

И  
4213

ЭЭК Р. Н.

**РАСЧЕТ НАБОРА ДНИЩА И  
БОРТОВ СУДНА КАК  
ПРОСТРАНСТВЕННОЙ РАМНОЙ  
СИСТЕМЫ**

ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА  
ТАЛЛИН, 1957





ЭЭК Р. Н.

РАСЧЕТ НАБОРА ДНИЩА И  
БОРТОВ СУДНА КАК  
ПРОСТРАНСТВЕННОЙ РАМНОЙ  
СИСТЕМЫ

EESTI  
AKADEEMILINE  
RAAMATUKOGU

Ер. 958

ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА  
ТАЛЛИН, 1957





## ВВЕДЕНИЕ

В настоящей статье рассматривается расчет отсека корабля между двумя переборками как пространственной рамной системы. Предполагается, что

1) Судовой набор состоит из рамных шпангоутов (с флорами) и стрингеров. Влияние обшивки учитывается приведенным пояском.

2) Жесткость всех перекрытий в своей плоскости бесконечно большая, линейные перемещения на краях составляющих перекрытий (борт, днище, палубы) равны нулю.

3) Нагрузкой является давление воды от погружения судна. Предполагается, что она уравнивается реакциями бортов у переборок.

Основное внимание в этой работе обращено на определение изгибающих моментов от местного изгиба судна в днищевом перекрытии и скуловом сечении шпангоута. Предлагается метод расчета не слишком трудоемкий и дающий хорошее представление о действительной работе набора корпуса судна. Для одного типа набора (набор двояко симметричный, бортовые стрингеры отсутствуют), составлены расчетные таблицы и графики. Дано сопоставление результатов расчета по предлагаемому методу и по приближенным методам, обычно применяемым в практике и основанных на следующих упрощающих предположениях:

а) Стрингеры рассматриваются как отдельные балки, жестко заделанные на переборках и несущие все давление воды на днище, т. е. допускают, что флоры не принимают участие в работе днищевом перекрытии.

б) Шпангоутные рамы (вместе с флорами) рассматриваются как конструкции, работающие изолированно от стрингеров.

в) Бортовые части шпангоутов рассматриваются как балки или рамы, жестко заделанные в скуловом сечении.

г) Днище рассматривается как перекрытие, упруго связанное с бортом и жестко заделанное на переборках.

В дальнейшем назовем эти методы соответственно методами (а), (б), (в) и (г).

Эти методы не учитывают пространственную работу набора корпуса судна, что хотя и упрощает расчет, но не дает ясного представления о работе набора корпуса судна в целом. Нижеизложенная работа выясняет физическую картину пространственной работы набора корпуса судна и показывает, что расчет корпуса судна с учетом его пространственной работы укладывается в практически приемлемое время.



## 1. МЕТОД РАСЧЕТА ОТСЕКА КОРАБЛЯ С УЧЕТОМ ЕГО ПРОСТРАНСТВЕННОЙ РАБОТЫ

Для расчета применяем обобщенный метод деформации (4), (5).

Расчетной (основной) схемой является система плоских перекрытий (днище, борты, палубы), которые жестко заделаны на переборках. Места сопряжения указанных перекрытий рассматриваем как несмещающиеся опоры.

В основную систему включаем не отдельные стержни, а целые плоские перекрытия — борты, днище, палубы. Расчет ведем следующим образом:

а) Как принято в методе деформаций, приложим мысленно в узлах сопряжений двух перекрытий условные связи, которые исключают возможность поворота этих узлов. Найдем реактивные моменты в условных связях от всех внешних нагрузок. Момент в связи  $i$  обозначим через  $R_i$ .

б) Чтобы узлы в местах сопряжений были в равновесии при устранении наложенных связей, они должны получить углы поворота  $\Theta_i$ . Для определения  $\Theta_i$  надо рассматривать перекрытие, нагруженное изгибающим моментом  $r_{jj}$  в узле сопряжения  $j$ , считая все другие узлы сопряжения защемленными;  $r_{jj}$  необходимо подобрать так, что угол поворота  $\Theta_j$  узла  $j$  был равен единице. Это вызывает реактивные моменты  $r_{jj}$  в условных связях (момент в связи  $j$  от единичного угла поворота узла  $j$ ).

Угол поворота и реактивный момент считаем положительным при вращении по часовой стрелке.

в) Для определения углов поворота узлов сопряжений составим систему линейных уравнений требуя, чтобы эти узлы были в равновесии и без наложенных условных связей в основной системе. Получим систему канонических уравнений.

$$\left. \begin{aligned} r_{11} \theta_1 + r_{12} \theta_2 + \dots + r_{1n} \theta_n + R_1 &= 0; \\ r_{21} \theta_1 + r_{22} \theta_2 + \dots + r_{2n} \theta_n + R_2 &= 0; \\ \dots &\dots \\ r_{n1} \theta_1 + r_{n2} \theta_2 + \dots + r_{nn} \theta_n + R_n &= 0. \end{aligned} \right\} (1)$$

Решив эту систему, получим действительные значения углов поворота. После этого обычным путем получим значения изгибающих моментов в перекрытиях сложением моментов от внешней нагрузки и моментов от поворотов узлов сопряжений.

Такой метод расчета назовем в дальнейшем «уточненным методом».

\*

Наличие пиллерсов усложняет расчет. В этом случае усилия в пиллерсах нужно определить из дополнительных условий сопряжения пиллерсов с палубами и днищем. Этот случай здесь разбирать не будем.

При малой жесткости палубы (в сравнении с днищевым перекрытием) можно влиянием пиллерсов пренебречь.

\*

При большом числе перекрестных балок расчет по указанной схеме требует большой затраты времени. Как показано в диссертации О. Ротса (5), с малой потерей точности можно уменьшить число балок, вводимых в расчет. Если жесткости балок какого-нибудь направления одинаковы и расстояния между ними равны, то достаточную (для практики) точность можно получить, взяв в этом направлении, например, 5 балок и даже менее, соответственно увеличив их момент инерции. Если обозначим число балок этого направления через  $n$ , и их момент инерции через  $I_n$ , тогда моменты инерции балок редуцированной системы с 5 балками (обозначим через  $I_5$ ) определяется формулой  $I_5 = \frac{n+1}{5+1} I_n$ .

Разумеется, если число балок обоих направлений больше пяти, можно проредуцировать число балок обоих направлений.

Погрешность от редуцирования для расчетных изгибающих моментов при равномерно распределенной нагрузке и при соотношении  $\frac{l_2^3 \sum I_1}{l_1^3 \sum I_2} \approx 0,5 \dots 2$  составляет 1—2%.



## 2. ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ УТОЧНЕННОГО МЕТОДА

Рассмотрим расчет отсека корабля при следующих дополнительных предположениях:

1) Набор отсека состоит из 5 рамных шпангоутов и 5 днищевых стрингеров. Жесткость рамных шпангоутов и расстояния между ними одинаковы; также одинаковы жесткость стрингеров (включая киль) и расстояния между ними.

2) Набор отсека и нагрузка на него симметричны относительно диаметральной плоскости корабля.

3) Нагрузка на днище — равномерно распределенная, которая для упрощения расчета считается сосредоточенной в узлах. Такое допущение, как проверенное неоднократно разными лицами, мало влияет на результаты.

4) Бортовые и палубные стрингеры отсутствуют; влиянием пиллерсов пренебрегаем.

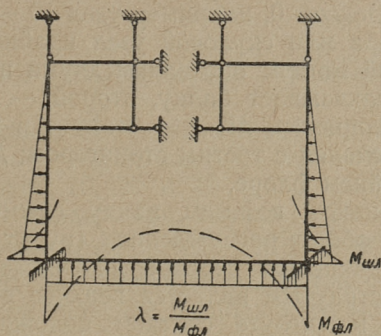


Рис. 1.

Примерная расчетная схема показана на рис. 1. На рис. 2 показано днищевое перекрытие. Обозначения следующие:

- $I_{фл}$  — момент инерции флоров;
- $I_{стр}$  — момент инерции стрингеров;
- $s$  — расстояние между флорами (шпация);
- $b$  — расстояние между стрингерами.

Флоры обозначены арабскими цифрами 1, 2, 3; стрингеры — римскими: I, II, III. Соответственно точка пересечения среднего флора и крайнего стрингера обозначим

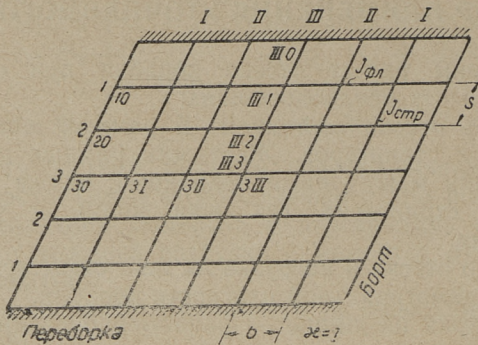


Рис. 2.

через III 1 (точка 1 на балке III) или 1 III. Опорные узлы обозначим индексом 0, например узел 10 — опорный узел крайнего флора или скуловой узел крайнего шпангоута.

Изгибающий момент обозначим двумя индексами: первый индекс показывает балку, второй — место на этой балке. Так, например,  $M_{1III}$  — момент в крайнем флоре в месте пересечения с третьим стрингером;  $M_{10}$  — опорный момент в крайнем флоре.

Правило знаков возьмем ввиду симметрии немного другое, чем в общих рассуждениях (пункт 1):

Момент в днищевом перекрытии считаем положительным, если растянутым является верхнее волокно.

Момент в шпангоуте считаем положительным, если растянутым является внутреннее волокно.

Угол поворота скулового сечения считаем положительным, если левый скуловой узел поворачивается против часовой стрелки, а правый — по часовой стрелке.

Нагрузку на днище считаем положительным снизу вверх.

Расчет ведем по отдельным этапам:

1) Определим свободные члены  $R_i$  в системе уравнений (1). Для этого

а) Найдем значения изгибающих моментов от внешних сил в бортовых узлах днищевом перекрытии с жестко заделанным контуром. Эти моменты обозначим через  $M_{i0}^{(0)}$ .



б) Найдем значение изгибающего момента от внешних сил  $M_{ин}^{(0)}$  в скуловом сечении шпангоута, жестко заделанного у перекрытия (рис. 3). Ввиду предположения (4) бортовые и палубные перекрытия распадаются на отдельные не связанные между собою шпангоуты. Шпангоут можно рассчитывать с учетом палубной части (рис. 3б) или без нее (рис. 3а), в зависимости от жесткости палубы.

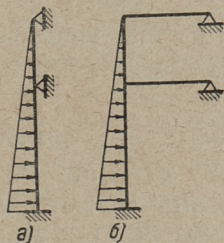


Рис. 3.

2) Определим коэффициенты  $r_{ij}$  в системе уравнений (1).

а) Найдем значения изгибающих моментов в бортовых узлах днищевого перекрытия от единичных поворотов всех узлов групп 10, 20 и 30 (ввиду симметрии можно рассматривать только три группы). Возникающие моменты обозначим через  $M_{io}^{(1)}$ ,  $M_{io}^{(2)}$  и  $M_{io}^{(3)}$  (например,  $M_{io}^{(1)}$  — момент от единичных поворотов узлов 10).

б) Определим значение изгибающего момента в шпангоуте от единичного угла поворота скулового сечения  $M_{ин}^{(\theta)}$  (рис. 4).

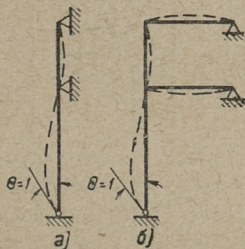


Рис. 4.

3) Составим уравнения равновесия скуловых узлов соответственно принятым обозначениям и правилам знаков:

$$\left. \begin{aligned} (M_{10}^{(1)} - M_{ин}^{(\theta)}) \theta_1 + M_{10}^{(3)} \theta_2 + M_{10}^{(3)} \theta_3 + (M_{10}^{(0)} - M_{ин}^{(0)}) &= 0; \\ M_{20}^{(1)} \theta_1 + (M_{20}^{(2)} - M_{ин}^{(\theta)}) \theta_2 + M_{20}^{(3)} \theta_3 + (M_{20}^{(0)} - M_{ин}^{(0)}) &= 0; \\ M_{30}^{(1)} \theta_1 + M_{30}^{(2)} \theta_2 + (M_{30}^{(3)} + M_{ин}^{(\theta)}) \theta_3 + (M_{30}^{(0)} - M_{ин}^{(0)}) &= 0; \end{aligned} \right\} (3)$$

Решив эту систему из трех уравнений, найдем действительные значения углов поворота скуловых сечений  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  и  $\theta_3$ .

4) Вычислим окончательные значения моментов:

$$M = M^{(0)} + M^{(1)} \theta_1 + M^{(2)} \theta_2 + M^{(3)} \theta_3. \quad (4)$$

Наиболее трудоемкими являются этапы (1а) и (2а). Для облегчения расчета на этих этапах составлены таблицы 1 и 2.

Таблица 1.

Коэффициенты  $k^{(0)}$  для вычисления моментов от единичной узловой нагрузки

Балка	Узел	$\beta = 0,6$	$\beta = 1$	$\beta = 1,667$
Флоры	10	-0,5544	-0,7201	-0,8969
	20	-1,2759	-1,6820	-1,9795
	30	-1,5571	-1,9767	-2,3863
	3 I	-0,0899	-0,1910	-0,2889
	3 II	+0,5317	+0,7040	+0,8685
	3 III	+0,6734	+0,9507	+1,2270
Стрингеры	I 0	-0,8969	-0,7201	-0,5544
	II 0	-1,9795	-1,6280	-1,2759
	III 0	-2,3863	-1,9767	-1,5571
	III 1	-0,2889	-0,1910	-0,0899
	III 2	+0,8685	+0,7040	+0,5317
	III 3	+1,2270	+0,9507	+0,6734

Коэффициенты таблицы 1, которые обозначим через  $k$ , представляют собой значения изгибающих моментов от узловых нагрузок  $P=1$ , расположенных во всех узлах заделанного перекрытия, у которого  $s=b=1$ . Значения действительных изгибающих моментов вычислим по следующим формулам:



## Коэффициенты для вычисления моментов от единичных поворотов опорных узлов флоров.

Коэффициент	Балка	Узел	$\beta = 0,6$	$\beta = 1$	$\beta = 1,667$	
$k^{(1)}$ ( $\theta_{10} = 1;$ $\theta_{20} = \theta_{30} = 0$ ).	Флоры	10	+1,3315	+1,2287	+1,1209	
		20	-0,2191	-0,2293	-0,2315	
		30	-0,0699	-0,0519	-0,0399	
		3 I	-0,0071	-0,0368	-0,0574	
		3 II	+0,0500	+0,0537	+0,0513	
		3 III	-0,0158	+0,0183	+0,0520	
	Стрингеры	I 0	-0,5947	-0,4689	-0,3568	
		II 0	-0,0809	-0,0978	-0,1028	
		III 0	-0,0305	-0,0257	-0,0290	
		III 1	-0,0465	-0,0443	-0,0307	
		III 2	+0,0194	+0,0264	+0,0304	
		III 3	+0,0847	+0,0615	+0,0296	
	$k^{(2)}$ ( $\theta_{20} = 1;$ $\theta_{10} = \theta_{30} = 0$ ).	Флоры	10	-0,2191	-0,2293	-0,2315
			20	+0,9718	+0,9782	+0,8824
30			-0,5636	-0,5708	-0,5657	
3 I			+0,3037	+0,2501	+0,1895	
3 II			+0,0050	+0,0475	+0,0854	
3 III			-0,0538	-0,0245	+0,0157	
Стрингеры		I 0	-0,0246	-0,0978	-0,0485	
		II 0	-0,2406	-0,1934	-0,1443	
		III 0	-0,1798	-0,1655	-0,1394	
		III 1	-0,0524	-0,0369	-0,0205	
		III 2	+0,0755	+0,0558	+0,0367	
		III 3	+0,1336	+0,1276	+0,1069	
$k^{(3)}$ ( $\theta_{30} = 1;$ $\theta_{10} = \theta_{20} = 0$ ).		Флоры	10	-0,0350	-0,0260	-0,0200
			20	-0,2818	-0,2854	-0,2828
	30		+1,0842	+0,9252	+0,8842	
	3 I		-0,0050	+0,0388	+0,0809	
	3 II		-0,0222	-0,0218	-0,0170	
	3 III		-0,0297	-0,0190	-0,0121	
	Стрингеры	I 0	-0,0242	-0,0129	-0,0091	
		II 0	-0,1161	-0,0827	-0,0539	
		III 0	-0,1441	-0,1211	-0,0865	
		III 1	-0,0122	-0,0165	-0,0215	
		III 2	+0,0536	+0,0522	+0,0446	
		III 3	+0,0614	+0,0496	+0,0402	

$$M_{\text{фл}}^{(0)} = Pbk^{(0)}; \quad (5)$$

$$M_{\text{стр}}^{(0)} = Psk^{(0)}. \quad (6)$$

Здесь  $P = qsb$ .

По формуле (6) вычислим моменты в балках 1, 2, 3; по формуле (7) — в балках I, II, III.

В таблице № 2 даны коэффициенты  $k^{(1)}$ ,  $k^{(2)}$ ,  $k^{(3)}$  для вычисления изгибающих моментов от единичных поворотов скуловых узлов. Эти коэффициенты равны изгибающим моментам при  $s = b = EI_{\text{фл}} = 1$ . Действительные значения моментов вычислим по формулам

$$M_{\text{фл}}^{(j)} = \frac{EI_{\text{фл}}}{b^2} bk^{(j)}; \quad (7)$$

$$M_{\text{стр}}^{(j)} = \frac{EI_{\text{фл}}}{b^2} sk^{(j)}. \quad (8)$$

Таблицы составлены только для следующих соотношений приведенных жесткостей  $\frac{I_{\text{фл}} s^3}{I_{\text{стр}} b^3} = \beta$ :

$$\beta = 0,6; 1; 1,667,$$

потому что результаты расчета стрингеров и шпангоутов как пространственной системы отличаются от результатов расчета по упрощенным методам больше всего, когда приведенные жесткости флоров и стрингеров близки друг к другу.

### 3. СРАВНЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ИЗГИБАЮЩИХ МОМЕНТОВ ПО УТОЧНЕННОМУ МЕТОДУ И ПО МЕТОДАМ (а), (б), (в) и (г).

Выясним, каково соотношение расчетного изгибающего момента по уточненному методу к расчетному моменту по методам (а), (б), (в) и (г). Исследуем изменение расчетного момента в четырех местах:

- а) в скуловом сечении среднего шпангоута ( $M_{30}$ ),
- б) в середине среднего флора ( $M_{311}$ )
- в) в опорном сечении среднего стрингера (киля) ( $M_{110}$ )
- г) в середине киля ( $M_{113}$ ).

В качестве параметров возьмем соотношение приведенных жесткостей  $\beta$ , коэффициент опорной пары флоров  $\chi$  и коэффициент бортовой нагрузки  $\lambda$ . Коэффициент опор-



ной пары  $\chi$  представляет собой (по Бубнову) отношение опорного момента в упруго заделанном флоре к опорному моменту в жестко заделанном том же флоре от внешней нагрузки на флоре; коэффициентом бортовой нагрузки  $\lambda$  назовем соотношение изгибающего момента от всех внешних сил, нагружающих флор и шпангоут, в опорном сечении жестко заделанного флора (рис. 5).

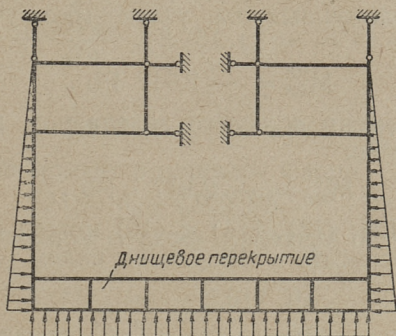


Рис. 5.

Для сопоставления результатов расчета по уточненному методу с методами (а), (б), (в) и (г), преобразуем систему уравнений (3) так, чтобы изгибающие моменты там были выражены через параметры  $\chi$  и  $\lambda$ .

Для поворота скуловых сечений шпангоутной рамы на единственный угол необходимо приложить момент  $M$ . Этот момент вызывает в скуловом сечении шпангоута момент

$$M_{\text{шп}}^{(\theta)} = -\chi M \quad (9)$$

и в скуловом сечении флора (без учета стрингеров)

$$M_{\text{фл}}^{(\theta)} = (1 - \chi) M. \quad (10)$$

С другой стороны

$$M_{\text{фл}}^{(\theta)} = \frac{EI_{\text{фл}}}{3b}, \quad (11)$$

следовательно

$$M_{\text{шп}}^{(\theta)} = -\frac{\chi}{3(1 - \chi)} \frac{EI_{\text{фл}}}{b}. \quad (12)$$

По формуле (7) имеем

$$M_{i_0}^{(j)} = k_{i_0}^{(j)} \frac{EI_{\phi\lambda}}{b} . \quad (13)$$

По формуле (8)

$$M_{i_0}^{(0)} = k_{i_0}^{(0)} Pb . \quad (14)$$

Изгибающий момент в опорном сечении жестко заделанного флора длиной  $l=6b$  (как в нашем примере) от нагрузок приложенных на узлах (без учета влияния стрингеров)

$$M_{\phi\lambda}^{(0)} = - 2,917 Pb . \quad (15)$$

Поэтому момент в жестко заделанном шпангоуте от внешней нагрузки

$$M_{\text{шп}}^{(0)} = - 2,917 \lambda Pb . \quad (16)$$

С учетом (12), (13), (14) и (16) можем систему уравнений (3) переписать в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} \left( k_{10}^{(1)} + \frac{1}{3} \frac{\alpha}{1+\alpha} \right) \Theta_1 + k_{10}^{(2)} \Theta_2 + k_{10}^{(3)} \Theta_3 + \left( k_{10}^{(0)} + 2,917\lambda \right) \frac{Pb^2}{EI_{\phi\lambda}} &= 0; \\ k_{20}^{(1)} \Theta_1 + \left( k_{20}^{(2)} + \frac{1}{3} \frac{\alpha}{1+\alpha} \right) \Theta_2 + k_{20}^{(3)} \Theta_3 + \left( k_{20}^{(0)} + 2,917\lambda \right) \frac{Pb^2}{EI_{\phi\lambda}} &= 0; \\ k_{30}^{(1)} \Theta_1 + k_{30}^{(2)} \Theta_2 + \left( k_{30}^{(3)} + \frac{1}{3} \frac{\alpha}{1+\alpha} \right) \Theta_3 + \left( k_{30}^{(0)} + 2,917\lambda \right) \frac{Pb^2}{EI_{\phi\lambda}} &= 0; \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

Дав  $\alpha$  и  $\lambda$  разные значения, получим соответствующие углы поворота и потом моменты. Значения вычисленных изгибающих моментов имеют постоянный множитель  $Pb$ . Для сравнения результатов достаточно положить, что  $Pb=1$ .

Из систем уравнений (17) получим уравнения для расчета перекрытия с упруго заделанными флорами, но без учета бортовой нагрузки (метод г) приняв  $\lambda=0$ .

Для сравнения результатов расчета по уточненному методу с результатами расчета шпангоутной рамы по методу (б) рассмотрим изолированный флор с коэффициентом заделки  $\alpha$  и коэффициентом бортовой нагрузки  $\lambda$ , нагруженный в точках пересечения со стрингерами нагрузкой  $P$ .

Угол поворота скулового сечения определяется уравнением равновесия скулового сечения



$$\frac{2EI_{\text{фл}}}{6b} \left(1 + \frac{\chi}{1-\chi}\right) \Theta - 2,917 (1 - \lambda) P_b = 0 \quad (18)$$

откуда

$$\Theta = 8,751 (1 - \chi) (1 - \lambda) \frac{P_b^2}{EI_{\text{фл}}}. \quad (19)$$

Изгибающий момент в скуловом сечении

$$\begin{aligned} M_o &= M_o^{(0)} + M_o^{(\Theta)} \Theta = \\ &= -2,917 P_b + \frac{2EI_{\text{фл}}}{6b} \cdot 8,751 (1 - \chi) (1 - \lambda) \frac{P_b^2}{EI_{\text{фл}}}, \end{aligned} \quad (20)$$

откуда

$$M_o = -2,917 [1 - (1 - \chi) (1 - \lambda)] P_b. \quad (21)$$

Изгибающий момент в середине флора

$$M_3 = M_o + 4,500 P_b. \quad (22)$$

Момент в опорном сечении стрингера без учета флоров (метод (а))

$$M_{\text{стр}} = -2,917 P_s. \quad (23)$$

Наконец, расчетные моменты в скуловом сечении шпангоута по методу (в) получим, приняв в выражении (21)  $\chi = 0$ :

$$M_o = -2,917 \lambda P_b. \quad (24)$$

Часть результатов вычислений дана на рис. 6—9. Там показано, сколько процентов составляет расчетный изгибающий момент с учетом пространственной работы отсека от расчетного изгибающего момента по другим методам.

На рис. 6 и 7 сопоставлены расчетные моменты в среднем флоре по уточненному методу с расчетными моментами, полученными по методу (б): на рис. 6 — моменты в скуловом сечении  $M_{30}$  и на рис. 7 — моменты в середине флора  $M_{3ш}$ .

На рис. 8 и 9 дано отношение расчетных моментов в опорном сечении среднего стрингера (киля)  $M_{ш0}$  и в среднем сечении среднего стрингера  $M_{ш3}$  по уточненному методу и по методу (а).

Разумеется, этими графиками можно пользоваться и для расчета. Для этого надо вычислить расчетные моменты по методу (а) или (б), затем определить коэффициенты  $\chi$  и  $\lambda$  и потом соответственно графикам изменить значения полученных расчетных моментов.

Сравнение полученных результатов при данных соотно-

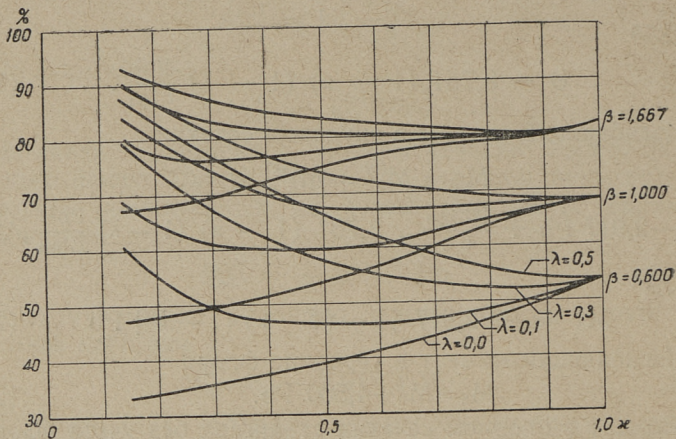


Рис. 6.

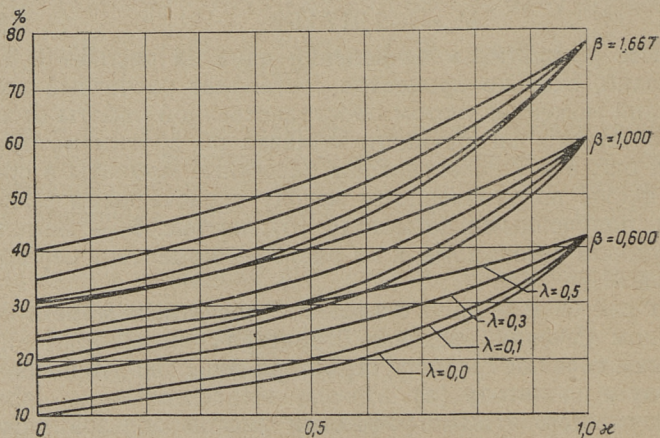


Рис. 7.



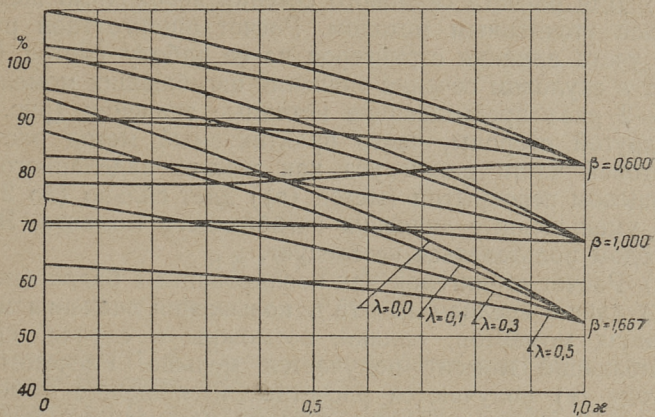


Рис. 8.

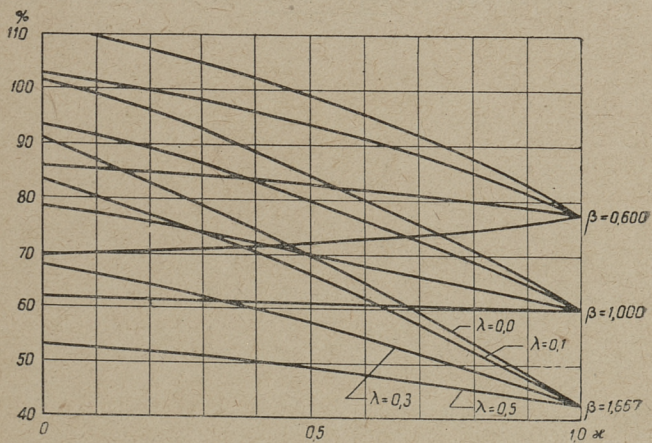


Рис. 9.

шениях приведенных жесткостей флоров и стрингеров показывает, что:

1) Для расчета скулового сечения необходимо пользоваться уточненным методом. Расчет шпангоутной рамы без учета влияния стрингеров на ее работу (метод (б)) дает в скуловом сечении значения изгибающих моментов, 1,5—2 раза превышающие истинные значения (рис. 6). С другой стороны, часто практикуемый метод расчета бортовой части шпангоута как жестко заделанного на днищевом перекрытии (метод (в)) дает сильно (до 2 раза) уменьшенные значения изгибающего момента. Этим методом пользоваться не следует.

2) Расчет стрингеров как изолированных балок (метод (а)) дает в среднем 15—25% повышения значения изгибающих моментов; однако, возможны и случаи, когда изгибающий момент получается меньше. Расчет по методу (г) получают расчетные изгибающие моменты для киля немного больше, чем по уточненному методу, даже в этом случае, если коэффициент опорной пары вычислить с учетом бортовой погрузки (см. (б), стр. 100), но расхождение будет небольшое.

---



## ЛИТЕРАТУРА

1. Бубнов И. Г., Строительная механика корабля, ч. II. СПб, 1914.
2. Папкович П. Ф., Строительная механика корабля, ч. I, т. 1, Морской транспорт, 1945.
3. Папкович П. Ф., Строительная механика корабля, ч. I, т. 2, Морской транспорт, 1947.
4. Нарец Л. К., Лекции по строительной механике корабля, 1953—54 г.
5. Роотс О. Т., Расчет перекрытия и его электрическое моделирование (кандидатская диссертация), 1954.
6. Курдюмов А. А., Прочность корабля, Судпромгиз, 1956.

55 коп.

С 1/1-61 г.  
— р. 06