

**Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**к выполнению практических заданий по дисциплине
"Конструкция стационарных и плавучих сооружений"
для студентов специальности
7.100201 "Корабли и Океанотехника"
всех форм обучения**

**Севастополь
2002**

УДК 629

Методические указания к выполнению практических заданий по дисциплине "Конструкция стационарных и плавучих сооружений"/сост. В.С.Игнатович, А.В.Кузьмина, М.Г.Балашов:–Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2002.-33с.

Данные методические указания предназначены в помощь студентам дневной и заочной форм обучения специальности 7.100201 "Кораби и Океанотехника", развивать умения и навыки расчетов конструкции корпуса судов и плавучих сооружений.

Методические указания утверждены на заседании кафедры "Океанотехника и Кораблестроение", протокол № 12 от 20.03.2002 г.

Рецензент: д.т.н, профессор Ожиганов Ю.Г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Задание № 1 Расчёт момента сопротивления поперечного сечения корпуса	5
Задание № 2 Водонепроницаемые переборки. Разбивка корпуса на отсеки	7
Задание № 3 Определение расчетных нагрузок на корпус судна	11
Задание № 4 Расчёт элементов конструкции корпуса	14
Задание № 5 Подбор рационального сечения балки с присоединённым пояском обшивки	23
Задание № 6 Разработка конструктивных чертежей набора (продольный разрез).....	28
Задание № 7 Выполнение чертежей мидель-шпангоутов сухогрузов и нефтеналивных судов	29
Задание № 8 Изучение и разработка рабочих чертежей корпуса морских судов.....	30
Библиографический список.....	31
Приложение А.....	32

ВВЕДЕНИЕ

Учебным планом специальности "Корабли и Океанотехника" предусмотрено выполнение курсового проекта по дисциплине "Конструкция стационарных и плавучих сооружений".

С целью более глубокого изучения материала, приобретения навыков конструирования, студентам выдаются задания и исходные данные, соответствующие определенным разделам курсового проекта.

Поэтому выполненные все практические задания могут быть учтены при разработке курсового проекта.

При выполнении практических заданий предполагается значительная доля самостоятельной работы с использованием учебной, технической и нормативной литературы. Заинтересованность студентов в выполнении практических заданий будет способствовать эффективности их самостоятельной работы и повышению качества разрабатываемого проекта.

В качестве архитектурно-конструктивных типов судов в заданиях рассматриваются сухогрузные, наливные (танкеры) и навалочные суда.

Исходные данные для выполнения заданий приведены в таблицах 1, 2 и 3.

ЗАДАНИЕ № 1

РАСЧЕТ МОМЕНТОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ КОРПУСА

При проверке прочности судна необходимо в соответствии с (1.1) вычислить момент сопротивления поперечного сечения корпуса. Приведенные ниже формулы распространяются на суда неограниченного района плавания длиной более 60 м с отношением $L/D=18$ и $B/D=2.5$.

Расчетным при проверке прочности обычно является момент сопротивления палубы. Момент сопротивления палубы, $см^3$, нового корпуса вначале эксплуатации в миделевом сечении корпуса должен быть не менее определенного по формуле

$$W_d = \frac{M_{S\varpi} + M_{\varpi}}{\sigma_f} \cdot 10^3 + \Delta W, \quad (1.1)$$

где

$M_{S\varpi}$ – абсолютное значение расчетного изгибающего момента, $кН \cdot м$;

M_{ϖ} – волновой изгибающий момент, $кН \cdot м$;

σ_f – допускаемое напряжение, $МПа$;

ΔW – часть момента сопротивления, учитывающая запас на коррозию и износ, $см^3$.

Расчетный изгибающий момент на тихой воде не должен быть менее

$$M_{S\varpi} = K_C \cdot K_{\varpi} \cdot C_{\varpi} \cdot B \cdot L^2 \cdot (C_B + 0.7) \cdot \Phi \cdot \alpha_X \quad (1.2)$$

В расчете принять $K_{\varpi} = 0.0665$; $\Phi = 1.0$; $K_C = 1.0$; $\alpha_X = 1.0$;

$C_B > 0.6$ – коэффициент общей полноты;

$$C_{\varpi} = 10.75 - \left(\frac{300 - L}{100} \right)^{3/2} \leq 10.75. \quad (1.3)$$

Волновой изгибающий момент, $кН \cdot м$,

$$M_{\varpi} = K_C \cdot K_{\varpi} \cdot C_{\varpi} \cdot B \cdot L^2 \cdot (C_B + 0.7) \cdot \Phi \cdot \alpha_X. \quad (1.4)$$

В расчете принять $K_{\varpi} = 0.0665$; $\Phi = 1.0$; $K_C = 1.0$; $\alpha_X = 1.0$;

Тогда

$$M_{\varpi} = 0.0665 \cdot C_{\varpi} \cdot B \cdot L^2 \cdot (C_B + 0.7). \quad (1.5)$$

Для прогибающего момента, $МПа$,

$$\sigma_f = \frac{160}{\eta}, \quad (1.6)$$

Для перегибающего момента, M_{na} ,

$$\sigma_f = \frac{155}{\eta}, \quad (1.7)$$

Значение η приведены в зависимости от предела текучести стали в таблице 1.1.

Таблица 1.1

$R_{eH}, \text{МПа}$	η
235	1.0
315	0.78
355	0.72
390	0.68

$$\Delta W = K_K \cdot C_W \cdot B \cdot L^2 \cdot (C_B + 0.7). \quad (1.8)$$

В расчете принять $K_K = 0.05$.

Момент инерции поперечного сечения корпуса, см^4 средней части длины судна должен быть не менее величины, определяемой по формуле:

$$I = 3 \cdot C_W \cdot B \cdot L^3 \cdot (C_B + 0.7) \cdot 10^{-8}. \quad (1.9)$$

Фактически значения момента сопротивления и момента инерции поперечного сечения корпуса должны быть не менее величин, определенных по формулам (1.1) и (1.9) соответственно.

ЗАДАНИЕ № 2

ВОДОНЕПРОНИЦАЕМЫЕ ПЕРЕБОРКИ. РАЗБИВКА КОРПУСА НА ОТСЕКИ

1. Основные положения

Когда выбран тип механической установки, но еще не известны характеристики главного двигателя, суммарную длину машинно-котельных отделений можно выразить в долях длины судна

$$l_{МКО} = k \cdot L \quad (2.1)$$

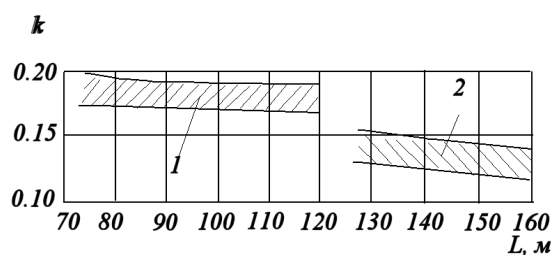
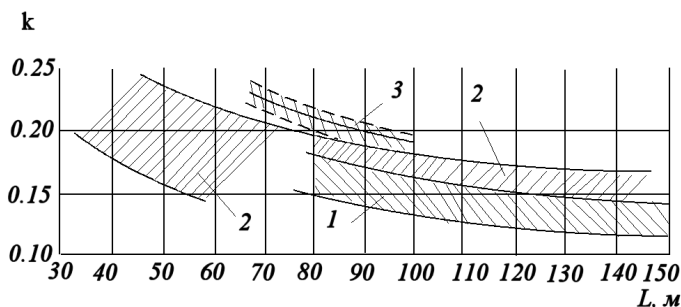


Рисунок 2.1 – Значения коэффициента k в формуле (2.1) для энергетической установки с одним дизелем в средней части судна (1); с одним дизелем и кормовой части судна (2); для дизель-редукторной установки с двумя дизелями в кормовой части судна (3).

Рисунок 2.2 – Значения коэффициента k , в формуле (2.1) для дизель-электрической установки в кормовой части судна (1) и паротурбинной установки в средней части судна (2).

Значения коэффициента k снимаются с графиков на рисунках 2.1 и 2.2. Кривые 1 и 2 (рисунок 2.1) относятся к дизельным установкам как с прямой передачей на винт, так и с редукторной. Для дизель-редукторных установок с двумя двигателями в средней части судна значения k довольно стабильны и при длине судна $L=75\text{--}150$ м составляют $0,13\text{--}0,15$. Значительные колебания коэффициента k в области малых длин при кормовом расположении дизельной установки объясняются более существенным, чем при ином расположении машинного отделения (МО), влиянием конструктивного типа главного двигателя на длину машинного отделения (поскольку здесь приходится вписывать установку в суженные обводы корпуса судна), а следовательно, и на величину коэффициента k . Для установок с газовыми турбинами значения k близки к нижнему пределу дизельных установок.

Общее число поперечных водонепроницаемых переборок, включая переборки форпика и ахтерпика, должно быть, как правило, не менее указанного в таблице 2.3. Эти требования относятся только к грузовым судам и являются минимальными.

Таблица 2.1

Длина судна, м	Общее число переборок	
	Машинное отделение в средней части	Машинное отделение в корме ¹
До 65	4	3
От 65 до 85	4	4
От 85 до 105	5	5
От 105 до 125	6	6
От 125 до 145	7	6
От 145 до 165	8	7
От 165 до 185	9	8
Свыше 185	По согласованию с Регистром	
¹ Переборка ахтерпика образует кормовую границу машинного отделения		

Если предусматривается обеспечение непотопляемости судна, число и расположение водонепроницаемых переборок (а также частичных водонепроницаемых переборок) следует принимать в соответствии с требованиями части V "Деление на отсеки" [1].

В отдельных случаях Регистр может допустить уменьшение числа переборок.

При этом расстояние между соседними водонепроницаемыми переборками, как правило, не должно превышать 30 м. Увеличение этого расстояния является в каждом случае предметом специального рассмотрения Регистром.

Все водонепроницаемые поперечные переборки, расположенные между форпиковой и ахтерпиковой переборками, как правило, должны быть доведены до палубы надводного борта.

Отсеки, предназначенные для перевозки жидких грузов и балласта, у которых $l > 0,13 \cdot L$ и (или) $b > 0,6 \cdot B$ являются предметом специального рассмотрения Регистром (l и b — длина и ширина отсека, измеренные на середине его высоты, м).

2. Учет требований международных конвенций

а) Переборки пиков в машинного помещения, туннели гребных валов в на пассажирских судах.

1) Должна устанавливаться форпиковая или таранная переборка, которая должна быть водонепроницаемой до палубы переборок. Эта переборка должна располагаться на расстоянии не менее 5 % длины судна L , и не более 3 м плюс 5 % длины судна L , от носового перпендикуляра (рисунк 2.3).

2) Если какая-либо часть корпуса судна ниже ватерлинии выступает за носовой перпендикуляр, например, бульбовый нос, расстояние измеря-

ется от точки, расположенной посередине длины такого выступа, либо на расстоянии, равном 1,5 % длины судна в нос от носового перпендикуляра, либо на расстоянии 3 м в нос от носового перпендикуляра, смотря по тому, какое из измерений даст наименьший результат (см.рисунок 2.3).

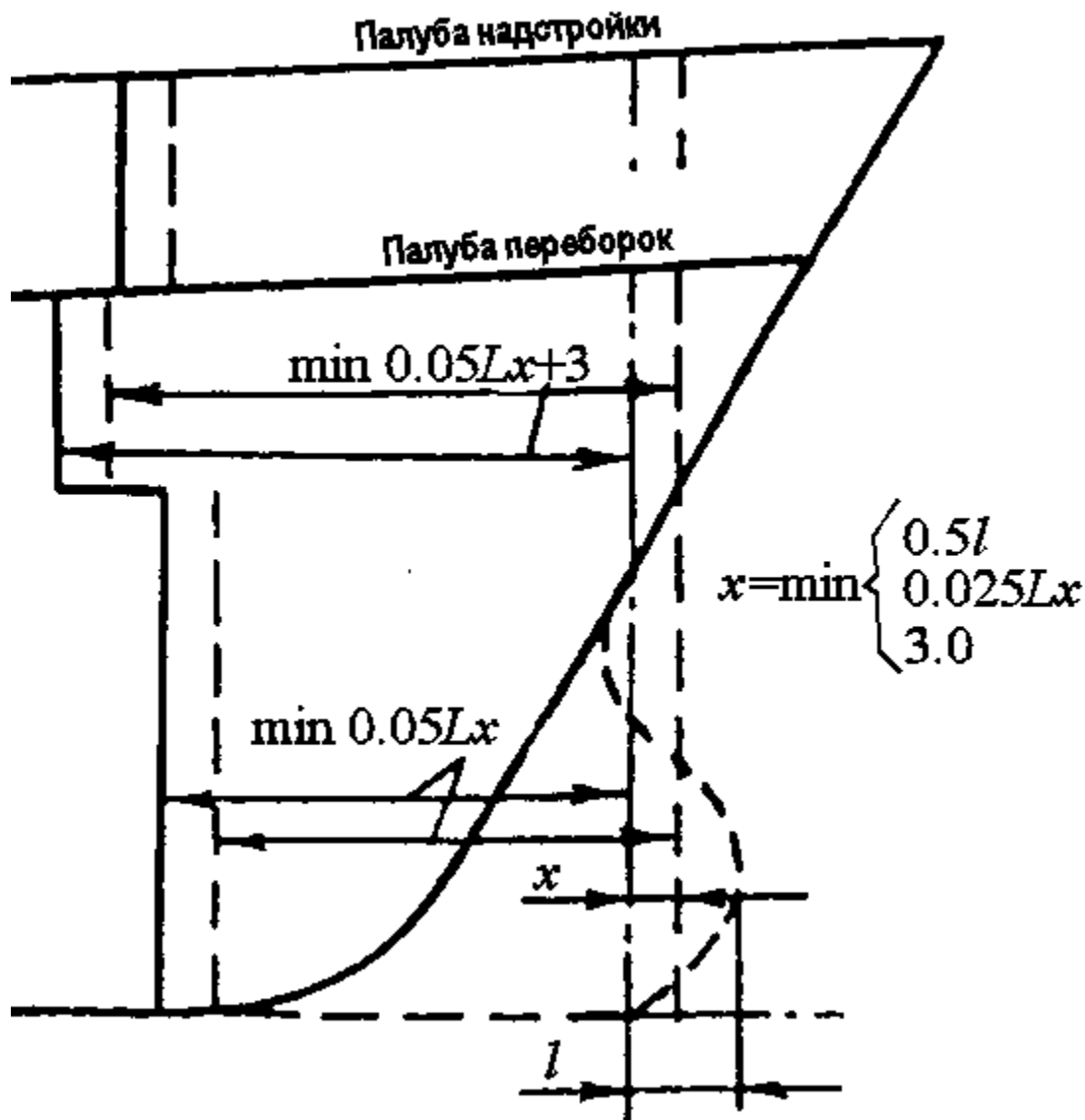


Рисунок 2.3

3) Если имеется длинная носовая надстройка, форпиковая или таранная переборка на всех пассажирских судах должна быть продлена непроницаемой при воздействии моря до следующей сплошной палубы, расположенной непосредственно над палубой переборок. Продолжение должно быть выполнено так, чтобы исключить возможность его повреждения носовой дверью при повреждении или отрыве носовой двери.

4) Ахтерпиковая переборка, а также носовая и кормовая переборки, отделяющие машинное помещение в нос и корму от грузовых и пассажирских помещений, также должны устанавливаться и быть водонепроницаемыми до палубы переборок.

Ахтерпиковая переборка может, однако, иметь уступ ниже палубы

переборок при условии, что степень безопасности судна в отношении деления на отсеки при этом не снижается.

5) Во всех случаях дейдвудные трубы должны быть заключены в водонепроницаемые помещения небольшого объема. Дейдвудный сальник должен располагаться в водонепроницаемом туннеле гребного вала или другом, отделенном от отсека дейдвудной трубы водонепроницаемом помещении такого объема, чтобы в случае его затопления из-за просачивания воды через дейдвудный сальник предельная линия погружения не оказалась под водой.

б) Переборки пиков, и машинного помещения и дейдвудные трубы на грузовых судах.

1) Должна устанавливаться таранная переборка, которая должна быть водонепроницаемой до палубы надводного борта. Эта переборка должна располагаться от носового перпендикуляра на расстоянии не менее 5 % длины судна или 10 м, смотря по тому, что меньше. В отдельных случаях может быть разрешено иное расстояние, но не более 8 % длины судна.

2) Если какая-либо часть корпуса судна ниже ватерлинии выступает за носовой перпендикуляр, например бульбовый нос, расстояние измеряется от точки, расположенной посередине длины такого выступа, либо на расстоянии, равном 1,5 % длины судна в нос от носового перпендикуляра, либо на расстоянии 3 м в нос от носового перпендикуляра, смотря по тому, какое из измерений дает наименьший результат.

С учетом всех перечисленных требований выполнить разбивку корпуса судна на отсеки в масштабе на формате А4.

ЗАДАНИЕ № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ НАГРУЗОК НА КОРПУС СУДНА

В настоящем расчете приведены основные формулы для определения расчетных нагрузок, связанных с воздействием моря на корпус судна и грузов при качке на палубы и второе дно [1]. Полученные расчетные нагрузки в дальнейших расчетах используются для выбора толщины листов и размеров листов набора корпуса.

1. Внешние нагрузки на корпус судна со стороны моря (1.3.2 по [1]). Расчетное статическое давление, *кПа*, для точек приложения ниже летней грузовой ватерлинии (ЛГВ), определяется по формуле:

$$P_{st} = \rho \cdot g \cdot z_i, \quad (3.1)$$

где z_i – отстояние точки приложения нагрузки от ЛГВ, м;

$\rho = 1.025$ – плотность морской воды, *т/м³*.

Расчетное давление, обусловленное перемещением корпуса относительно профиля волны, *кПа*, определяются по формулам

$$P_{\varpi c} = 5 \cdot C_{\varpi} \cdot a_V \cdot a_X, \quad (3.2)$$

где C_{ϖ} – волновой коэффициент, м, принимаемый равным

$$C_{\varpi} = 0.0856 \cdot L \text{ при } L \leq 90 \text{ м};$$

$$C_{\varpi} = 10.75 - \left(\frac{300 - L}{100} \right)^{3/2} \text{ при } 90 < L \leq 300 \text{ м}; \quad (3.3)$$

$$C_{\varpi} = 10.75 \text{ при } L \geq 300 \text{ м};$$

$$a_V \cdot a_X \geq 0.6.$$

Расчетное волновое давление:

$$\text{ниже уровня ватерлинии } P_{\varpi} = P_{\varpi c} - \frac{1.5 \cdot C_{\varpi} Z_i}{d}; \quad (3.4)$$

$$\text{выше уровня ватерлинии } P_{\varpi} = P_{\varpi c} - 7.5 \cdot a_X \cdot Z_i, \quad (3.5)$$

$$P_{\varpi} = \frac{3 \cdot L}{100} + 3.5 \geq 5 \text{ кПа}, \quad (3.6)$$

$$\text{где } a_V = \frac{0.8 \cdot V_0 \left(\frac{L}{10^3} + 0.4 \right)}{\sqrt{L}} + 1.5;$$

$$a_X = K_X \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot X_1}{L} \right) \geq 0.267;$$

$K_X = 0.8$ – для поперечного сечения в нос от миделя;

$K_X = 0.5$ – для поперечного сечения в корму от миделя;

V_0 – спецификационная скорость, уз.

X_1 – отстояние поперечного сечения от ближайшего (нос или корма) перпендикуляра, м.

2 Нагрузки на корпусе от перевозимого груза.

Расчетное давление, $\kappa\text{Па}$, на перекрытия грузовых палуб, платформ, двойного дна от штучного груза определяется по формуле:

$$P_{\Gamma} = h \cdot \rho_{\Gamma} \cdot g \cdot \left(1 + \frac{a_z}{g}\right) \geq 20, \kappa\text{Па}, \quad (3.7)$$

где ρ_{Γ} – плотность груза, т/м^3 ;

h – расчетная высота укладки груза, м;

a_z – проекция расчетного ускорения в вертикальном направлении, определяемого по формуле

$$a_z = g \cdot \frac{0.9}{\sqrt[3]{L}} \cdot (1 + K_a), \quad (3.8)$$

где $K_a = 1.6 \cdot \left(1 - 2.5 \frac{X_1}{L}\right) \geq 0$ – в носовой части корпуса;

$$K_a = 0.5 \cdot \left(1 - 3.33 \frac{X_1}{L}\right) \geq 0 \text{ – в кормовой части.} \quad (3.9)$$

Давление на второе дно сухогрузного судна, в котором размещены балластные и топливные цистерны, определяется по формуле

$$P = \rho \cdot g \cdot (Z_i + \Delta z), \quad (3.10)$$

где ρ – плотность морской воды, т/м^3 ;

Z_i – отстояние связи от уровня палубы в ДП, м;

$\Delta z = 1$ – высота воздушной трубки над цистерной, м.

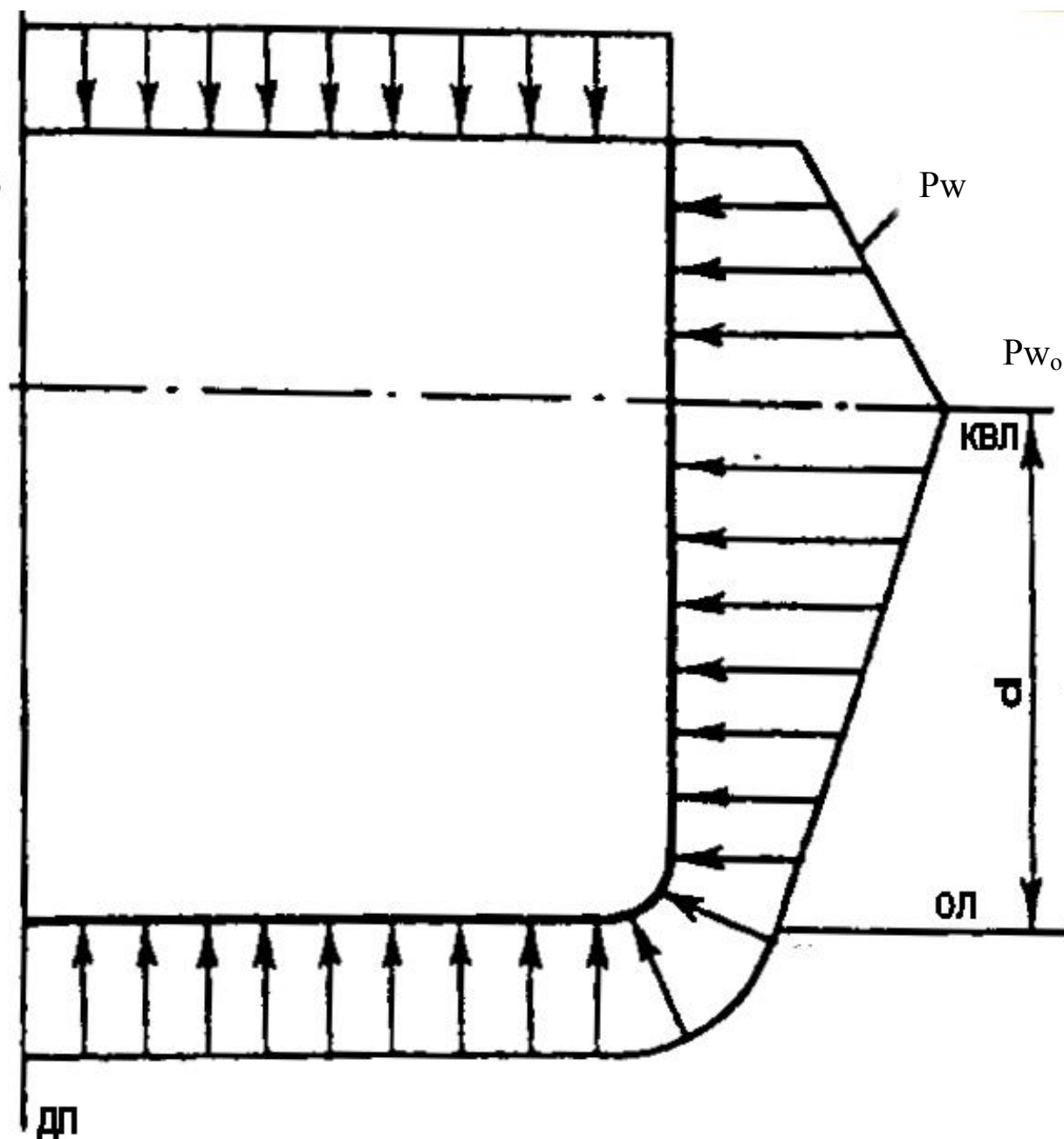


Рисунок 3.1 – Распределение нагрузки P_w по контуру поперечного сечения судна

ЗАДАНИЕ № 4

РАСЧЁТ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ КОРПУСА

В этом задании определяются расчетные значения толщины обшивки, настилов и моментов сопротивления поперечного сечения балок основного набора.

4.1. Расчет листовых элементов корпуса

Под листовым элементом понимается участок обшивки или настила, ограниченный подкрепляющим набором. К листовым элементам относятся участки настилов палуб, платформ, второго дна и участки обшивки днища, борта, переборок, а также стенок рамного набора.

Толщина настила или обшивки, мм, нагруженных поперечной нагрузкой должна быть не менее

$$S = m \cdot a \sqrt{\frac{K \cdot p}{K_{\sigma} \cdot \sigma_n}} + \Delta S, \quad (4.1)$$

где $K = 1$ при $a_1/a > 2$;

$$K = 0.16 \left(\frac{a_1}{a} + 4.2 \right) \text{ при } 1.5 < a_1/a \leq 2;$$

$$K = 0.7 \left(\frac{a_1}{a} - 0.2 \right) \text{ при } 1.0 \leq a_1/a < 1.5;$$

a, a_1 – размер меньшей и большей из сторон листового элемента, м;

p – максимальное значение расчетного давления, кПа;

ΔS – запасы на износ и коррозию, мм, назначаются в зависимости от планируемого срока службы конструкции и среднегодового уменьшения толщины связей и определяются по формуле

$$\Delta S = U \frac{T}{2}, \quad (4.2)$$

где $T = 24$ – срок службы, год;

U – среднегодовое уменьшение толщины связи, мм/год.

Таблица 4.1 – Среднегодовое уменьшение толщин элементов конструкции корпуса

Элементы конструкции корпуса	<i>U</i> , мм/год	
	Группа I	Группа II
1. Настил палуб		
Верхняя палуба	0,1	0,2
Нижняя палуба	0,1	
2. Бортовая обшивка		
При отсутствии второго борта	0,1	0,13
В районе переменной ВЛ	0,17	0,19
Ниже переменной ватерлинии	0,14	0,16
3. Днищевая обшивка		
При отсутствии второго дна	0,14	0,17
При наличии второго дна	0,14	0,14
Горизонтальный киль	0,2	0,2
4. Настил второго дна	0,12	0,17
Междудонный лист	0,2	0,22
5. Обшивка переборок и второго дна	0,13-0,18	0,13-0,3

В таблице 4.1 предусмотрено деление судов:

I - сухогрузные и аналогичные им суда;

II наливные, навалочные и комбинированные суда.

Расчётный нормативный предел текучести *МПа*

$$\sigma_n = \frac{235}{\eta}, \quad (4.3)$$

где η – коэффициент использования механических свойств стали

Таблица 4.2

R_{eH}	235	315	355	390
η	1,0	0,78	0,72	0,68

Для наружной обшивки

$$m = 22.4, \quad k_\sigma = k'_\sigma + k_1 \frac{x_1}{L};$$

Таблица 4.3

Система набора	Днище		Борт	
	k'_σ	k_1	k'_σ	k_1
Продольная	0,9	0,75	1,0	0,5
Поперечная	0,3	2,25	0,4	2,0

x_1 – отстояние центра рассматриваемой пластины от миделя, м;

$$\frac{x_1}{L} \leq 0.2 \text{ принимается } 0.2;$$

$$\frac{x_1}{L} \geq 0.4 \text{ принимается } 0.4;$$

$k_\sigma = 1.2$ и 1.0 – при продольной и поперечной системе соответственно.

Толщина горизонтального кия должна быть увеличена по сравнению с толщиной обшивки в средней части на величину, мм

$$\Delta S_k = 0.03 \cdot L + 0.6 \leq 3. \quad (4.4)$$

Толщина ширстрека должна быть не менее толщины прилегающих листов обшивки и настила палубы.

Ширина горизонтального кия и ширстрека должна быть не менее, мм

$$b_k = b_s = 800 + 5 \cdot L \leq 2000. \quad (4.5)$$

Толщина настила палуб и платформ должна быть не менее минимальных значений $S_{\min}$. Если толщина настила расчетной палубы принимается меньше толщины обшивки борта, то должен быть предусмотрен палубный стрингер, толщина которого должна быть не менее толщины бортовой обшивки.

Ширина палубного стрингера принимается не менее, мм

$$b = 5 \cdot L + 800 \leq 1800. \quad (4.6)$$

Толщина обшивки переборок должна быть не менее значения, определяемого по формуле (4.1), где следует принять

P – расчетное давление, кПа;

$m = 15.8$;

k_σ – по таблице 4.4;

Таблица 4.4

Переборки	k_σ
Водонепроницаемые	0,85
в т.ч. форпиковая	0,6
Грузовых танков наливных судов	0,8
Трюмов навалочных судов	0,7

4.2. Расчет элементов набора корпуса

4.2.1. Общие положения

Набор корпуса, подкрепляющий листовые конструкции, делится на основной и рамный. Балки рамного набора являются опорами для балок основного набора.

К балкам основного набора относятся продольные балки по палубам, бортам, продольным переборкам, настилу второго дна и днища,

стойки и горизонтальные балки переборок, шпангоуты, бимсы.

К балкам рамного набора – рамные бимсы, карлингсы, рамные шпангоуты, бортовые стрингеры, флоры, днищевые стрингеры, вертикальный киль, рамные стойки переборок.

Размеры балок основного и рамного набора определяются требуемыми моментами сопротивления, моментом инерции, площадью поперечного сечения, толщинами стенки и свободного пояска.

Длина пролета балки основного и рамного набора измеряется вдоль свободного пояска как расстояние между ее опорными сечениями. При установке концевых книц опорные сечения принимаются по середине длины кницы. При этом высота кницы в опорном сечении не должна превышать высоты стенки балки.

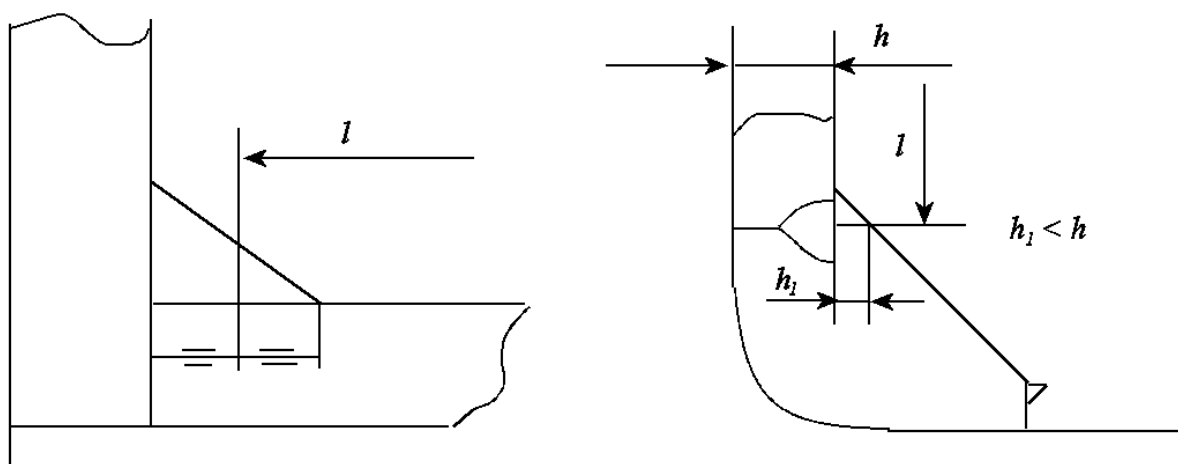


Рисунок 4.1 – Схема опорного сечения балок

4.2.2 Размеры элементов балок набора

- 1) Момент сопротивления W , см^3 и момент инерции I , см^4 поперечного сечения балок основного набора катаного профиля должен быть не менее

$$W = W' \cdot \omega_k,$$

$$I = I' \cdot j_k. \quad (4.7)$$

где W' – момент сопротивления рассматриваемой балки, см^3 к середине срока службы судна;

I' – момент инерции балки, см^4 к середине срока службы судна.

$$W' = \frac{Q \cdot l \cdot 10^3}{m \cdot k_\sigma \cdot \sigma_n}, \quad (4.8)$$

где $Q = p \cdot a \cdot l$ – поперечная нагрузка на рассматриваемую балку, кН ;

p – расчетное давление, кПа ;

l – длина пролета балки, м;

a – расстояние между балками, м;

σ_n – см. (4.3);

m, k_σ – коэффициенты изгибающего момента и допускаемых напряжений, приведены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Коэффициенты изгибающего момента и допускаемых напряжений

Конструкция	Балка набора	m	k_σ	Примечание
Одинарное дно	Флор: с пояском с фланцем	11,5	0,8 0,75	$L = B_1$
Двойное дно	Балки основного набора: днища и второго дна, бракетных флоров	12 12	$k_\sigma = 0.3 + \frac{x_1}{L}$ $k_\sigma = 0.4 + \frac{x_1}{L}$ 0,8	x_1 – отстояние середины балки от миделя, $\frac{x_1}{L} \leq 0.2$ принимается 0.2; $\frac{x_1}{L} > 0.4$ принимается 0.4; * – срезанные на "ус"
	Ребра жесткости вертикального киля, стрингеров и флоров: вертикальные горизонтальные	8*,10 12	1 0,7	
Бортовой набор	Трюмные шпангоуты сухогрузных судов и танкеров при поперечной системе набора:			Тоже для рамных шпангоутов Момент сопротивления рамных шпангоутов увеличить на 30 %
	с одной палубой,	14.5 16.0	1.0 1.0	
	с двумя палубами,	17.5 11.0	1.0 0.7	
	с тремя палубами, танкеров			
	Шпангоуты в междупалубных помещениях и надстройке;	4.2	1.2	
	твиндека двухпалубного судна; нижних твинде-	6.4	0.8	

Продолжение таблицы 4.5

Конструкция	Балка набора	m	k_{σ}	Примечание
	ков многопалубного судна, надстройки.	4.7	1.2	
	Продольные балки сухогрузных судов,	12	0.45*	
	танкеров.	12	0.50*	
	Бортовые стрингеры при поперечной системе набора борта:	18.4	0.5	
	без распорок,	29	0.5	
	при одной распорке,	37	0.5	
	при двух и более.			
	Рамные шпангоуты наливных судов:	21	0.5	
	без распорок,	35	0.5	
	при одной распорке,	42	0.5	
	при двух и более.			
Палуба	Продольные подпалубные балки:			См. двойное дно
	расчетной палубы,	12	$k_{\sigma} = 0.2 + \frac{x_1}{L}$	
	второй и ниже расположенных палуб и платформ.	12	0.6	
	Бимсы поперечной системы набора.	10	0.7	
	Рамные бимсы сухогрузных судов при продольной системе набора,	10	0.7	
	наливных судов в бортовых танках,	12	0.5	
	навалочных су-	12	0.5	

Продолжение таблицы 4.5

Конструкция	Балка набора	m	k_{σ}	Примечание
	дов, В подпалубных цистернах			
Переборки	Балки основного набора. Стойки и горизонтальные балки: оба конца закреплены кницами, концы проходят не разрезаясь на конструкции, концы срезаны на "ус".	21	0.8	
	Переборки: водонепроницаемые, в т.ч. форпиковая;	13		
	наливных судов и судов навалочных грузов.	10	0.85 0.65	
		10	0.75	

ω_K и j_K – учитывают поправку на износ и коррозию, принимаются равными наибольшей из величин, определяемых по формулам:

для симметричного полособульба и углового профиля

$$\omega_K = \left(\frac{2.15}{\sqrt[3]{W'}} \right) + \sqrt[3]{\frac{\Delta S}{2}}, \quad \omega_K = 0.1 \cdot \Delta S + 0.96, \quad (4.9)$$

для несимметричного полособульба и полосы

$$\omega_K = \frac{0.85}{\sqrt[3]{W'}} + \sqrt[3]{\frac{\Delta S}{2}} \geq 1.05, \quad (4.10)$$

ΔS см. таблицу 4.1

$j_K \approx \omega_K$

Таблица 4.6 – Среднегодовое уменьшение толщины элементов конструкций корпуса

Элементы конструкции корпуса	U , мм/год	
	Группа I	Группа II
1. Настил палуб и платформ	0.12	0.13-0.25
2. Набор бортов и переборок	0.1	0.13-0.18
3. Набор днища и второго дна	0.14-0.2	0.2

- 2) Для составных сварных балок требуемый момент сопротивления или момент инерции вычисляются с увеличением толщины элементов профиля на величину ΔS . Соответствующее увеличение момента сопротивления балки ΔW .

4.2.3. Усиленный набор корпуса.

- 1) Рамный шпангоут в машинном отделении и цистернах должен иметь момент сопротивления $см^3$, определяемый по формуле:

$$W = \left(250 + \frac{10^3}{m \cdot K_{\sigma} \cdot \sigma_n} \cdot p \cdot a \cdot l^2 \right) + \Delta W \quad (4.11)$$

где

$$m = 17.5;$$

$$K_{\sigma} = 0.6;$$

p – расчетное давление, $кПа$, но не менее, чем напор до уровня верхней непрерывной палубы.

Рамные шпангоуты должны иметь высоту стенки не менее 0.1 пролета и толщину стенки не менее 0.01 высоты стенки плюс 3.5 мм. Толщина свободного пояса должна быть по крайней мере на 2 мм больше толщины стенки.

2. Карлингсы и продольные комингсы люков должны удовлетворять следующим требованиям.

- а) Момент сопротивления карлингса, $см^3$, должен быть не менее определяемого по формуле

$$W = \frac{10^3}{m \cdot K_{\sigma} \cdot \sigma_n} \cdot p \cdot a_2 \cdot l^2 + \Delta W, \quad (3.12)$$

где $m = 14$ – при установке пиллерсов в местах пересечения концевой люкового бимса с карлингсом;

$K_{\sigma} = 0.6$ и 0.7 – для карлингса расчётной, второй и ниже расположенных палуб соответственно;

p – расчетное давление, $кПа$;

a_2 – ширина палубы (включая грузовые люки), поддерживаемая карлингсом, м;

l – длина люка, м.

Высота стенки карлингсов не должна быть менее 0.05 длины пролёт карлингса у судов длиной $L > 80$ м; менее 0.04 длины пролёт карлингса у судов длиной $L \leq 80$ м.

Толщина стенки, мм, должна быть не менее

$$S = 0.01 \cdot h_C + 5.$$

Стенки карлингсов должны быть подкреплены рёбрами жёсткости и кницами.

б) Момент сопротивления продольного комингса люка, являющегося одновременно карлингсом, должен быть по крайней мере на 20 % для верхней палубы и на 10% для нижней больше требуемого для карлингса.

3. Балки набора днища и бортов носовой оконечности должны иметь момент сопротивления, см^3

$$W = 47 \cdot \frac{p \cdot a_1 \cdot l^2}{K_2 \cdot R_{eH}} \cdot K_3 \cdot \omega_K, \quad (4.13)$$

где p – расчётное значение нагрузки (2.8.3.3 [1]), кПа ;

a_1 – полусумма расстояний между рассматриваемой и двумя соседними балками, м;

$$K_2 = \frac{3}{3 - \left(\frac{a_1}{l}\right)^2};$$

$K_3 = 1.0$ – если балки проходят не разрезаясь через стенки опорных конструкций;

$K_3 = 1.75$ – если балки разрезаются на опорах;

$K_3 = 0.55$ – если с обеих сторон стенки опорной конструкции по балкам устанавливаются кницы.

ω_K – см. (4.9) и (4.10).

ЗАДАНИЕ № 5

ПОДБОР РАЦИОНАЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ БАЛКИ С ПРИСОЕДИНЁННЫМ ПОЯСКОМ ОБШИВКИ.

Выбор размеров балок набора при проектировании в первую очередь связан с необходимостью получения минимальной массы набора. Этому могут препятствовать ограничения, накладываемые на высоту балок в грузовых и служебных помещениях, наличие уже выбранных толщин листов наружной обшивки и настилов и расстояний между балками набора. При этом также должны быть обеспечены требования прочности по нормальным и касательным напряжениям и местная устойчивость стенки и свободного пояска составных профилей.

Поэтому размеры балок основного и рамного набора определяются требуемыми моментами сопротивления, моментом инерции, площадью поперечного сечения, толщинами стенки и свободного пояска, а также его шириной. Геометрические характеристики поперечного сечения балок определяются с учетом присоединенного пояска обшивки.

Толщина присоединённого пояска принимается равной его средней толщине в рассматриваемом сечении балки.

Ширина присоединённого пояска a_n , м, балок основного набора принимается меньшей из следующих величин:

$$\left. \begin{aligned} a_n &= \frac{L}{6}, \\ a_n &= 0.5(a_1 + a_2) \end{aligned} \right\}, \quad (5.1)$$

где a_1, a_2 – отстояние рассматриваемой балки от ближайших балок того же направления, м;

L – длина пролета балки, м.

Ширина присоединенного пояска балок рамного набора C_n , м, определяется по формуле

$$C_n = k \cdot c, \quad (5.2)$$

где $c = 0.5 \cdot (c_1 + c_2)$

c_1, c_2 – отстояние рассматриваемой балки от ближайших рамных балок того же направления, м;

k – коэффициент, определяемый в функции от отношения $\frac{l_{np}}{c}$ и числа с балок n .

Таблица 5.1

Число балок n	$\frac{l_{np}}{c}$						
	1	2	3	4	5	6	7
≥ 6	0.38	0.62	0.79	0.88	0.94	0.98	1.0
≤ 3	0.21	0.40	0.53	0.64	0.72	0.78	0.8

Для свободно опёртых по концам рамных балок длина приведённого пролёта $l_{np} = l$, для жестко закреплённых балок $l_{np} = 0.6 \cdot l$, где l – длина пролёта рамных балок, м.

Ширина присоединённого пояска комингсов грузовых люков принимается равной $1/12$ их пролёта, но не более половины расстояния между грузовым люком и бортом.

Балки основного набора, расположенные в пределах ширины присоединённого пояска рамной балки, включаются в ее поперечное сечение полной площадью.

Рациональное проектирование сводится к тому, чтобы при меньшей площади поперечного сечения балки ее момент сопротивления был наибольшим.

Проектирование набора с использованием прокатных профилей усложняется ограниченностью сортиментов, а формы стандартных прокатных профилей не удовлетворяют требованиям оптимального распределения нагрузок по поперечному сечению балок.

При действии значительных изгибающих моментов и малых перерезывающих сил целесообразно использовать симметричный полособульб, а при больших перерезывающих силах – несимметричный полособульб.

Задача распределения материала по поперечному сечению балок с целью минимизации его массы решается с помощью строительной механики. С увеличением площади присоединённого пояска момент сопротивления увеличивается незначительно. Большое влияние на момент сопротивления оказывает увеличение площади свободного пояска.

При заданной минимальной толщине стенки балки оптимальным оказывается профиль с высокой стенкой и небольшим пояском.

Из условия устойчивости, отношение высоты к толщине стенки

$$\frac{h}{\delta_{cm}} \leq 70 - 100, \quad (5.3)$$

отношение площади свободного пояска к площади стенки

$$\frac{f_n}{f_{cm}} \approx 0.3 - 0.6, \quad (5.4)$$

При этом отношение ширины пояска к его толщине

$$\frac{b_n}{\delta_n} \leq 100 \cdot \sqrt{\frac{366}{\sigma_m}}, \quad (5.5)$$

где h, δ_{cm}, f_{cm} – высота, толщина и площадь стенки;

b_n, δ_n, f_n – высота, толщина и площадь пояска.

Для обычной углеродистой стали это отношение не должно превышать 37, а для стенки повышенной прочности 12-20. При ограниченной высоте стенки оптимальным будет профиль с развитым свободным пояском

$$\frac{f_n}{f_{cm}} \approx 1.0 - 1.2 \quad (5.6)$$

Нормализованный сортамент составных профилей, применимый для всех марок стали с пределом текучести до 600 МПа приведен в [2] с.268. В нем приведены значения геометрических характеристик таврового сварного профиля с присоединенным пояском, равным по площади свободному пояску и бесконечности.

При других значениях элементов профиля площади присоединенного пояска, момент сопротивления и момент инерции поперечного сечения сварных тавровых балок могут быть определены по номограммам в зави-

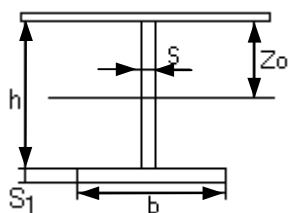
симости от отношения $\frac{f_n}{f_{np}}$ и $\frac{f_{cm}}{f_{np}}$, где f_{np} – площадь присоединенного пояска.

Нормализованный сортамент несимметричных полособульбов и составных сварных профилей с присоединенным пояском обшивки приведен в таблицах 5.2 и 5.3. В них даны значения момента сопротивления и момента инерции поперечного сечения профиля или нескольких значений площади присоединенного пояска.

Учитывая изложенное, по определенным задании № 4 значениям момента сопротивления и момента инерции балок основного и рамного набора, подобрать соответствующие рациональные катаные и составные сварные профили.

Таблица 5.2 – Теоретические элементы составных сварных профилей

Тавры стальные сварные для морских судов, ОН 9-594-68										
№ Проф.	Размеры, мм					Справочные величины				
	h, мм	S, мм	b, мм	S ₁ , мм	F ₀ , см ²	Теор. масса 1 пог.м, кг	I ₀ , см ⁴	Z ₀ , см	W ₀ , см ³ при f _{пр.п} =f _п	W ₀ , см ³ при f _{пр.п} =...
8	80	4	40	6	5.6	4.396	42.45	5.84	22.6	28.1
10	100	4	50	6	7	5.495	81.5	7.27	35.6	43.8
12	120	4	60	6	8.4	6.595	139.2	8.7	51.5	62.9
14	140	4	80	6	10.4	8.164	229.2	10.4	73.5	88.9
16a	160	4	80	6	11.2	8.792	325.3	11.6	92.4	112
16б	160	5	100	8	16	12.56	452.8	12.2	146	172
18a	180	4	100	8	15.2	11.93	529	13.9	162	188
18б	180	5	100	10	19	14.81	670.5	14	202	236
20a	200	5	100	8	18	14.13	813.9	14.6	186	228
20б	200	6	100	10	22	17.18	1001	14.8	234	282
22a	220	5	100	10	21	16.4	1137	16.5	205	250
22б	220	6	120	12	27.6	21.55	1459	17	356	417
25a	250	6	120	12	29.4	22.96	2042	18.9	413	489
25б	250	8	140	14	39.6	30.89	2768	19	557	655
28a	280	7	120	12	34	26.55	3050	20.2	483	589
28б	280	8	140	14	42	32.76	3722	20.8	636	756
32a	320	8	140	14	45.2	35.26	5280	28.2	743	906
32б	320	10	180	14	57.2	44.9	6661	28.3	957	1160
32в	320	8	160	16	51.2	39.98	5797	24.4	932	1099
36a	360	8	160	16	54.4	42.43	7901	26.8	952	1154
36б	360	10	200	14	64	50.24	9395	26.2	1200	1450
40a	400	10	180	14	65.2	51.18	11960	28	1250	1550
40б	400	12	220	16	83.2	65.31	15180	28.8	1690	2060
45a	450	10	200	14	73	57.3	16880	31.4	1570	1940
45б	450	14	250	18	100	84.78	26000	32.2	2440	2990
50a	500	12	220	16	95.2	74.81	28180	34.5	2230	2790
50б	500	14	250	18	115	89.7	32960	45.1	2781	3342
56a	560	14	250	18	123.4	96.87	44370	38.5	3180	4000
56б	560	16	300	20	149.8	116.8	53637	39.6	4122	5070
63a	630	14	300	20	148.2	116.3	66880	44.7	4620	5650
63б	630	18	360	22	192.6	151.2	87050	44.9	6080	7430
71a	710	16	360	22	192.8	186.8	110200	50.5	6860	8340
71б	710	20	400	24	238	175.2	136800	50.3	8300	10170
80a	800	18	360	22	223.2	175.2	163000	54.6	8140	1022
80б	800	22	450	26	293	230	213700	56.5	11500	14130



F₀ - Площадь сечения тавра без присоединенного пояска

I₀ - Момент инерции площади сечения тавра без присоединенного пояска

W₀ - Минимальный момент сопротивления площади сечения тавра при равенстве площадей сечения присоединенного свободного пояска

W... - Минимальный момент сопротивления площади сечения тавра при площади сечения присоединенного пояска равной ...

Z₀ - Координата ЦТ площади сечения тавра без присоединенного пояска

f_п, f_{пр.п} - Площади свободного и присоединенного пояска

**Таблица 5.3–Теоретические элементы профилей с условным пояском
600*(10;15) мм сварных конструкций сталь полособуль-
бовая несимметричная**

№ проф.	Элементы одного профиля						Элементы профиля с пояском			
	Вы- сота, мм	Ши- рина буль- ба, мм	Тол- щи- на мм	Пло- щадь про- филя, м ²	Мо- мент инер- ции см ⁴	Расст. до ц.т., см	Об- щая пло- щадь	Мом. инер.отн оси см ⁴	Мом. сопрот см ³	Тол- щина пояска, мм
5	50	16	4	2,87	6,96	3,13	62,87	44	9	10
6	60	19	5	4,27	15	3,74	64,27	87	15	10
7	70	21	5	5,06	24,1	4,4	65,06	137	20	10
8	80	22	5	5,84	36,23	5,07	65,84	202	25	10
9	90	24	5,5	7,03	55,6	5,65	67,03	295	33	10
10	100	26	6	8,63	85,22	6,29	68,83	434	45	10
12	120	30	6,5	11,15	158	7 55	71,15	767	68	10
14a	140	33	7	14,05	274	8,82	74,05	1275	100	10
146	140	35	9	16,85	321	8,55	76,85	1398	112	10
16a	160	36	8	17,96	468	9,95	108	2200/198	147/141	15/10,
166	160	38	10	21,16	527	9,75	11,16	2434/219	165/150	15,/10,
18a	180	40	9	22,2	724	11,15	112,2	3280/280	200/180	15,/10,
186	180	42	11	25,8	837	10,81	115,8	3530/313	218/200	15,/10,
20a	200	44	10	27,36	1078	12,4	117,4	4730	268	15
206	200	46	12	31,36	1265	12,06	121,4	5110	296	15
22a	220	48	11	32,82	1611	13,5	122,8	6500	343	15
226	220	50	13	37,22	1795	13,2	127,2	6930	372	15
24a	240	52	12	38,75	2232	14,7	128,8	8722	434	15
246	240	54	14	44,56	2542	14,35	133,6	9250	466	15
27a	270	55	12	43,82	3265	16,6	183,8	12180	552	15
276	270	57	14	49,22	3215	16,3	169,2	12780	588	15

ЗАДАНИЕ № 6

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ НАБОРА (ПРОДОЛЬНЫЙ РАЗРЕЗ)

Конструктивный чертёж набора (схему набора) следует выполнять в следующей последовательности.

1) По теоретическому чертежу прототипа с учетом погиби бимсов вычертить контуры продольного разреза (сечение по ДП и линия борта).

2) Наметить положение непроницаемых поперечных переборок и практических шпангоутов, пронумеровать их.

3) Вычертить штевни, поперечные переборки, палубы, платформы, настил второго дна, шахты люки, и другие конструкции, попадающие в разрез.

4) Вычертить набор бортов и продольных переборок условными обозначениями.

5) Проставить все необходимые размеры. Размеры шпаций и балок набора, одинаковых по длине отсека или нескольких отсеков показываются ниже основной линии. Размеры других конструкций проставляются на чертеже.

6) Указать все толщины листов, размеры набора (основной и рамный) с указанием его расположения по длине судна под продольным разрезом.

7) Оформить чертёж в соответствии с требованиями ЕСКД.

ЗАДАНИЕ № 7

ВЫПОЛНЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ МИДЕЛЬ-ШПАНГОУТОВ СУХОГРУЗНЫХ, НАВАЛОЧНЫХ И НЕФТЕНАЛИВНЫХ СУДОВ.

Предлагается изучить конструктивные мидель-шпангоуты сухогрузных нефтеналивных и судов, приведённые в альбоме конструктивных мидель-шпангоутов. По указанию преподавателя вычертить на листах форматах А4 или А3 мидель-шпангоут сухогрузного и нефтеналивного судна.

Порядок выполнения работы.

1) Ознакомиться с конструктивными мидель-шпангоутами. определить входящие в них связи и элементы (обшивка, балки), установив их тип и размеры

2) Пользуясь альбомом, вычертить обводы шпангоутов с нанесением линий палуб, платформ и второго дна.

3) Наметить положение и вычертить все продольные связи: днищевые и бортовые стрингеры, карлингсы, комингсы люков и т.п.

4) Вычертить шпангоуты, бимсы, флоры и прочие элементы набора корпуса.

5) Показать пазы листов наружной обшивки, палуб, платформ, второго дна и межсекционные монтажные пазы.

6) Выполнить все необходимые надписи чертежным шрифтом в соответствии с требованиями ЕСКД.

7) Для сечений листов и профилей толщину линий принять в соответствии с масштабом, но во всех случаях толще контурных линий

8) На поле чертежа над штампом составить перечень всех элементов и связей, входящих в мидель-шпангоут.

ЗАДАНИЕ № 8

ИЗУЧЕНИЕ И РАЗРАБОТКА РАБОЧИХ ЧЕРТЕЖЕЙ КОРПУСА МОРСКИХ СУДОВ

Настоящим заданием предусматривается:

- а) анализ чертежа секции, ее конструктивных особенностей и сварных соединений;**
- б) разработка рабочего чертежа секции корпуса с учетом ее технологических особенностей.**

На основе анализа чертежа заданной секции изложить следующие вопросы:

- **описание системы набора корпуса в районе секции;**
- **положение и характеристика набора в районе секции;**
- **размер практической шпации в районе секции;**
- **положение секционных и монтажных стыков и пазов секций;**
- **описание сварных соединений деталей секции и обоснование их выбора;**
- **выбор марки материала деталей секции с характеристикой его механических свойств;**
- **правила указания размеров деталей и секций на чертеже, условные обозначения набора, его стыков с набором смежных секций.**

Разработку рабочего чертежа секции надлежит выполнять в следующей последовательности.

1) Выбрать габариты и форму секции с учётом конструктивно-технологических показателей. Определить район расположения секции, выделить смежные конструкции.

2) Учесть положение секции относительно плоскостей, определить габаритные размеры секции и их связь с технологическим оборудованием. В конструкцию должны быть введены жёсткие связи, чтобы подъем секции краном не вызывал остаточных деформаций.

Отношение длины секции к её ширине должно быть в пределах 1-1.5.

3) Выделить листовые детали, указать их размеры, положение стыков и пазов, связь с габаритными размерами секции. Габариты секции должны быть согласованы с размерами применяемых листов, размером шпации и другими конструктивными элементами.

4) Положение и размеры набора секции согласовать с конструктивным мидель-шпангоутом и конструктивным чертежом набора.

5) С учетом принятой в судостроении классификацией сварки обозначить сварные швы, стыки и пазы. При выборе расположения монтажных стыков и пазов, ограничивающих данную секцию, следует ознакомиться с принципами обозначения и разбивки на секции и блоки, сходных с проектируемым судном.

б) Оформить чертеж, в соответствии с требованиями ЕСКД.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила классификации и постройки морских судов. Российский морской регистр судоходства. – СПб.: Транспорт, 1999г.–Т.1.–350 с.
2. Барабанов Н.В. Конструкция морских судов/Н.В.Барабанов. – Л: Судостроение, 1981.–365 с.
3. Альбом конструктивных мидель-шпангоутов. Учебное пособие.– Л.:ЛКИ,1970.–135 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Таблица 1 – Основные характеристики навалочных судов

Основные характеристики		Навалочное судно						
		1	2	3	4	5	6	7
Длина, м	<i>L</i>	215	186	180	172	181	190	178
Ширина, м	<i>B</i>	31.0	27.6	28.0	22.8	20.5	29.5	23.4
Осадка, м	<i>d</i>	11.0	10.0	11.2	9.1	9.4	12.3	10.2
Высота борта, м	<i>D</i>	16.0	15.6	16.0	13.6	14.4	16.8	14.6
Водоизмещение полное, т	$\times 10^3$	58.7	41.1	45.2	28.6	36.1	54.6	34.0
Водоизмещение порожнем, т	$\times 10^3$	19.6	13.7	15.1	9.5	12.0	18.2	11.3
Палубы (количество)	<i>n1</i>	1	1	1	1	1	1	1
Расположение	<i>MO</i>	К*	К	К*	К	К	К	К
Ширина люка	<i>b1</i>	0.4В	0.5В	0.4В	0.5В	0.4В	0.5В	0.4В
Ширина шахты	<i>b2</i>	0.25В						
Радиус скулы	<i>Rc</i>	0.9 высоты двойного дна						
Подпалубная цистерна	<i>Нп</i>	0,25В						
Скуловая цистерна	<i>Нс</i>	0,3D						
Отстояние цистерны	<i>h3</i>	0.35D						
Категория подкреплений**		ЛУ2	ЛУ4	ЛУ3	ЛУ4	ЛУ2	ЛУ3	ЛУ4
Район эксплуатации**		I	II	I	II	I	I	II

* Кормовое расположение машинного отделения (МО).

** По Правилам Регистра.

Таблица 2 – Основные характеристики сухогрузных судов

Основные характеристики		Сухогрузное судно						
		1	2	3	4	5	6	7
Длина, м	<i>L</i>	140	148	143	142	91	145	141
Ширина, м	<i>B</i>	20.0	21.0	20.5	23.0	14.0	22.0	22.8
Высота борта, м	<i>D</i>	12.0	12.6	11.8	14.4	8.0	12.3	14.2
Осадка, м	<i>d</i>	7.5	8.0	6.9	8.4	5.5	7.9	8.1
Водоизмещение полное, т	$\times 10^3$	13.7	16.2	13.2	17.8	4.6	16.4	16.9
Водоизмещение порожнем, т	$\times 10^3$	4.6	5.4	4.4	5.9	1.5	5.5	5.6
Палубы (количество)	<i>n1</i>	1	2	1	2	2	1	2
Расположение	<i>МО</i>	К	Пр*	Пр*	Ср*	Ср	Пр	Ср
Ширина люка	<i>b1</i>	0.5В						
Ширина шахты	<i>b2</i>	0.3В						
Радиус скулы	<i>Rc</i>	0.9 высоты двойного дна						
Категория подкреплений		ЛУ3	ЛУ4	ЛУ3	ЛУ4	ЛУ3	ЛУ2	ЛУ4
Район эксплуатации		I	II	I	II	I	I	II
Подъем линии днища	<i>t</i>	0.15	0.16	0.14	0.17	0.11	0.16	0.16

* Промежуточное, среднее расположение машинного отделения (МО).

Таблица 3 – Основные характеристики наливных судов

Основные характеристики		Наливное судно						
		1	2	3	4	5	6	7
Длина, м	L	150	195	213	174	215	165	182
Ширина, м	B	21.0	27.0	32.0	23.4	31.0	23.0	24.3
Высота борта, м	D	11.2	14.2	15.2	12.5	15.5	12.4	13.8
Осадка, м	d	8.0	10.5	11.0	9.0	11.3	9.5	10.5
Водоизмещение полное, т	$\times 10^3$	20.7	45.3	61.5	30.1	61.8	29.6	38.1
Водоизмещение порожнем, т	$\times 10^3$	6.9	15.1	20.5	10.0	20.6	9.9	12.7
Палубы (количество)	n1	1	1	1	1	1	1	1
Продольные переборки	n2	2	2	2	2	2	2	2
Расположение	МО	К	К	К	К	К	К	К
Ширина люка	b1	-						
Ширина шахты	b2	0.3В						
Радиус скулы	Rc	0.9 высоты двойного дна						
Категория подкреплений		ЛУ2	ЛУ4	ЛУ3	ЛУ4	ЛУ2	ЛУ3	ЛУ4
Район эксплуатации		I	II	I	II	I	I	II