

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Український державний морський технічний університет
імені адмірала Макарова

**ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОГО МІДЕЛЬ-ШПАНГОУТА
СУХОВАНТАЖНИХ СУДЕН**

*Рекомендовано Методичною радою УДМТУ
як методичні вказівки*

Миколаїв 2002

УДК 620.123.011

Проектування конструктивного мідель-шпангоута суховантажних суден: Методичні вказівки / *В.Г.Матвєєв, А.І.Кузнєцов, Б.М.Мартинець, Б.М.Михайлов, О.М.Узлов, М.О.Цибенко, Г.В.Шарун.* – Миколаїв: УДМТУ, 2002. – 76 с.

Кафедра конструкції корпусу корабля

Наведено методичні рекомендації щодо виконання курсового проекту, які виходять з основних вимог Правил класифікації і побудови морських суден Російського морського реєстру судноплавства 1999 р. з проектування конструктивних мідель-шпангоутів суховантажних суден.

У додатку наведено довідкові відомості, які необхідні для проектування конструкцій суден цього типу. Вказівки можуть використовуватись студентами, які навчаються за спеціальністю 8.100201 "Кораблі та океанотехніка", для дипломного проектування суховантажних суден.

Рецензент канд. техн. наук, доц. Л.І.Коростильов

© Український державний
морський технічний
університет, 2002

© Видавництво УДМТУ, 2002

ВСТУП

Виконання курсового проекту з дисципліни "Конструкція корпусу корабля" дозволяє студентам систематизувати знання, набуті навичок практичного їх застосування для розв'язання різноманітних задач, які пов'язані з проектуванням конструкцій корпусу судна.

Проектування конструкцій корпусу виконується відповідно до Правил Російського морського реєстру судноплавства 1999 р. [4], які поширюються на сталеві судна довжиною від 12 до 350 м. Для суден необмеженого району плавання відношення головних розмірів не виходить за такі межі:

відношення довжини судна до висоти борту $L/D \leq 18$;

відношення ширини судна до висоти борту $B/D \leq 2,5$.

1. ОБ'ЄМ І ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Завданням на курсовий проект передбачається проектування конструкцій корпусу суховантажного судна (перерізів по вантажному трюму і машинному відділенню) з визначеними головними розмірами: L – довжина судна між перпендикулярами, м; B – ширина, м; D – висота борту, м; d – осадка на міделі, м; C_b – коефіцієнт загальної повноти судна; V_0 – швидкість судна, вузли.

Курсовий проект рекомендується виконувати в такій послідовності:

- необхідно впевнитися, що розміри проектуваного судна знаходяться в діапазоні, який наведено в Правилах [4];

- обрати архітектурно-конструктивний тип судна, схему поздовжнього та поперечного перерізів і системи набору окремих перекриттів судна;

 - вибрати матеріал корпусу судна;

 - викреслити обводи мідель-шпангоута, визначити шпацию;

 - розрахувати моменти опору і момент інерції поперечного перерізу корпусу, використовуючи стандартні програми для розрахунку згинальних моментів та перерізувальних сил на тихій воді;

 - розрахувати за Правилами розміри в'язей корпусу судна;

 - перевірити загальну поздовжню міцність корпусу судна, попередньо виконавши розрахунок еквівалентного бруса;

 - викреслити конструктивний мідель-шпангоут з показом на кресленні розмірів в'язей корпусу;

 - оформити пояснювальну записку до курсового проекту обсягом 25–30 сторінок.

Курсовий проект повинен бути оформлений згідно з вимогами ЄСКД. Розрахунково-пояснювальна записка виконується на аркушах формату А4 (297×210 мм) відповідно до ГОСТ 2.104-68 і повинна містити всі розрахункові формули та позначення вхідних величин, а також підставлення в формули початкових даних. Проміжні розрахунки не наводяться. Розрахунки необхідно ілюструвати схемами перекриттів з указуванням прогонів балок і шпаций.

Конструктивний мідель-шпангоут викреслюють на аркуші формату А1 (594×841 мм) в масштабі 1:25. Лінії, що позначають в'язі, які розрізаються площиною мідель-шпангоута, повинні мати товщину

не менше 1 мм. Для видимого контуру застосовується суцільна основна лінія товщиною біля 0,6 мм. Конструктивні вузли та розрізи виконують на вільному полі креслення з указуванням масштабу.

Закінчується пояснювальна записка переліком використаної літератури.

2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО СУДНО, ЩО ПРОЕКТУЄТЬСЯ

2.1. Опис архітектурно-конструктивного типу судна

Проектоване судно є суховантажним з проміжним розташуванням машинного відділення і житлової надбудови, з коротким баком, нахиленим форштевнем і крейсерською кормою. Судно має надлишковий надводний борт, поперечні водонепроникні перегородки.

У курсовому проекті зображують схему поздовжнього розрізу корпусу з розділенням судна на відсіки (рис.1).

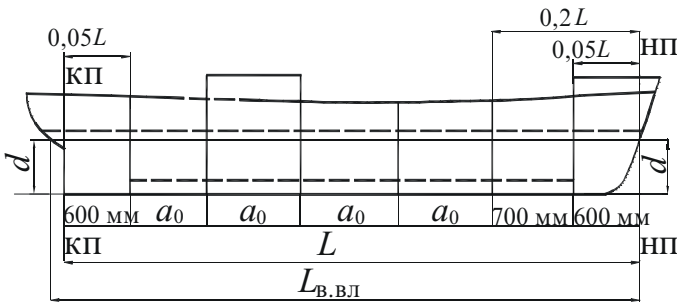


Рис.1

Рекомендується взяти відстань між поперечними перегородками вантажних трюмів і машинного відділення рівною 24...27 шпациям, довжину форпіка та ахтерпіка – 10...12 шпациям по 600 мм, довжину першого від форпіка вантажного трюму – 24 шпациям по 700 мм. Кількість поперечних водонепроникних перегородок перебірають за табл.(2.7.1.3)^{*)} у розд.6.6.

^{*)} Тут і далі номери формул і таблиць, взяті в круглі дужки, відповідають Правилам [4].

2.2. Вибір шпаций

Нормальна шпация в середній частині судна визначається за формулою

$$a_0 = 0,002L + 0,48 \text{ м},$$

де L – довжина між перпендикулярами, м.

Правила дозволяють відхилення взятої шпация від нормальної в межах $\pm 25\%$. Розраховану величину шпация необхідно округлити: взяти рівною величині стандартної шпация згідно з ОСТ 5.1099-78.

Ряд стандартних шпаций: 400, 500, 550, 600, 700, 750, 800, 850, 900, 950, 1000 мм. Правила рекомендують не застосовувати шпацию більше 1000 мм.

2.3. Вибір системи набору перекрить корпусу судна

Коли напруження стиску від загального згину порівняно невеликі, днищеві і палубні перекриття суховантажних суден довжиною менше 120 м доцільно конструювати за поперечною системою набору, як найбільш технологічною. Нижні вантажні палуби, короткі надбудови і рубки, бортові перекриття також рекомендується набирати за поперечною системою.

Перекриття верхньої палуби і днищеві перекриття суховантажних суден довжиною більше 120 м доцільно набирати за поздовжньою системою, що забезпечує необхідну міцність і стійкість їх елементів (пластин) при мінімальних витратах матеріалу.

Кінцеві частини корпусу суховантажного судна рекомендується набирати за поперечною системою, яка дозволяє краще сприймати поперечні навантаження з боку моря.

2.4. Вибір марки і категорії сталі

Для виготовлення суднового корпусу використовуються суднобудівні сталі нормальної міцності категорій А, В, D, Е, F з границею плинності $R_{eH} = 235$ МПа і сталі підвищеної міцності категорій А, D, Е, F з границею плинності $R_{eH} > 235$ МПа.

Вибір сталі залежить від ступеня відповідальності, умов роботи конструкцій та міркувань економічності.

Деякі характеристики суднобудівних сталей наведені в табл.2.1.

Таблиця 2.1

Марка сталі	R_{eH} , МПа	Коефіцієнт використання механічних властивостей η	Нижня границя температури, °С	Відносне подовження, %	Приблизна вартість 1 т, %
ВСт3сп	235	1,0	–20	20	100
09Г2С	315	0,78	–60	18	110
10Г2С1Д	355	0,72	–60	16	130
10ХСНД	390	0,68	–40	16	170

Сталі підвищеної міцності рекомендується застосовувати при довжині суден більше 130...140 м або при можливих температурах експлуатації нижче –20 °С.

Доцільно використовувати комбінацію марок сталі, наприклад, для елементів конструкцій верхньої палуби – сталь з більш високою границею плинності, ніж в інших (бортових, днищевих, нижньої палуби), відповідно до розподілу напружень від загального поздовжнього згину.

Як розрахункові характеристики міцності матеріалу в Правилах взято нормативні границі плинності за нормальними σ_n і дотичними τ_n напруженнями: $\sigma_n = 235/\eta$, $\tau_n = 0,57\sigma_n$ МПа, де η – коефіцієнт, що визначається за табл.2.1.

2.5. Креслення обводів мідель-шпангоута

Спочатку виконують два перерізи: справа – по вантажному трюму, зліва – по машинному відділенню (рис.2).

Підйом t лінії днища і радіус R закруглення скули визначаються за формулами

$$t = d(1 - C_m); \quad R = \sqrt{\frac{B t}{0,86}} \text{ м,}$$

де d – осадка, м; B – ширина судна, м; C_m – коефіцієнт повноти мідель-шпангоута.

Висота подвійного дна розраховується за формулою

$$h = \frac{L - 40}{570} + 0,04B + 3,5 \frac{d}{L} \text{ і не може бути менше 0,65 м.}$$

Внутрішнє дно на суховантажному судні простягається від форпикової до ахтерпикової перегородки та від борту до борту.

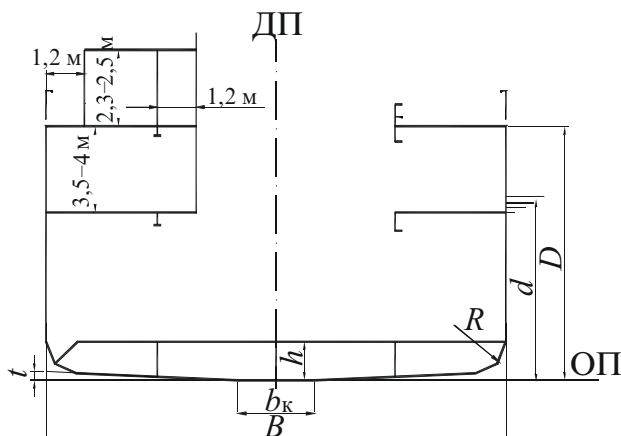


Рис.2

Крайній пояс внутрішнього дна (міждонний лист) беруть горизонтальним. Якщо його виконують по довжині похилим, то необхідний дотик до скулового пояса зовнішньої обшивки вище точки *A* (рис.3).

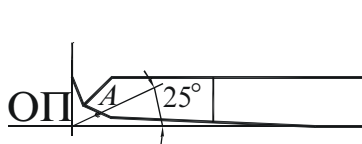


Рис.3

Ширина вантажних люків і шахти машинного відділення наведена в завданні до курсового проектування. Висоту надбудови (рубки) можна взяти

рівною 2,3...2,5 м, а твіндека – 3,5...4,5 м. Якщо замість надбудови використовують рубку, то відстань бокової стінки рубки від борту повинна бути не менше 1,2 м. Верхню палубу виконують з вигином, який дорівнює $B/50$, а нижню – без нього, плоскою. Ширина горизонтального кіля визначається за формулою

$$b_k = 800 + 5L \quad (2.2.4.4)$$

і не може бути більше 2000 мм.

Комінгс-карлінгси (карлінгси) верхньої і нижньої палуб повинні знаходитись в одній площині з днищевими стрингерами. Місця розміщення поздовжніх балок основного набору позначаються, починаючи від діаметральної площини, і не повинні збігатися з пазами

листів. Мінімальна відстань між пазами листів і лініями приварювання поздовжніх балок – 75 мм.

Листи обшивки розміщують довгим боком уздовж судна. Число типорозмірів листового і профільного прокату, який застосовується, повинне бути мінімальним. Розміщення пазів листів зовнішньої обшивки рекомендується починати від діаметральної площини, листів настилу палуб – від бортів.

3. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРІВ В'ЯЗЕЙ

3.1. Вимоги до розмірів елементів конструкцій корпусу

Розміри елементів конструкцій або характеристики, які визначають їх розміри (моменти опору та інерції, площі поперечних перерізів стінок балок та ін.), розраховуються за формулами, наведеними в Правилах [4]. Профіль балки обирається за табл.1–5, які наведені в додатку.

Момент опору поперечного перерізу балок набору катаного профілю

$$W = W' \omega_k; \quad (1.6.4.1) \quad W' = \frac{Ql \cdot 10^3}{mk_\sigma \sigma_n}, \quad (1.6.4.2)$$

де W' – момент опору балки без урахування запасу на знос і корозію, см^3 ; $Q = Pal$ – поперечне навантаження на балку, кН ; P – розрахунковий тиск на обшивку (настил), кПа ; a – відстань (шпация) між балками, які розглядаються, м ; l – прогін балки, м ; m, k_σ – коефіцієнти згинального моменту і допустимих напружень, які визначаються у відповідних розділах Правил; ω_k – поправка на знос і корозію.

Момент опору поперечного перерізу складених зварних балок $W = W' + \Delta W$, де ΔW – додаток частини моменту опору, см^3 , розрахований збільшенням товщин елементів профілю балки на величину ΔS .

Для призначення розмірів складеної балки за моментом опору W , який встановлюється Правилами, необхідно знайти момент опору поперечного перерізу W' в середині періоду служби судна, потім за

величиною W' балку підбирають відповідно до сортаменту або призначають складену зварну балку.

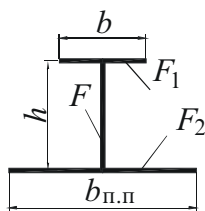


Рис.4

Далі згідно з розд.3.2 визначають величину ΔW для висоти стінки h , ширини вільного пояса b і приєднаного пояса $b_{п.п}$ підбраної за W' складеної балки (рис.4).

Розраховують будівельний момент опору балки ($W = W' + \Delta W$) і підбирають нову складену зварну балку. Якщо значення моменту опору поперечного перерізу W , см^3 , яке вимагається Правилами, більше за наведене в сортаменті для зварних таврів,

то необхідно спроектувати складений профіль балки.

За невідому величину беруть площу вільного пояса F_1 , см^2 , а розміри стінки і приєднаного пояса балки повинні бути призначені. Ширину приєднаного пояса $b_{п.п}$ балки визначають згідно з розд.3.4. Товщину стінки балки призначають за площею поперечного перерізу стінки f_c , см^2 , яка вимагається Правилами, або за мінімальними товщинами $S_{\min}$. Висоту стінки можна визначити за

формулою $h = 1,16 \sqrt{\frac{W}{0,1S}}$ см, де S – товщина стінки, мм.

Площу вільного пояса балки в першому наближенні розраховують за формулою $F_1 = \frac{W}{h} - \frac{F}{k}$ см^2 , де F – площа стінки балки, см^2 ; $k = 4,5$.

Потім уточнюють коефіцієнт k :

$$k = 6 \frac{2F_2 + F}{4F_2 - 2F_1 + F} \quad (k = 3 \dots 6),$$

де F_2 – площа приєднаного пояса, см^2 ; F_1 – площа вільного пояса, см^2 , одержана в першому наближенні.

Після цього визначають площу вільного пояса в другому наближенні при уточненому значенні k : $F_1 = \frac{W}{h} - \frac{F}{k}$.

За площею F_1 , одержаною в другому наближенні, призначають ширину b , см, вільного пояса: $b = \frac{F_1}{0,1S_1}$, де S_1 – товщина вільного

пояска, який беруть товстішим від стінки на 2...3 мм. Потім перевіряють момент опору W , см^3 , спроектованої балки: $W = h \left[F_1 + \frac{F}{6} \left(2 - \frac{2F_1 + F}{2F_2 + F} \right) \right]$, який повинен бути не менший від моменту опору, визначеного Правилами.

Площа поперечного перерізу стінки балки катаного профілю

$$f_c = f'_c \omega_k; \quad (1.6.4.3-1) \quad f'_c = \frac{10 N_{\max}}{k_\tau \tau_n}, \quad (1.6.4.3-2)$$

де f'_c – площа поперечного перерізу стінки балки без урахування запасу на знос, см^2 ; $N_{\max} = nPal$ – максимальна величина перерізувальної сили, кН ; n – коефіцієнт, який визначається у відповідних розділах Правил; k_τ – коефіцієнт допустимих дотичних напружень, також визначається у відповідних розділах Правил; τ_n – нормативна границя плинності за дотичними напруженнями, МПа ; ω_k – поправка на знос і корозію.

Площа поперечного перерізу стінки складених зварних балок $f_c = f'_c + 0,1h\Delta S$; f'_c – див.(1.6.4.3-2), де h – висота стінки балки, см ; ΔS – запас на знос і корозію, мм .

Товщина обшивки (настилу) визначається за формулою

$$S = \max \sqrt{\frac{P}{k_\sigma \sigma_n}} + \Delta S \text{ мм}, \quad (1.6.4.4)$$

де m, k_σ – коефіцієнти згинального моменту і допустимих напружень, які визначаються у відповідних розділах Правил; a – відстань (шпация) між балками, які розглядаються, м ; P – розрахунковий тиск на обшивку (настил), кПа ; $k = 1,2 - 0,5 \frac{a}{b} \leq 1,0$; a, b – менший і більший розміри боків опорного контуру листового елемента, м ; σ_n – нормативна границя плинності за нормальними напруженнями, МПа ; ΔS – запас на знос і корозію, мм .

Будівельні товщини елементів корпусу, які визначені за умовами міцності і стійкості, повинні бути не менші від мінімальних, що вказані у відповідних розділах Правил для конкретних конструкцій.

Мінімальні товщини розраховують з точністю до десятих міліметра і не округлюють. Мінімальна товщина в'язей корпусу повинна бути не менше 4 мм.

З мінімальними товщинами порівнюють товщини конструкцій, які визначені розрахунком за формулами Правил.

Взята найбільша товщина елемента конструкції округлюється від 4 до 20 мм через 0,5 мм, від 20 мм через 1 мм і повинна відповідати ГОСТ 5521-86.

Моменти опору та інерції поперечного перерізу балки розраховують разом з приєднаним пояском, товщину якого беруть рівною середній товщині листа, прилеглого до балки в перерізі, що розглядається.

Ширина приєданого пояска балок основного набору дорівнює меншій з величин, які визначаються за формулами

$$a_n = \frac{l}{6}; \quad a_n = 0,5(a_1 + a_2) \text{ м}, \quad (1.6.3.3)$$

де l – прогін балки, м; a_1, a_2 – відстань від балки до ближніх балок того ж напрямку, розташованих по обидва боки від неї, м.

Ширина приєданого пояска балок рамного набору розраховується за формулою

$$c_n = kc \text{ м}, \quad (1.6.3.4)$$

де $c = 0,5(c_1 + c_2)$; c_1, c_2 – відстань від рамної балки до ближніх рамних балок того ж напрямку, розташованих по обидва боки від неї, м; k – коефіцієнт, який знаходять за табл.(1.6.3.4).

Таблиця (1.6.3.4)

Кількість балок n	k при $l_{\text{пр}}/c$						
	1	2	3	4	5	6	7 і більше
≥ 6	0,38	0,62	0,79	0,88	0,94	0,98	1,00
≤ 3	0,21	0,40	0,53	0,64	0,72	0,78	0,80

У табл.(1.6.3.4) n – кількість балок, які підтримує рамна балка, що розглядається; $l_{\text{пр}}$ – приведений прогін рамної балки, м; $l_{\text{пр}} = l$ для рамних балок, вільно обпертих по кінцях; $l_{\text{пр}} = 0,6l$ для жорстко закріплених балок.

Для проміжних значень n і відношення $l_{\text{пр}}/c$ коефіцієнт k визначається лінійною інтерполяцією.

Балки основного набору, які розташовані в межах ширини приєданого пояска рамної балки, належать до її поперечного перерізу.

3.2. Урахування зносу і корозії в'язей корпусу

Урахування впливу зносу і корозії на розміри в'язей корпусу ґрунтується на нормуванні міцності в середині періоду експлуатації конструкції.

Будівельна товщина, яку вимагають Правила для листових конструкцій, визначається за формулою

$$S = S' + \Delta S; \quad \Delta S = u(T - 12), \quad (1.1.5.1)$$

де S' – товщина листа, мм, яка відповідає середині періоду служби судна; ΔS – запас на знос і корозію, мм; u – середньорічне зменшення товщини в'язі, мм/рік, внаслідок зносу і корозії, яке беруть відповідно до табл. (1.1.5.2); T – період служби конструкції, роки (береться $T = 24$ роки); якщо $T < 12$ років, то $\Delta S = 0$.

Таблиця (1.1.5.2)

Номер пункту Правил	Елементи конструкції корпусу	u , мм/рік, група I
1.1	Настил верхньої палуби	0,10
1.2	Настил нижніх палуб і платформ	0,11
2.1.2	Зовнішня обшивка борту	0,17
3.1.4	Зовнішня обшивка дна	0,20
4.1.2	Настил другого дна у вантажному трюмі	0,15
4.1.4	Настил другого дна в машинному відділенні	0,20
4.2.2	Міждонний лист	0,20
5.1.3	Обшивка поперечних перегородок і внутрішнього борту	0,13
6.1	Поздовжні балки палуби, бімси, рамні бімси, карлінгси палуб і платформ	0,12
7.1	Поздовжні балки борту, основні і рамні шпангоути, стояки, горизонтальні рами перегородок	0,10
8.2	Вертикальний кіль, днищеві стрингери, флори, поздовжні балки днища і другого дна у відсіках подвійного дна	0,20
9.1	Обшивка і набір надбудов, рубок і фальшборту	0,10

Момент опору W , см³, поперечного перерізу, який вимагається Правилами, для балок катаного профілю дорівнює $W'\omega_k$. Поправка визначається за формулою $\omega_k = 1 + \alpha_k \Delta S$, де $\alpha_k = 0,07 + 6/W' \leq 0,25$

при $W' < 200 \text{ см}^3$; $\alpha_k = [0,15(0,01 + 1/W')]^{-1}$ при $W' \geq 200 \text{ см}^3$; W' – момент опору поперечного перерізу в середині періоду служби судна відповідно до формули (1.6.4.2); ΔS – запас на знос і корозію, мм.

Момент опору поперечного перерізу, який вимагають Правила для складених зварних балок, визначається за формулою $W = W' + \Delta W$, де ΔW – додаток моменту опору, розрахований збільшенням товщини елементів профілю на величину ΔS . Для розрахунку ΔW можна використати формулу

$$\Delta W = 0,1h\Delta S \left[b + \frac{h}{6} \left(2 - \frac{2b + h}{2b_{\text{п.п}} + h} \right) \right],$$

де h – висота стінки балки, см; ΔS – запас на знос і корозію, мм; $b, b_{\text{п.п}}$ – ширина відповідно вільного і приєднаного поясів балки, см (див. рис.4).

3.3. Стійкість елементів конструкції корпусу

Стійкість поздовжніх балок основного і рамного набору, листів обшивки і настилів конструкцій корпусу в середній частині судна повинна бути забезпечена при дії стискальних напружень від загального поздовжнього згину.

Стійкість конструкцій вважається забезпеченою, якщо виконуються умови $k\sigma_c \leq \sigma_{cr}$; $\tau_c \leq \tau_{cr}$, де σ_c, τ_c – нормальні стискальні і дотичні напруження, МПа; k – коефіцієнт запасу за стійкістю; $k = 1,0$ для пластин і поздовжніх балок рамного набору; $k = 1,1$ для поздовжніх балок основного набору.

Діючі стискальні нормальні напруження визначаються за фор-

мулою $\sigma_c = \frac{M_T z_i 10^5}{I} \geq \frac{30}{\eta}$ МПа, де $M_T = |M_{sw} + M_w|$ – розрахунко-

вий згинальний момент, кН·м, для розглядуваного перерізу; M_{sw} – згинальний момент на тихій воді, кН·м; M_w – хвильовий згинальний момент, кН·м; I – момент інерції поперечного перерізу корпусу, см⁴; z_i – відстань, м, від нейтральної осі до в'язі, яка розглядається. Для в'язей, розташованих нижче нейтральної осі, за розрахунковий

беруть момент, який викликає перегин корпусу, а для розташованих вище нейтральної осі – момент, що спричиняє прогин корпусу.

Критичні напруження σ_{cr} , τ_{cr} , МПа, визначаються в залежності від ейлерових напружень σ_e , τ_e і границі плинності матеріалу R_{eH} :

$$\sigma_{cr} = \sigma_e \text{ при } \sigma_e \leq 0,5R_{eH}; \quad \tau_{cr} = \tau_e \text{ при } \tau_e \leq 0,29R_{eH};$$

$$\sigma_{cr} = R_{eH} (1 - R_{eH}/4\sigma_e) \text{ при } \sigma_e > 0,5R_{eH};$$

$$\tau_{cr} = R_{eH} (0,58 - 0,08R_{eH}/\tau_e) \text{ при } \tau_e > 0,29R_{eH}.$$

Ейлерові напруження σ_e , МПа, для поздовжніх балок основного набору визначаються за формулою

$$\sigma_e = \frac{206i}{fl^2}, \quad (1.6.5.4-1)$$

де i – момент інерції балки, см⁴, з приєднаним пояском, що розрахований для товщини, зменшеної на величину ΔS , табл.(1.6.5.5-2); f – площа поперечного перерізу балки, см², з приєднаним пояском, яка розрахована для товщини, зменшеної на величину ΔS , табл.(1.6.5.5-2); l – прогін балки, м. Ширину приєданого пояса при розрахунку i та f можна взяти як відстань між балками основного набору.

Таблиця (1.6.5.5-2)

Конструкція	ΔS , мм
Приміщення для сухого навалочного вантажу Вертикальні поверхні і поверхні, що мають нахил більше 25° до горизонтальної лінії, на один бік яких діє рідкий вантаж або баласт	0,05S (0,5 ≤ ΔS ≤ 1,0)
Горизонтальні поверхні і поверхні, що мають нахил менше 25° до горизонтальної лінії, на один бік яких діє рідкий вантаж або баласт Вертикальні поверхні і поверхні, що мають нахил більше 25° до горизонтальної лінії, на обидва боки яких діє рідкий вантаж або баласт	0,1ΔS (2 ≤ ΔS ≤ 3)
Горизонтальні поверхні і поверхні, що мають нахил менше 25° до горизонтальної лінії, на обидва боки яких діє рідкий вантаж або баласт	0,15S (2 ≤ ΔS ≤ 4)

Для визначення моменту інерції i поперечного перерізу зношеного штабобульбового профілю можна замінити його тавровою

балкою (рис.5), використовуючи наступні формули:

$$f_c = S_c h_c; \quad h_c = h - S_{\Pi}; \quad S_{\Pi} = \frac{f - h S_c}{b - S_c},$$

де h_c – розрахункова висота стінки штабобульба, см; h – висота профілю, см; S_c – товщина стінки штабобульба, см; b – ширина бульба, см; S_{Π} – товщина бульба штабобульба, см; f – площа поперечного перерізу штабобульба без приєднаного пояса, см²; f_c – площа поперечного перерізу стінки штабобульба, см².

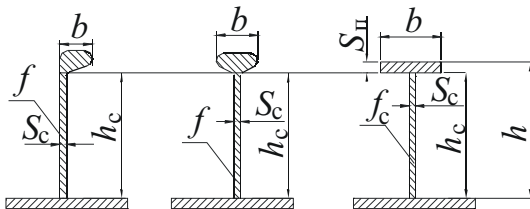


Рис.5

Момент інерції поперечного перерізу балки таврового профілю можна розрахувати за формулою

$$i = \frac{h^2}{1 + \frac{2F_1 + F}{2F_2 + F}} \left[F_1 + \frac{F}{6} \left(2 - \frac{2F_1 + F}{2F_2 + F} \right) \right].$$

Усі позначення наведені в розд.3.1 і на рис.5.

Ейлерові напруження стінок рамних балок визначаються за формулою

$$\sigma_e = 7,83 \left(\frac{S_c}{h_c} \right)^2 \cdot 10^4 \text{ МПа}, \quad (1.6.5.4-3)$$

де h_c – висота стінки рамної балки, мм; S_c – товщина стінки рамної балки, мм, зменшена на величину ΔS , табл.(1.6.5.5-2).

Стійкість пояса рамної балки повинна перевірятись, якщо $b_{\Pi}/S_{\Pi} \geq 15$, де b_{Π} – відстань від стінки балки до вільної кромки пояса, мм (для таврового профілю балки – половина ширини пояса); S_{Π} –

товщина вільного пояса, мм, зменшена на величину ΔS , табл.(1.6.5.5-2).

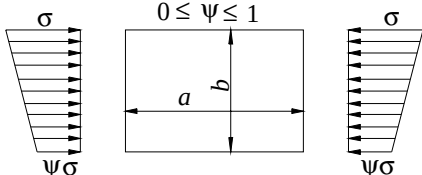
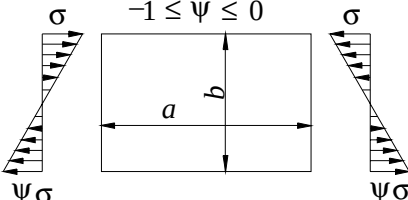
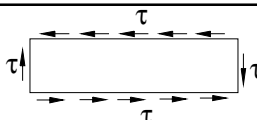
Ейлерові нормальні і дотичні напруження листових елементів визначаються як для прямокутних пластин за формулами

$$\sigma_e = 0,1854n \left(\frac{S'}{b} \right)^2 \text{ МПа}; \quad (1.6.5.5-1)$$

$$\tau_e = 0,1854n \left(\frac{S'}{b} \right)^2 \text{ МПа}, \quad (1.6.5.5-2)$$

де S' – фактична товщина пластини, мм, зменшена на величину ΔS , згідно з табл.(1.6.5.5-2); n – коефіцієнт, який залежить від виду навантаження пластини і відношення боків, табл.(1.6.5.5-1); b – бік пластини, м, перпендикулярний напрямку дії нормальних стискальних напружень. При дії дотичних напружень за b беруть менший бік пластини, м.

Таблиця (1.6.5.5-1)

Вид навантажень		$\gamma = a/b$	n
	$0 \leq \psi \leq 1$	$\gamma > 1$	$\frac{8,4}{\psi + 1,1}$
		$\gamma \leq 1$	$\varepsilon \left(\gamma + \frac{1}{\gamma} \right)^2 \frac{2,1}{\psi + 1,1}$
	$-1 \leq \psi \leq 0$	$\gamma > 1$	$10\psi^2 - 6,4\psi + 7,6$
		$\gamma \leq 1$	$\varepsilon \left[10\psi^2 - 14\psi + 1,9(1 + \psi) \left(\gamma + \frac{1}{\gamma} \right)^2 \right]$
		$\gamma > 1$	$5,34 + \frac{4}{\gamma^2}$

У табл.(1.6.5.5-1) ψ – коефіцієнт, який враховує ступінь нерівномірності стиску кромek пластин; $\epsilon = 1,30$ для пластини, підкріпленої флорами або рамним набором; $\epsilon = 1,21$ для пластини, яка підкріплена балками кутового, симетричного штабобульбового або таврового профілю; $\epsilon = 1,1$ для пластини, підкріпленої балками штабобульбового профілю; $\epsilon = 1,05$ для пластини, яка підкріплена балками штабового профілю.

Величину ΔS , мм, зменшення товщини елемента конструкції при перевірці його стійкості беруть з табл.(1.6.5.5-2).

У табл.(1.6.5.5-2) S – фактична товщина розглядуваного елемента конструкції, мм. В інших випадках, не передбачених табл.(1.6.5.5-2), $\Delta S = 0$.

Згідно з формулами (1.6.5.5-1) і (1.6.5.5-2), товщина пластин, виходячи з умови стійкості, повинна бути не менша від визначеної за формулами

$$S \geq b \sqrt{\frac{\sigma_e}{0,1854n}} + \Delta S; \quad S \geq b \sqrt{\frac{\tau_e}{0,1854n}} + \Delta S,$$

де n – коефіцієнт, який беруть з табл.(1.6.5.5-1), а ΔS – з табл.(1.6.5.5-2).

Розміри ребер жорсткості, які підкріплюють стінки балок рамного набору, визначаються в залежності від їх напрямку:

а) момент інерції ребер жорсткості, паралельних вільному пояску рамної балки (рис.6,*а*), повинен бути не менший від розрахованого за формулою

$$i = 2,35 \frac{(f + 10aS)l^2}{\eta} \text{ см}^4, \quad (1.6.5.6-2)$$

де a – відстань між ребрами жорсткості, м; S – товщина стінки рам-

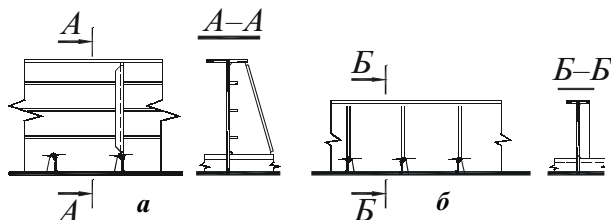


Рис.6

ної балки, мм; f – фактична площа поперечного перерізу ребра жорсткості, см²; l – прогін ребра жорсткості, м; η – коефіцієнт (див. табл.2.1);

б) момент інерції ребер жорсткості, нормальних до вільного пояса рамної балки (див. рис.6,б), повинен бути не менший від розрахованого за формулою

$$i = \gamma a S^3 10^{-3}, \quad (1.6.5.6-1)$$

де γ – коефіцієнт, який визначається за табл.(1.6.5.6) в залежності від відношення висоти стінки рамної балки h , см, до відстані a , см, між ребрами жорсткості; S – фактична товщина стінки рамної балки, мм.

Таблиця (1.6.5.6)

h/a	1,0 і менше	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
γ	0,3	0,6	1,3	2,0	2,9	4,1	8,0	12,4	16,8	21,2

Проміжні значення γ визначаються лінійною інтерполяцією.

3.4. Вимоги до конструкцій з'єднання балок набору

З'єднання балок набору, як правило, повинне виконуватись у стик. Розміри книць c , см, які з'єднують балки основного набору, знаходяться за формулою

$$c = 5 \sqrt{\frac{W}{S}}, \quad (1.7.2.2.1)$$

де W – момент опору перерізу балки, см³, який вимагається Правилами; S – товщина книць, мм, яку беруть рівною товщині стінки балки, що закріплюється. Товщина книць може бути зменшена на 1 мм, якщо товщина стінки перевищує 7 мм, і на 2 мм, якщо перевищує 12 мм. Якщо книця з'єднує балки різного профілю, то при розрахунках її розмірів використовуються характеристики меншого з двох профілів.

Висота книць h повинна бути не менше $0,7c$. При довжині вільної кромки книць l більше $45S$ (S – товщина книць, мм) вільна кромка підкріплюється фланцем або пояском. Ширина фланця повинна бути не менше 50 мм, ширина пояса – не менше 75 мм. Вона повинна також відповідати вимогам формули

$$b = \frac{200S_{\pi}}{R_{eH}} \text{ мм}, \quad (1.7.3.1)$$

де S_{π} – товщина пояска рамної балки, мм, яка не повинна перевищувати потрібну товщину стінки.

Товщина пояска книці не повинна бути меншою від товщини книці (рис.7).

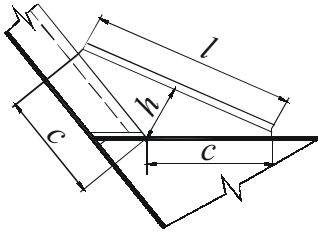


Рис.7

З'єднання балок рамного набору рекомендується виконувати закругленими кницями. Висота, ширина книці і радіус закруглення повинні бути не менші за висоту стінки меншої зі з'єднувальних балок. Книці по вільній кромці повинні мати поясок або фланець. Ширина вільного пояска рамної балки, виміряна від стінки балки, повинна бути не більша, ніж у формулі (1.7.3.1).

Стінки рамних балок підкріплюються ребрами жорсткості, кницями або бракетами (див. рис.6,б) при $\frac{h}{S_c} > 60\sqrt{\eta}$, де h – висота

стінки балки, мм; S_c – товщина стінки балки, мм. При $\frac{h}{S_c} \geq 160\sqrt{\eta}$

стінки рамних балок підкріплюються ребрами жорсткості, паралельними вільному пояску рамної балки (див. рис.6,а) і встановленими на відстані a , мм, одне від одного, при цьому $a \leq 90S_c\sqrt{\eta}$.

Нормальні до вільного пояска рамної балки ребра жорсткості, що підтримують балки основного набору, повинні бути встановлені не далі ніж у площині кожної другої балки основного набору (див. рис.6,б).

Моменти інерції i , см⁴, ребер жорсткості визначаються відповідно до розд.3.3, а їх товщина повинна бути не менше $0,8S_c$. Сумарна висота вирізів в одному перерізі не повинна перевищувати 0,5 висоти балки. Для рамних бімсів, карлінгсів і рамних балок водонепроникних перегородок величина вирізів може бути збільшена до 0,6 висоти балки.

4. РОЗРАХУНКОВІ НАВАНТАЖЕННЯ

4.1. Розрахункові навантаження на корпус судна

Розрахункові навантаження на корпус судна з боку моря визначаються статичним P_{st} і хвильовим P_w тиском води. Розрахунковий статичний тиск P_{st} , кПа, для точок, які розташовані нижче ватерлінії, визначається за формулою $P_{st} = 10z_i$, де z_i – відстань точок прикладання навантаження від ватерлінії, м (рис.8,а).

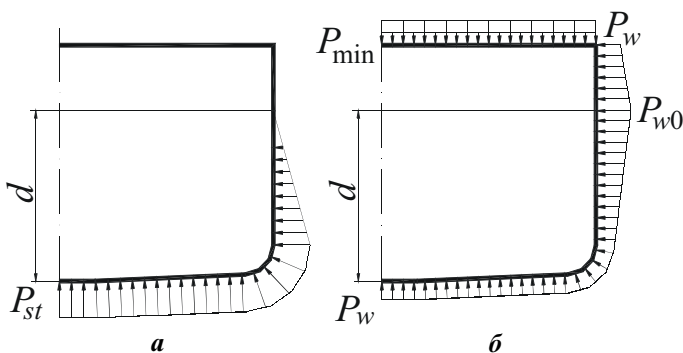


Рис.8

Розрахунковий тиск для точок прикладання навантаження, розташованих нижче ватерлінії,

$$P = P_w + P_{st} \text{ кПа}; \quad (1.3.2.1-1)$$

для точок прикладання навантаження, розташованих вище ватерлінії,

$$P = P_w \text{ кПа}. \quad (1.3.2.1-2)$$

Хвильовий тиск:

для точок прикладання навантаження, розташованих нижче ватерлінії,

$$P_w = P_{w0} - 1,5C_w z_i / d \text{ кПа}; \quad (1.3.2.2-1)$$

для точок прикладання навантаження, розташованих вище ватерлінії,

$$P_w = P_{w0} - 7,5a_x z_i \geq P_{\min} = 0,03L + 5 \text{ кПа}. \quad (1.3.2.2-2)$$

У формулі (1.3.2.2-2)

$$P_{w0} = 5C_w a_v a_x,$$

де $C_w = 0,0856L$ при $L \leq 90$ м;

$$C_w = 10,75 - \left(\frac{300-L}{100}\right)^2 \text{ при } 90 < L < 300 \text{ м; } \quad (1.3.1.4)$$

$$a_v = \frac{0,8V_0\left(\frac{L}{10^3} + 0,4\right)}{\sqrt{L}} + 1,5; \quad a_x = k_x \left(1 - 2 \frac{x_1}{L}\right) \geq 0,267,$$

де V_0 – специфікаційна швидкість судна, вузли; $K_x = 0,8$ для поперечних перерізів у ніс від міделя; $k_x = 0,5$ для поперечних перерізів у корму від міделя; x_1 – відстань розглядуваного поперечного перерізу від ближнього (носового або кормового) перпендикуляра, м.

Результат множення $a_v \cdot a_x$ необхідно брати не менше 0,6.

Розподіл навантажень P_{st} і P_w по контуру поперечного перерізу судна показаний на рис.8,а,б.

4.2. Навантаження, викликані вантажем, що перевозиться

Розрахунковий тиск на перекриття вантажних палуб, платформ, подвійного дна від штучного вантажу визначається за формулою

$$P_b = \rho_b g h_b \left(1 + \frac{a_z}{g}\right) \geq 20 \text{ кПа,} \quad (1.3.4.1)$$

де ρ_b – питома вага вантажу, т/м³; $g = 9,81$ м/с² – прискорення вільного падіння; h_b – розрахункова висота укладання вантажу, м; a_z – розрахункове прискорення, м/с², у вертикальному напрямку, яке знаходиться за формулою

$$a_z = \sqrt{a_{cz}^2 + a_{kz}^2 + 0,4a_{6z}^2}, \quad (1.3.3.1-1)$$

де a_{cz} – проекція прискорення, м/с², центра ваги судна на вертикаль-

ну вісь у розглядуваній точці; $a_{\kappa z}, a_{\bar{6}z}$ – проекції прискорень, м/с², на вертикальну вісь у розглядуваній точці відповідно від кільової і бортової хитавиці.

Проекції прискорень визначаються за формулами:

$$\left. \begin{aligned} a_{\kappa z} &= 0,2 \left(\frac{100}{L} \right)^{\frac{1}{3}} g; \\ a_{\kappa z} &= \left(\frac{2\pi}{T_{\kappa}} \right)^2 \psi x_0; \\ a_{\bar{6}z} &= \left(\frac{2\pi}{T_{\bar{6}}} \right)^2 \theta y_0, \end{aligned} \right\} \quad (1.3.3.1-2)$$

де

$$T_{\kappa} = \frac{0,8\sqrt{L}}{1 + 0,4 \frac{V_0}{L} \left(\frac{L}{10^3} + 0,4 \right)}; \quad T_{\bar{6}} = \frac{cB}{\sqrt{h}}; \quad (1.3.3.1-3)$$

$$\psi = \frac{0,23}{1 + L \cdot 10^{-2}}; \quad (1.3.3.1-4) \quad \theta = \frac{0,6}{1 + 0,5L \cdot 10^{-2}}, \quad (1.3.3.1-5)$$

де $T_{\kappa}, T_{\bar{6}}$ – періоди кільової і бортової хитавиці, с, відповідно; ψ, θ – розрахункові кути диференту і крену, рад, відповідно; x_0 – відстань розглядуваної точки від поперечної площини, що проходить через центр ваги судна, м; y_0 – відстань розглядуваної точки від діаметральної площини, м; V_0 – специфікаційна швидкість судна, вузли; $c = 0,8$ – числовий коефіцієнт; $h = 0,07B$ – метacentрична висота в найбільш несприятливих умовах експлуатації судна, м.

Сумарне прискорення у вертикальному напрямку від усіх видів хитавиці можна також розрахувати за формулою

$$a_z = g \frac{0,9}{\sqrt[3]{L}} (1 + k_a) \text{ м/с}^2, \quad (1.3.3.1-6)$$

де $k_a = 1,6 \left(1 - 2,5 \frac{x_1}{L} \right) \geq 0$ в носовій частині судна; $k_a =$

$= 0,5 \left(1 - 3,33 \frac{x_1}{L} \right) \geq 0$ у кормовій частині судна; x_1 – відстань розглядуваного поперечного перерізу від ближнього (носового або кормового) перпендикуляра, м.

5. ЗАГАЛЬНА ПОЗДОВЖНЯ МІЦНІСТЬ СУДНА

Для розрахунку загальної поздовжньої міцності корпусу судна необхідно визначити згинальні моменти M_{sw} і перерізувальні сили N_{sw} на тихій воді для основних випадків навантаження судна за стандартними програмами, причому розрахунковий згинальний момент на тихій воді, одержаний інтегруванням кривої навантаження судна, повинен бути не менший від $M_{sw} = \pm 76 C_w B L^2 (C_b + 0,7) 10^{-3}$ кН·м, де згинальні моменти, які викликають перегин корпусу судна, вважаються додатними, а прогин – від'ємними.

Хвильовий згинальний момент, який викликає перегин корпусу судна, визначається за формулою

$$M_w = 190 C_w B L^2 C_b \cdot 10^{-3} \text{ кН·м.} \quad (1.4.4.1-1)$$

Хвильовий згинальний момент, який викликає прогин корпусу судна, знаходиться за формулою

$$M_w = -110 C_w B L^2 (C_b + 0,7) \cdot 10^{-3} \text{ кН·м,} \quad (1.4.4.1-2)$$

де C_w – хвильовий коефіцієнт згідно з виразом (1.3.1.4); C_b – коефіцієнт загальної повноти судна ($C_b \geq 0,6$).

Момент опору поперечного перерізу корпусу судна (для палуби і днища) в середній частині повинен бути не менший за

$$W = \frac{M_T}{\sigma} \cdot 10^3 \text{ см}^3, \quad (1.4.6.2)$$

де $M_T = |M_{sw} + M_w|$ – розрахунковий згинальний момент, кН·м, у розглядуваному перерізі судна, який дорівнює максимуму абсолютної величини алгебричної суми складових моментів M_{sw} і M_w ;

$\sigma = \frac{175}{\eta}$ – допустимі напруження, МПа; η – коефіцієнт (див. розд.2.4).

Момент опору поперечного перерізу корпусу в середній частині судна (для палуби і днища) повинен бути не менший за

$$W_{\min} = C_w BL^2(C_b + 0,7)\eta \text{ см}^3. \quad (1.4.6.7-1)$$

Момент інерції поперечного перерізу корпусу в середній частині судна повинен бути не менший за

$$I = 3C_w BL^3(C_b + 0,7) \text{ см}^4. \quad (1.4.6.9)$$

Одержані величини W і I використовуються для порівняння з геометричними характеристиками еквівалентного бруса, які розраховані для міделевого перерізу корпусу судна.

6. ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ КОРПУСУ СУДНА ЗА ПРАВИЛАМИ РЕГІСТРУ

6.1. Проектування листових конструкцій корпусу

Корпус судна – це складна система, що може бути поділена на дві структури: листову (обшивки, настили) і балкову (судновий набір). Кожне полотнище обшивки або настилу складається з простих конструкцій – поясів. Пояс – конструкція з листів, послідовно з'єднаних короткими боками.

Розрахунковою моделлю листових конструкцій є пластина – частина полотнища, яка з чотирьох боків обмежена опорним контуром, що утворюється балками суднового набору.

Більшість пластин має чітко виражену прямокутну форму і розподілене нормальне навантаження, яке викликає прогинання пластин за циліндричною поверхнею. Розрахунок листових конструкцій полягає у визначенні товщини листів, а ширина і довжина їх залежать від умов прокату та технічних можливостей суднобудівного заводу.

6.1.1. Проектування зовнішньої обшивки корпусу

Зовнішня обшивка складається з обшивки борту і дна. Її проектування починається з розподілу на пояси обводу поперечного перерізу корпусу судна (рис.9).

Ширина горизонтального кіля знаходиться за формулою (2.2.4.4) і не може бути більше 2000 мм. Товщина його повинна бути на 2 мм більшою від товщини зовнішньої обшивки дна. Ширина скулового пояса визначається положенням верхньої і нижньої кромок. Нижня кромка відповідає точці поєднання плоскої частини обшивки дна з криволінійною. Верхню кромку в розрахунках беруть вище внутрішнього дна на 200 мм. Товщину скулового пояса беруть рівною товщині обшивки дна або товщині надскулового пояса, в залежності від того, що більше.

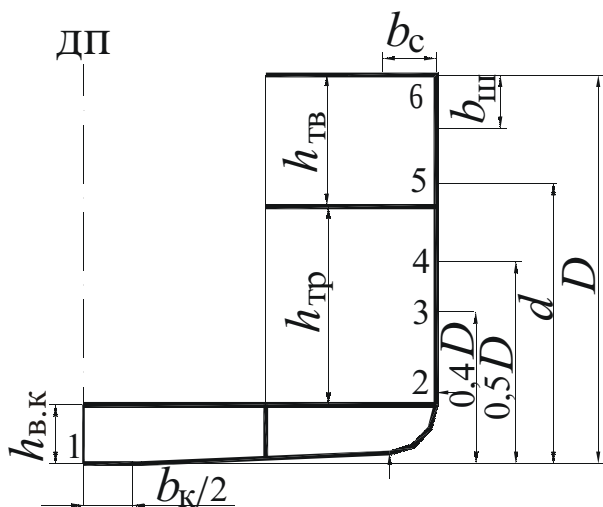


Рис.9

Ширину ширстрека беруть рівною ширині горизонтального кіля, а його товщину рівною товщині палубного стрингера або підширстрекового пояса борту, в залежності від того, що більше.

Ширину інших поясів беруть якомога більшою, щоб зменшити обсяг зварювальних робіт, але вона має відповідати технічним можливостям суднобудівного заводу.

Пази зовнішньої обшивки не повинні збігатися з лініями дотикання до неї будь-яких поздовжніх в'язей.

Товщина зовнішньої обшивки відповідно до умов міцності визначається за формулою (1.6.4.4), де k_{σ} – коефіцієнт, наведений в табл.6.1. Інші позначення наведені в розд.3.1.

Таблиця 6.1

Обшивка дна	Поперечна система набору	$k_{\sigma} = 0,3 \quad k_B \leq 0,6$
	Поздовжня система набору	$k_{\sigma} = 0,6$
Обшивка борту	$(0,4...0,5)D$ від основної площини	$k_{\sigma} = 0,6$
	На рівні верхньої палуби	$k_{\sigma} = 0,3 \quad k_D \leq 0,6$

Для обшивки борту нижче рівня $0,4D$ k_{σ} визначається лінійною інтерполяцією між k_{σ} дна і k_{σ} борту в межах $(0,4...0,5)D$; для обшивки борту вище рівня $0,5D$ – лінійною інтерполяцією між k_{σ} на рівні розрахункової палуби і k_{σ} в межах $(0,4...0,5)D$.

Коефіцієнти k_B і k_D розраховуються за формулами

$$k_B = \frac{W_B^{\Phi}}{W}; \quad k_D = \frac{W_D^{\Phi}}{W}, \quad (2.2.4.1)$$

де W – необхідний за Правилами момент опору корпусу, см^3 , в середній частині судна згідно з розд.5; W_B^{Φ} , W_D^{Φ} – фактичні моменти опору відповідно дна і палуби в середній частині судна, см^3 . При виконанні курсового проекту слід взяти $W = W_B^{\Phi} = W_D^{\Phi}$.

Розрахунок товщини листів зовнішньої обшивки за умовами міцності наведено в табл.6.2.

Розрахункові навантаження визначаються для розрахункових точок 1,2,3,4,5,6 (див. рис.9).

Таблиця 6.2

Розрахункові величини та позначення	Обшивка дна	Надскуловий пояс обшивки борту	Обшивка борту в межах $0,4D$	Обшивка борту в межах $0,5D$	Обшивка борту на рівні вантажної ватерлінії	Обшивка борту на рівні розрахункової палуби
	Розрахункові точки					
	1	2	3	4	5	6
Менший розмір пластини a , м						
Більший розмір пластини b , м						
Відношення a/b						

Продовж. табл.6.2

Розрахункові величини та позначення	Обшивка дна	Надскуловий пояс обшивки борту	Обшивка борту в межах 0,4D	Обшивка борту в межах 0,5D	Обшивка борту на рівні вантажної ватерлінії	Обшивка борту на рівні розрахункової палуби
	Розрахункові точки					
	1	2	3	4	5	6
Коефіцієнт $k = 1,2 - 0,5a/b$						
Розрахунковий тиск P , кПа						
Коефіцієнт k_σ						
$S' = 15,8ak \sqrt{\frac{P}{k_\sigma \sigma_n}}$ мм						
Додаток товщини ΔS , мм						
Товщина пластини $S = S' + \Delta S$ мм						

Стійкість зовнішньої обшивки дна, надскулового і підширстрєкового поясів та ширстрєка розраховується відповідно до розд.3.3.

Розрахункові стискальні напруження знаходяться за формулою

$$\sigma_c = \frac{M_{sw} + M_w}{I} z_i \cdot 10^5 \text{ МПа},$$

де $I = W_d(D - e) \cdot 10^2$ – момент інерції поперечного перерізу корпусу судна, см⁴; z_i – відстань розрахункової точки від нейтральної осі, м; W_d – момент опору палуби в середній частині судна, см³ (див.(1.4.6.2)); D – висота борту, м; e – відстань нейтральної осі від основної площини, м (в курсовому проекті слід брати $e = (0,34 + 0,06L \cdot 10^{-2})D$).

За розрахунковий згинальний момент для зовнішньої обшивки дна і надскулового пояса беруть момент, що викликає перегин корпусу, а для ширстрєка і підширстрєкового пояса – момент, що викликає прогин корпусу.

Критичні напруження $\sigma_{cr} = k\sigma_c$ визначаються за умови стійкості пластин зовнішньої обшивки, при цьому $k = 1,0$ – коефіцієнт запасу стійкості для пластин.

Відношення σ_{cr}/R_{eH} визначає формулу для розрахунку ейлерових напружень:

$$\text{при } \sigma_{cr}/R_{eH} \leq 0,5 \quad \sigma_e = \sigma_{cr};$$

$$\text{при } \sigma_{cr}/R_{eH} > 0,5 \quad \sigma_e = 0,25R_{eH}^2/(\sigma_{cr} - \sigma_{cr}).$$

Товщина пластини зовнішньої обшивки, яка відповідає умовам стійкості, знаходиться за формулою

$$S = b \sqrt{\frac{\sigma_e}{0,1854n}} + \Delta S \text{ мм},$$

де b – бік пластини, що сприймає нормальні стискальні напруження, м; n – коефіцієнт, що враховує співвідношення боків пластини і розподіл нормальних стискальних напружень уздовж кромки пластини, див. табл.(1.6.5.5-1); ΔS – додаток товщини на знос і корозію, мм, див. табл.(1.6.5.5-2).

Розрахунок товщини S , мм, листових конструкцій зовнішньої обшивки на стійкість наведено в табл.6.3.

Таблиця 6.3

Розрахункові величини	Перегин		Прогин	
	Обшивка дна	Надскуловий пояс	Підшир-стрековий пояс	Ширстрек
M_{sw} , кН·м				
M_w , кН·м				
Розрахунковий момент				
M_T , кН·м				
z_i , м				
σ_c , МПа				
$\sigma_{cr} = k\sigma_c$, МПа				
σ_{cr}/R_{eH}				
σ_e , МПа				
a , м				
b , м				
$\gamma = a/b$				
ψ – коефіцієнт із табл.(1.6.5.5-1)				

Продовж. табл.6.3

Розрахункові величини	Перегин		Прогин	
	Обшивка дна	Надскуловий пояс	Підшир- стреканий пояс	Ширстрек
n				
$S' = b \sqrt{\frac{\sigma_e}{0,1854n}} \text{ мм}$				
ΔS – додаток з табл.(1.6.5.5-2), мм				
$S = S' + \Delta S \text{ мм}$				

Мінімальна будівельна товщина повинна бути не менша від

$$S_{\min} = (5,5 + 0,04L) \sqrt{\eta} \text{ мм при } L \geq 30 \text{ м.} \quad (2.2.4.8)$$

6.1.2. Проектування настилу верхньої палуби

Верхня палуба суховантажного судна має центральні люки, ширина яких не перевищує 0,7 ширини судна. Товщина настилу цієї розрахункової палуби між бортом і поздовжнім комінгсом люка з урахуванням поздовжніх палубних балок основного та рамного набору повинна забезпечити момент опору W_d поперечного перерізу корпусу судна.

Якщо товщину настилу розрахункової палуби беруть меншою від товщини борту, то передбачається палубний стрингер. Ширина стрингера верхньої палуби визначається за формулою

$$b_c = 5L + 800 \leq 1800 \text{ мм.} \quad (2.6.4.1.4)$$

Товщину палубного стрингера беруть не меншу від товщини обшивки борту. Товщина настилу верхньої палуби відповідно до умов міцності визначається за формулою (1.6.4.4), де $P = 0,7P_w \geq P_{\min}$; $P_{\min} = 0,015L + 7$ в середній частині корпусу судна; P_w – хвильовий тиск, кПа (див. розд.4.1); $k_\sigma = 0,3k_d \leq 0,6$ для поперечної системи набору; $k_\sigma = 0,6$ для поздовжньої системи набору; ΔS – додаток на знос і корозію.

У курсовому проекті слід взяти $k_d = 1$. Інші позначення наведені в розд.3.1. Стійкість пластин настилу верхньої палуби розраховується згідно з розд.3.3. Розрахункові стискальні напруження визначаються за формулою

$$\sigma_c = \frac{M_{sw} + M_w}{I} z_i \cdot 10^5 \text{ МПа},$$

де за розрахунковий згинальний момент беруть момент, що викликає прогин корпусу. Далі розрахунок виконують за табл.6.3.

Мінімальна будівельна товщина настилу верхньої палуби повинна бути не менша від $S_{\min} = (7 + 0,02L) \sqrt{\eta}$ мм при $L > 100$ м.

6.1.3. Проектування настилів внутрішнього дна і нижньої палуби

Товщина настилів внутрішнього дна, нижньої палуби і міждонного листа відповідно до умов міцності визначається за формулою (1.6.4.4).

Для настилу внутрішнього дна обирають більший розрахунковий тиск P , кПа, з таких умов: P_b – розрахунковий тиск, кПа, від штучного вантажу – див.(1.3.4.1), розд.4.2; $P_{\text{вип}} = 7,5h_{\text{п.т}}$ – випробувальний тиск, кПа; $P_{\text{а.з}} = 10,5(d - h)$ – тиск аварійного затоплювання, кПа, де $h_{\text{п.т}}$ – віддаленість настилу внутрішнього дна від верху повітряної трубки, м; h – фактична висота подвійного дна, м.

Розрахунковий тиск на конструкцію внутрішнього дна, якщо міждонний простір заповнений баластом, визначається за формулами

$$P = 0,75g(z_i + \Delta_z) \text{ кПа}; \quad (1.3.4.2-4) \quad P = \rho_b g z_i + p_k \text{ кПа}, \quad (1.3.4.2-5)$$

де ρ_b – питома вага рідини, т/м³; z_i – відстань, м, виміряна в діаметральному площині від розглядуваної в'язі до верхньої палуби; Δ_z – висота, м, повітряної трубки, яка дорівнює 1,5 м для баластних цистерн суховантажного судна; $p_k = 15$ кПа – тиск запобіжного клапана.

Для нижньої палуби розрахунковий тиск від штучного вантажу знаходиться за формулою (1.3.4.1) і не може бути менше 20 кПа.

Для палуб і платформ, на яких розміщується вантаж, пасажирів та устаткування, розрахунковий тиск P обчислюється за (1.3.4.1), при цьому $h_{\text{в.г}} \geq 3,5$ кПа. Для платформ у машинному відділенні $P_{\min} = 18$ кПа. Коефіцієнт допустимих напружень k_σ визначається за табл.6.4.

Таблиця 6.4

Настил внутрішнього дна	Поперечна система набору	$k_\sigma = 0,6k_B \leq 0,8$
	Поздовжня система набору	$k_\sigma = 0,8$
Настил нижньої палуби	Поперечна система набору	$k_\sigma = 0,65k_D \leq 0,8$
	Поздовжня система набору	$k_\sigma = 0,8$

Для решти внутрішніх палуб і платформ $k_{\sigma} = 0,9$. У розрахунках взяти $k_B = k_D = 1,0$.

Розрахунок товщин поясів настилів внутрішнього дна і нижньої палуби наведено в табл.6.5. Розрахунок товщини настилу внутрішнього дна за умовою стійкості виконується аналогічно розрахунку товщини зовнішньої обшивки дна.

Мінімальна будівельна товщина настилу внутрішнього дна визначається за формулою

$$S_{\min} = (5 + 0,035L) \sqrt{\eta} \quad \text{при } L > 80 \text{ м.} \quad (2.4.4.4.2)$$

Мінімальна будівельна товщина настилу нижньої палуби

$$S_{\min} = (7 + 0,01L) \sqrt{\eta} \quad \text{при } L \geq 100 \text{ м.}$$

Настил нижньої палуби не перевіряється на стійкість.

Таблиця 6.5

Розрахункові величини	Настил внутрішнього дна	Настил нижньої палуби
Менший розмір пластини a , м		
Більший розмір пластини b , м		
Відношення a/b		
$k = 1,2 - 0,5a/b$		
Розрахунковий тиск P , кПа		
Коефіцієнт k_{σ}		
$S' = 15,8ak \sqrt{\frac{P}{k_{\sigma}\sigma_n}}$ мм		
Додаток товщини ΔS , мм		
Товщина $S = S' + \Delta S$ мм		

Якщо в трюмі відсутній дерев'яний настил, товщина настилу $S_{\min}$ внутрішнього дна під вантажними люками повинна бути збільшена на 2 мм.

У табл.6.6 наведено результати проектування листових конструкцій з урахуванням вимог міцності, стійкості та регламентованих Правилами мінімальних товщин. Ці розрахунки слід розглядати як підсумки першого наближення. Товщина деяких листових конструкцій може бути збільшена з урахуванням загальної поздовжньої міцності та уніфікації листового прокату.

Таблиця 6.6

Назва листової конструкції та умовне позначення її товщини	Значення товщини, мм			
	за міцністю	за стійкістю	мінімальне	взяте
Обшивка дна S_d				
Горизонтальний кіль S_k				
Скуловий пояс $S_{ск}$				
Надскуловий пояс $S_{нск}$				
Обшивка борту на рівні вантажної ватерлінії S_b				
Підширстреканий пояс $S_{пш}$				
Ширстрек $S_{ш}$				
Палубний стрингер $S_{п.с}$				
Настил верхньої палуби $S_{в.п}$				
Настил внутрішнього дна $S_{в.д}$				
Міждонний лист $S_{м.л}$				
Настил внутрішнього дна під люком $S_{в.д.л}$				
Настил нижньої палуби $S_{н.п}$				

6.2. Проектування конструкцій набору подвійного дна

Набір подвійного дна розташований між настилом внутрішнього дна і зовнішньою обшивкою. Опорним контуром днищового перекриття є два борти і дві суміжні поперечні перегородки.

У залежності від розташування в перекритті балок основного набору розглядаються дві конструкції днищового перекриття, які набрані за поперечною або за поздовжньою системою.

6.2.1. Поперечна система набору дна

Основний набір перекриття – це флори, які розташовані через шпацию. Суцільні флори в машинному відділенні і в першому за форпиковою перегородкою вантажному трюмі розташовані через шпацию. В інших вантажних трюмах суцільні флори можна розміщувати через 5 шпаций або через 3,6 м, в залежності від того, що менше.

Між суцільними флорами необхідно встановити відкриті флори (бракетні або полегшені). Під поперечними перегородками розміщують водонепроникні флори.

У діаметральній площині знаходиться вертикальний кіль. Відстань між ним і днищевим стрингером, або між днищевими стрингерами, або між днищевим стрингером і міждонним листом на рівні настилу внутрішнього дна повинна бути не більше 4,2 м (рис.10). У районі машинного відділення під поздовжньою балкою фундаменту суднового двигуна потрібно розташувати додатковий днищевий стрингер.

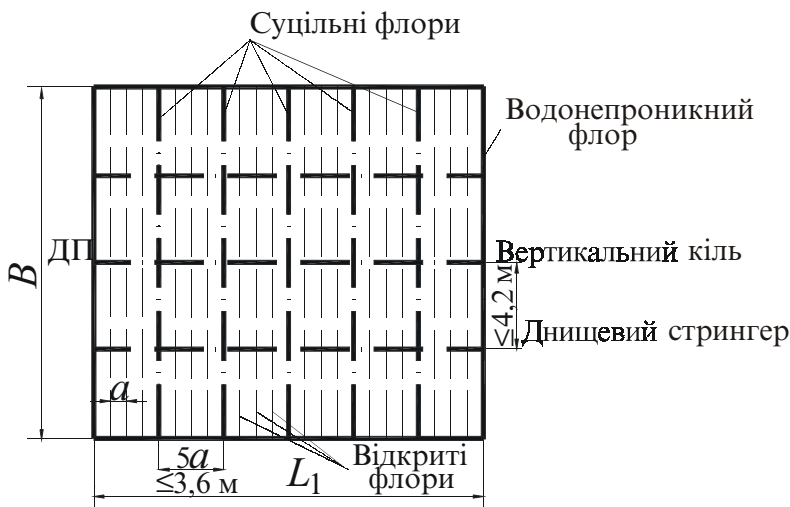


Рис.10

Проектування конструкцій флорів. Суцільний флор має таку висоту h , м, у діаметральній площині, як і вертикальний кіль. Посередині висоти суцільного флора розміщують лази. Їх вертикальний розмір не повинен перевищувати половину висоти флора (рис.11).

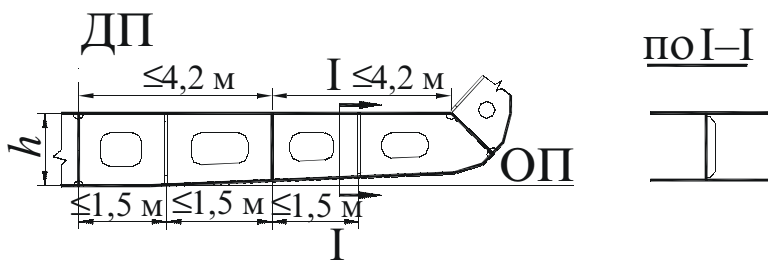


Рис.11

Товщина суцільного флора визначається за формулою

$$S = \alpha k a \sqrt{\eta} + \Delta S \text{ мм}, \quad (2.4.4.3-1)$$

де $\alpha = 0,12L - 1,1 \leq 6,5$; $k = k_1 k_2$; a – відстань між ребрами жорсткості, м, яка не може бути більшою від фактичної висоти дна h ; η – коефіцієнт (див. табл.2.1, розд.2.4); ΔS – додаток на знос і корозію, мм (див. розд.3.2); k_1 визначається за табл.(2.4.4.3-1); k_2 визначається за табл.(2.4.4.3-2).

Таблиця (2.4.4.3-1)

a_{ϕ}/a	1	2	3	4	5
k_1	1,00	1,15	1,20	1,25	1,30

Таблиця (2.4.4.3-2)

Число стрингерів на один борт	0	1	2	3 і більше
k_2	1,0	0,97	0,93	0,88

У табл.(2.4.4.3-1) a_{ϕ} – відстань між суцільними флорами, м; a – шпация, м.

Лист суцільного флора підкріплюється вертикальними ребрами жорсткості. Відстань a між ними не перевищує 1,5 м. Товщина ребра жорсткості повинна бути не менше $0,8S$ (S – товщина флора). Момент інерції ребра жорсткості розраховується за формулою (1.6.5.6-1) – див с.19, де γ – коефіцієнт, який визначається за табл.(1.6.5.6) – див. розд.3.3; a – відстань між ребрами жорсткості, см; S – фактична товщина флора, мм.

Мінімальна будівельна товщина флора

$$S_{\min} = 0,035L + 5 \text{ мм}. \quad (2.4.4.3.2-1)$$

Полегшений флор виконується з листових панелей, які мають великі вирізи $l = 1,2h$, $b = 0,6h$, де h – висота подвійного дна (рис.12,а).

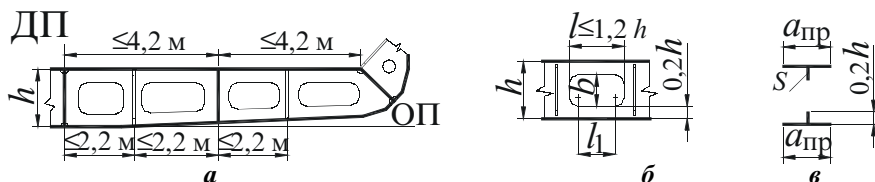


Рис.12

Правила передбачають перевірку панелі полегшеного флора за формулою (1.6.4.1), де $Q = Pal$; $P = P_{st} + P_w$ – див.(1.3.2.1-1) для нижньої панелі (див. рис.12,б); P для верхньої панелі беруть як навантаження на настил внутрішнього дна; $l = l_1$ – довжина прямої частини панелі до закруглень, м; $m = 12$; $k_\sigma = 0,65$ для нижньої панелі; $k_\sigma = 0,75$ для верхньої панелі.

Визначається фактичний момент опору W_ϕ перерізу стінки панелі з приєднаним пояском ($a_{пр} = l_1/6$). Товщина приєданого пояса дорівнює товщині зовнішньої обшивки дна або товщині настилу внутрішнього дна (див. рис.12,б). Висота панелі дорівнює $0,2h$. Товщина S , мм, полегшеного флора дорівнює товщині суцільного флора. Повинна виконуватися умова $W_\phi \geq W$.

Бракетний флор виконується з нижніх та верхніх балок, які з'єднані бракетами у вертикального кіля, днищевих стрингерів і міждонного листа.

Момент опору нижньої балки знаходиться за формулою (1.6.4.1), де $Q = Pal$ кН; $m = 12$; $k_\sigma = 0,65$; l – прогін, м; $P = P_{st} + P_w$ – див. (1.3.2.1-1); a – шпация, м; ω_k – коефіцієнт, який враховує знос і корозію (див. розд.3.2).

Момент опору верхньої балки розраховується аналогічно, але навантаження визначається так само, як для настилу внутрішнього дна, при цьому $k_\sigma = 0,75$.

Товщина бракет повинна бути не менша за товщину суцільного флора, довжина бракет у вертикального кіля і міждонного листа повинна бути не менше $0,75$ висоти вертикального кіля. Вільну кромку бракет виконують з фланцем або з пояском (рис.13).

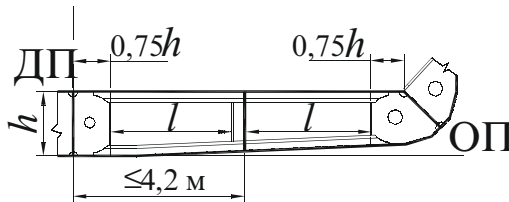


Рис.13

Водонепроникний флор підкріплюється ребрами жорсткості на відстані не більше 900 мм (рис.14).

Товщина водонепроникного флора визначається за формулою (1.6.4.4), де $k_\sigma = 0,85$; $k = 1,2 - 0,5alb$; a – відстань між ребрами жорст-

кості, м; b – висота подвійного дна, м. Розрахунковий тиск $P = \rho g z_1 + P_k$, де $P_k = 15$ кПа; z_1 – відстань від верхньої палуби в діаметральному площині до середини висоти флора, м. Товщина водонепроникного флора повинна бути не менша, ніж товщина суцільного флора.

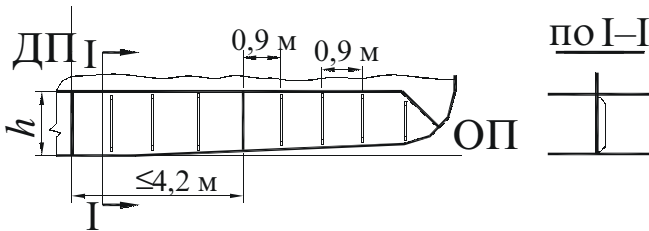


Рис.14

Ребра жорсткості водонепроникного флора повинні мати момент опору, який розраховується за формулою (1.6.4.1), де $Q = Pal$ кН; P – розрахунковий тиск, кПа (береться такий, як у флора); a – відстань між ребрами жорсткості, м; l – довжина ребра жорсткості, м; $m = 8$; $k_\sigma = 0,75$; ω_k – коефіцієнт, який враховує знос і корозію (див. розд.3.2).

Мінімальна будівельна товщина елементів конструкцій в подвійному дні повинна бути не менша від визначеної $S_{\min} = 0,025L + 5,5$ мм при $L > 80$ м (2.4.4.9).

Проектування конструкцій вертикального кіля і днищевих стрингерів. У днищевому переkritті суховантажного судна, що виконано за поперечною системою набору, вертикальний кіль проектується, як водонепроникна поздовжня рамна в'язь.

Висота вертикального кіля повинна бути не менша від визначеної за формулою

$$h = \frac{L - 40}{570} + 0,04B + 3,5 \frac{d}{L} \geq 0,65 \text{ м.}$$

Товщина стінки вертикального кіля згідно з Правилами визначається за формулою

$$S = \alpha_k h \frac{h}{h_\Phi} \sqrt{\eta} + \Delta S \text{ мм,} \quad (2.4.4.2.1)$$

де $\alpha_k = 0,03L + 8,3 \leq 11,2$; h_ϕ – фактична висота вертикального кіля, м; η – коефіцієнт, який визначається за табл.2.1 (див. розд.2.4); ΔS – додаток на знос і корозію, мм (див. розд.3.2).

Товщина вертикального кіля знаходиться також за формулою (1.6.4.4), де $k_\sigma = 0,6k_b \leq 0,75$, якщо вертикальний кіль підкріплюється вертикальними бракетами або ребрами жорсткості; $k_b = 1$; $k_\sigma = 0,75$, якщо вертикальний кіль підкріплюється горизонтальними ребрами жорсткості; a – шпация, м; $k = 1,2 - 0,5a/h_\phi \leq 1,0$; P – розрахунковий тиск, кПа, який визначається за формулою (1.3.4.2-4) або (1.3.4.2-5), в залежності від того, що більше; $P_k = 15$ кПа; z_i – відстань, м, від середини висоти панелі вертикального кіля до верхньої палуби в діаметральній площині; Δz – висота повітряної трубки (взяти $\Delta z = 1,5$ м); ΔS – додаток на знос і корозію, мм (див. розд.3.2).

Стійкість стінки вертикального кіля повинна бути забезпечена відповідно до розд.3.3 (рис.15). Зменшити товщину стінки вертикального кіля можна, якщо розмістити посередині висоти його горизонтальне ребро жорсткості, яке також треба перевірити на згин і стійкість.

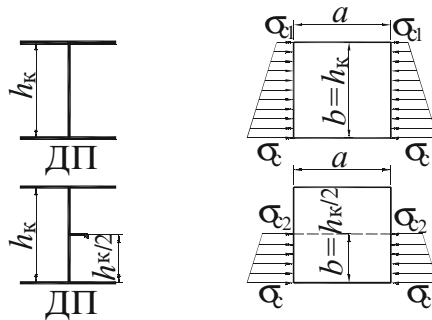


Рис.15

Товщина вертикального кіля повинна бути на 1 мм більша від товщини суцільного флора і не менша, ніж

$$S_{\min} = 0,035L + 5 \text{ мм}; \quad (2.4.4.3.2-1) \quad S_{\min} = 0,025L + 7 \text{ мм}.$$

Товщина вертикального кіля може бути не більша від товщини приєднаних до нього листів зовнішньої обшивки.

Товщина днищового стрингера повинна бути не менша, ніж товщина суцільного флора. Стійкість стінки днищового стрингера необхідно забезпечити відповідно до розд.3.3.

Якщо на стінці стрингера розміщується горизонтальне ребро жорсткості, то в районі лазу встановлюють два ребра жорсткості – зверху і знизу (рис.16).

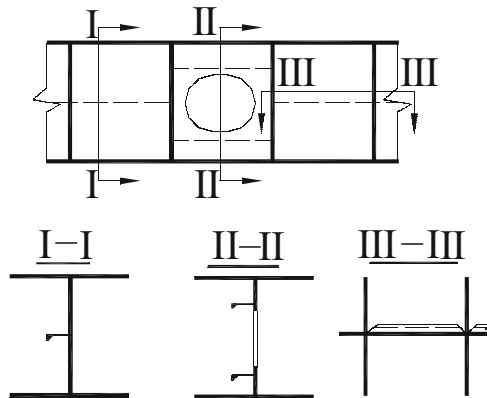


Рис.16

Мінімальна будівельна товщина стрингера, мм, визначається за формулою (2.4.4.3.2-1).

6.2.2. Поздовжня система набору дна

Основний набір перекриття – це поздовжні балки днища і внутрішнього дна, які розташовані через шпацию.

У машинному відділенні і в першому за форпиковою перегородкою вантажному трюмі ($0,25L$ від носового перпендикуляра) суцільні флори розташовані через дві шпациї, в інших випадках – через п'ять шпациї або через 3,6 м, в залежності від того, що менше. Під поперечними перегородками розміщуються водонепроникні флори (рис.17).

У діаметральній площині знаходиться вертикальний кіль. Відстань між вертикальним кілем і днищевим стрингером, або між днищевими стрингерами, або між днищевим стрингером і міждонним листом на рівні настилу внутрішнього дна повинна бути не більше 5,0 м. У районі машинного відділення під поздовжньою балкою фундаменту суднового двигуна необхідно розташувати додатковий днищевий стрингер.

Замість вертикального кіля може бути розташований тунельний кіль, який конструюється з двох стінок, установлених з двох

боків діаметральної площини. Ширина тунельного кіля не більше 1,9 м.

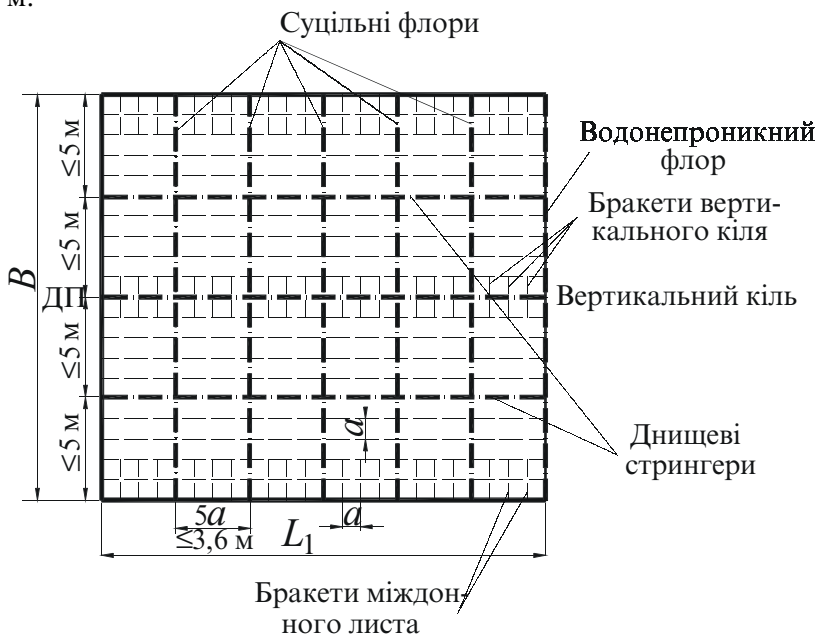


Рис.17

Проектування конструкцій флорів. Суцільний флор має таку висоту h , м, у діаметральної площині, як і вертикальний кіль. Посередині висоти флора розміщують лази (рис.18). Вертикальний розмір лазу не повинен перевищувати половину висоти флора. Товщина суцільного флора визначається за формулою (2.4.4.3-1), де $\alpha = 0,023L + 5,8$; $k = k_1 k_2$; a – відстань між ребрами жорсткості, м, яка дорівнює шпаци; η – коефіцієнт (див. табл.2.1, розд.2.4); ΔS – додаток на знос і корозію, мм (див. розд.3.2); k_1 розраховується за табл.(2.4.4.3-1); k_2 визначається за табл.(2.4.4.3-2).

Таблиця (2.4.4.3-1)

a_{ϕ}/a	1	2	3	4	5
k_1	–	1,25	1,45	1,65	1,85

Таблиця (2.4.4.3-2)

Число стрингерів на один борт	0	1	2	3 і більше
k_2	1,00	0,93	0,86	0,80

У табл.(2.4.4.3-1) a_{ϕ} – відстань між суцільними флорами, м; a – шпация, м.

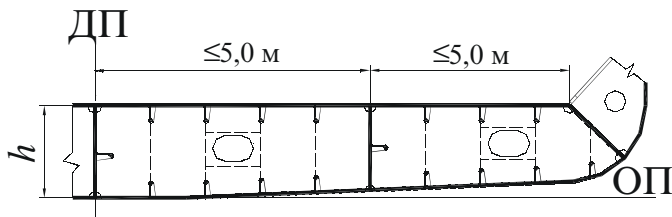


Рис.18

Лист суцільного флора підкріплюється вертикальними ребрами жорсткості, які розташовані в площині поздовжніх балок дна і внутрішнього дна. Товщина ребра жорсткості визначається так, як у розд.6.2.1.

Мінімальна будівельна товщина суцільного флора

$$S_{\min} = 0,035L + 6 \text{ мм.} \quad (2.4.4.3.2-2)$$

Водонепроникний флор підкріплюється ребрами жорсткості, які розташовані в площині поздовжніх балок дна і внутрішнього дна. Товщина та ребра жорсткості непроникного флора розраховуються аналогічно розд.6.2.1 при $m = 10$ і $k_{\sigma} = 0,75$, тому що верхній і нижній кінці ребер жорсткості приварені до балок основного набору дна і внутрішнього дна.

Товщина водонепроникного флора повинна бути не менша, ніж товщина суцільного флора. Товщина ребер жорсткості повинна бути не менша від розрахованої за формулою (2.4.4.9).

Проектування конструкцій вертикального (тунельного) кіля і днищевих стрингерів. Конструкція вертикального кіля виконується так, як у розд.6.2.1. Але стінка вертикального кіля в перекритті, виконаному за поздовжньою системою, підкріплюється з обох боків кіля бракетами, які приварюються до неї. Відстань між бракетами не повинна бути більше 1,2 м (рис.19,а).

Товщина бракет дорівнює товщині суцільного флора. Тунельний кіль, який може бути замість вертикального кіля, виконується з двох стінок, розташованих з обох боків діаметральної площини. З обох боків тунельного кіля повинні бути розташовані через шпацию

бракети, з конструкцією, аналогічною бракетам вертикального кіля (див. рис.19,б).

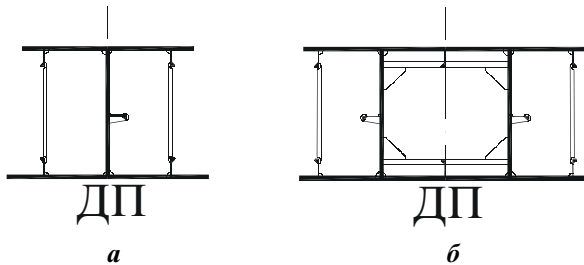


Рис.19

По дну і настилу внутрішнього дна між стінками тунельного кіля в площині кожного шпангоута необхідно розташувати поперечні балки з кницями або бракети. В діаметральній площині по дну і внутрішньому дну між поперечними балками тунельного кіля встановлюються поздовжні балки.

Товщина стінок тунельного кіля повинна бути не менше 0,9 товщини вертикального кіля. Тому виконується розрахунок товщини вертикального кіля аналогічно розд.6.2.1, тобто перевіряється стінка вертикального кіля на міцність і стійкість, а потім визначається товщина стінок тунельного кіля.

Днищеві стрингери проектується так само, як днищеві стрингери в розд.6.2.1. Перевіряється мінімальна будівельна товщина конструкцій вертикального кіля і днищевих стрингерів за формулою (2.4.4.3.2-1).

Проектування балок основного набору. Поздовжні балки зовнішньої обшивки дна і настилу внутрішнього дна повинні мати момент опору, який визначається в Правилах згідно з формулою (1.6.4.1), де $Q = Pal$ кН; P – розрахунковий тиск, кПа, який для балок дна дорівнює $P_{st} + P_{w'}$, див.(1.3.2.1-1), а для балок подвійного дна береться, як для настилу внутрішнього дна; a – шпация, м; l – прогін балок між суцільними флорами, м; $k_{\sigma} = 0,45k_B \leq 0,65$ для балок дна; $k_{\sigma} = 0,6k_B \leq 0,75$ для балок внутрішнього дна (в курсовому проекті взяти $k_B = 1,0$); ω_k – поправка на знос і корозію (див. розд.3.2).

Після розрахунків підбирають відповідний профіль балки. Якщо відношення прогону балки до її висоти менше 10, площу стінки балки потрібно визначити за формулою

$$f_c = \frac{10N_{\max}\omega_k}{k_\tau\tau_n}, \quad (1.6.4.3)$$

де $N_{\max} = 0,5Pal$ кН; P – розрахунковий тиск, кПа, на дно або на внутрішнє дно; $k_\tau = 0,45k_B$ для нижньої балки; $k_\tau = 0,60k_B$ для верхньої балки; $k_B = 1,25$; $\tau_n = 0,57\sigma_n$; ω_k – поправка на знос і корозію.

Стійкість поздовжніх балок повинна бути перевірена відповідно до розд.3.3.

Мінімальна будівельна товщина стінок балок визначається за формулою (2.4.4.9).

Довжина бракет, які з'єднують поздовжні балки по дну і внутрішньому дну, повинна бути не менше 2,5 висоти днищеві балки (рис.20).

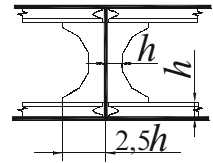


Рис.20

Поперечні балки, розташовані в тунельному кілі, повинні мати момент опору, який знаходиться за формулою (1.6.4.1).

Розрахунки моменту опору верхньої і нижньої балок виконуються аналогічно розрахункам поздовжніх балок основного набору перекриття. Беруть $k_\sigma = 0,65$ для нижніх і верхніх балок тунельного кіля. На стійкість балки не перевіряються.

Мінімальна будівельна товщина для цих балок визначається за формулою (2.4.4.9). Дві балки тунельного кіля, розташовані в діаметральній площині, вибираються за мінімальною товщиною своїх стінок.

При поздовжній системі набору дна міждонний лист підкріплюється між суцільними флорами на кожному шпангоуті бракетною, яка по довжині доведена до першої поздовжньої на дні або до другої поздовжньої на настилі внутрішнього дна балки і приварюється до них. Товщина бракети повинна дорівнювати товщині суцільного флора. Вільний край бракети повинен мати поясок або фланець (рис.21).



Рис.21

6.3. Проектування конструкцій борту

У курсовому проекті розглядається одинарний борт у районі вантажного відсіку і машинного відділення, який виконаний за поперечною системою набору.

6.3.1. Проектування конструкцій борту в районі вантажного відсіку

У районі вантажного відсіку зовнішня обшивка борту підкріплюється основним набором – шпангоутами. Рамні шпангоути і бортові стрингери відсутні в трюмному та міжпалубному приміщеннях (рис.22).

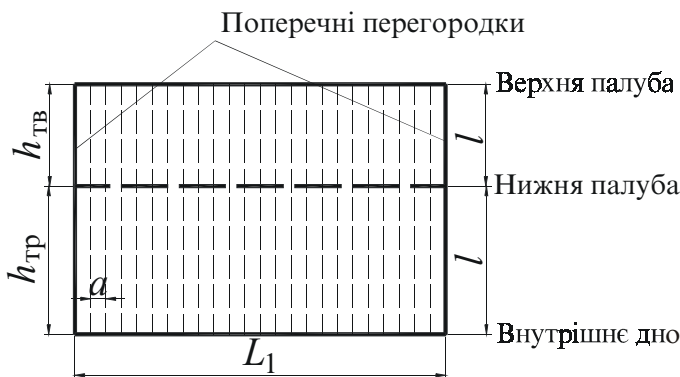


Рис.22

Момент опору трюмного шпангоута повинен бути не менший від визначеного за формулою (1.6.4.1), де $Q = Pal$ кН; a – шпация, м; l – прогін шпангоута між внутрішнім дном і нижньою палубою, м; $m = 18$, якщо момент опору W розраховується в прогоні шпангоута; $k_{\sigma} = 0,65$ для шпангоутів зовнішнього борту; ω_k – поправка на знос і корозію (див. розд.3.2); P – розрахунковий тиск, кПа, що визначається посередині прогону шпангоута за формулою (1.3.2.1-1).

Визначений тиск P повинен бути не менший за $P_{\min} = 10z + 0,15L + 10$ при $L \geq 60$ м, де z – відстань, м, середини прогону шпангоута від літньої вантажної ватерлінії (рис.23).

Момент опору шпангоута в міжпалубному приміщенні знаходиться за формулою (1.6.4.1), де $Q = Pal$ кН; P – розрахунковий тиск, кПа, який визначається за формулою (1.3.2.2-2) – див. розд.4.1; a – шпация, м; l – прогін шпангоута між палубами, м; $m = 10$ для шпан-

гоутів одинарного борту; $k_{\sigma} = 0,65$ для шпангоутів зовнішнього борту; ω_k – поправка на знос і корозію.

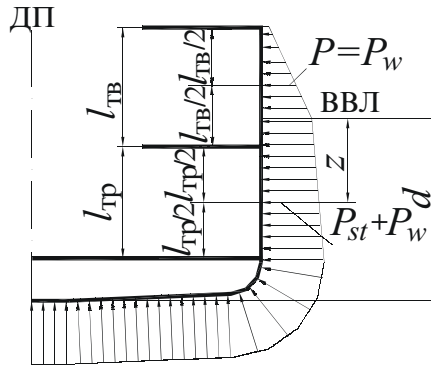


Рис.23

6.3.2. Проектування конструкцій борту машинного відділення

У трюмі машинного відділення передбачається розташування рамних шпангоутів і бортових стрингерів. Рамні шпангоути необхідно розташувати на відстані 5 шпаций або 3 м, в залежності від того, що більше. При цьому вони повинні збігатися з поперечними рамами фундаменту суднового двигуна. В площині рамних шпангоутів розміщуються також суцільні флори і рамні бімси нижньої палуби.

Бортові стрингери слід розташувати на відстані не більше 2,5 м один від одного, або від настилу внутрішнього дна до стінки бортового стрингера, або між стінкою бортового стрингера та настилом нижньої палуби (рис.24).

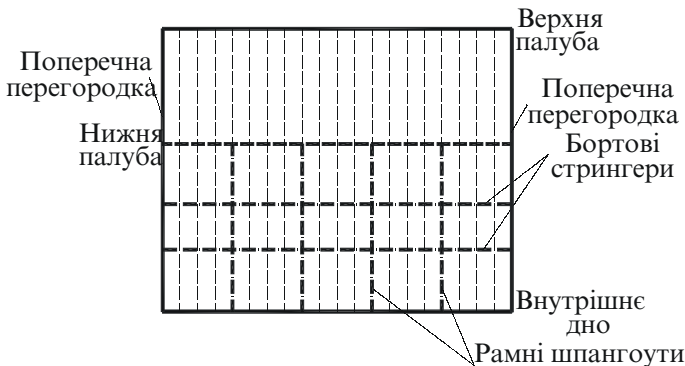


Рис.24

Момент опору W , см^3 , трюмного шпангоута в машинному відділенні визначається так само, як у вантажному трюмі, але прогін l , м, шпангоута тут дорівнює відстані між бортовими стрингерами або між бортовим стрингером і настилом внутрішнього дна.

Момент опору рамного шпангоута (рис.25) знаходиться за формулою (1.6.4.1), де $Q = Pal$ кН; P – розрахунковий тиск, кПа, що визначається посередині прогону рамного шпангоута за формулою (1.3.2.1-1); a – відстань між рамними шпангоутами, м; $m = 11$; l – прогін рамного шпангоута, м; $k_\sigma = 0,65$; ΔW – додаток на знос і корозію (див. розд.3.2).

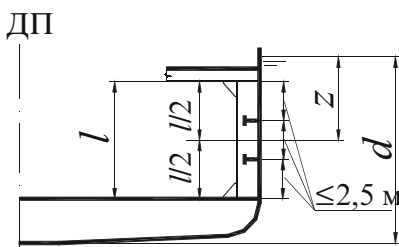


Рис.25

Площа поперечного перерізу стінки рамного шпангоута повинна бути не меншою від визначеної за формулою

$$f_c = \frac{10N_{\max}}{k\tau\tau_n} + 0,1h\Delta S \text{ см}^2, \quad (1.6.4.3.2)$$

де $N_{\max} = 0,5Pal$ кН; a – відстань між рамними шпангоутами, м; l – прогін рамного шпангоута, м; $k_\tau = 0,65$; h – висота стінки рамного шпангоута, см; ΔS – додаток на знос і корозію, мм (див. розд.3.2); P – розрахунковий тиск, кПа, що визначається за формулою (1.3.2.1-1) при відстані z_p , м, розрахункової точки від літньої вантажної ватерлінії.

Висота стінки рамного шпангоута повинна бути не менше 0,1 прогону, а товщина стінки не менша від визначеної $S = 0,01l + 3,5$ мм. Висота стінки бортового стрингера дорівнює висоті стінки рамного шпангоута.

Товщина стінки бортового стрингера може бути на 1 мм меншою від товщини стінки рамного шпангоута. Товщина вільного пояса бортового стрингера дорівнює товщині пояса рамного шпангоута.

6.3.3. Закріплення кінців шпангоутів

Нижні кінці трюмних шпангоутів з'єднуються з днищевим перекриттям за допомогою скулових книць.

При похилому міждонному листі скулова книця повинна повністю перекривати скулу (рис.26,*а*).

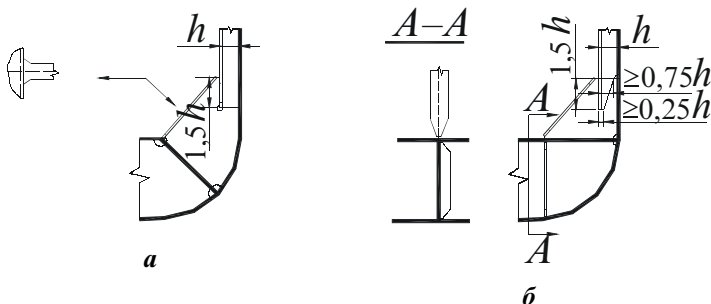


Рис.26

Вільна кромка скулової книці має фланець або пояс, ширина якого від стінки книці повинна бути не менша за $b = 200S_{\pi} / \sqrt{R_{eH}}$ мм, де S_{π} – товщина, мм, пояса, що не перевищує три товщини стінки книці. Товщина стінки книці дорівнює товщині суцільного флора, але не може бути більшою від товщини стінки шпангоута в 1,5 разу.

Якщо міждонний лист горизонтальний, то ширина скулової книці біля настилу повинна відповідати умовам, за яких момент опору її перерізу при з'єднанні з настилом внутрішнього дна в два рази більший від моменту опору шпангоута.

Вільний пояс цієї книці може бути зрізаний на "вус" або приварений до настилу внутрішнього дна. Стінка флора або бракети під скуловою кницею підкріплюється ребром жорсткості (див. рис.26,*б*).

Конструкція закріплення кінця шпангоута до скулової книці повинна бути такою, щоб у кожному перерізі момент опору був не менший, ніж у шпангоута. Верхні кінці шпангоутів повинні бути доведені до палуб. Бімси палуб, виконані за поперечною системою набору, теж слід доводити до шпангоутів. Розміри книць, які підкріплюють верхні кінці шпангоутів, розраховуються відповідно до розд.3.4 (рис.27,*а*). Якщо палуба виконана

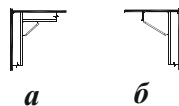


Рис.27

за поздовжньою системою набору, то книця, яка закріплює шпангоут, повинна бути доведена до поздовжньої балки і приварена до неї (див. рис.27,б).

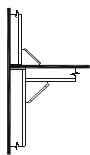


Рис.28

Висота і ширина книць, які з'єднують рамний бімс і рамний шпангоут, дорівнюють висоті стінки меншої рамної балки. Товщину книць беруть рівною меншій товщині стінок балок, які з'єднуються. Вільний поясок книці може бути таким, як вільні пояски рамних балок. Якщо шпангоути розрізані на палубі, їх нижні кінці закріплюються кницями (рис.28).

6.4. Проектування конструкцій палубного набору

Настил палуби підкріплюється основним і рамним наборами. Система набору палуби визначається напрямом основного набору перекриття. Якщо це бімси, розташовані через шпацию поперек корпусу судна, система набору перекриття є поперечною. Якщо це поздовжні палубні балки, розташовані через шпацию вздовж корпусу судна, система набору перекриття є поздовжньою.

6.4.1. Проектування конструкцій верхньої і нижньої палуб за поперечною системою набору

Основні балки перекриття – бімси, що мають опори на борту і на карлінгсі (поздовжній рамній палубній балці). Якщо карлінгси розрізаються на поперечних перегородках, їх стінки повинні бути приварені до обшивки поперечної перегородки з двох боків та закріплені кницями до рамних стояків перегородок. У районі вирізу люка в палубі стінка карлінгса збігається зі стінкою поздовжнього комінгса люка. Стінка рамного бімса також збігається зі стінкою поперечного комінгса люка.

Верхня кромка комінгсів люка повинна бути підкріплена пояском. З'єднання поясків карлінгса і рамного бімса слід виконувати за допомогою хрестовини, товщину якої беруть рівною більшій товщині цих поясків.

Карлінгси і рамні бімси повинні бути підкріплені кницями або бракетами, якщо передбачається розміщення на їх перехресті пілерсів (рис.29). Якщо стінка карлінгса по висоті більша від стінки рамного бімса при їх з'єднанні, то вона повинна бути підкріплена кницями,

які розташовують у площині рамного бiмса і приварюють до вільного пояса рамного бiмса, стiнки і вільного пояса карлінгса. Стiнку карлінгса слід підкріпити вертикальними ребрами жорсткості там, де з'єднується карлінгс з бiмсом.

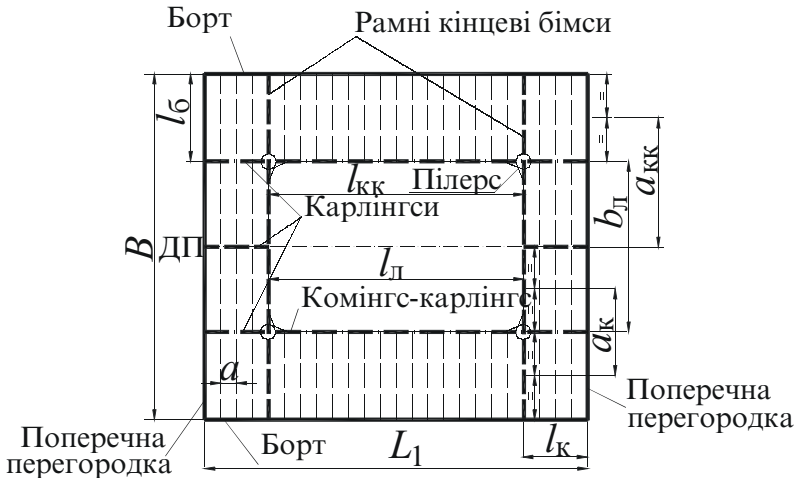


Рис.29

Момент опору бiмса верхньої палуби повинен бути не менший від визначеного за формулою (1.6.4.1), де $Q = Pal$ кН; a – шпация, м; l – прогін бiмса, м; $m = 10$; $k_{\sigma} = 0,65$; ω_k – поправка на знос і корозію (див. розд.3.2); P – розрахунковий тиск, кПа, який визначається за формулою $P = 0,7P_w \geq P_{\min}$ ($P_{\min} = 0,015L + 7$).

Момент інерції i , см⁴, бiмса верхньої палуби повинен бути не менший від визначеного за формулою

$$i_6 = 6,33 \left(\frac{S}{a} \right)^3 l^4 \varphi \chi \cdot 10^{-3}, \quad (2.6.4.3.2)$$

де a – шпация, м; l – прогін бiмса, м; S – товщина настилу верхньої палуби, мм; $\varphi = 1$ при $\sigma_c \leq 0,5R_{eH}$ і $\varphi = 4 \frac{\sigma_c}{R_{eH}} \left(1 - \frac{\sigma_c}{R_{eH}} \right)$ при $\sigma_c > 0,5R_{eH}$; $\chi = \frac{\lambda^2}{4 - 1,5\lambda^4}$, де $\lambda = 4 \frac{\sigma_c}{\varphi} \left(\frac{a}{S} \right)^2 \leq 1,0$; σ_c – стискальні напруження, МПа, у верхній палубі.

Згідно з визначеними моментом опору W , см^3 , і моментом інерції i , см^4 , підбирається профіль бiмса верхньої палуби.

Момент опору бiмса нижньої палуби повинен бути не менший від визначеного за формулою (1.6.4.1), де $Q = Pal$ кН; P – розрахунковий тиск, кПа, на бiмс нижньої палуби, який визначається за формулою (1.3.4.1) при $h\rho_{\text{в}}g \geq 3,5$ кПа ($\rho_{\text{в}}$ – питома вага вантажу, т/м^3). Інші позначення – як для бiмса верхньої палуби.

Момент інерції i , см^4 , поперечного перерізу бiмса нижньої палуби не визначається.

Момент опору карлінгса верхньої палуби визначається за формулою (1.6.4.1), де $Q = Pal$ кН; P – розрахунковий тиск, кПа, на карлінгс (береться, як для бiмса верхньої палуби); $a = a_{\text{к}}$ – ширина, м, дії тиску P , яка дорівнює половині доданих відстаней між карлінгсами і карлінгсом та бортом (див. рис.29); $l = l_{\text{к}}$ – прогін карлінгса між поперечним комінгсом люка і поперечною перегородкою, м; $m = 10$; $k_{\sigma} = 0,35k_d \leq 0,65$ (у розрахунках взяти $k_d = 1,0$); ΔW – додаток на знос і корозію (див. розд.3.2).

Площа стінки карлінгса визначається за формулою (1.6.4.3.2), де $N_{\text{max}} = 0,5Pal$ кН; P – розрахунковий тиск на карлінгс, кПа; $a = a_{\text{к}}$ – ширина дії тиску, м; $l = l_{\text{к}}$ – прогін карлінгса, м; $k_{\tau} = 0,65$; h – висота стінки карлінгса, см.

Стінка карлінгса перевіряється на стійкість за формулою

$$\sigma_e = 7,83 \left(\frac{S_{\text{ст}}}{h_{\text{ст}}} \right)^2 \cdot 10^4, \quad (1.6.5.4-3)$$

де $S_{\text{ст}}$ – товщина, мм, стінки карлінгса, зменшена на величину ΔS , табл.(1.6.5.5.2); $h_{\text{ст}}$ – висота стінки карлінгса, мм.

За визначеними моментом опору W , см^3 , і площею стінки $f_{\text{с}}$, см^2 , карлінгса підбирається профіль карлінгса.

Момент опору комінгс-карлінгса верхньої палуби визначається за формулою (1.6.4.1), де $Q = Pal$ кН; P – розрахунковий тиск, кПа, який має таку ж величину, що й тиск на карлінгс; $a = a_{\text{кк}}$ – ширина, м, дії тиску P , яка дорівнює половині доданих відстаней між комінгс-карлінгсом і бортом та між комінгс-карлінгсами; $l = l_{\text{кк}}$ – прогін комінгс-карлінгса між пілерсами, м; $m = 10$; $k_{\sigma} = 0,35k_d \leq 0,65$ (слід узяти $k_d = 1,0$); ΔW – додаток на знос і корозію (див. розд.3.2).

Визначення фактичного моменту опору поздовжнього комінгс-

карлінгса виконується за допомогою розрахунку геометричних характеристик цієї рамної в'язі.

Ширина приєднаного пояса комінгс-карлінгса вантажного люка дорівнює $1/12$ довжини люка, але не може бути більше половини відстані між вантажним люком і бортом.

Товщина вертикального листа комінгса люка верхньої палуби може бути не більше 11 мм (рис.30,*а*). Стійкість стінки комінгса люка перевіряється згідно з розд.3.3.

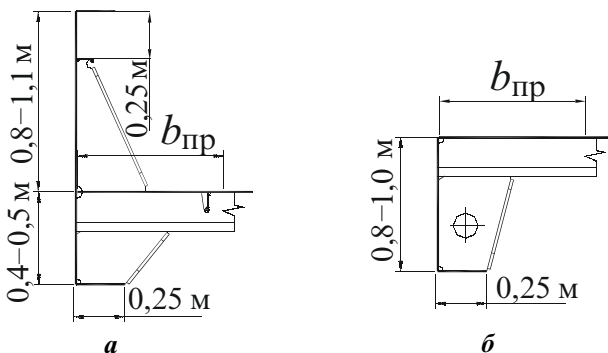


Рис.30

Момент опору W , см^3 , карлінгса нижньої палуби визначається аналогічно моменту опору карлінгса верхньої палуби. Слід урахувати інший тиск P і $k_{\sigma} = 0,7$. Перевірка площі стінки карлінгса нижньої палуби виконується так само, як для верхньої палуби. При цьому також слід брати до уваги інший тиск P і $k_{\tau} = 0,7$. На стійкість карлінгса нижньої палуби не перевіряється.

Комінгс-карлінгс нижньої палуби визначається аналогічно комінгс-карлінгсу верхньої палуби. Враховуються $k_{\sigma} = 0,7$ та інший тиск P , а в перевірці площі стінки комінгс-карлінгса – інший тиск P і $k_{\tau} = 0,7$. Визначення фактичного моменту опору комінгс-карлінгса нижньої палуби виконується за допомогою розрахунку геометричних характеристик цієї рамної в'язі (див. рис.30,*б*).

6.4.2. Проектування конструкцій верхньої палуби за поздовжньою системою набору

Основні балки перекриття – поздовжні палубні балки, які мають опори на рамних бімсах і поперечних перегородках.

Рамні бімси мають опори на карлінгсах і бортах. Карлінгси і

комінгс-карлінгси мають опори на пілерсах і поперечних перегородках (рис.31).

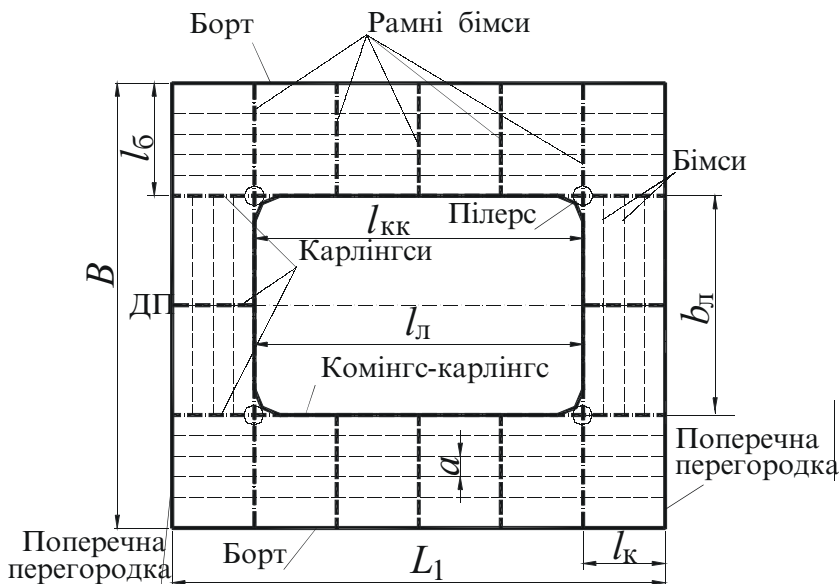


Рис.31

Момент опору поперечного перерізу поздовжніх палубних балок визначається за формулою (1.6.4.1), де $Q = Pal$ кН; P – розрахунковий тиск, кПа, який знаходиться аналогічно тиску на бімси верхньої палуби; a – шпация, м; l – прогін, м, поздовжньої балки між рамними бімсами; $m = 12$; $k_{\sigma} = 0,45k_d \leq 0,65$ (слід узяти $k_d = 1,0$).

Поздовжні палубні балки перевіряються на стійкість за формулою (1.6.5.4-1) – див. розд.3.3.

Момент опору поперечного перерізу рамних бімсів визначається за формулою (1.6.4.1), де $Q = Pal$ кН; P – розрахунковий тиск, кПа, який знаходиться аналогічно тиску на поздовжню палубну балку; a – відстань між рамними бімсами, м; $l = l_{p.6}$ – прогін рамного бімса, м; $k_{\sigma} = 0,65$; $m = 10$; ΔW – додаток на знос і корозію.

Момент інерції поперечного перерізу рамного бімса визначається за формулою

$$I_6 = 0,76 \left(\frac{l}{c} \right)^3 \frac{l}{a_1} i \varphi \chi \text{ см}^4,$$

де l – прогін рамного бiмса між опорами, м; c – відстань між рамними бiмсами, м; a_1 – відстань між поздовжніми палубними балками, м; i – фактичний момент інерції, см^4 , поздовжньої палубної балки з приєднаним пояском; $\varphi = 1,0$ при $1,15\sigma_c \leq 0,5R_{eH}$ та $\varphi = 4,6(1 - 1,15\sigma_c/R_{eH})$

при $1,15\sigma_c > 0,5R_{eH}$; $\chi = \frac{\lambda^2}{4 - 1,5\lambda^4}$ при $\lambda = 1,15 \frac{\sigma_c}{\varphi\sigma_e}$; σ_c – стискальні напруження, МПа; σ_e – фактичні ейлерові напруження, МПа, поздовжніх палубних балок, які розраховуються за формулою (1.6.5.4.-1) – див. розд.3.3.

Площа стінки рамного бiмса повинна бути не менша від визначеної за формулою (1.6.4.3.2), де $N_{\max} = 0,5Pal$ кН; P – розрахунковий тиск на рамний бiмс, кПа; a – відстань між рамними бiмсами, м; $k_\tau = 0,65$; l – прогін рамного бiмса між опорами, м; ΔS – поправка на знос і корозію (див. розд.3.2); h – висота стінки балки, см.

Відповідно до визначених W , см^3 , I_0 , см^4 , f_c , см^2 , підбирають профіль рамної в'язі. Карлінгси і комінгс-карлінгси верхньої палуби, виконаної за поздовжньою системою набору, визначаються так, як для верхньої палуби, що виконана за поперечною системою набору.

6.5. Проектування конструкцій пілерсів

Пілерси забезпечують передачу зусиль з конструкцій палуб на розташовані нижче конструкції корпусу. Частіше їх виконують з металевих труб, але пілерси також можуть бути виконані зі швелерів, двотаврового профілю або коробчастими.

У конструкції набору палуби пілерс розташовують на перехресті карлінгса і рамного бiмса, на внутрішньому дні – на перехресті суцільного флора і днищового стрингера (рис.32).

Кінці пілерсів закріплюються кницями, які забезпечують передачу зусиль на опорні конструкції палуби або дна (рис.33,а).

Розрахункове навантаження на пілерс визначається за формулою

$$P = pl_m b_m + \sum_i (pl_m b_m)_i \text{ кН}, \quad (2.9.3.1)$$

де p – розрахунковий тиск, кПа, на палубу, яка розташована над

пілерсом; l_m – відстань, м, яка вимірюється вздовж карлінгсів між серединами їх прогонів; b_m – середня ширина, м, площі палуби з вантажним люком, яку підтримує пілерс; $\sum (pl_m b_m)_i$ – сума навантажень з розташованих вище палуб, які передаються на пілерс, що розглядається.

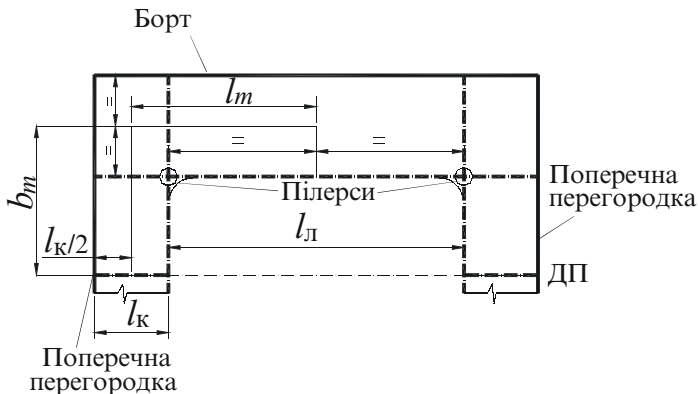


Рис.32

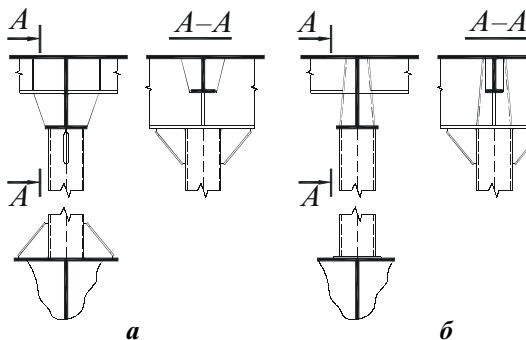


Рис.33

Площа поперечного перерізу пілерса повинна бути не менша від визначеної за формулою

$$f = \frac{10kP}{\sigma_{cr}} + \Delta f \text{ см}^2,$$

де $k = 2$ – коефіцієнт запасу стійкості; σ_{cr} – критичне напруження

відповідно до розд.3.3 в залежності від ейлерових напружень

$$\sigma_e = \frac{206i}{f l^2} \text{ МПа; } i - \text{момент інерції перерізу пілерса, см}^4; l - \text{довжина}$$

пілерса, м; Δf – додаток на знос і корозію, см²; $\Delta f = 0,03d_0\Delta S$ для трубчастого пілерса; $\Delta f = 0,1\Sigma h_i\Delta S$ для коробчастого пілерса; $\Delta f = 0,05\Sigma h_i\Delta S$ для пілерсів зі швелерів і двотаврів; Σh_i – довжина периметра поперечного перерізу пілерса, см.

Товщина S стінок трубчастого пілерса повинна бути не менше $\frac{d_0}{50} + 3,5$ мм; інших пілерсів – $S = \frac{h_n}{50}$, де d_0 – зовнішній діаметр пілерса, мм; h_n – висота стінки профілю, мм.

Розміри трубчастого пілерса можна вибрати за табл.6.7.

Таблиця 6.7

Зовнішній діаметр d_0 товщина стінки S , мм	Площа перерізу f , см ²	Момент інерції I , см ⁴	Довжина пілерсів, м							
			2	3	4	5	6	7	8	9
			Допустиме навантаження, кН*)							
89×6	15,6	135	126	102	69	44	31	23	17	14
108×6	19,2	251	172	145	117	82	57	42	32	25
133×8	31,4	616	295	272	240	199	149	110	84	66
168×9	45,0	1420	441	420	392	354	309	255	198	156
219×9	59,4	3280	593	577	555	527	493	452	405	352
273×10	82,6	7150	844	830	810	785	754	717	675	627
299×12	108,0	11160	1130	1114	1092	1064	1029	988	941	887
377×12	137,6	22900	1447	1435	1417	1395	1367	1335	1298	1255
426×14	181,0	38400	1936	1923	1905	1881	1852	1818	1779	1735

Товщина стінки пілерса повинна бути не менше 6 мм. Якщо нижній кінець трубчастого пілерса при навантаженні $P < 250$ кН не має книць, то настил палуби (внутрішнього дна) необхідно зміцнити додатковим листом з $S = 6$ мм, $D = d_0 + 6S$ (див. рис.33,б).

*) Допустиме навантаження на пілерс визначене при $R_{ch} = 235$ МПа і $u = 0,1$ мм/рік.

6.6. Проектування конструкцій перегородок

На суховантажних суднах поперечні водонепроникні перегородки виконують роль аварійних, тобто протидіють розповсюдженню води по суднових відсіках при аварії. В залежності від довжини суховантажного судна Правила [4] дають рекомендації щодо кількості (мінімуму) водонепроникних перегородок на судні (табл.2.7.1.3).

Таблиця (2.7.1.3)

Довжина судна, м	Загальна кількість перегородок на судні	
	Машинне відділення в середині	Машинне відділення в кормі
< 65	4	3
65...85	4	4
85...105	5	5
105...125	6	6
125...145	7	6
145...165	8	7
165...185	9	8
> 185	За узгодженням з Регістром	

Як правило, відстань між суміжними перегородками не повинна бути більше 30 м. Усі водонепроникні перегородки повинні доходити по висоті до верхньої палуби суховантажного судна. На багатопалубних суднах, де висота між палубами порівняно невелика, поперечні перегородки виконують плоскими, а не гофрованими. Конструкція обшивки поперечної перегородки складена з поясів, які розташовані поперек судна (рис.34). Обшивка перегородки підкріплена вертикальними стояками – основним набором. Під карлінгами верхньої і нижньої палуб розташовані рамні стояки, що є опорами для цих палубних рамних в'язей.

Товщина обшивки перегородки визначається за формулою (1.6.4.4) – див. с.11, де a – відстань між вертикальними стояками, м; $k = 1,2 - 0,5a/b \leq 1,0$ (a – менший розмір пластини, м; b – більший розмір пластини, м); $k_{\sigma} = 0,9$; ΔS – додаток на знос і корозію (див. розд.3.2); P – розрахунковий тиск, кПа, який визначається за формулою $P = 7,5z_{\pi}$ (z_{π} – відстань, м, у діаметральній площині від точки прикладання навантаження до палуби перегородок).

Розрахунок товщин поясів обшивки поперечної перегородки за

умовами міцності виконується в табл.6.8. Товщина нижнього пояса обшивки перегородки повинна бути на 1 мм більша від мінімальної і не менше 6 мм.

Таблиця 6.8

Розрахункові величини та позначення	Значення для розрахункових точок				
	1	2	3	4	5
Розрахунковий тиск P , кПа					
Коефіцієнт k_{σ}					
$S' = 15,8ak \sqrt{\frac{P}{k_{\sigma}\sigma_n}}$ мм ($k = 1$)					
Додаток товщини ΔS , мм					
Товщина пластини $S = S' + \Delta S$ мм					
Мінімальна товщина $S_{min} = 0,02L + 4$ мм ($L \leq 150$ м)					
Взята товщина пластини, мм					

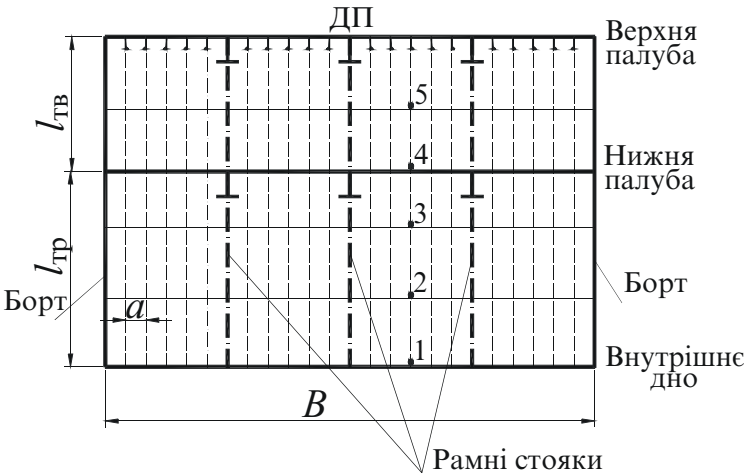


Рис.34

Момент опору вертикального стояка в трюмі знаходиться за формулою (1.6.4.1), де $Q = Pal$ кН; P – розрахунковий тиск, кПа, який визначається в середині прогону трюмного вертикального стояка згідно з формулою $P = 7,5z_n$ (z_n – відстань середини прогону стояка від палуби перегородок, м); a – відстань, м, між стояками, яка дорівнює не більше 0,9 м, якщо верхня палуба і дно набрані за попе-

речною системою, і дорівнює шпациї, якщо вони набрані за поздовжньою системою; l – прогін стояка, м; $k_{\sigma} = 0,75$; ω_k – поправка на знос і корозію (див. розд.3.2); m – визначається за табл.(2.7.4.2).

Таблиця (2.7.4.2)

Кінці стояків зрізані на "вус"	$m = 8$
Кінці стояків приварені	$m = 10$
Кінці стояків закріплені кницями	$m = 18$

Момент опору вертикального стояка в міжпалубному відсіку визначається за формулою (1.6.4.1), де $Q = Pal$ кН; P – розрахунковий тиск, кПа, який вимірюється в середині прогону цього стояка; l – прогін стояка, м. Інші позначення аналогічні розрахунку моменту опору трюмного стояка.

Момент опору рамного стояка в трюмі визначається за формулою (1.6.4.1), де $Q = Pal$ кН; P – розрахунковий тиск, кПа, як у трюмного вертикального стояка; a – відстань між рамними стояками, м; $m = 11$; ΔW – додаток на знос і корозію (див. розд.3.2). Інші позначення аналогічні розрахунку моменту опору трюмного стояка.

Площа поперечного перерізу стінки рамного стояка повинна бути не менша від визначеної за формулою (1.6.4.3.2), де $N_{\max} = 0,5Pal$ кН; $k_{\tau} = 0,75$; h – висота стінки рамного стояка, см. Інші позначення аналогічні розрахунку моменту опору рамного стояка.

Момент опору рамного стояка в міжпалубному відсіку визначається за формулою (1.6.4.1), де $Q = Pal$ кН; P – розрахунковий тиск, кПа, як у вертикального стояка міжпалубного відсіку; a – відстань між рамними стояками, м; $m = 10$. Інші позначення аналогічні розрахунку моменту опору вертикального стояка.

Книці, які закріплюють кінці вертикальних стояків, при поперечній системі набору палуб і дна повинні бути подовжені до першого бімса або флора.

Якщо верхня палуба і дно набрані за поздовжньою системою, книці приварюють до поздовжніх палубних балок і настилу внутрішнього дна в площині його поздовжніх балок.

Рамні стояки закріплюють кницями до вільних поясів карлінгсів і до настилу внутрішнього дна в площині днищевих рамних в'язей.

Розміри книць розраховують згідно з розд.3.4.

6.7. Проектування конструкцій шахт машинного відділення

Вирізи в палубах і платформах у машинному відділенні повинні бути огорожені конструкціями – шахтами.

Обшивка шахти складена з поясів, аналогічних поясам поперечної перегородки (рис.35). Товщина обшивки шахти нижче палуби перегородок дорівнює товщині обшивки водонепроникної перегородки в цьому районі і визначається за формулою (1.6.4.4), де a – відстань між стояками шахти, м; $k = 1,0$; P – розрахунковий тиск, кПа, який знаходиться за формулою $P = 7,5z_n$, де z_n – відстань, м, у діаметральній площині від точки прикладання навантаження до палуби перегородок (верхньої палуби); $k_\sigma = 0,9$; $\Delta S''$ – додаток на знос і корозію (див. розд.3.2).

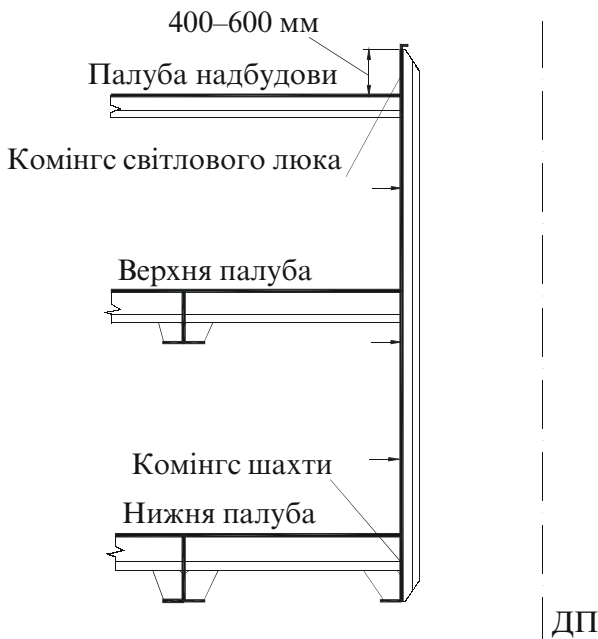


Рис.35

Обшивка шахти підкріплюється стояками, які розташовані на відстані не більше 0,9 м один від одного. Момент опору поперечного перерізу стояка шахти визначається аналогічно моменту опору вертикального стояка поперечної перегородки в міжпалубному приміщенні.

6.8. Проектування конструкцій тунелю гребного вала

Тунель гребного вала проектується з обшивки, яка підкріплюється вертикальними стояками. Відстань між ними дорівнює шпациї. Верхня частина тунелю може бути округлою або плоскою (рис.36).

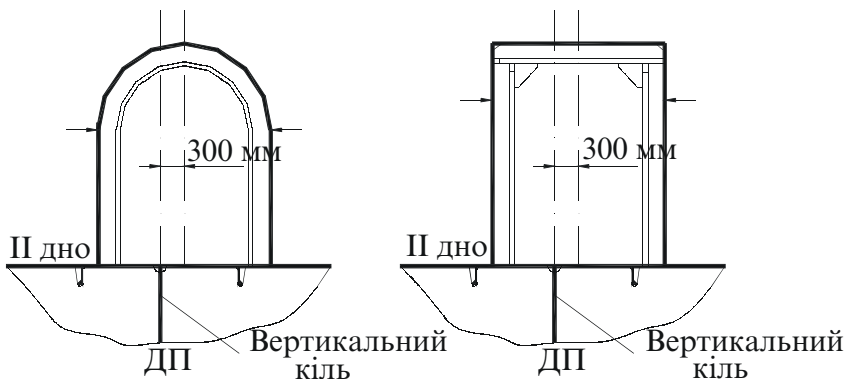


Рис.36

Товщина листів обшивки визначається за формулою (1.6.4.4), де a – шпация, м; $k = 1,0$; P – розрахунковий тиск, кПа, який знаходиться за формулою $P = 7,5z_n$ (z_n – відстань, м, від розрахункової точки в діаметральній площині до палуби перегородок); $k_\sigma = 0,9$; ΔS – додаток на знос і корозію, мм (див. розд.3.2).

Будівельна мінімальна товщина обшивки тунелю $S_{\min} = 4 + 0,02L$ мм при $L \leq 150$ м).

Товщина обшивки верхньої частини тунелю, яка знаходиться під вантажним люком, повинна бути збільшена на 2 мм.

Момент опору вертикального стояка тунелю гребного вала визначається за формулою (1.6.4.1), де $Q = Pal$ кН; P – розрахунковий тиск, кПа, який знаходиться за формулою $P = 7,5z_n$ (z_n – відстань, м, у діаметральній площині від середини прогону вертикального стояка до палуби перегородок); l – прогін вертикальної частини стояка, м; $m = 10$, тому що кінці стояків приварюються до настилу внутрішнього дна без книць; $k_\sigma = 0,75$; ω_k – поправка на знос і корозію (див. розд.3.2).

6.9. Проектування конструкцій фундаментів суднового двигуна

У курсовому проекті передбачається розташування одного двигуна внутрішнього згоряння масою більше 200 т.

Конструкція фундаменту під двигун виконується з двох вертикальних листів (стінок), на яких зверху розташовані горизонтальні опорні листи для закріплення двигуна до фундаменту (рис.37).

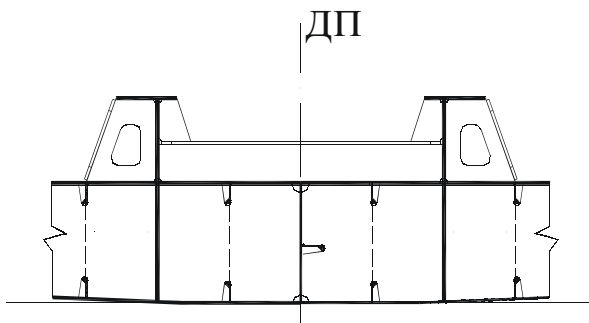


Рис.37

Товщина деталей фундаменту визначається за формулою

$$S = k_0 \sqrt[3]{Q} + k_1 \text{ мм,}$$

де k_0 визначається за табл.(2.11.3.1-1); $k_1 = 0$; Q – маса механізму, т.

Таблиця (2.11.3.1-1)

Фундамент двигуна внутрішнього згоряння	k_0		
	Опорний лист	Стінка	Бракета
	4,65	3,0	2,5

Ширину опорного листа фундаменту в курсовому проекті беруть рівною десяти його товщинам. Ширина поясків бракет і книць дорівнює десяти їх товщинам, але не більше 120 мм. Пояски книць зрізаються на "вус".

Товщина деталей фундаменту головного двигуна внутрішнього згоряння повинна бути не менша від визначеної за формулою

$S = k_2 \sqrt[3]{N} + k_3 \text{ мм,}$ але не менша від товщини, що вимагається вище; тут N – специфікаційна потужність двигуна, кВт; k_2, k_3 – коефіцієнти, які визначаються за табл.(2.11.3.2).

Таблиця (2.11.3.2)

N , кВт	Число стінок	Коефіцієнт	Опорний лист	Стінка	Бракети, книці
≤ 1000	2	k_2	1,7	1,1	0,9
		k_3	6	4	3
	4	k_2	1,4	0,9	0,9
		k_3	5	3	3
> 1000	2	k_2	1,0	1,0	0,7
		k_3	13	5	5
	4	k_2	0,8	0,7	0,7
		k_3	11	5	5

6.10. Проектування конструкцій надбудов і рубок

На верхній палубі суховантажного судна, машинне відділення якого розташоване посередині довжини корпусу, передбачається надбудова або рубка.

Якщо ширина надбудови дорівнює ширині судна, то рубка повинна бути по ширині не більше 0,96 ширини судна.

6.10.1. Проектування конструкцій надбудови в середній частині корпусу судна

Довга середня надбудова визначається довжиною

$$l_1 = 2l_k \text{ м}, \quad (2.12.1.2-2)$$

але не менше $0,15L$, де l_k – довжина кінцевої частини надбудови, м;

$$l_k = 1,5(B_2/2 + h), \quad (2.12.1.2-1)$$

де B_2 – ширина, м, палуби надбудови, але без урахування ширини вирізу вантажного люка або шахти машинного відділення; h – висота, м, першого ярусу надбудови (рис.38).

Коротка середня надбудова має довжину менше l_1 і не бере участь у загальному поздовжньому згинанні.

У курсовому проєкті розглядають поперечну систему набору короткої середньої надбудови.

Нижній пояс бортової обшивки надбудови виконується зі сталі, що має таку границю плинності, як розрахункова палуба судна. Ширина нижнього пояса повинна бути не менше $0,5h$.

Кінцеві перегородки надбудови повинні бути по можливості

розташовані в одній площині з поперечними перегородками корпусу або якомога ближче до них. Нижні кінці вертикальних стояків кінцевих перегородок надбудови слід приварити до настилу верхньої палуби.

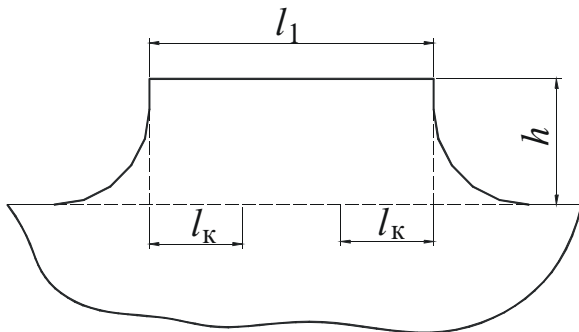


Рис.38

Нижні кінці шпангоутів надбудови закріплюються кницями до настилу верхньої палуби. Стінки карлінгсів палуби першого ярусу надбудови повинні бути розташовані в одній площині зі стінками карлінгсів верхньої палуби (рис.39).

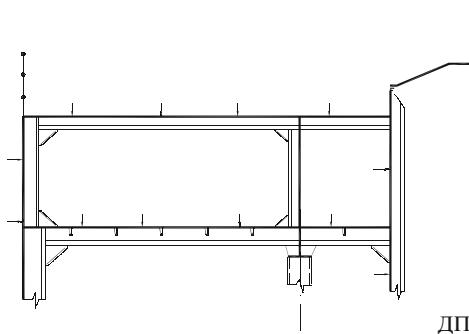


Рис.39

Розрахунковий тиск P , кПа, на борт надбудови визначається за формулою (1.3.2.2-2), але не повинен бути меншим від $P_{\min} = 0,03L + 5$.

Розрахунковий тиск на відкриті частини палуби надбудови визначається за формулою $P = 0,7P_w$ кПа, де P_w – хвильове навантаження, кПа, на рівні верхньої палуби – див.(1.3.2.2-2), але не менший від $P_{\min} = 0,015L + 4$.

Товщина бортової обшивки надбудови визначається за формулою (1.6.4.4), де a – шпация, м; $k = 1,0$; $k_{\sigma} = 0,7$; P – розрахунковий тиск на бортову обшивку, кПа; ΔS – додаток на знос і корозію, мм.

Мінімальна будівельна товщина $S_{\min} = (4,5 + 0,025L) \sqrt{\eta}$ мм.

Товщина настилу палуби надбудови визначається за формулою (1.6.4.4), де a – шпация, м; $k = 1,0$; $k_{\sigma} = 0,7$; ΔS – додаток на знос та корозію, мм; P – розрахунковий тиск, кПа, на настил першого ярусу палуби надбудови.

Мінімальна будівельна товщина настилу першого ярусу палуби надбудови $S_{\min} = (7 + 0,01L) \sqrt{\eta}$ мм.

Момент опору шпангоута надбудови визначається за формулою (1.6.4.1), де $Q = Pal$ кН; P – розрахунковий тиск, кПа, на шпангоут, який діє посередині прогону шпангоута; l – прогін, м; a – шпация, м; $m = 10$; $k_{\sigma} = 0,65$; ω_k – поправка на знос і корозію.

Момент опору бімса палуби надбудови визначається за формулою (1.6.4.1), де $Q = Pal$ кН; P – розрахунковий тиск на палубу надбудови, кПа; l – прогін, м; a – шпация, м; $m = 10$; $k_{\sigma} = 0,65$; ω_k – поправка на знос і корозію.

Момент опору карлінгса палуби надбудови розраховується за формулою (1.6.4.1), де $Q = Pal$ кН; P – розрахунковий тиск на палубу надбудови, кПа; a – ширина, м, настилу палуби, яка визначається між серединами прогонів бімса від борту до карлінгса і від карлінгса до шахти; l – прогін карлінгса, м; $m = 10$; $k_{\sigma} = 0,65$; ΔW – додаток на знос і корозію, см³.

6.10.2. Проектування конструкцій рубки в середній частині корпусу судна

Коротка рубка має довжину $l_p \leq 2l_k$, але не більшу від $l_p \leq 0,2L$. Рубка не бере участь у загальному поздовжньому згинанні, тому її набір виконується за поперечною системою (рис.40).

Бокова стінка рубки знаходиться на відстані 1,2 м від борту. З'єднання бокових стінок рубки з кінцевими перегородками слід виконувати з закругленням радіусом r , м, який визначається за формулою

$$r = \frac{l_p}{100} \left(1,5 + 0,1 \frac{l_p}{b} \right) \leq 1,4 \text{ м},$$

де b – ширина, м, рубки біля кінцевої перегородки (рис.41). Товщина обшивки бокових перегородок (бортових стінок) рубки може бути не більша від товщини бортової обшивки надбудови, якщо рубка розміщена на палубі однаково з надбудовою по довжині судна і висоті борту, і не менша від $S_{\min} = (4,5 + 0,025L) \sqrt{\eta}$ мм.

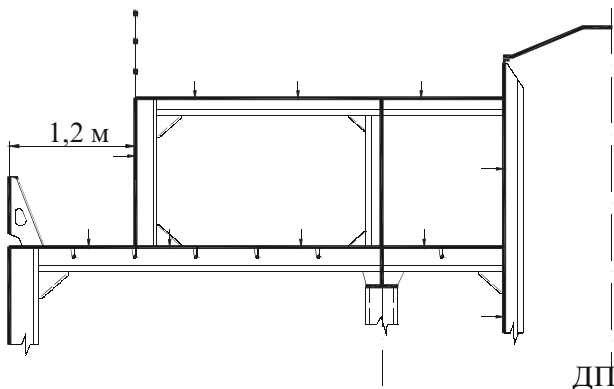


Рис.40

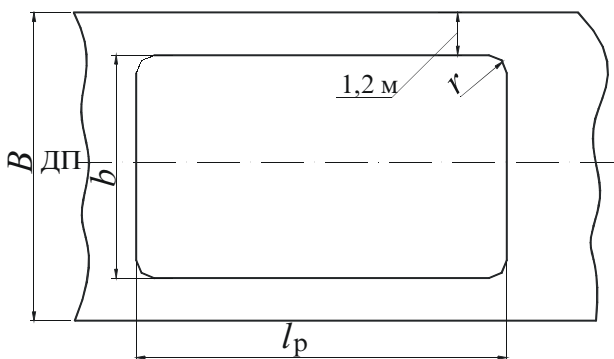


Рис.41

Інакше товщина обшивки бокових перегородок рубки розраховується за формулою (1.6.4.4), де a – шпация, м; $k = 1,0$; $k_{\sigma} = 0,6$; $\Delta S = 0$; $P = 0,7P_w$, де P_w – хвильове навантаження, кПа, на рівні верхньої палуби – див. (1.3.2.2-2), але не може бути менше від $P_{\min} = 0,015L + 4$.

Момент опору стояків бортових перегородок рубки повинен бути не менший від визначеного за формулою (1.6.4.1), де $Q = Pal$ – навантаження на стояк, кН; P – розрахунковий тиск, кПа; a – шпа-

ція, м; l – прогін стояка, м; $m = 12$, якщо нижній кінець стояка закріплено до палуби кницею; $m = 8$, якщо нижній кінець стояка зрізано на "вус"; $k_{\sigma} = 0,6$; $\omega_k = 1,0$.

Момент опору бімсів рубки визначається за аналогічною формулою при $m = 10$; $k_{\sigma} = 0,65$; l – прогін бімса, м; P – розрахунковий тиск, кПа; $\omega_k = 1,0$.

6.11. Проектування конструкцій фальшборту і леєрної огорожі



На суховантажних судах фальшборт не бере участь у загальному поздовжньому згинанні корпусу судна. Висота фальшборту повинна бути не менше 1,0 м від верхньої палуби.

Товщина обшивки фальшборту визначається за формулою $S = 0,025L + 4,0$ при $L > 60$ м, але не може бути менше 3 мм і не більше 8,5 мм. Обшивка фальшборту в середній частині судна до ширестрека не приварюється, а підкріплюється стояками, які повинні бути розташовані на відстані $l \leq 1,8$ м один від одного. З'єднання стояка з обшивкою повинне бути не менше 1/2 висоти фальшборту (рис.42).

Рис.42

Момент опору стояка фальшборту визначається за формулою (1.6.4.1), де $Q = = Pal$ кН; P – розрахунковий тиск, кПа, який визначається за формулою (1.3.2.2-2), але не менший від $P_{\min} = 0,02L + 14 \geq 15$ кПа; a – відстань між стояками, м; l – висота стояка, м; $m = 2,0$; $k_{\sigma} = 0,65$; ω_k – поправка на корозію (див. розд.3.2).

Виріз у стояку повинен бути не більше 1/2 ширини стояка в кожному його перерізі. Вільний кінець стояка підкріплюється фланцем або пояском, кінці якого не приварюються ні до палуби, ні до планшира.

Планшир фальшборту виконується зі штабобульба, тому ширина верхнього кінця стояка визначається висотою профілю штабобульба.

Рубку обладнують леєрною огорожею, висота якої дорівнює 1,0 м. Відстань між леєрними стояками визначається не більше 1,5 м. Кож-

ний третій стояк має контрфорс – додатковий нахилений стояк. Відстань між леєрами вказана на рис.43.

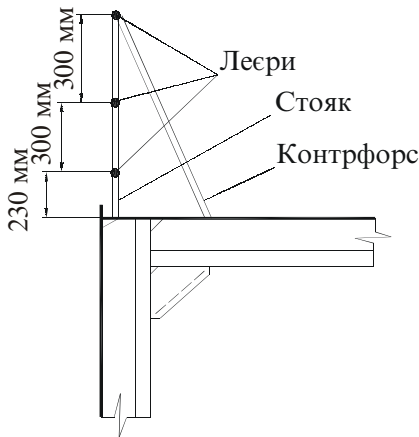


Рис.43

7. ПЕРЕВІРКА ЗАГАЛЬНОЇ ПОЗДОВЖНЬОЇ МІЦНОСТІ КОРПУСУ СУДНА

Після визначення розмірів в'язей конструктивного мідель-шпангоута суховантажного судна викреслюється розрахункова схема еквівалентного бруса, до якої входять усі поздовжні в'язі корпусу, що беруть участь у загальному поздовжньому згинанні.

Розрахунок геометричних характеристик еквівалентного бруса виконується в табл.7.1. У розрахунку порівняльна вісь збігається з основною площиною.

Для розрахунку геометричних характеристик слід використовувати наступні формули:

$$F = 2\Sigma_1; \quad e = \frac{\Sigma_2}{\Sigma_1}; \quad I = 2[(\Sigma_3 + \Sigma_4) - e^2\Sigma_1]; \quad W_d^\Phi = \frac{I}{D - e}; \quad W_b^\Phi = \frac{I}{e}.$$

Визначені розрахунком величини фактичних моментів опору верхньої палуби і дна порівнюються з моментами опору, які були розраховані за формулами Правил Регістру (розд.5). Загальна по-

здовжня міцність корпусу судна є забезпеченою, якщо $W_d^\Phi \geq W$;
 $W_b^\Phi \geq W$.

Таблиця 7.1

Найменування в'язей еквівалентного бруса	Розмір в'язі, мм	Площа перерізу в'язі, см^2	Відстань центра ваги площі перерізу в'язі від порівняльної осі, м	Статичний момент площі перерізу в'язі відносно порівняльної осі, $\text{см}^2 \cdot \text{м}$	Момент інерції площі перерізу в'язі відносно порівняльної осі, $\text{см}^2 \cdot \text{м}^2$	Власний момент інерції площі перерізу в'язі, $\text{см}^2 \cdot \text{м}^2$	Відстань центра ваги площі перерізу в'язі від нейтральної осі, м
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
		Σ_1		Σ_2	Σ_3	Σ_4	

Якщо ці вимоги не виконуються, рекомендовані такі конструктивні дії: збільшення товщин в'язей, заміна сталі на більш міцну або збільшення висоти борту судна.

Висновки щодо міцності корпусу судна можна використати для подальшого аналізу металомісткості корпусу судна, вартості його виготовлення тощо.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Барабанов Н.В.* Конструкция корпуса морских судов. – Л.: Судостроение, 1981. – 522 с.
2. *Матвеев В.Г.* Методичні вказівки до виконання практичних завдань з дисципліни "Конструкція корпусу корабля". – Миколаїв: УДМТУ, 1999. – Ч.1. – 27 с.
3. *Михайлов Б.Н., Шарун Г.В.* Проектирование конструктивного мидель-шпангоута сухогрузных судов: Метод. указания к выполнению курсового проекта. – Николаев: НКИ, 1990. – 64 с.
4. Правила классификации и постройки морских судов. Российский морской регистр судоходства. – С.Пб.: РМРС, 1999. – Т.1. – 471 с.

Таблиця 1. Штатбульб несиметричний для суднобудування. Сортамент (ГОСТ 21937-76)

Номер профілю	Елементи профілю					Елементи профілю з присланим пояском				
	Висота стілки	Товщина стілки	Ширина бульба	Площа, см ²	Момент інерції, см ⁴	Відстань від центра ваги, см	Загальна площа, см ²	Момент інерції, см ⁴	Найменший момент опору, см ⁴	Товщина присл- наного пояска, мм
5	50	4	16	2,9	7,0	3,1	62,9	44	9	10
5,5	55	4,5	17	3,5	10,2	3,4	63,5	61	12	10
6	60	5	19	4,3	15,0	3,7	64,3	87	15	10
7	70	5	21	5,1	24,1	4,4	65,1	137	20	10
8	80	5	22	5,8	36,2	5,1	65,8	202	25	10
9	90	5,5	24	7,0	55,6	5,7	67,0	295	33	10
10	100	6	26	8,6	85,2	6,3	68,6	434	45	10
12	120	6,5	30	11,2	158,0	7,6	71,2	767	68	10
14a	140	7	33	14,0	274,0	8,8	74,0	1274	100	10
14b	140	9	35	16,9	321,0	8,6	76,9	1398	112	10
16a	160	9	36	18,0	468,0	10,0	108/78,0	2200/1980	147/140	15/10
16b	160	10	38	21,2	527,0	9,8	111,2/81,2	2434/2190	165/159	15/10
18a	180	9	40	22,2	724,0	11,2	112,2/82,2	3280/2860	200/188	15/10
18b	180	11	42	25,8	837,0	10,8	115,8/85,8	3530/3130	218/206	15/10
20a	200	10	44	27,4	1078	12,4	117,4	4730	268	15
20b	200	12	46	31,4	1265	12,1	121,4	5110	296	15
22a	220	11	48	32,8	1611	13,5	122,8	6500	343	15
22b	220	13	50	37,2	1795	13,2	127,2	6930	372	15
24a	240	12	52	38,8	2232	14,7	128,8	8720	434	15
24b	240	14	54	43,6	2542	14,4	133,6	9250	466	15

Таблиця 2. Штатобульб симетричний для суднобудування. Сортамент (ГОСТ 9235-76)

Профіль	Елементи профілю				Елементи профілю з приєднаним пояском					
	Висота стінки	Товщина стінки	Ширина бульба	Площа профілю, см ²	Момент інерції, см ⁴	Відстань від центра ваги, см	Площа приєданого пояска, см ²			
							50		100	
							$I_{x_1^4}$ см ⁴	$W_{x_1^3}$ см ³	$I_{x_2^4}$ см ⁴	$W_{x_2^3}$ см ³
935	90	5,5	31,0	6,82	55	5,9	297	34	338	35
1035	100	5,5	35,5	8,53	84	6,6	450	47	512	50
1235	120	5,5	37,5	10,15	147	7,4	740	67	842	70
1446	140	6,0	42,0	13,10	257	9,3	1243	99	1426	104
1447	140	7,5	43,5	15,20	300	8,9	1339	108	1530	114
1646	160	6,5	48,5	16,47	422	10,7	1970	143	2190	146
1658	160	8,0	50,0	18,87	488	10,3	2120	155	2450	163
1857	180	7,0	55,0	20,20	656	12,1	2960	198	3420	205
1858	180	8,5	56,5	22,90	751	11,7	3120	212	3620	221
2068	200	8,4	60,4	26,06	1049	13,2	4250	270	5100	285
20610	200	10,0	62,0	29,26	1185	12,9	4510	280	5400	305
2268	220	8,0	64,0	28,24	1371	14,8	5570	327	6690	345
22610	220	10,0	68,0	33,14	1624	14,3	6010	362	7320	385
2468	240	8,5	71,0	33,17	1915	16,2	7530	420	9100	442
24710	240	10,5	75,5	38,65	2252	15,9	8100	464	9900	491
271010	270	10,0	102,0	41,74	3163	18,0	9100	480	11700	525
27812	270	12,0	82,0	48,33	3582	17,5	11600	622	13800	660
30810	300	10,0	89,0	51,00	4558	20,6	15900	800	20000	850
30812	300	12,0	91,0	57,00	5165	20,0	16400	835	20800	895

Примітка. Номер профілю: h – висота стінки, см; b – ширина бульба, см; S – товщина стінки, мм (у цілих числах).

Таблиця 3. Геометричні характеристики симетричних штабульбів 30810 (ГОСТ 9235 -76)

Профіль	Елементи профілю				Елементи профілю з приєднаним пояском					
	Висота стінки, мм	Площа профілю, см ²	Момент інерції, см ⁴	Відстань від центра ваги, см	Площа приєданого пояса, см ²					
					50		100		200 і більше	
					I_x см ⁴	W_x см ³	I_x см ⁴	W_x см ³	I_x см ⁴	W_x см ³
30810h180	180	39,0	1031	13,1	5100	411	6500	435	7390	446
30810h200	200	41,0	1423	14,4	6500	472	8100	499	9300	511
30810h220	220	43,0	1885	15,7	8040	534	10050	563	11500	578
30810h240	240	45,0	2425	17,5	9700	595	12200	633	14000	651
30810h250	250	46,0	2735	17,7	10650	628	13325	668	15375	687
30810h260	260	47,0	3046	18,2	11600	661	14550	704	16750	723
30810h280	280	49,0	3755	19,4	13600	730	17200	776	19800	798
30810h300	300	51,0	4558	20,6	15900	800	20000	850	23200	875
30810h320	320	53,0	5458	21,8	18200	860	23000	926	27800	963
30810h340	340	55,0	6462	23,0	21000	941	26500	1000	30800	1030
30810h360	360	57,0	7575	24,1	23800	1010	30100	1080	36400	1120
30810h380	380	59,0	8800	25,3	26900	1090	34000	1160	39700	1210
30810h400	400	61,0	10145	26,4	30100	1170	38000	1250	44700	1290
30810h420	420	63,0	11615	27,5	33600	1250	42500	1330	50000	1390

Примітка. Указані профілі одержані шляхом розкрою штабульбів 30810, виготовлених у подвійному вигляді з загальною висотою профілю, рівною 600 мм.

Таблиця 4. Геометричні характеристики симетричних штабульбів 30812 (ГОСТ 9237-76)

Профіль	Елементи профілю				Елементи профілю з приєднаним пояском					
	Висота стінки, мм	Площа профілю, см ²	Момент інерції, см ⁴	Від-стань від центра ваги, см	Площа приєданого пояса, см ²					
					50		100		200 і більше	
					I_x , см ⁴	W_x , см ³	I_x , см ⁴	W_x , см ³	I_x , см ⁴	W_x , см ³
30812h180	180	42,6	1216	12,7	5300	425	6600	453	7600	465
30812h200	200	45,0	1645	14,0	6500	485	8000	507	9200	520
30812h220	220	46,4	2158	15,2	8200	554	10400	590	12000	610
30812h240	240	49,8	2762	16,5	10000	620	12600	663	14600	685
30812h250	250	51,3	3113	17,1	10950	656	13200	681	15850	700
30812h260	260	52,5	3460	17,7	11900	692	13800	700	19100	715
30812h280	280	54,6	4260	18,8	14100	765	17800	815	20700	845
30812h300	300	57,0	5165	20,0	16400	839	20800	895	24300	930
30812h320	320	59,4	6181	21,2	19000	915	24100	980	28200	1010
30812h340	340	61,8	7314	22,3	21700	990	27600	1060	32400	1100
30812h360	360	64,2	8568	23,4	24700	1070	31000	1150	37000	1195
30812h380	380	66,6	9949	24,5	27900	1150	35600	1240	42000	1290
30812h400	400	69,0	11461	25,7	31400	1230	40000	1330	47300	1390
30812h420	420	71,4	13110	26,8	35100	1320	44700	1420	53000	1490

Примітка. Указані профілі одержані шляхом розкрою штабульбів 30812, виготовлених у подвійному вигляді з загальною висотою профілю, рівною 600 мм.

Таблиця 5. Таври сталіні зварні для суден (РД 5.9373-80)

Номер про- філю	Елементи профілю						Відстань від центра ваги, см	Елементи профілю з приєднаним пояском					
	Стінка		Поясок		Пло- ща, см ²	Мо- мент інерції, см ⁴		Площа приєднаного пояса, см ²					
			Тов- щина	Ши- рина				50		100		200 і більше	
	Висо- та	Тов- щина			мм	Тов- щина		Ши- рина	I_x , см ⁴	W_x , см ³	I_x , см ⁴	W_x , см ³	I_x , см ⁴
14	140	4	80	6	10,4	229	10,4	1190	92	1380	92	—	—
16б	160	5	100	8	16,0	453	12,2	1950	163	2550	169	—	—
18б	180	5	100	10	19,0	670	13,9	3350	230	3800	235	—	—
20б	200	6	100	10	22,0	1001	14,7	4400	270	5050	280	—	—
22б	220	6	120	12	27,6	1459	17,0	6600	395	8000	400	—	—
25а	250	6	120	12	29,4	2042	17,3	10900	450	13000	470	—	—
28а	280	7	120	12	34,0	3050	20,2	11600	540	13600	560	—	—
32а	320	8	140	12	45,2	5280	23,2	18200	835	22200	870	26000	890
32б	320	8	160	16	51,2	5797	24,5	21000	970	25500	1000	30000	1020
36а	360	8	160	16	54,4	7900	26,8	26000	1120	34000	1180	39000	1220
40а	400	10	180	14	65,2	11960	27,9	35000	1370	42500	1430	50000	1480
45а	450	10	200	14	73,0	16880	31,4	46000	1700	58000	1770	70000	1820
50а	500	12	220	16	95,2	28180	34,5	68000	2350	87000	2600	108000	2750
56а	560	14	250	18	123,4	44370	38,5	99000	3000	128000	3600	160000	3880
63а	630	14	300	20	148,2	66880	44,8	142000	4600	175000	5100	235000	5400
71а	710	16	360	22	198,2	110200	50,7	220000	6600	280000	7100	365000	7600
80а	800	18	360	22	223,2	163000	54,7	290000	7700	380000	8500	490000	9200

Примітка. При проміжному значенні величини площі приєданого пояса I і W визначаються лінійною інтерполяцією.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. ОБ'ЄМ І ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ	4
2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО СУДНО, ЩО ПРОЕКТУЄТЬСЯ	5
2.1. Опис архітектурно-конструктивного типу судна	5
2.2. Вибір шпаций	6
2.3. Вибір системи набору перекрить корпусу судна	6
2.4. Вибір марки і категорії сталі	6
2.5. Креслення обводів мідель-шпангоута	7
3. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРІВ В'ЯЗЕЙ	9
3.1. Вимоги до розмірів елементів конструкцій корпусу	9
3.2. Урахування зносу і корозії в'язей корпусу	13
3.3. Стійкість елементів конструкції корпусу	14
3.4. Вимоги до конструкцій з'єднання балок набору	19
4. РОЗРАХУНКОВІ НАВАНТАЖЕННЯ	21
4.1. Розрахункові навантаження на корпус судна	21
4.2. Навантаження, викликані вантажем, що перевозиться	22
5. ЗАГАЛЬНА ПОЗДОВЖНЯ МІЦНІСТЬ СУДНА	24
6. ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ КОРПУСУ СУДНА ЗА ПРАВИЛАМИ РЕГІСТРУ	25
6.1. Проектування листових конструкцій корпусу	25
6.2. Проектування конструкцій набору подвійного дна	33
6.3. Проектування конструкцій борту	44
6.4. Проектування конструкцій палубного набору	48
6.5. Проектування конструкцій пілерсів	53
6.6. Проектування конструкцій перегородок	56
6.7. Проектування конструкцій шахт машинного відділення	59
6.8. Проектування конструкцій тунелю гребного вала	60
6.9. Проектування конструкцій фундаментів суднового двигуна	61
6.10. Проектування конструкцій надбудов і рубок	62
6.11. Проектування конструкцій фальшборту і леерної огорожі	66
7. ПЕРЕВІРКА ЗАГАЛЬНОЇ ПОЗДОВЖНЬОЇ МІЦНОСТІ КОРПУСУ СУДНА	67
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	68
ДОДАТОК	69

МАТВЄЄВ В'ячеслав Григорович
КУЗНЕЦОВ Анатолій Іванович
МАРТИНЕЦЬ Борис Миколайович
МИХАЙЛОВ Борис Миколайович
УЗЛОВ Олександр Миколайович
ЦИБЕНКО Микола Олександрович
ШАРУН Григорій Васильович

ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОГО МІДЕЛЬ-ШПАНГОУТА СУХОВАНТАЖНИХ СУДЕН

Методичні вказівки

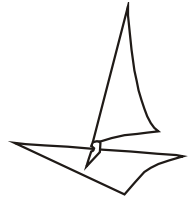
Редактор М.Д.Белікчі
Комп'ютерна правка і верстка Т.В.Митрохіна
Коректор Н.О.Шайкіна

Підписано до друку 05.07.02. Формат 60×84/16. Папір офсетний. Ум. друк. арк. 4,3.
Обл.-вид. арк. 4,6. Тираж 265 прим. Вид. № 58. Зам. № 182. Ціна договірна.

Видавництво УДМТУ. 54002, м. Миколаїв, вул. Скороходова, 5



ВИДАВНИЦТВО УКРАЇНСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО МОРСЬКОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ



Шановні панове!

Запрошуємо вас ознайомитись з можливостями книжкового видавництва, висококваліфіковані спеціалісти якого дозволяють оперативно і якісно виконати замовлення будь-якого рівня складності.

Наш головний принцип – задовольнити потреби замовника у повному комплексі поліграфічних послуг, починаючи з розробки та підготовки оригіналу-макета, що виконується на базі IBM PC, і закінчуючи друком на офсетних машинах.

Крім цього, ми маємо повний комплекс післядрукарського обладнання, що дає можливість виконувати:

- ✓ листопідбір;
- ✓ брошурування на скобу, клей;
- ✓ порізку на гільйотинах;
- ✓ ламінування.

Видавництво також оснащено сучасним цифровим дублюкатором фірми "Duplo" формату А3, що дає можливість тиражувати зі швидкістю до 130 копій за хвилину.

Для постійних клієнтів – гнучка система знижок.

Отже, якщо вам потрібно надрукувати **підручники, книги, брошури, журнали, каталоги, рекламні листівки, прайс-листи, бланки, візитні картки**, – ми до ваших послуг.

© Український державний морський технічний університет
✉ Україна, 54002, м.Миколаїв, вул.Скороходова, 5, видавництво
УДМТУ

☎ 8(0512) 37-33-42; 39-81-46, 39-73-39, fax 8(0512) 39-73-26;
E-mail: publishing@usmtu.edu.ua