

Н.П. Муру

Статика подводной лодки

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 656
ББК 39.1
Н11

Н11 **Н.П. Муру**
Статика подводной лодки / Н.П. Муру – М.: Книга по Требованию, 2023. – 178 с.

ISBN 978-5-458-42690-9

ISBN 978-5-458-42690-9

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

2. КРАТКИЙ ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ ПОДВОДНОЙ ЛОДКИ

Ко времени появления первых боевых подводных лодок (конец XIX—начало XX столетий) теория надводного корабля была уже основательно разработана. Поэтому теория подводной лодки начала развиваться на ее базе как некоторое скромное приложение, посвященное специфике подводного плавания.

По мере совершенствования подводных лодок и повышения их удельного веса в системе сил флота развивалась и теория подводных лодок. Мощным толчком для развития теории подводной лодки в нашей стране послужили проектирование и постройка первых советских подводных лодок типа „Декабрист“ в 1927—1930 годах. Еще большие шаги в разработке теории подводной лодки были сделаны в послевоенные годы в связи с коренными техническими изменениями и возрастанием роли подводных лодок. При этом процессы совершенствования подводных лодок и развития их теории шли в тесной взаимосвязи друг с другом. С одной стороны, разработка теории обуславливалась требованиями технического прогресса лодок, т. е. запросами практики подводного кораблестроения и подводного плавания, а с другой, новые теоретические исследования указывали пути и возможности такого прогресса.

Необходимо особо подчеркнуть, что заслуга создания современной теории подводной лодки в нашей стране принадлежит почти исключительно советским ученым, конструкторам и офицерам ВМФ. В отличие от других отраслей знаний, где широко используются достижения также и зарубежных ученых и инженеров, при создании теории подводной лодки такой возможности не было, поскольку все новые исследования в этой области, выполняемые за рубежом, в открытой литературе не публикуются и серьезной научной информации о них не поступает.

В развитие статистики подводной лодки большой вклад внесли такие советские ученые и инженеры, как А. Н. Щеглов, С. А. Базилевский, Б. М. Малинин, П. Г. Гойнкис, Д. Л. Гармашов, В. Г. Власов, А. В. Базилевич, Н. Я. Мальцев, С. И. Крылов и др. В разработке отдельных вопросов остойчивости и непотопляемости подводных лодок принимали участие также крупные ученые-кораблестроители П. Ф. Папкович и Ю. А. Шиманский.

В области динамики подводной лодки большую роль сыграли работы советских ученых Д. П. Скобова, А. Н. Патрашева, К. К. Федяевского, М. Д. Хаскинда, Л. В. Калачевой, С. В. Козлова, М. Е. Мазора, В. Ф. Дробленкова, Я. Т. Пугачева и др.

Характерной особенностью современного развития теории подводной лодки в нашей стране является участие в разработке актуальных научных вопросов мощных научных коллективов научно-исследовательских институтов, высших учебных заведений и конструкторских бюро. Активно участвует в этой работе и научный коллектив нашего Училища. *Следует заметить, что на всем протяжении развития отечественной теории подводной лодки вклад в ее разработку питомцев и преподавателей училища весьма значителен (А. Н. Щеглов, П. Г. Гойнкис, В. Г. Власов, А. Н. Патрашев, С. В. Козлов, В. Ф. Дробленков, Я. Т. Пугачев, С. И. Крылов и др.).* Много сделал для практического совершенствования мореходных качеств лодок конструктор первых в России боевых подводных лодок питомец училища выдающийся ученый-кораблестроитель И. Г. Бубнов.

Советские ученые, выполняя почетную задачу дальнейшего совершенствования мореходных качеств подводных лодок, успешно способствуют росту могущества подводного флота нашей Родины.

§ 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЧЕРТЕЖ ПОДВОДНОЙ ЛОДКИ

1. НАЗНАЧЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ЧЕРТЕЖА

Все мореходные качества подводной лодки существенно зависят от размеров и формы ее корпуса. Ввиду сложности обводов подводной лодки их обычно задают графически с помощью теоретического чертежа.

Теоретический чертеж является одним из основных проектных чертежей. Он служит основой для расчетного и экспериментального (с помощью изготовленных по нему моделей) определения характеристик мореходных качеств подводной лодки, разработки чертежей общего расположения и других проектных чертежей (в том числе докового чертежа), плазовой разметки и контроля за правильностью сборки корпуса подводной лодки при ее постройке и т. п.

На теоретическом чертеже принято изображать поверхности как легкого, так и прочного корпусов лодки без обшивки, т. е. так называемые теоретические поверхности. Все части подводной лодки, расположенные вне теоретических поверхностей, называют выступающими частями и учитывают отдельно.

2. СОСТАВ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ЧЕРТЕЖА

Теоретический чертеж представляет собой изображенный в проекциях на три взаимно перпендикулярные плоскости результат сечения корпуса подводной лодки системой плоскостей, параллельных плоскостям проекций, которые называют главными плоскостями теоретического чертежа.

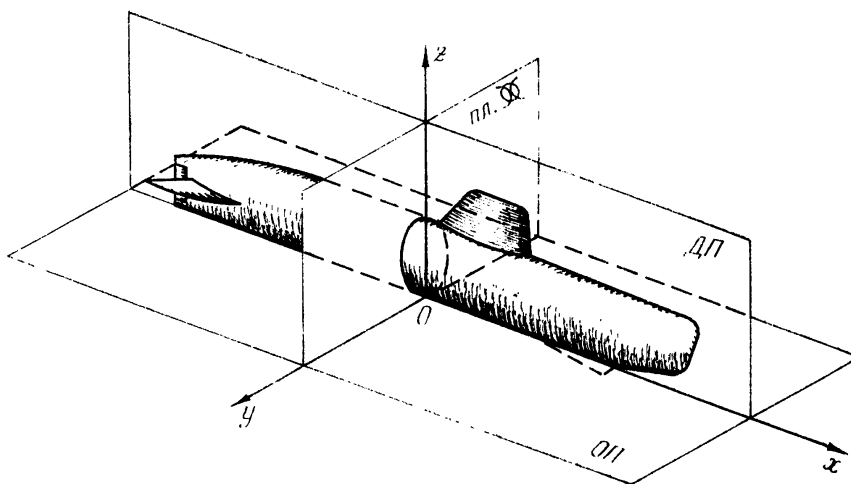


Рис. 1.

В качестве главных плоскостей теоретического чертежа принимаются:

— *диаметральная плоскость (ДП)* — продольная плоскость симметрии лодки, занимающая в нормальных условиях плавания вертикальное положение;

— *плоскость мидель-шпангоута (миделя)* — перпендикулярная ДП поперечная плоскость, параллельная плоскостям конструктивных шпангоутов в средней части корпуса подводной лодки и расположенная посередине ее расчетной длины;¹

— *основная плоскость (ОП)* — плоскость, перпендикулярная ДП и плоскости миделя и проходящая через точку пересечения этих двух

¹ Мидель-шпангоут обозначают знаком $\boxtimes$.

плоскостей с теоретической поверхностью корпуса в днищевой части подводной лодки.

Линия пересечения ДП с ОП называется продольной основной линией, а линия пересечения ОП с плоскостью миделя — поперечной основной линией.

Главные плоскости теоретического чертежа служат координатными плоскостями связанной с лодкой системы $Oxyz$, начало которой O находится в точке пересечения ДП с ОП и плоскостью миделя, осью Ox служит продольная основная линия (положительное направление — в нос), осью Oy — поперечная основная линия (положительное направление — на правый борт), а осью Oz — линия пересечения ДП с плоскостью миделя (положительное направление — к палубе). Таким образом, ОП является координатной плоскостью xOy , плоскость миделя — плоскостью yOz , а ДП — плоскостью zOx (рис. 1).

Плоскости, параллельные ОП, плоскости миделя и ДП, именуются соответственно плоскостями теоретических ватерлиний, теоретических шпангоутов и батоксов. Аналогичные названия носят линии пересечения этих плоскостей с теоретической поверхностью подводной лодки.

Проекции теоретического чертежа носят следующие наименования:

— *бок* — проекция на ДП;

— *полуширота* — проекция на ОП;

— *корпус (теоретический корпус)* — проекция на плоскость миделя (рис. 2).¹

На боку изображаются в истинном виде батоксы, на полушироте — теоретические ватерлинии, а на корпусе — теоретические шпангоуты. Остальные линии изображаются на соответствующих проекциях в виде прямых, образующих сетку теоретического чертежа.

Вследствие симметрии подводной лодки относительно ДП обычно нет надобности изображать на теоретическом чертеже все названные кривые для обоих бортов. Достаточно вычертить только ветви одного борта.

На теоретический чертеж наносят, как правило, равноотстоящие друг от друга теоретические ватерлинии, шпангоуты и батоксы. Общее число теоретических ватерлиний (до палубы) составляет обычно 10—15. Нумеруются они по порядку, начиная с нуля, снизу вверх. Число батоксов принимается равным 4—6 на один борт. Нумеруются они по порядку от ДП к борту, диаметрально сечение рассматривается в качестве нулевого батокса.

При расстановке равноотстоящих теоретических шпангоутов за основу принимается длина непроницаемой части корпуса подводной лодки, которая делится на 20 равных промежутков — теоретических шпаций. Теоретические шпангоуты расставляются по концам этих промежутков, так что общее их число на этой длине равно 21. Нумеруются шпангоуты от носа к корме, начиная с нуля. При этом мидель-шпангоут получает номер 10.

Равноотстоящие теоретические шпангоуты, расположенные за пределами указанной длины (в проницаемых оконечностях подводной лодки), нумеруются так: носовые — 1н, 2н, 3н и т. д. — в сторону носа, а кормовые — 1к, 2к, 3к и т. д. — в сторону кормы. Для уточнения обводов подводной лодки в оконечностях иногда вычерчивают дополнительные теоретические шпангоуты, расположенные между основными на расстоянии половины или даже четверти теоретической шпации.

¹ На рис. 2 показаны только линии теоретического чертежа наружного корпуса подводной лодки.

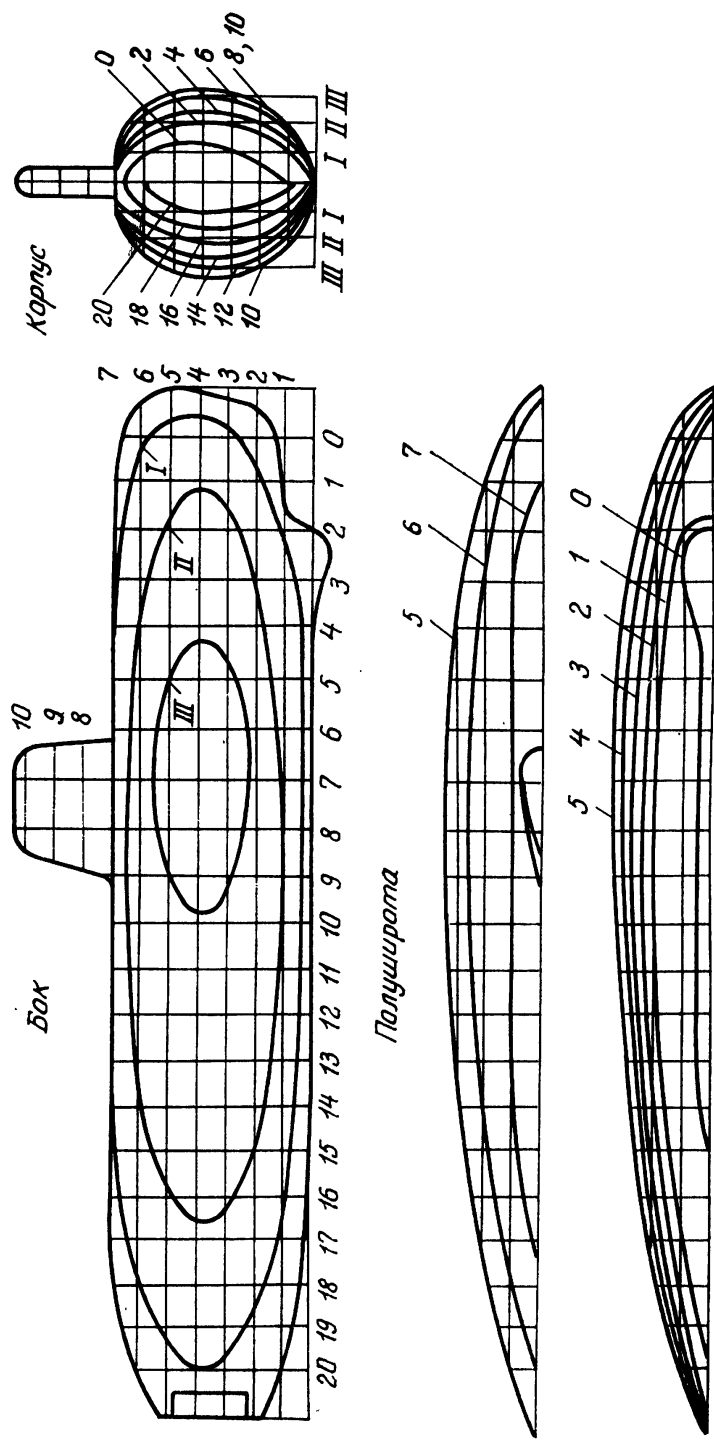


Рис. 2.

На корпусе, а иногда и на других проекциях теоретического чертежа изображают также крыши, непроницаемые стрингеры и переборки цистерн главного балласта (ЦГБ).

3. КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕМОВ КОРПУСА ПОДВОДНОЙ ЛОДКИ

Весь ограниченный наружной поверхностью объем подводной лодки, включая выступающие части, называют *полным подводным водоизмещением* W (рис. 3, а). По признаку водонепроницаемости,

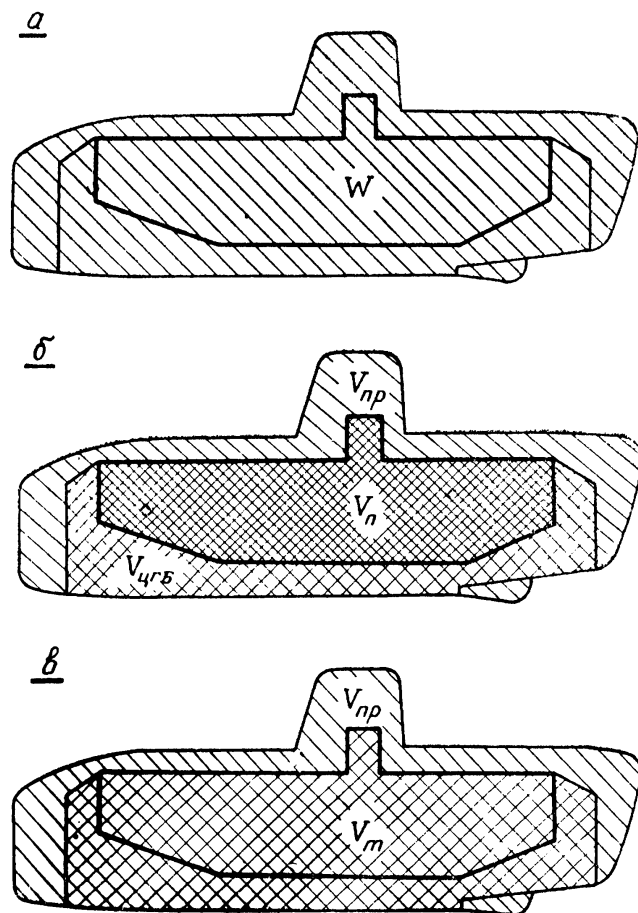


Рис. 3.

с учетом назначения и прочности, объем W можно подразделить на следующие части:

- $V_{п}$ — *постоянный плавучий объем* (рис. 3, б), сохраняющий водонепроницаемость в подводном положении подводной лодки, главной его частью является объем прочного корпуса (за вычетом объемов внутренних ЦГБ);¹
- $V_{м}$ — *непроницаемый объем* (рис. 3, в), сохраняющий водонепроницаемость до ухода подводной лодки под воду, он состоит из объема $V_{п}$ и вместимости всех ЦГБ — $V_{цгб}$;
- $V_{пр}$ — *проницаемый объем* корпуса подводной лодки, состоящий из суммарной вместимости проницаемых оконечностей, надстройки, ограждения рубки, непродуваемых объемов ЦГБ и т. п.

¹ Обычно к прочным объемам относят также объемы наружных топливных цистерн, хотя их прочность поддерживается за счет выравнивания внутреннего давления с заборным.

При вычислении указанных объемов каждый из них принято делить на две части: теоретический объем, ограниченный соответствующими теоретическими поверхностями, и объем выступающих частей, расположенных за пределами этих теоретических поверхностей.¹

Согласно приведенным выше определениям получаем

$$V_m = V_n + \sum_{\text{ЦГБ}} (v_{\text{полн}})_i, \quad (1)$$

$$W = V_m + V_{\text{пр}} = V_n + \sum_{\text{ЦГБ}} (v_{\text{полн}})_i + V_{\text{пр}}, \quad (2)$$

где $(v_{\text{полн}})_i$ — полная вместимость (объем — нетто) i -ой ЦГБ;
 $\sum_{\text{ЦГБ}} (v_{\text{полн}})_i = V_{\text{ЦГБ}}$ — суммарная полная вместимость всех ЦГБ.

Из этих соотношений следует:

— при погружении лодки под воду ее водонепроницаемый объем уменьшается на величину суммарной вместимости ЦГБ, которая для современных лодок составляет 15–35% от V_n ;

— при данной величине постоянного плавучего объема V_n полное подводное водоизмещение W может быть изменено за счет вместимостей ЦГБ и проницаемых частей, а при данной величине непроницаемого объема V_m — только за счет вместимости последних ($V_{\text{пр}}$), которая у современных лодок составляет 15–30% от V_m .

Для мореходных качеств подводной лодки, изучаемых в статике, объемы проницаемых частей $V_{\text{пр}}$ никакого значения не имеют. Поэтому уменьшение за их счет объема W , выгодное с точки зрения ходкости и некоторых других качеств подводной лодки, ни к каким изменениям плавучести, остойчивости и непотопляемости подводной лодки не ведет.

4. ГЛАВНЫЕ РАЗМЕРЫ И КОЭФФИЦИЕНТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ЧЕРТЕЖА ПОДВОДНОЙ ЛОДКИ

а. Главные размеры

Главные размеры подводной лодки можно разделить на две основные группы:

— чисто конструктивные размеры, не связанные с положением подводной лодки относительно поверхности воды;

— размеры, связанные с этим положением и соответственно характеризующие деление корпуса лодки на надводную и подводную части.

К главным размерам первой группы относятся:

L_{max} — *наибольшая длина* — расстояние между перпендикулярами к ОП, опущенными из крайних точек носовой и кормовой оконечностей лодки (рис. 4);

L_0 — *длина непроницаемой части корпуса* — измеренное параллельно оси Ox расстояние между концевыми непроницаемыми переборками лодки (между 0 и 20 теоретическими шпангоутами);

$L_{\text{п.к}}$ — *длина прочного корпуса* — аналогичное расстояние между крайними точками концевых переборок прочного корпуса лодки;

B_{max} — *наибольшая ширина* — расстояние между плоскостями баттовок, касательными к корпусу лодки;

¹ Всевозможные ниши в корпусе лодки рассматриваются в качестве выступающих частей, имеющих „отрицательный“ объем.

- $B_{в.ч}$ — ширина наибольшая по выступающим частям (рис. 4) — расстояние между аналогичными плоскостями, проходящими через крайние точки выступающих частей лодки (габаритный размер по ширине);
- $d_{п.к}$ — наибольший диаметр прочного корпуса;
- H_6 — высота наружного корпуса (высота борта) — измеренное в плоскости теоретического шпангоута расстояние от ОП до линии палубы (наибольшее или при $\otimes$).

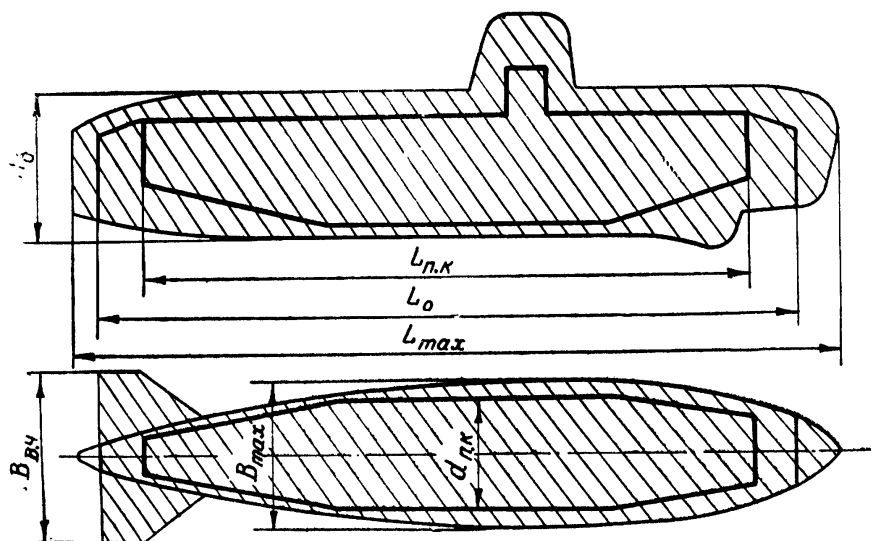


Рис. 4.

Все размеры, кроме $B_{в.ч}$, относятся к теоретической поверхности корпуса подводной лодки (без выступающих частей, в том числе и без наружной обшивки).

Переходя к размерам второй группы, введем понятие о конструктивной ватерлинии (КВЛ), называя так теоретическую ватерлинию,

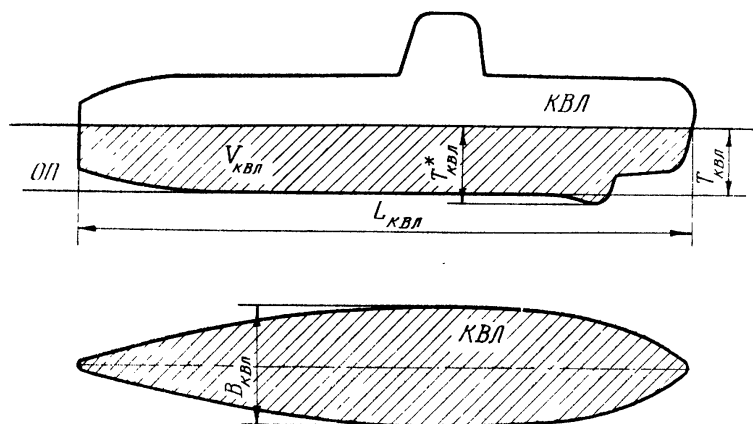


Рис. 5.

пересекающуюся в плоскости миделя с крейсерской ватерлинией, по которую плавает готовая к погружению лодка с продутыми ЦГБ.¹ Тогда в качестве главных размеров дополнительно получим:

$L_{КВЛ}$ — длина по КВЛ (рис. 5);

¹ В частном случае КВЛ может совпадать с крейсерской ватерлинией.

$B_{\text{квл}}$ — ширина по КВЛ — расстояние между касательными к КВЛ, параллельными ее оси симметрии (следу ДП);
 $T_{\text{квл}}$ — углубление или осадка по КВЛ — расстояние от плоскости КВЛ до ОП.

Относительно размеров второй группы сделаем два замечания.

Во-первых, размерами такого же рода можно характеризовать любую теоретическую ватерлинию, что будет соответствовать погружению подводной лодки по эту ватерлинию; в этих случаях используют обозначения L , B и T без всяких индексов или с индексами, обозначающими номер соответствующей теоретической ватерлинии.

Во-вторых, понятия осадка и углубление, строго говоря, не равнозначны, поскольку осадкой называют габаритный размер подводной лодки от ватерлинии, по которую она плавает, до крайней нижней точки ее корпуса или выступающих частей; во избежание ошибок указанную „габаритную“ осадку в дальнейшем будем именовать осадкой с выступающими частями T^* (рис. 5).

б. Коэффициенты теоретического чертежа

Коэффициентами теоретического чертежа называют безразмерные величины, характеризующие основные особенности формы корпуса подводной лодки.

Коэффициенты теоретического чертежа дают количественную характеристику формы корпуса лодки. Это особенно важно при сравнении обводов различных лодок, а также при установлении математических зависимостей характеристик мореходных качеств подводной лодки от формы ее корпуса.

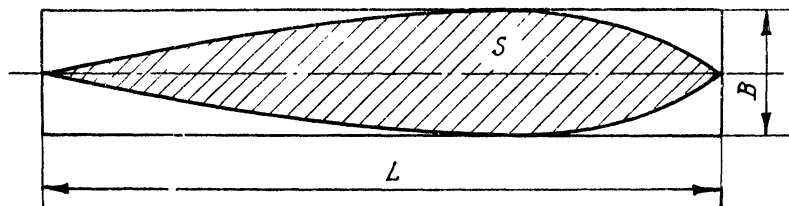


Рис. 6.

Наиболее широкое распространение получили следующие коэффициенты теоретического чертежа:

$\frac{L}{B}$ — относительное удлинение — отношение длины соответствующей ватерлинии к ее ширине;

$\frac{B}{T}$ — отношение ширины рассматриваемой ватерлинии к соответствующему углублению;

$\alpha = \frac{S}{LB}$ — коэффициент полноты ватерлинии — отношение площади ватерлинии S к площади описанного около нее прямоугольника длиной L и шириной B (рис. 6);

$\beta_{\text{шп}} = \frac{\omega_{\text{шп}}}{BT}$ — коэффициент полноты мидель-шпангоута¹ — отношение погруженной площади мидель-шпангоута $\omega_{\text{шп}}$ к площади прямоугольника шириной B и высотой T (рис. 7);

¹ При вычислении коэффициента $\beta_{\text{шп}}$ в качестве мидель-шпангоута рассматривается шпангоут, при котором измеряется ширина B данной ватерлинии (или ширина B_{max} при полном погружении лодки).

$\delta = \frac{V}{LBT}$ — коэффициент общей полноты (коэффициент полноты водоизмещения) — отношение погруженного объема лодки V к объему параллелепипеда с размерами L , B и T ;

$\chi = \frac{V}{ST}$ — коэффициент вертикальной полноты — отношение погруженного объема лодки V к объему цилиндра, основанием которого служит площадь соответствующей ватерлинии S , а высотой — углубление T ;

$\varphi = \frac{V}{\omega_{\text{в}} L}$ — коэффициент продольной полноты — отношение погруженного объема V к объему цилиндра с площадью основания $\omega_{\text{в}}$ и высотой L .

Заметим, что из пяти коэффициентов полноты α , $\beta_{\text{в}}$, δ , χ и φ независимы только три, поскольку они связаны между собой двумя соотношениями

$$\delta = \frac{V}{LBT} = \frac{V}{ST} \frac{S}{LB} = \chi \alpha, \quad (3)$$

$$\delta = \frac{V}{LBT} = \frac{V}{\omega_{\text{в}} L} \frac{\omega_{\text{в}}}{BT} = \varphi \beta_{\text{в}}. \quad (4)$$

Все указанные коэффициенты могут быть вычислены для случаев погружения лодки по любую теоретическую ватерлинию, причем для одной и той же ватерлинии они также могут оказаться различными в зависимости от того, погруженную часть какого из объемов (W , V_m или V_n) рассматривать.

Примерные значения некоторых коэффициентов теоретического чертежа подводной лодки приведены в табл. 1: в числителе — для погруженной по КВЛ части объема V_m , а в знаменателе — для полностью погруженного объема W . В последнем случае за главные размеры приняты $L_{\text{мах}}$, $B_{\text{мах}}$ и высота борта H_6 (расстояние от ОП до линии палубы лодки).

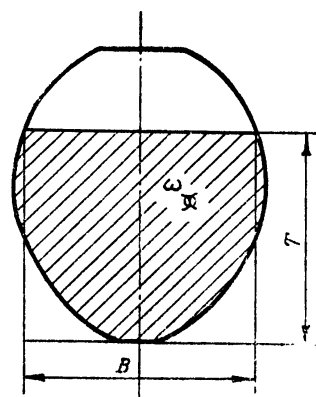


Рис. 7.

Таблица 1

$\frac{L}{B}$	$\frac{B}{T}$	α	$\beta_{\text{в}}$	δ
$\frac{7-13}{8-15}$	$\frac{0,8-1,5}{0,8-1,0}$	$\frac{0,65-0,80}{-}$	$\frac{0,75-0,90}{0,25-0,80}$	$\frac{0,45-0,65}{0,50-0,70}$

ГЛАВА I

ПЛАВУЧЕСТЬ ПОДВОДНОЙ ЛОДКИ

Плавучестью называется способность подводной лодки плавать, т. е. находиться в равновесии без опоры при частичном или полном погружении в воду.

§ 3. ПОСАДКА ПОДВОДНОЙ ЛОДКИ

1. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ПАРАМЕТРЫ ПОСАДКИ

Посадкой называется положение подводной лодки относительно поверхности спокойной воды.

Сечение лодки поверхностью (плоскостью) спокойной воды называется **ватерлинией**.

Посадка определяется положением ватерлинии относительно подводной лодки, а положение плоскости ватерлинии — заданием двух лежащих в этой плоскости прямых, в качестве которых выберем ми-

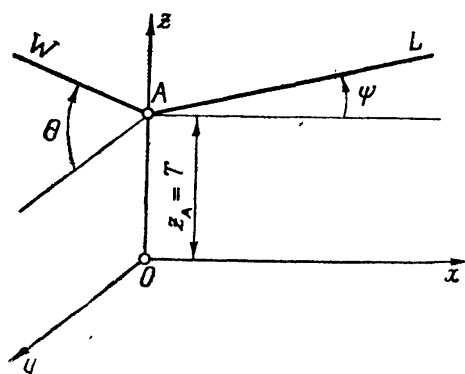


Рис. 8.

делевый WA и диаметральный AL следы ватерлинии (линии пересечения плоскости ватерлинии с плоскостью миделя и ДП). Положение этих прямых в системе $Oxyz$ (а следовательно, и посадка лодки) определяется заданием аппликаты $z_A = T$ их общей точки пересечения A с осью Oz и заданием углов θ и ψ , которые эти прямые составляют соответственно с осями Oy и Ox (рис. 8). Положительные направления отсчета углов θ и ψ показаны на рис. 8 (для θ от оси Oy к оси Oz , а для ψ — от Ox к Oz). Ина-

че говоря, $\psi > 0$ при наклонении лодки на нос, а $\theta > 0$ — при наклонении ее на правый борт.

Параметры посадки T , ψ и θ предложены профессором В. Г. Власовым и получили наибольшее распространение в статике подводной лодки и надводного корабля.¹ Все эти параметры измеряются в главных плоскостях теоретического чертежа, что облегчает нанесение с их помощью следов ватерлиний на теоретический чертеж.

¹ В большинстве официальных документов по статике подводной лодки указанный выше параметр ψ обозначается буквой φ .