

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА
КОРАБЛЕСТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

Кафедра строительной механики корабля

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКЕ
И ПРОЧНОСТИ КОРАБЛЯ

Методические указания к курсовому
и дипломному проектированию

МК 8987



Handwritten signature or initials, possibly 'ftm'.

Ленинград
1990

Методические указания предназначены для проведения самостоятельной работы студентов всех факультетов Ленинградского кораблестроительного института по разделу "Строительная механика и прочность корабля".

Приводятся систематизированный справочный материал, рассматриваются отдельные вопросы, где студенты наиболее часто делают ошибки.

ГАРБУЗ

Валерий Семёнович
КАЗАЧУК

Николай Васильевич

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКЕ
И ПРОЧНОСТИ КОРАБЛЯ

Методические указания к курсовому
и дипломному проектированию

© Изд.ЛКИ,
1990

Ответственный редактор д-р техн. наук,
проф. Я.И.Королев
Литературный редактор Э.В.Зубова

Зад.Р-81. Тир.250. Уч.-изд.д.2,2. 25.05.1990.
Воспитание. Тип.ЛКИ, Ленинская, 10.

1. ПОДБОР ПРОФИЛЕЙ И ВЫБОР РАЗМЕРОВ ЛИСТОВ

Для изготовления балки сечением набора и различных ребер жесткости применяется полосообразный прокат — симметричный и несимметричный. При изготовлении балки такого набора, а также в случае, если балка сечением набора не удается обеспечить из лист профилейного полосообразного проката, используются сварные тавровые профили. Методом выбора для набора профиля является предельно значимая минимальная величина сопротивления W (получаемая из условия обеспечения прочности) и (или) момента инерции I (получаемая из условия обеспечения устойчивости) сечений профилей с присоединенным плоским листом.

Зная теоретические моменты сечения профилейного проката и сечения таврового проката или искривленного, так и с некоторыми условиями присоединенных листов, приводятся в табл.1.1-1.3.

Удобнее для окончательных результатов воспользоваться рис.1.1-1.12, данными сечения W или I в зависимости от площади присоединенного листа $f_{пр}$.

Для уточнения геометрических элементов составных профилей можно воспользоваться следующими соотношениями.

Расстояние центра тяжести сечения профиля с присоединенным листом от середины толщины присоединенного листа (см):

$$y_1 = \frac{F}{F + f_{пр}} \left(y_0 + \frac{a}{2} \right)$$

Момент инерции составного профиля относительно нейтральной оси (см⁴):

$$I = \frac{F + f_{пр}}{F + f_{пр}} \left(y_0 + \frac{a}{2} \right)^2 + I_0$$

Минимальный момент сопротивления профилей с присоединенным листом (см³):

$$W_{min} = \frac{I}{h + \frac{a}{2} - \frac{F}{F + f_{пр}} \left(y_0 + \frac{a}{2} \right)}$$

Здесь приняты обозначения: F — площадь поперечного сечения искривленного профиля, см²; $f_{пр}$ — площадь присоединенного листа, см²; y_0 — ордината центра тяжести сечения искривленного профиля, см; a — толщина присоединенного листа, см; I_0 — собственный момент инерции искривленного профиля, см⁴.

Таблица 1.1

Теоретические элементы несимметричного полосообразного профиля
с указанными просечноными полками 600 x (10...15) мм



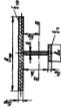
Номер профиля	Элементы несимметричного профиля							Элементы профиля с полками				
	B , мм	h , мм	e , мм	R , мм	F , см ²	I_{y_0} , см ⁴	U , см	Масса 1 метра, кг	F_1 , см ²	I_1 , см ⁴	W_{x1} , см ³	t , мм
5	60	16	4	2,5	2,87	6,96	3,13	2,25	62,87	44	9	10
6	60	19	5	3,5	4,27	13,0	3,74	3,35	64,27	67	15	10
7	70	21	5	3,5	5,06	24,1	4,40	3,97	65,06	137	20	10
8	80	22	5	4	5,84	36,23	5,07	4,59	65,84	202	25	10
9	90	24	5,5	4	7,03	55,5	5,65	5,32	67,03	275	33	10
10	100	25	6	5	8,63	85,22	6,29	6,76	68,63	434	45	10
12	120	30	6,5	5	11,15	158	7,55	8,75	71,15	767	65	10

14 ^a	140	33	7	5	14,05	274	8,82	11,05	74,05	1274	100	10
14 ^b	140	35	9	5	16,25	321	8,55	13,25	76,25	1398	112	10
16 ^a	160	36	8	7	17,94	462	9,95	14,10	107,94	2200/1980	147/140	15/20
16 ^b	160	38	10	7	21,15	527	9,75	16,30	111,15	2424/2190	165/159	15/10
18 ^a	180	40	9	7	22,8	704	11,15	17,40	112,2	2626/2360	200/188	15/10
18 ^b	180	42	11	7	25,9	807	10,85	20,20	115,9	2830/2130	218/206	15/10
20 ^a	200	44	10	8	27,36	1078	12,4	21,45	117,36	4730	262	15
20 ^b	200	46	12	8	31,36	1265	12,06	24,50	121,36	5110	293	15
22 ^a	220	48	11	8,5	32,82	1611	13,5	25,80	122,82	6020	343	15
22 ^b	220	50	13	8,5	37,22	1795	13,2	29,20	127,22	6620	372	15
24 ^a	240	52	12	9	38,75	2332	14,7	30,4	128,75	8720	434	15
24 ^b	240	54	14	9	43,55	2542	14,35	34,2	133,55	9250	465	15

Примечание. F - площадь несимметричного профиля; I_{y_0} - момент инерции несимметричного профиля; U - расстояние от осяевой линии профиля до его центра тяжести, лежащего на оси $X_0 X_0$; F_1 - общая площадь профиля с просечноными полками; I_1 - момент инерции профиля с полками относительно оси $X_1 X_1$; W_{x1} - эквивалентный момент сопротивления профиля с полками относительно оси $X_1 X_1$.

Таблица 1.2

Технические данные стальных стержней с шаровыми концами для расчета стержней мостовых стоек в мостовых коробах, в том числе с леммачевыми прокладками под шариками и концами



Номер стержня	Данные координатного профиля										Данные профиля в процентах																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	h_1 мм	h_2 мм	h_3 мм	h_4 мм	h_5 мм	h_6 мм	F_{h_1} см ²	Масса г или кг	h_7 см ²	h_8 мм	h_9 мм	h_{10} мм	h_{11} мм	h_{12} мм	h_{13} мм	h_{14} мм	h_{15} мм	h_{16} мм	h_{17} мм	h_{18} мм	h_{19} мм	h_{20} мм	h_{21} мм	h_{22} мм	h_{23} мм	h_{24} мм	h_{25} мм	h_{26} мм	h_{27} мм	h_{28} мм	h_{29} мм	h_{30} мм	h_{31} мм	h_{32} мм	h_{33} мм	h_{34} мм	h_{35} мм	h_{36} мм	h_{37} мм	h_{38} мм	h_{39} мм	h_{40} мм	h_{41} мм	h_{42} мм	h_{43} мм	h_{44} мм	h_{45} мм	h_{46} мм	h_{47} мм	h_{48} мм	h_{49} мм	h_{50} мм	h_{51} мм	h_{52} мм	h_{53} мм	h_{54} мм	h_{55} мм	h_{56} мм	h_{57} мм	h_{58} мм	h_{59} мм	h_{60} мм	h_{61} мм	h_{62} мм	h_{63} мм	h_{64} мм	h_{65} мм	h_{66} мм	h_{67} мм	h_{68} мм	h_{69} мм	h_{70} мм	h_{71} мм	h_{72} мм	h_{73} мм	h_{74} мм	h_{75} мм	h_{76} мм	h_{77} мм	h_{78} мм	h_{79} мм	h_{80} мм	h_{81} мм	h_{82} мм	h_{83} мм	h_{84} мм	h_{85} мм	h_{86} мм	h_{87} мм	h_{88} мм	h_{89} мм	h_{90} мм	h_{91} мм	h_{92} мм	h_{93} мм	h_{94} мм	h_{95} мм	h_{96} мм	h_{97} мм	h_{98} мм	h_{99} мм	h_{100} мм	h_{101} мм	h_{102} мм	h_{103} мм	h_{104} мм	h_{105} мм	h_{106} мм	h_{107} мм	h_{108} мм	h_{109} мм	h_{110} мм	h_{111} мм	h_{112} мм	h_{113} мм	h_{114} мм	h_{115} мм	h_{116} мм	h_{117} мм	h_{118} мм	h_{119} мм	h_{120} мм	h_{121} мм	h_{122} мм	h_{123} мм	h_{124} мм	h_{125} мм	h_{126} мм	h_{127} мм	h_{128} мм	h_{129} мм	h_{130} мм	h_{131} мм	h_{132} мм	h_{133} мм	h_{134} мм	h_{135} мм	h_{136} мм	h_{137} мм	h_{138} мм	h_{139} мм	h_{140} мм	h_{141} мм	h_{142} мм	h_{143} мм	h_{144} мм	h_{145} мм	h_{146} мм	h_{147} мм	h_{148} мм	h_{149} мм	h_{150} мм	h_{151} мм	h_{152} мм	h_{153} мм	h_{154} мм	h_{155} мм	h_{156} мм	h_{157} мм	h_{158} мм	h_{159} мм	h_{160} мм	h_{161} мм	h_{162} мм	h_{163} мм	h_{164} мм	h_{165} мм	h_{166} мм	h_{167} мм	h_{168} мм	h_{169} мм	h_{170} мм	h_{171} мм	h_{172} мм	h_{173} мм	h_{174} мм	h_{175} мм	h_{176} мм	h_{177} мм	h_{178} мм	h_{179} мм	h_{180} мм	h_{181} мм	h_{182} мм	h_{183} мм	h_{184} мм	h_{185} мм	h_{186} мм	h_{187} мм	h_{188} мм	h_{189} мм	h_{190} мм	h_{191} мм	h_{192} мм	h_{193} мм	h_{194} мм	h_{195} мм	h_{196} мм	h_{197} мм	h_{198} мм	h_{199} мм	h_{200} мм	h_{201} мм	h_{202} мм	h_{203} мм	h_{204} мм	h_{205} мм	h_{206} мм	h_{207} мм	h_{208} мм	h_{209} мм	h_{210} мм	h_{211} мм	h_{212} мм	h_{213} мм	h_{214} мм	h_{215} мм	h_{216} мм	h_{217} мм	h_{218} мм	h_{219} мм	h_{220} мм	h_{221} мм	h_{222} мм	h_{223} мм	h_{224} мм	h_{225} мм	h_{226} мм	h_{227} мм	h_{228} мм	h_{229} мм	h_{230} мм	h_{231} мм	h_{232} мм	h_{233} мм	h_{234} мм	h_{235} мм	h_{236} мм	h_{237} мм	h_{238} мм	h_{239} мм	h_{240} мм	h_{241} мм	h_{242} мм	h_{243} мм	h_{244} мм	h_{245} мм	h_{246} мм	h_{247} мм	h_{248} мм	h_{249} мм	h_{250} мм	h_{251} мм	h_{252} мм	h_{253} мм	h_{254} мм	h_{255} мм	h_{256} мм	h_{257} мм	h_{258} мм	h_{259} мм	h_{260} мм	h_{261} мм	h_{262} мм	h_{263} мм	h_{264} мм	h_{265} мм	h_{266} мм	h_{267} мм	h_{268} мм	h_{269} мм	h_{270} мм	h_{271} мм	h_{272} мм	h_{273} мм	h_{274} мм	h_{275} мм	h_{276} мм	h_{277} мм	h_{278} мм	h_{279} мм	h_{280} мм	h_{281} мм	h_{282} мм	h_{283} мм	h_{284} мм	h_{285} мм	h_{286} мм	h_{287} мм	h_{288} мм	h_{289} мм	h_{290} мм	h_{291} мм	h_{292} мм	h_{293} мм	h_{294} мм	h_{295} мм	h_{296} мм	h_{297} мм	h_{298} мм	h_{299} мм	h_{300} мм	h_{301} мм	h_{302} мм	h_{303} мм	h_{304} мм	h_{305} мм	h_{306} мм	h_{307} мм	h_{308} мм	h_{309} мм	h_{310} мм	h_{311} мм	h_{312} мм	h_{313} мм	h_{314} мм	h_{315} мм	h_{316} мм	h_{317} мм	h_{318} мм	h_{319} мм	h_{320} мм	h_{321} мм	h_{322} мм	h_{323} мм	h_{324} мм	h_{325} мм	h_{326} мм	h_{327} мм	h_{328} мм	h_{329} мм	h_{330} мм	h_{331} мм	h_{332} мм	h_{333} мм	h_{334} мм	h_{335} мм	h_{336} мм	h_{337} мм	h_{338} мм	h_{339} мм	h_{340} мм	h_{341} мм	h_{342} мм	h_{343} мм	h_{344} мм	h_{345} мм	h_{346} мм	h_{347} мм	h_{348} мм	h_{349} мм	h_{350} мм	h_{351} мм	h_{352} мм	h_{353} мм	h_{354} мм	h_{355} мм	h_{356} мм	h_{357} мм	h_{358} мм	h_{359} мм	h_{360} мм	h_{361} мм	h_{362} мм	h_{363} мм	h_{364} мм	h_{365} мм	h_{366} мм	h_{367} мм	h_{368} мм	h_{369} мм	h_{370} мм	h_{371} мм	h_{372} мм	h_{373} мм	h_{374} мм	h_{375} мм	h_{376} мм	h_{377} мм	h_{378} мм	h_{379} мм	h_{380} мм	h_{381} мм	h_{382} мм	h_{383} мм

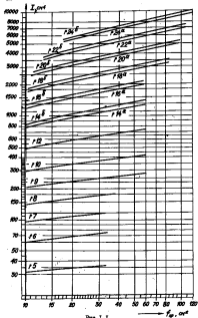


Fig. 1.1

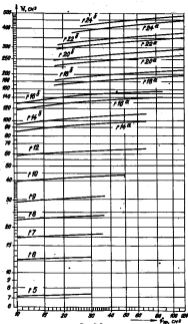


Fig. 1.2

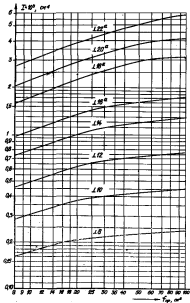


Fig. 1.3

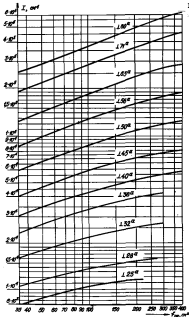


Fig. 1.4

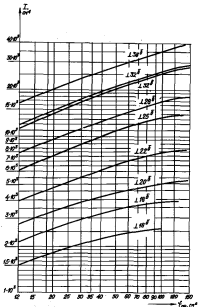


FIG. I.5

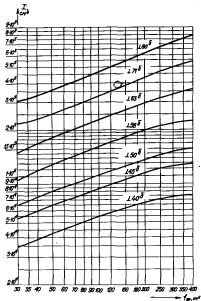


FIG. I.6



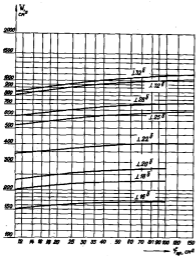


Fig. 1.9

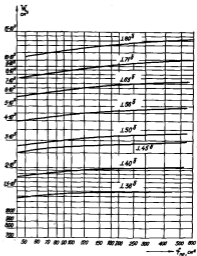


Fig. 1.10

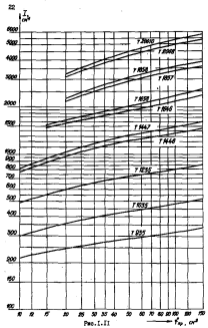


Fig. 1.11

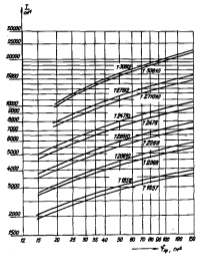


Fig. 1.12

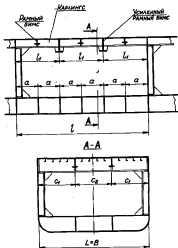


Рис. 2.1. Перекрытие верхней палубы с усиленными рамными бимсами

В случае установки палубного решетчатого набора можно еще более упростить, как это сделано в [2], свести задачу к рассмотрению устойчивости только одного наибольшего пролета каркаса l_1 , как стержня, свободно опираемого на жесткие опоры, допуская сдвиг и биение стержня. Необходимый момент инерции поперечного сечения каркаса с присоединенным поперечным набором верхней палубы можно определять по формулам

$$I_k^{\text{норм}} = \frac{R_{\text{нр}} \bar{G}_T l_1^2 \Gamma}{\pi^2 E}$$

где \bar{G}_T — предельная жесткость материала; $R_{\text{нр}} = G_T^2 / (G_T - E)$; Γ — площадь сечения палубы, через которую сжатием усилие передается на каркас (см. выражения (3.43) и (3.44) из [2]).

По наибольшему $I_k^{\text{норм}}$ в плоскости поперечного сечения присоединенного поперечного набора палубы $I_{\text{п}} = \gamma I_0$, по графикам (см. рис. 1.3-1.5) находят профили. Далее вычисляем фактический момент инерции поперечного сечения каркаса I_k и сравниваем с $I_k^{\text{норм}}$. Если $I_k \geq I_k^{\text{норм}}$, то устойчивость каркаса при заданных размерах поперечного сечения обеспечивается до заданного уровня критических напряжений $\sigma_{\text{кр}} = \sigma_T$.

Если устанавливаются усиленные рамные бимсы, то необходимый момент инерции поперечного сечения каркаса можно определять, учитывая в 1,5-2 раза $I_k^{\text{норм}}$ для случая установки палубного.

Шаг продольного набора и все размеры поперечного сечения (отв. 2 и 3) находят из условий устойчивости, порядок их определения показан в [2].

2.2. Определение профиля усиленных рамных бимсов

Необходимый момент инерции поперечного сечения усиленного рамного бимса с присоединенным поперечным набором палубы в [2] определяется с помощью уравнения устойчивости каркаса, как для неразрезного стержня, лежащего на промежуточных упругих опорах:

$$I_k = \gamma \pi^2 \Gamma \frac{l_1^2}{E} I_k^{\text{норм}} (\lambda_1)^2,$$

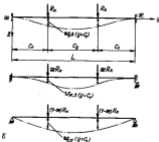
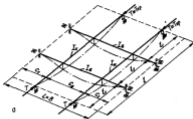


Рис. 2.2. Расчетная модель перевернутой с усилением раменной балки

где l — длина усиленного раменного бруса (шарниры судна);
 l_1 — расстояние между усиленными раменными брусами; I_1 — момент инерции поперечного сечения раменного бруса с проследованным полемом; μ — коэффициент влияния на прогиб усиленного раменного бруса в точках пересечения с раменными стержнями реакции взаимодействия, возникающей при $T = T_{кр}$ (рис. 2.2), т.е. для случая нахождения перевернутой и неупругой раменной системы. На рис. 2.2, в системам сообщено малое перемещение. При $T = T_{кр}$ система останется в искривленном положении, если убрать условия, с помощью которых была создана перевернутая система; $\beta_1 = \beta_{кр} \beta_1^0 F / \eta \chi^2 E I_1$; $\beta_1^0 (A, \beta_1^0)$ — определяется по табл. 2.3.

Как правило, усиленные раменные бруса упруго заделаны на рамы шпангоута с какими-то коэффициентами опорной пары μ , определяемые по параметру (S, DG) в [2] методом последовательных приближений, так как $I_{шп}$ неизвестно:

$$\mu = \frac{1}{1 + \frac{l_{шп} I_1}{2 L I_{шп}}}$$

где $l_{шп}$ — длина шпангоута; $I_{шп}$ — момент инерции поперечного сечения шпангоута с проследованным полемом бортовой обшивки.

В первом приближении можно принять $\mu = 0,3 \dots 0,4$ с последующим уточнением этих значений по табл. 2.1.

Таблица 2.1

Значения коэффициентов опорной пары μ

$l_{шп}$ кL	μ при $I_1 / I_{шп}$								
	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	10,0	20,0	50,0
0,05	0,975	0,968	0,950	0,890	0,833	0,800	0,687	0,500	0,388
0,10	0,952	0,909	0,833	0,759	0,714	0,667	0,500	0,333	0,167
0,15	0,930	0,870	0,769	0,690	0,625	0,571	0,490	0,350	0,118
0,20	0,900	0,833	0,714	0,625	0,556	0,500	0,333	0,200	0,091
0,25	0,860	0,800	0,667	0,571	0,500	0,444	0,288	0,167	0,074
0,30	0,810	0,769	0,625	0,528	0,466	0,400	0,250	0,143	0,062
0,35	0,751	0,740	0,593	0,493	0,417	0,364	0,222	0,125	0,057
0,40	0,633	0,714	0,555	0,454	0,385	0,333	0,200	0,111	0,045
0,50	0,500	0,667	0,500	0,400	0,333	0,289	0,167	0,092	0,038
0,60	0,709	0,633	0,456	0,357	0,294	0,250	0,143	0,077	0,032

Значения γ можно определить по формуле (3.54) и [2]

$$\gamma = \gamma_0(1-\pi) + \pi\gamma_1,$$

где γ_0 и γ_1 - коэффициенты влияния на прогиб от сосредоточенных усилий для свободно опертой и жестко заделанной балки (рис. 2.2, в).

Для перереза с двумя параллельными $\Gamma_{0,1}$ и Γ_1 можно определить по следующему выражению (дуга замкнутая балка "замкнута" свободно опертой и жестко заделанной по концам - см. рис. 2.2, в):

$$\omega_{\text{из}}(\gamma - c_1) = \frac{R_k b c_1^2}{6EI_B} \left(3 \frac{L - c_1}{L} - \frac{c_1}{L} \right) (1 - \pi) - (1 - \pi) \gamma_0 \frac{R_k L^3}{EI_B};$$

$$\omega_{\text{из}}(\gamma - c_1) = \frac{\pi R_k L^3}{6EI_B} \frac{c_1^2}{L^2} \frac{3(L + c_1) - c_1}{L} - \pi \gamma_1 \frac{R_k L^3}{EI_B}$$

или

$$(1 - \pi) \gamma_0 = \frac{1}{6} \frac{c_1^2}{L^2} \left(3 \frac{L - c_1}{L} - \frac{c_1}{L} \right);$$

$$\pi \gamma_1 = \frac{c_1^2}{6L^2} \frac{3(L + c_1) - c_1}{L}.$$

Для перереза с одним параллельным $\Gamma_0 = L/48$ и $\Gamma_1 = L/96$.

2.3. Определение профиля рывка бимеса

При проектировании и проверочном расчете силовых подпук необходимо знать момент инерции рывка бимеса определяется по расчету обобщенная устойчивость участка перереза, ограниченного жесткими контурами в виде бортов, карманов, поперечных ребер или усилителей рывка бимеса.

При этом необходимый момент инерции рывка бимеса находится с помощью формулы

$$I = \left(\frac{R_k}{\mu} \right)^2 \left(\frac{L}{\sigma} \right)^2 \left(\frac{L}{\delta} \right) \gamma_i \chi_1^{\text{max}}(\lambda),$$

где L - длина пролета равного бимеса; $(R_k/\mu)^2$ - коэффициент, зависящий от условий коэффициентов опертой части μ_1 и μ_2 бимеса; δ - момент инерции ребра жесткости палубы с пренебрежением плоским настилом; γ_i - поправочный коэффициент, учитывающий влияние отклонений от закона Гука на устойчивость, равный отношению $\sigma_{\text{из}}/\sigma_B$ и определяемый с помощью графика; $\chi_1^{\text{max}}(\lambda)$ - функция, зависящая от параметра λ , числа бимеса n и определяемая с помощью таблиц; для того же значения числа волн поперя устойчивости ребра жесткости λ , которому соответствует наибольшее значение $\chi_1(\lambda)$.

Коэффициенты $(R_k/\mu)^2$, γ_i и функция $\chi_1(\lambda)$ можно определять по табл. 2.2, 2.3 и графикам (рис. 2.3, 2.4).

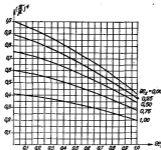


Рис. 2.3. Графики для определения функции $(R_k/\mu)^2$ в зависимости от условий закрепления опертой части

Таблица 2.3

Значения функции

$$J_1(x)$$

x	n=2		n=3		n=4		n=5		n=6	
	J ₀	J ₁	J ₀	J ₁	J ₀	J ₁	J ₀	J ₁	J ₀	J ₁
0	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000
0,1	0,9999	0,0002	0,9999	0,0003	0,9999	0,0004	0,9999	0,0005	0,9999	0,0006
0,2	0,9996	0,0008	0,9996	0,0012	0,9996	0,0016	0,9996	0,0020	0,9996	0,0024
0,3	0,9990	0,0014	0,9990	0,0020	0,9990	0,0026	0,9990	0,0032	0,9990	0,0038
0,4	0,9981	0,0020	0,9981	0,0027	0,9981	0,0034	0,9981	0,0041	0,9981	0,0048
0,5	0,9969	0,0026	0,9969	0,0034	0,9969	0,0042	0,9969	0,0050	0,9969	0,0058
0,6	0,9954	0,0032	0,9954	0,0041	0,9954	0,0050	0,9954	0,0059	0,9954	0,0068
0,7	0,9936	0,0038	0,9936	0,0050	0,9936	0,0060	0,9936	0,0070	0,9936	0,0080
0,8	0,9915	0,0044	0,9915	0,0062	0,9915	0,0073	0,9915	0,0084	0,9915	0,0095
0,9	0,9891	0,0050	0,9891	0,0071	0,9891	0,0083	0,9891	0,0095	0,9891	0,0107
1,0	0,9864	0,0056	0,9864	0,0083	0,9864	0,0096	0,9864	0,0109	0,9864	0,0122

x	n=6		n=7		n=8	
	J ₀	J ₁	J ₀	J ₁	J ₀	J ₁
0	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000
0,1	0,9999	0,0001	0,9999	0,0002	0,9999	0,0003
0,2	0,9996	0,0004	0,9996	0,0006	0,9996	0,0008
0,3	0,9990	0,0008	0,9990	0,0012	0,9990	0,0016
0,4	0,9981	0,0014	0,9981	0,0018	0,9981	0,0024
0,5	0,9969	0,0020	0,9969	0,0026	0,9969	0,0032
0,6	0,9954	0,0026	0,9954	0,0034	0,9954	0,0041
0,7	0,9936	0,0032	0,9936	0,0043	0,9936	0,0050
0,8	0,9915	0,0038	0,9915	0,0056	0,9915	0,0063
0,9	0,9891	0,0044	0,9891	0,0071	0,9891	0,0079
1,0	0,9864	0,0050	0,9864	0,0089	0,9864	0,0097

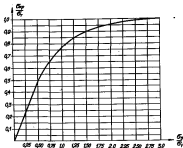


Рис. 2.4. График для определения критических напряжений по известным параметрам

Эквивалент (λ/ρ)²

Таблица 2.3

α_1	α_2				
	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00
0,00	1,00	0,889	0,750	0,600	0,410
0,25	0,880	0,799	0,604	0,545	0,379
0,50	0,750	0,604	0,505	0,479	0,335
0,75	0,600	0,545	0,479	0,380	0,279
1,00	0,410	0,379	0,335	0,279	0,195

3. РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ ДВИЖИХ ПЕРИФЕРИИ СКОРОСТНЫХ СЕРВ И КОЛЕСАМИ

При проектировании и прочностном расчете движущих периферий цилиндрического тела (с тросом и лентой перекрестными связями) целесообразно воспользоваться табл. 2.1-2.4, позволяющими определять эквивалентные моменты в опорном сечении и поперечные силы в перекрестных связях, перерывающих сил в опорном сечении перекрестных связей, а также эквивалентного момента в реактивной шпале и стрингерах для среднего фланца в точках их перекрестных в зависимости от относительных сторон периферий и действующей на него расчетной нагрузки $Q_{расч}$. Таблица составлена для периферий, у которых перекрестные связи (лента, стрингеры) можно считать жестко заделанными на опорках, а балки главного направления (фланцы) — свободно опираемыми.

В таблицах даны значения функций от следующих величин:

- отношения сторон периферий l_n / b_p — длины периферий к его расчетной ширине;
- отношения l_n / R — отношением точек движущей опорки к ее радиальной точке в поперечном сечении; $R = l_n + (f_{p,d} / K)(c - M/c)$, где $f_{p,d}$ — площадь поперечного сечения движущего ребра жесткости; c — расстояние между стрингерами; M — расстояние между продольными ребрами жесткости;
- отношения I_n / I_c — моментов инерции шпал и стрингера;

г) шарнир присоединения поясков перекрестных связей α_1 .

Для всех промежуточных значений входных данных коэффициенты следует определять линейной интерполяцией.

Коэффициенты m определяют долю расчетного эквивалентного момента от приведенной $Q_n l_n$ или $Q_p b_p$; коэффициент k — долю реакции от полной нагрузки Q на связь. Полюсы нагрузки на связь входят по следующим формулам:

$$Q_n = Q_{расч} \alpha l_n ;$$

для фланца

$$Q_p = Q_{расч} \alpha b_p .$$

где s и d — расстояния между перекрестными осями в флорах соответственно; при наличии осяевых флор, параллельных с флорками, d — расстояние между осяевыми флорами. Значки коэффициентов элементов в табл. 3.1-3.4 соответствуют конструкции, действующей сверху вниз.

Расчет кинематических флор и стрингеров считается положительным, если флоры поддерживаются перекрестными осяями.

При проектировании и проверке раската днища паровых котлов, для которых характерно наличие большого числа перекрестных осей, кинематическая жесткость K , как следствие, равномерность поперечного сечения (жесткости) флор, обычно рекомендуется выбирать метод Кудрякова — Смакова [1].

Необходимо для вычисления элементов кривизны в осях и пролетах осяевых перекрестных осей функции Бубнова для свободно опертой и жестко защемленной балки, нагруженной равномерной нагрузкой и действующей на осяевом угрутом основании, приведен в табл. 3.3.

Любой элемент кривизны угрута заменяемой с коэффициентом опертой парм ω_1 перекрестной осяи может быть определен по формуле

$$\omega_1 = (1 - \omega_2) \omega_1^{2,0} + \omega_2 \omega_1^{2,1}$$

где ω_1 — прогиб, угол поворота, кривизменный момент для перекрестной осяи; $\omega_1^{2,0}$ и $\omega_1^{2,1}$ — элементы кривизны свободно опертой и жестко защемленной балки соответственно.

Таблица 3.1

Коэффициенты для расчета кривизны в трансе перекрестных осяев



1	2		3					4		5		6		7		8		
	флоры	стрингеры	для осей стрингера	для флоры	в пролетах осей	на осях осей	в пролетах стрингера	на осях стрингера	в пролетах осей	на осях осей	в пролетах стрингера	на осях стрингера	в пролетах осей	на осях осей	в пролетах стрингера	на осях стрингера	в пролетах осей	на осях осей
0,1	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
0,2	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
0,3	0,96	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
0,4	0,94	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
0,5	0,92	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
0,6	0,9	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
0,7	0,88	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
0,8	0,86	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
0,9	0,84	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
1,0	0,82	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83

D	L	Коэффициенты для различных значений λ и μ														
		0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60			
0,2	1	0,447	0,446	0,445	0,444	0,443	0,442	0,441	0,440	0,439	0,438	0,437	0,436	0,435	0,434	0,433
	1,2	0,507	0,507	0,506	0,505	0,504	0,503	0,502	0,501	0,500	0,499	0,498	0,497	0,496	0,495	0,494
0,4	1	0,460	0,459	0,458	0,457	0,456	0,455	0,454	0,453	0,452	0,451	0,450	0,449	0,448	0,447	0,446
	1,2	0,520	0,520	0,519	0,518	0,517	0,516	0,515	0,514	0,513	0,512	0,511	0,510	0,509	0,508	0,507
0,6	1	0,470	0,469	0,468	0,467	0,466	0,465	0,464	0,463	0,462	0,461	0,460	0,459	0,458	0,457	0,456
	1,2	0,530	0,530	0,529	0,528	0,527	0,526	0,525	0,524	0,523	0,522	0,521	0,520	0,519	0,518	0,517
0,8	1	0,478	0,477	0,476	0,475	0,474	0,473	0,472	0,471	0,470	0,469	0,468	0,467	0,466	0,465	0,464
	1,2	0,540	0,540	0,539	0,538	0,537	0,536	0,535	0,534	0,533	0,532	0,531	0,530	0,529	0,528	0,527
1,0	1	0,484	0,483	0,482	0,481	0,480	0,479	0,478	0,477	0,476	0,475	0,474	0,473	0,472	0,471	0,470
	1,2	0,550	0,550	0,549	0,548	0,547	0,546	0,545	0,544	0,543	0,542	0,541	0,540	0,539	0,538	0,537
1,2	1	0,488	0,487	0,486	0,485	0,484	0,483	0,482	0,481	0,480	0,479	0,478	0,477	0,476	0,475	0,474
	1,2	0,560	0,560	0,559	0,558	0,557	0,556	0,555	0,554	0,553	0,552	0,551	0,550	0,549	0,548	0,547

Таблица 3.3

Коэффициенты для различных реакций на средней фазе для пористых с трех пористостями скелета

D	L	D _к /R _к	D _п /R _п	D _с /R _с	Коэффициенты						
					на скелете		на поверхности		на ядре		
					$K_{11} = \frac{R_{к1}}{D_{к1}}$	$K_{12} = \frac{R_{к2}}{D_{к2}}$	$K_{21} = \frac{R_{п1}}{D_{п1}}$	$K_{22} = \frac{R_{п2}}{D_{п2}}$	$K_{31} = \frac{R_{с1}}{D_{с1}}$	$K_{32} = \frac{R_{с2}}{D_{с2}}$	
0,2	1	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	
					1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	
	1,2	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	
					1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	
	1,2	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	
					1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	
	1,2	1:1,4	1:1,4	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	
					1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	
	0,4	1	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4
						1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4
		1,2	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4
						1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4
1,2		1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	
					1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	
1,2		1:1,4	1:1,4	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	
					1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	
0,6		1	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4
						1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4
		1,2	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4
						1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4
	1,2	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	
					1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	
	1,2	1:1,4	1:1,4	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	
					1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	
	0,8	1	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4
						1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4
		1,2	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4
						1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4
1,2		1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	
					1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	
1,2		1:1,4	1:1,4	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	
					1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	
1,0		1	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4
						1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4
		1,2	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4
						1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4
	1,2	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	
					1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	
	1,2	1:1,4	1:1,4	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	
					1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	
	1,2	1	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4
						1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4
		1,2	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4
						1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4
1,2		1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	
					1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	
1,2		1:1,4	1:1,4	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	
					1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	

Таблица 3.4

Коэффициенты для вычисления реакций на свободный фланец
для перекрестия с пятью перекрестными сечениями

Дирекционный угол у продольной оси	Вариант- решения перекрестия	Коэффициенты								
		на киле		на первом стрингере		на втором стрингере		на острове		
		$R_{\text{кв}} - \frac{R_{\text{кв}}}{Q_{\text{к}}}$	$R_{\text{кв}} - \frac{R_{\text{кв}}}{Q_{\text{к}}}$	$R_{\text{п1}} - \frac{R_{\text{п1}}}{Q_{\text{п}}}$	$R_{\text{п1}} - \frac{R_{\text{п1}}}{Q_{\text{п}}}$	$R_{\text{п2}} - \frac{R_{\text{п2}}}{Q_{\text{п}}}$	$R_{\text{п2}} - \frac{R_{\text{п2}}}{Q_{\text{п}}}$	$R_{\text{ос}} - \frac{R_{\text{ос}}}{Q_{\text{ос}}}$	$R_{\text{ос}} - \frac{R_{\text{ос}}}{Q_{\text{ос}}}$	
α_0/β_0	β_0/α_0	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	1:1	1:1,4	
0°	0,0	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		1,2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	1,0	1	0,003	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		1,2	0,007	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	1,2	1	0,010	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		1,2	0,014	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
14°	0,0	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		1,2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	1,0	1	0,007	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		1,2	0,010	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	1,2	1	0,013	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		1,2	0,017	0,016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20°	0,0	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		1,2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	1,0	1	0,003	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		1,2	0,007	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	1,2	1	0,010	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		1,2	0,014	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Функции кубов для определения элементов кривой балки,
лежащей на сплошном уступом основании

Дирекционный угол у продольной оси	0°		14°		20°	
	$X_0(\omega)$	$\mu_0(\omega)$	$X_1(\omega)$	$\mu_1(\omega)$	$X_2(\omega)$	$\mu_2(\omega)$
0,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,2	0,999	1,000	0,999	0,999	1,000	1,000
0,3	0,995	0,998	0,996	0,995	0,999	0,999
0,4	0,987	0,993	0,987	0,986	0,990	0,989
0,5	0,975	0,997	0,975	0,974	0,987	0,985
0,6	0,959	0,999	0,959	0,958	0,982	0,980
0,7	0,937	0,998	0,937	0,936	0,974	0,972
0,8	0,911	0,995	0,911	0,910	0,963	0,961
0,9	0,880	0,989	0,880	0,879	0,949	0,947
1,0	0,845	0,981	0,845	0,844	0,932	0,930
1,1	0,805	0,970	0,805	0,804	0,912	0,910
1,2	0,762	0,957	0,762	0,761	0,889	0,887
1,3	0,715	0,942	0,715	0,714	0,863	0,861
1,4	0,665	0,925	0,665	0,664	0,834	0,832
1,5	0,612	0,905	0,612	0,611	0,802	0,800
1,6	0,557	0,882	0,557	0,556	0,767	0,765
1,7	0,500	0,857	0,500	0,499	0,729	0,727
1,8	0,441	0,829	0,441	0,440	0,688	0,686
1,9	0,380	0,798	0,380	0,379	0,644	0,642
2,0	0,317	0,765	0,317	0,316	0,597	0,595
2,1	0,252	0,729	0,252	0,251	0,547	0,545
2,2	0,185	0,691	0,185	0,184	0,494	0,492
2,3	0,117	0,650	0,117	0,116	0,438	0,436
2,4	0,048	0,607	0,048	0,047	0,379	0,377
2,5	-0,021	0,562	-0,021	-0,020	0,317	0,315
2,6	-0,086	0,515	-0,086	-0,085	0,252	0,250
2,7	-0,152	0,467	-0,152	-0,151	0,184	0,182
2,8	-0,218	0,417	-0,218	-0,217	0,113	0,111
2,9	-0,284	0,365	-0,284	-0,283	0,040	0,038
3,0	-0,350	0,311	-0,350	-0,349	-0,034	-0,032

$$W(x=0) = \frac{q}{k} [1 - \varphi_0(\omega)]$$

$$M(x=0) = -\frac{qL^2}{2} X_0(\omega)$$

$$N(x=\frac{L}{2}) = \frac{qL}{2} \mu_0(\omega)$$

$$W(x=0) = \frac{q}{k} [1 - \varphi_0(\omega)]$$

$$M(x=0) = -\frac{qL^2}{2} X_1(\omega)$$

$$M(x=\frac{L}{2}) = \frac{qL^2}{2} X_2(\omega)$$

$$N(x=\frac{L}{2}) = \frac{qL}{2} \mu_2(\omega)$$

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. КАЗАНДИ И.В. Прочность и строительная механика судов: Метод. указания. Л.: Изд.ЛПИ, 1907.
2. КОРОТКИН Я.И. Расчетное проектирование связей корпуса судна: Учеб. пособие. Л.: Изд.ЛПИ, 1964.
3. КОРОТКИН Я.И. Расчетное проектирование связей корпуса судна: Учеб. пособие. Л.: Изд.ЛПИ, 1970.
4. КОРОТКИН Я.И. Расчетное проектирование связей корпуса судна: Учеб. пособие. Л.: Изд.ЛПИ, 1979.
5. КОРОТКИН Я.И., РОСТОВЦЕВ Д.М., СЕВЕРС Н.А. Прочность корабля. Л.: Судостроение, 1974.
6. КУРДЮМОВ А.А. Прочность корабля. Л.: Судостроение, 1966.
7. Справочник по строительной механике корабля/ Под ред. канд. В.А.Викманского. Т.II, III. Л.: Судостроение, 1968, 1969.
8. Правила классификации и постройки морских судов. Регистр СССР. Л.: Транспорт, 1985.

О Г Л А В Л Е Н И Е

1. Выбор профилей и набор размеров листов	3
2. Расчетное проектирование связей перекрытия верхней палубы судна	25
2.1. Определение профиля наклонного	25
2.2. Определение профиля усиленных рамных бимсов	27
2.3. Определение профиля рамных бимсов	30
3. Расчет прочности деющих перекрытий судовых групп судов и кораблей	35
Литература	44

Таблица 1.1

Теоретические элементы несимметричного полосообразного профиля
с указанными просечноными полками 600 x (10...15) мм



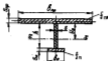
Номер профиля	Элементы несимметричного профиля								Элементы профиля с полками				
	b ₁ мм	b ₂ мм	b ₃ мм	b ₄ мм	F ₁ см ²	I ₀ см ⁴	y ₁ см	Масса 1 м, кг	F ₁ см ²	I ₁ см ⁴	W ₁ см ³	t ₁ мм	
5	60	16	4	2,5	2,87	6,96	3,13	2,25	62,87	44	9	10	
6	60	19	5	3,5	4,27	13,0	3,74	3,35	64,27	67	15	10	
7	70	21	5	3,5	5,06	24,1	4,40	3,97	65,06	137	20	10	
8	80	22	5	4	5,84	36,23	5,07	4,59	65,84	202	25	10	
9	90	24	5,5	4	7,03	55,5	5,65	5,32	67,03	275	33	10	
10	100	25	6	5	8,63	85,22	6,29	6,76	68,63	434	45	10	
12	120	30	6,5	5	11,15	158	7,56	8,76	71,15	767	65	10	

14 ^a	140	33	7	6	14,05	274	8,82	11,05	74,05	1274	100	10
14 ^b	140	35	9	6	16,25	321	8,55	13,25	76,25	1398	112	10
16 ^a	160	36	8	7	17,94	462	9,95	14,10	107,94	2200/1980	147/140	15/20
16 ^b	160	38	10	7	21,15	527	9,76	16,30	111,15	2424/2190	165/159	15/10
18 ^a	180	40	9	7	22,8	704	11,15	17,40	112,2	2626/2360	200/188	15/10
18 ^b	180	42	11	7	25,9	807	10,80	20,20	115,9	2830/2130	218/206	15/10
20 ^a	200	44	10	8	27,36	1078	12,4	21,45	117,36	4730	262	15
20 ^b	200	46	12	8	31,36	1265	12,06	24,60	121,36	5110	293	15
22 ^a	220	48	11	8,5	32,82	1611	13,5	25,80	122,82	6920	343	15
22 ^b	220	50	13	8,5	37,22	1795	13,2	29,20	127,22	6920	372	15
24 ^a	240	52	12	9	38,75	2332	14,7	30,4	128,75	8720	434	15
24 ^b	240	54	14	9	43,55	2542	14,35	34,2	133,55	9250	465	15

Примечание. F₁ - площадь несимметричного профиля; I₀ - момент инерции несимметричного профиля; y₁ - расстояние от осевой линии профиля до его центра тяжести, лежащего на оси X₁Y₁; F₁ - общая площадь профиля с просечноными полками; I₁ - момент инерции профиля с полками относительно оси X₁Y₁; W₁ - классический момент сопротивления профиля с полками относительно оси X₁Y₁.

Таблица 1.2

Теоретические значения статических моментов S_x и S_y для набора круглых морских судов и надводных кораблей, кроме судов с динамическими устройствами поддержания и катеров



Номер типа	Значения изогоризонтального профиля								Значения профиля с долей	
	h_0 мм	s_0 мм	S_{x0} мм	S_{y0} мм	V_0 см ³	Масса 1 проф. м, кг	L_0 см ³	W_0 см	W_{x0} см ³	W_{y0} см ³
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	80	4	40	6	3,5	4,386	42,45	9,94	22,6	28,1
10	100	4	50	6	7,0	5,478	61,50	7,27	69,8	43,8
12	120	4	60	6	8,4	6,565	129,2	8,70	51,5	62,9
14	140	4	80	6	10,4	8,154	229,2	10,4	73,5	88,9

16 ^а	160	4	80	6	11,2	9,792	329,3	11,6	92,4	112
16 ^б	160	5	100	8	16,0	12,36	482,8	12,2	146	172
18 ^а	180	4	100	8	15,2	11,90	375,0	13,7	162	198
18 ^б	180	5	100	10	19,0	14,81	670,0	14,0	302	336
20 ^а	200	5	100	8	18,0	14,13	613,9	14,6	185	222
20 ^б	200	6	100	10	22,0	17,78	1021	14,8	234	282
22 ^а	220	5	100	10	21,0	16,4	1137	16,3	205	250
22 ^б	220	6	120	12	27,6	21,55	1439	17,0	356	417
25 ^а	250	6	120	12	29,4	22,95	2042	19,9	413	469
25 ^б	250	8	140	14	38,5	30,69	2782	19,0	687	688
28 ^а	280	7	120	12	34,0	26,58	3050	20,2	468	589
28 ^б	280	8	140	14	42,0	32,78	3782	20,8	636	793
32 ^а	320	8	140	14	43,2	33,39	5280	23,2	743	905
32 ^б	320	10	180	14	57,2	44,9	6661	23,3	967	1160
32 ^в	320	8	160	16	51,2	39,98	6797	24,4	682	1099
36 ^а	360	8	160	16	54,4	42,47	7932	25,8	932	1154
36 ^б	360	10	200	14	64,0	50,24	9398	26,2	1200	1480
40 ^а	400	10	180	14	65,2	51,18	11940	28,0	1250	1550
40 ^б	400	12	220	16	83,2	65,31	15180	28,3	1690	2040
45 ^а	450	10	200	14	73,0	57,90	16880	31,4	1370	1740
45 ^б	450	14	250	18	108,0	84,78	29000	32,3	2440	3090
50 ^а	500	12	220	16	99,2	74,81	33180	34,5	2030	2790
50 ^б	500	14	280	18	115,0	89,70	39960	35,1	3701	3448

