Проекция теоретического чертежа обычно располагают на листе в следующем порядке: «Бок» — в верхней части чертежа носом вправо; «Полуширота» — внизу, «Корпус» — справа, на одном уровне с «Бок». Из-за недостатка места часто, особенно при плазовой разбивке чертежа в натуральную величину, проекции совмещают. Например, «Бок» и «Полуширота» могут быть совмещены, а «Корпус» вычерчен отдельно. Нередко «Корпус» размещают на проекции, «Бок», совмещая мидель с ДП.

Теоретический чертеж выполняется с высокой точностью, так как от него зависит правильность расчетов и качество построенного судна. Масштаб чертежа принимают возможно более крупным (1 : 5; 1 : 10; 1 : 20 или 1 : 25), а толщину линий чертежа делают 0,1–0,2 мм; нарушение плавности линий и несогласованность отдельных точек на различных проекциях допускается также в пределах этих значений.

Теоретический чертеж деревянного судна с дощатой или реечной обшивкой вычерчивают по ее наружной поверхности. При разбивке на плазе и изготовлении лекал и шпангоутов толщину наружной обшивки учитывают, т. е. уменьшают на ее величину соответствующие размеры.

Обшивка малых судов с металлическими, пластмассовыми и фанерными корпусами имеет небольшую толщину, что позволяет строить теоретический чертеж прямо по обводам шпангоутов

Главные размеры судна и разбивка сетки. Теоретический чертеж вычерчивается обычно после определения главных размеров судна, к которым относятся:

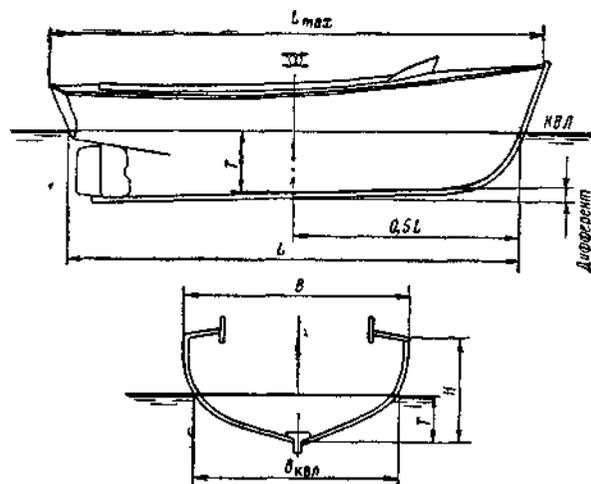


Рис. 3. Главные размеры катера.

$L$  — длина по конструктивной ватерлинии (КВЛ), т. е. расстояние между крайними точками штевней, замеренное по зеркалу воды при осадке судна с полной нагрузкой, либо при другом характерном водоизмещении, для которого выполняется теоретический чертеж (например, в состоянии обмера — для гоночных парусных яхт);

$L_{max}$  — длина наибольшая, измеренная между крайними точками по обшивке судна;

$B$  — ширина наибольшая, измеренная в самом широком сечении судна;

$\delta_{квл}$  — ширина наибольшая по конструктивной ватерлинии;

$H$  — высота борта, измеряемая на миделе от наружной поверхности обшивки у киля судна до верхней кромки бимсов у борта (или до планшира, если судно беспалубное);

$T$  — осадка средняя (углубление судна), измеренная на миделе от наружной поверхности обшивки у киля судна до конструктивной ватерлинии (рис. 3).

Кроме главных размеров существуют *габаритные размеры*: длина, ширина, высота и осадка, измеряемые по крайним выступающим частям корпуса и надстроек судна.

Главные размеры мелких туристских судов выбирают при проработке общего расположения из условия размещения необходимого оборудования, помещений и двигателя соответствующей мощности\*. Размеры спортивных и гоночных судов (гребных, парусных и моторных) обычно задаются соответствующими правилами классификации и должны выдерживаться в определенных пределах.

Главные размеры являются основой для разбивки сетки теоретического чертежа. Так,

\* См., например, книгу ГО В. Емельянова «Малые туристские моторные суда» (Л., «Судостроение», 1970).

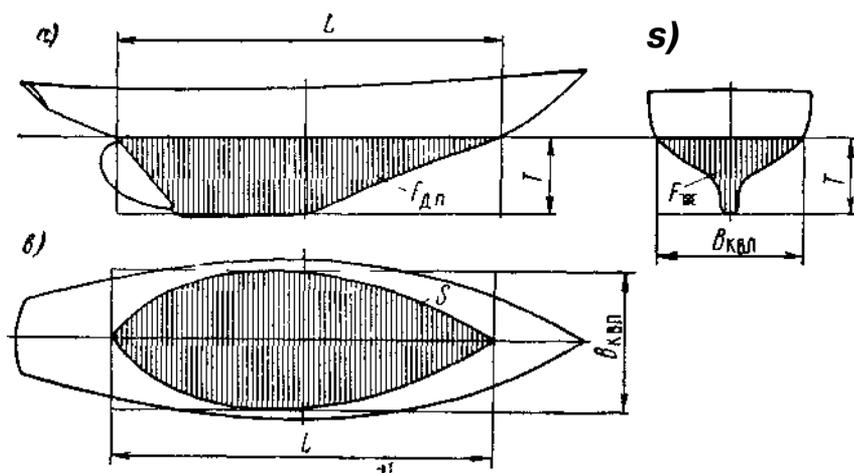


Рис. 4. Виды сечений подводной части корпуса: а—поДП; б— по мидельшпангоуту; в— по КВЛ.

длина по конструктивной ватерлинии делится на равные отрезки для получения количества теоретических шпангоутов. Расстояние между шпангоутами называется *шпацией*. Обычно для удобства выполнения расчетов число теоретических шпангоутов принимают равным 10 или 20 независимо от числа практических шпангоутов, составляющих поперечный каркас (набор) корпуса. Практические шпангоуты вычерчивают по данному плаза, когда теоретический чертеж построен в натуральную величину. Иногда, в целях упрощения плазовых работ, теоретические шпангоуты совмещают с практическими.

Осадка по КВЛ разбивается по высоте на равные промежутки ватерлиниями. Для малых судов расстояние между ватерлиниями принимается от 80 до 250 мм в зависимости от сложности обводов и масштаба чертежа.

По ширине корпуса равномерно пробиваются батоксы, для малого судна обычно по 2—3 с обеих сторон от ДП.

Объемные характеристики и безразмерные коэффициенты. *Водоизмещение* — это характеристика веса судна (весовое водоизмещение) или объема погруженной части его корпуса (объемное водоизмещение). Различают несколько видов водоизмещения:

*порожном* — со снабжением на борту, но без пассажиров, топлива, груза и расходных запасов;

*в состоянии обмера* (для парусных яхт) — со снабжением и парусами на борту, но без тузика, пресной воды и провизии;

*с пассажирами и с половиной расходных запасов на борту*; обычно принимается за основу при проектировании обводов (при такой нагрузке судно имеет осадку по КВЛ);

*полное*<sup>1</sup> — с полными запасами, грузом и командой на борту.

К безразмерным коэффициентам формы корпуса относятся следующие отношения главных размерений (рис. 4):

длины судна к его ширине *L/B*. Для малых судов *L/B* колеблется в широких пределах: от 2,1—2,5 — для парусных швертботов до 25 — для академических восьмерок. По мере увеличения этого отношения, у водоизмещающих судов уменьшается сопротивление, т. е. растет скорость, но ухудшается остойчивость. Надо отметить, однако, что при небольших изменениях *L/B* (например, с 3,0 на 3,5) влияние удлинения на ходкость сказывается меньше, чем это часто предполагают. Глиссирующие суда имеют лучшие ходовые качества, наоборот, при малых значениях *L/B* (2,5—4—3,5);

длины судна к высоте борта *L/H*, характеризующее прочность и жесткость корпуса;

длины судна к осадке *L/T*, определяющее поворотливость;

ширины судна к осадке *B/T*, влияющее на ходкость, остойчивость и мореходность. Чем больше *B/T*, тем остойчивее судно, однако его способность сохранять скорость на волнении оказывается ниже, чем у более глубоко сидящего судна. Для легких мелкосидящих лодок и швертботов это отношение составляет 10—12, для большинства катеров — 5—6, для мореходных рыболовных судов — 2,5—4, для парусных катамаранов — 1—2;

высоты борта к осадке *H/T*, определяющее запас плавучести и остойчивость на больших углах крена. Среднее значение для катеров составляет 2—3, уменьшаясь для парусных килевых яхт до 1,5.

Степень полноты обводов корпуса характеризуется следующими безразмерными величинами:

коэффициентом полноты площади конструктивной ватерлинии, равным отношению площади КВЛ *S* к площади прямоугольника со сторонами *L* и *B<sub>КВЛ</sub>* (см. рис. 4)

$$\alpha = \frac{S}{LB_{КВЛ}};$$

<sup>1</sup> В крупном судостроении применяется также величина «*дедвейт*» — разность между полным водоизмещением судна и водоизмещением порожнем. Дедвейт включает вес груза, топлива, запасов воды и провизии, команды с багажом, т. е. всего, что принимает на себя судно для выполнения одного рейса.

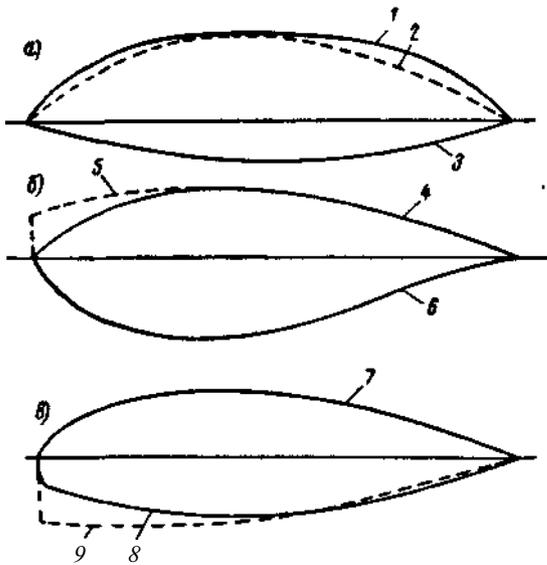


Рис. 5. Характерные обводы конструктивной ватерлинии: а — гребных судов; б — парусных; в — моторных.

1 — спасательная шлюпка; 2 — рыбацья лодка и ял; 3 — гоночная лодка; 4 — морская крейсерская яхта; 5 — моторно-парусная яхта с мощным двигателем; 6 — озерный швертбот; 7 — тихоходная моторная яхта; 8 — быстроходный катер; 9 — глиссирующее судно.

коэффициентом полноты площади мидель-шпангоута

$$\beta = \frac{F_{\text{м}}}{B_{\text{квл}}T};$$

коэффициентом полноты водоизмещения, определяемым как отношение объема  $V$  подводной части корпуса без выступающих частей к объему параллелепипеда со сторонами  $L$ ,  $D_{\text{мк}}$  и  $T$

$$\delta = \frac{V}{LB_{\text{квл}}T}.$$

#### Характерные линии теоретического чертежа.

**Конструктивная ватерлиния.** Ее форма, заострение в носу и корме, а также коэффициент полноты ее площади  $\beta$  оказывают существенное влияние на остойчивость и ходкость судна. Характерные очертания ватерлиний приведены на рис. 5. В общем случае, чем острее ватерлиния и чем меньше коэффициент полноты  $\beta$ , тем быстроходнее судно и тем ниже его остойчивость (точнее, остойчивость его формы).

Ватерлинии тихоходных судов (гребных и моторных лодок) заострены в корме, что способствует плавному обтеканию корпуса водой, без вихрей за кормой. Ватерлинии парусных судов более полные ( $\beta = 0,65$  ч- $0,75$ ), что вызывается необходимостью обеспечения достаточной остойчивости под парусами. Угол заострения носовой ветви ватерлинии для килевых яхт составляет  $15-20^\circ$ , а для швертботов  $18-25^\circ$  на один борт. Соответственно углы для кормовых ветвей равны  $30-70$  и  $20-65^\circ$ .

Кормовая часть парусных и тихоходных моторных судов обтекается вдоль батоксов, поэтому она может оканчиваться транцем, но при этом батоксы в корме должны плавно подниматься к ватерлинии; в противном случае погруженный в воду транец станет причиной образования вихрей и роста сопротивления воды.

Корма быстроходных глиссирующих судов, наоборот, должна оканчиваться широким погруженным транцем, для того чтобы при движении на днище действовала достаточная подъемная сила, выталкивающая корпус из воды. Узкая корма при большой скорости будет проседать, судно будет идти с сильным дифферентом, вызывающим интенсивное волнообразование, которое не позволит ему выйти на режим глиссирования. Угол заострения носовых ветвей ватерлиний моторных лодок обычно принимается  $15-20^\circ$ , а мореходных быстроходных катеров — около  $15^\circ$ .

В большинстве случаев ватерлинии малых судов в носовой части имеют вид прямой или слегка выпуклой кривой линии, причем последняя предпочтительнее для тихоходных судов. Вогнутые ватерлинии иногда применяются на парусных швертботах.

**Очертания диаметральной плоскости.** которые оказывают влияние на ходкость и мореходность судна. Моторные суда в большинстве случаев имеют наклонный форштевень, плавно переходящий в линию киля. Наклон форштевня находится в зависимости от развала носовых шпангоутов. У быстроходных катеров линия ДП касается основной линии уже на 1—2-м теоретических шпангоутах и может немного подниматься к транцу, начиная от миделя (рис. 6, а). У тихоходных судов, с целью уменьшения сопротивления воды килевая линия выполняется с подъемом также и к носу (рис. 6, б), что способствует улучшению их поворотливости. Подъем килевой линии к носу необходим и на мелкосидящих широких судах с санными образованиями носа, так как при таких обводах обтекание днища водой происходит не по ватерлинии, а по батоксам.

В корме линия киля моторных катеров представляет собой горизонтальную или наклонную прямую, заканчивающуюся ахтерштевнем или транцем. Если линия киля наклонна, говорят, что судно имеет конструктивный дифферент. Дифферент на корму позволяет лучше разместить (углубить) гребной винт и защитить его от повреждений.

**Линии батоксов.** Эти линии характеризуют всхожесть судна на волну, его остойчивость на больших углах крена и ходкость. Для судов, плавающих на тихой воде, форма носовых ветвей батоксов имеет второсте-

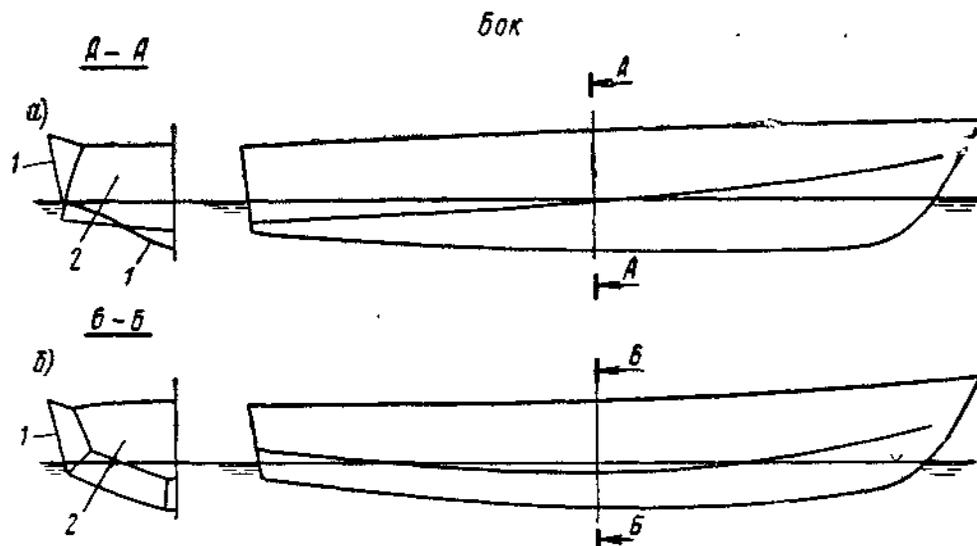


Рис. 6. Обводы остроскулых судов: *a* — быстроходных; *б* — тихоходных.  
1 — мидель-шпангоут, 2 — транец.

пенное значение, они могут быть достаточно крутыми в надводной части и входить в воду почти под прямым углом. Носовые ветви батоксов мореходных судов — обычно пологие; у палубы они имеют вогнутую форму, переходящую в выпуклость у ватерлинии. Это способствует «взбиранию» судна на волну с наименьшей потерей скорости.

Кормовые ветви батоксов тихоходных судов должны плавно подниматься к ватерлинии в корме и выходить из воды у транца. Угол наклона батоксов к КВЛ в корме не должен быть большим (обычно в пределах 10—15°). Для быстроходных катеров этот угол уменьшается до 0—5°, а линии батоксов обрываются на погруженном в воду транце (рис. 7).

Линия скулы остроскулого судна. Для судов всех типов линия скулы должна подниматься вверх и выходить из воды

в носовой части. У мореходных судов точка притыкания скулы к форштевню лежит выше (в верхней половине надводного борта у форштевня), чем у судов, рассчитанных на плавание на спокойной воде (см. рис. 6).

Скуловая линия должна погружаться в воду на расстоянии 20—40% длины по КВЛ в корму от форштевня. При этом чем быстрее судно, тем дальше в корму должна отстоять точка пересечения скулы с КВЛ.

В кормовой части линия скулы глиссирующих катеров опускается таким образом, чтобы килеватость днища у транца составляла 0—20°. Водоизмещающие суда, напротив, имеют скулу, выходящую в корме из воды. Наиболее широкий размер по скуле у глиссирующих судов находится на транце, а у водоизмещающих — на миделе. Только в редких случаях скула целиком проходит над ватерлинией, не погружаясь в воду.

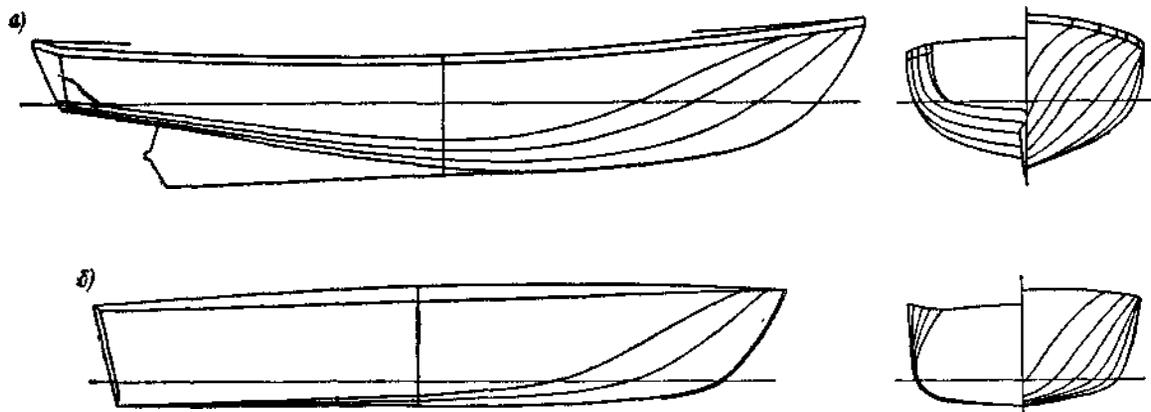


Рис. 7. Характерные обводы круглоскулых катеров: *a* — мореходный лоцманский катер ( $L = 10,6$  м; скорость 9 узлов); *б* — катер с подвесным мотором ( $L = 4,7$  м; скорость 31 узел).

**Линия палубы (борта)** на проекции «Полуширота». Наиболее важно обеспечить необходимую площадь палубы в носовой части. Чем больше развал шпангоутов в носу, тем мореходнее судно, однако тем сложнее становится постройка его корпуса.

Большое распространение получают мелкие суда с притуплённым носом и носовым транцем (форшпигелем). Такая носовая оконечность обеспечивает хорошую плавучесть на волне и высокую остойчивость при крене.

В кормовой части обвод палубы имеет второстепенное значение. На глиссирующих катерах кормовые шпангоуты иногда имеют завал борта, и палуба у них сужается к транцу. Это несколько ухудшает поведение судна на циркуляции. На современных катерах, как правило, наружный развал шпангоутов идет по всей длине судна.

**Линия палубы (борта)** на проекции «Бок». Характер этой линии выбирается в зависимости от мореходных качеств судна, его обитаемости, а главным образом от архитектурного облика. Эта линия может иметь вид плавной кривой (выпуклостью вверх или вниз) либо вид прямой (наклонной или горизонтальной). Для тихоходных катеров предпочтительна палуба с нормальной седловатостью, обращенной выпуклостью вниз. Профиль такой линии как бы следует профилю волны. Самую нижнюю точку линии палубы лучше располагать в кормовой трети длины, а не на миделе, что создает впечатление легкого дифферента на корму и улучшает внешний вид судна.

Для глиссирующих катеров и моторных лодок практичнее прямая линия или даже линия с обратной седловатостью—выпуклостью вверх. При такой палубе дифферент на корму кажется меньшим, а поднимающийся на ходу нос не так мешает обзору по курсу. Иногда палуба с обратной седловатостью применяется на яхтах и катерах с целью увеличения высоты помещений.

**Обвод мидель-шпангоута.** В надводной части бортовые ветви шпангоутов поднимаются вертикально или имеют развал наружу, улучшающий остойчивость. Небольшой завал шпангоутов внутрь делается на парусных яхтах, чтобы улучшить обтекание корпуса водой на крене (преждевременный вход палубы в воду на крене к тому же увеличивает сопротивление).

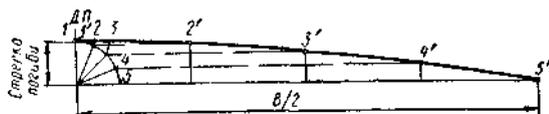


Рис. 8. Построение кривой погибы бимсов.

Килеватость днища — особая форма днища лодки в виде двугранного (внутреннего) угла по всей длине судна. У глиссирующего судна важной характеристикой является угол внешней килеватости между касательной к обводу мидель-шпангоута и основной плоскостью на одном борту.

**Обводы носовых шпангоутов.** Для мореходных катеров важно обеспечить мягкую, без ударов и зарывания в воду, встречу с волной, поэтому их носовая оконечность должна быть достаточно острой, но с плавным развалом в надводной части.

**Обводы кормовых шпангоутов.** Обводы кормовой части находятся в тесной зависимости от расчетной скорости судна. У тихоходных судов они имеют значительную килеватость. У более быстроходных килеватость уменьшается, но соответственно увеличивается ширина транца у КВЛ, а радиус скругления скулы уменьшается. Для глиссирующих судов характерна острая скула и незначительная килеватость днища в корме (см. рис. 6).

**Диагонали (рыбины).** С помощью этих линий производится построение и согласование теоретического чертежа парусных килевых яхт и других судов, имеющих значительную килеватость днища. Для судов других типов диагонали играют второстепенную роль и применяются в основном для контроля согласованности обводов.

На правильно построенном теоретическом чертеже диагонали имеют вид плавных кривых, без изломов или местных выпуклостей; любые изломы диагоналей свидетельствуют о нарушении соответствия между точками на проекциях «Корпус» и «Полуширота».

**Погибь бимсов.** Погибь бимсов (и, следовательно, выгиб палубы вверх в поперечных сечениях) выполняется для того, чтобы вода, попавшая на палубу, скатывалась к бортам. Стрелка погиби может иметь различную величину: для более крупных судов — от 1/40 до 1/60 ширины палубы, для мелких — от 1/20 до 1/40. Палуба рубки может быть выполнена с еще большей стрелкой погиби.

Существует несколько способов построения кривой погиби бимсов; простейший из них показан на рис. 8. При ДП проводится четверть окружности с радиусом, равным выбранной стрелке погиби. Полученная дуга окружности делится на 3—6 равных частей. На такое же число частей делится полуширота палубы. Через точки делений проводятся взаимно перпендикулярные линии, точки пересечения которых определяют кривую погиби бимсов 1'—2'—3'—4'—5'.

При разработке теоретического чертежа конструктор должен учитывать также положение центров тяжести площадей ватерлиний и центра

величины, или центра плавучести для водоизмещения, распределение подводного объема по длине судна и по осадке и т. п. Все эти характеристики определяют остойчивость судна, его дифферент и зависят от распределения веса корпуса, двигателя, команды и пр.

**Учет технологических требований.** При построении теоретического чертежа, помимо приведенных выше соображений учитывают особенности материала корпуса и технологии постройки. Наименьшие ограничения на выбор обводов накладывает использование в качестве основного материала корпуса стеклопластика, шпона или стеклоцемента. В этом случае приходится заботиться только о возможности выемки корпуса из матрицы (или съема с пуансона). Так, при изготовлении корпуса в цельной матрице или на пуансоне необходим небольшой ( $2-5^\circ$ ) развал бортов, транца, боковых стенок киля и т. п. наружу. При наличии завала борта матрица или сам корпус должны быть разъемными.

При обшивке рейками необходимо знать минимальные радиусы гибки, при которых не требуется распаривания заготовок перед установкой (см. стр. 35).

При постройке металлических судов также нельзя не учитывать того, что всякого рода двойная кривизна обшивки требует горячей гибки листов или применения особого пресового оборудования, изготовления значительного количества гибочных каркасов, постелей, шаблонов и т. п.

Поверхности судов с фанерной обшивкой должны развертываться на плоскости — быть цилиндрическими или коническими, так как этот материал можно изгибать только в одном направлении, потому что он не имеет способности к пластической деформации. Теоретический чертеж таких судов проектируется лучевым методом<sup>1</sup>.

Из сказанного можно понять, что нельзя произвольно изменять размерения и обводы корпуса, так как это обязательно повлечет за собой и изменение качеств судна на воде. И может случиться, что, скажем, удлинив корпус за счет увеличения расстояний между шпангоутами, строитель вообще не сможет добиться плавности обводов. Но способы изменения размеров мы еще будем рассматривать ниже.

<sup>1</sup> См статью Д. А. Курбатова «Проектирование яхт любительской постройки» («Катера и яхты», вып. 1 Л, 1963), а также книгу Л. Л. Ермаша, И. П. Иванова и П. З. Неймана «Клееная древесина в катеростроении» (Л, Судпромгиз, 1950).

### §3 ВОДОИЗМЕЩАЮЩИЕ КАТЕРА

Конечно, все замечали волны, которые расходятся в стороны от носа и кормы идущего судна; хорошо видны и поперечные волны, перпендикулярные к направлению движения судна. И расходящиеся и поперечные волны появляются вследствие изменения давления воды вдоль корпуса судна во время его движения.

Величина волнового сопротивления, которое приходится преодолевать судну при движении, зависит от относительной скорости  $v/j \sim L$ , где  $v$  — скорость судна в м/сек,  $L$  — длина по конструктивной ватерлинии в м.

В судостроении обычно вместо этой характеристики пользуются безразмерной величиной — числом Фруда, которое отличается от приведенного отношения введением под знак корня в знаменателе постоянной величины — ускорения силы тяжести  $g = 9,81$  м/сек<sup>2</sup>:  $Fr_z =$

$\frac{v}{\sqrt{g \cdot L}}$   
Чем большую скорость будет развивать судно, тем выше и длиннее будут образуемые его корпусом волны, а следовательно больше будет и волновое сопротивление, и тем большую массу воды придется судну вовлекать в движение, расходуя на это все большую энергию двигателя.

Увеличение волнового сопротивления при повышении скорости хода происходит значительно интенсивнее, чем сопротивления, вызываемого трением воды об обшивку судна (сопротивления трения). Важно отметить, что растет волновое сопротивление не плавно (рис. 9), а по кривой, имеющей местные перегибы, максимумы. Это является отражением интерференции поперечных волн, образующихся у носовой и за кормовой частями корпуса судна. Если вершина носовой волны будет совпадать с вершиной кормовой волны, то общая высота волны

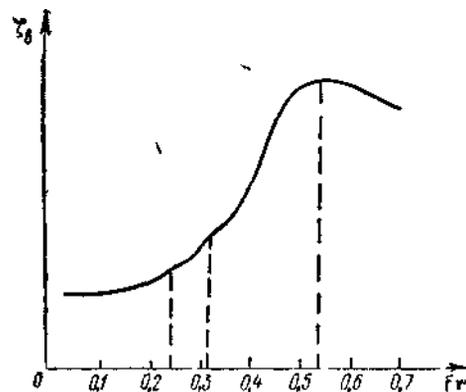


Рис. 9. Зависимость коэффициента волнового сопротивления  $\zeta_b$  от числа Фруда  $Fr$ .

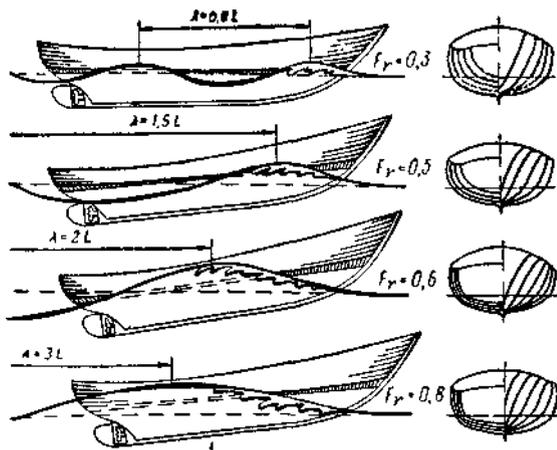


Рис. 10. Схема образования поперечных волн в зависимости от относительной скорости лодки (от числа Фруда). Справа показаны оптимальные обводы корпусов для данной скорости.

>. — длина волны (расстояние между соседними гребнями),  
 $L$  — длина лодки по КВЛ.

возрастет, и наоборот, когда гребень носовой волны придется на впадину кормовой волны, произойдет как бы выравнивание взволнованной поверхности воды. В первом случае волновое сопротивление возрастет, во втором уменьшится, отсюда и такой характер кривой.

Число Фруда характеризует расположение системы волн, поднимаемых судном, относительно его корпуса. Например, при  $Fr = 0,31$  на длине корпуса судна, независимо от его размеров, всегда будут располагаться два гребня (рис. 10), а впадина носовой волны совпадает со впадиной кормовой волны. Такое явление объясняется так называемым законом подобия, основываясь на котором можно сравнивать по обводам (и выбирать из них лучшие) суда любой длины, имеющие одинаковую относительную скорость, или число Фруда. Нетрудно представить, что абсолютная скорость сравниваемых судов, имеющих большую длину, будет выше (рис. 11). Следует заметить, что, при одинаковом числе  $Fr$ ; и близких обводах, на создание волн затрачивается примерно одна и та же удельная мощность (мощность двигателя в лошадиных силах, приходящаяся на 1 т водоизмещения судна).

Лучшие результаты ( $Fr = 0,31$ ) дают плавные, заостренные в корме по ватерлиниям обводы с выходящими из воды и достаточно круто поднимающимися вверх линиями батоксов. Применяется вельботная<sup>1</sup>, крейсерская<sup>2</sup>, как у каное,

<sup>1</sup> Вельботная корма — заостренная, почти как в носу, кормовая оконечность с ахтерштевнем, на который навешивается руль.

<sup>2</sup> Крейсерская корма — то же, что вельботная, но с рулем, размещенным под кормой.

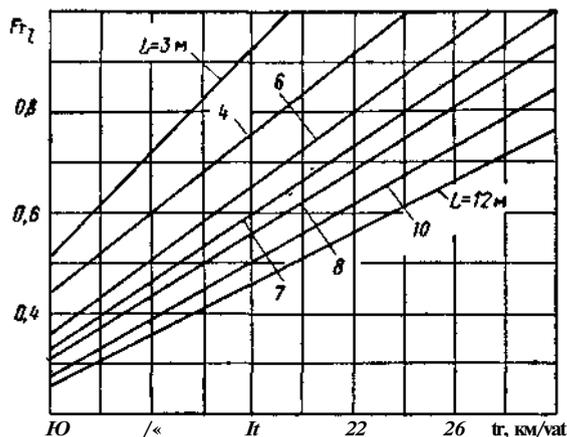


Рис. 11. Зависимость числа Фруда от скорости и длины судна.

и транцевая формы кормы, причем в последнем случае днище у транца имеет значительную килеватость, а сам транец обычно в воду не погружается.

Для уменьшения сопротивления трения на судах этого типа важно максимально уменьшить площадь подводной (смоченной) поверхности корпуса.

Для рассматриваемого значения относительной скорости характерна сравнительно небольшая потребная удельная мощность — примерно 1—1,5 л. с. на 1 т водоизмещения судна; при этом скорость судна с увеличением нагрузки практически изменяется мало.

При повышении относительной скорости,  $A$ , (длина поперечных волн — см. рис. 10) постепенно увеличивается и при  $Fr = 0,40$  становится равной длине корпуса судна, которое при этом будет идти на двух соседних гребнях поперечных волн. Соответственно будет возрастать и мощность, затрачиваемая на волновое сопротивление; теперь она будет составлять уже не половину, а около 70—80% от всей мощности двигателя. Лодка немного будет погружаться и получит легкий дифферент на корму, так как в корме гребень носовой волны в известной мере гасится подошвой кормовой волны.

Соответствующая описанной картине скорость для катеров длиной 4 м будет 9 км/час, длиной 20 м — 14 км/час. Еще небольшое увеличение скорости — всего на 3—4 км/час, и картина волнообразования резко изменится. Носовая волна станет длиннее лодки, лодка как бы начнет взбираться на гребень этой волны, высоко **задрав вое**. **Вот тут-то** конструктор и должен помочь судну одолеть эту «гору», т. е. сдвинуть в корму носовой гребень за счет большего заострения носовых обводов, а главное — не допустить при этом слишком большого погружения **кормы в воду**—

Таблица 1

Мощность двигателя и скорость водонемещающего катера

Длина по конструктивной ватерлинии, м	Водоизмещение, т	Тип кормы										
		Острая (типа канов, вельботная)		Транец и плоское днище					Транец и очень плоское днище либо острокосые обводы			
		Мощность при скорости катера, узлы (км/час — примерно)										
		5 (9,5)	6 (11)	7 (13)	8 (15)	9 (17)	10 (19)	11 (20)	12 (22)	13 (24)	14 (26)	15 (28)
6,1	0,5	1,0	1,7	2,9	4,7	7	10	12	14	17	19	22
	1,0	1,8	3,6	6,6	10,8	16	20	24	28	33	39	44
	1,5	2,6	5,7	11,0	17,0	24	30	36	43	50	58	67
	2,0	3,1	8,0	15,0	22,0	32	40	48	57	67	77	89
	3,0	3,7	12,0	24,0	33,0	48	59	72	85	100	116	134
7,6	2,0	2,4	5,0	10,0	17,0	25	34	42	50	59	68	78
	3,0	3,0	6,5	15,0	26,0	37	48	61	74	88	102	115
	4,0	4,0	8,7	22,0	36,0	50	64	84	100	117	136	155
	5,0	5,0	12,0	28,0	46,0	65	85	105	125	146	170	196
9,2	1,5	1,6	2,9	4,9	7,4	11	15	23	31	37	43	50
	2,0	1,9	3,6	6,4	10,4	15	22	32	42	50	58	67
	3,0	2,5	5,0	9,7	17,0	26	36	48	62	75	87	100
	4,0	3,0	6,4	13,0	26,0	37	51	64	83	100	116	133
	5,0	3,3	7,7	16,0	32,0	46	66	80	104	125	145	167
	6,0	3,5	8,8	19,0	39,0	56	79	96	125	150	174	200
	8,0	4,0	11,0	26,0	51,0	74	105	128	166	200	232	267

Пример пользования таблицей. Требуется подсчитать мощность двигателя, необходимую для движения со скоростью 20 км/час катера длиной 8,5 м и водоизмещением 2 т.

Из таблицы для  $v = 20$  км/час и водоизмещения 2 т находим необходимые мощности для катеров, имеющих длину меньше и больше заданной, т. е.  $L_1 = 7,6$  м и  $L_2 = 9,2$  м; при  $L_1 = 7,6$  мощность  $N_1 = 42$  л. с., при  $L_2 = 9,2$  м  $N_2 = 32$  л. с.

Разность в длинах:

$$L_2 - L_1 = 9,2 - 7,6 = 1,6 \text{ м.}$$

Разность в соответствующих им мощностях:

$$N_2 - N_1 = 42 - 32 = 10 \text{ л. с.}$$

Потребная мощность на 1 м длины судна в рассматриваемом диапазоне длин:

$$10 : 1,6 = 6,25 \text{ л. с.}$$

Разность между длиной 9,2 м и заданной длиной:

$$9,2 - 8,5 = 0,7 \text{ м.}$$

Мощность для катера длиной 8,5 м составит

$$N = 32 + 6,25 \cdot 0,7 = 36,5 \text{ л. с.}$$

Для катеров, рассчитанных на еще более высокие скорости ( $F_r = 0,8$ ч-1,2) характерна широкая плоская корма с погруженным в воду транцем. Осадка транца равна примерно четверти наибольшей осадки корпуса; подводный объем, таким образом, смещается в корму еще больше, чем в предыдущем случае (соответственно перемещается и гребень носовой поперечной волны). Линии батоксов в корме более пологие, поэтому на днище возникает уже достаточной величины гидродинамическая подъемная сила, выравнивающая катер на ходу. Если посмотреть за корму такого катера, можно увидеть, что две струи воды, срывающиеся с бортов у транца, смыкаются далеко за кормой, как бы увеличивая длину корпуса.

Катер со слишком узким транцем или с большой килеватостью днища в корме буквально

проваливается кормой в воду; за его транцем образуются завихрения, поглощающие энергию двигателя. Дифферент на корму при вельботной или крейсерской корме может составлять 5—7°; подобные катера достигают относительной скорости 0,5—0,6 ( $F^{\wedge} = 0,5$ - $^{\wedge}0,6$ ) только за счет установки очень мощного двигателя.

При правильных обводах корпуса и  $F_r = 0,5$ -г-0,7, на волнообразование тратится уже 85—90% мощности двигателя, которая обычно равна 15—20 л. с. на 1 т водоизмещения. Судно становится чувствительным к увеличению нагрузки и изменению положения центра тяжести.

При дальнейшем увеличении скорости (до  $F_r = 0,8$  ч-0,9) гребень носовой волны перемещается в кормовую часть судна. Если днище здесь достаточно плоское и с пологими, почти

горизонтальными линиями батоксов, то благодаря действующей на него гидродинамической подъемной силе судно будет всплывать, рост волны приостановится, и судно пойдет в близком к глиссированию режиме. Но, помимо обводов днища, все более существенную роль будет играть нагрузка судна. Если полный вес превышает 35 кг на 1 л. с. мощности двигателя, перехода в глиссирование может и не наступить.

Выше речь шла об обводах, рекомендуемых для некоторых наиболее характерных диапазонов скоростей судна. Какой же мощности двигатель нужно взять для достижения той или иной заданной скорости при условии, что обводы корпуса будут выполнены оптимальными? Достаточно точный ответ можно получить из табл. 1, составленной по данным большого числа построенных катеров. Из этой таблицы особенно хорошо видно, как сильно влияет на потребную мощность длина корпуса. Например, для скорости 15 км/час катеру длиной по ватерлинии 6 м и водоизмещением 2,0 т требуется двигатель в 22 л. с. Катер того же водоизмещения и с тем же двигателем, но длиной 9,2 м, пойдет на 4 км/час быстрее (или при сохранении той же скорости 15 км/час может принять дополнительно 1,5 т полезного груза). Такое влияние длины корпуса должно быть для нас уже понятно: ведь с ее увеличением при данной скорости понижается число Фруда, уменьшаются потери на волнообразование. Не случайно поэтому катера с маломощными двигателями строят максимально длинными, чаще 6–10 м, и узкими.

Из других характерных соотношений размеров водоизмещающих катеров, наиболее существенно влияющих на их ходовые качества и остойчивость, следует отметить относительную длину  $L/D^{1/3} = 5$  ч-6; отношения  $L/B = 3,2$ -4-4,5 и  $B/T = 3,5$ -4-5,5.

#### §4

#### БЫСТРОХОДНЫЕ ГЛИССИРУЮЩИЕ СУДА

Как уже говорилось, при относительных скоростях выше 1,2 ( $F_r > 1,2$ ) заметной величины достигает гидродинамическое давление на днище, уравновешивающее часть или даже весь вес судна. Судно, имеющее рассчитанные на этот режим движения обводы, всплывает и скользит по поверхности воды. На преодоление сил сопротивления воды при этом затрачивается значительно меньше энергии, чем у судна водоизмещающего типа.

Идеальный для рассмотрения основ глиссирования пример — водные лыжи. Их плавучести недостаточно, чтобы поддерживать спорт-

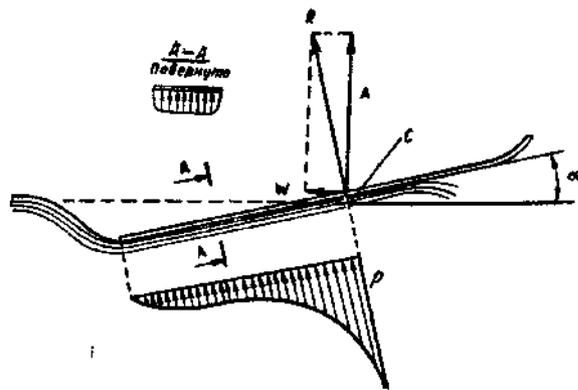


Рис. 12. Схема сил, действующих на глиссирующую поверхность лыжи.

$\alpha$  — угол атаки;  $R$  — результирующая гидродинамического давления на поверхность лыжи;  $A$  — подъемная сила, воспринимая вес;  $W$  — сила сопротивления воды движению вперед;  $p$  — гидродинамическое давление.

смена на воде, зато на ходу они обеспечивают это вполне.

Взглянем на лыжу сбоку (рис. 12). Вода, ударяясь о нее, разделяется на два потока. Основной из них перемещается к заднему концу лыжи; другой, в виде тонкой пелены брызг, отбрасывается вперед, как бы прилипая к поверхности лыжи. В точке  $C$ , где потоки разделяются и вода встречается с лыжей под прямым углом, вся энергия набегающего на поверхность лыжи потока превращается в гидродинамическое давление — в скоростной напор. Из физики известно, что давление на пластину, поставленную перпендикулярно потоку, пропорционально квадрату скорости  $v$  и массовой плотности воды  $\rho$ , т. е.

$$p = \frac{1}{2} \rho v^2,$$

где  $\rho = 102$  кг-см<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>;  $v$ —м/сек.

Часть воды, движущаяся назад, приобретает все большую скорость, а давление на поверхность лыжи соответственно падает. На кормовом срезе лыжи давление становится равным нулю. Распределение давления по длине лыжи зависит от угла атаки  $a$  (рис. 13): при его увеличении равнодействующая сил давления смещается к задней кромке лыжи, и наоборот. Поперек лыжи давление убывает незначительно, а на самых боковых кромках резко падает до атмосферного. Вода из-под лыжи выбивается здесь в виде сильных поперечных струй.

Точно так же действуют гидродинамические силы и на днище глиссирующего судна. Существует связь между подъемной силой  $L$ , скоростью  $v$ , весом (весовым водоизмещением) катера  $D$ , шириной рабочего участка днища  $B$  и его углом атаки  $a$ .

Упрощенно эту зависимость можно представить следующим образом.

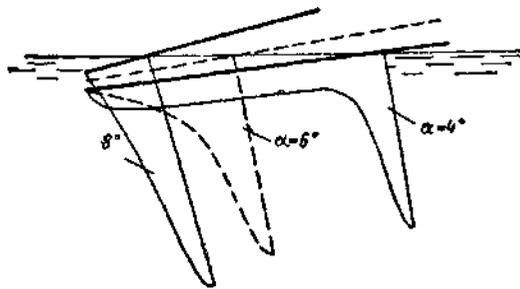


Рис. 13. Распределение гидродинамического давления по длине лыжи в зависимости от угла атаки  $\alpha$ .

Чем больше судно, т. е. чем оно тяжелее, тем большая подъемная сила требуется, чтобы вытолкнуть его на глиссирование. Значение подъемной силы  $A$  глиссирующего судна практически должно быть равно его весу  $D$  (если не учитывать составляющей, в данном случае незначительной, которая, согласно закону Архимеда, равна весу вытесненной судном воды).

Подъемная сила создается за счет скоростного напора, следовательно, можно считать ее пропорциональной квадрату скорости. Понятно, что чем большая площадь подвергается воздействию скоростного напора, тем выше суммарное давление на днище судна. В расчетах же обычно учитывают не площадь днища, смоченная длина которого у глиссирующего судна непостоянна, а квадрат его ширины.

С увеличением в определенных пределах угла набегания потока воды на днище (угла атаки  $\alpha$ ) результирующая гидродинамического давления  $R$  и подъемная сила  $A$  также возрастают.

Относительную скорость глиссеров конструкторы выражают уже не через длину судна, а через его водоизмещение:

$$Fr_D = \frac{v}{\sqrt{g^3 D}},$$

где  $v$  — скорость судна, м/сек;  $g = 9,81$  — ускорение силы тяжести, м/сек<sup>2</sup>;  $D$  — водоизмещение, т.

Если относительная скорость судна  $Fr_D = 3$ , то можно говорить, что оно глиссирует (рис. 14, сопротивление  $W$  уменьшилось).

Для характеристики подъемной силы пользуются коэффициентом динамической нагрузки

$$c_B = \frac{D}{\frac{1}{2} \rho v^2 B^2},$$

где  $B$  — ширина рабочего участка днища.

У прогулочных моторных лодок с днищем малой килеватости этот коэффициент обычно равен 0,03—0,08, но оптимальные его зна-

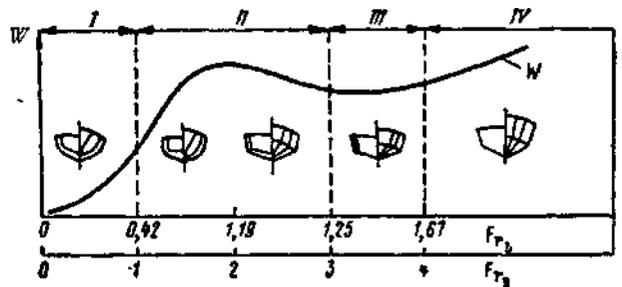


Рис. 14. Характерные режимы движения и обводы катеров.

*I* — режим плавания (круглоскулые обводы); *II* — переходный режим (круглоскулые обводы с плоским глиссирующим днищем у транца или остроскулые); *III* — режим глиссирования (остроскулые обводы с умеренной килеватостью днища в корме); *IV* — режим глиссирования (остроскулые килеватые обводы; при  $Fr_D > 6$  — «глубокое V» в сочетании с продольными ребрами).

чения (0,10—0,15) могут быть достигнуты на легких гоночных судах, обладающих высокой скоростью хода и сравнительно небольшой шириной днища.

И, наконец, еще один коэффициент, связывающий вес судна с сопротивлением воды его движению, — коэффициент глиссирования  $\epsilon = W/D$ , называемый иногда *обратным гидродинамическим качеством судна*. Чем ниже этот коэффициент, тем меньшая мощность двигателя требуется для того, чтобы вывести на глиссирование судно данного веса. Для большинства малых катеров и лодок с подвесными моторами  $\epsilon = 0,18$  ч  $0,25$ .

Минимальным коэффициентом глиссирования обладает судно с совершенно плоским днищем в сочетании с острой скулой. На нем развивается наибольшее гидродинамическое давление; выходящие по бортам струи воды отсекаются скулами и не замыкают борта. Однако при ходе даже против небольшой волны судно получает очень жесткие удары в днище: ведь оно встречается с каждой волной сразу всей своей шириной.

Есть и другой недостаток у плоскодонного корпуса, который проявляется на большой скорости. Гидродинамическая подъемная сила, как уже отмечалось, пропорциональна квадрату скорости, эффективной площади днища (или, для упрощения, квадрату ширины) и углу атаки. Но так как вес судна  $D$  во время плавания не изменяется, то нужно, чтобы и подъемная сила имела постоянную величину. Значит, при повышении скорости судна должна уменьшаться или рабочая площадь днища, или угол атаки, или то и другое одновременно. При этом, чтобы глиссирование было устойчивым, положение центра давления воды на днище относительно центра тяжести тоже должно сохраняться.

На плоскодонной лодке смоченная ширина днища — величина постоянная, следовательно,

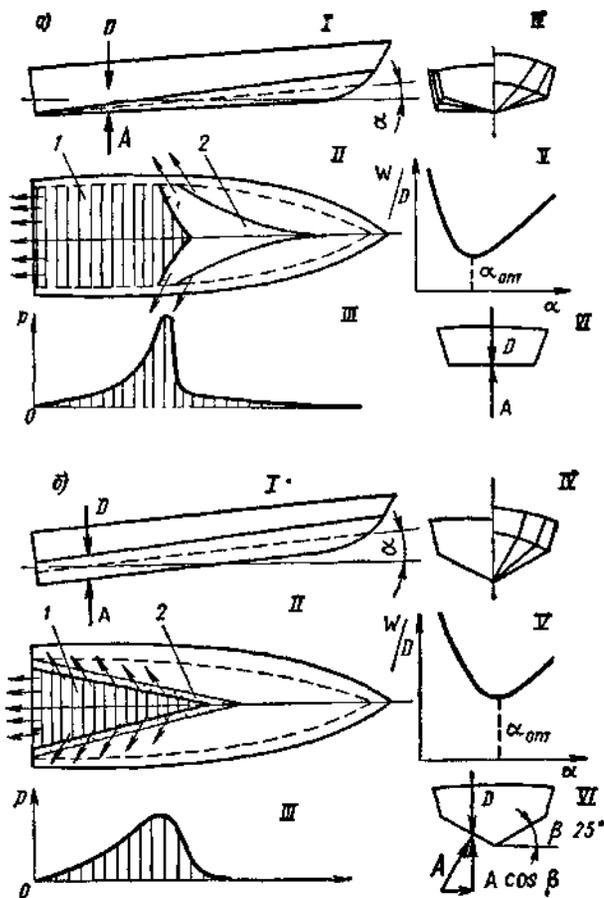


Рис. 15. Сравнение катеров с плоским днищем (а) и с повышенной килеватостью днища (б).

I — положение ходовой ватерлинии; II — схема обтекания днища, III — распределение гидродинамического давления по длине днища, IV — теоретический корпус, V — коэффициент глссирования в зависимости от угла атаки, VI — схема действия подъемной силы  $A$  и веса катера  $D$ ,  $W$  — сопротивление воды  $p$  — гидродинамическое давление,  $\alpha$  — угол атаки  
I — смоченная поверхность днища, 2 — область интенсивного образования брызговых струй

уменьшать рабочую площадь можно только за счет смоченной длины, т. е. увеличивать угол атаки. Очевидно, гидродинамическая подъемная сила с увеличением скорости может превышать вес судна. В этих случаях судно начинает прыгать, или дельфинировать, как называется это явление неустойчивого глссирования. Вследствие этих недостатков в настоящее время плоскодонным обводам предпочитают килеватые. Катер с килевато-клиновидным днищем мягче встречает волну. Например, при относительной скорости  $F_{гв} = 4$  и длине волны, несколько большей его длины, катер с килеватостью днища  $5^\circ$  испытывает удар, в 15 раз превышающий его вес, а с килеватостью  $20^\circ$  — только в 6 раз. Кроме того, килеватые катера оказываются более устойчивыми на курсе при ходе на взволнованной поверхности и имеют более плавную качку

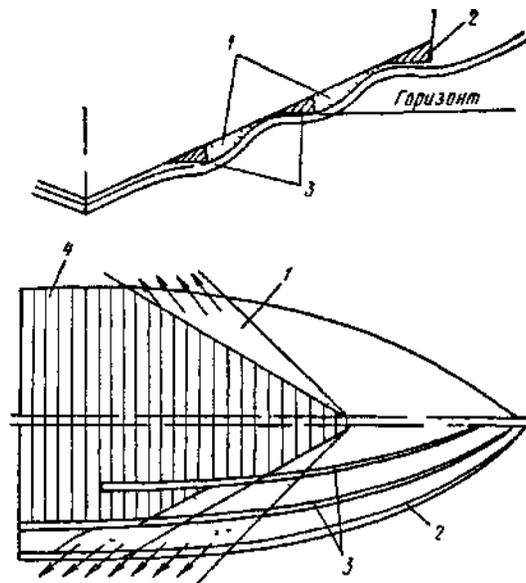


Рис. 16. Схема действия реданов и брызгоотбойников.

1 — область образования брызговых струй, 2 — скуловой брызгоотбойник, 3 — продольные реданы, 4 — смоченная поверхность днища

и меньший радиус циркуляции. Эти качества сделали глссирующие катера с повышенной килеватостью днища незаменимыми на крупных водохранилищах и для морского плавания. Но при повышенной килеватости днища подъемная сила составляет лишь часть гидродинамического давления, действующего перпендикулярно днищу. Она равна произведению результирующей сил давления  $A$  на косинус угла внешней килеватости днища (рис. 15). Чем больше угол килеватости днища, тем больше будет его смоченная поверхность и, следовательно, тем больше будет сопротивление движению катера от трения обшивки о воду. Таким образом, чтобы получить такую же скорость, как и у плоскодонного судна, судну с повышенной килеватостью потребуется более мощный двигатель. Иными словами, килеватые катера имеют более высокий коэффициент глссирования  $\delta$ .

Компенсировать потерю гидродинамического качества на килеватом корпусе можно за счет установок на днище продольных реданов и скуловых брызгоотбойников (рис. 16). Каждый редан работает подобно рассмотренной выше схеме (рис. 12), с той лишь разницей, что ширина его глссирующей поверхности, измеряемая поперек набегающего потока, во много раз больше длины.

Кроме создания дополнительной подъемной силы, реданы отсекают часть воды от днища судна и уменьшают его смоченную поверхность. При достаточно высокой скорости (около 40 км/час) судно длиной 4—5 м может даже

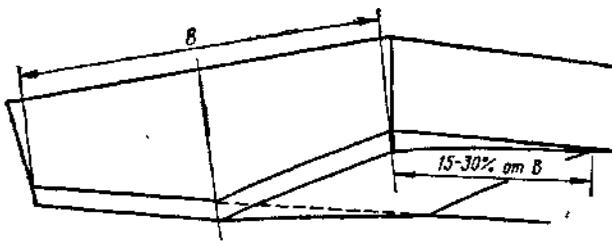


Рис. 17. Клиновидная наделка на днище для уменьшения ходового дифферента.

глиссировать на ближайших к скуле реданах. При этом достигается то, чего нельзя получить на плоскодонном корпусе, — уменьшается ширина несущей поверхности днища, глиссирование становится устойчивым даже при изменении положения центра тяжести по длине катера в широких пределах.

Оговоримся, что под повышенной килеватостью днища понимается угол внешней килеватости в  $15-22^\circ$ , при котором можно получить и достаточно ощутимое снижение ударных перегрузок при ходе на волнении, и эффект от применения реданов. В данной книге помещены проекты моторных лодок «Косатка» и «Суперкосатка», обводы которых близки к «глубокому V» (так обычно называют корпуса с килеватостью выше  $20^\circ$  на всей рабочей части длины днища — от миделя до транца). Оба корпуса рассчитаны на эксплуатацию со скоростью  $35-45$  км/час, что может быть достигнуто при сравнительно небольшой удельной нагрузке ( $15-20$  кг на 1 л. с. мощности мотора). В расчет принимается полный вес лодки — с мотором, пассажирами, запасом топлива и т. п. При недостаточной мощности двигателя или перетяжелении конструкции и оборудования судно не выйдет на режим глиссирования и будет плавать в водоизмещающем режиме. На скоростях  $18-20$  км/час транец останется погруженным в воду, а для этого режима, как мы имели возможность убедиться выше, нужны совершенно другие обводы.

Глиссирующая лодка с минимальной килеватостью днища ( $4^\circ$  на транце) представлена в книге польской моторной лодкой «Суперальга». Высокое гидродинамическое качество плоскодонного корпуса позволяет ей глиссировать с большей удельной нагрузкой — до  $25$  кг на 1 л. с. и развивать высокую скорость. Однако, как показал опыт, эти преимущества полностью утрачиваются, стоит только лодке выйти на волну: из-за сильных ударов водителю «Суперальги» приходится снижать скорость хода.

Кроме нагрузки и мощности для глиссирующих лодок большое значение имеет положение центра тяжести по длине. Ведь гидродинами-

ческое давление на днище распределяется по определенному закону (см. рис. 12—13), и, если переместить нагрузку в нос или в корму, сразу же изменится угол атаки днища. Если он станет меньше оптимального, увеличится смоченная поверхность днища (следовательно, и трение его о воду), упадет подъемная сила; если угол атаки чрезмерно увеличится, резко возрастет сила сопротивления. В обоих случаях скорость лодки снизится. Близкие к оптимальным результаты получаются, если центр тяжести лодки с учетом веса корпуса, оборудования, двигателя, топлива и пассажиров располагается на расстоянии  $30-40\%$  его длины от транца. Это нужно учитывать при замене двигателя, перепланировке кокпита и при других изменениях в проектах.

Если после постройки лодки обнаружится чрезмерная кормовая центровка (судно будет иметь большой дифферент на корму), дело можно поправить. Кроме перемещения в нос запасов топлива, снабжения, сидений пассажиров, можно добиться требуемого результата смещением в корму точки приложения подъемной силы за счет установки на днище у транца по всей ширине лодки клина (из дерева или пенопласта (рис. 17). Ширина клина принимается обычно равной  $150-300$  мм, а высота выбирается с таким расчетом, чтобы его угол составлял  $3-5^\circ$ . В корме из-за увеличения угла атаки возникает дополнительное гидродинамическое давление, которое и выравнивает лодку. Если действие клина окажется чрезмерным, т. е. если смоченная длина катера сильно увеличится, достаточно немного сострогать клин, чтобы увеличить скорость. Тот

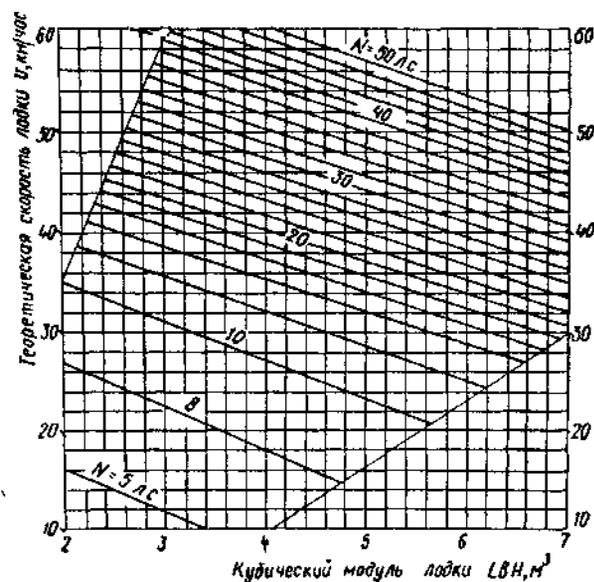


Рис. 18. График для ориентировочного расчета скорости и мощности двигателя моторных лодок длиной  $2,5-5,5$  м с подвесными моторами.

же результат может быть получен с помощью регулируемых транцевых плит (см. рис. 238, стр. 185), угол атаки которых можно изменять в зависимости от нагрузки.

При постройке глиссирующих судов кроме строгой проверки веса деталей и узлов большое значение имеет и соблюдение точных размеров, особенно в рабочей кормовой части днища. Достаточно допустить небольшой подъем днища или даже скулы, как движение судна становится неустойчивым, оно начинает дельфинировать. Все продольные кромки скул, реданов и транца должны быть по возможности острыми, а рабочие грани реданов и брызгоотбойников — иметь заданный наклон к горизонту, иначе движение судна будет сопровождаться большим брызгообразованием и дополнительными потерями мощности.

Какую же скорость может развить глиссирующая моторная лодка с подвесным мотором? Для предварительной оценки можно воспользоваться графиком, представленным на рис. 18. Он составлен по результатам испытаний большого числа моторных лодок, имеющих нормальные соотношения главных размерений и соответствующее оборудование. Перемножая длину лодки  $L$ , ширину  $B$  и полную высоту борта  $H$  на миделе, отложим полученное значение на нижней оси графика и восстановим перпендикуляр к ней в этой точке. Пересечения его с прямыми, соответствующими мощностям подвесных моторов, дадут на вертикальной оси предполагаемую скорость. Например, для моторной лодки «Суперальга»  $LBH = 4 \cdot 1,6 \times 0,57 = 3,65 \text{ м}^3$ . При мощности мотора 12 л. с. можно ожидать максимальную скорость примерно 33 км/час, при 20 л. с. — 41,5 км/час, при 40 л. с. — около 56 км/час.

Однако бесконечно увеличивать мощность мотора нельзя, так как при резком повороте лодка может опрокинуться. Нормами технической инспекции ОСВОД допускается устанавливать подвесной мотор в зависимости от

Таблица 2

Значение допустимой мощности мотора в зависимости от коэффициента  $K$

Коэффициент $K$	До 40	40—45	46—49	50—53	54—57	Более 57
Допустимая мощность, л. с.	5	10	15	20	25	2K—90 * 3/4K—90 **

\* При наличии дистанционного управления и транца высотой 500 мм (или эквивалента в виде подмоторной ниши, кронштейна).  
\*\* Без дистанционного управления и при транце высотой менее 500 мм

коэффициента  $K$ , характеризующего остойчивость судна и вычисляемого по формуле

$$K = 10,6LB_{тр},$$

где  $L$  — наибольшая длина судна, м;  
 $B_{тр}$  — ширина по скуле на транце, м (берется с учетом выступающих брызгоотбойников, табл. 2).

Для случая «Суперальга» (см. стр. 145) коэффициент  $K = 10,6 \cdot 4,0 \cdot 1,30 = 55,12$ , следовательно устанавливать на ней подвесной мотор мощнее 25 л. с. нельзя.

## §5 ПАРУСНЫЕ ЯХТЫ

Современные парусные яхты, как правило, вооружаются треугольными парусами бермудского типа, позволяющими им ходить под углом к ветру. Такие паруса работают подобно крылу самолета: при обтекании паруса потоком воздуха на подветренной (выпуклой) его стороне создается разрежение, на наветренной — повышенное давление. Суммарное действие этих давлений может быть приведено к результирующей аэродинамической силе  $A$ , направленной перпендикулярно хорде паруса (рис. 19). Ее можно разложить на силу тяги  $T$  движущую судно вперед, и силу дрейфа  $D$ , сносящую яхту в подветренную сторону. При ходе под острым углом к ветру (на лучших яхтах до  $35^\circ$  — курс бейдевинд) сила дрейфа может вчетверо превышать силу тяги; при направлении ветра перпендикулярно курсу (галфвинд) они примерно равны, и при попутном ветре сила дрейфа практически отсутствует.

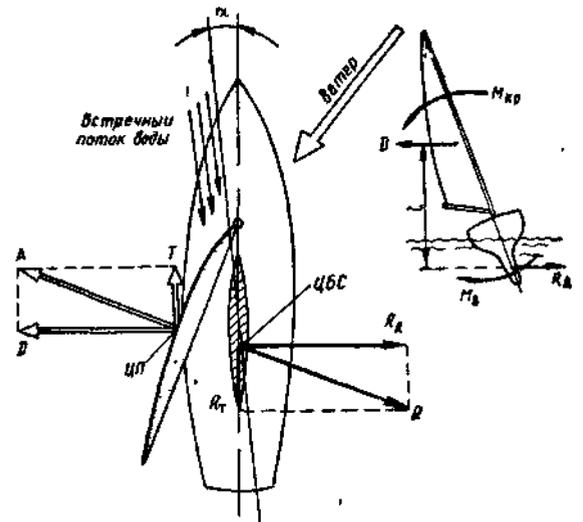


Рис. 19. Схема сил, действующих на яхту.

При плавании с постоянной скоростью сила тяги  $T$  расходуется на преодоление сопротивления воды  $R$  движению яхты, а сила дрейфа  $D$  компенсируется равной по величине и направленной в противоположную сторону силой сопротивления дрейфу  $R_d$ . Точки приложения сил —  $D$  и  $R_d$  соответственно центр парусности (ЦП) и центр бокового сопротивления (ЦБС) находятся на большом расстоянии друг от друга по вертикали, поэтому они создают кренящий момент  $M_{кр}$ , который уравновешивается (иначе бы яхта опрокинулась) противодействующим моментом остойчивости. Чем круче к ветру идет судно, тем больше сила дрейфа  $D$ , тем больше угол дрейфа  $\alpha$  и угол крена. Каждый, кто ходил на яхте, знает, что чем больше крен и дрейф, тем больше сопротивление воды, тем меньше скорость хода яхты. Усилия конструктора и строителя должны быть направлены на борьбу с этими вредными явлениями.

Обратимся опять к аналогии с самолетом. Известно, что величина подъемной силы зависит от формы и площади крыла, от угла атаки, от плотности и скорости набегающего потока. Это может быть записано так:

$$Y = C_y \frac{\rho v^2}{2} Q,$$

где  $C_y$  — коэффициент подъемной силы, зависящий от относительной длины крыла, профиля его поперечного сечения и угла атаки  $\alpha$ ;

$\rho$  — плотность набегающего потока;

$v$  — скорость потока;

$Q$  — площадь крыла.

Чем уже крылья и больше их размах, тем большую величину имеет коэффициент  $C_y$  при данном угле атаки. Пожалуй, даже неискушенный в аэродинамике читатель интуитивно чувствует, что самолет не поднимется в воздух, если его крылья сложить вдоль фюзеляжа.

Так же как подъемная сила, приложенная к крылу самолета, не дает ему упасть, сила сопротивления дрейфу  $R_{др}$ , возникающая при обтекании водой киля и направленная горизонтально, не дает яхте дрейфовать.

Существуют различные типы плавников и килей, которые во многом определяют тип самой яхты и ее эксплуатационные качества (рис. 20). Брусковый киль (рис. 20, а) ненамного увеличивает осадку судна, но зато и наименее эффективен в сопротивлении дрейфу. Из-за малого удлинения киля  $T/L$  достаточная сила сопротивления дрейфу образуется лишь при большом угле дрейфа. Яхты с такими киллями редко ходят круче  $45^\circ$  к ветру. В этом случае не помогает даже самое совершенное парусное вооружение.

Киль, показанный на рис. 20, б, образован плавными обводами днища. Такой киль обес\*

печивает яхте хорошие лавировочные качества, а благодаря глубокому размещению балластного фальшкиля — и отличную остойчивость. Применяется обычно на килевых яхтах морского плавания.

Плавниковый киль (рис. 20, в) не менее эффективен, чем киль типа «б», но проще в изготовлении. Применяется на облегченных морских яхтах и яхтах прибрежного плавания.

Бульбкий (рис. 20, г) аналогичен плавниковому килю, но изготавливается целиком сварным или литым.

За исключением судов с брусковым килем, все типы яхт обладают значительной осадкой, что является серьезным их недостатком при прибрежном морском или озерном плавании. Выход может быть найден в установке подъемного киля — шверта или скуловых килей. Швертбот имеет плоскодонный корпус с малой осадкой, что позволяет ему преодолевать мелко-

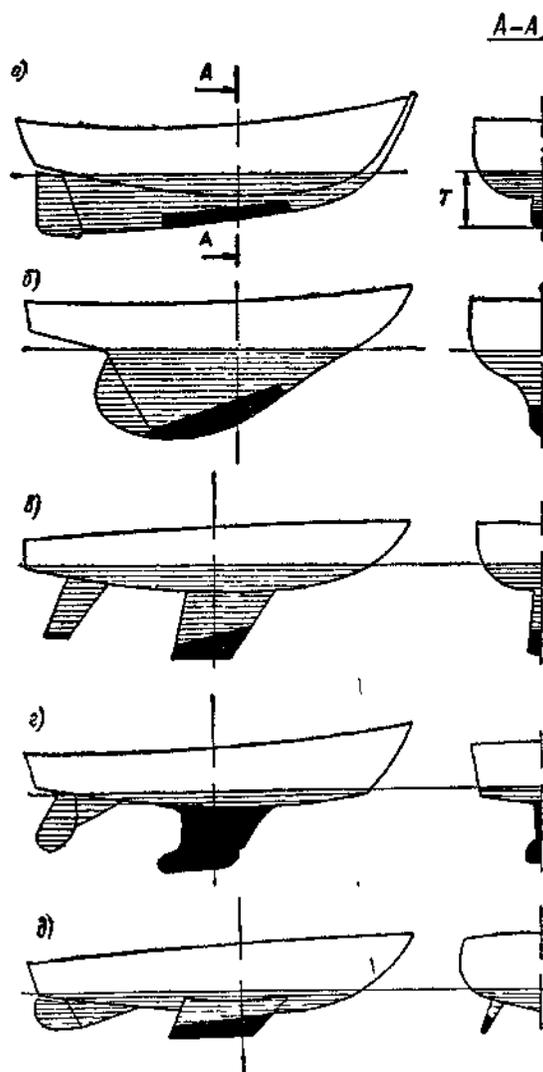


Рис. 20. Типы яхтенных килей.



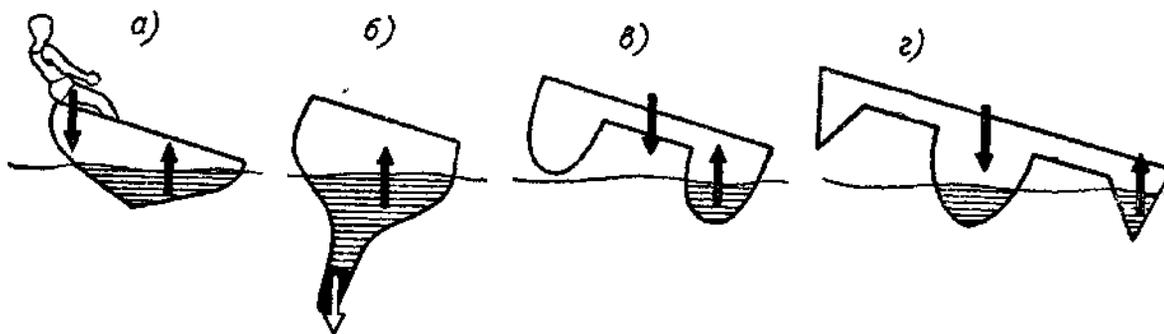


Рис. 22. Различные парусных яхт по способам противодействию крену: а — швертбот (откренивание весом экипажа); б — килевая яхта с балластным фальшкилем; в — катамаран; з — тримаран.

рость. Как правило, мощности, развиваемой парусами, достаточно лишь для того, чтобы развить максимальную скорость  $v$  не выше 2,43  $V$ .

Следовательно, при выборе обводов яхт справедливы все соображения, высказанные в разделе о водоизмещающих катерах и лодках. Дополнительно нужно учитывать еще и то, что яхта ходит с креном и что при крене нужно обеспечивать правильное положение корпуса на воде. Если, например, корма в надводной части имеет слишком полные обводы, при крене яхта получает дифферент на нос, ее киль оказывается направленным к набегающему потоку под меньшим углом атаки и она идет с большим дрейфом. Удовлетворительные лавировочные качества получаются лишь при хорошем продольном балансе поперечных сечений корпуса, правильном распределении веса по длине яхты и при плавной, почти симметричной форме ватерлинии на крене.

Не меньшее значение имеет и положение центра парусности ЦП относительно центра сопротивления (ЦС). Балансировка ЦП вперед от ЦС (или центровка), выражаемая в процентах от длины корпуса по КВЛ, зависит от типа обводов корпуса и парусного вооружения. Яхты с коротким плавниковым килем требуют более носовой, «увалистой» центровки (8—12% от  $L$ ), а с длинной килевой линией, наоборот, более кормовой (5—7% от  $L$ ). При вооружении с большим топовым стакселем центровка может быть увеличена до 14—16% от  $L$ . Эти пределы изменения центровки нужно учитывать при возможной перепланировке судна.

Иногда любители-судостроители используют мореходные остойчивые корпуса яхт в качестве катеров, устанавливая на них мощные автомобильные двигатели или подвесные моторы. В этих случаях нельзя забывать, что увеличение мощности двигателя сверх известного значения не дает значительного повышения скорости. Для яхт длиной 5—7 м по ватерлинии наиболее экономична скорость 10—15 км/час,

которая может быть обеспечена двигателем мощностью всего 2—4 л. с. на 1 т водоизмещения. Такие двигатели, как «Прибой», «Ветерок», «Москва», практически достаточны для любой яхты таких размеров. Тому же, кто хочет ходить со скоростью 20—30 км/час и при случае поднять паруса, нужно подумать о постройке специального катера, на котором паруса будут играть лишь вспомогательную роль.

## § 8 ПЯТЬ ЗАБОТ ДОМАШНЕГО СУДОСТРОИТЕЛЯ

Постройка судна на настоящей верфи никогда не обходится без участия конструктора. Не все узлы, предусмотренные в проекте, оказываются технологичными; в процессе постройки нередко приходится заменять материалы и оборудование; обнаруживаются неточности и ошибки, допущенные при разработке проекта. Все это учитывается конструктором при постройке первого (опытного) образца судна, а в последствии, при изготовлении следующих судов по тому же проекту, эти вопросы решать не приходилось. Домашний судостроитель чаще всего лишен возможности проконсультироваться с конструктором, и ему приходится принимать решения самостоятельно. К тому же хочется проявить и свою творческую инициативу, сделать судно более комфортабельным, приспособить к каким-то своим специфическим требованиям и условиям. Нередко в построенном любителем по опубликованным чертежам судне трудно обнаружить даже внешнее сходство с проектом. Очевидно, в этих случаях любитель становится соавтором проекта и должен, следовательно, в соответствии со своим участием принять на свой счет и огорчения по поводу неудачных результатов, и радость исполнения задуманного. Но какие бы переделки проекта не задумал строитель, пять основных заповедей он должен держать постоянно в центре своего внимания. Это те качества судна, которые обеспечиваю

безопасность его эксплуатации: остойчивость, непопляемость, мореходность, прочность корпуса и скорость.

Не вдаваясь в теорию, заметим, что *остойчивость* — способность судна противостоять крену и возвращаться в прямое положение — зависит главным образом от его ширины и положения центра тяжести по высоте. Чем шире корпус и ниже расположен центр тяжести, тем остойчивее и безопаснее судно, и наоборот. Причем изменение остойчивости прямо пропорционально изменению ширины в третьей степени. Поэтому уменьшение ширины даже на небольшую величину по сравнению с проектом крайне нежелательно. К ухудшению остойчивости приводит также утяжеление надводной части судна за счет высоких и тяжелых надстроек, чрезмерной толщины палубного настила, громоздкого оборудования в каюте. Но, пожалуй, наиболее существенно влияет на остойчивость самых малых судов расположение экипажа. Ведь вес экипажа не только сравним с весом судна, но даже часто и превышает его. Поэтому главное, к чему должен стремиться строитель, — это расположить людей как можно ниже. Следует избегать высоких сидений — на лодке достаточна высота банки 250—320 мм; пайолы кокпита должны быть опущены так низко, как только это позволяет высота набора днища.

*Непопляемость* — способность судна оставаться на плаву в случае опрокидывания, заливания его волной или получения пробоины в надводной части. На самых малых моторных лодках ее нетрудно обеспечить, закрепив в корпусе блоки из пенопласта. Необходимый объем их можно подсчитать, если учесть, что вес погруженной части корпуса лодки, мотора и оборудования становится меньше за счет вытесняемого ими объема воды. Например, дюралюминиевая лодка, имеющая вес 150 кг, в воде вытесняет объем

$$V = \frac{0,15}{2,73} = 0,055 \text{ м}^3,$$

Таблица 3

Коэффициенты плотности различных материалов для расчета веса затопленной лодки

Материал	Плотность, т/м <sup>3</sup>	Коэффициент плотности K
Сталь	7,85	0,88
Алюминий	2,73	0,63
Стеклопластик	1,70	0,41
Бакелизированная фанера	1,1	0,10
Дуб	0,63	-0,56
Сосна, ель	0,56	-0,78
Авиационная фанера	0,55	-0,81
Кедр	0,33	-1,95

где 2,73 т/м<sup>3</sup> — плотность дюралюминия. Следовательно, остается добавить примерно 0,1 м<sup>3</sup> пенопласта, чтобы поддержать на плаву неуравновешенные 95 кг конструкции плюс вес самого пенопласта.

Вес затопленной лодки G<sub>3</sub> можно определить по формуле

$$G_3 = G_k K_1 + G_n K_2 + G_d K_d,$$

где G<sub>k</sub> — вес корпуса, кг;  
G<sub>n</sub> — вес палубы и надстройки, кг;  
G<sub>d</sub> — вес двигателя, кг;  
/C<sub>и</sub> и /C<sub>2</sub> и /C<sub>д</sub> — коэффициенты плотности материалов корпуса, надстройки и конструкции двигателя.

Коэффициенты плотности для различных материалов приведены в табл. 3. Коэффициенты со знаком минус означают, что материал обладает избыточной плавучестью.

Коэффициент плотности подвесных моторов /C<sub>д</sub> берется обычно 0,55, механических установок со стационарными двигателями — 0,75.

Определим, например, погруженный вес моторной лодки «Суперальга», построенной из авиационной фанеры с мотором «Вихрь» (вес корпуса G<sub>k</sub> = 80 кг, вес оборудования — 15 кг, вес двигателя G<sub>d</sub> — 48 кг):

$$G_3 = -0,81 \cdot 80 + (-0,56 \cdot 15) + 0,55 \cdot 48 = -47 \text{ кг},$$

т. е. лодка в случае аварии будет плавать, имея еще резерв плавучести в 47 кг. В этом случае за лодку могут, находясь в воде, держаться руками 2—3 человека. Если же снабдить корпус дополнительным резервом плавучести в виде пенопласта, пассажиры даже смогут остаться в лодке, и, работая веслами, достичь берега. Однако количество и расположение пенопласта должно при этом удовлетворять определенным требованиям.

Согласно американским стандартам VIA (Boat Industry Association), например, такой резерв плавучести должен составлять не менее половины грузоподъемности судна. Для той же «Суперальги» необходимо иметь запас в 150 кг плавучести (полная грузоподъемность лодки — 4 человека или 4 · 75 = 300 кг). Следовательно, к уже имеющемуся запасу в 47 кг мы должны добавить еще 0,103 м<sup>3</sup> пенопласта. Если этот пенопласт расположить, например, в самом носу, то при аварии над водой окажется только одна носовая оконечность (рис. 23). Нельзя также закрепить его на днище, под пайолами, хотя бы и равномерно по всей длине корпуса: если лодку зальет волной, центр тяжести окажется слишком высоко, и она

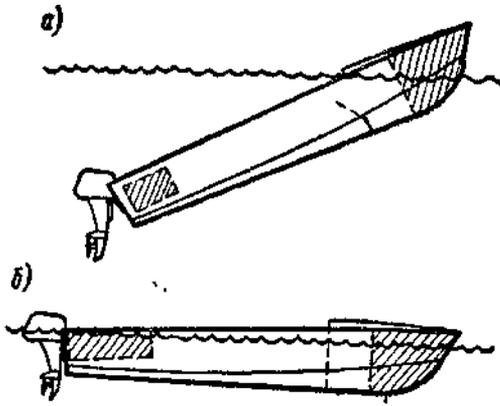


Рис. 23. Положение залитой водой лодки при недостаточном объеме пенопласта в корме (а) и при нормальном распределении запаса плавучести (б).

перевернется вверх дном. Только распределение пенопласта по бортам как можно ближе к палубе обеспечивает устойчивое положение лодки на воде. По правилам ВИА не менее 50% пенопласта должно быть закреплено в этом месте (рис. 24), остальное количество можно расположить под носовой палубой, под пайолами, кроме центральной части корпуса, где обязательно должно быть оставлено пустое место, которое при залипании лодки будет служить своеобразной балластной цистерной, помогающей судну сохранять прямое положение.

Выше мы рассмотрели случай, когда корпус, изготовленный из фанеры и дерева, обладал достаточной собственной плавучестью. Если же лодка построена из металла или пластика, то придется снабдить ее еще минимальным

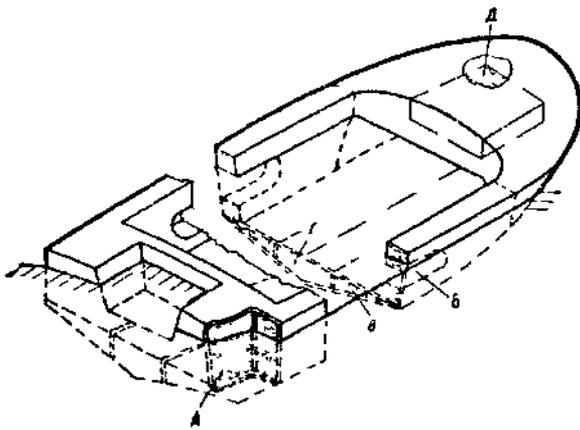


Рис. 24. Распределение запаса плавучести в корпусе моторной лодки по рекомендациям американского стандарта ВИА.

А — 50% минимального запаса плавучести распределяется на 30% длины лодки, В — 25% минимального запаса плавучести — на 30% длины кокпита; С и Д — рекомендуемые места для размещения 25% минимального запаса; F — не заполняемое пенопластом пространство — тоннель под пайолами.

запасом плавучести, уравнивающим ее вес при затоплении, определяемый по формуле (1). На лодке с подвесным мотором или с угловой колонкой 50% этого минимального запаса должно быть расположено вблизи транца, в пределах трети длины лодки; 25% запаса — по бортам в передней трети длины кокпита; остальные 25% — в любом другом месте корпуса.

Особое значение имеет непотопляемость для парусных швертботов, опрокидывание которых в свежий ветер не такое уж редкое явление. Основной запас плавучести на них обычно располагается в бортовых отсеках (см. проект «Креветки», стр. 214), воздушных ящиках или надувных емкостях, прикрепляемых к бортам изнутри. Когда такую лодку положит парусами на воду, то благодаря большой плавучести, сосредоточенной на борту, осадка ее будет невелика, а центр тяжести окажется поднятым высоко. Ухватившись за шверт, экипаж без особых усилий сможет поставить яхту в прямое положение; тогда в воду войдут уже герметичные объемы обоих бортов; судно подвсплывет, и часть воды сольется через шпигаты в транце. Дело облегчает герметичное второе дно, уровень которого в нормальных условиях находится выше ватерлинии (рис. 25).

Говоря о мореходности, конструктор обычно подразумевает способность судна сохранять скорость, управляемость и другие качества в условиях волнения. Первая опасность, которая грозит лодке на волне, — это заливание ее гребнем через борт. Правила (в частности, ОСВОД РСФСР) предусматривают ограничение района плавания и запрет выхода на открытую воду судам в зависимости от высоты надводного борта. Следует избегать перегрузки судна при постройке, что может привести к снижению высоты надводного борта. В частности, не рекомендуется устанавливать на суда, расчи-

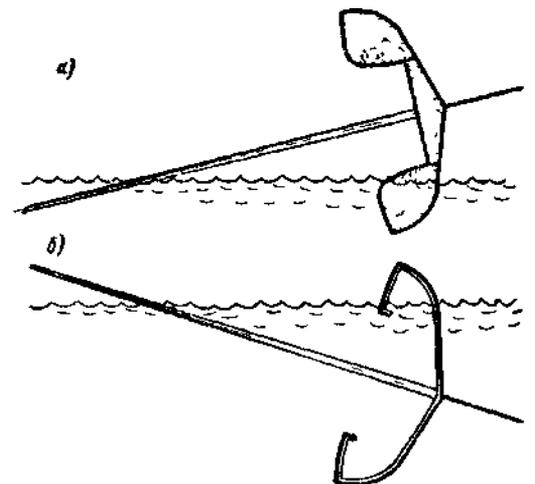


Рис. 25. Так плавают опрокинувшийся швертбот с бортовыми отсеками плавучести (а) и без них (б).

тайные на подвесные моторы, тяжелые стационарные двигатели. Особенно опасна перегрузка носовой части судна при ходе против волны, так как оно не успевает всплывать на гребень, и вода заливает палубу и кокпит.

Ничего хорошего не сулит и чрезмерная высота борта: в свежий ветер затрудняется управление катером, его сносит с курса; из-за повышения центра тяжести судно становится валким. К такому же результату приводит и увеличение объема надстроек и их высоты. При маломощном двигателе катер с развитыми надстройками вообще может не выгрести против ветра.

Для безопасности плавания в шторм важна также хорошая защита корпуса от заливания водой сверху: герметичная палуба, прочное лобовое стекло или рубка. Надежный тент и подмоторная самоотливная ниша позволяют водителю чувствовать себя уверенно.

Иногда строитель вынужден отступить от размеров набора корпуса, указанных в чертежах. Например, он удлинил судно за счет увеличения расстояния между шпангоутами, вместо 8-миллиметровой фанеры на днище поставил 5 мм. Может быть, катер будет без-

аварийно плавать долгое время, но не выдержит первой же посадки на каменистую мель или столкновения с плавающей доской. На быстроходных глиссирующих лодках, например, все детали корпуса подвергаются действию больших динамических нагрузок, поэтому даже при достаточном поперечном сечении стрингер или шпангоут может разрушиться из-за дефектов древесины: косослоя, трещин, сучка. Тщательный подбор качественного материала с учетом особенностей работы детали в корпусе должен быть постоянно в центре внимания строителя. Нельзя экономить на крепеже или клее — ведь большинство соединений на лодке должны быть не только прочными, но и водонепроницаемыми.

Наконец, если строитель заинтересован получить скорость не ниже указываемой в наших проектах, рекомендуем ему внимательно изучить разделы этой главы о взаимосвязи размеров, веса, скорости и мощности двигателей судов различных типов и только после этого вносить свои изменения в эти элементы. Недопустимо, например, механически ставить 20-сильный дизель на моторную лодку «Косатка», а двигатель от автомобиля «Волга» — на катер «Тюлень».