ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

БАХ А. Н., БУХАРИН Н. И., ВИЛЬЯМС В. Р., ВОЛЬФСОН М. Б., ГЕНДЛЕР Е. С., ГУБКИН И. М., ДОЛГОВ А. Н., ИОФФЕ А. Ф., КЕРЖЕНЦЕВ П. М., КРЖИЖАНОВСКИЙ Г. М., КРИЦМАН Л. Н., КУЙБЫШЕВ В. В., ЛАПИРОВ-СКОБЛО М. Я., ЛЕНГНИК Ф. В., ЛИНДЕ В. В., МАРТЕНС Л. К., МЕЩЕРЯКОВ Н. Л., ФЕДОРОВСКИЙ Н. М., ШАТЕЛЕН М. А., ШМИДТ О. Ю., ШПРИНК Б. Э.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Л. К. МАРТЕНС

ТОМ СЕМНАДЦАТЫЙ

ПОДВОДНЫЕ ЛОДКИ—ПРОИЗВОДСТВО ОВОЩЕЙ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ СЛОВАРНО-ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»

МОСКВА ✧ ОГИЗ РСФСР ✧ 1932

ГОСУДАРСТВЕННОЕ СЛОВАРНО - ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»



XVII том сдан в производство 14 июля 1931 г.;
подписан к печати 15 июня 1932 г.

В XVII томе ТЭ помещены 766 иллюстраций в тексте, четыре вкладки к статьям: «Пожарный автообоз»—1, «Поляризация света»—2, «Припои и паяние»—1.

Адрес Редакции Технической Энциклопедии: Москва, Остоженка, 1.
Адрес Издательства: Москва, Волхонка, 14.

16 типография треста «Полиграфкнига», Москва, Трехпрудный пер., 9.
Уполномоченный Главлита Б 12 503. Гиз 18. Э-00 г. Заказ 843.
Бумага 72×108/16. 28 п. л. × 94 720 зн. Тираж 36 000 экз.

РЕДАКЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭНЦИКЛОПЕДИИ

РЕДАКЦИОННОЕ БЮРО

Главный редактор—проф. **Л. К. Мартенс.**

Зам. Гл. Редактора—проф. **М. Б. Вольфсон.** | Председатель Правления—**Б. П. Рогачев.**
Пом. Гл. Редактора—инж. **Б. Э. Шпринк.** | Ученый Секретарь—**Н. П. Ракицкий.**

НАУЧНЫЕ СОТРУДНИКИ

Ельцина Н. М.; инж. **Знаменский А. А.; Мельников И. И.;** инж. **Мущенко И. Н.;** инж. **Павлушков Л. С.; Ракицкий Н. П.; Севастьянов И. А.;** инж. **Фрязиновский И. А.;** инж. **Шпринк Б. Э.;** инж. **Эрвальд К. А.;**
Зав. библиографией: инж. **Таубман С. И.;** Технический Редактор: **Никаноров В. М.**

ПРОИЗВОДСТВЕННО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР

Зам. Предправления: **Большеменников А. П.;** Зав. Производств.-Издательским Сектором: **Татиев Д. П.;** Зав. Планово-Учетным Отделом: **Маркус В. А.;** Технический Редактор по иллюстрациям: **Тавастверна В. Я.;** Зав. Технической Редакцией при типографии: **Дмитриев М. М.;** Технические Редакторы при типографии: **Кондзеровский Г. В.; Сакмаров Н. Г.;** Зав. Корректорской: **Кулешов Н. З.**

СОКРАЩЕНИЯ И СИМВОЛИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

I. Метрические меры.

км	километры (1 000 *м*).
м	метры.
дм	дециметры (0,1 *м*).
см	сантиметры (0,01 *м*).
мм	миллиметры (0,001 *м*).
μ	микроны (0,001 *мм*).
mμ	миллимикроны (0,001 *μ*).
μμ	микромикроны (0,000001 *μ*).
км²	квадратные километры.
га	гектары (квадратные гектометры).
а	ары (квадр. декаметры).
м²	квадратные метры.
м³	кубические метры.
дм³	» дециметры.
см³	» сантиметры.
мм³	» миллиметры.
т	метрич. тонны (1 000 *кг*).
ц	центнеры (100 *кг*).
кг	килограммы (1 000 *г*).
г	граммы.
дг	дециграммы (0,1 *г*).
сг	сантиграммы (0,01 *г*).
мг	миллиграммы (0,001 *г*).
μг	микрограммы (0,001 *мг*).
к	караты (200 *мг*).
кл	килолитры (1 000 *л*).
гл	гектолитры (100 *л*).
дкл	декалитры (10 *л*).
л	литры.
дл	децилитры (0,1 *л*).
сл	сантилитры (0,01 *л*).
мл	миллилитры (0,001 *л*).
тм	тоннометры.
кгм	килограммометры.
т/м²	тонны на кв. метр.
кг/см²	килограммы на кв. сантим.
м/сек	метры в секунду.
п. м	погонные метры.
рег. т	регистровые тонны.

II. Математич. обозначения.

°	градус.
′	минута, фут.
″	секунда, дюйм.
‴	терция, линия.
>	больше (< меньше).
≯	не больше (≮ не меньше).
≈	приблизительно равно.
≥	больше или равно.
≤	меньше или равно.
≫	значительно больше.
≪	значительно меньше.
∠	угол, измеряемый дугой.
∥	параллельно.
⊥	перпендикулярно.
±	от—до.
sin	синус.
tg	тангенс.
sc	секанс.
cos	косинус.
ctg	котангенс.
csc	косеканс.
arc sin	арксинус.
arc tg	арктангенс.
sh	гиперболический синус.
ch	гиперболич. косинус.
th	» тангенс.
∅	диаметр.
e	основание натуральных логарифмов.
lg	логарифм десятичный.
ln	» натуральный.
lim	предел.
Const	постоянная величина.
$\sum$	сумма.
$\int$	интеграл.
~	приблизительно.
∞	бесконечность.
d	полный дифференциал.
∂	частный »

III. Международные символы.

а) Единицы.

A	ампер.
Ah	ампер-час.
W	ватт.
Wh	ватт-час.
kW	киловатт.
kWh	киловатт-час.
V	вольт.
mV	милливольт.
VA	вольт-ампер.
kVA	киловольт-ампер.
mA	миллиампер.
Ω	ом.
MΩ	мегом.
μΩ	микроом.
C	кулон.
VC	вольт-кулон.
H	генри.
J	джоуль.
F	фарада.
μF	микрофарада.
Å	ангстрем.
D	дина.
Cal	калория большая.
cal	калория малая.
HP	лошадиная сила.
lm	люмен.
lx	люкс.
m	мюрг.

б) Величины.

$t°$	температура обыкновен.
$T°$	» абсолютная.
$t°_{кип.}$	» кипения.
$t°_{пл.}$	» плавления.
$t°_{заст.}$	» застывания.
$t°_{отв.}$	температура отвердевания.
$t°_{крит.}$	» критическая.
atm	атмосфера техническая.
Atm	» барометрич.
I	сила тока.
Q	электрич. заряд, количество электричества.
E	электродвижущая сила.
V, U	напряжение, потенциал.
A	работа.
W	энергия.
N	мощность.
T	период колебания.
f, ν	частота.
ω	угловая скорость, угловая частота.
Ω	боковая частота.
λ	длина волны.
φ	сдвиг фазы.
L	самоиндукция.
C	емкость.
R	сопротивление активное (ваттное).
ε	диэлектрич. постоянная.
μ	магнитн. проницаемость.
ϱ	удельное сопротивление.
σ	удельная проводимость.
δ	декремент затухания.
Φ	магнитный поток.
H_{B}	твердость по Бринелю.
$A_{c_1}, A_{c_2}, A_{c_3}$ / $A_{r_1}, A_{r_2}, A_{r_3}$	критич. точки железн. сплавов.
g	ускорение силы тяжести.
l	длина.
m	масса.
$D_{t_2}^{t_1}$	уд. вес при $t_1°$ по отношению к воде при $t°$.
$[\alpha];[\alpha]_D$	угол вращения плоскости поляризации.
C_{H^+}; $[H^+]$	концентрация водородных ионов.
pH; P_H	водородный показатель.
$^1/_1N$	нормальный раствор.
$n_D^{t°}$	коэф. преломления.

IV. Основные сокращения.

фт.—футы.	
дм.—дюймы.	
кц.—килоцикл.	
ц.—цикл.	
св.—свеча.	
об/м.—обороты в минуту.	
п-вс.—пудоверсты.	
п-фт.—пудофуты.	
фт/ск.—футы в секунду.	
чв-д.—человекодни.	
чв-ч.—человекочасы.	
долл., $—доллары.	
мар.—марки.	
фн. ст., £—фунты стерлингов.	

фр.—франки.
шилл.—шиллинги.
млн.—миллионы.
млрд.—миллиарды.
ч.—часы.
м., мин.—минуты.
ск.—секунды.
°Bé—градусы Боме.
°Э.—градусы Энглера.
Градусы температ. шкал:
°К—Кельвина.
°С, °Ц.—Цельсия (100°-ной).
°Р.—Реомюра.
°Ф.—Фаренгейта.
t°—темп-ра по 100°-ной шкале (С).
t° Р.—температура по Реомюру.
t° Ф.—температура по Фаренгейту.
абс. ед.—абсолютная единица.
ат. в.—атомный вес.
Aufl.—Auflage.
B.—Band, Bände.
v.—volume, volumes.
вкл.—включительно.
гг.—годы, города.
д.—деревня, долгота.
д. б.—должно быть.
ж. д., ж.-д.—железная дорога, железнодорожный.
з.-европ.—западноевропейский.
з-д—завод.
изд.—издание.
ин-т—институт.
Jg.—Jahrgang.
кпд—коэфициент полезного действия.
к-рый—который.
к-та—кислота.
Lfg—Lieferung.
м—мета (хим.).
м. б.—может быть.
м. г.—минувшего года.
меш (mesh)—число отверстий в ситах на лин. дюйм.
мн-к—многоугольник.
мол. в.—молекулярный вес.
нек-рый—некоторый.
о—орто (хим.).
об-во—общество.
о-в—остров.
п—пара (хим.).
р.—pagina, paginae (лат.—страница, страницы).
пром-сть—промышленность.
проф.—профессор.
SK—зегеровские конуса.
С., Ю., В., З.—север, юг, восток, запад.
с.-з., ю.-в.—северо-западный, юго-восточный.
стр.—страницы.
т.—том, томы.
t.—tome, tomes.
T.—Teil, Teile.
тв.—твердость.
т-во—товарищество.
темп-ра—температура.
т. н.—так называемый.
тр-к—треугольник.
уд.—удельный.
уд. в.—удельный вес.
ур-ие—уравнение.
У. П.—Урочное положение.
u. ff.—und folgende.
ф-ия—функция.
ф-ка—фабрика.
ф-ла—формула.
H.—Heft, Hefte.
хим. сост.—химический состав
ц. т.—центр тяжести.
Ztg—Zeitung.
Ztrbl.—Zentralblatt.
Ztschr.—Zeitschrift.
ш.—широта.
эдс—электродвижущая сила.
эфф.—эффективный.
Ан. П.—английский патент.
Ам. П.—американский »
Г. П.—германский »
Р. П.—русский »
Сов. П.—советский »
Ф. П.—французский »
B.—Berlin.
Brschw.—Braunschweig.
L.—London.
Lpz.—Leipzig.
Mch.—München.
N. Y.—New York.
P.—Paris.
Stg.—Stuttgart.
W.—Wien.
Wsh.—Washington.
Л.—Ленинград.
М.—Москва.
П.—Петроград.
СПБ—Петербург.

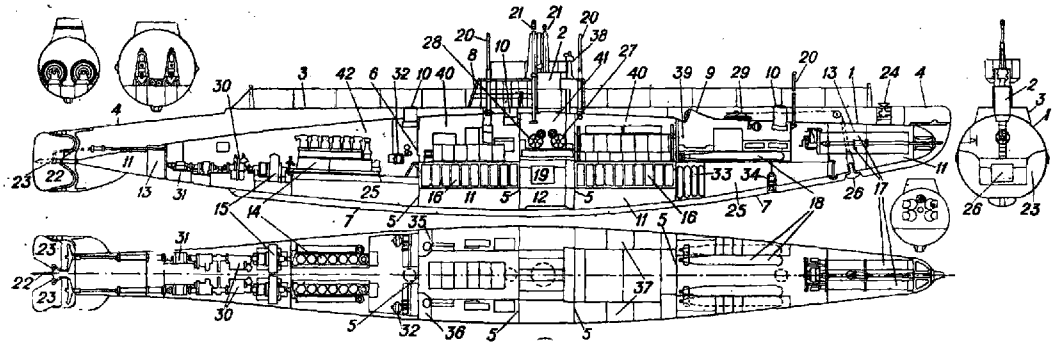
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ НАЗВАНИЙ РУССКИХ И ИНОСТРАННЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ИЗДАНИЙ, ОБЩЕСТВ, ФИРМ

«АзНХ»—Азербайджанское нефтяное хозяйство, Баку.
«ВВФ»—Вестник воздушного флота, Москва.
«ВИ»—Вестник инженеров, Москва.
«ВС»—Вестник стандартизации, Москва.
«ВТ»—Вопросы труда, Москва.
«ГЖ»—Горный журнал, Москва.
«ГТ»—Гигиена труда, Москва.
«Ж»—Журнал Русского физико-химического об-ва, Ленинград.
«ЖРМО»—Журнал Русского металлургического об-ва, Ленинград.
«ЖХП»—Журнал химической промышленности, Москва.
«ИТИ»—Известия Теплотехнического института им. Ф. Дзержинского, Москва.
«МС»—Минеральное сырье, Москва.
«МХ»—Мировое хозяйство и мировая политика, Москва.
«НИ»—Нерудные ископаемые, Ленинград.
«НХ»—Нефтяное хозяйство, Москва.
ОСТ—Общесоюзные стандарты, Москва.
«ПТ»—Промышленность и техника, СПБ.
«ПХ»—Плановое хозяйство, Москва.
«СГ»—Социальная гигиена, Москва.
«СП»—Строительная пром-сть, Москва.
«СТ»—Санитарная техника, Москва.
«СХ»—Социалистическое хозяйство, Москва.
«ТиТбП»—Телеграфия и телефония без проводов, Н.-Новгород.
«Труды ГЭЭИ» — Труды Гос. экспериментального электротехнического института, Москва.
«Труды НАМИ» — Труды Научного автомоторного института, Москва.
«Труды НИУ»—Труды Научного института по удобрениям, Москва.
«Труды ЦАГИ»—Труды Центрального аэрогидродинамического института, Москва.
«УФН»—Успехи физических наук, Москва.
«AAZ»—Allgemeine Automobil-Zeitung, Wien.
«A. Ch.»—Annales de Chimie et de Physique, Paris.
AEG—Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin.
AGFA—Aktien-Gesellschaft für Anilin-Fabrikation, Berlin.
«Am. Soc.»—Journal of the American Chemical Society, Easton, Pa.
«Ann. d. Phys.»—Annalen der Physik, Leipzig.
«Ann. Min.»—Annales des Mines, Paris.
«B —Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft, Berlin.
BAMAG — Berlin-Anhaltische Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft, Dessau.
BASF—Badische Anilin- und Soda-Fabrik, Ludwigshafen a/R.
BEAMA—The British Electrical and Allied Manufacturers Association, London.
«B. u. E.»—Beton und Eisen, Berlin.
Bayer—Farbenfabriken vorm. Fr. Bayer & Co., Köln a/R.
«Ch.-Ztg»—Chemiker-Zeitung, Cöthen.
«Ch. Ztrbl.»—Chemisches Zentralblatt, Berlin.
DIN—Deutsche Industrie-Normen.
«EChZ»—Elektrochemische Zeitschrift, Berlin.
«EMA»—Zeitschrift für Elektrotechnik und Maschinenbau, Berlin.
«EuM —Elektrotechnik und Maschinenbau, Wien.
«ETZ»—Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin.
«GC —Génie Civil, Paris.
«I. Eng. Chem.»—Industrial and Engineering Chemistry, Easton, Pa.
I. G. Farben—Interessengemeinschaft Farben-Industrie A.-G., Leverkusen b. Köln a/R.
«JAIEE»—Journal of the American Institute of Electrical Engineers, New York.
«J. Ch. I. —Journal of the Society of Chemical Industry, London.
«Mitt. Forsch.»—Mitteilungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, Berlin.
NDI—Normenausschuss der deutschen Industrie.
«PeKa —Fachblatt für Parfümerie und Kosmetik, München.
«RGÉ»—Revue Générale de l'Électricité, Paris.
«Soc.»—Journal of the Chemical Society, London.
«St. u. E.»—Stahl und Eisen, Düsseldorf.
Ullm. Enz.—Enzyklopädie der technischen Chemie, herausgegeben von F. Ullmann, Wien — Berlin, 1 Auflage, 1915—23, 2 Auflage erscheint ab 1928.
«WeTeZ —Westdeutsche Textil-Zeitung, Elberfeld.
«Z. ang. Ch.»—Zeitschrift für angewandte Chemie, Berlin.
«Z. d. VDI»—Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, Berlin.
«ZFM»—Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt, München.

П

ПОДВОДНЫЕ ЛОДКИ, суда, обладающие способностью плавать на поверхности воды, быстро погружаться под воду и в погруженном состоянии итти на глубине, максимальная величина которой определяется прочностью корпуса. Термин П. л. в настоящее время является общим, включающим различные типы подводных кораблей: подводные крейсеры, подводные заградители, подводные мониторы, позиционные лодки, эскадренные лодки. В зависимости от типа П. л. водоизмещение в подводном положении колеблется в значительных пределах, 600—3 000 *т*, причем глубина погружения 50—75 *м*, а для некоторых достигает 100 *м*. П. л. обладают достаточно хорошими мореходными качествами и могут продолжительное время (до 1 месяца) находиться в море, не считаясь с его состоянием. Наряду с этим П. л. имеют большой район плавания, в среднем 3 000—5 000 миль, доходящий у некоторых до 10 000 миль. В подводном положении современная П. л., имеющая полный запас электрической энергии, может пройти ~ 100 миль, а некоторые даже значительно больше. Способность П. л. погружаться и плавать на больших глубинах достигается значительным утяжелением корпуса, механизмов и установок, делающих использование их для коммерч. целей неэкономичным, т. к. полезная грузоподъемность судов этого класса небольшая. В настоящее время П. л. применяются лишь для военных целей, так как возможность быстро скрыться под воду (в 1—1,5 минуты) и незаметно под водой подойти к противнику делает их весьма сильными и трудно уязвимыми кораблями, несмотря на наличие большого количества самых разнообразных средств борьбы с ними.

На фиг. 1 показан разрез и план американской П. л. типа Голланд, водоизмещением 450 *т*, где: *1*—прочный корпус, *2*—рубка, *3*—надстройка, *4*—легкая оконечность, *5*—водонепроницаемая переборка, *6*—водонепроницаемая дверь, *7*—киль, *8*—кожух рубки, *9*—люк для погрузки торпед, *10*—выходной люк, *11*—цистерны главного балласта, *12*—уравнительная цистерна, *13*—диферентная цистерна, *14*—дизели, *15*—главные электромоторы, *16*—аккумуляторы, *17*—торпедные аппараты, *18*—запасные торпеды, *19*—цистерна высокого давления (средняя), *20*—труба для подачи воздуха в лодку, *21*—перископ, *22*—вертикальный руль, *23*—кормовые горизонтальные рули, *24*—привод складывающихся к борту носовых горизонтальных рулей, *25*—топливные цистерны, *26*—подводный якорь, на к-рый П. л. может становиться в подводном положении, *27*—штурвал носовых горизонтальных рулей, *28*—штурвал кормовых горизонтальных рулей, *29*—шпиль, *30*—главный балластный насос, *31*—упорный подшипник гребного валопровода, *32*—вентилятор, *33*—резервуары для хранения сжатого воздуха, *34*—подводная звуковая сигнализация, *35*—WC, *36*—умывальник, *37*—каюты, *38*—магнитный компас, *39*—носовое торпедное и жилое помещение, *40*—жилые помещения, *41*—центральный пост, *42*—машинное отделение.



Фиг. 1.

Главным и наиболее распространенным вооружением П. л. являются *торпеды* (см.). Кроме того П. л. обычно имеют еще артиллерию. Некоторые подводные лодки принимают на себя мины заграждения для постановки их в подводном положении (подводные заградители).

Погружение. Для обеспечения необходимых мореходных качеств П. л. должны иметь значительный запас плавучести, благодаря к-рому они, не зарываясь, могли бы хорошо держаться на волне. Для обеспечения лучших мореходных качеств желательно

иметь возможно больший запас пловучести, но наличие такового вызывает значительное увеличение водоизмещения в погруженном состоянии. Последнее невыгодно из-за утяжеления электромоторов и аккумуляторов, потребных для достижения заданной подводной скорости. Поэтому запас пловучести, удерживающий П. л. на поверхности, колеблется у различных П. л. от 20 до 30% от надводного водоизмещения. Для погружения под воду необходимо поглотить этот запас пловучести приемом воды в так наз. балластные цистерны (1-я фаза), причем вес погруженной под воду П. л. должен быть весьма близким к весу вытесненной ею воды. Таким образом подводное водоизмещение П. л. больше надводного на величину запаса пловучести. Обычно водоизмещение П. л. записывается в виде дроби, у к-рой числитель—надводн. водоизмещение, а знаменатель—подводное, напр. $\frac{460}{598}$ m. После приведения пловучести П. л. к нулевой или к небольшой положительной или отрицательной дают П. л. ход и перекладкой горизонтальных рулей, подобно тому, как это делается на летательных воздушных аппаратах, создают диферент на нос и ходом уводят ее на глубину (2-я фаза). При создании горизонтальными рулями диферента на корму П. л. будет всплывать. С переходом П. л. на заданную глубину, горизонтальные рули устанавливаются в среднее положение. У современных П. л. прием воды в балластные цистерны продолжается около 30 ск., причем вода в цистерны поступает из-за борта самотеком. Т. к. для погружения П. л. приходится принимать в цистерны большое количество воды, напр. у П. л. надводного водоизмещения в 1 000 m при запасе пловучести в 30%—до 300 m, то для ускорения процесса заполнения и уменьшения размеров забортных отверстий делают 10—12 балластных цистерн и даже больше. В среднем емкость отдельных цистерн порядка 30—40 m. Разбивкой водяного балласта по отдельным цистернам разрешается и вопрос остойчивости во время приема воды, т. к. большая, свободно переливающаяся поверхность воды в одной цистерне или в малом количестве их дала бы отрицательную остойчивость, и П. л. могла бы перевернуться. Величину забортных отверстий (кингстонов затопления) определяют по ф-ле

$$Q = \mu F T \sqrt{2gh_m},$$

где Q—емкость цистерны в $м^3$; F—площадь отверстия кингстона затопления в $м^2$; T—время затопления цистерны в ск.; h_m—средняя высота напора воды; μ—коэф. истечения, к-рый для прямоугольного дискового запора равен 0,65, а для клапана без корпуса, но с направляющими—0,57. Кингстоны затопления размещаются в самой нижней части цистерны, так как через эти отверстия производится и удаление воды из цистерны сжатым воздухом. Одновременно с затоплением цистерн из них должен совершенно свободно выходить воздух. Закрываемые клапанами отверстия для выпуска воздуха из цистерн, носящие название вентиляций, размещаются в самых верхних частях цистерн, чтобы тем самым обеспечить возможно совершенное заполнение цистерн. Размер отверстия вентиляции цистерны выбирается в зависимости от размера кингстона. Johow и Foerster рекомендуют брать площадь вентиляции в $^1/_{10}$—$^1/_{15}$ площади кингстона. На большинстве П. л. управление открыванием вентиляций выводится гидравлическим или пневматическим устройством в центральный пост, откуда производится управление как погружением, так и подводным ходом. Открывание кингстонов производится обычно ручными приводами непосредственно у мест расположения кингстонов. Выведенное в центральный пост управление вентиляциями цистерн соединяют обычно в 3 группы: в первую группу включают серию носовых цистерн, во вторую—средних и в третью—кормовых. Управление вентиляциями каждой группы производится отдельным устройством. Такая разбивка управлением позволяет, в случае необходимости, регулировать закрыванием вентиляций равномерное затопление всех групп цистерн в случае, если какая-либо крайняя группа будет заполняться быстрее другой. Кроме того такая система дает возможность легко осуществлять затопление балластных цистерн в два периода, если на этой П. л. одновременное затопление всех цистерн вследствие образования больших переливающихся поверхностей в цистернах создает отрицательную остойчивость. В таком случае заполняют сначала напр. 1 и 3 группы, а затем 2, или же наоборот. Порядок заполнения цистерн регулируется вентиляционным устройством. Очевидно, что заполнение балластных цистерн должно происходить без нарушения диферента П. л., частичное же заполнение больших балластных цистерн вследствие образования свободно переливающихся поверхностей было бы большой помехой при погружении, так как с изменением диферента вода в цистернах переливалась бы и лишала возможности управлять П. л. под водой. Вместе с тем очевидно, что нагрузка (вес) П. л. неодинакова не только во время различных походов, но даже во время одного и того же похода, значительно меняясь в зависимости от расходования принятых грузов: топлива, смазочного масла, торпед, снарядов, провизии, питьевой воды и т. д. Для того чтобы вес П. л., а следовательно и ее пловучесть, можно было довести до желательной величины кроме указанных выше балластных цистерн, которые носят название цистерн главного балласта, на П. л. имеются еще специальные цистерны, приемом воды в к-рые возможно отрегулировать для погружения и подводного хода не только пловучесть, но и диферент П. л. Такими цистернами являются а) уравнительная *12* (фиг. 1), расположенная в середине П. л. по ее длине; приемом воды в эту цистерну изменяется лишь пловучесть, и б) две диферентных *13*, расположенных у обеих оконечностей П. л., от изменения количества воды в к-рых изменяется диферент П. л. Емкость уравнительной цистерны 1—2% от водоизмещения, а диферентной для среднего тоннажа (500—1 000 m)—10—20 m. При больших запасах переменных грузов уравнительная и диферентные цистерны не всегда могут решить вопрос пловучести и диферента, и в таком случае на некоторых П. л. устраивают еще

дополнительно специальные заместительные цистерны для различных грузов, размещая эти цистерны в местах хранения грузов, напр. торпедозаместительные цистерны, заместительные цистерны для провизии, пресной воды, артиллерийских снарядов. В эти цистерны принимается вода по мере расходования соответствующих грузов. Израсходованное на работу двигателей топливо заменяется в тех же топливных цистернах приемом воды в объеме, равном объему расходования топлива. Т. к. уд. в. топлива меньше уд. в. воды, то это замещение вызывает увеличение веса П. л. Избыток веса от замещения топлива покрывается частично тем, что расходуемое смазочное масло не замещается вовсе. Если П. л., уравновешенная в отношении нагрузки для погружения в воде одной солености, перейдет для погружения в воду большей солености, то естественно в нее придется принимать больше балласта. На этот случай у тех П. л., к-рые предназначаются для погружений в водах различной солености, имеются т. наз. заместительные цистерны на соленость, емкость к-рых 2—3% от водоизмещения. На нек-рых П. л. вместо устройства такой заместительной цистерны соответственно увеличивают емкость уравнительной цистерны. При использовании П. л. иногда оказывается необходимым быстро всплыть так, чтобы над поверхностью воды оказалась лишь наиболее возвышенная часть П. л. (рубка) *2* с выходным люком *10*. Для этой цели служит т. н. средняя цистерна *19*, от удаления воды из к-рой П. л. всплывает так, что над водой оказывается рубка и прочие выступающие над палубой устройства. Средняя цистерна размещается в середине П. л., и от удаления из нее воды диферент не изменяется. Емкость средней цистерны 1—2% от водоизмещения. Вода из этой цистерны удаляется сжатым воздухом высокого давления. При погружении на большой волне вследствие оголения выступающих частей (рубки, орудия) бывает трудно оторвать П. л. от поверхности, почему для ухода под воду приходится сообщать ей временно большую отрицательную пловучесть. Для четкого проведения этой операции на нек-рых П. л. имеется цистерна быстрого погружения, заполнением к-рой отрывают П. л. от поверхности, а по уходе ее на глубину эту цистерну продувают воздухом. Емкость цистерны бывает 0,5—1,0% от водоизмещения. Так. обр. как крайний минимум совершенно необходимо для каждой П. л. иметь цистерны: главного балласта, уравнительную и диферентные. Необходимость же прочих цистерн определяется в зависимости от условий погружения и нагрузки П. л.

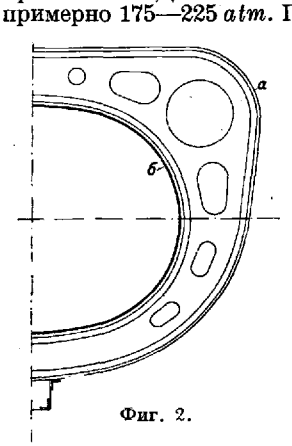
Перечисленные выше цистерны обеспечивают первую фазу погружения. Для обеспечения второй фазы погружения П. л., т. е. ухода на глубину, на П. л. обычно имеются 2 пары горизонтальных рулей: одна пара размещается в носовой оконечности лодки, а другая—в кормовой. Каждая пара рулей состоит из двух перьев, расположенных по разным бортам П. л. Управление перекладкой рулей производится из центрального поста. На некоторых П. л. носовые горизонтальные рули делаются убирающимися к борту, а кормовые для увеличения их эффективности размещаются сзади винтов так, что струи воды, отбрасываемые винтами, попадают как-раз на перья рулей. Площадь перьев горизонтальных рулей зависит от площади горизонтального сечения П. л., но отношения этих площадей значительно разнятся друг от друга у различных типов П. л. Здесь имеет значение не только удаление рулей от середины П. л., но и метод использования их на подводном ходу. Если на герм. П. л. для носовых рулей отношение площади их перьев к площади максимального горизонтального сечения П. л. 0,014—0,023, то на франц. П. л. оно 0,032—0,036. Соответствующее отношение для кормовых рулей у герм. П. л. ~0,015, а у французских П. л. ~0,025. Величина вертикальной силы, действующей на горизонтальные рули площадью S, при скорости П. л. v и при перекладке рулей к горизонту на угол α определяется по ф-ле

$$F = k \cdot Sv^2 \sin \alpha.$$

М. Карэ дает следующие средние значения для коэф-та k: для носовых рулей $k = 0{,}25$, для кормовых рулей $k = 0{,}54$, причем в случае расположения кормовых рулей сзади винтов в приведенной выше ф-ле v должно обозначать не скорость П. л., а относительную скорость движения кормовых рулей в воде с учетом скорости струи воды, отбрасываемой винтами. Максимальный угол перекладки горизонтальных рулей бывает 20—30° на каждую сторону. П. л., находясь в районе возможных встреч с неприятелем, д. б. готова к быстрому уходу под воду, а следовательно ее нагрузка д. б. отрегулирована так, чтобы погружение можно было произвести без помех. Поэтому еще до выхода на операцию П. л. производит т. наз. пробное погружение, целью к-рого является отрегулирование как пловучести, так и диферента П. л. для подводного хода. Перед выходом на пробное погружение П. л. принимает и размещает все грузы так, как они будут размещены во время похода. Процесс пробного погружения сводится к следующему. Сначала заполняются цистерны главного балласта, отчего П. л. должна погрузиться так, что над поверхностью воды едва будет выступать верхняя палуба. Если при этом окажется, что П. л. имеет диферент, то он должен быть уничтожен приемом воды в диферентную цистерну более приподнятой оконечности. В случае же если диферент П. л. после заполнения цистерны главного балласта окажется значительным, то во избежание излишней перегрузки водой диферентной цистерны переносят из более погруженной оконечности в противоположную часть твердого (чугунного или свинцового) балласта, специально погруженного для этой цели в трюмы П. л. После выравнивания диферента заполняют среднюю цистерну, после чего над поверхностью должна оставаться еще значительная часть рубки. Далее принимают по равному количеству воды в обе диферентные цистерны. Эта вода в диферентных цистернах необходима для изменения под водой диферента, появившегося по каким-либо причинам; в таком случае вода из одной диферентной цистерны перегоняется в другую. После перечисленных операций рубка еще не должна

уйти под воду, ее топят приемом воды в уравнительную цистерну. Воду в уравнительную цистерну принимают до тех пор, пока плавучесть П. л. станет нулевой или близко к таковой. Затем дают ход и горизонтальными рулями уводят П. л. на глубину. На подводном ходу убеждаются в том, что плавучесть и диферент П. л. позволяют ей легко управляться под водой. Всплывая после пробного погружения, удаляют воду только из цистерн главного балласта и из средней. Воду же из уравнительной и диферентных цистерн не удаляют. Для следующего погружения достаточно заполнить полностью цистерны главного балласта и среднюю, и П. л. окажется вполне уравновешенной для подводного хода. Очевидно, что это погружение м. б. выполнено быстро и без помех. Вес расходуемых за время похода грузов (провизия, пресная вода и т. п.) замещается по мере расхода приемом воды либо в соответствующие заместительные цистерны, где таковые имеются, либо в уравнительную и диферентные цистерны.

Всплывание. Для всплывания подводят П. л. горизонтальными рулями к поверхности и продувают среднюю цистерну. После этого открывают рубочный люк, давая тем самым доступ наружному воздуху внутрь П. л., и пускают турбокомпрессор, к-рый, подавая сжатый воздух в цистерны главного балласта, удаляет из них воду через открытые кингстоны затопления. Турбокомпрессор подает воздух давления 0,50—0,75 *atm*. Обычно на П. л. бывает 2 турбокомпрессора, которые, работая одновременно, могут осушить все цистерны главного балласта примерно в 5 мин. В случае аварии под водой, когда в П. л. поступает большое количество воды, с к-рым не могут справиться водоотливные средства, то для быстрого всплывания П. л. цистерны главного балласта продувают сжатым воздухом высокого давления, хранящимся в специальных воздухохранителях. Давление этого воздуха бывает примерно 175—225 *atm*. При продувании цистерн в этом случае воздух подается в них осторожно, с таким расчетом, чтобы давление в цистерне не превышало забортное более чем на 0,5 *atm*.

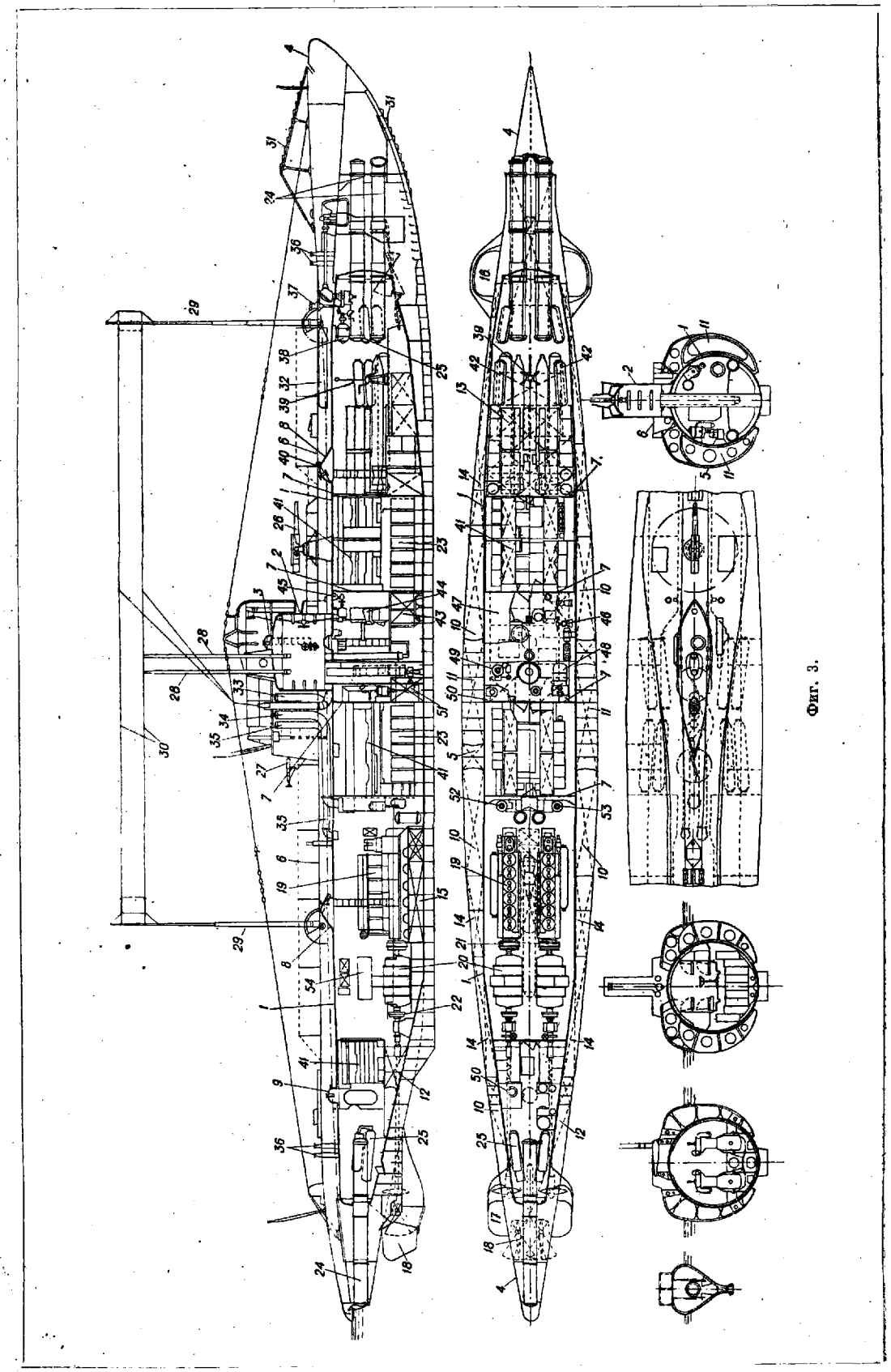


Фиг. 2.

Корпус П. л., с одной стороны, должен удовлетворять требованиям прочности в соответствии с наибольшей глубиной погружения, а с другой—д. б. возможно малого веса. По своей конструкции корпуса П. л. разделяются на три основные класса: ординарные, двойные и частично двойные. Ординарный корпус (типа Голланд) (фиг. 1) состоит из а) прочного корпуса *1*, б) рубки, расположенной по середине верхней части прочного корпуса *2*, в) легких оконечностей *4*, примыкающих к оконечностям прочного корпуса, и г) легкой надстройки, расположенной сверху прочного корпуса П. л. от одной легкой оконечности до другой, *3*. Двойной корпус, включая в себя все те же составные части, что и одинарный, имеет еще характерный для этого класса корпусов легкий наружный корпус *а*, к-рый вместе с надстройкой и легкими оконечностями полностью окружает прочный корпус *б* (фиг. 2). Частично двойной корпус отличается от двойного корпуса только тем, что наружный корпус его лишь частично окружает прочный корпус, оставляя его одинарным обычно в нижней части (фиг. 3). На этом чертеже показан разрез и план германской П. л. типа UB-48 водоизмещения $\frac{576}{665}$ *m*, длина 55,3 *м*, ширина 5,76 *м*, осадка 3,17 *м*; скорость над водой 14 узлов, под водой 8 узлов, вооружение 10 торпед и одна 10,5-*см* пушка. Главные части П. л. приведены на фиг. 3, где

1—прочный корпус, *2*—рубка, *3*—рубочный люк, *4*—легкие оконечности, *5*—наружный корпус, *6*—надстройка, *7*—водонепроницаемые переборки, *8*—люки для погрузки торпед, *9*—выходные люки, *10*—цистерны главного балласта, *11*—уравнительная цистерна, *12*—диферентные цистерны, *13*—торпедозаместительные цистерны, *14*—топливные цистерны, *15*—цистерны смазочного масла, *16*—носовые горизонтальные рули, *17*—кормовые горизонтальные рули, *18*—вертикальный руль, *19*—дизели, *20*—главные электромоторы, *21*—фрикционные муфты, *22*—кулачные муфты, *23*—аккумуляторы, *24*—торпедные аппараты, *25*—резервуары сжатого воздуха для стрельбы из торпедных аппаратов, *26*—орудие, *27*—автоматич. орудие, *28*—перископы, *29*—опускающиеся радиотелеграфные мачты, *30*—антенна, *31*—пилы для разрезания противолодочных сетей, *32*—шлюпка, *33*—вентиляция главных балластных цистерн, *34*—шахта, через которую вытяжной вентилятор выгоняет воздух из лодки, *35*—шахта для подачи воздуха в машинное отделение, *36*—кнехты, *37*—шпиль, *38*—электромотор шпиля, *39*—ручной привод шпиля, *40*—трап, *41*—койки, *42*—воздухохранители для сжатого воздуха, *43*—помещение для хранения снарядов, *44*—компас, *45*—лебедка для заваливания и подъема мачт, *46*—штурвалы горизонтальных рулей, *47*—радиотелеграфная рубка, *48*—турбокомпрессор для продувания цистерн главного балласта, *49*—трюмный насос, *50*—WC, *51*—лебедка для подъема и опускания кормового перископа, *52*—масляный насос для двигателей, *53*—масляный холодильник, *54*—станция для управления главным электромотором.

Прочный корпус д. б. настолько прочным, чтобы выдержать давление воды на предельной глубине погружения; изготовляется из судостроительной стали повышенного сопротивления—врем. сопротивление разрыву 50 *кг/мм²*, удлинение около 18%. Набор прочного корпуса состоит из кольцевых шпангоутов, к к-рым приклепываются листы обшивки. Форма прочного корпуса сигарообразная с обрезанными концами, сечение—круглое или эллиптическое. Для значительных глубин погружения при конструировании прочного корпуса применяют исключительно круглое сечение, так как напряжения, возникающие в наборе, будут только нормальные. При других видах сечений возникают помимо нормальных касательные напряжения, вызывающие утяжеление конструкции. Внутри прочного корпуса размещаются все механизмы и устройства за исключением только тех, к-рые по способу использования д. б. установлены снаружи корабля (артиллерия, радиотелеграфная антенна, лебедки шпилевых устройств и т. п.). Кроме того у однокорпусных П. л. внутри прочного корпуса размещаются и все балластные цистерны. У П. л. с двойным и с частично двойным корпусом цистерны главного балласта размещаются



Фиг. 3.

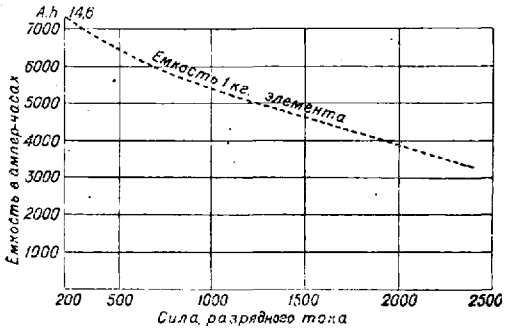
между легким и прочным корпусом. Для непотопляемости П. л., т. е. для предотвращения заливания водой всей лодки в случае аварии, внутренний объем прочного корпуса разделяется водонепроницаемыми переборками на отдельные отсеки, число которых бывает 5—8. Т. к. вес этих переборок значителен, то в большинстве случаев их делают менее прочными, чем прочный корпус, например при прочности корпуса, соответствующей глубине погружения 75—100 *м*, прочность переборок ограничивают глубиной погружения 40—45 *м*. Каждая водонепроницаемая переборка имеет водонепроницаемую дверь. Рубка по своей прочности не д. б. слабее прочного корпуса. Она имеет форму цилиндра овального сечения. Рубка изготовляется из маломагнитной стали для того, чтобы она не оказывала влияния на показания магнитного компаса, расположенного на мостике сверху рубки. Назначение рубки следующее: а) при пробном погружении служить поплавком, на котором погружающаяся П. л. могла бы достаточно остойчиво держаться во время дифферентовки, б) в случае необходимости быстро всплыть, обеспечить быстрый выход из-под воды наиболее выступающей части П. л. с выходным люком и в) дать возможность П. л. держаться в опасной зоне в погруженном состоянии по рубку и тем самым быть малоприметной и иметь возможность очень быстро скрыться под воду. Объем рубки и выступающих над палубой устройств для различных П. л. 1—2% водоизмещения. Для уменьшения сопротивления движению под водой рубка обшивается легким кожухом удобообтекаемой формы. Сверху рубки устраивается мостик, откуда происходит управление П. л. во время плавания на поверхности. Легкие оконечности, надстройка и наружный корпус придают П. л. внешнюю форму, которая должна дать возможно малое сопротивление движению под водой и обеспечить хорошие надводные мореходные качества. Прочность наружных частей корпуса П. л. должна обеспечить плавание в надводном положении в свежую погоду. В районе же размещения балластных цистерн прочность наружного корпуса определяется прочностью цистерн. Цистерны главного балласта обычно испытываются на прочность и непроницаемость внутренним давлением около 1 *atm*, так как в погруженном положении П. л. кингстоны этих цистерн всегда открыты. Набор наружных частей корпуса состоит из соответствующей формы шпангоутов, жестко связанных с прочным корпусом, обшитых снаружи тонкой судостроительной сталью; в менее ответственных местах толщина листов бывает около 4 *мм*, а в более ответственных 5—6 *мм*. В отношении веса наиболее тяжелыми являются двойные корпуса, а наиболее легкими—одинарные. Johow и Foerster дают следующую ф-лу, определяющую вес корпуса П. л.:

$$G = xD^2 \frac{\pi}{4} L_D \delta_D,$$

где D—максимальный диам. прочного корпуса, L_D—длина прочного корпуса, δ_D—коэфициент полноты прочного корпуса, x—коэф., зависящий от типа корпуса и водоизмещения П. л. Для однокорпусных П. л. $x = 0{,}40 \div 0{,}50$. Для двухкорпусных П. л. водоизмещения до 300 *т* $x = 0{,}50$; до 700 *т* $x = 0{,}55 \div 0{,}60$; свыше 700 *т* $x = 0{,}60 \div 0{,}66$. Эти коэфициенты действительны для корпусов П. л. с глубиной погружения 45—60 *м*.

Двигатели для надводного хода (дизели легких типов специальных компактных конструкций). Современные П. л. имеют дизели весом 25—35 *кг* на силу и даже меньше 20 *кг*; число оборотов около 400 в минуту. Стесненность помещения на П. л. не позволяет устанавливать дизели бо́льших мощностей. В настоящее время наибольшая мощность дизеля на П. л. достигает 3 500 Hp_{eff}. Большинство П. л. имеет по 2 дизеля, работающих на 2 винта, и только самые малые П. л. имеют по 1 дизелю. Воздух для работы дизелей подается в машинное отделение через открытые рубочные люк и двери в переборках или через специальную, закрываемую при погружении, воздушную шахту *35* (фиг. 3). Максимальная надводная скорость, достигнутая на П. л.,—21 узел. Опытная паровая турбинная установка на английской подводной лодке К-26 мощностью 10 000 Hp_{eff} дала 23,5 узла, но паровая установка значительно усложняет использование П. л. Керосиновые и бензиновые двигатели для П. л. не применяются, т. к. пары топлива для них огнеопасны и вредно действуют на организм людей. Для подводного хода дизели неприемлемы, так как в погруженном состоянии П. л. невозможно обеспечить подачу к дизелям воздуха, необходимого для работы их. Кроме того отработанные газы, выходя на поверхность воды, будут обнаруживать присутствие П. л. Двигатели подводного хода—электромоторы постоянного тока (главные электромоторы)—получают энергию от батареи электрич. аккумуляторов. Для подводного хода требуется 1) бесшумность работы, 2) экономия в расходе энергии, 3) отсутствие следов над водой и 4) отсутствие порчи воздуха внутри П. л. Свинцово-кислотные аккумуляторы разбиваются обычно на 4 группы, примерно по 60 элементов в каждой, напряжение каждой группы 110—120 V. Это напряжение является нормальным для всех электроустановок П. л., и при этом напряжении работают главные электромоторы на малые мощности, но кроме того две группы каждого борта могут соединяться последовательно, давая напряжение для работы главных электромоторов на полный ход 220 V. В последнее время начали применять разбивку аккумуляторов на три группы с напряжением по 220 V, что дает возможность снизить веса электроустановок. Вес установки главных электромоторов и аккумуляторов составляет 100—120 *кг* на силу. Максимальная мощность одного электромотора у существующих П. л.—1 300 Hp_{eff}, а максимальная подводная скорость—11 узлов. Так как продолжительность, а вместе с тем и район подводного хода увеличиваются с уменьшением силы разрядного тока батареи аккумуляторов, то для получения больших районов плавания под водой при высоком кпд использования электрич. энергии на нек-рых П. л. устанавливают дополнительно т. н. электромоторы экономич. хода пониженной мощности (20—40 Hp_{eff}), могущие работать на те же валопроводы, что и главные

электромоторы, давая подводную скорость ~3 узлов. Насколько емкость батареи аккумуляторов увеличивается с уменьшением силы разрядного тока, видно из фиг. 4, где дана кривая емкости батареи аккумуляторов, отнесенная к 1 *кг* веса элемента. Для зарядки разряженной батареи аккумуляторов пользуются главными электромоторами, которые



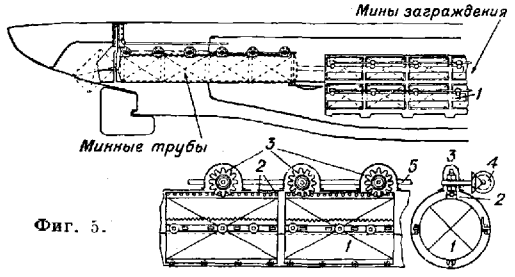
Фиг. 4.

при вращении их дизелями обращаются в динамомашины. Нужно отметить, что современные аккумуляторы весьма тяжелы и относительно малоемки, вследствие чего получение значительных подводных скоростей и большого района плавания требует больших затрат веса П. л. Схема соединения дизеля *19*, электромотора *20* и гребного вала видна на фиг. 3; дизель *19*, соединительная фрикционная муфта *21* между дизелем и электромотором, главный электромотор *20*, соединительная кулачная муфта *22* между главным электромотором и гребным валопроводом и гребной валопровод. Во время надводного хода обе соединительные муфты сообщены и дизель работает на винт, вращая, как маховик, главный электромотор, так как рубильники последнего разомкнуты. Для работы на зарядку фрикционная муфта сообщена, а кулачная разобщена — дизель вращает электромотор, обращая его в динамо. На подводном ходу фрикционная муфта разобщена, а кулачная сообщена—электромотор работает на винт. Зарядка аккумуляторов производится только в надводном положении П. л. Как емкость батареи аккумуляторов, так и запас топлива для дизелей определяются заданными для П. л. районами подводного и надводного плавания. Управление под водой в отношении курсов производят тем же способом, как на надводных судах, пользуясь картами, компасами, лагами и пр. Приборы управления сосредоточены в центральном посту, занимающем середину П. л. под рубкой. Магнитные компасы под водой внутри прочного корпуса «застаиваются» при поворотах П. л. Картушка медленно принимает надлежащее положение, поэтому применяются жироскопы-компасы, напр. Сперри. Обычные морские карты, с показанием глубины и характера дна, дают достаточно указаний, до какой глубины можно доходить безопасно. Неоднократные случаи попадания на глубине на камни не опасны, т. к. вполне погруженная подводная лодка при ударе отходит вверх также легко, как в бок, не ложась на камень подобно надводному кораблю.

Водоотливные средства состоят из главных балластных и трюмных электрических насосов. Главные балластные насосы служат резервным средством для осушения главных балластных цистерн в случае выхода из строя турбокомпрессоров и кроме того для удаления воды из внутренних помещений П. л. в случае большого накопления в них воды. Число таких насосов на П. л. бывает не более трех. Как максимум к ним предъявляется требование осушить все цистерны главного балласта при одновременной работе всех насосов в течение 20—30 мин. Эти насосы обыкновенно бывают центробежные большой производительности при малых противодавлениях. Для работы на больших глубинах крылатки насосов соединяются последовательно, что обеспечивает работу при больших противодавлениях с пониженной производительностью. Трюмные насосы, обычно поршневые, служат для удаления воды из трюмов, они могут работать на предельной глубине погружения. Производительность трюмного насоса 10—20 *т/ч*. Иногда трюмные насосы приводятся от главного валопровода. Система сжатого воздуха высокого давления состоит из нескольких, размещенных в разн. отсеках П. л. групп воздухохранителей, в к-рые обычно 2 компрессора нагнетают воздух до 175—225 *а/т*. Компрессоры приводятся от специальных электромоторов или от главных электромоторов. Воздух высокого давления служит для аварийного продувания цистерн главного балласта, для нормального продувания средней цистерны, для стрельбы из торпедных аппаратов, для пуска в ход дизелей и т. п. Общая емкость воздухохранителей 3—4% от емкости цистерн главного балласта. Производительность компрессора 6—9 *л/мин.* при максимальном давлении воздуха в воздухохранителях. Система вентилирования внутренних помещений состоит из вытяжных и вдувных электровентиляторов, связанных с вентиляторным трубопроводом и могущих практически совершенно провентилировать все помещения не более чем в 5 минут. Этой же системой пользуются для перемешивания воздуха внутри П. л. при ее продолжительном пребывании под водой, что облегчает условия требования личного состава в П. л. Однако без удаления из воздуха CO_2 и обогащения его кислородом продолжительное пребывание под водой становится для личного состава невозможным. Для восстановления качества воздуха на П. л. применяется система регенерации, заключающаяся в том, что вентиляторы прогоняют воздух, богатый CO_2, через специальные патроны, набитые химическими реактивами, поглощающими CO_2. Такими реактивами являются KOH, NaOH и CaOH. Поглощенный же из воздуха при дыхании людей кислород пополняется из специальных баллонов, где он хранится под большим давлением. Запас патронов и сжатого кислорода, принимаемый на П. л., обычно обеспечивает непрерывное пребывание под водой в течение 72 ч. один раз за поход. Выделяющиеся из аккумуляторов во время их зарядки гремучий газ и пары серной к-ты удаляются специальной системой вентилирования батарей аккумуляторов. На большинстве П. л. эта система состоит в том, что от каждого аккумулятора отходит отросток в общую магист-

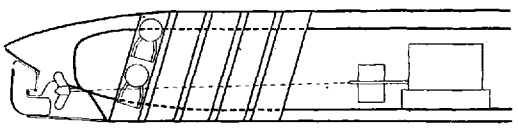
раль, из к-рой специальные вытяжные вентиляторы отсасывают пары и газы наружу. На некоторых же П. л. газы и пары выходят из аккумуляторов непосредственно в изолированное помещение аккумуляторов, откуда они удаляются специальными вытяжными вентиляторами. В устранение случаев отравления людей парами топлива применяется топливо с высокой $t°$ вспышки (порядка 130°). Гребные винты д. б. рассчитаны на надводный ход при больших числах оборотов при частичном погружении и на подводный ход при пониженных оборотах—при полном погружении. Наивыгоднейший для наибольшего надводного хода винт неудовлетворителен и неэкономичен для подводного экономического, что неприемлемо для П. л. Рациональнее поэтому рассчитывать винты, наиболее подходящие для крейсерских скоростей, напр. 12 узлов надводного и 5 узлов подводного. Запас пресной воды для питья и приготовления пищи определяется по числу личного состава и продолжительности похода из расчета 6—8 *л* в день на человека. Пресная вода хранится в цистернах, покрытых изнутри слоем цемента. Во время продолжительного пребывания П. л. в море, напр. 1 месяц, взятая с базы вода может испортиться, почему на некоторых П. л. устанавливают электрические опреснители воды. В таком случае запас принимаемой воды м. б. значительно сокращен.

Торпедные аппараты располагаются в носовой и кормовой частях П. л. В носу обычно 3—4 аппарата (редко 6), в корме 1—2. Выпуск торпед из аппаратов производится сжатым воздухом. На нек-рых П. л. кроме того бывают и наружные аппараты, расположенные в надстройке. П. л. выходит в море с заряженными аппаратами, но кроме того нек-рые П. л. берут с собой внутрь прочного корпуса еще и запасные торпеды *18* (фиг. 1). Мины заграждения принимаются на подводные заградители внутрь прочного корпуса—в корму, откуда выбрасываются механич. приводом через 2 специальных минных аппарата (фиг. 5), или каждая мина *1* имеет сверху ряд стерженьков *2* для сцепления с шестернями *3* привода выбрасывания мин. Специальный электромотор вращает валик *5* привода, от к-рого через конические шестерни *4* передается вращение шестерням *3*. Вращаясь, ше-

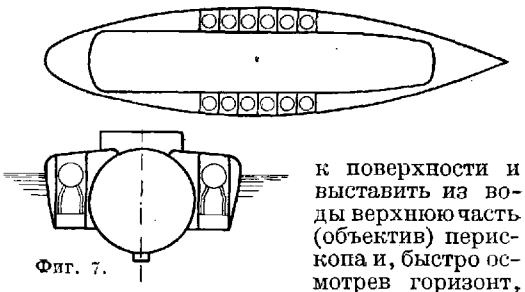


Фиг. 5.

стерни *3* своими зубцами захватывают стерженьки *2* и продвигают в аппарате все мины в сторону кормы, сбрасывая их по очереди через открытую кормовую крышку. Шестерни *3* размещены так, что расстояние между ними меньше длины мины, следовательно каждую мину всегда будут вести 2 шестерни. После того как будут выброшены все мины из аппарата, последний вновь заряжается минами со стелажей. На фиг. 6 показаны мины заграждения, загруженные в минные шахты, расположенные в корме П. л. На


Фиг. 6.

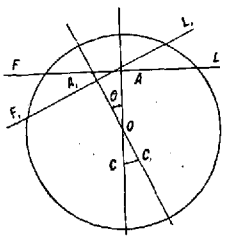
фиг. 7 расположение минных шахт находится в междубортном пространстве. Артиллерия на П. л. как дополнительное вооружение состоит из 1—2 орудий 75—100-*мм* и иногда еще и одного 37-*мм* орудия. В большинстве случаев эти орудия служат и как противоаэропланные. Для наблюдения за поверхностью моря П. л. должна всплыть


Фиг. 7.

к поверхности и выставить из воды верхнюю часть (объектив) перископа и, быстро осмотрев горизонт, опять скрыть перископ. Обыкновенно на П. л. устанавливаются два перископа: один командирский, которым пользуются при атаке неприятеля, и другой—ночной и зенитный для общего осмотра горизонта и воздуха. Длина перископа обычно 7—9 *м*, диам. трубы 180—150 *мм*, увеличение 1,1—1,5, поле зрения около 40°. Для лучшего рассмотрения деталей увеличение перестановкой линз доводится до 6,0 при поле зрения до 10°. При проходе через сети перископ на подводном ходу опущен вровень с поручнями мостика. Для осмотра горизонта перископ поднимают на 3—4 *м*. На нек-рых П. л. устанавливают еще перископ-дальномер для определения расстояния до цели. Подъем и опускание перископов производятся специальными лебедками. Для связи на П. л. устанавливают специальные, принятые для П. л. радиоустановки и звуковые приемники и передатчики. Безопасность плавания. П. л. настолько технически совершенна, что плавание на ней нередко безопаснее, чем на надводных судах. Причиной гибели служат столкновения с получением пробоин в прочном корпусе. Работы морского департамента США в 1928/29 г. в отношении спасания людей из затонувших П. л. позволяют разрешить вопрос спасения даже с глубин свыше 100 *м*, недоступных пока водолазам в мягких скафандрах (*см. Водолазное дело* и *Судоподъем*). **А. Кузаев и Белецкий.**

Водоизмещение П. л. вычисляется по тем же ф-лам, к-рые применяются в этих случаях для надводных кораблей. При погружении П. л. на глубину пловучесть ее изменяется от следующих причин. 1) Увеличение плотности воды от давления. При увеличении глубины на каждые 10 *м* плотность воды увеличивается на 0,005%, вслед-

ствие чего пловучесть П. л. увеличивается. 2) Увеличение плотности воды от изменения ее $t°$. При понижении с 20 до 10° плотность воды увеличивается на 0,14%, а при дальнейшем уменьшении до 4° увеличивается на 0,03% и в этом случае пловучесть П. л. увеличивается. 3) Сжатие корпуса вследствие понижения $t°$. Т. к. $t°$ воды при погружении понижается, то корпус П. л. сжимается, вследствие чего пловучесть уменьшается, объемный коэф. сжатия стал равен 0,004%. 4) Обжатие корпуса вследствие давления. При погружении П. л. на глубину давление на стенки корпуса увеличивается пропорционально глубине, вследствие чего уменьшается пловучесть. Обжатие равно ~0,13%. Суммарное действие указанных причин невелико; так, для П. л., объем пробного корпуса к-рой равен 650 $м^3$, при погружении на 50 $м$ получается добавочная пловучесть 0,092 $т$; тем не менее с их действием приходится считаться. Пока П. л. плавает на поверхности, к ней применимы все выводы относительно остойчивости, какие имеют место для надводных кораблей. Для изучения остойчивости при погружении рассмотрим для простоты П. л., имеющую круглые сечения. У нее метацентр при любой осадке в надводном положении и при любом угле крена сохраняет свое место. Действительно, предположим, что



Фиг. 8.

П. л. получила крен в $\theta°$ (фиг. 8); ватерлиния F_1L_1, соответствующая углу крена в $\theta°$, отсечет такой же по форме и водоизмещению объем, как и начальная ватерлиния FL. Центр величины, находившейся при ватерлинии FL в точке C и в диаметральной плоскости, будет лежать и при ватерлинии F_1L_1 также в диаметральной плоскости в точке C_1 на таком же расстоянии от ватерлинии F_1L_1, как и точка C от FL. Точка пересечения O этих двух направлений AC и A_1C_1 будет находиться в центре круга шпангоута, т. е. метацентр будет совпадать с центром круга, образующего шпангоут. При изменении углубления метацентр своего положения не изменит. Центр величины при крене будет описывать окружность, радиус которой с увеличением углубления все время будет уменьшаться, так что в погруженном состоянии (пренебрегая влиянием рубки) радиус обратится в точку и центр величины совпадет с метацентром. Для остойчивости такой П. л. необходимо, чтобы как в надводном, так и подводном положении ц. т. лежал ниже оси, на к-рой расположены центры кругов. Если это условие не будет выполнено, то П. л. перевернется. Момент выпрямляющей пары для П. л. на поверхности воды определяется ф-лой

$$M = P(\varrho - a)\sin\theta,$$

где P—вес П. л., ϱ—метацентрич. радиус, a—расстояние между ц. т. и центром величины и θ—угол наклонения. По мере заполнения балластных цистерн при погружении П. л. центр величины будет подниматься. Выгодно помещать балластные цистерны возможно ниже, тогда при их заполнении ц. т. будет понижаться. При нек-рой ватерлинии ц. т. и центр величины совпадут. При этом расстояние между ними $a = 0$, а момент восстанавливающей пары

$$M = P\varrho\sin\theta.$$

При дальнейшем погружении центр величины, повышаясь, будет находиться выше ц. т., так что величина a станет отрицательной, а момент восстанавливающей пары

$$M = P[\varrho - (-a)]\sin\theta = P(\varrho + a)\sin\theta.$$

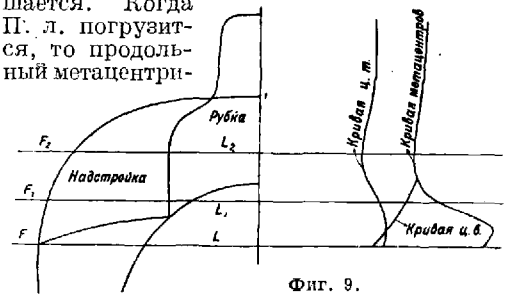
Когда П. л. совершенно погрузится, то площади действующей ватерлинии не будет, метацентрич. радиус сделается равным нулю, а центр величины совпадет с метацентром. При этом при любом крене форма П. л. меняться не будет, точно так же центр величины менять своего положения не будет. Момент восстанавливающей пары

$$M = Pa\sin\theta$$

и при дальнейшем погружении остается без изменения. Если принять во внимание рубку, то центр величины будет лежать несколько выше оси, по к-рой располагаются центры кругов шпангоутов. При форме шпангоутов, отличающейся от круговой, изменение остойчивости будет происходить таким же путем, если только в надводном положении ц. т. лежит выше центра величины. Графически изменение *остойчивости* (см.) приведено для одной из П. л. на фиг. 9. Диаграмма Рида для вполне погруженной П. л. изобразится синусоидой, где каждое плечо восстанавливающей пары определится выражением

$$GH = a\sin\theta.$$

Изменение продольной остойчивости происходит так. В надводном положении продольный метацентрич. радиус велик и колеблется от L до 1,5 L, где L—длина П. л. По мере погружения момент инерции действующей ватерлинии резко уменьшается, а подводный объем возрастает, вследствие чего продольный метацентрич. радиус быстро уменьшается. Когда П. л. погрузится, то продольный метацентрический радиус делается равным нулю, и продольный метацентр сольется с центром величины, а также с поперечным метацентром. Следовательно продольный метацентрический радиус уменьшается от величины, определяемой сотней $м$, до 2 десятков $см$. Отсюда понятно, что в погруженном положении П. л. весьма чувствительны к дифференту: достаточно по длине П. л. переместиться незначительному грузу, чтобы она получила ощутимый дифферент. По заполнении балластных цистерн П. л. с помощью горизонтальных рулей (рулей глубины) может итти на желаемой глубине. Действие



Фиг. 9.

Подводные лодки флотов различных государств.

Название П. л. (тип)	Год постройки	Количество	Водоизмещен., *т* над водой / под водой	Длина, *м*	Ширина, *м*	Осадка, *м*	Мощн. двигат. Е, ℙ дизелей / электромоторов	Максим. скорость, узлы над водой / под водой	Запас топлива, *т*	Район плавания, мили	Торпедное вооружение	Артиллерийское вооружение	Мины заграждд.	Численность экипажа
Англия														
Thames	в постр.	1	1 800 / —											
Swordfish	в постр.	2	650 / —											
Rainbow	в постр.	4	1 475 / 2 015								6 нос. 2 корм.	1—4″ или 4,9″		
Parthian	1930	6	1 475 / 2 040	79,3	8,51	4,12	4 400 / 1 350	17,5 / 9			6 нос. 2 корм.	1—4″		
Odin	1929	6	1 475 / 2 030	79,3	8,54	4,12	4 400 / 1 320	17,5 / 9	200		6 нос. 2 корм.	1—4″		
Oberon	1927	1	1 311 / 1 805				2 950 / 1 350	15 / 9	200		6 нос. 2 корм.	1—4″		
X1	1924	1	2 780 / 3 600	106,75	9,07	5,18	6 000 / 2 600	19,5 / 9			4 нос. 2 корм.	4—5,2″ и 2—автом.		110
M2 и M3	1920	2	1 450 / 1 950	90,3	7,47	4,8	2 400 / 1 600	15,5 / 9,5	76		4 нос.	1—3″ 2—автом.		60
L52—71	1924	6	845 / 1 150	71,87	7,16	4,13	2 [illegible] / 1 [illegible]	17,5 / 10,5	78		6 нос.	1—4″		40
L11—33	1926	16	845 / 1 080	72,74			2 400 / 1 600	17,5 / 10,45	76		4 или 6 нос.	1—4″	16	36
K26	1923	1	1 710 / 2 770	107,2	8,54	5,12	10 000 / 1 400	23,5 / 9	300		4 нос. 2 корм. 4 траверзн.	3—4″ и 2—автом.		65
США														
V7—9	в постр.	3	1 560 / 2 215	97,3	8,24	3,28		17 / 8			6	1—4″		
V5—6	1930	2	2 760 / 3 960	112,15	10,14	4,88	5 447 / —	17 / 8,5			6	2—6″		88
V4	1930	1	2 680 / 4 080	116,3	10,2	4,62	3 175 / —	14,3 / 8			4	2—6″	60	86
V1—3	1926	3	1 910 / 2 506	104,15	8,38	4,73	6 500 / —	19,25 / 8		10 000 (11 узл.) / —	4 нос.+10 зап. торпед 2 корм.	1—5″ 2—автом.		86
T1—T3	1922	3	1 106 / 1 487	81,9	6,86	4,32	4 000 / 1 520	20 / 11		7 000—9 000 / —	4 нос. (у T1+2 в надстройке)+12 зап. торп.	2—1″		54
S48—S50	1922	3	993 / 1 230	73,6	6,7	4,14	2 030 / 1 500	14,5 / 11			4 нос.+1 корм.+9 зап. торпед	1—4″		38
S42—S47	1925	6	906 / 1 126	68,6	6,3	4,88	1 200 / 1 500	14,5 / 11		8 000 (10 узл.) / —	4 нос.+8 зап. торп.	1—4″		38
S10—S18	1923	10	876 / 1 092	70,4	6,61	4,0	2 000 / 1 200 / 1 400 / 1 200	15 / 10,5		5 000 (11 узл.) / —	4 нос.+1 корм.+9 зап. торпед 4 нос.+8 зап. торп.	1—4″		38
S4—S6—S9	1921													

S14—S17	1921	4	854 / 1 092	70,4	6,61	3,98	2 000 / 1 200	14 / 12,25		5 000 (11 узл.) / —	4 нос.+8 зап. торп.	1—4″		38
S2	1920	1	800 / 977	64,2	5,95	4,88	1 800 / 1 200	15 / 11		5 000 (11 узл.) / —	4 нос.+8 зап. торп.	1—4″		38
S18—S41	1924	24	854 / 1 052	66,87	6,3	4,88	1 200 / 1 500	14,5 / 11		5 000 (11 узл.) / —	4 нос.+8 зап. торп.	1—4″		38
S1	1920	1												
Япония														
J35—J39	в постр.	5	1 638 / 2 220								6	1—3,9″		
J61—J34, J53—J60, J63 . . .	1929	12	1 635 / 2 100	97,66	7,95	4,88	6 000 / 1 800	19 / 10			6 нос.	1—4,7″		
J52	1925	1	1 400 / 2 000	100,65	7,62	5,18	6 000 / 1 800	19 / 10	свыше 100		6 нос.+2 корм.	1—4,7″		57
J51	1925	1	1 400 / 2 000	91,5	8,54	4,65	5 200 / 1 800	17 / 9	свыше 100		6 нос.+2 корм.	1—4,7″		60
J21—J24	1928	4	1 150 / 1 750	85,4	7,54	4,42	4 000 / —	19 / 10			4	1—4,7″ 1—3″		
J1—J5	1929	5	1 955 / 2 500	97,6	9,0	4,88	6 000 / —	17,5 / —			6	2—4,7″		
Ro60—Ro68 . .	1926	9	998 / 1 300	76,25	7,32	3,96	2 400 / 1 600	16 / 10	75		4 нос.+2 корм.	1—3″ 1—автом.		48
Ro51—Ro59 . .	1923	9	900 / 1 082	70,60	7,16	3,96	2 400 / 1 200	17 / 10	65	7 500	4 нос.+2 корм.	1—3″		48
Ro29—Ro32 . .	1925	4	665 / 1 000	74,26	6,1	3,66	2 400 / 1 200	— / 10	60		4 нос.+1 корм.	1—4,7″ 1—3″		43
Ro26—Ro28 . .	1924	3	750 / 1 000	70,15	6,1	3,66	2 600 / 1 200	16 / 10	65/75		4	1—3″		40—45
Ro16—Ro24 . .	1922	9	740 / 986	70,15	6,1	3,66	2 600 / 1 200	17 / 10	75	11 000	4 нос.+2 корм.	1—3″		
Ro13—Ro15 . .	1921	3	740 / 986	67,1	6,1	3,73	2 600 / 1 200	17 / 10	65/75		4 нос.+2 в надстр.	1—3″		
Ro3—Ro5 . . .	1922	3	689 / 950	66,56	6,1	4,05	2 600 / 1 200	18 / 9,5	59/65	3 000	4 нос.+1 корм.	1—3″		40
Ro1—Ro2 . . .	1920	2	689 / 1 043	65,64	6,1	4,05	2 600 / 1 200	18 / 9,5	59/65	3 000	4 нос.+1 корм.	1—3″		40
Франция														
Surcouf		1	2 880 / 4 304	120	9	7,01	7 600 / 3 400	18 / 10		10 000 (10 узл.) / —	14	2—8″		150
Saphir		5	669 / 925	66,03	7,16	4,11	1 300 / —	12 / 9		—	4	1—3″	32	
Rédoutable . .		31	1 374 / 2 060	92,26	9,3	4,72	5 000 / 2 600	18 / 10		8 000 (10 узл.) / 100 (5 узл.)	11	1—3,9″ 1—37 *мм* 1—автом.		60
Requin	1927	9	974 / 1 410	78,23	6,55	4,57	2 900 / 1 800	16 / 10		7 000 (9 узл.) / 105 (5 узл.)	4 нос.+2 корм. 4 надстр.	1—3,9″ 2—автом.		48
M. Callot . . .	1921	1	840 / 1 298	75,56	6,76	3,76	2 900 / 1 640	16,5 / 10,5		2 800 (11 узл.) / 118 (5 узл.)	4 нос.+2 в надстр. +2 зап. торп.	1—3,9″	27	44

Подводные лодки флотов различных государств. (Продолжение.)

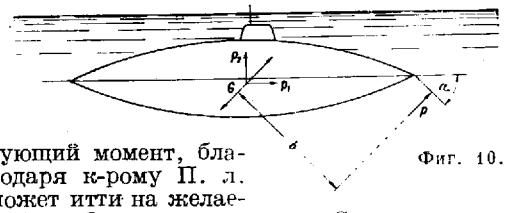
Название П. л. (тип)	Год постройки	Количество	Водоизмещен., т над водой / под водой	Длина, м	Ширина, м	Осадка, м	Мощн. двигат. Е, Р дизелей / электромоторов	Максим. скорость, узлы над водой / под водой	Запас топлива, т	Район плавания, мили	Торпедное вооружение	Артиллерийское вооружение	Мины заграждд.	Численность экипажа
P. Chailley . .	1923	1	798 / 1 181	70,04	8,0	3,96	1 800 / 1 200	14 / 9		2 800 (13,7 узл.) / 80 (9 узл.)	2 нос.+2 в надстр.	1—3,9″	48	44
Joessel	1920	2	838 / 1 200	74,05	7,13	4,42	2 900 / 1 650	16,5 / 11		4 200 (10 узл.) / 115 (5 узл.)				47
Lagrange	1924	4	830 / 1 317	75,25	6,37	4,02	2 600 / 1 650	16,5 / 11		4 200 (10 узл.) / 115 (5 узл.)	2 нос. 6 надстр.+2 зап. торпед	2—4″		47
Diane		20	571 / 809	67,01	5,49	4,27	1 420 / 1 000	14 / 9		3 000 (10 узл.) / 78 (5 узл.)	8	1—3″ 1 автом.		39
Odine	1927	11	552 / 765	66,03	4,88	3,43	1 300 / 1 000	14 / 9,5		3 500 (10 узл.) / 90 (5 узл.)	1 нос. 6 надстр.	1—3″		39
Fournier	1920	2	310 / 513	53,03	4,69	2,3	1 000 / 460	14 / 8,5		1 070 (12 узл.) / 63 (5 узл.)	2 нос. 2 надстр.	1—3″		21
							Италия							
Squalo	1928	4	885 / 1 094	64,8	5,78	4,75	3 000 / 1 400	16,5 / 9			4 нос.+4 корм	1—3,9″ 2—автом.		
Menotti	1927	6	890 / 1 095	69,8	5,78	4,75	3 000 / 1 400	17,5 / 9			8	1—4″ 2—автом.		
Balilla	1927	4	1 390 / 1 904	86,01	7,47	4,27	4 900 / 2 200	18,5 / 9,5			4 нос.+2 корм. +10 зап. торп.	1—3,9″ 2—автом.		
Mameli	1927	4	780 / 1 010	65	6,51	4,13	3 000 / 1 000	17 / 9			4 нос.+2 корм.	1—3,9″ 2—автом.		
Vittor Pisani .	1928	4	857 / 1 057	68,2	5,70	4,27	3 000 / 1 000	17,5 / 9			4 нос.+2 корм.	1—4″ 2—автом.		
Corridoni	1929	2	862 / 1 088	70,5	5,65	4,28	1 500 / 1 000	14 / 8			4	1—4″ 2—автом.	24	
Ettore Fieramosca	1929	1	1 453 / 1 788	84,0	8,3	5,11	5 500 / 2 000	19 / 10			10	1—3,9″		

Германия *1

U27—U30	1914	4	680 / 870		2 000 / 1 100	16,7 / 9,9	5 520 (8 узл.) / 85 (5 узл.)	2 нос.+2 корм. +6 зап. торп.	2—8,8 см	—	39
U63—U65	1916	3	810 / 930		2 200 / 1 100	16,9 / 9,6	5 620 (8 узл.) / 60 (5 узл.)	2 нос.+2 корм. +4 зап. торп.	1—10,5 см	—	39
U135—U138 . . .	1918	4	1 180 / 1 530		3 400 / 1 780	18 / 8,5	2 780 (8 узл.) / 50 (4,5 узл.)	4 нос.+10 зап. торпед	1—15 см	—	46
U139—U141 . . .	1918	3	1 930 / 2 480		3 500 / 1 780	17,7 / 8,1	4 000 (8 узл.) / 53 (4,5 узл.)	4 нос.+15 зап. торпед	2—15 см	—	62
U151—U157 тип. «Deutschland»	1918	7	1 510 / 1 870		800 / 800	12,4 / 5,3	13 130 (5,5 узл.) / 65 (3 узл.)	2 нос.+16 зап. торпед	2—15 см	—	56
UB1—UB17 . .	1915	17	127 / 142		60 / 120	6,7 / 6,0	650 (5 узл.) / 45 (4 узл.)	2 нос.	1 пулемет	—	16
U117—U121 . . .	1918	5	1 160 / 1 510		2 400 / 1 200	14,7 / 7,1	6 080 (8 узл.) / 60 (4,5 узл.)	4 нос.+20 зап. торпед	1—15 см	42 2 норм. трубы	40
UC1—UC15 . . .	1915	15	168 / 183		90 / 175	6,4 / 5,5	850 (5 узл.) / 50 (4 узл.)	—	1 пулемет	12	14
UC49—UC79 . .	1917	31	420 / 500		600 / 610	12 / 7,2	8 000 (7 узл.) / 59 (4 узл.)	2 нос. в надстр. +1 корм.+4 зап. торпеды	1—8,8 см	18	26

*1 Подводного флота на основании Версальского договора не имеет. В таблице приведены лишь наиболее характерные типы II. л., построенных во время империалистической войны.

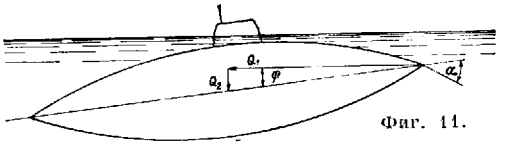
рульей глубины заключается в том, чтобы прежде всего создать силу, поглощающую остаточную пловучесть, а затем создать диферентующий момент, благодаря к-рому П. л. может итти на желаемой глубине или менять ее. Сила давления P на руль м. б. разложена на 2 составляющих (фиг. 10):



Фиг. 10.

$$P_1 = P \sin \alpha \quad \text{и} \quad P_2 = P \cos \alpha.$$

Сила P_1 будет направлена обратно движению П. л., т. е. производить тормозящее действие. Сила P_2 в зависимости от положения руля будет топить лодку или поднимать ее. Положим, что П. л. погрузилась с остаточной пловучестью q и диферентом в 0°, а руль отклонен на угол α. Производя разложение сил, получим пару, производящую диферент на нос, силу P_2, к-рая совместно с остаточной пловучестью заставит П. л. всплывать, и силу P_1, противодействующую движению. П. л. примет положение, показанное на фиг. 11. Разложим движущую силу винта, направленную по оси вала, на Q_1 и Q_2. Когда угол диферента φ станет таким, что Q_2 будет равна $P_2 + q$, то лодка скроется под водою и в таком положении будет двигаться параллельно уровню воды. Если при диференте от действия пары Pb получится сила $Q_2 > P_2 + q$, то П. л. станет погружаться и м. б. доведена до любой глубины. Если П. л. имеет первоначальный диферент на нос, то сила Q_2 и без диферентующего момента будет направлена вниз и противодействовать остаточной пловучести (фиг. 11). Т. о. при погружении П. л. можно ей дать такую остаточную пловучесть и такой диферент, что под действием хода она скроется под поверхность воды без помощи рулей погружения. Следовательно, чтобы не класть рулей погружения на большой угол, нужно П. л. погружать с диферентом на нос. Последний будет тем больше, чем больше остаточная пловучесть.



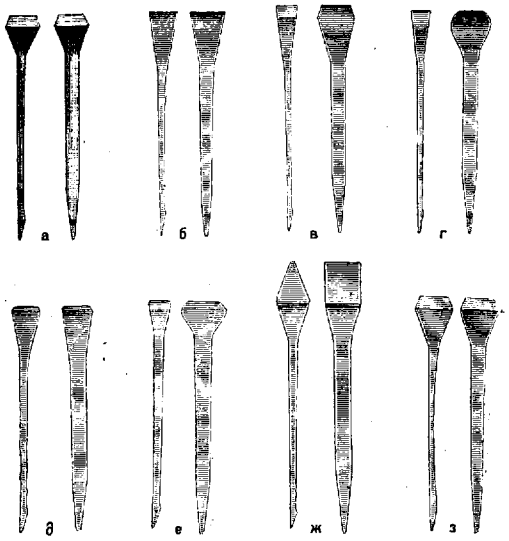
Фиг. 11.

При отклонении вниз носового руля погружения сила P_2 будет уменьшать остаточную пловучесть. Диферент для приведения П. л. на глубину будет в этом случае меньше, чем у П. л. с кормовым рулем погружения. Если П. л. имеет 2 пары рулей погружения—носовые и кормовые, причем каждая из них действует самостоятельно, то на глубину приводят носовыми рулями, а кормовые ставят на определенный угол на всплытие или погружение. Как ставить эти рули—на всплытие или на погружение, показывает опыт плавания. При установке двух пар рулей погружения носовые рули делают по площади больше кормовых.

Характеристики П. л., находящихся на вооружении флотов различных государств, даны выше в таблице на ст. 27—34.

Лит.: Johow-Foerster, Hilfsbuch für den Schiffbau, 5 Aufl., B. 1—2, B., 1922; Laubeuf M. et Stroh H., Sous-Marins, torpilles et mines, P., 1923; Rabeau G. et Laurens A., Les submersibles, Paris, 1925. **Л. Белецкий, А. Кузаев и С. Яковлев.**

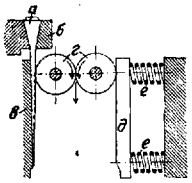
ПОДКОВНЫЕ ГВОЗДИ. Материалом для П. г. служит квадратная проволока из лучшего мягкого сименс-мартеновского литого железа (около 0,06% C, 0,25—0,3% Mn и ≤0,02% P и S) с сопротивлением на разрыв ок. 35 *кг/мм*² при удлинении ≥ 30%. Главными условиями являются гомогенное, плотное, мелкозернистое строение металла и большая пластичность его. Предпочитается шведское, чешское, а также верхнесилезское железо. Размеры проволоки соответствуют наибольшим размерам головки гвоздя; она доставляется обычно в кругах по 80—90 *кг* весом. Различные формы П. г. приведены



Фиг. 1.

на фиг. 1: а, б, в, г—П. г. для ковки лошадей, д—для ковки ослов, е—П. г. для ковки скаковых лошадей, ж—П. г. для зимней ковки, з—для ковки волов. Первой операцией является отжиг проволоки при 760° в горшках или муфелях; последнее гораздо экономичнее, так как продолжитель ностьотжига при этом составляет лишь 3 часа против 8 в горшках, и кроме того муфели не так скоро прогорают. Недостатком отжига в муфелях является жесткость проволоки от быстрого охлаждения при вынутии ее из печи. Поэтому для гвоздей особо трудной выделки проволоку, несмотря на удорожание, отжигают в горшках. Муфели делаются из лучшего шамота (держатся гораздо дольше, чем чугунные), а горшки—из сварочного железа. Печи применяются с полной или полугенераторной топкой. После отжига проволоку перематывают на ребро (т. е. ◇), чем достигается устранение всегда имеющихся после волочения перекручиваний, могущих вызвать впоследствии остановку и даже поломку машин; одновременно проволока механически очищается от части окалины. Для окончательного удаления последней про-

волоку травят в 15—20%-ном растворе серной к-ты (66° Bé), который нагревается паром до 45° в течение 1—2 ч. (при холодном травлении—6—8 ч.). Протравленную проволоку промывают водой, после чего последние следы к-ты нейтрализуют погружением в кипящую известковую воду. После этой подготовки проволока идет в гвоздильные прессы, в к-рых стержень гвоздя отковывается начерно при помощи четырехщечного пресса (см. *Гвоздильное производство*), а головка расклепывается штампом, приводимым в движение эксцентриком или кулачковой шайбой. Машина делает 80—90 гвоздей в минуту, причем один рабочий обслуживает обычно две машины. Высокие требования, предъявляемые к точности размеров П. г., требуют постоянного контроля производства, для чего каждый рабочий снабжается калибрами, которыми он от времени до времени проверяет форму и размеры гвоздей. О всяком уклонении от нормы он немедленно сообщает слесарю-установщику (один на 8—10 станков), к-рый приводит машину в порядок. Для каждого сорта и № гвоздей необходим набор инструмента, состоящий из 4 щек для отковки стержня, одной двухили четырехдольной матрицы и штампа для головки. Щеки и матрица делаются из твердовязкой, закаливаемой в воде инструментальной стали (0,45—0,50% С), а штемпель—из твердой, закаливаемой в масле инструментальной или легированной стали. Полученный на гвоздильных прессах полуфабрикат отличается большой твердостью и д. б. отожжен для дальнейшей обработки. Отжиг производится в железных горшках вместимостью 80—100 *кг* при 760° в течение 2—3 ч., после чего гвоздям дают остыть, не вынимая их из горшков. После отжига гвозди полируются во вращающихся барабанах (см. *Гвоздильное производство*) и затем поступают в специальные машины для оттягивания и обрезки (цвиковки) острия. Вытягивание острия производится прокаткой (фиг. 2): гвозди *а* кладутся в гнезда вращающегося магазина *б*, который подводит их поодиночке к наковальне *в*, снабженной вырезом, где помещается стержень гвоздя, причем поверхность наковальни по обеим сторонам канавки в точности воспроизводит профиль наружных очертаний гвоздя и служит направляющей для вальцов *г—г*, прижимаемых к наковальне сильными пружинами *е—е* с помощью стальной плиты *д*. Вальцы прокатываются сверху вниз и вытягивают при этом стержень гвоздя, придавая ему точный профиль. Получающийся при этом излишек материала по сторонам стержня обрезается затем особым штампом, который одновременно выдавливает фаску на передней поверхности гвоздя. Прокатная и обрезная машина обслуживается одной работницей, вкладывающей вручную гвозди в магазин (производительность 75—85 шт. в минуту); попытки заменить ручной труд машинным не привели до сих пор к положительным результатам, причина чего лежит в несимметричной форме гвоздей. После обрезки гвозди еще раз слегка полируют в барабанах, выбраковывают (эта работа производится малоквалифицир. рабочими) и пакуют. Потеря материала при правильной организации работы, включая угар, потери при травлении, обрезки, брак и т. д., не должна превышать 12%.



Фиг. 2.

Лит.: Börner M., Draht-Welt Buch, 2 Aufl., Halle a/S., 1929; «Stahl und Eisen», 1913, 1916 u. 1924; «Engineer», L., 1924; «Iron Age», N. Y., 1925, v. 114; «Z. d. VDI», 1906 u. 1913; «Werkstattstechnik», Berlin; «Anzeiger f. die Drahtindustrie», Berlin; «Draht-Welt», Halle a/S.; «Jahrbücher für die Drahtindustrie», Halle a/S.; «Ztschr. für die gesamte Draht- u. Bahneisenindustrie», Bochum. **Л. Павлушков.**

ПОДОГРЕВАТЕЛЬ ВОДЫ, см. *Экономайзер*.

ПОДОШВА, элемент низа обуви, прикрепляемый к стельке или деревянной шпилькой, или пряжей, или проволокой с винтовой нарезкой. То же название применяется и для подошвенной кожи, из к-рой выкраиваются П., подметка и набойка. По характеру дубления подошвенная кожа бывает растительного дубления (красное дубление) и хромового. Всесоюзный стандарт на подошвенную кожу—ОСТ 1773, 1774, 1775—различает для кож растительного дубления два вида: подошвенные кожи для деревянношпилечной и винтовой обуви и подошвенные кожи для рантовой обуви. Характерным отличием для обоих видов является свойство стойкости, до сего времени не выраженное объективным численным показателем и являющееся проявлением упругих свойств кожи. Первая подошвенная кожа д. б. более стойкой, чем вторая. Точно так же первая подошвенная кожа д. б. в силу характера скрепления со стелькой более вязкой, чем вторая. С другой стороны, ткань П. для рантовой обуви д. б. более мягкой, дабы не перетирать нитки стежа. Хим. состав и физико-химич. свойства для обоих типов П. установлены ОСТ в следующем виде (табл. 1).

Табл. 1.—Стандарт на подошву красного дубления (данные в %).

Состав и свойства подошвенной кожи	Для винтовой и дерев.-шпилечн. обуви	Для рант. обуви
Влаги не более	18	18
Золы » »	1,5	1,2
Жира » »	3,0	5,0
Вымываемых водой не более	14,0	12,0
Гольевого вещества не менее	38,0	40,0
Число продуба не более	80	65,75
Намокаемость через 2 часа не более	25	45
Намокаемость через 24 часа не более	35	55

Среднее сопротивление разрыву для обоих видов подошвенной кожи по партии не менее 2 *кг/мм²*, по коже не менее 1,75 *кг/мм²*. Руководствуясь минимально допускаемой для различных типов обуви толщиной П., подошвенная кожа делится на 3 категории по толщине в чепраковой части кожи (см. *Кожевенное сырье*): легкая подошвенная кожа толщиной не менее 3 *мм*, средняя не менее 3,5 *мм* и тяжелая не менее 4 *мм*. Соответственно приблизительный вес одной кожи определяется—для легкой подошвенной кожи для рантовой обуви до 13 *кг*, средней 13—16 *кг*, тяжелой 16—18 *кг* и для подошвенной кожи винтовой—соответственно 13,5 *кг*, 13,5—16 *кг* и более 16 *кг*.

Пороки подошвенной кожи делятся на пороки выделки и пороки сырья. К первым относятся непродуб, рыхлость, плохое мездрение, ломкость; последняя определяется появлением разрывов в лицевом слое при сгибании полоски кожи на 180° на валиках различного диаметра: для подошвенной кожи винтовой легкой—диаметр валика 75 *мм*, для средней—100 *мм*, для тяжелой—150 *мм*; для подошвенной кожи рантовой—соответственно 30 *мм*, 40 *мм*, 50 *мм*. Ко вторым относятся обычные пороки кожевенного сырья. Каждый порок при сортировке расценивается баллами, и суммой их определяется сорт подошвенной кожи. Установленные для подошвенной кожи три сорта в целых кожах характеризуются следующим предельно допустимым числом баллов: 1-й сорт 4—5 баллов; 2-й сорт 10—12 баллов; 3-й сорт 24—28 баллов (первая цифра для легкой и средней категории, вторая—для тяжелой).

Подошвенная кожа хромового дубления (в общежитии называется лосевой) употребляется преимущественно для спортивной обуви и лишь частично для обыкновенного гражданского рантового ботинка. Без так называемой импрегнации подошвенная кожа хромового дубления не может держать винта или деревянной шпильки и обладает способностью быстро пропускать воду и разбухать. Носкость подошвенной кожи хромового дубления значительно выше таковой растительного дубления. Среднее время износа по последним опытным носкам (1929/30 г.) для подметки растительного дубления составляло 63,8 дня, для подметки хромового дубления импрегнированной—132 дня. По американским данным носкость хромовой П. неимпрегнированной в 2 раза, а импрегнированной в 1,3 раза превышает носкость лучшей подошвенной кожи растительного дубления. Сырьем для производства подошвенной кожи винтовой и тяжелой и средней рантовой служат преимущественно бычьи кожи, для легкой рантовой может итти и яловка. Тяжелые шкуры свиней и конские хазы (первые—при соответственной импрегнации) могут быть использованы также для этих целей. Развес сырья определяется развесом готового товара и выходом.

Соответственно вышеприведенным физико-механич. свойствам и хим. составу строится и методология выделки. При выделке П. для винтовой и деревянношпилечной обуви, требующей минимальной намокаемости, большой вязкости и стойкости, все стремления д. б. направлены к максимально возможному сохранению гольевого вещества и разделению пучков волокон на отдельные волокна только в мере, необходимой для проникания дубильных растворов. Для подошвенной кожи рантовой, требующей большей мягкости, необходимо более полное разделение пучков волокон, и отсюда несколько большая потеря гольевого вещества. Нормальная потеря белковых веществ при выделке подошвенной кожи (включая и потерю в мездре) для подошвенной кожи винтовой составляет ок. 17,5%, для подошвенной кожи рантовой ок. 21%. Этим определяется и выбор способов проведения подготовительных операций.

Отмока по возможности короткая (от 6 до 24 часов—в латных или подвесных барабанах, от 1 до $1^1/_2$ суток—в чанах). Сильного механич. воздействия при отмоке стараются избегать. Обезволашивание для подошвенной кожи рантовой можно вести золением при обычной темп-ре или при темп-ре не свыше 27°, с продолжительностью в последнем случае не свыше трех суток. Для винтовой подошвы ранее пользовались преимущественно методом обезволашивания смесью сернистого натра с известью, уничтожая шерсть и давая после этого при ускоренных методах дубления короткий раззол (обжор) в чистом известковом зольнике. Стремление сохранить шерсть заставило и для этого вида товара перейти к методу теплой золки с предварительной обработкой сырья раствором 0,1% сернистого натра, причем все старания направлены к максимально возможному сокращению времени пребывания в теплом зольнике (обычно не свыше 2 суток). Мездрение, обычно выполнявшееся после сгонки волоса, теперь стремятся проводить после отмоки. Потеря белковых веществ при мездрении определяется в среднем от 6 до 8,5%. Обеззоливание, соответственно допускаемому содержанию золы и требованию в отношении ломкости для подошвенной кожи рантовой, д. б. проведено более тщательно, чем для подошвенной кожи винтовой. Как обеззоливающие средства применяются минеральные кислоты (серная, соляная), бисульфит и бисульфат и иногда патока (картофельная или меласса). Обеззолкой операции приготовления голья обычно заканчиваются. Вес производственной партии для подошвенной кожи всех категорий за исключением легкой рантовой установлен для СССР 3 600 *кг*, считая на парной вес. Этот вес соответствует 3 000 *кг* голья машинного мездрения с содержанием 25% абсолютно сухого гольевого вещества. Для подошвенной кожи рантовой легкой вес партии установлен 2 500 *кг* парного веса, соответствующий 2 100 *кг* голья. Размеры аппаратуры отмочно-зольного отделения при выделке подошвенной кожи устанавливаются на основе следующих объемных (о. к.) и жидкостных (ж. к.) коэфициентов (см. *Кожевенное производство*). Отмочные чаны: о. к. = 5, ж. к. = 4; латные барабаны: о. к. = =4—4,5. ж. к. = 3,5—4; зольные чаны: о. к. = 5, ж. к. = 4. Обычный агрегат машин и аппаратов отмочно-зольного отделения: латные барабаны, отмочные железобетонные чаны, зольные чаны, мездрильная машина типа Турнер № 250-XI, шерстогонная машина Лейдген № 110-IX. Вместо латных барабанов на некоторых заводах применяются барабаны типа дубильных (барабаны Гигант).

Дубление. Требующаяся для подошвенной кожи винтовой повышенная стойкость м. б. технологически достигнута двумя способами: 1) дублением голья в состоянии кислого *нажора* (см.), причем этот нажор не должен исчезать до тех пор, пока кожа не будет прокрашена насквозь; 2) обработкой прокрашенного насквозь голья в барабане при повышенной темп-ре (37—38°). Поскольку при работе с кислым гольем применение соков с большим содержанием дубящих приводит к задубу лица и ломкому ли-

цу, то технич. формой для этого типа дубления явилось с ы п н о е дубление. Продолжительность дубления при этом способе доходит от двух лет до 100 дней. В настоящий момент этим методом вырабатывает подошвенную кожу ограниченное количество з-дов за границей (сев.-герм. способ). В СССР на 1 января 1931 г. этот способ не применялся ни на одном з-де. Распространенное мнение, что подошвенная кожа сыпного дубления носится лучше кожи, выработанной ускоренными методами, проведенными специально организованной в 1923 г. при Всесоюзном кожевенном синдикате подошвенной комиссией, опытами не подтвердилось. Носкость для нек-рых партий сыпочной подошвенной кожи оказалась хуже подошвенной кожи соково-барабанной. Практически выполняется сыпной метод дубления или с предварительным нажором или с постепенным нажором в процессе самого дубления. Предварительный нажор обычно давался в сернокислотном растворе (применение уксусной и молочной кислот широкого распространения не получило). Концентрация раствора ок. 0,6% H_2SO_4; $P_H = 1,7$. Время пребывания голья в нажорном чану 8—12 ч. После нажорной ванны обычно дается в течение 10—12 дней соковой ход с целью закрепить наружные слои кожи настолько, чтобы при последующей сыпне кожа могла противостоять давлению вышележащих кож и не потерять нажора. Затем даются 2—3 сыпни на плаву и 2 сыпни насухо. Общая длительность сыпен при концентрированных дубильных материалах 80—100 дней. Для получения хороших результатов при этом способе б у к е т дубильных материалов д. б. подобран с наименьшим содержанием нетаннидов, оказывающих нажоропонижающее действие. Наиболее употребительными являются квебраховая стружка, мимоза, мангрова в небольшом количестве (до 10% от веса таннидов); к ним подмешивают ель, дубовую кору, валонею, миробаланы. Второй вариант—постепенного нажора—использует естественные к-ты дубильных соков и строится на применении богатых сахарами таннидов (ива, ель, дубовая кора, миробаланы). Технич. выполнение аналогично первому варианту: соковой ход и ряд сыпен, но т. к. нажор здесь идет одновременно с дублением, то крепости соков во избежание образования морщин на лице кожи (мерея) необходимо держать более низкими; продолжительность дубления здесь значительно возрастает и при применении дубильных материалов, не богатых таннидами (ель, ива), доходит до года и выше. Выходы, получаемые в сыпном дублении, вопреки распространенному мнению могут варьировать в самых широких пределах: от 105 до 80% для америк. сырья (считая на мокро-соленый вес) и от 56 до 80% для русского сырья, считая на парной вес. Расход таннидов брутто составляет 58—65% от веса готового товара. Расход рабочей силы—2 чв-д. на 100 *кг* готового товара. Аппаратура для сыпного способа состоит из четырехугольных соковых чанов и обычно круглых сыпных чанов: жидкостный коэф-т для соковых чанов равен 8, для сыпных на плаву 2,5, для сыпных насухо 2; объемный коэф-т: для соковых 10, сыпных на плаву 5, сыпных насухо 3,3.

Переходом к более ускоренным методам дубления является сыпочно-барабанный (иногда называется комбинированным) способ дубления. Он выполняется в виде сокового хода от 6—10 дней, 2—3 сыпен на плаву продолжительностью 1—2 месяца и дубления в барабане в течение 2 суток. В некоторых случаях (франц. рецепты) после барабана дается сыпня. Аппаратура и характеристики аналогичны сыпному способу. Соково-барабанный способ, который принят в СССР как нормальный способ выделки подошвенной кожи—как винтовой, так и рантовой—характеризуется соковым ходом, не дающим видимого нажора (имеет место некоторое утолщение голья), с продолжительностью в зависимости от букета дубителей от 12 до 28 дней, с темп-рой самого крепкого (головного) сока 35° и предельной плотностью сока для подошвенной кожи винтовой 12—14° Bé (ок. 130 *г* таннидов на *л*) и 6—10° Bé для подошвенной кожи рантовой. Как правило головной чан подкрепляется ежедневно соком, для чего из последнего (хвостового) чана часть сока уходит в канализацию и по всей системе устанавливается переход определенной части сока из чана в чан. Затем следует дубление в барабане в продолжение 2—$2^1/_2$ суток при предельно допускаемой крепости сока в барабане—для подошвенной кожи винтовой от 14—16° Bé и рантовой 12° Bé и предельной темп-рой 38 и 35°. Жидкостный коэф. по отношению к голью для соковых ходов рекомендуется 8 для барабанов, для подошвенной кожи винтовой 3, рантовой 3,5. В практике встречаются 2 системы работы в барабанах: с подкреплением соков или без подкрепления. В последнем случае все количество таннидов, необходимое для выделки партии, вводится в барабан в начале дубления. Дубление идет при все понижающейся плотности соков и по окончании дубления сока́ из барабана полностью идут в головной чан. В этом случае плотность головного чана д. б. выбрана на 0,2—0,3° Bé ниже плотности выливаемого из барабана сока. Последняя строго определяется степенью необходимой додубки в барабане (поглощение таннидов) и начальной плотностью соков, каковая является, если не усложнять систему отбора части барабанного сока на разваривание экстракта, также величиной, точно определенной. Т. о. эта система является менее гибкой, но имеет за собой преимущество в отношении простоты учета расхода таннидов. Работа с подкреплением ведется путем загрузки кож в барабан от предыдущей партии и внесения в барабан время от времени сока большой плотности (подкрепления). При этом, в целях сохранения постоянного объема жидкости, из барабана отливается равное по объему приливаемому соку количество отработанного сока, идущее в головной чан сокового хода. Если содержащиеся в этом соке танниды не покрывают потребности сокового хода, то в головной чан вводится еще нек-рое количество свежих соков, приготовляемых из экстракта. Сок, находящийся в барабане, после прохождения через барабан определенного количества партий подвергается очистке путем отстаивания и фильтрации и снова идет в барабан. На основе этих положений и производится расчет

сокового хода. После барабана товар обязательно складывается в кучу на срок до двух суток.

Одним из видоизменений соково-барабанного метода дубления является экстракционно-фильтрационный способ инж. Басса, сущность к-рого состоит в работе на меньших плотностях в соковом ходу (6° Bé). Необходимое количество таннидов, к-рое при такой плотности м. б. введено в головной чан только за счет больших объемов жидкости, протекающих через систему сокового хода, в этом способе вводится путем протекания сока при переходе его из одного сокового чана в последующий через чан с корьем, обогащающим сок таннидами. Одновременно происходит фильтрация сока от взвешенных частиц. Время дубления при этом способе ~ 23 дней, и расход таннидов меньше обычного соково-барабанного. Расход таннидов в соково-барабанном способе составляет, включая и потерю на экстрактовых з-дах при приготовлении экстракта, ок. 48% для подошвенной кожи винтовой и 40% для рантовой; расход таннидов нетто 40,5% для винтовой и 35% для рантовой. Расход рабочей силы 1 чв-д. на 100 *кг* готового товара. Выходы готового товара в СССР колебались в пределах: для подошвенной кожи винтовой—63—73% для русского сырья, считая от парного веса, и 81—89% для америк. сырья, считая от мокро-соленого веса; для подошвы рантовой—46—62% для русского сырья, от парного веса.

О т д е л к а. Операции отделки подошвенной кожи состоят из следующих процессов: подвяливание или прессовка, жирование, разводка на разводной машине, сушка, отбелка, разволожка и прокатка. Различие в отделке подошвенной кожи винтовой и рантовой состоит: 1) в количестве и составе жирующей смеси; 2) темп-ре сушки; 3) степени разволожки; 4) степени прокатки. Кроме того в большинстве случаев подошвенной коже рантовой дается после пролежки промывка в чистой воде. Для подошвенной кожи винтовой количество жирующих материалов берется меньше и можно ограничиться применением одного минерального масла с эмульсификатором (сульфированная ворвань, «контакт», олеаты); для подошвенной кожи рантовой желательно нек-рое количество ворвани или в крайнем случае мездрового сала. Темп-ра сушки для подошвенной кожи винтовой от 22° в начале сушки до 45° в конце; для подошвенной кожи рантовой 22—40°. Разволаживание ведется для подошвенной кожи винтовой более тщательно и доходит до 2 суток, для рантовой ограничиваются 5—6 часами. Прокатка подошвенной кожи винтовой производится под большим давлением катка. Применяемая аппаратура и машины: для подвялки—гидравлич. пресс с давлением до 15 *кг/см²*, разводная машина типа Турнер № 125-IX, вальц-катки типа Шлягетер № 340. Сушилки применяются самых разнообразных систем, исключительно камерные. Из систем сушилок можно отметить систему Винкельмюллера (Ленинград), проф. Грум-Гржимайло (Москва, Таганрог), Чернова-Алферова (Москва), Укркожтреста (Васильков).

Х р о м о в а я П. (табл. 2) вырабатывается обычно в чепраках. Подготовку голья для хромовой П. ведут с максимальным сохранением гольевого вещества (как и для П. винтовой), обеззолка м. б. исключена и заменена п и к е л е м. Однако многие практики считают, что пикель при выделке хромовых П. вреден, давая менее плотную и

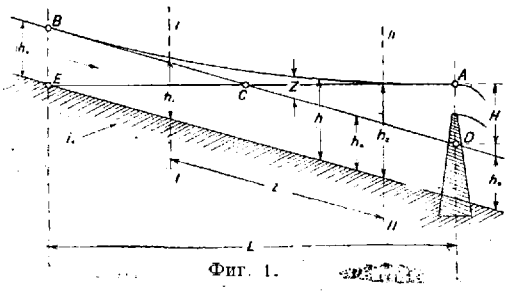
Табл. 2.—С т а н д а р т ы н а п о д о ш в у х р о м о в о г о д у б л е н и я (данные—в %).

Химический состав и физико-механич. свойства кожи	Неимпрегнированной (на влагу 18%)	Импрегнированной
Зола	5,04	3,98
Жир	3,3	24,00
Гольевое вещество	68,19	51,44
Окись хрома в пересчете на гольевое вещество	5,08	5,63
Намокаемость через 2 часа	84	0,9
Намокаемость через 24 часа	101	15,2
Сопротивление разрыву в *кг/мм²*	ок. 3	ок. 3

стойкую кожу. Технически дубление проводится в чанах или в барабанах. При чанной системе дубления последнее начинают в сильно кислых соках и заканчивают в сильно щелочных. Продолжительность дубления 10—14 дней. Кислые сока приготовляют, растворяя 10 ч. хромовых квасцов в 50 ч. воды и прибавляя 0,3 ч. серной к-ты. Голье вносится сначала в отработанные кислые сока, а затем в свежеизготовленные по указанному рецепту; в этих соках голье остается 2 дня. Затем насквозь прокрашенные кожи поступают в отработанные сока и после двух дней переводятся на свежие основные сока, где остаются до тех пор пока проба «н а-к и п» не покажет окончания дубления. Сильно основные сока приготовляются растворением 10 ч. хромовых квасцов в 100 ч. воды и добавкой 1 ч. кальцинированной соды к этому раствору. Барабанное дубление ведут на хромовых соках, содержащих 100 *г* хрома в *л*. Сока в количестве 12% от веса голья дают в один прием. Через 2 часа, если кожа прокрашивается насквозь, повышают основность экстракта добавкой раствора кальцинированной соды в количестве по характеру имеющегося в данный момент в барабане сока. Через 12 ч. от начала дубления кожи готовы. Как в случае чанного, так и барабанного дубления, кожи выдерживают в штабеле 12 ч., после чего производят нейтрализацию кальцинированной содой. Затем следует барабанная жировка. Сушка ведется обязательно на рамах при *t°* 25—35°. Для неимпрегнированной П. после сушки следует прокатка, и процесс выделки заканчивается. Для импрегнированной П. производится дополнительная сушка при *t°* ок. 50—60°, и затем чепраки погружаются на 30—40 мин. в расплавленную импрегнирующую смесь с *t°* 75—80°. Состав импрегнирующих смесей разнообразен: парафин, различные высокоплавящиеся воски естественные и искусственные, канифоль и т. п. После импрегнирования чепраки подвергаются отволаживанию (увлажнению до нормального содержания влаги), избыток импрегнирующей массы на лице удаляется промывкой щелочами или бензином, и кожи поступают в прокатку.

Лит.: Завадский А. А., Кожевенное производство, ч. 2, Н.-Новгород, 1924; Бабун В., Кожевенное производство, Тула, 1929; Сборник трудов научно-технического совета кожевенной пром-сти Украины, вып. 1, 1929; Резолюции Киевского съезда по нормализации, 1930; «Вестник кожевенной промышленности и торговли», Москва, 1928—30; Borgmann J. und Krahner O., Die Lederfabrikation, B. 1, B., 1923; Jettmar J., Handbuch der Chromgerbung, 3 Aufl., Lpz., 1924. **Н. Чернов.**

ПОДПОР воды, случай неравномерного движения потока жидкости вследствие его преграждения плотиной или запрудой, изменения уклона ложа, наличия препятствий на дне потока и сильного его сужения. Если точка A (фиг. 1) есть начало и H высота П. воды у плотины или превышение свободной поверхности воды в этом месте над нормальной глубиной воды h_0 при равномерном движении, то по мере подъема вверх по течению высота П. воды Z постепенно убывает до нуля, где П. воды кончается (точка B). Линия AB подпертого уровня называется кривой П. воды. Горизонтальное расстояние L от начала до конца П. воды называется его гидростатич. длиной. Подпор воды, особенно для равнинных рек со слабыми уклонами, распространяется вверх по течению на далекое расстояние. Теоретически кривая П. воды асимптотически приближается к прямой



Фиг. 1.

равномерного течения воды BCD. Практически за длину П. воды принимают расстояние от его начала до сечения, в котором величина Z не превышает 3—5 *см*. В первом приближении, считая кривую подпора воды за параболу с вертикальной осью, имеющей вершину в точке A, получим длину П. воды равной $L=\frac{2H}{i_0}$, где i_0—уклон дна или бытового уровня при равномерном режиме. Приближенно, графически, длину П. воды можно определить, проведя горизонтальную прямую от точки A до пересечения с дном водотока в точке E. Вследствие переменных величин живых сечений и скорости движение воды в подпертом русле будет неравномерным, поэтому для более точного определения длины и высоты П. воды исходят из ур-ия установившегося неравномерного движения:

$$i=i_0-\frac{dh}{dl}=\alpha'\frac{d}{dl}\left(\frac{v^2}{2g}\right)+\frac{v^2}{c^2\cdot R}. \qquad (1)$$

где i—переменный уклон свободной поверхности воды, поднятой плотиной; α'—коэф. учета влияния неодинаковости скоростей на увеличение живой силы; v, R и c—средняя скорость, гидравлич. радиус сечения и коэф. ф-лы Шези, g—ускорение силы тяжести.

Приведенное ур-ие дает возможность нахождения изменения глубины dh вдоль водотока для русла любой формы. Однако даже и при дальнейших его преобразованиях путем введения одной переменной h и выражения через последнюю других неизвестных i, R и v интегрирование его затруднительно и возможно лишь постепенным приближением. Поэтому в практике ограничиваются лишь рассмотрением русла призматического, с неизменной формой вдоль водотока, когда ур-ие (1) приводится в частных случаях к квадратуре. Для случая широкого прямоугольного русла, с глубиной незначительной по сравнению с шириной потока, решение дано Брессом и уравнение для участка между двумя глубинами h_1 и h_2 приводится к виду:

$$\frac{i_0\cdot l}{h_0}=\eta_2-\eta_1-(1-j)\,[B(\eta_2)-B(\eta_1)], \qquad (2)$$

где $\eta=\frac{h}{h_0}$; $j=\frac{\alpha'\cdot i\cdot c^2}{g}$; $B(\eta)$ есть ф-ия, полученная Брессом при интегрировании. Для того же случая Дюпюи, а затем Рюльман, вводя отношение $\frac{z}{h_0}$ и пренебрегая j, дают ур-ие:

$$\frac{i_0\cdot l}{h_0}=D\left(\frac{z_2}{h_0}\right)-D\left(\frac{z_1}{h_0}\right). \qquad (3)$$

Толкмитт для параболич. русла, принимая $j=0$ и $\eta=\frac{h}{h_0}$, получает ур-ие вида (3), в к-ром $D\left(\frac{z}{h_0}\right)$ соответственно заменяется $T\left(\frac{h}{h_0}\right)$. Значения ф-ий $B(\eta)$, $D\left(\frac{z}{h_0}\right)$ и $T(\eta)$ даются в виде таблиц, приводимых в курсах гидравлики. Ур-ия 2 и 3 выведены, пренебрегая изменением коэф-та c с глубиной, и справедливы лишь только для тех видов призматич. русел, для которых они даны. Наличие к ним таблиц, значительно ускоряющих вычисления, приводит к их широкому распространению в практике и для русел, сильно отличающихся от приведенных частных форм. Из способов, пригодных для любых форм призматич. русел, получили распространение приемы Бахметева и Батикля. Прием Бахметева основан на указанной им эмпирич. зависимости:

$$\left(\frac{k}{k_0}\right)^2=\left(\frac{h}{h_0}\right)^x, \qquad (4)$$

выражающей, что квадраты модулей расходов данного русла относятся, как нек-рые степени x соответствующих им глубин наполнения h и h_0. Величина x называется гидравлическим показателем русла и имеет значение для разных форм русел от 2 до 6; $k=\omega\cdot c\cdot\sqrt{R}$ есть модуль расхода и ω—площадь живого сечения. Пользуясь зависимостью (4), интегрируя ур-ие (1), Бахметев получил его в конечном виде по форме, не отличающейся от ур-ия Бресса (2), но в к-ром ф-ия имеет другое значение. Для нек-рых значений x составлены таблицы этих ф-ий. Применимость для любых русел неизменного сечения, наличие таблиц и учет изменения коэф. c с глубиной обусловливают важное значение и широкое применение приема Бахметева. Батикль, вводя линейный параметр $z=\sqrt[5]{\omega^2}\cdot R$, зависящий от размера сечения, дает ур-ие кривой П. воды в виде:

$$\frac{i_0\cdot l}{a\cdot z_0}=F\left(\frac{z_2}{z_0}\right)-F\left(\frac{z_1}{z_0}\right), \qquad (5)$$

где $a=\frac{h_2-h_1}{z_2-z_1}$; z_1, z_2 и z_0—значения параметров в сечениях I—I, II—II и при глубине h_0. Способ Батикля дает возможность приближенно находить границу занесения

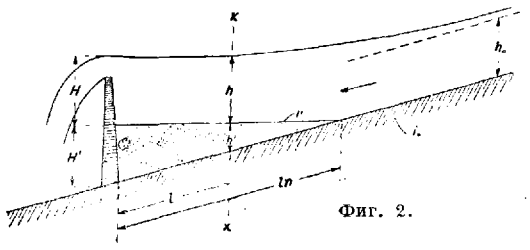
наносами русла при П. воды, знание к-рой необходимо для определения полезных объемов водохранилищ при решении многих задач водного хозяйства. Длина «твердого подпора» l_n (фиг. 2), на которую распространяется занесение русла, по Батиклю равна:

$$l_n = \frac{a \cdot z_0 F\left(\frac{Z}{z_0}\right) + H'}{i_0}, \qquad (6)$$

где

$$a = \frac{H - h_0}{Z - z_0};$$

Z и H—параметр и глубина воды у плотины, H'—высота заиления перед плотиной. Ве-



Фиг. 2.

личина l_n по (6), находимая последовательным приближением, дает возможность определить уклон i' заиленного водохранилища и «твердый подпор» h' в любом сечении x—x, а также построить кривую П. воды, значительно дальше распространяющуюся при заилении, чем в обычных условиях, что необходимо учитывать при определении затоплений. Достоинством приема Батикля является возможность построения кривых П. воды, пользуясь лишь одной таблицей или графиком для любой формы призматич. русла.

Значения $F\left(\frac{Z}{z_0}\right)$.

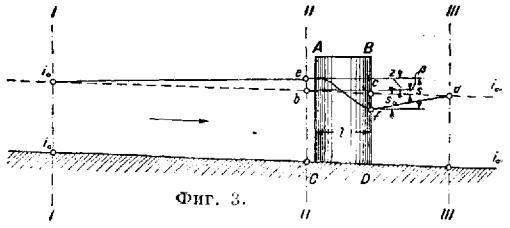
$\zeta = \frac{Z}{z_0}$	$F\left(\frac{Z}{z_0}\right)$	$\zeta = \frac{Z}{z_0}$	$F\left(\frac{Z}{z_0}\right)$
1,000	− ∞	1,7	1,6691
1,001	−0,1366	1,8	1,7756
1,002	+0,0026	1,9	1,8805
1,003	0,0843	2,0	1,9842
1,004	0,1424	2,1	2,0870
1,005	0,1876	2,2	2,1892
1,006	0,2247	2,3	2,2910
1,007	0,2561	2,4	2,3924
1,008	0,2834	2,5	2,4935
1,009	0,3076	2,6	2,5945
1,01	0,3293	2,7	2,6953
1,02	0,4740	2,8	2,7959
1,03	0,5612	2,9	2,8965
1,04	0,6248	3,0	2,9969
1,05	0,6757	3,2	3,1976
1,06	0,7183	3,4	3,3981
1,07	0,7555	3,6	3,5985
1,08	0,7884	3,8	3,7988
1,09	0,8183	4,0	3,9990
1,10	0,8457	4,2	4,1992
1,12	0,8950	4,4	4,3993
1,14	0,9388	4,6	4,5994
1,16	0,9786	4,8	4,7995
1,18	1,0155	5,0	4,9996
1,20	1,0499	5,5	5,4997
1,25	1,1277	6,0	5,9998
1,30	1,1999	7,0	6,9999
1,35	1,2660	8,0	7,9999
1,40	1,3288	9,0	9,0000
1,50	1,4474	10,0	10,0000
1,60	1,5601	∞	∞

В естественных водотоках постоянно изменяется как форма русла, так и уклон дна. В этом случае для определения П. воды пользуются приемом последовательного суммирования, для чего разбивают реку на отдельные небольшие участки, для которых можно принять некоторые «средние» значения поперечных сечений и поверхностных уклонов воды. Задаваясь глубиною в конце участка, находят приведенными приемами глубину в начале и сравнивают ее с заданной в проекте, продолжая подбор до их совпадения. Последовательно переходя от участка к участку, строят кривую П. воды на всем протяжении его распространения. Этим способом кривая П. воды м. б. определена с большей степенью точности, чем другими приемами. П. воды также возникает при протекании ее через мостовые отверстия, особенно при прохождении вешних и паводковых вод. Это явление аналогично случаю П. воды плотинами, и подсчеты ведутся теми же способом. Устройство в русле быков $ABDC$ (фиг. 3) вызывает П. уровня $i_0 e$ перед мостом (сечения I—I, II—II), спад ef в пределах сооружения и подъем fd за мостом до бытового уровня (сечение III—III). При этом различают истинный подпор $eb=z$, т. е. подъем воды над бытовым уровнем $i_0 bcd$, необходимый для определения затопления вышележащей местности, и кажущийся подпор s (равный сумме высот истинного П. воды—z, падения у моста $\beta = l \cdot i_0$ и понижения уровня $cf = s_0$), важный для определения перепада воды в мостовом отверстии, затрудняющего судоходство. П. воды приближенно (с преувеличением) м. б. определен ф-лой:

$$z = \frac{v^2 - v_0^2}{2g}, \qquad (7)$$

в которой v и v_0—скорости между быками и выше моста.

Для определения П. воды у мостов разными авторами дано большое количество



Фиг. 3.

теоретич. ф-л, однако они не являются удовлетворительными и подсчеты по ним дают между собою значительную разницу, доходящую до троекратной. Поэтому в настоящее время преимущественно пользуются эмпирическими формулами, из которых ф-ла Ребока имеет наибольшее распространение и определяет истинный подпор z следующим выражением:

$$z = [\delta_0 - \alpha(\delta_0 - 1)] \cdot [0{,}4\alpha + \alpha^2 + 9\alpha^4] \cdot \left[1 + \frac{2k_0}{h_0}\right] \cdot k_0, \qquad (8)$$

где δ_0—коэф. формы, определенный Ребоком на основании опытов над моделями для быков разных форм; $\alpha = \frac{f}{F}$ — коэф. стеснения русла (отношение части живого сечения, занятого быками, к живому сечению при бытовой глубине h_0); $k_0 = \frac{Q^2}{B^2 \cdot h_0^2 \cdot 2g}$—скоростный напор в бытовых условиях; B и Q—ширина и расход водотока у мостов. Для приближенного определения П. воды z Ребок предлагает следующие ф-лы:

при прямоугольных очертаниях быков

$$z = 2{,}1\ \alpha \cdot k_0; \qquad (9)$$

при новых быках и плавном очертании их

$$z = a \cdot k_0. \qquad (10)$$

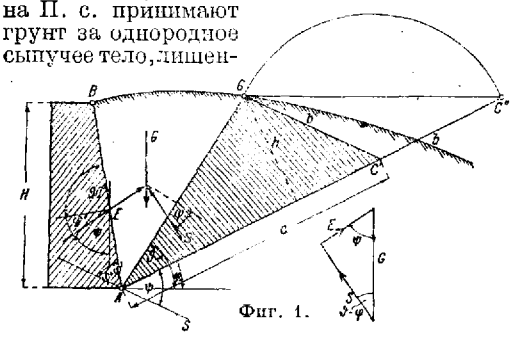
Ребоком дается ряд ф-л и графиков для П. воды в разных состояниях водотока при различных значениях δ_0. Помимо формул Ребока получили некоторое распространение также формулы Крея.

Лит.: Дейша А. В., Гидравлика для начинающих, стр. 73—76, М., 1924; Бахметев Б. А., О неравномерном движении жидкости в открытом русле, Л., 1928; Таблицы для построения кривых подпора и спада в руслах с прямым уклоном по способу проф. Б. А. Бахметева, Л., 1929; Павловский Н. Н., О новых работах по гидравлике, стр. 2—10, Л., 1925; Ахутин А., Новые методы построения кривых подпора в естественных руслах, «Гидротехнический сборник МВТУ», М., 1929, *2*, стр. 107—118; Рахманов А. Н., О построении кривых свободной поверхности для естественных водотоков при установившемся движении, «Известия Гос. научно-мел. ин-та», Л., 1930, вып. 20; Франциус О., Гидротехнич. сооружения, пер. с нем., т. 1, стр. 97—99, М., 1929; Baticle, Nouvelle méthode pour la détermination des courbes de remous, «GC», 1921, *23—24*, p. 488, 515; Weyrauch R., Hydraulisches Rechnen. 5 Aufl., p. 216—240, Stg., 1921; Rehbock Th., Brückenstau und Walzenbildung, «Der Bauingenieur», Berlin, 1921, H. 13; Rehbock Th., Zur Frage des Brückenstaues, «Zentralblatt der Bauverwaltung», B., 1919, *37*; Krey H., Berechnung des Staues infolge von Querschnittseinengungen, «Zentralblatt der Bauverwaltung», Berlin, 1921.

С. Наплинский.

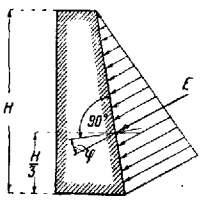
ПОДПОРНЫЕ СТЕНКИ, стены, поддерживающие с боков земляные массы с естественным откосом или в виде искусственных насыпей. П. с. должны быть так спроектированы и построены, чтобы противодействовать в полной мере давлению опирающейся на них земляной массы и, в соответствующих случаях, временной нагрузки на последнюю. Поэтому существенную роль при проектировании П. с. играет правильное определение давления земли на нее. Когда это давление определено, то намечают размеры П. с., после чего проверяют рациональность намеченной формы ее. Наметку размеров стенки делают, пользуясь эмпирическими ф-лами, таблицами или практич. данными. Проверку производят графически — путем построения линии давления, следя за тем, чтобы последняя все время проходила в ядре сечения активной части стены и чтобы при этом не были превзойдены допускаемые напряжения каменной кладки стенки и допускаемые давления на грунт.

Определение давления земли на П. с. При вычислении давления земли на П. с. принимают грунт за однородное сыпучее тело, лишенное сцепления между его частицами, так что внутри земляной массы действуют лишь силы сжатия и трения. По предположению Кулона при малейшем движении (опрокидывании) П. с. в опирающейся на нее земляной массе образуется плоскость скольжения AG (фиг. 1). Вес G земляной призмы ABG должен находиться в равновесии с сопротивлением E П. с. и с сопротивлением S плоскости скольжения, образующей с горизонталью угол ϑ. Для характеристики условий трения в земляной массе служит угол φ естественного откоса, отвечающий углу трения. Наименьшая величина сопротивления E при устойчивом равновесии называется активным давлением земли. При этом предельном условии равновесия происходит скольжение земляной призмы вниз и сила от давления земли стремится опрокинуть или сдвинуть П. с. Наибольшая величина E, потребная для равновесия, называется пассивным давлением земли; земляная призма ABG скользит вверх. Этот предельный случай равновесия наступает, когда П. с. нажимает на земляную призму, стремясь выпереть земляной клин вверх. В обоих случаях сила S образует с нормалью к плоскости скольжения угол трения φ.



Фиг. 1.

Активное давление земли. По Ребхану плоскость скольжения AG делит пополам земляную призму, ограниченную плоскостью стенки AB, плоскостью естественного откоса AC', поверхностью земли BG и плоскостью GC'. Линия GC' параллельна линии положения AS, образующей с линией естественного откоса угол ψ, равный углу, образуемому давлением земли E с вертикалью. Величина давления земли на единицу длины стенки определяется из ур-ия:



Фиг. 2.

$$E = G\frac{\overline{GC'}}{\overline{AC'}} = G \cdot \frac{b}{a}. \qquad (1)$$

Т. к. по Ребхану площадь AGC' равна площади ABG и следовательно равна величине $\frac{G}{\gamma}$, то

$$G = \gamma \cdot \text{площ. } AGC' \cdot 1 = \gamma \cdot a\frac{h}{2} \text{ и } E = \gamma\frac{h \cdot b}{2}, \qquad (2)$$

где γ—вес единицы объема земли, а h—высота тр-ка AGC'. Отсюда заключаем, что величина давления E земли на П. с. длиной 1 *м* определяется площадью тр-ка давления земли AGC'. Действительное направление давления E земли остается до сего времени невыясненным; вообще оно характеризуется величиной угла трения земли по стенке и выражается углом φ', образуемым силой E с нормалью к поверхности стенки. При расчетах принимают, что величина угла φ' может изменяться лишь в пределах от 0 до значений угла φ естественного откоса земли. В большинстве случаев берут $\varphi' = \varphi$; если грунт влажный и пропитан водою, то берут $\varphi' = 0$. В последнем случае давление E земли действует вертикально к поверхности стены. Распределение давления земли по поверхности AB стены, в случае прямой ограждающей плоскости и прямой поверхности земляной массы, подчиняется тому же закону, что и при давлении воды (фиг. 2). На практике поэтому принимают, что точка приложения равнодействующей E лежит на одной трети высоты стены, считая от ее основания. Построение тр-ка давления земли при плоской ограждающей поверхности стены, прямом откосе и отсутствии временной нагрузки показано на фиг. 3. Сначала проводят через точку A под углом φ к горизонтали

прямую AC, определяющую собой положение плоскости естественного откоса земли, и через точку B—прямую BN, параллельную основной линии или, что то же, образующую с прямой BA угол $\varphi+\varphi'$; затем описывают на прямой AC, как на диаметре, полуокружность, проводят $NN' \perp AC$, откладывают на прямой AC от точки A отрезок $AD = AN'$, проводят $DD' \parallel BN$ и откладывают $DD'' = DD'$. Заштрихованный треугольник $DD'D''$ и есть тр-к давления земли. Если земляной откос наклонен под углом α к горизонту, а плоскость AB стены — под углом β, то горизонтальная составляющая E_h давления E земли выразится ф-лой:

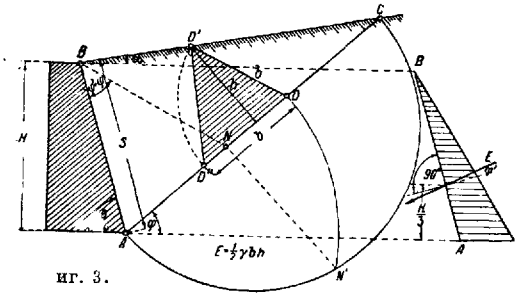
$$E_h = \frac{1}{2}\gamma s^2 \frac{\sin^2(\beta+\varphi)}{\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\varphi+\varphi')\cdot\sin(\varphi-\alpha)}{\sin(\beta+\varphi')\cdot\sin(\alpha+\beta)}}\right]^2}, \quad (3)$$

где s—длина следа AB ограждающей плоскости при $\alpha=0$ (горизонтальный откос), $\beta=90°$ (задняя грань стены вертикальна) и $\varphi'=\varphi$ (плоскость AB стены шероховата) или:

$$E_h = \frac{1}{2}\gamma H^2 \frac{\cos^2\varphi}{\left[1+\sqrt{2\cdot\sin\varphi}\right]^2}, \quad (4)$$

где H—высота стенки.

При $\alpha=0$, $\beta=90°$ и $\varphi'=0$ (плоскость AB



иг. 3.

стены гладкая, а грунт сырой) давление E земли горизонтально и равно:

$$E = E_h = \frac{1}{2}\gamma H^2 \operatorname{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right). \quad (5)$$

В последнем случае давление земли на глубине H на единицу площади будет равно:

$$q = \frac{2E}{H} = \gamma H \operatorname{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right). \quad (6)$$

Если в ф-ле (5) принять $\varphi = 37°$ (среднее значение для насыпного грунта), то $E = \frac{1}{8}\gamma H^2$, а для предельного значения $\gamma = 2{,}0$, давление земли $E = \frac{H^2}{4}$. При $\alpha=\varphi$ (угол естественного откоса), $\varphi'=0$ и $\beta=90°$ получим:

$$E = E_h = \frac{1}{2}\gamma H^2 \cos^2\varphi. \quad (7)$$

Когда задняя грань П. с. наклонена в сторону земляной массы на угол δ, считая от вертикали, и $\alpha=0$ (горизонтальный откос), то давление земли выразится ур-ием:

$$E = \frac{1}{2}\gamma H^2 \frac{\cos^2(\delta+\varphi)}{\cos\delta\,(\cos\delta+\sin\varphi)^2}. \quad (8)$$

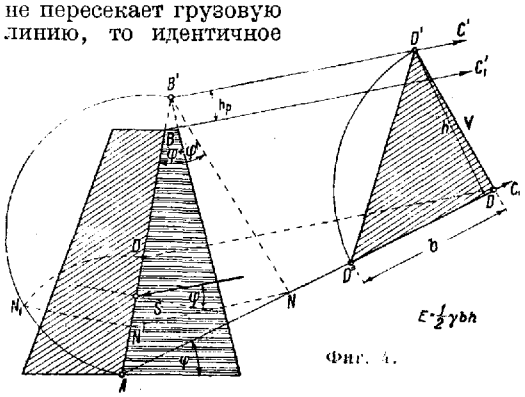
При тех же условиях, что в предыдущем случае, но при естественном откосе ($\alpha=\varphi$) давление земли выразится величиной:

$$E = \frac{1}{2}\gamma H^2 \frac{\cos^2(\delta+\varphi)}{\cos^3\delta}. \quad (9)$$

При наличии временной нагрузки p таковую заменяют эквивалентной нагрузкой, равной весу земли, высотой

$$h_p = \frac{p}{\gamma}. \quad (10)$$

Соответствующее построение (фиг. 4) дает новую (грузовую) линию $B'C'$, параллельную откосу земли. На этой же фиг. 4 приведено построение тр-ка давления земли при наличии указанной временной нагрузки p, причем так как линия естественного откоса не пересекает грузовую линию, то идентичное



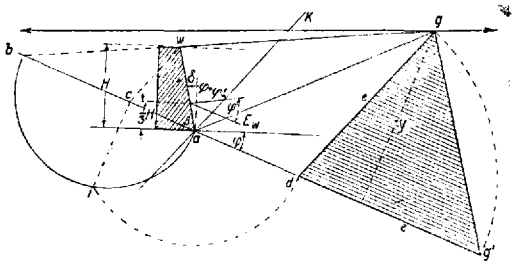
Фиг. 4.

предыдущему примеру построение сделано не на линии естественного откоса, а на прямой AB'. Точка приложения силы E лежит на одинаковой высоте с ц. т. трапеции давления земли. При горизонтальном откосе и вертикальной, совершенно гладкой задней грани стены давление земли и временной нагрузки м. б. определено по ф-ле:

$$E = \frac{1}{2}H^2\left(\gamma + \frac{2p}{H}\right)\operatorname{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right). \quad (11)$$

Здесь величина E представляет собой сумму сил E_γ (давление земли) и E_p (эквивалентное давление от временной нагрузки), причем принимают, что E_γ приложена на одной трети высоты стены, считая от ее основания, а E_p—на половине высоты стены.

Пассивное давление земли. Определение пассивного давления земли (сопротивления земляной массы) производится по тому же методу, который был указан выше для активного давления земли, с теми лишь изменениями, которые связаны с переменой знаков у углов φ и φ' на обратные. На фиг. 5 показано графическое определение пассивного давления земли для случая прямого откоса wg и прямой грани wa стены, причем для построения линии естественного откоса угол φ откладывают вниз



Фиг. 5.

от горизонтали. Положение основной линии ak определяется углом $\varphi+\varphi'$, откладываемым от wa в сторону призмы выпирания. Проводим прямую wc параллельно основной линии ak. Описанная на прямой ab, как на диаметре, полуокружность пересекается вертикалью ci в некоторой точке i. Определив эту точку, откладываем $ad = ai$ и проводим $ag \parallel ak$. Прямая ag—след плос-

кости выпирания, а $dg = e$—мерило сопротивления земли. Пассивное давление земли выразится при этом величиной:

$$E_w = \frac{\gamma \cdot e \cdot y}{2}, \qquad (12)$$

где γ—вес единицы объема земли, а y—высота тр-ка dgg' давления земли. При $\alpha = 0$ (горизонтальный откос), $\beta = 90°$ ($\delta = 0$; задняя грань стенки вертикальна) и $\varphi' = 0$ сопротивление земляной массы будет равно:

$$E_\kappa = \frac{1}{2}\gamma H^2 \operatorname{tg}^2\left(45° + \frac{\varphi}{2}\right). \qquad (13)$$

Если принять $\varphi = 37°$, то $E_\kappa = 2\gamma H^2$, а принимая в последнем равенстве $\gamma = 2{,}0$, получим $E_w = 4H^2$.

Определение размеров П. с. Для предварительного определения размеров П. с. можно пользоваться следующими ф-лами и практич. данными. Стены из сухой кладки. Передней грани придают заложение в $^2/_3$ высоты; при стенках высотой свыше 10 *м* наружную переднюю поверхность стенки делают ломаной, придавая верхнему скату (на высоте 10 *м*) заложение в $^2/_3$ высоты, а нижнему—заложение в $^1/_5$ высоты. Уклон передней грани с заложением в $^1/_2$ высоты допускается лишь для стен высотой не свыше 6 *м*. Заднюю грань стены делают вертикальной или с падением 6/1 в пределах насыпного грунта, а ниже его, в пределах естественного грунта,—параллельной передней грани стены. Толщина стены вверху м. б. определена предварительно по ф-ле:

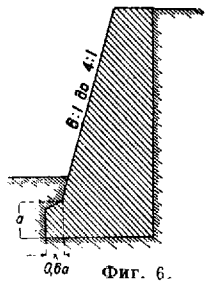
$$d = 1 + \frac{h}{10} + \frac{h_1}{12}, \qquad (14)$$

где h—высота видимой части стены, h_1—высота насыпи поверх стены.

Стены, сложенные из бутового камня на растворе. Передней грани придают уклон с заложением в $^1/_5$—$^1/_{12}$ высоты. Заднюю грань делают вертикальной. Для стены, имеющей переднюю грань с заложением в $^1/_6$ высоты, а заднюю—вертикальной, толщина стены вверху м. б. предварительно определена из выражения:

$$d = 0{,}44 + 0{,}2h, \qquad (15)$$

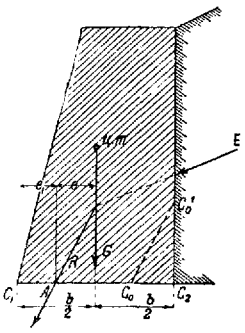
где h—высота стены. При этом высота h_1 насыпи поверх стены не должна быть более 1 *м*. Если $h_1 > 1$ *м*, то толщина d увеличивается на величину $\frac{1}{30}h_1\left(2 - \frac{h_1}{3h}\right)$; при $h_1 \geq 3h$ увеличение толщины делается в $0{,}1h$. По Петерсену наиболее рациональную форму имеет стена с вертикальной задней гранью, с падением передней грани 6/1—4/1 и с уширением фундамента в сторону передней грани на 0,6 его высоты (фиг. 6).



Фиг. 6.

Кирпичные на растворе П. с., по свойству материала, приходится делать с вертикальными (передней и задней) гранями при горизонтальных швах и с параллельными наклонными гранями при наклонных швах. Чрезвычайно рациональной мерой в целях придания устойчивости и уменьшения веса стенки является замена части веса массивной П. с. трапецоидальной или прямоугольной формы давлением действующей на стенку земляной массы. Получаются при этом П. с. тавровой или уголковой формы. Устойчивость такой стенки уже мало зависит от ее собственного веса, а давление земли на нижнюю полку угла само является той силой, к-рая препятствует опрокидыванию стенки. По конструкции такие стенки делают железобетонными.

Проверка устойчивости массивных П. с. Для проверки устойчивости массивной П. с. определяют построением равнодействующую R (фиг. 7) сил E (давление земли) и G (вес каменной кладки). Равнодействующая эта должна пересекать основание стены в некоторой точке A, которая лежит в средней трети активной части стены (в ядре сечения), причем напряжения нигде не должны превосходить допускаемых. Если точка A лежит в средней трети шва C_1C_2 основания, то стена испытывает у этого основания лишь одно сжатие. Наибольшие краевые напряжения определятся при этом по ф-ле:



Фиг. 7.

$$k = \frac{N}{F}\left(1 \pm \frac{6e}{b}\right), \qquad (16)$$

где N—вертикальная составляющая равнодействующей R, F—площадь рассматриваемого шва, b—ширина шва (толщина стены у основания), e—эксцентриситет. Рассматривая участок стены длиною 1 *м*, можно ф-лу (16) преобразовать в следующую:

$$k = N\frac{b \pm 6e}{b^2}. \qquad (16a)$$

Если точка A лежит вне ядра сечения, то давление передают на активную часть шва $C_1C_0 = 3e_1$ с тем, чтобы равнодействующая R проходила в средней трети части основания C_1C_0 (в ядре сечения). При этом наибольшее давление в крайней точке C_1 рассматриваемого шва найдется из ур-ия:

$$k = \frac{2N}{3le_1}, \qquad (17)$$

где e_1—расстояние точки A от ближайшего края шва, т. е. точки C_1, а l—длина рассматриваемого участка стены. При $l = 1$ *м* ф-ла (17) преобразуется в следующую:

$$k = \frac{2N}{3e_1}. \qquad (17a)$$

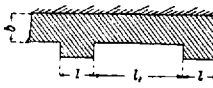
По ф-лам (16a) и (17a) обыкновенно и рассчитываются искомые напряжения. Часть стены на протяжении C_0C_2 основания, как изъятая из общей работы, м. б. подрезана параллельно наружной поверхности стены (C_0C_0'). При большой высоте П. с. требуется построение линии давления, с каковой целью профиль стены разбивают сечениями, параллельными основанию, на отдельные части, после чего находят для различных сечений центры давления, точки пересечения с равнодействующей соответственных веса и давления земли. Соединяя эти точки, получают линию давления, б. или м. близкую к кривой давления в стенке и дающую представление о характере распре-

деления давлений внутри стены. Для каждого шва определяют краевые напряжения, которые нигде не должны превосходить допускаемых.

П. с. с контрфорсами. При усилении П. с. контрфорсами таковые располагают с внешней стороны стенки. Обыкновенно руководствуются следующими соотношениями размеров (фиг. 8):

$$l_1 = 80b\sqrt{\frac{h}{P_h}} \quad \text{и} \quad l = b_1, \qquad (18)$$

где P_h—горизонтальная составляющая равнодействующей сил E (давление земли) и G (вес участка стены без контрфорсов). P_h д. б. воспринята контрфорсами. На участок стены с контрфорсом таким образом приходятся силы $E \cdot l$, $P_h \cdot l_1$ и G' (собственный вес контрфорса). Равнодействующая этих трех сил должна проходить в пределах средней трети основания стены.



Фиг. 8.

П. с. тавровой и уголковой формы сооружают с ребрами и без таковых; они представляют собой наивыгоднейшую форму сечения П. с. в смысле наименьших количеств потребных материалов и выемки грунта. Все части таких П. с. работают на изгиб. Часть AC фундаментной плиты (фиг. 9), испытывающая давление грунта снизу, рассчитывается как консольная балка. Другая часть CB фундаментной плиты, на к-рую действует земляной груз сверху и давление грунта снизу, при наличии ребер рассчитывается как балка, частично зажатая на концах у ребер; при отсутствии ребер фундаментная плита CB рассчитывается как консольная балка. Вертикальная или несколько наклонно расположенная стенка CD при наличии ребер рассматривается как балка на опорах, за каковые принимают ребра; при отсутствии последних стенка рассчитывается как консольная балка. Ребра рассчитываются как балки Т-образного сечения. Напряжения в частях П. с. и давление на грунт нигде не должны превосходить допустимых. Жел.-бет. опорные стенки считаются более экономичными, чем таковые из трамбованного бетона, если 1 $м^3$ железобетона обходится не дороже троекратной или четырехкратной стоимости 1 $м^3$ трамбованного бетона. По Баумштарку безреберная форма стенки высотою до 4 $м$ более выгодна, чем таковая с ребрами. Расчет жел.-бет. П. с. производится по специальным ф-лам (см. *Железобетонные конструкции*). Характерным при этом расчете является то, что опрокидывающей силе давления земли противодействует вращающая в противоположную сторону сила веса массива грунта, лежащего над фундаментной плитой. Равенство обоих моментов обусловливает минимальные размеры плиты. Горизонтальное давление земли (5):

$$E = \frac{1}{2}\gamma H^2 \operatorname{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right) = \frac{1}{2}\gamma H^2 \varepsilon.$$

Если равнодействующая сил E (давление земли) и G (вес П. с.) должна пройти через крайнюю переднюю точку ядра, то наибольшее давление на грунт будет:

$$k = \frac{4}{3}H\gamma. \qquad (19)$$

При $k = 2{,}5$ $кг/см^2$ и среднем значении для $\gamma = 1{,}6$ $т/м^3$ наибольшая допустимая высота П. с. получается равной $H_{max} = 11{,}7$ $м$. Толщина частей П. с., изображенной на фиг. 9, без ребер м. б. определена по следующим ф-лам:

$$d_1 = C_1\sqrt{M_1} = C_1 H\sqrt{\frac{12}{243}\gamma H\varepsilon}, \qquad (20)$$

$$d_2 = C_1\sqrt{M_2} = 0{,}4\,C_1 b\sqrt{\gamma H}, \qquad (21)$$

$$d_3 = 0{,}407 C_1 H\sqrt{\gamma H\varepsilon}. \qquad (22)$$

На высоте $0{,}63H$ толщина стенки $= \frac{d_3}{2}$. При наличии ребер надлежит d_1 вычислять по ф-ле (20), затем d_2 по след. ф-ле:

$$d_2 = C_1\sqrt{M_2} = 0{,}25 C_1 x\sqrt{\gamma H}, \qquad (23)$$

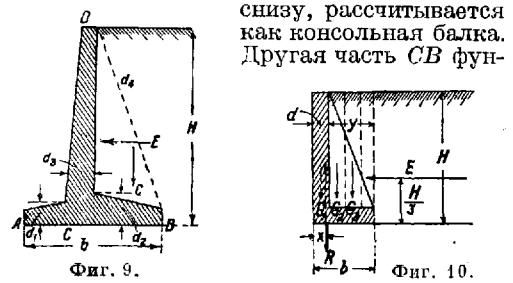
где x—расстояние между ребрами, толщина к-рых равна:

$$d_4 = 0{,}25 C_1 x\sqrt{\gamma H\varepsilon}. \qquad (24)$$

Ребра отстоят друг от друга на 1,5—2,0 $м$. По Баумштарку наивыгоднейшее расстояние между ребрами равно:

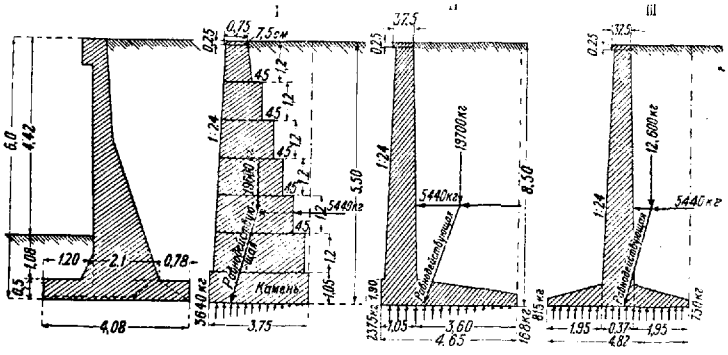
$$x = \frac{\frac{1}{4}\cdot H^{\frac{1}{2}}}{\psi^{\frac{1}{2}}\cdot\gamma^{\frac{1}{2}}},$$

где ψ—коэф., зависящий от допускаемых напряжений для бетона и железа, равный (в данном случае) 0.0039. При $\gamma = 1\,600$ $кг/м^3$ $x = 0{,}633h^{\frac{1}{2}}$. О значениях коэф-та C_1 в ф-лах (20)—(24) см. *Железобетонные конструкции*. формула (13). Мессер (Messart) рекомендует брать ширину a части AC фундаментной плиты равною:



Фиг. 9.

Фиг. 10.



Фиг. 11.

Фиг. 12.

$$a = \frac{4\,\mathrm{tg}^2\varphi_1 - s^2\,\mathrm{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)}{8s\,\mathrm{tg}\,\varphi_1} \cdot H, \qquad (25)$$

где s—коэф. прочности, φ—угол естественного откоса, φ_1—угол трения между стенкой и землей, H—высота стены в $м$. Для определения размеров П. с. уголкового сечения (фиг. 10) Вейске дает следующие ф-лы:

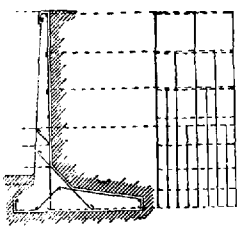
$$x = \frac{S_v - S_h + G_2 y\left(\frac{y}{2} + d\right)}{G_1 + yG_2}, \qquad (26)$$

$$y = -A + \sqrt{A^2 + B}, \qquad (27)$$

где

$$A = \frac{0{,}75pd - G_1}{0{,}75p - G_2}; \quad B = \frac{1{,}5p(S_h - S_v) + G_1^2}{G_2(0{,}75p - G_2)};$$

x—расстояние от равнодействующей до переднего ребра основания П. с.; p—допускаемое давление на грунт в $т/м^2$; d—толщина вертикальной стенки; G_1—вес стенки; G_2—нагрузка на фундаментную плиту, приходящуюся на ширину, равную единице, включая собственный вес плиты и ребер; S_v—статич. момент передней стенки относительно переднего ребра основания П. с.; S_h—статический момент горизонтальной составляющей давления земли относительно того же ребра. Длины выражают в $м$, вес—в $т$. По Шеферу (Schäfer) ширина фундаментной плиты в П. с. уголковой формы (фиг. 10) без ребер определяется по следующим ф-лам при условии, что равнодействующая проходит через крайнюю переднюю точку ядра сечения и при отсутствии временной нагрузки:



Фиг. 13.

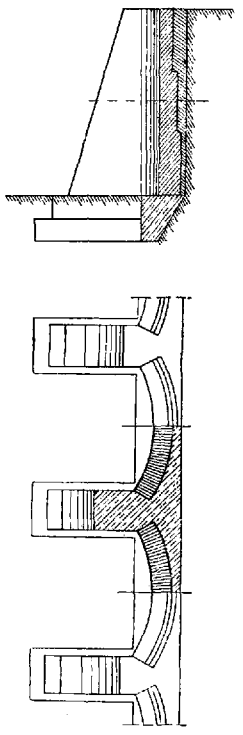
$$b = H\,\mathrm{tg}\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right). \qquad (28)$$

Если растягивающие напряжения не допускаются, то

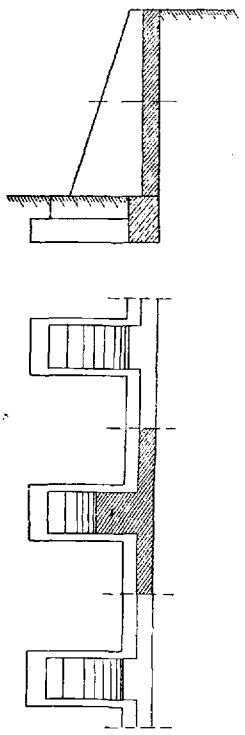
$$b = H\,\mathrm{tg}\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)\sqrt{\frac{k}{3k - 4\gamma H}}, \qquad (29)$$

где k—допускаемое давление на грунт. В высоких П. с. устраивается для увеличения противовеса земли вторая горизонтальная плита на $^1/_2$ высоты стенки. При наличии временной нагрузки таковая учитывается в виде эквивалентного веса земляной массы. На фиг. 11 представлен профиль П. с., применяемой часто в С. Америке. Профиль этот представляет собой переходную ступень от массивного бетонного профиля к железобетонному. На фиг. 12 изображены три профиля П. с., из к-рых второй на 47,5%, а третий на 47,9% экономичнее первого при стоимости 1 $м^3$ бетона 1-го профиля 34 герм. мар., 2-го и 3-го профиля 38,25 герм. мар. и 100 $кг$ железа 28 герм. мар. На фиг. 13 представлена арматура П. с. таврового сечения.

П. с. в виде плоских вертикальных плит или сводов между контрфорсными опорами. Значительную экономию в материале против массивных стенок дает расчленение стенки на отдельные контрфорсные опоры, между к-рыми заделываются или плоские вертикальные бетонные своды (фиг. 14) или плиты (фиг. 15). Толщина последних определяется по давлению земли и величине пролета (расстоянию между контрфорсными опорами) и увеличивается книзу. Контрфорсные опоры, сооружаемые из бетона и железобетона (с вертикальной арматурой из круглого железа с хомутками), также утолщаются книзу, в виде плоских вертикальных жел.-бет. плит, поддерживаемых массивными бетонными контрфорсами. На фиг. 16а показан фасад и разрез, а на фиг. 16б план арочной П. с.



Фиг. 14.

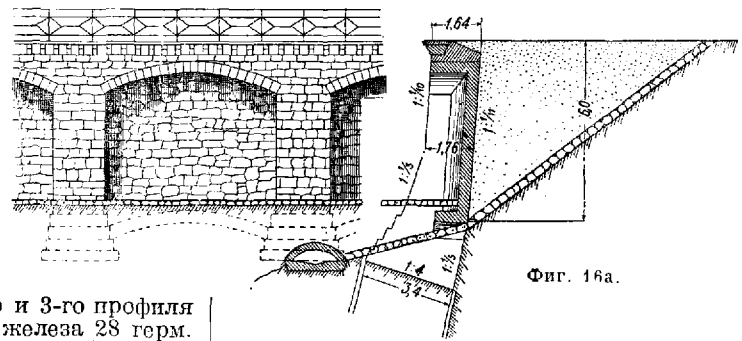


Фиг. 15.

Глубина заложения фундамента П. с. Глубина заложения подошвы фундамента П. с. определяется по ф-ле Паукера:

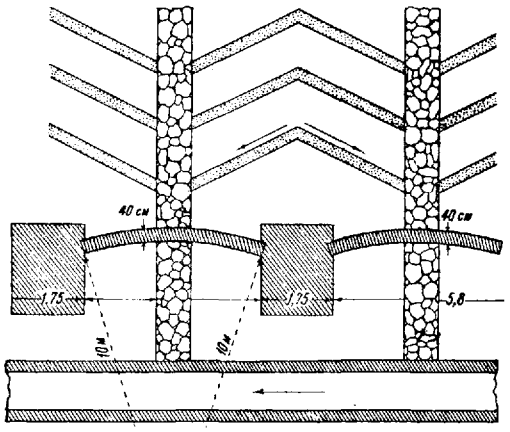
$$h = m\frac{k}{\gamma}\,\mathrm{tg}^4\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right), \qquad (30)$$

в к-рой: h—глубина заложения подошвы



Фиг. 16а.

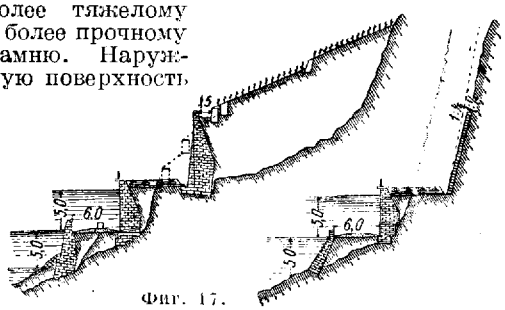
фундамента, m—коэф. устойчивости, равный 1,75, k—допускаемое давление на грунт, γ—вес единицы объема грунта, φ—угол



Фиг. 16б.

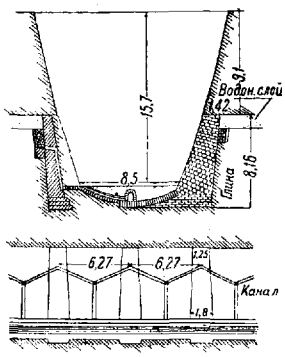
естественного откоса грунта. Другие ф-лы см. *Фундаменты и основания*.

Общие соображения по сооружению П. с. Материалом для сооружения П. с. может служить местный камень, кирпич, бетон и железобетон. При наличии камня различных пород следует, при одинаковой стоимости, отдавать предпочтение более тяжелому и более прочному камню. Наружную поверхность



Фиг. 17.

иногда облицовывают более плотным и прочным материалом (см. *Облицовка*). Наименьшей толщиной стенок считается: для бутовой кладки 0,60 *м*, для кирпичной кладки—два кирпича. Все швы надлежит расшивать цементом. В массивных П. с. верх перекрывают массивными плитами, снабженными слезниками. Толщина этих перекрывающих плит 10—15 *см*. Особое внимание должно быть уделено правильному отводу воды от внутренних поверхностей стен, прокладывая с этой целью *дренажные трубы* (см.) или дренируя земляную массу за стенкой каким-либо иным путем (см. *Дренаж*) и устраивая водоотводные канавы на *откосах* (см.). Скопляющуюся в дренах или, при отсутствии таковых, за стенкой воду отводят наружу через особые проделанные для этого отверстия в нижней части стены (фиг. 17) или выше, если имеются к тому подходящие условия (водонепроницаемый слой в нижней части стены, фиг. 18). Земляную засыпку за стену производят слоями толщиной в 0,3 *м* каждый, плотно утрамбовывая каждый слой. При этом следует избегать наклонных слоев, могущих образовать скользкие поверхности. При длинных П. с. надлежит принимать меры для парализования возникающих в стенках $t°$-ных напряжений, влекущих за собой при нерациональной конструкции поперечные трещины. Верхнюю часть стены следует сложить на цементном растворе, а позади стены на глубину 1 *м* и ширину 1 *м* надлежит делать каменную пропускающую воду наброску, чтобы таким образом устранить возможность сдвига верхней части кладки (при морозах).



Фиг. 18.

Лит.: Брилинг С. Р., Формулы и таблицы для расчета инж. конструкций, 3 изд., М.—Л., 1931; его же, Пособие для проектирования и составления смет и отчетности на строительные и дорожные работы, 3 издание, М.—Л., 1930; его же, Нормы для расчета и проектирования инженерных сооружений, М., 1927; Безухов Н. И., Подпорные стенки, М.—Л., 1930; его же, Теория сыпучих тел, М.—Л., 1931; Проскуряков Л., Строительная механика, ч. 2, Статистика сооружений, М.—Л., 1926; Велихов П., Теория инженерных сооружений, вып. 1, Москва, 1924; Прокофьев И. П., Теория сооружений, ч. 2, М., 1928; Скрыльников В., Определение давления земли на стены, «Гидротехнич. сборн.», М., 1927, *1*; Baumstark, Die Konstruktion von Eisenbetonstützmauern, «B. u. E.», 1908; Boussinesq, Sur les modes d'équilibre limite les plus simples, que peut présenter un massif sans cohésion fortement comprimé, «CR», 1874; Berrer, Standsicherheitsuntersuchung von Kaimauern in weichem Lehmboden, «Bautechnik», Berlin, 1925; Concidère, Note sur la poussée des terres, «Annales des ponts et chaussées», Paris, 1870; Crämer, Wider den sogenannten Kippsicherheitsgrad von Stützmauern, «Bautechnik», Berlin, 1925; Engesser F., Neuere Versuche über die Richtung u. Grösse des Erddrucks gegen Stützwände, «Deutsche Bauzeitung», Berlin, 1893; Franzius, Versuche mit passivem Erddruck, «Bauingenieur», B., 1924, H. 10; Freund, Neue Untersuchungen zur Erddrucktheorie, «Ztschr. für Bauwesen», B., 1921; Kármán Th., Elastische Grenzprobleme, «Verhandl. des Internat. Kongresses f. technische Mechanik», Zürich, 1926; Keppler, Erddruck auf Parallelflügel, «Bautechnik», B., 1925; Krey H., Erddruck, Erdwiderstand u. Tragfähigkeit des Baugrundes, 3 Aufl., B., 1927; Mohr O., Abhandlungen aus dem Gebiete d. techn. Mechanik, 3 Aufl., B., 1928; Mohr O., Theorie des Erddruckes auf Stützmauern, «Schweiz. Bauzeitung», Zürich, 1910; Möller, Ueber die Grösse des passiven Erddruckes, «Bauingenieur», 1924, H. 17; Mörsch E., Die Berechnung von Winkelstützmauern, «B. u. E.», 1925; Müller-Breslau H., Erddruck auf Stützmauern, B., 1906; Petermann, Neuere amerikanische Erddruckversuche, «Ztrbl. d. Bauverwaltung», B., 1924; Petersen R., Erddruck auf Stützmauern, B., 1924; Petersen R., Grenzzustände des Erddruckes auf Stützmauern, B., 1925; Lévy M., Essai sur la théorie nouvelle de l'équilibre des terres, «Journ. de mathém.», P., 1873; Rankine W., On the Stability of Loose Earth, «Philosophical Transactions of the Royal Society of London», L., 1857, v. 147; Rankine W., Manual of Applied Mechanics, 20 ed., L., 1929; Rebhann G., Theorie des Erddruckes und die Futtermauern mit besonderer Rücksicht auf das Bauwesen, W., 1871; Reissner H., Zum Erddruckproblem, «Verhandl. des Internat. Kongresses f. techn. Mechanik», Delft, 1924; Reissner H., Theorie des Erddruckes, «Enzyklopädie d. mathem. Wiss.», B. 4, Teil 2, Abt. 2, H. 3, B.—Lpz., 1910; Ritter, Theorie des Erddruckes auf Stützmauern, «Schw. Bauzeit.», Zürich, 1910; Schmidtmann, Neuere Wege in d. Anwendung d. alten Erddrucklehre, «Bauingenieur», B., 1924, H. 15; Schultze, Erddruck auf Winkelstützmauern, «Ztrbl. d. Bauverw.», B., 1916; Streck, Beitrag zur Frage des passiven Erddruckes, «Bauingenieur», B., 1926; Szily, Beiträge zur coulombschen Lehre des Erddruckes, «Zeitschrift d. Verb. deutscher Architekten- u. Ingenieurvereine», B., 1914, *37—42*; Paaswell G., Retaining Walls, Their Design a. Construction, N. Y., 1920; Terzaghi K., Die Theorie d. hydrodynamischen Spannungserscheinungen u. ihr erdbautechnisches Anwendungsgebiet, «Verhandl. des Inter-